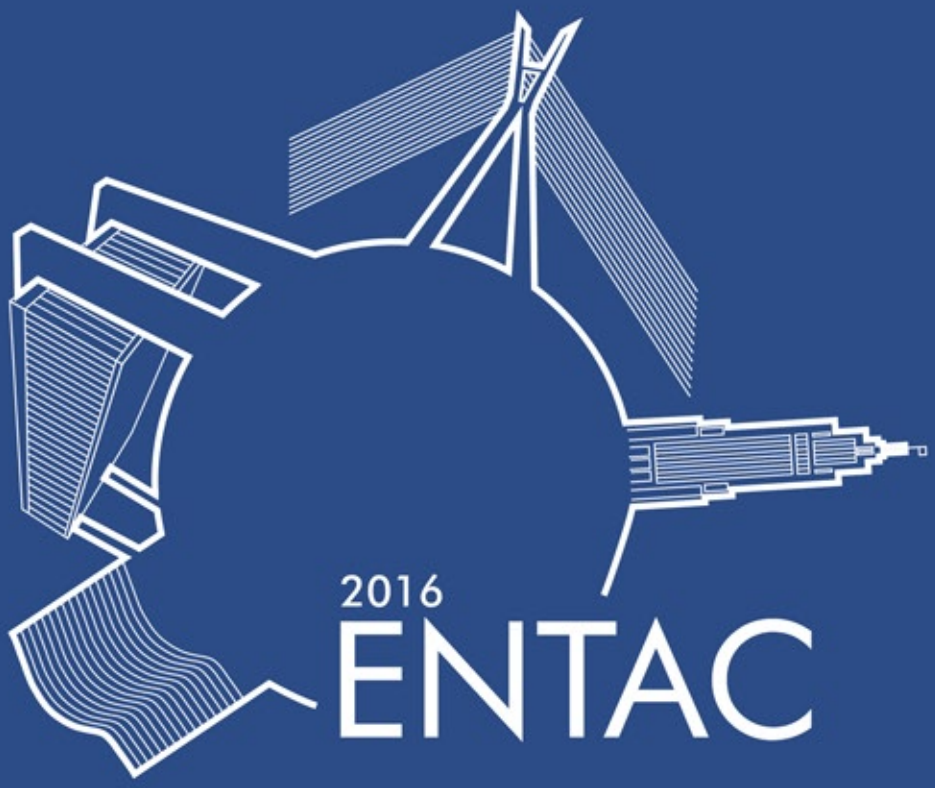


XVI Encontro Nacional de
Tecnologia do Ambiente Construído

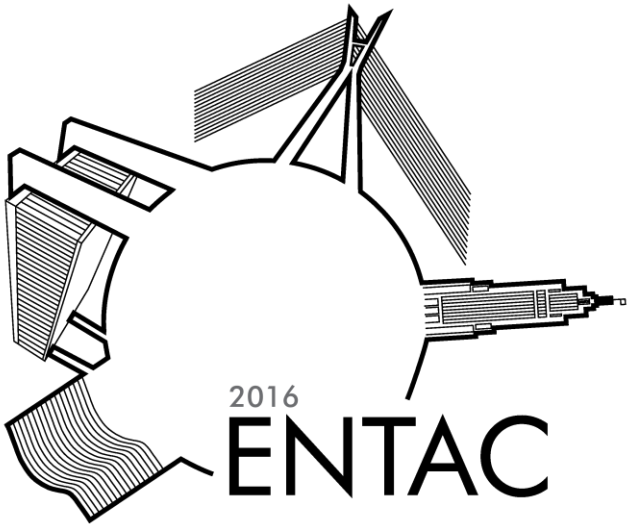
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção

Anais

vol. 03/03

São Paulo
21 a 23 de setembro
IPT – FAUUSP – Poli USP

2016



XVI Encontro Nacional de
Tecnologia do Ambiente Construído

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção

Anais

vol. 03/03

São Paulo

21 a 23 de setembro

Regina Coeli Ruschel (Org.)

Anais do XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: desafios e perspectivas da internacionalização da construção

1ª edição

São Paulo

ANTAC

2016

Ficha Catalográfica

Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (16: 2016: São Paulo, SP)

Anais [do] XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: desafios e perspectivas da internacionalização da construção (ENTAC 2016)/ Associação Nacional do Ambiente Construído (ANTAC); organização de Regina Coeli Ruschel. São Paulo: ANTAC, 2016.

On-line

ISBN: 978-85-89478-44-1 (PDF)

ISSN: 2178-8960

1. Arquitetura – Congressos. 2. Engenharia Civil – Congressos. 3. Projeto de arquitetura – Qualidade. 4. Construção Civil – Internacionalização – Congressos. I. Ruschel, Regina Coeli. org II. Associação Nacional do Ambiente Construído (ANTAC). III. Título

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP

.: PROMOÇÃO

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC)

.: COMISSÃO ORGANIZADORA

Prof. Dr. Fúlvio Vittorino, Pesquisador e Diretor do Centro Tecnológico do Ambiente Construído do IPT (Coordenador)

Prof. Dr. Silvio Burrattino Melhado, Professor Associado da EPUSP (Coordenador)

Prof.ª Dra. Sheila Walbe Ornstein, Professora Titular da FAUUSP (Coordenadora)

Prof.ª Dra. Rosaria Ono, Professora Titular da FAUUSP (Coordenadora)

Prof.ª Dra. Alessandra R. Prata Shimomura, Professora da FAUUSP

Prof.ª Dra. Fabiana Lopes de Oliveira, Professora da FAUUSP

Prof. Dr. Gil Garcia de Barros, Professor da FAUUSP

Prof.ª Dra. Luciana Alves de Oliveira, Pesquisadora do IPT

Prof.ª Dra. Ranny L. X. N. Michalski, Professora da FAUUSP

Dra. Andrea L. Thomazoni, Arquiteta e urbanista.

MSc Aline Valverde Arrotéia, Arquiteta, Especialista em Gestão e Tecnologia de Produção de Edifícios

MSc André Azevedo, Engº Civil, Pesquisador Assistente do IPT

MSc Luciana Schwandner Ferreira, Doutoranda FAU -USP, Bolsista PRCEU

MSc Raquel Adriana Zomer, Assistente Administrativo do IPT

.: INSTITUIÇÕES ORGANIZADORAS

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

.: DIRETORIA ANTAC - GESTÃO 2014-2016

Profa. Dra. Regina Coeli Ruschel (UNICAMP) - Presidente

Prof. Dr. José de Paula Barros Neto (UFC) - Vice-presidente

Prof. Dr. Aldomar Pedrini (UFRN) - Diretor de Divulgação

Prof. Dr. Alex Kenya Abiko (POLI/USP) - Diretor de Relações Interinstitucionais

Prof. Dr. Eduardo Luis Isatto (UFRGS) - Diretor Financeiro

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery (UFMG) - Diretor Administrativo

.: COMISSÃO CIENTÍFICA

Presidente: Profa. Dra. Regina Coeli Ruschel (UNICAMP)

Vice Presidente: Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery (UFMG)

Prof. Dr. Aldomar Pedrini (UFRN), coodenardor associado do GT Conforto

Prof. Dr. Alex Kenya Abiko (USP), coordenador associado do GT Urbano

Prof.ª Dr.ª Andrea Naguissa Yuba (UFMS), coordenadora do GT Desenvolvimento Sustentável

Prof.ª Dr.ª Angela Borges Masuero (UFRGS), coordenadora do GT Argamassa

Prof.ª Dr.ª Angela Maria Gabriella Rossi (UFRJ), coordenadora do GT Urbano

Prof. Dr. Angelo Just Costa e Silva (UFPE), coordenador associado do GT Argamassa

Prof.ª Dr.ª Cristina Engel de Alvarez (UFES), coordenadora associada do GT Desenvolvimento Sustentável

Prof. Dr. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)

Prof. Dr. Eduardo Toledo Santos (POLI/USP), coordenador associado do GT Tecnologia da Informação e Comunicação

Prof.ª Dr.ª Elvira Maria Vieira Lantelme (IMED), coordenadora do GT Gestão e Economia da Construção

Prof.ª Dr.ª Fernanda Aranha Saffaro (UEL), coordenadora associada do GT Gestão e Economia da Construção

Prof. Dr. Fúlvio Vittorino (IPT)

Prof. Dr. Guilherme Parsekian (UFSCar)

Prof.ª Dr.ª Marlova Piva Kulakowski (UNISINOS), coordenadora do GT Durabilidade

Prof.ª Dr.ª Mércia M.S. Bottura de Barros (POLI/USP)

Prof.ª Dr.ª Mônica Batista Leite (UEFS), coordenadora do GT Resíduos

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery (UFMG)

Prof.ª Dr.ª Roberta Vieira Gonçalves de Souza (UFMG), coordenadora do GT Conforto Ambiental e Eficiência Energética

Prof. Dr. Sergio Cirelli Angulo (POLI/USP), coordenador associado do GT Resíduos

Prof. Dr. Sergio Scheer (UFPR), coordenador do GT Tecnologia da Informação e Comunicação

Prof. Dr. Silvio Burratino Melhado (POLI/USP), coordenador do GT Qualidade do Projeto

Prof. Dr. Tulio Tiburcio (UFV), coordenador associado do GT Qualidade do Projeto

Prof.ª Dr.ª Vera Maria Cartana Fernandes (UPF), coordenadora do GT Sistemas Prediais

.: LOGOTIPO ENTAC 2016

Eduardo Pizarro (FAUUSP)

.: MEMBROS DO COMITÊ AVALIADOR

Adeildo Cabral da Silva (CEFET-CE)
Adriana Camargo de Brito (IPT)
Adriana Cristina Boni (UNICEP)
Adriana Gelpi (UPF)
Adriana P. de A. Silva Castro (UNIMEP)
Adrieli Cristina Vieira de Carvalho (UFV)
Aguida Gomes de Abreu (UNISINOS)
Akemi Ino (USP)
Alberto Casado Lordsleem Júnior (UPE)
Alexandre Araújo Bertini (UFC)
Alexandre Castro Soares (Leancore)
Alexandre Márcio Toledo (UFAL)
Alexandre Silva de Vargas (FEEVALE)
Alexsandra Rocha Meira (IFPB)
Alfredo Iarozinski Neto (UTFPR)
Alice de Barros Horizonte Brasileiro (UFRJ)
Aline da Silva Ramos Barboza (UFAL)
Aline Lisot (UEM)
Aline Pires Verol (UFRJ)
Aline Werneck B. de Carvalho (USP)
Almir Sales (UFSCAR)
Aloisio Leoni Schmid (UFPR)
Altibano Ortenzi Junior (UEL)
Amilcar Jose Bogo (FURB)
Ana Carolina Oliveira Veloso (UFMG)
Ana Elisabete Jacintho (PUC-Campinas)
Ana Lucia Ribeiro Camillo da Silveira (ICF)
Ana Mirthes Hackenberg (UDESC)
Ana Paula da Silva Milani (UFMS)
Ana Paula Melo (UFSC)
Ana Regina M. Cuperschmid (UNICAMP)
Ana Virginia C. de Faria Sampaio (UEL)
André Luis Christoforo (UFSCAR)
André Luiz Vivan (UFSCAR)
Andréa Coelho Laranja (UFES)
Andrea Parisi Kern (UNISINOS)
Andréa Q. da Silva Fonseca Rego (UFRJ)
Andressa Carmo Pena Martinez (UFV)
Angela Borges Masuero (UFRGS)
Angela Teresa Costa Sales (UFS)
Angelo Just da Costa e Silva (UPE)
Antonio Edesio Jungles (UFSC)
Antonio Eduardo Bezerra Cabral (UFC)
Antonio Manoel Castelnou Neto (UFPR)
Antônio Carvalho Júnior (UFMG)
Antônio Tarcísio da Luz Reis (UFRGS)
Ariel González (UTN Santa Fe)
Ariovaldo Denis Granja (UNICAMP)
Arivaldo Leão de Amorim (UFBA)
Armando Carlos de Pina Filho (UFRJ)
Armando L. Moreno Junior (UNICAMP)
Armando Luis Yoshio Ito (UTFPR)
Barbara Irene Wasinski Prado (UEMA)
Béda Barkokébas Junior (UPE)
Bernardo A. do N. Teixeira (UFSCAR)
Bianca Carla Dantas de Araujo (UFRN)
Bruno Luís Damineli (USP)
Caio Frederico e Silva (UNB)
Camila Carvalho Ferreira (UFMG)
Camila Gregório Atem (UNIFIL)
Camila Pegoraro (UFRGS)
Carina Mariane Stolz (UFRGS)
Carina Ulsen (USP)
Carla Fernanda Barbosa Teixeira (UFS)
Carlos Eduardo Verzola Vaz (UFSC)
Carlos Otavio Petter (UFRGS)
Carlos Torres Formoso (UFRGS)
Carolina Asensio Oliva (Fac.Anhanguera)
Carolina L. Bueno Bartholomei (UNESP)
Carolina Maria Pozzi de Castro (UFSCAR)
Carolina Rocha Carvalho (UNIVALI)
Catarina Araújo (UM)
Cecília Gravina da Rocha (UFRGS)
Celina Maria Britto Correa (UFPEL)
Cervantes G. Ayres Filho (SOCIESC)
Cesar Imai (UEL)
Cheng Liang Yee (USP)
Cicero Murta Diniz Starling (UFMG)
Clara Luiza Miranda (UFMG)
Cláudia G. Vianna Bacchi (UFMS)
Claudia M. de Lyra Barroso Krause (UFRJ)
Cláudia Naves David Amorim (UNB)
Claudio Alcides Jacoski (UNOCHAPECÓ)
Claudio Carrasco Aldunate (UV)
Claudio de S. Kazmierczak (UNISINOS)
Claudio Emanuel Pietrobon (UFSC)
Cláudio Vicente Mitidieri Filho (IPT)
Cristina Eliza Pozzobon (UNIJUÍ)

Cristine do Nascimento Mutti (UFSC)
Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)
Daniela Dietz Viana (UFRGS)
Daniela Matschulat Ely (CEFET-MG)
Daniella do Amaral Mello Bonatto (UFES)
Darci Barnech Campani (UFRGS)
Dayana Bastos Costa (UFBA)
Débora de Gois Santos (UFS)
Deivis Luis Marinoski (UFSC)
Denise Mônaco dos Santos (UFV)
Diego Souza Caetano (UFF)
Diego Jacques Lemes (FSG)
Doris C. C. Knatz Kowaltowski (UNICAMP)
Douglas Barreto (UFSCAR)
Douglas Lopes de Souza (UFV)
Edna Aparecida Nico Rodrigues (UFES)
Eduardo Arantes (UFMG)
Eduardo Grala da Cunha (UFPEL)
Eduardo L Krüger (UTFPR)
Eduardo Manuel González Cruz (UFSC)
Elaine Garrido Vazquez (UFRJ)
Elaine Pinto Varela Alberte (UFBA)
Elcione Maria Lobato de Moraes (UFPA)
Eleonora Sad de Assis (UFMG)
Eliane Simões (INEQ)
Elizângela Marcelo Siliprandi (UTFPR)
Emerson de A. Marques Ferreira (UFBA)
Emerson Meireles de Carvalho (UFS)
Enedir Ghisi (UFSC)
Eneida Maria Souza Mendonça (UFES)
Erasmo Felipe Vergara Miranda (UFSC)
Ercilia Hitomi Hirota (UEL)
Ercio Thomaz (IPT)
Erica Coelho Pagel (AEV)
Érica de Sousa Checcucci (UFBA)
Erica Mitie Umakoshi (FAF)
Erich David Rodriguez Martinez (UFRGS)
Erico Masiero (UFSCar)
Ernani Simplício Machado (CES-JF)
Eugenia Aumond Kuhn (UFRGS)
Eugenio Fernandes Queiroga (USP)
Fabiano Rogerio Corrêa (USP)
Fábio Oliveira Bitencourt Filho (IFHE)
Fabrício Borges Cambraia (UFJF)
Fernanda Aranha Saffaro (UEL)
Fernanda Belizário Silva (IPT)
Fernanda Fernandes Marchiori (UFSC)
Fernanda Nepomuceno Costa (UFRB)
Fernando A. de M. Sá Cavalcanti (UFAL)
Fernando Fernandes (UEL)
Fernando Rodrigues Lima (UFRJ)
Fernando Simon Westphal (UFSC)
Flávia Maria de Moura Santos (UFMT)
Flávio A. Picchi (Lean Institute Brasil)
Francine Aidie Rossi (UFPR)
Francisco Cláudio Morato Leite (UEL)
Francisco Gabriel Santos Silva (UFBA)
Geilma Lima Vieira (UFES)
Gianna Melo Barbirato (UFAL)
Gihad Mohamad (UFSM)
Gilfranco Medeiros Alves (UFMS)
Gisele Silva Barbosa (UFRJ)
Gladis Camarini (UNICAMP)
Glauce Lilian A. de Albuquerque (UFRN)
Gogliardo Vieira Maragno (UFMS)
Guilherme Chagas Cordeiro (UENF)
Harry Alberto Bollmann (PUCPR)
Heitor da Costa Silva (UFRGS)
Helenize Maria de Rezende Lima (FPM)
Henor Artur de Souza (UFOP)
Iamara Rossi Bulhoes (UFRGS)
Ingrid C. Leite da Fonseca (PUC-Rio)
Iraci Pereira Stensjö (UFMG)
Isabel Tourinho Salamoni (UFPEL)
Ísis Portolan dos Santos (UFSM)
Itamar Aparecido Lorenzon (UFSCAR)
Ivan Julio Apolonio Callejas (UFMT)
Jaqueline de Lima Pires (UFRRJ)
Jardel Pereira Gonçalves (UFBA)
Joana Bonifacio Andrade (UM)
Joana Carla Soares Gonçalves (USP)
João Luiz Calmon N. da Gama (UFES)
Joao Onofre Pereira Pinto (UFMS)
Joao Ricardo Masuero (UFRGS)
João Roberto Gomes de Faria (UNESP)
Jocelise Jacques de Jacques (UFRGS)
Jorge Alberto Gil Saraiva (LNEC)
Jorge Daniel Czajkowski (UNLP)
Jorge Hernán Salazar Trujillo (UNAL)
José Amarilio Barbosa (UM)
José Carlos Paliari (UFSCAR)
José de Paula Barros Neto (UFC)
José Gustavo Francis Abdalla (UFJF)
José Ilo Pereira Filho (UTFPR)
José Luis Menegotto (UFRJ)
José Luiz Miotto (UEM)

Joyce Correna Carlo (UFV)
Juliana Kurek (UPF)
Juliana M. da Silva Costa Morais (UFCG)
Julio Cesar Sabadini Souza (IPT)
Jussara Farias Fardin (UFES)
Kamila Mendonça de Lima (PMF)
Karin Regina de C. Castro Marins (USP)
Karina Bertotto Barth (FEEVALE)
Karina Trevisan Latosinski (UCDB)
Karyna de A. Carvalho Rosseti (UFMT)
Kelen Almeida Dornelles (USP)
Lea Cristina Lucas de Souza (UFSCar)
Leila Aparecida de Castro Motta (UFU)
Leonardo F. Rosemback Miranda (UFPR)
Leonardo Marques Monteiro (USP)
Leticia de Oliveira Neves (UNICAMP)
Letícia Maria de Araújo Zambrano (UFJF)
Licinio da Silva Portugal (UFRJ)
Lígia Maria Ávila Chiarelli (UFPEL)
Lisiane Ilha Librelotto (UFSC)
Lisiane Pedroso Lima (FEEVALE)
Loyde V. de Abreu-Harbich (UNICAMP)
Lucas Melchiori Pereira (USP)
Luci Mercedes de Mori (UEM)
Lucia Bressiani (UTFPR)
Lucia Helena de Oliveira (USP)
Lúcia Zanin Shimbo (USP)
Luciana Alves de Oliveira (IPT)
Luciana Bosco e Silva (FACEV)
Luciana Correa do Lago (UFRJ)
Luciana de N. Pinheiro Cordeiro (UFPA)
Luciana Ines Gomes Miron (UFRGS)
Luciana Londero Brandli (UPF)
Luciane Cleonice Durante (UFMT)
Lucila Chebel Labaki (UNICAMP)
Lucila Sommer (UFRGS)
Luís Bragança (UM)
Luis Carlos Bonin (UFRGS)
Luis Otavio Cocito de Araujo (UFSCAR)
Luiz Antonio Nigro Falcoski (UFSCAR)
Luiz Fernando Mählmann Heineck (UECE)
Luiz Maurício Furtado Maués (UFPA)
Marcela Alvares Maciel (UFFS)
Marcelino Silva (UFRJ)
Marcelo de Mello Aquilino (IPT)
Marcelo F. Costella (UNOCHAPECÓ)
Márcia Bissoli Dalvi (UFES)
Marcio Henrique de A. Gomes (UTFPR)
Márcio Minto Fabricio (USP)
Marco Antônio Cypreste Romanelli (UFES)
Marco Aurelio S. Gonzalez (UNISINOS)
Marcos Barreto de Mendonça (UFRJ)
Marcos Barros de Souza (IFRS)
Marcos Martinez Silvoso (UFRJ)
Marcus Pereira Sterzi (UFRGS)
Maria Akutsu (IPT)
Maria Aparecida Steinherz Hippert (UFJF)
Maria Bernardete Barison (UEL)
Maria Carolina Brandstetter (UFG)
Maria do Carmo Duarte Freitas (UFPR)
Maria do Socorro C. São Mateus (UEFS)
Maria Fernanda de O. Nunes (UNISINOS)
Maria Lygia Alves de Niemeyer (UFRJ)
Maria Maia Porto (UFRJ)
Mariela Cristina Ayres de Oliveira (UFT)
Marieli Azoia Lukiantchuki (CESUMAR)
Marina Sangoi de Oliveira Ilha (UNICAMP)
Martin Ordenes Mizgier (UFSC)
Maurício Mancio (UNISINOS)
Max Junginger (USP)
Max Lira Veras Xavier de Andrade (UFPE)
Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)
Milena Kanashiro (UEL)
Monica Santos Salgado (UFRJ)
Nathália de Paula (USP)
Nelma Mirian Chagas de Araújo (IFPB)
Nelson Porto Ribeiro (UFES)
Nirce Saffer Medvedovski (UFPEL)
Nixon Cesar de Andrade (USP)
Noé Villegas Flores (UNILA)
Patrícia Biasi Cavalcanti (UFSC)
Patricia Menezes Carvalho (Fac. Pio X)
Patricia Stella P. Fontanini (UNICAMP)
Patrizia Di Trapano (UFRJ)
Paula de Castro Brasil (INEP)
Paulo Fernando Soares (UEM)
Paulo Henrique Trombetta Zannin (UFPR)
Paulo Roberto Lopes Lima (UEFS)
Paulo Sergio de Paula Vargas (UFES)
Paulo Sergio dos Santos Bastos (UNESP)
Pedro Kopschitz Xavier Bastos (UFJF)
Priscila Nakamura (UFMS)
Rafael Silva Brandão (UFSJ)
Ranny Loureiro Xavier N. Michalski (USP)
Raphael Negri Milion (UFSCAR)
Raphaela Walger da Fonseca (UFSC)

Reila Vargas Velasco (UFRJ)
Rejane Magiag Loura (UFMG)
Renata de Vecchi (FESSC)
Renata Monte (USP)
Renato da Silva Solano (PUCRS)
Renato Martins das Neves (UFPA)
Reymard Savio Sampaio de Melo (UFRN)
Ricardo Codinhoto (University of Bath)
Ricardo Fernandes Carvalho (UFBA)
Ricardo Filipe M. da Silva Mateus (UM)
Ricardo Franci Goncalves (IFES)
Ricardo Juan José Oviedo Haito (USP)
Ricardo Mendes Junior (UFPR)
Ricardo Siloto Silva (UFSCAR)
Roberta C. Kronka Mülfarth (USP)
Roberto Barbosa dos Santos (UFAL)
Roberto Lamberts (UFSC)
Roberto Machado Corrêa (UFRJ)
Roberto Leal Pimentel (UFPB)
Rodrigo José Firmino (PUCPR)
Rosa Maria Locatelli Kalil (UPF)
Rosa Maria Sposto (UNB)
Rosane Martins Alves (UFRJ)
Rosaria Ono (USP)
Rovadávia Aline de Jesus Ribas (UFOP)
Rui Miguel Sendas Jerónimo (UP)
Ruth Cristina M. Paulino (UNAERP)
Sara Biscaya (USM)
Saulo Guths (UFSC)
Sayonara Maria de M. Pinheiro (UFES)
Sergio Fernando Tavares (UFPR)
Sergio Leal Ferreira (USP)
Sergio Roberto Leusin de Amorim (ABNT)
Sergio Scheer (UFPR)
Sheila Walbe Ornstein (USP)
Sheyla Mara Baptista Serra (UFSCAR)
Sidiclei Formagini (UFMS)
Sidnei Junior Guadanhim (UEL)
Silvia Aparecida M. G. Pina (UNICAMP)
Simone Barbosa Villa (UFU)
Simone Q. da S. Hirashima (CEFET-MG)
Stelamaris Rolla Bertoli (UNICAMP)
Tarcisio Abreu Saurin (UFRGS)
Tatiana Gondim do Amaral (UFG)
Telma Cristina P. de Carvalho (UNIARA)
Teresa Cristina F. de Q. Gaudin (UFRJ)
Tereza Maria Moura Freire (UFBA)
Thaís da Costa Lago Alves (SDSU)
Thamine de Almeida Ayoub Ayoub (UEL)
Trajano de Souza Viana (CEFET-RJ)
Ubiraci Espinelli Lemes de Souza (USP)
Valéria Azzi Collet da Graça (IFSP)
Vanda Alice Garcia Zanoni (UNB)
Vanessa Dilda (Anhembi Morumbi)
Vanessa Silveira Silva (UFBA)
Vera da C. Fernandes-Hachich (Tesis)
Vera Maria Cartana Fernandes (UPF)
Veridiana Atanasio Scalco (UFSC)
Victor F. Roriz (Fac. Int.Dom Pedro II)
Virgínia Maria N. de Vasconcellos (UFRJ)
Virgínia C. C. Marcelo (Anhembi Morumbi)
Virginia Maria Dantas de Araújo (UFRN)
Vitor Litwinczik (Anima Acústica)
Wanessa Roberta Fazinga (UNIFIL)
Washington Almeida Moura (FAPESB)
White José dos Santos (UFMG)
Wiliam Fonseca (UFSM)
Wilson Florio (UPMackenzie)
Yêda Vieira Póvoas Tavares (UPE)

.: EQUIPE DE APOIO

Rosana Dal Molin (Secretaria ANTAC)
Aparecida A. Bou Ghosn (FAUUSP)
Aparecida Hatanaka (FAUUSP)
Bruna Luz (FAUUSP)
Caroline de Castro V. Machado (EPUSP)
Cláudio Barboza Ferreira Jr. (EPUSP)
Eduardo Gasparelo (FAUUSP)
Fernanda Machado (UNICAMP)
Jeferson Bunder (FAUUSP)
Kátia Beatris Rovaron Moreira (FAUUSP)
Laís Pereira Araújo (EPUSP)
Lorena Claudia de Souza Moreira (UNICAMP)
Marcos Vargas Valentin (FAUUSP)
Mariana Auad Proença (FAUUSP)
Monica dos Santos Dolce Uzum (FAUUSP)
Paula Mota (UNICAMP)
Priscila Weruska Stark da Silva (FAUUSP)
Vera Dickhoff (FAUUSP)

.: APRESENTAÇÃO

O ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído é o maior evento brasileiro na área de Tecnologia do Ambiente Construído promovido a cada dois anos pela ANTAC -Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. O evento é destinado tanto a docentes, pesquisadores, alunos de pós-graduação e graduação, como a construtores, projetistas, consultores, técnicos de órgãos públicos e outros profissionais atuantes nas áreas de construção civil, arquitetura, habitação e outros temas correlatos.

A ANTAC, promotora do evento, é a principal associação técnico-científica brasileira no mercado da Construção de Edificações, Tecnologia de Arquitetura e Habitação, com representação em âmbito nacional em várias instituições públicas e privadas. A associação mantém projetos de divulgação de conhecimentos científico-tecnológicos como a Coleção ANTAC – edição de livros e conteúdos acadêmicos; o portal InfoHab – Centro de Referência e Informação em Habitação; o periódico eletrônico "Ambiente Construído" e as Publicações ANTAC & CBIC. A ANTAC ainda mantém parcerias com o PBPQ do Habitat – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat, do Ministério das Cidades e com o HABITARE – Programa de Tecnologia de Habitação (FINEP/Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação).

"Arquitetura, Engenharia e Construção" delimita um setor de atividade fortemente internacionalizado. No caso de grandes projetos, mas também em empreendimentos de menor porte e complexidade, as operações de investimento, as atividades de concepção e projeto, as contratações de obras e serviços, os processos de certificação, as cadeias produtivas em diversos segmentos, acontecem em dimensões a cada dia mais internacionais.

Vários fatores contribuem para esse quadro vigente no setor de AEC, tais como a migração de capitais dos países desenvolvidos, a demanda de infraestrutura em países da África, do Oriente Médio e América Latina, por exemplo, ou a busca de novos mercados pelos detentores de tecnologia ou de conhecimentos. No contexto brasileiro, esse movimento ocorre em ambos os sentidos; empresas e profissionais estrangeiros atuando no Brasil ou ligados a empreendimentos realizados aqui, bem como brasileiros engajados em projetos, obras, serviços e fornecimentos diversos, vinculados a países do exterior.

A proposta do ENTAC 2016 é integrar academia e mercado, buscando uma sinergia entre os agentes do setor da construção civil. Para tanto, o evento deste ano propõe a temática "Os Desafios e as Perspectivas da Internacionalização da Construção", por meio do qual pretende expor, analisar e debater, a partir de palestrantes convidados de nível internacional (keynotes), mesas redondas e sessões técnicas, os diversos aspectos desse tema, no âmbito dos empreendimentos, projetos, execução de obras, gestão de processos, dentre outras atividades, em todas as fases do ciclo de vida dos produtos da Construção Civil.

Site ANTAC:	http://www.antac.org.br
Redes Sociais ANTAC:	https://www.facebook.com/antac.ambienteconstruido
	https://plus.google.com/+PresidenciaAntac/posts
Site ENTAC:	http://www.infohab.org.br/entac/

.: CONFERÊNCIAS

New frontiers of international construction: ingredients for success

Prof. Dr. Roger Flanagan

Universidade de Reading

Boulevard Matarazzo: os desafios de um projeto internacional

Maurício Bianchi

Diretor Técnico e de Construção do Empreendimento Boulevard Matarazzo

.: SUMÁRIO

VOLUME 1

Os desafios e as perspectivas da internacionalização da construção

Exportação de serviços de arquitetura - evolução e resultados da maturidade exportadora 47
Miriam Addor, Silvio Burrattino Melhado

Diretrizes do processo decisório para a internacionalização de empresas da indústria da construção civil no Brasil 64
Paulo Eduardo Bridi, Cristine Mutti

Sinergia entre construção verde, construção enxuta e BIM para internacionalização da construção: uma revisão sistemática da literatura 74
João Bosco P. Dantas Filho, Luis Felipe Cândido, Jose de Paula Barros Neto

Internacionalização de projetos: contribuição para o estudo no contexto brasileiro e o impacto inicial no processo de projeto 86
Rafael Laurindo, Borges Gabriel, Silvio Burrattino Melhado*, Brenda Leite*

A coordenação modular como alternativa para impulsionar as exportações de componentes cerâmicos no Brasil 100
Fernanda Monteiro Ferro, Aline da Silva Ramos Barboza, Dilson Batista Ferreira

Construção internacional: Brasil, Inglaterra, Portugal e mercados em crescimento 111
Cristine Mutti, Paulo Eduardo Bridi, Alice Miranda

Uma proposta de microintervenções para melhorar a Acessibilidade Urbana da cidade de São Paulo 122
Martina Pacifici, Karin Regina de Casas Castro Marins

Argamassas - Tecnologia de materiais de construção

A eficácia da adição do TiO2 em argamassas quanto à manutenção das condições iniciais em termos da sua refletância à radiação solar 137
Sergio Roberto Andrade Dantas, Fúlvio Vittorino

Viabilidade econômica de argamassa com projeção contínua para revestimento de fachada 148
Naira Ery Asano, Mercia Barros

Inovações e soluções de concreto leve que visem conforto térmico em habitações informais: estudos de caso na cidade de Niterói/RJ 160
Carolina da Silva Leonardo, Diego Souza Caetano, Louise Land Bittencourt Lomardo, Paula de Castro Brasil

Avaliação de pastas de gesso com aditivo incorporador de ar 171
Ananda de Andrade, José Sousa, Andrea Ferraz, Nelson Olivier

Efeito do procedimento de mistura no comportamento de argamassas de revestimento industrializadas e produzidas em obra
Marienne do Rocio de Mello Maron da Costa, Heloisa Fuganti Campos, Eiji Fukui, Eliziane Jubanski Martins, Jorge Christofolli, Maria Clara Pinto, Maurício Bianchini, Sarah Honorato Lopes, Thaisa Rocha, Vitor Lorival 181

Comportamento elástico de argamassas com areia descartada de fundição
Gisleiva Cristina dos Santos Ferreira, Wélida de Sousa Sarro, Henrique de Lima Rocha Rocha, Gabriel Maiolli Bueno, Raquel Luisa Pereira Carnin Carnin 193

Influência da adição de aditivo retardador a partir da mucilagem da palma forrageira na pasta de gesso: análise do tempo de pega e resistência à compressão
Aline G. S. Monteiro 204

Avaliação de propriedades de argamassas estabilizadas ao longo do tempo decorrido do seu preparo
Hergya Aparecida Keller, Patrícia Silveira Lovato 213

Desenvolvimento e análise experimental de argamassas de cal com adições de pozolanas
Marcos Martinez Silvoso, Katharine Pontes Hainfellner, Caroline Batista Chaves, Renata de Oliveira Martinho 227

Avaliação do grau de hidratação do cimento por perda ao fogo
Fábio Masuela, Gladis Camarini 243

Produção de cimento belítico a partir de resíduos industriais para uso em argamassas de restauro
Beatryz Mendes, Délio Fassoni, Rita de Cássia Alvarenga, Leonardo Pedroti, José Carlos Ribeiro 253

Comparações entre os desempenhos de domos de poli(metil metacrilato) - (PMMA) e polímero reforçado com fibra de vidro (GRP)
Thiago Omena, Claudia Oliveira, Arthur Lara 267

Avaliação da capacidade isolante térmica de revestimentos de argamassa
Paulo Passos, Helena Carasek, Gabriel Amaral 282

Argamassas contendo resíduos à base de EVA e poliéster como agregado leve
Matheus Pessanha, Daniel Trevisan, Pedro Herzer, Maria Clara Cavalini Pinto, Marienne Maron Costa 299

Avaliação das propriedades do gesso de fundição aditivado com hidrofugante
Daniel Bruno Pinto da Silva, José Getúlio Gomes, Ananda de Andrade, Davison Ferreira 312

Uma nova ferramenta para ensaios de alvenaria de blocos vazados de concreto
Eduardo Ramos Sanches, Mateus Oliveira Soriani, Guilherme Aris Parsekian 327

Efeitos da substituição de fíler calcário por rocha fosfática na obtenção de concreto autoadensável 342
Diego Rodrigues de Resende, Sheilla Pereira Vieira

Utilização do método de condutividade elétrica para análise da atividade pozolânica da cinza do bagaço de cana-de-açúcar. 356
Emerson José Silva, Fernanda Wanderley Corrêa Araújo, Leonardo Fagundes Rosemback Miranda, Holmer Savastano Júnior, Antonio Acacio de Melo Neto

Condutividade térmica de argamassas de revestimento: uma revisão sistemática 367
Ana Flávia da Silva Martins, Ivan Julio Apolonio Callejas, Kellen Melo Dorileo Louzich, Alceu Aparecido Cardoso, Luciane Cleonice Durante, Karyna de Andrade Carvalho Rosseti

Avaliação da eficiência de pisos flutuantes com placas cimentícias com resíduo de EVA 379
André Siqueira, Fabianne Santos, Jéssica Medeiros, Aluísio Melo

Análise das propriedades termofísicas de blocos de concreto através de simulação computacional, visando à otimização do seu desempenho térmico quando adotado na envoltória de edificação na cidade de Salvador-BA 389
Camila Souza, Nícolas Araújo, Sandra Souza, Jardel Gonçalves

Conforto ambiental e eficiência energética

Identificação do ano climático de referência para Goiânia - Goiás 406
Loyde Abreu Harbich, Victor Leandro Chave

A influência da forma de prateleiras de luz na captação e distribuição interna da ventilação natural em um ambiente 417
Luísa Accioly, Poliana Oliveira, Leonardo Bittencourt

Análise de desempenho térmico de edificações: um estudo de caso na cidade de Palmas, TO 428
Ygor Freitas de Almeida, Raydel Lorenzo Reinaldo, Liliane Flávia Guimarães da Silva

Estudo comparativo da eficiência energética de uma habitação popular em alvenaria e em madeira no Município de Ribeirão das Neves - MG 439
Silvia Amorim, Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Utilização de torre de vento como estratégia de ventilação natural em sala de aula 455
Nixon Andrade, Carla Matheus, Adriana Castro, Lucila Chehel Labaki

Fachadas sazonalmente adaptáveis: mapeamento sistemático da literatura 469
Beatriz Arantes, Lucila Chehel Labaki

Contribuições da legislação para o conforto termoambiental em escalas arquitetônica e urbana 481
Jaucele Azerêdo, Ruskin Freitas

Simulação computacional da envoltória de edifício público 491
Basilio Baffi, Caio Frederico Silva, Claudia Naves David Amorim

Desempenho térmico de habitações populares em Alagoas: uma aplicação da NBR 15575 503
Gabriele Lucas Barbosa, Mayna Lais Tenório de Araújo, Daniela Novaes Santos, Juliana Oliveira Batista

Desenvolvimento de método para medição de isolação sonora em fachadas em andares elevados atendendo à norma ABNT NBR 15575 517
Rebeca Bayeh, Maria Akutsu, Marcelo de Mello Aquilino, Elisa Morande Sales, Adriana Camargo de Brito, Fúlvio Vittorino

Estudo das medidas dinâmicas de desempenho da luz natural frente às preferências dos usuários 524
Luciana Beck, Ani Zoccoli, Fernando Pereira, Raphaela Fonseca, Ana França

Valores ambientais no projeto arquitetônico: relato de uma disciplina de projeto integrado de arquitetura e conforto ambiental 538
Amilcar Bogo, Keila Peixer, Daniela Koball

Análise da sensibilidade do RTQ-C quanto a variação da densidade de carga interna de edificações de escritórios nas zonas bioclimáticas brasileiras 1, 2 e 3 552
Mariane Brandalise, Eduardo Grala da Cunha, Silvia Pereira, Carolina Duarte

Elementos projetuais para elevação da classificação do nível de eficiência energética em conjuntos habitacionais do PMCMV no Rio de Janeiro 568
Alice Brasileiro, Claudio Morgado, Tatiane Almeida

Avaliação e discussão sobre a classificação do nível de eficiência energética de conjuntos habitacionais do PMCMV no Rio de Janeiro 580
Alice Brasileiro, Claudio Morgado, Tatiane Almeida, Thaísa Silva

Contribuições para o aprimoramento da norma regulamentadora NR 15 para avaliação da sobrecarga térmica de trabalhadores 591
Adriana Camargo de Brito, Maria Akutsu, Fúlvio Vittorino, Marcelo de Mello Aquilino

Avaliação de desempenho térmico e lumínico de elementos de controle solar projetados através de modelagem paramétrica 604
Rafael Cartana, Fernando Oscar Ruttkay Pereira, Eduardo Berte

A influência do número de peças de dispositivos de sombreamento para o comportamento da luz solar refletida em sala de aula na cidade de Maceió 620
Marlise Carvalho, Ricardo Cabús

Contribuição dos elementos arquitetônicos da vila penteado no desempenho térmico do edifício 634
Rodrigo Cavalcante, Rodrigo Dias, Letícia Neves

Uma ferramenta para avaliação de dispositivos visuais de consumo de energia 649
Camila Cavalli, Paula Kvitko de Moura, Cecilia da Rocha

Desempenho térmico em habitações de interesse social inseridas na cidade de Joinville e recomendações para melhorias dos parâmetros mínimos construtivos 661
Rodrigo J. Cechinel, Ana M. Hackenberg, Gabriela H. Tondo

Análise de conforto térmico para diferentes estratégias de melhorias climáticas em salas de aulas: comparação entre dados técnicos e a percepção dos usuários 682
Victor Leandro Chaves, Leônidas Albano Silva Júnior, Loyde Abreu-Harbich, Maria Carolina Brandstetter

Metodologia utilizada no cálculo das resistências térmicas superficiais sugeridas pela NBR 15220:2005 – análise utilizando dados ambientais típicos do Brasil 698
Monalisa Coelho Martins, Aloísio Leoni Schmid, George Stanescu

Avaliação da aplicabilidade da NBR 15575 (2013) quanto ao desempenho térmico: Um estudo de caso em Salvador - Bahia 711
Jessica Conceição, Regina Maria Cunha Leite

Conforto Adaptativo e percepção do usuário: correspondências no estudo da biblioteca da pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo 726
Débora Costa, Aparecida Hatanaka, Flavia Elaine Aliotti Nogueira, Gustavo Panza, Marcelo Knudsen

Uso da simulação computacional na gestão pública como ferramenta auxiliar para contratação de tarifas de energia elétrica 743
Wagner Costa Oliveira, Eduardo Grala da Cunha

Avaliação do desempenho térmico de fachada com painéis leves em edificação de múltiplos pavimentos 755
Antonio Carlos da Rocha, Mercia Maria Bottura de Barros, João Roberto Diego Petreche, Brenda Chaves Coelho Leite

Ventilação natural de edifícios: revisão crítica da normalização e das metodologias de predição 765
Daniel de Oliveira Amaral, Eleonora Sad de Assis

Ofuscamento e entorno: estudo em edifícios residenciais multipavimentos 775
Lilianne de Queiroz Leal, Solange Maria Leder

Desempenho térmico por meio de medições in loco de edificações construídas em paredes de concreto na zona bioclimática 6 e 8 788
Katia Didoné, Ana Paula da Silva Milani, Sandra Bertocini

Simulações de desempenho térmico de moradias do PMCMV em diferentes zonas bioclimáticas quanto aos aspectos de implantação, materialidade e sombreamento de aberturas 802
Marianna Dorfler, Eduardo Kruger

Desempenho energoluminoso de salas de aula em latitude 15ºS 815
Luciane Durante, Ivan Julio Apolonio Callejas, Karyna de Andrade Carvalho Rosseti, Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, Jocely Rosanna da Silva Nogueira

Diretrizes para intervenções na envoltória de edifícios comerciais na zona bioclimática 3 para obtenção do "nível A" pelo método prescritivo da certificação PROCEL EDIFICA 831
Danielle Eloy, Maria Akutsu

Elementos de fachada e o desempenho da iluminação natural em salas de aula: o caso do Instituto Federal do Espírito Santo - campus Colatina 843
Sirana Fassina, Andrea Laranja

Contribuição do efeito de resfriamento evaporativo para um sistema de condicionamento térmico passivo 859
Leandro Fernandes, Eduardo Kruger, Sérgio Lange

Avaliação do comportamento térmico de paredes monolíticas executadas com diferentes materiais em condições variáveis de oscilações de temperaturas superficiais 870
Pablo Raphael de Lacerda Ferreira, Vitor Muniz Henriques, Aluísio Braz de Melo, Emmily Gersica Santos Gomes

Diretrizes construtivas para cidade em clima semiárido: estudo de caso em Arapiraca-AL 881
Mônica Ferreira da Silva, Esteffany Rafaelly Santos Rodrigues, Ricardo Victor Rodrigues Barbosa

Iluminação natural por zenitais do tipo shed: estudo em modelos reduzidos 896
Tatiana Dias Flores, Carlos Eduardo Nunes Torrescasana, Marcelo Fabiano Costella, Adriana Freitag Migott

Integração de painéis solares à arquitetura: uma reflexão sobre seus impactos na forma e paisagem 910
Ingrid Fonseca, Alessandra Battisti, Fabrizio Tucci, Maria Porto, Priscilla Mathias

Limitações do Archsim para otimização baseada em simulação para etiquetagem residencial 921
Ligiana Fonseca, Laila Santana, Joyce Carlo

Análise do impacto de pontes térmicas no consumo de energia em edificações residenciais nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3 931
Julye Freitas, Rodrigo Leitzke, Eduardo Grala da Cunha, Beatriz Gioielli

Estudo do desempenho de sistema de resfriamento com tubos enterrados em ambiente na zona bioclimática 2 947
Julye Freitas, Suzana Treichel, Renata Dalbem, Eduardo Grala da Cunha, Carolina Beltrame

A influência da vegetação no clima urbano na cidade de Palmas – TO: contribuições ao conforto ambiental urbano 959
Thyago Freitas

Reflexões sobre o uso do simulador de eficiência energética em edificações (S3E) para avaliação do nível de eficiência energética em edificações comerciais, públicas e de serviço no Brasil 972
Marina Garcia, Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Uso do resfriamento evaporativo em climas úmidos: estudo de caso em pavilhão industrial na cidade de Santa Maria/RS 985
Liége Garlet, Eduardo Grala da Cunha, Joaquim César Pizzutti dos Santos

Exploring lifecycle zero energy definitions and cumulative energy demand of buildings 997
Vanessa Gomes da Silva, Marcella Saade, Buno Lima, Maristela Silva, Natalia Nakamura

Análise do desempenho acústico das vedações verticais em instituição de ensino 1008
Fabia Kamilly Gomes de Andrade, Matheus Souza Cordeiro, Alberto Casado Lordsleem Jr.

O papel de protetores solares na eficiência energética em zona bioclimática 8: caso do novo terminal aeroportuário em Vitória-ES 1020
Alan Gonçalves Farias, Érica Coelho Pagel, Ricardo Nacari Maioli

Avaliação da disponibilidade de iluminação natural em salas de aula de instituição no sul do Brasil 1034
Giane Grigoletti, Cíntia Tamiosso

Medição da transmitância solar em sistemas de aberturas sob condições climáticas reais 1052
Grace Cristina Roel Gutierrez, Lucila Chebel Labaki

Análise do desempenho termo energético de habitações unifamiliares de interesse social através do método de simulação do regulamento brasileiro 1065
Andrea Invidiata, Raquel Fernandes de Sousa, Ana Paula Melo, Michele Fossati, Roberto Lamberts

Análise de agrupamento de 411 cidades brasileiras baseado em indicadores de desempenho de edificações residenciais naturalmente ventiladas 1079
Andrea Invidiata, Ana Paula Melo, Rogerio de Souza Versage, Raquel Fernandes de Sousa, Roberto Lamberts

Dutos verticais de captação de luz e ventilação em salas de aula: desenvolvimento e análise do desempenho 1095
Solange Leder, Luana Quirino, Yasmin Vaz

Estudo do sistema de iluminação e do usuário em edificação após procedimento de etiquetagem 1107
Larissa Leite, Grace Gutierrez

Renovação de ar em edifícios: comparação entre métodos de cálculo 1120
Renan Cid Leite, Anésia Barros Frota

Adensamento urbano e condições ambientais internas: a influência da morfologia urbana sobre a radiação solar e o vento para o conforto no ambiente construído 1132
Renan Cid Leite, Anésia Barros Frota

A forma urbana e o fluxo de ar em edificações: proposta de método para análise da ventilação natural urbana e sua influência em ambientes internos 1145
Renan Cid Leite, Anésia Barros Frota

Modelagem da vegetação na simulação da iluminação natural 1159
Eliana Lima, Solange Leder, Luana Quirino, Yasmin Vaz

Estudo de proteção solar e iluminação natural em edifício empresarial de Maceió – AL 1172
Dandara Lins, Juliana Batista

Sheds extratores e captadores de ar: análise da influência da velocidade dos ventos externos 1186
Marieli Lukiantchuki, Alessandra Shimomura, Fernando Marques da Silva, Rosana Caram

Desenvolvimento de um objeto de aprendizagem virtual para o ensino de conforto térmico 1199
Stefan Maier, Alice Theresinha Cybis Pereira, Fernando Oscar Ruttkay Pereira, Veridiana Atanasio Scalco

A transformação da fachada na tipologia construtiva de edifícios comerciais verticais em Vitória-ES e sua relação com o conforto ambiental 1220
Ricardo N. Maioli, Maria Cláudia S. L. S. B. Barros, Joana D'Arc P. de Barros, Isabela F. F. Moça, Igor M. Coninck, Érica C. Pagel

Comportamento térmico de duas habitações unifamiliares utilizando o sistema ETICS em Aquiraz – CE 1234
Renato Alexandre Marcelino, Renan Cid Leite

Impacto da temperatura de controle na operação das janelas e no conforto térmico para uma Habitação de Interesse Social naturalmente ventilada em São Carlos – SP 1245
Hector Fabian Marin, Maria Pilar Casatejada Gil, Karin Maria Soares Chvatal

Eficiência energética nas edificações dos correios 1258
Claudia Mello, Louise L B Lomardo

Absortância de telhas cerâmicas novas e deterioradas pela exposição às intempéries: impacto no desempenho térmico de edificações 1271
Kellen Melo Dorileo Louzich, Ana Flávia da Silva Martins, Wennder Tharso Oliveira da Silva Martins, Ivan Julio Apolonio Callejas, Luciane Durante, Karyna de Andrade Carvalho Rosseti

Avaliação das condições de conforto térmico, visual e acústico em uma sala de escritório naturalmente ventilada em Florianópolis (SC) 1284
Bianca Milani de Quadros, Marina Von Meusel, Bruno Aied Passos

Avaliação da abordagem normativa da NBR 15575 para desempenho lumínico: estudo de caso em Maceió-AL 1297
Thássia C. C. Nascimento, Juliana O. Batista

Elaboração do ano climático de referência para Teófilo Otoni – MG: verificação das diretrizes construtivas propostas pela NBR 15220 1310
Camila C. Oliveira, Nayara R. M. Sakiyama, Rodrigo B. Campos, Italo B. Prates, Layane V. Miranda

Análise da resposta térmica do envoltório em um ambiente sala de aula do edifício Vila Penteado 1324
Thiago Omena, Jeferson Bunder, Silvia Duarte, Lucienne Guido, Andreia Travaglia

O efeito dos parâmetros urbanísticos na variação microclimática de um cânion urbano 1341
Ligia Parreira Muniz, Claudia Cotrim Pezzuto

Avaliação do conforto térmico de escola municipal de educação infantil em Pelotas/RS - ZB2 1354
Jaqueline Peglow, Viviane Ritter, Amanda Ronca, Renata Pereira, Eduardo Grala da Cunha, Paulo A. Rheingantz

Exposição ocupacional ao calor e conforto térmico em galpões comerciais sob ventilação natural: estudo para a condição climática quente-seca 1370
Milton Moreira Peixoto Neto, Luciane Durante, Ivan Julio Apolonio Callejas, Karyna de Andrade Carvalho Rosseti, Carolina Mendonça Zina, Larissa Mendes Medeiros, Jhonatha Correia Volela

Desempenho térmico de fachadas ventiladas como proposta de retrofit em edifícios comerciais na cidade de São Paulo 1385
Emerson Antônio Penso, Martin Ordenes Mizgier

Viabilidade do uso de vidros insulados para o clima brasileiro 1400
Mônica Pinto, Fernando Westphal

Contribuição para o processo de retrofit de edifício de escritórios: eficiência de sistema de proteção solar 1415
Isabel Piúma Gonçalves, Eduardo Grala da Cunha, Suzana Zehetmeyer Treichel

Edifício comercial: uso de proteção solar na avaliação da iluminação e refrigeração através de simulação 1429
Juliana Queiroz, Camila Thieme

Avaliação de desempenho térmico de uma edificação em contêiner 1441
Raquel Rancura, Vinicios Alves

Análise do desempenho luminoso de sheds captadores de luz natural quanto a sua curvatura 1457
Pedro Vìtor Sousa Ribeiro, Orestes Mesquita Kunze Bastos, Ricardo Carvalho Cabus

Contribuição da mesa d'agua na análise da geometria de sheds extratores e captadores de ar para ventilação natural 1467
Pedro Vìtor Sousa Ribeiro, Leonardo Salazar Bittencourt

Influência do conforto térmico na saúde dos idosos: Estudo de caso em unidades habitacionais do Residencial Agreste - Arapiraca-AL 1480
Esteffany R. S. Rodrigues, Maria Jailza D. Silva, Nathália K. D. Souza, Mônica Ferreira da Silva, Ricardo V. R. Barbosa

Modelos de referência de edificações educacionais: definição de tipologias e determinação do desempenho energético 1496
Ricardo Rupp, Thamirys Vieira, Raphaela Walger da Fonseca, Elisa Beck, Roberto Lamberts

Cobogó computacional: da computação material e da atualização de elementos vazados na arquitetura 1509
Ernesto Sant'Ana, Robson Canuto

Panorama do desempenho acústico de edificações: resultados de testes de isolamento sonoro em campo 1532
Wylliam Santana, Luiz Mauricio Maues, Marcelo Picanço

Panorama do desempenho acústico de edificações: percepção de conforto acústico do usuário e comportamento do morador em níveis crescentes de incômodo 1542
Wylliam Santana, Luiz Mauricio Maues, Marcelo S. Picanço

Janelas em edificações multifamiliares e o conforto térmico 1551
Amabeli Dell Santo, Edna Aparecida Nico-Rodrigues, Cristina Engel de Alvarez

Diretrizes para projetos arquitetônicos visando o aproveitamento da iluminação e ventilação natural em salas de aula: estudo de caso 1565
Paula Sardeiro, Rosana Bacicheti, Lucas da Silva

Desempenho geométrico de um brise soleil: um estudo sobre seu impacto na iluminação e ventilação natural em uma sala de aula 1577
Paula Sardeiro, Rosana Bacicheti, Lucas da Silva

Fachadas adaptativas: arquitetura dinâmica orientada ao desempenho 1587
Renata Scheliga, Vanderley John

Portal R3E: eficiência energética para todos 1602
Anaísa Rocha Lima Fernandes da Silva, Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues, Aldomar Pedrini

Otimização do desempenho térmico de fechamentos verticais durante o processo de projeto de uma habitação de baixo impacto ambiental em clima quente e úmido 1614
Marcela Silva, Solange Goulart, Aldomar Pedrini

Avaliação das condições de conforto térmico em sala de estudos: aplicabilidade dos modelos estático e adaptativo comparados aos dados comportamentais do usuário 1627
Gabriela Silva Goedert, Felipe Finger, Natália Rosa

Adequabilidade da iluminação natural: avaliação lumínica de sala de aula considerando a satisfação do usuário 1644
Gabriela Silva Goedert, Fernando O. Ruttkay Pereira, Raphaela Walger Fonseca

Estabelecimento de parâmetros de desempenho térmico para novas edificações brasileiras na Antártica 1664
Bruna P. Sirtuli, Filipe Galina Costalonga, Cristina Engel de Alvarez, Edna Aparecida Nico Rodrigues

Ventilação natural e legislação urbanística brasileira: análise de edificações residenciais em Maceió-AL 1679
Marcos S P Sobrinho, Isabela Cristina Passos, Alexandre da Silva Sacramento, Osmar Damasceno Brandão

O uso de "pigmento frio" na formulação de tintas para aplicação em coberturas e fachadas 1692
Ana Souza, Kai Loh

Estudo experimental do comportamento de dutos de luz e o aproveitamento de luz natural utilizando imagens HDR 1700
Priscila de Souza, Fernando O. Ruttkay Pereira

Técnica e instrumentos de pequeno porte acopláveis em smartphones para auxiliar projetos arquitetônicos no intuito de promover conforto térmico 1712
Sandra Souza, Patrícia Farias, Camila Souza, Carina Santos, Luciana Lima, Jardel Gonçalves, Maria Carvalho

Análise experimental do comportamento térmico do telhado verde extensivo para Florianópolis 1726
Débora Gracielle Stiegemeier de Liz, Martin Ordenes Mizgier, Saulo Guths

Ferramenta computacional para desempenho acústico de edificações habitacionais 1740
Vanessa Takahashi, Stelamaris Rolla Bertoli, Daniel Moreira

Desafios da política pública local para melhoria do conforto acústico urbano da cidade de Macapá/AP 1755
Patrícia Helena T. Takamatsu

Comparativo entre variáveis luminotécnicas e percepção subjetiva da luz: experimento em câmara climática 1766
Cintia Tamura, Eduardo Kruger

Impactos dos edifícios isolados no conforto ambiental de áreas originalmente residenciais de baixo gabarito 1783
Wennder Tharso Oliveira da Silva Martins, Karyna de Andrade Carvalho Rosseti, Luciane Durante, Ivan Julio Apolonio Callejas, Malu Herrera Scaffi, Kellen Melo Dorileo Louzich

Absorção sonora de painéis modulares para muros vivos 1795
Rodolfo Thomazelli, Fernando Durso Neves Caetano, Stelamaris Rolla Bertoli

Desempenho de habitações de interesse social frente às mudanças climáticas 1806
Maria Andrea Triana Montes, Roberto Lamberts, Paola Sassi

Desempenho de abrigos alternativos para termo-higrômetros
Marcos de Oliveira Valin Jr, Karyn Ferreira Antunes Ribeiro, Diana Carolina Jesus de Paula, Flávia Maria de Moura Santos, Angela Santana de Olivera, Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, José de Souza Nogueira 1821

Proposta de um dispositivo para aumentar o desempenho de janelas e fachadas em termos de ventilação natural e auxiliar no controle da radiação solar direta 1839
Egon Vettorazzi, Helenice Maria Sacht, Marcelo Langner, Darwin Jaime Camacho

Avaliação do desempenho termoenergético de modelos de referência de escritórios elaborados com base em levantamento de características construtivas nacionais 1853
Raphaela Walger Fonseca, Julia Bruch, Ricardo Rupp, Elisa Beck, Letícia Eli, Mirella Improta, Veridiana Scalco, Roberto Lamberts

Análise da influência da ocupação do solo no microclima de quatro regiões distintas de Cuiabá-MT
Deborah C. Zanatta, Diana C. J. Paula, Eduardo M. Campos, Flávia M. M. Santos, Gabriely A. Bento, José S. Nogueira, Mariana Y. Hondo, Marta C. J. A. Nogueira, Victor A. B. R. Santos, Natallia S. Souza 1867

Microclima nos espaços urbanos abertos: um estudo comparativo de medições em campo aberto x registros de estação meteorológica 1884
Helena Cristina Padovani Zanlorenzi, Demóstenes Ferreira da Silva Filho

Discussão do desempenho da chaminé térmica como estratégia de ventilação natural 1898
Suzana Zehetmeyer Treichel, Julye Freitas, Renata Dalbem, Eduardo Grala da Cunha, Carolina Machado Beltrame

VOLUME 2

Desenvolvimento sustentável

Impactos da adoção de BIM no processo de avaliação de energia incorporada e emissões de GHGs no ciclo de vida de edificações 1910
Natalia N. Barros, Vanessa Gomes da Silva, Regina C. Ruschel

Emprego do Sinapi para quantificação de emissões de CO2: estudo de caso para o chapisco em uma habitação unifamiliar 1922
Lucas Rosse Caldas, Débora Mara Caldeira, Rosa Maria Sposto, Pablo Paulse, Michele Tereza Carvalho

Avaliação do ciclo de vida energético de telha termoacústica com poliestireno expandido e telha cerâmica tipo plan em edificação unifamiliar 1935
Débora Mara Caldeira, Rosa Maria Sposto, Lucas Rosse Caldas

Aplicação do selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal em um projeto de uma residência multifamiliar financiada pelo programa "Minha Casa Minha Vida" - estudo de caso 1952
Davi Cartaxo, Geórgia Jereissati, Maria Morais

Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) e de custos de diferentes formas para paredes de concreto moldadas no local 1966
Victor Motta do Valle Castro, Rosa Maria Sposto, Gilson Marafiga Pedroso, Vamberto Machado dos Santos Filho, Lucas Rosse Caldas

Microclima urbano: comparação antes e pós intervenções urbanísticas em Cuiabá-MT 1979
Diana Carolina Jesus de Paula, Soneize Auliadora de Miranda, Natallia Sanches E Souza, Marcos de Oliveira Valin Jr, José de Souza Nogueira, Flávia Maria de Moura Santos, Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira

A avaliação do ciclo de vida (ACV) como ferramenta de análise do desempenho ambiental de edificações 1990
Patricia Evangelista, Ednildo A. Torres, Jardel Gonçalves

Compensação ambiental de empreendimentos: a experiência internacional 2002
Viviane Miranda Araujo Fiorani, Vahan Agopyan

Agricultura urbana, seus benefícios e sua utilização na cidade de Porto Alegre/RS 2014
Eliane Franz, Alessandra Paim

Panorama Nacional das Edificações Públicas Federais com Foco em Etiquetagem de Eficiência Energética: Oportunidades e Desafios 2028
Anderson Gomes, Cláudia Amorim

Retrofit visando a sustentabilidade: proposta de adequação de uma escola estadual de ensino médio 2045
Renata Neves Holz, Aline Sauer, Sandra Coutinho, Fabrícia Delfino Rembiski

A praça como instrumento de educação ambiental: uma proposta para Santa Maria de Jetibá- ES 2059
Mônica Jacob, Érica Coelho Pagel

O uso do BIM para o retrofit sustentável 2072
Laura Larivoir

Aplicação de materiais e técnicas sustentáveis em uma obra de retrofit de uma unidade hoteleira – estudo de caso 2085
Rodrigo Linhares, Geórgia Jereissati, Tiago Morais

Avaliação do ciclo de vida de emissões de CO2 e desempenho térmico de habitações: estudo de caso do sistema construtivo Casa Express na cidade de Teresina – PI 2098
Julia Lira, Lucas Caldas, Ana Lucia Silveira, Rosa Sposto

Simulación cambio climático y edificación: evaluación ambiental estratégica aplicada a un programa habitacional en Montevideo 2111
María Lopez, Alicia Picción

Edificación y susentabilidad: Evaluación Ambiental Estratégica aplicada a un programa habitacional en Montevideo 2126
María Lopez, Alicia Picción

Tecnologia apropriada na construção com terra – taipa e blocos de terra comprimida 2138
Leonardo Ribeiro Maia, Obede Borges Faria, Antonio Gil da Silva Andrade

O processo de elaboração das políticas ambientais da universidade de São Paulo: o papel da universidade como laboratório para as cidades 2150
Romero Marcelo de Andrade, Kronka Mülfarth Roberta Consentino

Análise da correlação entre o nível de efetividade dos processos e em meio ambiente, saúde e segurança na construção civil 2163
João Martins Portelinha Neto, Alfredo Iarozinski Neto, Alessandra Tourinho Maia

Light steel framing: uma alternativa para os desperdícios e resíduos dos materiais de construção 2175
Bárbara Holzmann Mass, Sergio Fernando Tavares

Responsabilidade social e ambiental no setor da construção civil: canteiros de obras no distrito federal 2185
Juliana Abrahão Kohlrausch Vitali Mendes, Vamberto Machado Santos Filho, Lucas Rosse Caldas

Comparação de impacto ambiental de sistemas construtivos de paredes utilizando Avaliação do Ciclo de Vida Modular 2198
Aline Miranda, Andrea Naguissa Yuba

Técnicas eco eficientes aplicadas em edificações 2213
Matheus Muller, Márcia Freitas

Comparação entre guias de coberturas verdes 2225
Priscila Nakamura, Andrea Naguissa Yuba

O edifício sustentável e a qualidade do ar interno 2235
Erica Coelho Pagel, Cristina Engel de Alvarez, Neyval Costa Reis Júnior

Sustentabilidade ambiental para projetos de edificações residenciais no contexto climático de Maceió-AL 2246
Marcelle Maria Pais Silva Rebêlo, Gianna Melo Barbirato

Desempenho térmico do sistema de vedação vertical e emissões de CO2: estudo de caso para uma edificação escolar localizada em Goiânia - GO 2260
Pablo Paulse, Lucas Caldas, Rosa Sposto, Karla Hora

Selo casa azul: engenharia civil e sustentabilidade, uma parceria que pode dar certo 2272
Aldreen Calábria Soares Santos, A. Motta

Ecoparques tecnológicos: caracterização e principais estratégias sustentáveis a serem adotadas 2289
Douglas Santos Salvador, Ricardo Siloto Silva

Influência do método de dimensionamento da área coletora prescrito pela lei solar de São Paulo na implantação de sistemas de aquecimento solar de água em edificações na cidade de São Paulo 2303
Paulo José Schiavon Ara, Daniel Setrak Sowmy

Naturação em jardins terapêuticos no contexto socioambiental de unidades hospitalares 2314
Viviane L. X. Shan, Pedro Garrido Neto, Elaine G. Vazquez

Princípios de sustentabilidade como indutores da seleção tecnológica em projetos de arquitetura de edifícios 2328
Carla A. Silva, Mercia M. S. B. Barros

Aspectos metodológicos para a realização de estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para produtos de construção 2339
Fernanda Silva, Rachel Arduin, Caroline Souza, Laís Vinhal, Cláudia Teixeira, Luciana Oliveira

Interfaces ambientais para mudança de comportamento e redução do consumo de recursos 2351
Helena Utzig, Cecilia Gravina Rocha

Sustentabilidade ambiental da arquitetura vernácula em Arequipa – Peru 2362
Marco Antonio Vilca Mamani, Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, Marcos Martinez Silvoso

Estudo sistemático sobre avaliação do ciclo de vida energético em edificações 2377
Carolina Mendonça Zina, Luciane Durante, Ivan Julio Apolonio Callejas, Karyna de Andrade Carvalho Rosseti, Jhonatha Correia Vilela, Larissa Mendes Medeiros

Durabilidade das construções

Estudo das temperaturas superficiais das fachadas com emprego da simulação higrotérmica 2387
Livia Agostinho, Julia Lira, Francielle dos Santos, Vanda Zanoni, Elton Bauer

Edificações em madeira e preservação – o uso de termografia na detecção de patologias em madeiras 2399
Cézar Figueredo, Edgar Carrasco, Cynara Bremer

Condições de contorno lateral dos corpos de prova submetidos ao ensaio de ação de calor e choque térmico 2413
João Heitzmann Fontenelle, Cláudio Vicente Mitidieri

Influência do uso de impermeabilizante por cristalização na penetração de cloretos em concretos 2424
Vanessa Giaretton Cappellesso, Denise Carpena Coitinho Dal Molin, Angela Borges Masuero, Natália dos Santos Petry

Avaliação do desempenho das habitações do Programa Minha Casa Minha Vida nas cidades de Florianópolis e Criciúma, Santa Catarina - estudos de caso 2438
Elaine Guglielmi Pavei Antunes, Luisa Helena Marcelino, Humberto Ramos Roman, Alan Paskieviski Machado, Daiane Santos da Silva Goudinho

Estudo comparativo entre concreto usinado e concreto produzido no canteiro de obras 2452
Lucas Fernando Krug, Maxoel Habitzreiter, Bruna Gioppo Bueno

Identificação de fenômenos de pré-patologia nas fachadas dos edifícios – uma contribuição para a durabilidade das construções 2460
Mayara Santos, Valéria Oliveira, Elaine Henrique, Elton Bauer, Michele Carvalho

O uso da termografia infravermelha para detecção de manifestações patológicas 2473
Arthur José da Silva, Diego José Araújo Viégas, Yêda Vieira Póvoas

Desafios e contribuições: estudo de degradação das edificações por meio de simulação higrotérmica 2488
Vanda Zanoni, José Manoel Sánchez, Elton Bauer

Qualidade do projeto e avaliação pós-ocupação

Metodologia de avaliação da energia solar antes dos primeiros esboços 2499
Ana Lígia Papst de Abreu, Victor Andreas Rocha Baumann, Felipe Góes, Luciano D'Avila Dodl

Requalificação de unidade de acolhimento institucional para crianças e adolescentes: abordagem em Juiz de Fora, MG, a partir do conforto e psicologia ambiental 2512
Mariana Almeida, Letícia Zambrano

Orientação espacial sob o ponto de vista da acessibilidade: caso de um terminal aeroportuário 2535
Isabela Andrade, Vera Helena Bins Ely, Mayara Zanchin, Italo Rodeghiero Neto

Avaliação do desempenho de edifícios altos quanto ao uso 2547
Fabiana Antocheviz, Antônio Tarcísio Reis, Sandra Becker

Análise probabilística e mapeamento da origem de manifestações patológicas identificadas no pós obra 2559
Gustavo Arantes, Ruany Ferreira, Maria Carolina Brandstetter

Preparação da execução de obras (PEO): estudos de caso na cidade de Goiânia-GO 2575
Aline Valverde Arrotéia, Tatiana Gondim do Amaral, Silvio Burrattino Melhado

A avaliação do desempenho em uso dos sistemas metroferroviários a partir da jornada do usuário 2587
Maria Beatriz Barbosa, Sheila Walbe Ornstein

Os enfoques racional e reflexivo e sua relação com a gestão de projeto em arquitetura 2601
Gil Barros, Tatiana Sakurai

Percepção olfativa de usuários cegos na análise da estética do espaço urbano 2612
Celina Barroso, Antônio Tarcísio Reis

Cálculo do indice de acessibilidade destinado aos pedestres em uma cidade de pequeno porte – Pederneiras/SP 2622
Fabiana Benevenuto Faustini, Marina Lisboa Maia, Renata Cardoso Magagnin

Análise de padrões de fissuração presentes em elementos estruturais a partir de regressão logística para amostras desbalanceadas 2636
Letícia Ramos Berr, Jordana Bazzan, Débora R. Dadalt, Carlos Torres Formoso

Análise dos efeitos de ruídos comuns ao ambiente construído no sentimento dos usuários 2648
Ana Paula Bonini Penteado, Alfredo Iarozinski Neto

Um estudo exploratório sobre o processo de projeto de obras públicas usando o RDC – Regime Diferenciado de Contratação 2661
Flavia Camelo, Sandra Bomtempo, Paulo Andery

Seleção tecnológica de sistemas de fachada para edifícios comerciais e institucionais 2672
Marília Carraro, Luciana Alves de Oliveira

Avaliação do binômio sustentabilidade e biossegurança no desenvolvimento de projetos arquitetônicos de laboratórios de pesquisa médica na FIOCRUZ 2683
Márcia Castilho Correia, Bianca M. F. Leal

Configuração das áreas de lazer dos edifícios verticais multifamiliares contemporâneos: estudo de caso em Maceió-AL 2696
Marta Cavalcante, Alexandre Toledo

Avaliação do tempo de reverberação e inteligibilidade da fala em salas de aula: estudo de caso em programa de pós-graduação 2715
Guilherme Coelho, Thauler Souza, Vamberto Machado, Rosa Sposto

Avaliação pós-ocupação de residências executadas no sistema Light Steel Framing 2730
Luana Costa, Patrícia Lovato, Thaiana Centofante Costa

A norma de desempenho e as alterações no processo de projeto das empresas construtoras de pequeno e médio porte 2743
Ana Cláudia Cotta, Paulo Roberto Pereira Andery

Arquitetura escolar e a inclusão de alunos com deficiência intelectual e autismo: estudo de caso em Juiz de Fora 2754
Débora Rodrigues Cruz, José Gustavo Francis Abdalla, Katiuscia Cristina Vargas Antunes

O espaço arquitetônico e o uso dos espaços coletivos exteriores dos conjuntos habitacionais do PAR em Pelotas - RS 2767
Vitória Borges da Fonseca Cumerlato, Nirce Saffer Medvedovski, Célia Castro Gonsales, Hélen Vanessa Kerkhoff, Elisa Santos Guimarães

Percepção do usuário quanto à luz natural proveniente de aberturas zenitais 2780
Auriele F. Cuti, Celina Maria B. Correa

O vidro e suas relações cromáticas na arquitetura contemporânea na cidade de São Paulo 2797
João Carlos de Oliveira Cesar

Desenho Universal como mediador das relações entre tecnologias assistivas e ambientes domésticos 2809
Tulio M. de S. Tiburcio, Rodrigo B Mendes, Sandro Ferreira Souza, Talita da Conceição de Oliveira Fonseca

Avaliação da qualidade do espaço urbano quanto ao risco de quedas de idosos 2824
Tulio M. de S. Tiburcio, Talita C O Fonseca, Aline W B Carvalho, Rodrigo Bicalho Mendes, Sandro Ferreira Souza

Contribuição da automação residencial na solução de problemas de acessibilidade no cotidiano do idoso 2837
Tulio M. de S. Tiburcio, Sandro F Souza, Talita da Conceição de Oliveira Fonseca, Rodrigo Bicalho Mendes

Relação entre o espaço da sala de aula, as novas tecnologias e o ensino de projeto de arquitetura 2851
Tulio M. de S. Tiburcio, Zoleni L Braz, Maria Luiza Rodrigues Natalino

A tomada de decisão na previsão da vida útil de projeto para edificações mais sustentáveis 2864
Ludmila de Souza Freitas, Aloísio Leoni Schmid, Roberto Caldeira da Silva

Desenvolvimento de um modelo para coordenação de projetos de edificações em obras de reforma referenciado na ABNT NBR 16280:2015 2879
Arthur César Esteves Ottoni Barbosa, Paulo Roberto Pereira Andery

Estruturação do processo de projeto executivo de obras de infraestrutura de transporte subterrâneo: estudo de caso na Linha Lilás do Metrô de São Paulo 2894
Tiago de Vasconcelos Gonçalves Ferreira, Leandro Santos Filgueiras, Silvio Burrattino Melhado

Percepção de conforto ambiental em espaços subterrâneos 2907
Eliane Franz, Betina Martau

Avaliação pós-ocupação de edifício de apartamentos antigo na cidade de São Paulo: o uso das opiniões dos usuários na reabilitação de edifícios 2919
Walter J. F. Galvão, Sheila Walbe Ornstein

Oferta de comércio e serviços em edifícios verticais de uso misto: investigação nas áreas comuns em dois exemplares de Maceió/AL 2931
Luciana Gavazza, Alexandre Toledo

A permanência espaço-temporal do edifício escolar - propostas de adequação de usos em uma escola pública de ensino fundamental do Rio de Janeiro. 2946
Rafael Ferreira Diniz Gomes, Giselle Arteiro Nielsen Azevedo

Avaliação pós-ocupação em bibliotecas ferroviárias: o caso dos acervos paulistas 2959
Samir Gomes

Mutirão autogerido versus Habitação de Interesse Social promovida pela COHAB-SP: Uma análise comparativa na escala da unidade habitacional 2971
Larissa Gonçalves, Luci Bonini

Avaliação da qualidade de vistas a partir de apartamentos em edifícios altos 2982
Debora Gregoletto, Antonio Tarcisio Reis

Qualidade do projeto: análise dimensional das Habitações de Interesse Social na cidade de Maceió - AL entre os anos de 1964 e 2014 2995
Flavia Maria Guimaraes Marroquim, Gianna Melo Barbirato

MMental: aplicativo para análise da percepção do coletivo quanto à legibilidade do ambiente construído 3007
Elisa Santos Guimarães, Hélen Vanessa Kerkhoff, Natália Toralles dos Santos Braga, Nirce Saffer Medvedovski, Vitória Borges da Fonseca Cumerlato

O desempenho, sob o enfoque ergonômico, de edifícios ícones da arquitetura modernista brasileira, em São Paulo, produzida entre 1930 e 1964: edifícios de uso comercial e de serviço 3019
Barbara Iamauchi Barroso, Roberta Consentino Kronka Mülfarth

Elaboração de questionário como ferramenta auxiliar na avaliação do conforto acústico em escolas 3037
Cristina Yukari Kawakita Ikeda, Rosaria Ono, Fúlvio Vittorino

Avaliação de desempenho térmico de edifícios habitacionais multifamiliares em Brasília: o caso do Setor Noroeste 3049
Pammila Japiassú, Mariana Emídio Guimarães, Rosa Maria Sposto, Claudia Naves David Amorim

Mobiliário urbano no espaço público de comunidades do PAC-urbanização de assentamentos precários: o caso PAC-Anglo, Pelotas, RS 3065
Hélen Vanessa Kerkhoff, Elisa Santos Guimarães, Natália Toralles dos Santos Braga, Nirce Saffer Medvedovski, Vitória Borges da Fonseca Cumerlato

O morador e a moradia: um estudo de caso no PMCMV em Cuiabá-MT 3081
Louise Logsdon, Rodrigo Paiva, Douglas Gallo, Daniel Ferreira

Segurança das pessoas e do patrimônio em parque urbano: cercar ou manter aberto 3095
Claudia Adriana Nichetti Marques, Amanda SchÜler Bertoni, CÁssia Morais Mano, AntÔnio TarcÍsio da Luz Reis

Minha casa minha vida: análise da percepção de valor sobre as áreas comuns 3108
Laura Marques, Luciana Miron

Mapeamento e análise do processo de projeto de estruturas metálicas com foco na integração – estudos de casos múltiplos 3121
Renata Martini, Cícero Starling, Paulo Andery

Avaliação pós-ocupação de projeto padrão Proinfância: tecnologias para auxiliar uma abordagem multimétodos 3133
Maria Luiza Natalino, Vinícius Avila, Tulio M. de S. Tiburcio, Zoleni Lamim Braz

Pesquisa bibliométrica sobre Target Value Design 3146
Antônio Arthur Fortaleza Neves, Raísse Layane de Paula Saraiva, Mariana Lira Comelli, Domingos Sávio Viana de Sousa, José de Paula Barros Neto

Condições ambientais e percepção do conforto térmico: estudo de caso com trabalhadores de escritórios 3155
Lumy Noda, Amanda V. P. Lima, Natália Luna, Milena Sá Braga, Carolina Ramos, Solange Leder

O usuário e o seu comportamento na avaliação da iluminação da biblioteca da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo -FAU Maranhão, SP 3170
Flavia Nogueira, Aparecida Hatanaka, Débora Costa, Gustavo Panza, Marcelo Knudsen

Projeto Integrado aplicado a projetos de reabilitação 3191
Ana Beatriz Oliveira, Tamine Manzin, Marcelo Giacaglia, Claudia Oliveira, Silvio Burrattino Melhado

Contribuições da tecnologia BIM para o planejamento de um empreendimento público 3206
Edson Oliveira, Júlio Santana, Débora de Gois Santos

Aprimoramento de metodologia para aplicação de pesquisa de campo em segurança contra incêndio utilizando os instrumentos de wayfinding 3219
Rosaria Ono, Katia Beatris Moreira

Contribuição ao estudo do processo de projeto de instalações 3230
Gabriela Pinheiro, Paulo Andery

Avaliação da sensação de conforto térmico do usuário de uma habitação faixa 1 do programa minha casa minha vida na cidade de Pelotas-RS: estudo de caso do residencial jardins do obelisco 3241
Jones Vieira Pinto, Antonio Cesar Silveira Baptista da Silva, Vitória Borges da Fonseca Cumerlato

Gestão de equipes no processo de legalização de projetos de edificações utilizando a plataforma BIM 3255
Eduardo Ribeiro dos Santos, Técia Maria Pereira Duarte, Monica Santos Salgado

A simulação como ferramenta para a identificação dos requisitos dos usuários idosos em apartamentos 3265
Rodrigo Rodrigues, Cesar Imai

Mapeamento da complexidade do processo de projeto de edifícios inteligentes 3276
Débora S Olevate, Tulio M. de S. Tiburcio, Débora Mela, Denise Mônaco Santos

Percepção da luz e da cor em setor oncológico 3288
Ana Paula Santos, Renan Yokemura Marques, Celina Correa, Natalia Naoumova, Livia Bender

Desempenho de edificações residenciais: projetistas e empresas construtoras 3299
Débora de Gois Santos, PatrÍcia Carvalho, Emerson Carvalho, LaÍs Indiana Ferreira, Marina Viana

Gestão da manutenção e a NBR 15.575/2013 3311
Flávia Santos, Maria Aparecida Steinherz Hippert

Avaliação funcional e ambiental do PMCMV: o caso do Residencial Jardim Sucupira 3321
Rita de Cássia Pereira Saramago, Simone Barbosa Villa, Gabriela Barros Portilho

APO sobre inclusão: o Desenho Universal como ferramenta em casa de acolhimento institucional 3337
Aline Savi, Marta Dischinger, Lays Juliani Hespanhol

Gestão de riscos e riscos de gestão em projetos industriais: estudos de caso 3348
Tassia Silva, Silvio Burrattino Melhado

Arquitetura escolar Waldorf, opiniões e preferências de seus usuários 3360
Thaís Regina Silva Cardoso E Oliveira, Cesar Imai

Análise de pós-ocupação de áreas de convívio em ambientes universitários 3374
Ana Lucia Silveira, Isadora Costa, Romulo Marques

Ambiente de idosos e a ferramenta do poema dos desejos 3388
Elzani Sobral, Marie Monique Paiva, Vilma Villarouco

Avaliação da legislação de segurança contar incêndios: estudo dos requisitos para dimensionamento de saídas de emergência 3400
Aline Sayuri Takeda, Rosária Ono

Avaliaçãp pós-ocupação em hospitais complexos 3412
Andrea D. Leitner Thomazoni, Sheila Walbe Ornstein

Projeto de saídas de emergência: estamos considerando as crianças? 3428
Marcos Valentim, Rosaria Ono

Inovação tecnológica na avaliação pós-ocupação: ferramentas digitais e interativas 3439
Simone Barbosa Villa, Gabriel Pacelli Naves Ribeiro, Larissa Rodrigues Salustiano, Sabrina Maia Lemos

Luz e cor em aparatos de exposição impressa: contrastes e percepções 3453
Renan Yokemura Marques, Celina Correa

VOLUME 3

Gestão e economia da construção

Mapeamento sistemático de literatura sobre parceria público-privada 3463
Henrique Agostinho, Ellen Argôlo

Comparação de modelos contratuais na construção civil: um mapeamento sistemático de literatura 3476
Henrique Agostinho, Denis Granja

Análise do impacto das certificações de qualidade nas características organizacionais em empresas de construção civil 3489
Bruna Barbosa Fantoni, Simone do Amaral Cassilha, Alfredo Iarozinski Neto

Análise do impacto financeiro e causas de aditivos contratuais em um caso de obra privada 3501
Maria Carolina Brandstetter, Lorena Carvalho, Daniela Oliveira, Icaro Pratti

Mapeamento sistematizado da literatura com base no custeio meta e custeio Kaizen no âmbito das habitações 3515
Raquel Bueno, Maria Carolina Brandstetter

Análise de inovações propostas para a gestão de obras públicas – estudo de caso do programa centro de iniciação ao esporte 3530
Débora Mara Caldeira, Alexandre Fernandes Ono, Kennedy Francisco Silva

Programação de um projeto de Habitação de Interesse Social com base na relação ótima tempo-custo 3547
Thaylor Cardoso Martins, Thalys Feitosa, Denilson Costa da Silva

Avaliação de desempenho dos fornecedores de revestimentos cerâmicos para a construção civil 3563
Ada Catarina Soares de Sena Costa, Mariana Lira Comelli, Isabelly Christiny Monteiro de Souza Pinto, Antônio Arthur Fortaleza Neves, Vanessa Ribeiro Campos

Verificação da adequação e implantação de PCMAT de acordo com o porte da obra 3572
Marcelo Fabiano Costella, Daniela de Lourdes Barboza Brito da Silva, Silvio Edmundo Pilz, Heleia Bortolosso, Simone Rossi

Investigação do comportamento enxuto em obras de paredes de concreto moldadas no local 3586
Herbert Cruz, Débora de Gois Santos, Luciano Vasconcelos, Rafaela Santos

Identificação de conceitos enxutos: estudo de caso em uma obra de paredes de concreto 3598
Herbert Cruz, Rafaela Santos, Luciano Vasconcelos, Laynara Vieira, Débora de Gois Santos

Variação da produtividade da mão-de-obra em função da tipologia adotada para a estrutura de concreto armado 3609
Mariana Damião, Talitha Nascimento, Ubiraci Souza, Camila Kato

Análise da influência das práticas enxutas na gestão sustentável do canteiro de obras 3622
Rodrigo de Brito Souza, Elaine Pinto Varela Alberte

Perfil do trabalhador da construção civil na cidade de Belém 3633
Renato de Melo Seixas, Pedro Santos Valente, Matheus Marinho Rios, Wylliam Bessa Santana, Luiz Maurício Maués

Um estudo bibliográfico da experiência internacional na estruturação de projetos de parceria público-privada e suas aplicações ao setor brasileiro 3645
Guilherme de Oliveira Coelho, Michele Tereza Marques Carvalho

Gerenciamento de riscos relacionados aos trabalhos em altura na fase de concepção do projeto de um edifício comercial 3656
Mariane de Pieri, Gustavo de Lima Torres, Jose Ilo Pereira Filho

Custos de ensaios em obras públicas que utilizam recursos do Orçamento Geral da União (OGU) 3669
Alexandre David Felisberto, Luis Alberto Gómez, Camila Isaton, Fernanda Fernandes Marchiori

Modelagem BIM para orçamento operacional 3680
Thalmus M. Fenato, Maria B. Barison, Fernanda Saffaro

Aprimoramento da gestão de obras de infraestrutura por meio de indicadores de produtividade: estudo de caso na execução de um viaduto 3696
Maria Luiza Soares Fernandez, Fernanda Fernandes Marchiori, Rúbia dos Santos, Antônio Edésio Jungles

Abordagens de custo e valor em projetos de Habitação de Interesse Social 3710
Aline Fróes de Souza Moraes, Ariovaldo Denis Granja

Variáveis e índices geométricos de projeto arquitetônico relacionados ao custo de empreendimentos residenciais 3722
Aline Fróes de Souza Moraes, Flavio Augusto Picchi, Ariovaldo Denis Granja

Diagnóstico dos pontos de disposição de resíduos da construção civil na cidade de Americana/SP 3733
Sarah Gabriela Bispo da Rocha, Adriana Petito de Almeida Silva Castro

Produtividade na execução de revestimentos cerâmicos de empresas subempreiteiras 3749
Fabia Kamilly Gomes de Andrade, Alberto Casado Lordsleem Jr.

Avaliação de riscos de uma obra pública educacional na fase de execução 3763
Priscilla de Mattos Hamel E Silva, Antônio Edésio Jungles, Rúbia dos Santos, Fernanda Marchiori

Roteiro para estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários residenciais 3780
Maria Aparecida Steinherz Hippert, Gustavo Brega Quinet Andrade

O gerenciamento do tempo em uma empresa de construção civil segundo o PMBOK 3791
Maria Aparecida Steinherz Hippert, Edmar Antônio Mendes Carvalho

Impactos da produtividade e consumo de materiais no serviço de alvenaria de vedação a partir do processo de aferição do SINAPI 3802
Michelle Kemper Campos de Melo, Michele Tereza Marques Carvalho

Cumprimento da NR-18 pelas empresas construtoras da Grande João Pessoa: uma realidade positiva 3820
Mirela Medeiros, Meryhelen Silva, Gabriella Souza, Nelma Araújo

Produtividade da mão de obra para estrutura de concreto armado: ênfase nos fatores influenciadores 3834
Roseneia Melo, Dayana Costa

Desenvolvimento de método para o estudo da produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios 3847
Caio Mingione, Ubiraci Souza

Concentração de material particulado proveniente de canteiros de obras nas fases de construção de alvenaria e concreto armado 3861
Rita J.B. Moraes, Dayana B. Costa, Ingrid P.S. Araújo, Jair Lopes da Silva Junior, Jaconias Carneiro Gomes, Danilo Bastos Barbosa

Sistemática para gestão das exigências da NR-18 3873
Paola Kelly Curi Moura, Paulo Roberto Weiss Júnior, Fabrício Borges Cambraia, Elvira Maria Vieira Lantelme

Identificação e análise de indicadores de resíduos de construção em obras verticais na região metropolitana de Belém-PA 3883
Brisa M.O. Nascimento, Luiz Maurício F. Maués, Luciana N.P. Cordeiro, André Augusto A.M. Duarte, Renato M. Neves

Diagnóstico da aplicação dos requisitos de sustentabilidade no processo de compras de empresas construtoras de edifícios 3895
Patricia Nascimento, Francisco F. Cardoso

Satisfação dos operários da construção civil: um estudo na Universidade Federal do Ceará 3910
Antônio Arthur Fortaleza Neves, Isabelly Christiny Monteiro de Souza Pinto, Ada Catarina Soares de Sena Costa, Mariana Lira Comelli, Vanessa Ribeiro Campos

Orçamento na fase da viabilidade: comparativo dos parâmetros custo unitário básico e custo unitário geométrico 3924
Tacná Nóbrega, Thays Pereira, Priscilla Rodrigues, Marcilon Lima

Uso de indicadores de sustentabilidade para seleção de materiais aplicados à execução de alvenaria de bloco 3938
Carla Oliveira de Santana, Elaine Pinto Varela Alberte

Caracterização da atuação de construtoras e incorporadoras de Goiânia-GO frente às normas de desempenho ABNT NBR 15575:2013 3948
Juliano Araújo Otero, Rosa Maria Sposto

Modelo de análise de riscos baseada em matemática fuzzy para suporte à gestão do desempenho de edificações habitacionais 3963
Juliano Araújo Otero, Rosa Maria Sposto

Acondicionamento de sistemas de produção na construção civil 3977
Ricardo Juan José Oviedo Haito, Francisco F. Cardoso

Redução de variabilidade no processo construtivo de elevação de alvenaria estrutural: atitudes gerenciais 3990
Paulo Ricado Ramos Santos, Débora de Gois Santos

Identificação das causas de atrasos de obras: um estudo de caso na região metropolitana de Belém 4004
Caio José L. Reis, Renato de M. Seixas, Gilmar B. da Silva, Luiz Maurício F. Maués, André Augusto A. M. Duarte

Proposta de diretrizes para produção de procedimentos de inspeção para serviços da construção civil 4016
Gabriela Rocha, Carlos André Vieira da Silva Júnior, Carlos Formoso

Análise das inter-relações organizacionais 4028
Angela Rosi Docena de Alencar, Alfredo Iarozinski Neto

Repercussão de decisões gerenciais no prazo de execução de empreendimentos da construção civil 4038
Fernanda Aranha Saffaro, Wanessa Fazinga, Vinicius Amadeu Santana

Análise de maturidade de engenharia simultânea em construtoras de pequeno porte 4050
Gilielle Santana, Sandra Coutinho, Aline Sauer, Fabrícia Rembiski

MFV como ferramenta para análise do fluxo de informações em um escritório de engenharia 4062
Camila Silva, Sheyla Serra, Itamar Lorenzon

Análise do gerenciamento de resíduos de construção civil em condomínios residenciais unifamiliares 4075
Daniela Silva, Fabrícia D. Rembiski, Sandra Coutinho, Gabriela Radinz

Custos atuais da implantação do PCMAT em obras de edificações verticais 4086
Meryhelen Silva, Mirela Medeiros, Gabriella Souza, Nelma Araújo

Proposição de um modelo para gestão da produtividade e retroalimentação orçamentária 4097
George Nunes Soares, José de Paula Barros Neto, Artemária Coelho de Andrade

Gestão de projetos e de obras em construtoras – avanços e desafios para atuação de arquitetos e urbanistas 4111
Suelen Sorte, Fabrícia D. Rembiski, Aline Sauer, Gabriela Radinz

Impactos da gestão de segurança ocupacional no cronograma físico-financeiro de obras de edifícios 4121
Elienay Hudson Souza, Wylliam Santana, Luiz Mauricio Maues

Análise da aplicação de veículo aéreo não tripulado em auxílio às inspeções de saúde e segurança do trabalho 4132
José Roberto Souza, Andrey Oliveira, Heitor Palmeira, Adriana Weber

Proposta de melhoria para o transporte vertical de componentes de fachada de um edifício residencial de múltiplos pavimentos através do Mapeamento do Fluxo de Valor: um estudo de caso 4143
Alessandra Tourinho Maia, André Davet, Bruno Moreira Fenili, Yuri Tezin

Análise setorial do nível de efetividade dos processos gerenciais de empresas de construção civil 4158
Alessandra Tourinho Maia, Alfredo Iarozinski Neto

Diretrizes para a concepção de sistema de fluxo de materiais 4172
Carlos André Vieira da Silva Júnior, Antônio Santos, David Vasconcelos, Anthony Teixeira, Ismael Weber, Adriana Weber

Reaproveitamento de resíduos na construção

Utilização de fibra de polipropileno em argamassas produzidas com agregados reciclados de residuos da construção civil 4184
Cristian Debastiani, Elton Zanatta, Patricia Lovato

Estudo do uso de resíduo de serragem de pedra Cariri na produção de misturas autoadensáveis 4195
Johnatan Galvão, Amanda Carolina Pita, Uiliana Márcia Mercês, Washington Moura, Monica Leite

Agregados reciclados em concretos: uma análise crítica das propriedades e classificações estabelecidas em diferentes normas 4209
Alexis Kiouranis, Leonardo Miranda, Antônio Melo Neto

Avaliação das propriedades físicas de agregados miúdos reciclados produzidos em britadores de mandíbula e impacto 4221
Gabriel Marinho, Elaine Souza, Larissa Santos, Henrique Degraf, Leonardo Miranda, Vanessa Vogt

Comportamento mecânico de argamassas produzidas com resíduo de serragem de pedra Cariri 4233
Uiliana Mercês, Moura Washington

Panorama atual do setor de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil 4247
Leonardo Miranda, Levi Torres, Vanessa Vogt, Fernanda Brocardo, Hewerton Bartoli

Análise do desempenho de tijolos de solo-cimento com incorporação de agregados reciclados 4268
Gustavo Rodolfo Perius, Camila Sanja Machado, Daiane Eckardt Derlam, Ana Ligia Papst Abreu, Cleide Cedeni Andrade

Substituição do cimento por resíduos de conchas de moluscos bivalves em argamassas 4279
Safira Ferreira de Melo Rios, Ana Paula Gonçalves Silva, Washington Almeida Moura

Influência de aditivos aceleradores de pega nas propriedades no estado fresco de compósitos de cimento e resíduos de madeira de construção 4290
Thaísa Rocha, Paolo Lima, Leonardo Miranda, Carlos Parchen, Lara Ruhnke

Análise das propriedades de compósitos de madeira, provenientes de resíduo de construção, utilizando o gesso como aglomerante 4304
Thaísa Rocha, Lara Ruhnke, Leonardo Miranda, Carlos Parchen, Paolo Lima

Equipamentos de reciclagem de resíduos da construção civil: mecanismos de separação 4319
Annelise Schamne, Leonardo Miranda, Vanessa Vogt

Concreto autoadensável com Agregados Reciclados de Concreto (ARC) 4334
André Luís Vicente Souza, Nicole Schwantes, Isabela Souza, Caroline Dias Cavalheiro, Maria Fernanda Porto, Mateus Santos Fonseca, Berenice Martins Toralles

Avaliação da influência do tipo de britador nas propriedades de agregados reciclados graúdos 4346
Elaine Souza, Gabriel Marinho, Henrique Degraf, Larissa Santos, Leonardo Miranda, Vanessa Vogt

Argamassas e concretos com a adição de resíduos cerâmicos e de rochas ornamentais 4358
Reila Vargas Velasco, Larissa de Souza Viana, Marcos Martinez Silvoso

Sistemas prediais hidráulicos e sanitários

Reduções na exploração de recursos hídricos pelo emprego de tecnologias conservadoras de água: uma análise piloto em regiões residenciais do Distrito Federal 4372
Karla Alvares, Daniel Sant'Ana

Análise de configurações para implantação de um sistema predial de aproveitamento de água pluvial em edificações de um campus universitário 4386
Andreia Cristina Fonseca Alves, Renata Benfica Lima Silva, Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco, Marcus Andre Siqueira Campos

BIM e Laser Scanning na geração de projeto "as built" de sistemas prediais hidráulicos e sanitários 4398
Letícia S. M. Araújo, Marina Sangoi de Oliveira Ilha

Avaliação econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações de interesse social: mapeamento da literatura 4410
Lorena Carvalho, Marcus Campos

Avaliação de desempenho de sistemas prediais de água não potável de edifícios residenciais 4425
Carolina Castilho, Lúcia Helena de Oliveira

Simulação computacional do transporte de sólidos em sistemas prediais de esgoto sanitário 4436
Liang-Yee Cheng, Lucia Helena Oliveira, Pedro Henrique Saggioratto Osello, Rubens Augusto Amaro Junior

Produtividade da mão de obra na execução dos sistemas prediais elétricos e de comunicação 4449
Thomaz de Assumpção Corsini, José Carlos Paliari

Aplicação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial na cidade de Juiz de Fora - MG 4462
Livia Cosentino, Marcos Borges

Qualificação e quantificação de resíduos removidos do gradeamento de estações de tratamento de esgoto doméstico 4474
Patricia Erbis, Simone Fiori, Vera Maria Cartana Fernandes, Vinicius Scortegagna, Anelise Sertoli Gil, Matheus Ferreira, Luisa Dametto Vanz

Tempo de transbordamento de pavimento permeável com reservatório de brita 4489
Armando Ferreira, Marina Ilha

Modelos para a determinação das vazões em sistemas prediais de água: estado da arte 4499
Tiago de Vasconcelos Gonçalves Ferreira, Orestes Marraccini Gonçalves

Influência de sistemas individuais no dimensionamento de ETE 4511
Simone Fiori, Vera Maria Cartana Fernandes, Anelise Sertoli Gil, Vinicius Scortegagna, Matheus Ferreira, Julia Cartana Fernandes

Escopo para comissionamento de sistemas prediais 4524
Christianne dos Santos Figueiredo Ishida, Lúcia Helena de Oliveira

Subsídios para a escolha do material utilizado para instalações de gás: aço, cobre e multicamada 4535
Aline Moura, Fernanda Santos, Ubiraci Souza, Camila Kato

Proposição de ferramenta de avaliação qualitativa de projetos hidráulicos e sanitários prediais 4548
Thyago Paixão, Marcelo Silva, Ricardo Reis

Desempenho de trincheiras de infiltração de água de chuva para controle do escoamento superficial nos lotes urbanos 4561
Ricardo Reis, Marina Ilha

Pesquisa de aceitação de medidas de uso racional de água em sistemas prediais 4573
Aline R. Schroth, Taise F. Okubara, Stella M.C. Bezerra

Gestão da qualidade e abrangência da infraestrutura de saneamento básico 4591
Felipe Scolari, Vera Maria Cartana Fernandes, Simone Fiori, Vinicius Scortegagna, Matheus Ferreira, Daniela Adames, Anelise Gil

Regras de verificação e validação de modelos BIM para sistemas prediais hidráulicos e sanitários 4604
Carolina Yumi Takagaki, Lucia Helena Oliveira, Fabiano Rogério Corrêa

Avaliação de falhas em tubulações de CPVC para sistemas hidráulicos prediais de água quente por tomografia computadorizada de raios X 4616
Simone N. Taninaga, Daniel S. Sowmy, Andre Luiz G. Scabbia

Avaliação laboratorial de desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga de 4,8 litros 4633
Isabella Valêncio, Orestes Gonçalves

Tecnologia da informação e comunicação

Medição de desempenho em empresas de construção: desenvolvimento de instrumento para avaliação de sistemas ERP 4648
Bárbara Abreu, Eduardo Luis Isatto

BIM no processo de orçamentação de um empreendimento residencial 4661
Rodrigo Bagno, Eduardo Arantes

Uso da simulação BIM 4D para apoio à gestão de processos logísticos em obras de sistemas pré-fabricados de concreto 4679
Fernanda S. Bataglin, Daniela D. Viana, Guillermina A. Peñaloza, Ana Júlia Smolinski, Carlos T. Formoso, Iamara R. Bulhões

Smart campus: proposta de aplicação de conceitos inteligentes na cidade universitária "Armando de Salles Oliveira" 4692
Luis Augusto Bertoni Strengari, Caio Muraki de Sá, Lilian Etienne Parada, Marina Seki Hellmeister, Karin Regina de Casas Castro Marins

Estudo sobre a gestão da informação no controle de qualidade de obras: uma análise da aplicabilidade da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) 4710
Jeferson Spiering Böes, Jeferson Ost Patzlaff, Marco Aurélio Stumpf González

BIM em gerenciadoras de empreendimentos de infraestrutura 4722
Gustavo Carezzato Gonçalves, Mercia Maria Bottura de Barros, Eduardo Toledo Santos

Análise do uso de ferramentas tecnológicas nos processos e gestão de projetos por empresas do setor de construção civil 4739
Simone do A Cassilha, Bruna B Fantoni, Alfredo Iarozinski Neto

O papel da automação e da robótica na construção de edificações 4752
Fabiano Correa

Modelo associativo e design paramétrico: da subjetividade à precisão 4765
Camila Costa de Lima, Dayane Alexandre Correia, Nádia Milena Barbosa, Alexandre Márcio Toledo

Proposição de um protocolo para contratação de projetos em BIM para o mercado da construção civil nacional 4774
Diego R. G. Faria, Mercia M. S. B. Barros, Eduardo T. Santos

Verificação da aceitabilidade de ferramentas e diretrizes de modelagem propostas para um banco público brasileiro 4785
Fernanda Ferrari, Silvio Burrattino Melhado

Análise do ambiente para inovação tecnológica em um banco público brasileiro 4800
Fernanda Ferrari, Silvio Burrattino Melhado

Aplicação mobile de especificação de revestimento cerâmico, argamassas e rejuntes 4819
Júlio César Franco Jr., Nivaldo Henrique Bondança, Márcio Minto Fabrício, Kelen Almeida Dornelles

Modelagem da informação e melhoria contínua do ambiente construído: oportunidades e desafios 4834
Ana Judite Galbiatti Limongi França, Sheila Walbe Ornstein

Avaliação de um sistema baseado em jogos implantado em um canteiro de obras 4849
Regina Maria Cunha Leite, Dayana Bastos Costa, Frederico A. Durão

Modelagem da informação da construção na preservação da arquitetura moderna 4864
Cristiane Lopes Canuto, Monica Santos Salgado

Análise bibliométrica da produção brasileira de artigos científicos na área de BIM 4876
Fernanda Machado, Regina Ruschel, Sérgio Scheer

O impacto do BIM: estudo de caso em edifício residencial 4889
Marco Argentieri Mariani, Paulo Cezar Bianchi, Robert Wright, Eduardo Toledo Santos

O uso do BIM para o projeto sustentável 4910
Bárbara Holzmann Mass, Sérgio Scheer, Sérgio Fernando Tavares

A modelagem da informação da construção na gestão de espaços em instituições de ensino superior 4921
Gianine Mello, Fábio Schramm

Gestão de sistemas construtivos e de manutenção com ambientes CMS em pequenas e médias empresas construtoras 4939
Adriano Moreira, Maria Aparecida Hippert

Identificação do conhecimento acadêmico de BIM integrado ao gerenciamento de facilities 4951
Paula Mota, Regina Ruschel

Seleção de parâmetros no modelo BIM necessários à simulação energética de edificações a partir do REVIT e do Energyplus 4963
Rodrigo Pereira da Silva, Sergio Leal Ferreira

Estudo das exportações de modelos digitais produzidos no Autodesk Revit para simulações de edificações no Energyplus 4975
Gabriel R. Queiróz, Giane C. Grigoletti, Joaquim C. P. Santos

Uso da tecnologia BIM no ensino de arquitetura e urbanismo da UFES - ES 4991
Leticia Rabbi, João Luiz Calmon, Karla Conde

Relato de experiência de ensino de BIM em disciplina introdutória de curso de engenharia civil 5003
Eduardo Toledo Santos, Sergio Leal Ferreira, Fabiano Rogerio Corrêa, Brenda Chaves Coelho Leite, Maria Bernardete Barison

Os benefícios do uso do BIM no projeto da nova estação Antártica comandante ferraz 5016
Rafael Santos Fischer, Benício Daniel Hassegawa Teixeira Barreto, Dario Correa Durce, Marco Aurélio Peixe, Sérgio Scheer

O modelo evolucionário no processo de projeto: aplicações na arquitetura contemporânea 5030
Filipe Silva, Luísa Accioly, Bárbara Laurindo, Alexandre Toledo

Proposta de verificação automática dos requisitos de projeto pelo uso de ferramentas de análise BIM aplicados a norma de desempenho 5039
Flavio Silva, Eduardo Arantes

Introdução do conceito de modelagem da informação da construção apoiado na abordagem Project Based Learning (PBL) 5053
Jacqueline Vergely Fraga Ferreira, Sergio Leal Ferreira

Estudo exploratório de mapeamento 3D de canteiros de obras utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados 5067
Juliana Álvares, Dayana Costa, Roseneia Melo, Angelo Bello

Engenharia urbana e política habitacional

A segurança contra incêndio no ambiente construído informal: uma proposta de intervenção que reduz a vulnerabilidade em relação ao risco de incêndio em favelas 5081
Luciana Alves

Aplicação do índice de compacidade às operações urbanas consorciadas do município de São Paulo 5092
Rafael Cruz, Karin Regina de Casas Castro Marins

Deficit habitacional qualitativo de Belo Horizonte: Estratégias aplicadas para melhoria das habitações existentes de baixa renda 5104
Rejane Drummond, Maria Luiza de Castro

Contribuições ao estudo da produção do espaço urbano: mobilidade descendente espacial no município de Marabá-PA 5117
Thalys Feitosa, Thaylor Martins, Antonio Nascimento

A questão urbana e a Habitação de Interesse Social: reflexões sobre a política nacional de desenvolvimento urbano 5131
Douglas Gallo, Louise Logsdon, Fábio Silva

Dinâmicas e transformações em Campinas: habitação em bairros centrais, de 2000 a 2015 5141
Viviana GonÇalves, Silvia Mikami Pina

O Programa Minha Casa Minha Vida: construindo paisagens urbanas 5152
Rosa Maria Locatelli Kalil, Adriana Gelpi, Wagner Mazetto de Oliveira, Nelita Pretto, Jaqueline Fengler

Práticas de arquitetura para famílias de baixa renda 5163
Danielle Lacerda

Análise dos eixos de estruturação da transformação urbana de São Paulo, segundo indicadores selecionados 5179
Quentin Lamour, Karin Regina de Casas Castro Marins

A locação social como alternativa para o déficit habitacional no Porto Maravilha 5197
Maíra Rocha Mattos, Angela Maria Gabriella Rossi

Integrando a paisagem natural à infraestrutura urbana através da abordagem da infraestrutura verde 5207
Silvana Rivaldo, Angela Maria Gabriella Rossi

O impacto da Operação Urbana Consorciada Água Espraiada na implantação de Habitação de Interesse Social 5217
Laura Rocha de Castro, Silvia Mikami G. Pina

O IBIS-FRS system nos programas de urbanização de favelas: o estudo de caso de Paraisópolis 5229
Francesca Sarno, Alex Kenya Abiko

As remoções para a Copa do Mundo de 2014: as diferentes percepções sobre o megaevento na cidade de Porto Alegre/RS 5245
Gabriela Silva, Adriana Portella, Gisele Pereira

Tecnologia de sistemas e processos construtivos

Sistemas construtivos industrializados para Habitação Social: análise do container como uma nova alternativa 5256
Denise Aparecida de Souza, Giusilene Costa de Souza Pinho

Levantamento de parâmetros de projeto de formas para taipa 5271
Mylla Barbosa da Frota Barreto, Camila Ajiki Lopes, Andrea Naguissa Yuba, Karina Trevisan Latosinski

Estudo de viabilidade técnica de aplicação do método de sísmica de refração para otimização de prováveis obras de ampliação de uma instituição federal de ensino 5282
Hiago Dantas, Marina Guimarães, Felipe Alves, Marina Araújo, Stella Tomé

Comparação entre dois métodos para execução de guias: utilização de componentes pré-fabricados ou moldagem por extrusão 5297
Guilherme de Albuquerque Destri, Priscilla Fernanda Rissardi Ferreira, Ubiraci Espinelli Lemes de Souza

Projeto modular de habitação emergencial com o uso de pallets e bambu 5310
Geane Talia de Almeida Lopes, Marcella Ribeiro da Costa, Marcos Vinicius Dias Ramos Guerreiro, Valeria de Cerqueira Tramontini Freitas, Jorge Daniel de Melo Moura

Arquitetura de container: reutilização para construção civil 5326
Geane Talia de Almeida Lopes, Izadora Tonin Loiola, Ana Virgínia C. F. Sampaio

Avaliação e proposta de melhoria dos projetos arquitetônico e estrutural de Habitação de Interesse Social em alvenaria estrutural - estudo de caso 5337
Elaine Guglielmi Pavei Antunes, Larissa Zappelini Corrêa, Angela Costa Piccinini, Márcio Vito, Alexandre Vargas

Diretrizes para padronização dimensional de portas utilizando os conceitos da coordenação modular 5350
Fernanda Joazeiro, Aline Barboza

Aplicabilidade de placas de fibra de bananeira na absorção sonora e isolamento acústico 5365
Diógenes Magri, Carlos Alberto Dermachi, Gilson Morales

Desempenho das edificações em light steel framing 5377
Paulo Monteiro, Douglas Barreto, Paliari José Carlos

Desempenho térmico de painel de vedação vertical externo composto por placas de madeira mineralizada em light steel framing 5389
Jocely Rosanna da Silva Nogueira, Ivan Julio Apolonio Callejas, Luciane Cleonice Durante, Ana Flávia da Silva Martins, Kellen Melo Dorileo Louzich, Karyna de Andrade Carvalho Rosseti

Influência da umidade do substrato no desempenho de sistema de impermeabilização com manta asfáltica 5401
Maressa Oliveira, Flávio Maranhão, Thiago Santos

Lajes nervuradas com blocos de EPS – utilização em obras da construção civil da região do sertão central no estado do Rio Grande do Norte 5421
Manoel Queiroz Neto, Arthur Barbosa, Francisco Florêncio, Athos Barbosa, Marcilene Nóbrega

Análise da contribuição da ABNT NBR 15.575 para a Engenharia Diagnóstica 5440
Marcus Vinicius Rosário da Silva, Mércia Maria Semensato Bottura de Barros, Jerônimo Cabral Pereira Fagundes Neto

Avaliação da inserção de inovações tecnológicas em obras de construção civil na região da Grande Vitória - ES 5453
Marcelo Cirilo Saccani, Sayonara Pinheiro, Milton Paulino da Costa Junior

Cross Laminated Timber (CLT): uma tecnologia construtiva viável no Brasil? 5467
Carla A. Silva, Maria Letícia B. Chirinéa, Mercia M. S. B. Barros

Proposta de uma família de blocos modulares com geometria diferenciada para alvenaria de vedação em Habitação de Interesse Social 5478
Fábia Silva, Bruna Rosa de Barros Barros, Emanuelle Christina Santos Magalhães Magalhães

Revestimento não-aderido: proposta de critérios de desempenho e métodos de ensaio 5492
Luiz Fernando Batista da Silva, Luciana Alves de Oliveira

Viabilidade técnica do solo-cimento autoadensável para fabricação de paredes monolíticas in loco 5505
Bruna Ramos de Souza, João Gabriel Santana Paz, Ana Paula da Silva Milani

O processo executivo de cura do concreto e a sua importância como qualificador do material 5516
Fernando Henrique Brito Vaz, Daniela Castro Silva

Construção de módulo experimental de telhado verde para realização de estudos experimentais: dificuldades e possibilidades 5529
Pedro Garrido Neto, Francis Miranda, Viviane Shan, Elaine Vazquez, Marcelo Miguez, Wiliam Romanholi

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA SOBRE PARCERIA PÚBLICO-PRIVADA[1]

AGOSTINHO, Henrique Leite (1); ARGÔLO, Ellen Cristina Dias (2)

(1) UniAnchieta, e-mail: henriqueleiteagostinho@yahoo.com.br; (2) UniAnchieta, e-mail: e.argolo@yahoo.com.br

RESUMO

Períodos de recessão econômica e baixa disponibilidade financeira de governos e empresas são fatores limitantes para a promoção de empreendimentos e execução de infraestrutura. Neste contexto, parcerias entre estado e investidores privados tem sido uma opção cada vez mais discutida e explorada. O objetivo do trabalho é um mapeamento da literatura sobre o tema Parceria Público-Privada (PPP) por meio de ferramenta sistemática confiável, rigorosa e auditável. Concebido com este propósito, o Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL) permite identificar uma visão geral e ampla de questões relacionadas a Parcerias Público-Privadas. O estudo parte da seleção de mais de 1900 artigos listados com palavras chave relacionadas a Parceria Público-Privada nos principais bancos de dados de artigos e resumos acadêmicos internacionais. Sob um viés direcionado a parcerias voltadas para as áreas de habitação e infraestrutura, o resultado do mapeamento torna explicita a ampla gama de aplicação do tema e o estágio diverso de discussões acerca do mesmo. A pesquisa propicia ainda apoio para o desenvolvimento e aprofundamento de trabalhos relacionados a tema de importância para a promoção do desenvolvimento de estados e nações.

Palavras-chave: Parceria Público-Privada, Mapeamento Sistemático de Literatura, Construção, Contratos.

ABSTRACT

Periods of economic recession and low financial availability of governments and companies are limiting factors for the promotion of projects and execution of infrastructure. In this context, partnerships between state and private investors have been increasingly discussed and explored option. The objective of the study is a mapping review on the topic Public-Private Partnership (PPP) through reliable tool systematic, rigorous and auditable. Designed for this purpose, the Systematic Mapping Study (SMS) identifies a general and broad view of issues related to public-private partnerships. The study of the selection of over 1900 items listed with keywords related to Public-Private Partnership in the main databases of articles and international academic abstracts. Under a bias directed to targeted partnerships for housing and infrastructure areas, the result of mapping makes explicit the wide range of subject application and the different stage of discussions about it. The research also provides support for the development and deepening of work related to important issue for promoting the development of states and nations.

***Keywords**: Public-Private Partnership. Systematic Mapping Study. Construction. Contracts.*

[1] AGOSTINHO, Henrique Leite; ARGÔLO, Ellen Cristina Dias. Mapeamento Sistemático de Literatura sobre Parceria Público Privada. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Parceria Público-Privada (PPP) é uma modalidade contratual que permite a atuação de diferentes agentes envolvidos no desenvolvimento de obras e empreendimentos. Sua estrutura possibilita a atuação destes agentes extraindo os atributos mais relevantes de cada participante: o poder legislador do estado, empreendedor dos setores privados e patrocinador do agente financeiro, tornando desta forma o tema Parceria Público-Privada de interesse internacional e multidisciplinar.

O assunto vem ganhando cada vez mais espaço decorrente da sofisticação das relações estabelecidas entre diferentes atores na sociedade, numa perspectiva positiva onde cada uma das partes envolvidas na relação pode ser beneficiada.

A intenção provém de estudo preliminar em trabalhos no âmbito de mestrado, buscando obter síntese atualizada da produção científica relacionada ao assunto.

Tema amplo e de abordagem diversificada e multidisciplinar, a Lei de Parceria Público-Privadas (BRASIL, 2004) estabelece o regramento para aplicação das Parcerias Público-Privadas, definindo-as como contratos de concessão, nas modalidades patrocinada ou administrativa. Estes diferem do instrumento de outorga onerosa ou consórcio imobiliário previstos no Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001). Outros dispositivos presentes na legislação brasileira e que podem estar relacionados com o tema são ilustrados no Quadro 1.

Quadro 1: Diferenciação entre PPP, Concessão Convencional e Terceirização

Item	Concessão Convencional	PPP		Terceirização
		Patrocinada	Administrativa	
Dispositivo Legal	Lei Federal 8.987/95	Lei Federal 11.079/04		Lei Federal 8.666/93
Descrição	Não envolve contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado.	Prevê além da tarifa cobrada dos usuários, contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado.	Envolve prestação de serviços de que a Administração Pública seja a usuária direta ou indireta.	
Valor	Não estabelecido	Mínimo de R$ 20 milhões		Não estabelecido
Prazo		Entre 5 e 35 anos		5 anos (Lei 8.666/93)
Fundo Garantidor	Não aplicável	Necessário		Não Aplicável
Contraprestação do Setor Público	Aplicável apenas em situações excepcionais (art. 26 da Lei complementar 101/00)	Necessária		Necessária
Risco de Demanda	Assumido unicamente pelo concessionário (art. 2º da Lei 8.987/95)	Compartilhado entre parceiro privado e público		Não Aplicável
Exemplos	SABESP	Rodovia MG 050	Estádio do Maracanã	Controlar (São Paulo)

Fonte: Adaptado de UPPP, 2008.

Dentro deste contexto, o presente mapeamento da literatura busca, a partir

da proposição de uma ferramenta sistemática, identificar e agrupar dentro de critério proposto uma grande gama de trabalhos voltados ao tema, com ênfase nas áreas de infraestrutura e habitação.

Os resultados obtidos ajudam a evidenciar o estado atual de desenvolvimento de conhecimento associado ao tema, agrupando avanços de estudos em PPP nas mais diversas áreas da engenharia e suas formas de abordagem.

2 MÉTODO E DESENVOLVIMENTO

O método proposto para o presente trabalho é o Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL). A ferramenta propõe um procedimento rigoroso, amplo, reproduzível e auditável para a prospecção de artigos e trabalhos relacionados a determinado tema de interesse.

Concebida inicialmente para a área médica, a proposta da ferramenta é, através de ampla pesquisa, identificar o estado de conhecimento de determinado assunto bem como a existência de lacunas e desenvolvimento de trabalhos específicos associados. Os resultados da fase de mapeamento formam sólida base para a avaliação do tema (GREENHALGH et al., 2004). Sua abordagem sistemática permite ainda distanciamento a vícios e subjetivismo.

Inicialmente, deve ser estabelecida uma *string* de busca (sequência de caracteres de busca) para a pesquisa de trabalhos dentro de bases de dados bibliográficos pré-selecionadas. A seleção destas bases deve levar em consideração alguns fatores como a abrangência da base (tamanho), relevância perante a comunidade científica e tipo de informações disponibilizadas em sua base de dados (diversidade de informações relacionadas aos artigos como, por exemplo, título, autores, ano e fonte de publicação), além da possibilidade de documentar resultados de pesquisa em formulários digitais (gerar um arquivo com o resultado da pesquisa).

Para o presente trabalho, a *string* (sentença) de busca foi definida como (*construct** AND *public private partnership* OR *PPP*), onde os termos de busca estão representados em itálico, AND e OR são os operadores lógicos da *string* de busca e o sinal de asterisco generaliza o termo de busca incluindo suas variações e derivações.

As bases bibliográficas selecionadas estão relacionadas a instituições internacionais, definindo-se a busca nas bases:

- COMPENDEX (<http://www.engineeringvillage.com>);
- SCOPUS (<http://www.scopus.com/>);
- WEB OF SCIENCE (<http://apps.webofknowledge.com/>)

A pesquisa em cada uma das bases foi realizada com o auxílio da mesma *string* de busca, restringindo-se o período de pesquisa decorrente da quantidade de artigos disponibilizados através de formulário digital com o resultado da mesma.

Sob estes parâmetros, a pesquisa realizada em SCOPUS não necessitou do filtro de período de publicação para sua elaboração, resultando em 1018 artigos referenciados. Decorrente da limitação de quantidade de registros/artigos possíveis no arquivo de saída, a pesquisa na base COMPENDEX teve o período de publicação limitado entre os anos de 2009 a 2016 (500 artigos) e a pesquisa na base WEB OF SCIENCE para o período de 2010 a 2016 (465 artigos). A pesquisa totalizou 1983 artigos indexados nas referidas bases de dados.

Num primeiro ciclo de classificação, três grupos englobaram os arquivos classificados: Artigos idênticos referenciados em mais de uma base de pesquisa foram classificados como "repetidos". O segundo grupo foi composto por artigos que tratavam de assuntos relacionados ao termo parceria em sua interpretação mais ampla ou termos genéricos associados à abreviação PPP (*Precise Point Positioning, polyparaphenylene, Point-to-Point Protocol*, entre outros) e que não tratavam do tema de interesse. O terceiro grupo, tema de interesse, recebeu os artigos relacionados ao tema da pesquisa – Parceria Público-Privada.

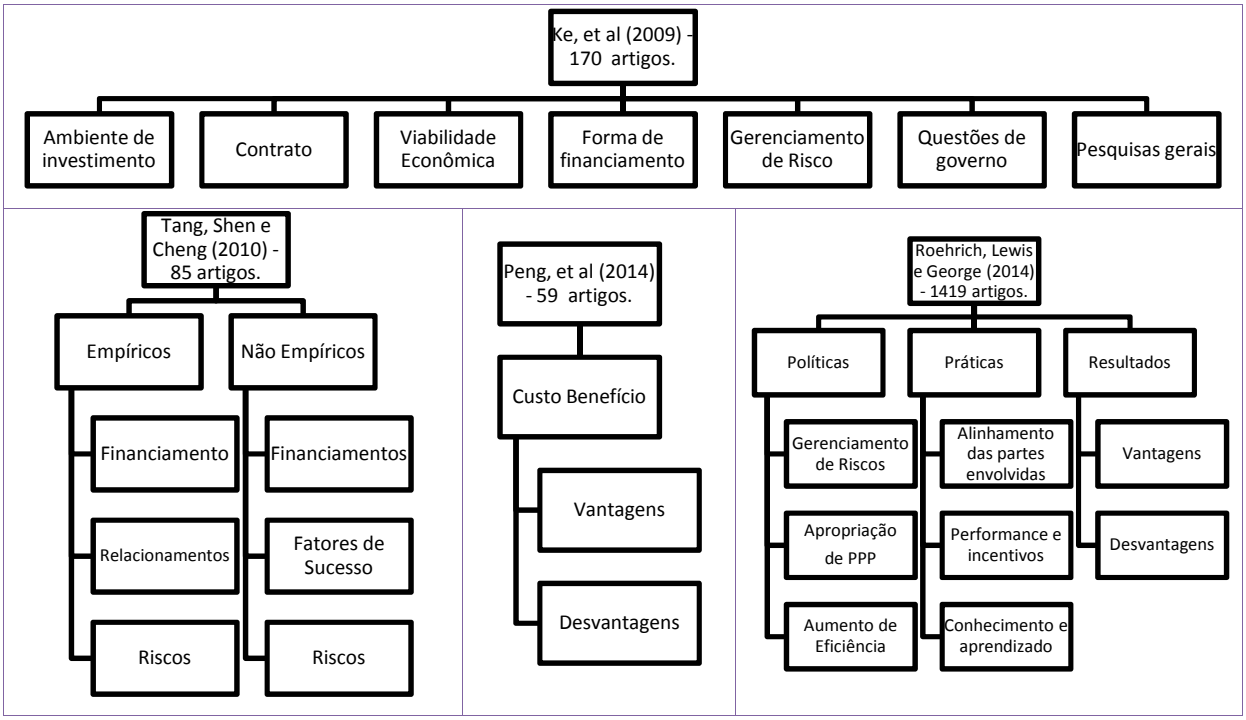
Os artigos do grupo de interesse passaram a ser classificados conforme categorias previamente estabelecidas, avançando-se na obtenção de dados conforme progressão da divisão dentro dos critérios de interesse mais relevantes definidos no presente estudo.

Propostas de classificações diversas foi objeto de outros estudos que trataram acerca de revisão bibliográfica de artigos relacionados à PPP. Tomando como base artigos publicados através de renomados editores, Ke et al. (2009) identificaram sete categorias de interesse de pesquisa dentro do tema PPP, conforme ilustra a Figura 1. Uma revisão de projetos ligados ao tema foi proposta por Tang, Shen e Cheng (2010), separando os artigos em grupos relacionados a projetos empíricos e não empíricos, referenciando 85 artigos.

Uma revisão sistemática foi proposta por Roehrich, Lewis e George (2014), abrangendo 1419 artigos, propondo um mapa segregando basicamente os artigos em 3 grandes áreas: políticas, práticas e resultados (vantagens e desvantagens) de PPP.

Peng et al. (2014) estudaram, com foco no custo-benefício de PPP, uma divisão acerca de artigos que indicam a vantagem e desvantagem do tema. A Figura 1 ilustra a estrutura de classificação dos artigos referenciados.

Figura 1 – Estrutura de classificação de artigos realizada em diferentes artigos de revisão do tema PPP



Fonte: Os autores

A abordagem de classificação diversa evidencia a busca por uma estrutura de divisão conforme interesse do autor na abordagem, podendo ser de grande contribuição de referência para estudos posteriores.

Para o presente trabalho, a classificação dentro do tema de interesse obedeceu ao critério de aplicabilidade do objeto de pesquisa no tocante a sua "celeridade" perante fatores diversos, em outros termos, uma "expectativa de velocidade" para a aplicação da solução, levando-se em consideração fatores como: tempo para implantação, envolvimento de entes públicos diversos e complexidade de implantação perante a legislação nacional.

O Quadro 2 apresenta os critérios para a classificação dos temas dentro de cada um dos três novos grupos. A classificação de cada um dos temas é ilustrada no Quadro 3. Notar que a classificação de aderência proposta não propõe julgar se o instrumento tem melhor ou pior aplicação em determinada área, mas sim avaliar a presteza da sua aplicação.

Quadro 2: Pontuação de critérios para classificação de interesse quanto a celeridade de implantação

Critério de Classificação	**Descrição do critério**	**Pontuação atribuída**
Celeridade de implantação	ALTA (para temas relacionados a necessidade de menores áreas de desapropriação). BAIXA (para intervenções com necessidade de maiores áreas de desapropriação).	**Para cada critério:** Alta = 3 / Média = 2 / Baixa = 1. **Classificação de Celeridade considerando a soma dos três critérios (implantação, adoção da solução e legislação):** Alta = 9 / Média = de 6 a 8 / Baixa = de 1 a 5.
Celeridade de adoção da solução.	ALTA (para temas relacionados à gestão local ou sob tutela de apenas um ente público). MÉDIA (para temas relacionados a mais de um ente. Ex: Município e estado ou mais de um município). BAIXA (para temas que demandem ainda contratação de quadro de servidores especializados).	
Celeridade de legislação.	ALTA (para temas onde a implantação de política tarifação é de menor complexidade). BAIXA (para temas onde a política de tarifação é complexa).	

Fonte: Os autores

Quadro 3: Classificação de temas conforme critérios de pontuação estabelecidos no Quadro 2

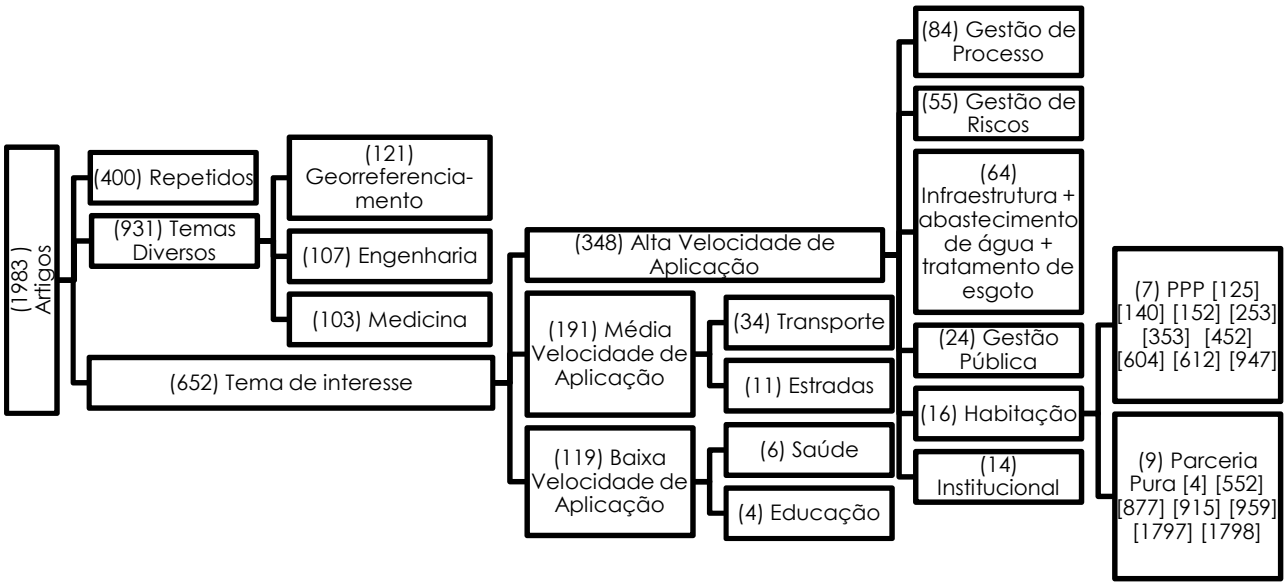
Área foco do artigo, incluindo sub temas correlatos	Classificação Celeridade de aplicação	Pontuação e justificativa dentro dos critérios de classificação					
		Celeridade de implantação		Celeridade de adoção da solução.		Celeridade de legislação.	
		Pontuação no critério	Justificativa	Pontuação no critério	Justificativa	Pontuação no critério	Justificativa
Gestão de Processos	Alta (9)	Alta	Tema ligado à gestão	Alta	Implantação na gestão local	Alta	Tema ligado à gestão
Gestão de Riscos							
Infraestrutura			Obras que não demandam desapropriações complexas.		Obras sob tutela da prefeitura, por exemplo.		Política de cobrança de implantação relativamente simples.
Habitação							
Transporte	Média (8)			Média	Obras multimodais / ligadas a mais de um ente.		
Estradas	(6)	Baixa	Obras que geralmente demandam desapropriações				
Saúde	Baixa (5)	Alta	Obras que não demandam desapropriações complexas.	Baixa	Demandam para operação quadro complexo de servidores	Baixa	Política de cobrança complexa
Educação							

Fonte: Os autores

Perante o grande número de artigos relacionados, o critério de classificação proposto possibilita avançar na busca de maior aprofundamento do mapeamento dentro da área tema motivadora da pesquisa. A classificação é, neste caso, uma escolha dos temas a serem estudados e aprofundados. Isso possibilita dar tratamento semelhante a artigos dentro de um mesmo nível de hierarquia da classificação, condição necessária para o desenvolvimento do trabalho proposto.

A classificação, conforme hierarquia proposta, é representada na Figura 2. Entre parênteses é ilustrada a quantidade de artigos dentro do tema. Os trabalhos mencionados e não referenciados na bibliografia estão representados entre colchetes. A lista completa de artigos pode ser obtida em <http://www.4shared.com/file/NRtCSPF1ce/ARTIGOS_PPP_REV_0.html>.

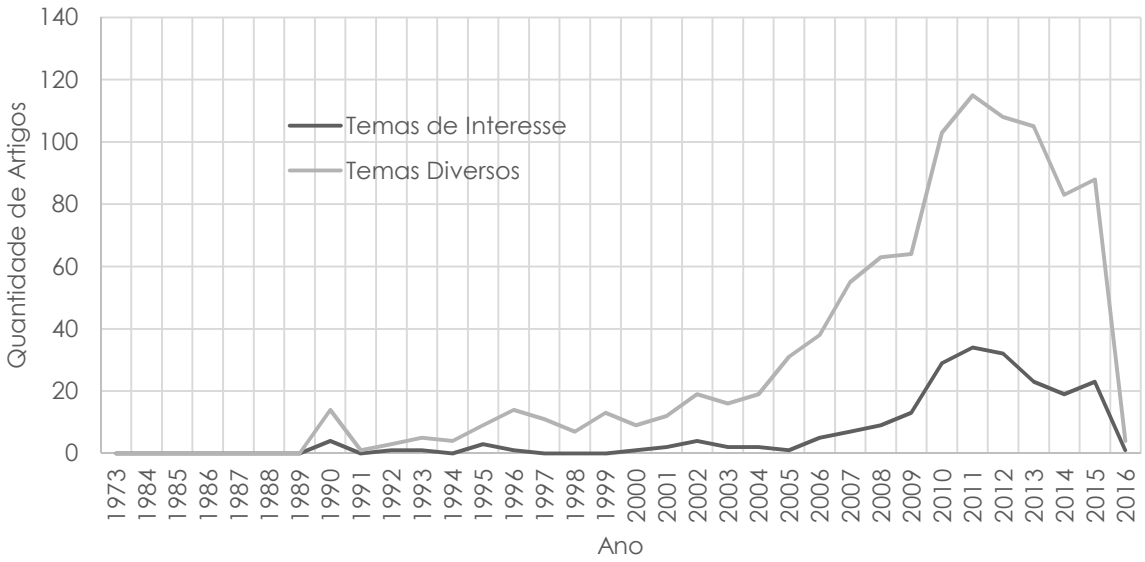
Figura 2 – Distribuição dos artigos em níveis classificatórios



Fonte: Os autores.

Com auxílio do levantamento feito na base de pesquisa SCOPUS, que não restringiu o resultado de busca para os termos pesquisados, é possível identificar que o tema teve na última década grande incremento de seu interesse, se medido através do número de publicações, conforme ilustra o Gráfico 1. Este fenômeno pode ser observado tanto nos artigos identificados como de interesse como tratando de temas diversos.

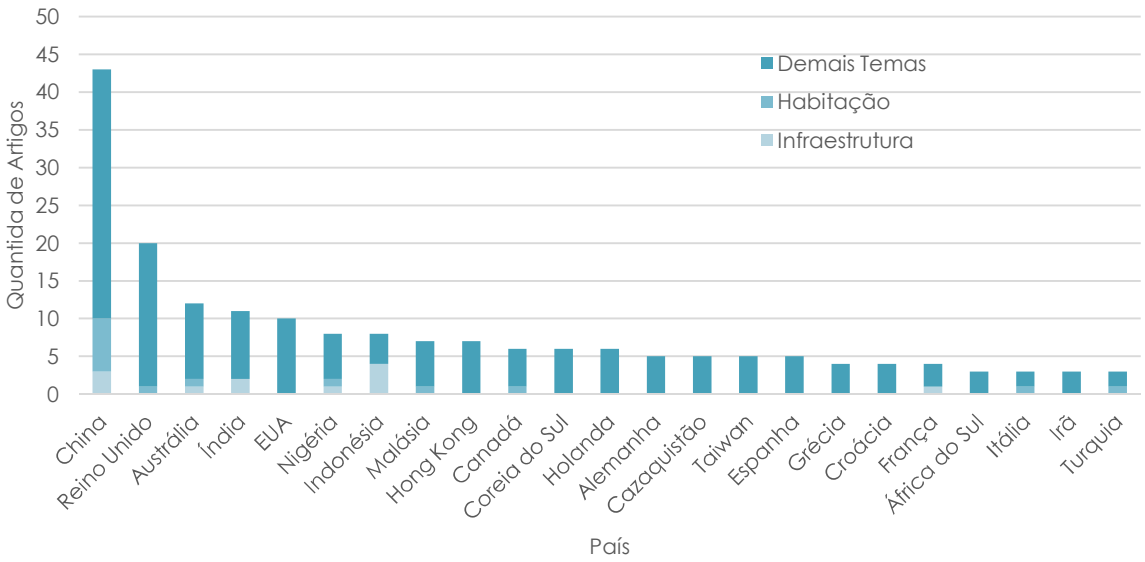
Gráfico 1 - Quantidade de artigos publicados por ano



Fonte: Os autores

O levantamento permitiu ratificar a abrangência e interesse internacional relacionado ao tema. Amostra significativa de artigos referenciados ao local de estudo de sua discussão está ilustrada no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Quantidade de artigos publicados por país



Fonte: Os autores

Objeto de interesse mais específico para condução de trabalhos posteriores, além do mapeamento realizado foram extraídas maiores informações acerca de trabalhos realizados voltados para os temas de habitação e infraestrutura.

Dentro do tema habitação, ressalta a observação de uma pequena

quantidade de artigos se comparada ao volume total de trabalhos. Os trabalhos envolvem temas votados a discussões iniciais do uso de PPP e seu potencial para o desenvolvimento da habitação.

A abordagem de alguns trabalhos podem ser traduzidas como uma estruturação de proposta para o desenvolvimento de PPP neste segmento ([125], [140], [152], [452], [612] e [974]). Quatro deles versam especificamente sobre arrendamento/locação de habitação pública ([125], [140], [452], [612]), experiência objeto de programa de arrendamento realizado no país (BRASIL, 2001), mas não no formato de PPP. Outros trabalhos abordam a discussão de fatores críticos ([353] e [604]) e benefícios da PPP ([253]).

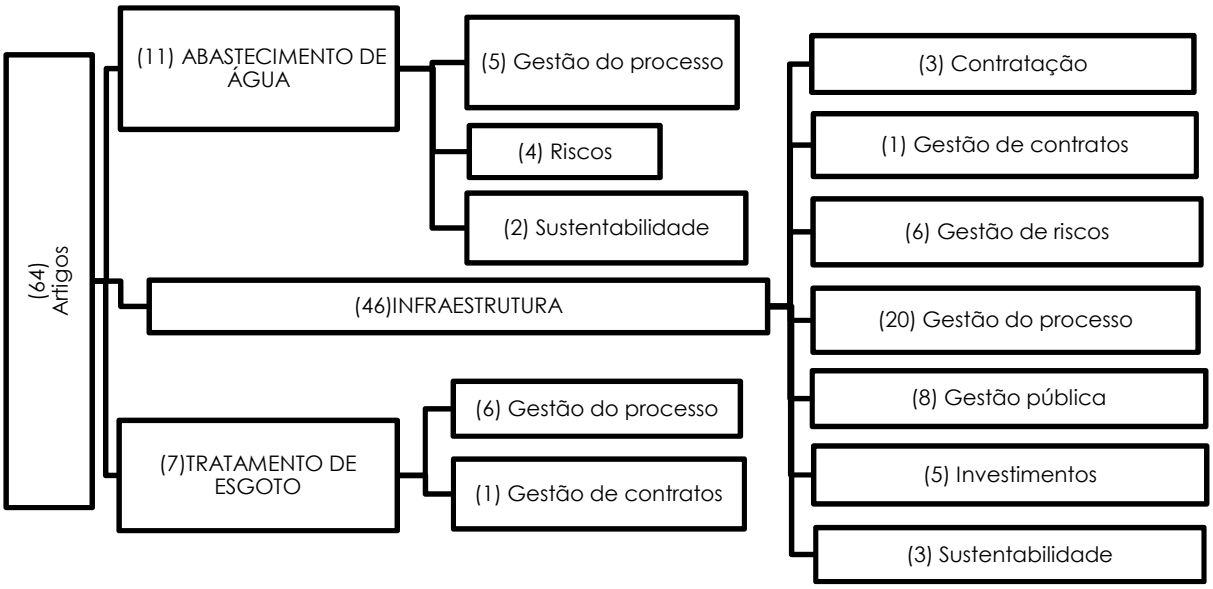
Outros trabalhos relacionados à habitação tratam o tema Parceria Público-Privada em sua abordagem mais ampla, não necessariamente relacionada ao que preconiza a Lei de PPP como instrumento de contratação. Trazem em sua abordagem outras questões relacionadas ao tema, como análise de risco ([1797] e [1798]), financiamento privado ([877]), mecanismos de preços ([4]), papel do setor público ([915]) e questões relacionadas a urbanização e ocupação como a regeneração de centros urbanos ([959]) e o uso misto de edificações ([552]).

Fundamental para o crescimento de um país, os investimentos em infraestrutura contribuem diretamente para a melhoria na qualidade de vida de sua população, além de motivar o desenvolvimento econômico. Um dos entraves para o desenvolvimento do setor é a disponibilidade de financiamento e, nesse sentido, as parcerias público-privadas podem surgir como uma alternativa quando a escassez de recursos públicos torna-se um obstáculo para viabilizar tais investimentos. A atuação da iniciativa privada nas políticas públicas, no âmbito internacional, tem comprovado, além das vantagens econômicas, a eficiência na qualidade dos serviços prestados.

No Brasil, a administração pública tem demonstrado interesse em consolidar parcerias com o setor privado, direcionando a arrecadação de capital privado para investimento e financiamento de obras e serviços públicos. Algumas experiências já podem ser citadas, como por exemplo a Parceria Público-Privada do sistema de tratamento de esgoto de Recife (PE), com o carimbo do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (AESBE, 2012), foi listada entre as 100 mais importantes obras de infraestrutura do mundo, de acordo com lista feita por consultoria internacional (KPMG, 2015).

Nesse contexto, dentro do tema infraestrutura, foi realizado um mapeamento na base de artigos pesquisados sobre parcerias público-privadas, classificando-os e agrupando-os por tipos de assuntos abordados. Primeiramente, foram identificados os artigos de alto interesse, os quais foram classificados de acordo com o foco, em: "Infraestrutura" que tratam dos assuntos de infraestrutura em geral, "Abastecimento de água" que englobam tratamento e abastecimento de água e "Tratamento de esgoto" com assuntos específicos desse tema. Nesses artigos, foram classificados os assuntos tratados dentro de cada foco e, em seguida, o tipo de abordagem realizada em cada artigo, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Distribuição dos artigos de abastecimento de água, tratamento de esgoto e infraestrutura em níveis classificatórios



Fonte: Os autores

Em "Abastecimento de água", os temas classificados em "Gestão do processo" trazem uma abordagem mais ampla, tratando de assuntos como critérios de seleção utilizando os métodos SWOT e Lógica Fuzzy ([1561]), desenvolvimento de projetos ([498]) e assuntos inerentes a todas as etapas do processo, por meio de relato de experiências ([942]) e estudos de casos ([828] e [420]). Os trabalhos que tratam do tema "Riscos", concentram-se em análise ([533] e [363]) e alocação de riscos ([340]). No tema "Sustentabilidade", um projeto de tratamento de água de mina para fornecimento de água potável ([417]) e sustentabilidade de sistemas de abastecimento de água potável para zonas rurais ([826]).

Os trabalhos com foco em "Tratamento de esgoto" concentram-se em "gestão do processo" com relatos de experiências ([643] e [481]), estudo de caso (BOT) ([309]), controle da gestão ([1954]), comparações de modelos de prestação de serviços públicos ([269]) e modelos de estruturas públicas e privadas para tratamento de efluentes ([457]). Em "gestão de contrato", um estudo sobre avaliação das garantias de receitas mínimas ([418]).

No foco "Infraestrutura", que trata de assuntos relacionados à infraestrutura em geral, por sua abordagem mais ampla, encontrou-se um maior número de artigos em relação aos temas que restringiam o foco em abastecimento de água ou tratamento de esgoto. Nos temas pertinentes, como "contratação", os assuntos dividiram-se em seleção de projetos ([133] e [141]) e seleção de parceiros privados ([405]). Em "gestão de contratos", foi abordado o estudo das capacidades contratuais provenientes da relação entre o setor público e o privado ([1008]).

A identificação, avaliação e mitigação de riscos são etapas cruciais no desenvolvimento de uma parceria público-privada de infraestrutura, nesse contexto, no tema "gestão de riscos" foram encontrados estudos sobre mitigação de riscos no financiamento ([354]), fatores de riscos ([121] e [1770]) e aspectos gerais de gestão de riscos ([32], [300] e [332]).

Ainda em "Infraestrutura", os artigos relacionados à "gestão do processo" apresentaram grande relevância com assuntos diversos, como relatos de experiências e estudos de casos ([117], [492], [616], [1173] e [1556]), estratégias de gestão e fatores de sucesso ([17], [39], [561] e [1185]), governança em projetos ([448] e [493]), governança em BOT ([797]), gestão de contratos de longo prazo ([317]) e ainda, fatores críticos do processo ([143] e [883]). Alguns artigos apresentaram aspectos gerais de gestão ([442], [1146], [1227], [1418] e [1494]).

O tema "gestão pública" teve enfoque em desenvolvimento urbano ([28], [605] e [841]), incentivos governamentais para a participação do setor privado ([365]), transferências de propriedades das ações das PPPs ([114]), regulamentação ([65]), governança e perspectivas dos clientes públicos ([18] e [440]). Com abordagem voltada para o mercado financeiro, o tema "investimentos" apresentou assuntos relacionados a incentivos ([378]), custo cambial das transações financeiras em PPPs ([324]), financiamento ([989]) e uma análise comparativa para VFM (*Value for Money*) ([1963]) comparando uma metodologia quantitativa para PPP na aquisição do projeto de infraestrutura na Indonésia e Austrália. Sobre "sustentabilidade" foram abordados o desenvolvimento sustentável ([189) e (1580)] e a gestão de projetos sustentáveis ([1803]).

3 CONCLUSÕES

A abordagem de um mapeamento bibliográfico através de um método sistemático, que impõe rigor, amplitude, possibilidade de reprodução e que permite auditoria, mostrou-se uma ferramenta poderosa e abrangente para a fase de prospecção de literatura dentro de uma temática abrangente e multidisciplinar.

A prospecção proposta resume e dissemina o conhecimento adquirido no tema, possibilitando a revelação de lacunas em estudos a serem produzidos. O tema mostra-se como de grande potencial de estudo e discussão dentro do setor de habitação e infraestrutura, explorando seus principais fatores de interesse: investimento nestes setores, busca por maior eficiência na gestão de recursos e a geração de valor comercial no setor público em sua base de atividade.

O presente estudo identificou ainda uma ampla abordagem de assuntos relacionados a parcerias público-privadas no setor de infraestrutura, por meio dos artigos pesquisados. O mapeamento demonstrou um maior interesse de estudos na área de riscos e gestão do processo para o desenvolvimento e implementação dos projetos, sendo que muitos trabalhos

utilizam estudos de casos e experiências internacionais como instrumento de análise.

A dificuldade na obtenção de artigos mapeados como de interesse, traduzida por eventual cobrança financeira no acesso à sua visualização integral, foi identificada como uma limitação apresentada pelo método utilizado.

O mapeamento possibilita e sugere uma série de trabalhos futuros possíveis tomando-se como base setores com grande carência (habitação e infraestrutura) e mesmo demais setores, não referenciados como objeto principal da presente pesquisa, mas contando com experiências de implantação no país (transporte, edifícios de uso público, estradas, entre outros temas). Considerando que alguns temas não tiveram expressiva relevância no mapeamento, outra lacuna identificada para futuras pesquisas são modelos de financiamento – *Project Finance* e Sustentabilidade nos projetos de PPP, visando ao desenvolvimento sustentável.

AGRADECIMENTOS

À UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, pela disponibilização de estrutura para a pesquisa sem a qual não seria possível a elaboração do presente trabalho e aos Profs. Ariovaldo Denis Granja e Flávio Augusto Picchi pela colaboração indireta através das discussões e orientações repassadas.

REFERÊNCIAS

AESBE, 2012. PPP de Pernambuco: maior projeto de saneamento do Brasil. **AESBE.** 28, set. 2012. Disponível em: <http://www.aesbe.org.br/conteudo/7081>. Acesso em: 15 abr. 2016.

BRASIL. Programa de Arrendamento - Lei n. 10.188, de 12 de fevereiro de 2001. Cria o Programa de Arrendamento Residencial, institui o arrendamento residencial com opção de compra e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 12 fev. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10188.htm>. Acesso em: 15 abr. 2016.

BRASIL. Estatuto da Cidade - Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 jul. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>. Acesso em: 23 mar. 2016.

BRASIL. Lei no 11.079, de 30 de dezembro de 2004. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF, 31 dez. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm>. Acesso em: 27 fev. 2016.

UPPP (Unidade de Parcerias Público-Privadas). Manual de Parcerias Público Privadas – PPPs. **CGP (Conselho Gestor do Programa Estadual de Parcerias Público Privadas)**. Governo do Estado do Rio de Janeiro, abr, 2008. Disponível em: <http://download.rj.gov.br/documentos/10112/167695/DLFE-32801.pdf/manual_PPP.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2016.

Greenhalgh, T., Robert, G., Bate, P., Kyriakidou, O., MacFarlane, F., and Peacock. R. How to spread good ideas: A systematic review of the literature on diffusion, dissemination and sustainability of innovations in health service delivery and organisation. **Report for the National Co-ordinating Centre for NHS Service Delivery and Organisation R & D (NCCSDO) 2004**. Disponível em: <http://www.nets.nihr.ac.uk/__data/assets/pdf_file/0017/64340/FR-08-1201-038.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2016.

KE, Y.; WANG, S.; CHAN, A.; CHEUNG, E. Research Trend of Public-Private Partnership in Construction Journals. **Journal of Construction Engineering and Management.** p. 1076-1086, out. 2009.

KPMG INTERNATIONAL COOPERATIVE. **Infrastructure 100:** World Markets Report. Disponível em: <http://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/infra100-world-markets/Documents/infrastructure-100-world-markets-report-v3.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

PENG, W.; CUI, Q.; LU, Y.; HUANG, L. Achieving Value for Money: An Analytic Review of Studies on Public Private Partnerships. **Construction Research Congress**, p. 1189–1198, 2014.

ROEHRICH, J. K.; LEWIS, M. A.; GEORGE, G. Are public–private partnerships a healthy option? A systematic literature review. **Social Science & Medicine**, v. 113, p. 110–119, jul. 2014.

TANG, L.; SHEN, Q.; CHENG, E. W. L. A review of studies on Public–Private Partnership projects in the construction industry. **International Journal of Project Management**, v. 28, n. 7, p. 683–694, out. 2010.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

COMPARAÇÃO DE MODELOS CONTRATUAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA[1]

AGOSTINHO, Henrique Leite (1); GRANJA, Ariovaldo Denis (2)

(1) FEC/UNICAMP, e-mail: henriqueleiteagostinho@yahoo.com.br; (2) FEC/UNICAMP, e-mail: adgranja@fec.unicamp.br

RESUMO

Contratos estabelecem relação de direitos e obrigações entre interessados nas mais diversas áreas. Tema de interesse multidisciplinar e internacional, este acordo entre partes viabiliza a materialização de objetivo, pressupondo para aprimoramento das relações os mais diversos ritos em sua forma e escopo. O objetivo do presente trabalho é, através do uso da ferramenta de Mapeamento Sistemática da Literatura (Systematic Mapping Study – SMS), na área de construção, identificar trabalhos abordando o tema em diversas bases de pesquisa internacionais. Motivação para o desenvolvimento de pesquisa no âmbito de mestrado, o SMS adotado como premissa sistemática permite rastreabilidade de seu método e organização de seu resultado. Utilizando como referência as principais bases de pesquisa (SCOPUS, WEB OF SCIENCE e COMPENDEX), 238 artigos inicialmente identificados no período de 2010 a 2015 foram analisados e classificados sob critérios diversos, conforme sua temática principal, palavras chaves e interesse da presente pesquisa sobre o tema. O estudo busca obter um "ponto de controle" acerca do que se apresenta no tema como conhecimento adquirido, além de propiciar ferramenta para identificar lacunas acerca de questões relacionadas ao tema a serem exploradas.

Palavras-chave: Mapeamento Sistemático de Literatura. Contratos. Construção Civil. Comparação de Modelos.

ABSTRACT

Contracts establish relationship of rights and obligations between stakeholders in several areas. Multidisciplinary Theme of international interest, this agreement between parties enables the realization of goal, assuming for improvement of relations the various types in form and scope. The aim of this work is through the use of the tool Systematic Mapping Study – SMS - in the construction contest; identify articles addressing the theme on different bases of international research. In a research motivated by development of the master degree, SMS adopted as systematic premise allows traceability of their method and organization of its outcome. Using as reference the major search databases (Scopus, Web of Science and COMPENDEX), 238 articles initially identified in the period 2010 to 2015 were analyzed and classified under various criteria, as its main theme, keywords and interest of this research on the theme. The study seeks to obtain a "control point" of what appears in the subject as acquired knowledge, as well as providing a tool to identify gaps on issues related to the topic to be explored.

***Keywords**: Systematic Mapping Study. Contracts. Construction. Comparison of Models.*

[1] AGOSTINHO, Henrique Leite; GRANJA, Ariovaldo Denis. Comparação de Modelos Contratuais na Construção Civil: Um Mapeamento Sistemático de Literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016..

1 INTRODUÇÃO

Um objeto de construção com base civil, seja desde uma simples casa até mesmo uma complexa usina de geração de energia, é escopo de um contrato entre partes. Diferentes tipos de contratos são confeccionados conforme a complexidade do objeto, buscando se tornar aderente a condição de relação imposta.

Ocorre que, também por necessidade de estabelecer diferentes relações para o desenvolvimento de um objetivo, diferentes modelos de contratos tem como meta um mesmo objeto de construção.

No Brasil, instrumentos contratuais entre particulares devem obedecer ao Código Civil (BRASIL, 2002a) e é diversa a legislação instrumento para a formalização de acordos entre partes. Para obras públicas, leis como a de Licitação Pública (BRASIL, 1993), o Regime Diferenciado de Contratação (BRASIL, 2011), Lei de Parcerias Público Privadas (PPP) (BRASIL, 2004), Lei de Compra de Bens e Serviços (BRASIL, 2002b) são algumas das regras instrumentadas podendo, em casos específicos e em obediência ao ordenamento, promover diferentes formas de execução de objeto por vezes similares.

O objetivo do presente trabalho é identificar por meio da Revisão Sistemática da Literatura qual a abrangência de conhecimento gerado pelo tema até a atualidade, possibilitando não somente um registro do conhecimento adquirido através de uma ferramenta sistemática como, possibilitar a visualização de lacunas de abordagens que precisam ainda ser buscadas, para promover, no âmbito técnico, o aperfeiçoamento de instrumentos essencialmente lastreados no meio jurídico.

2 METODOLOGIA

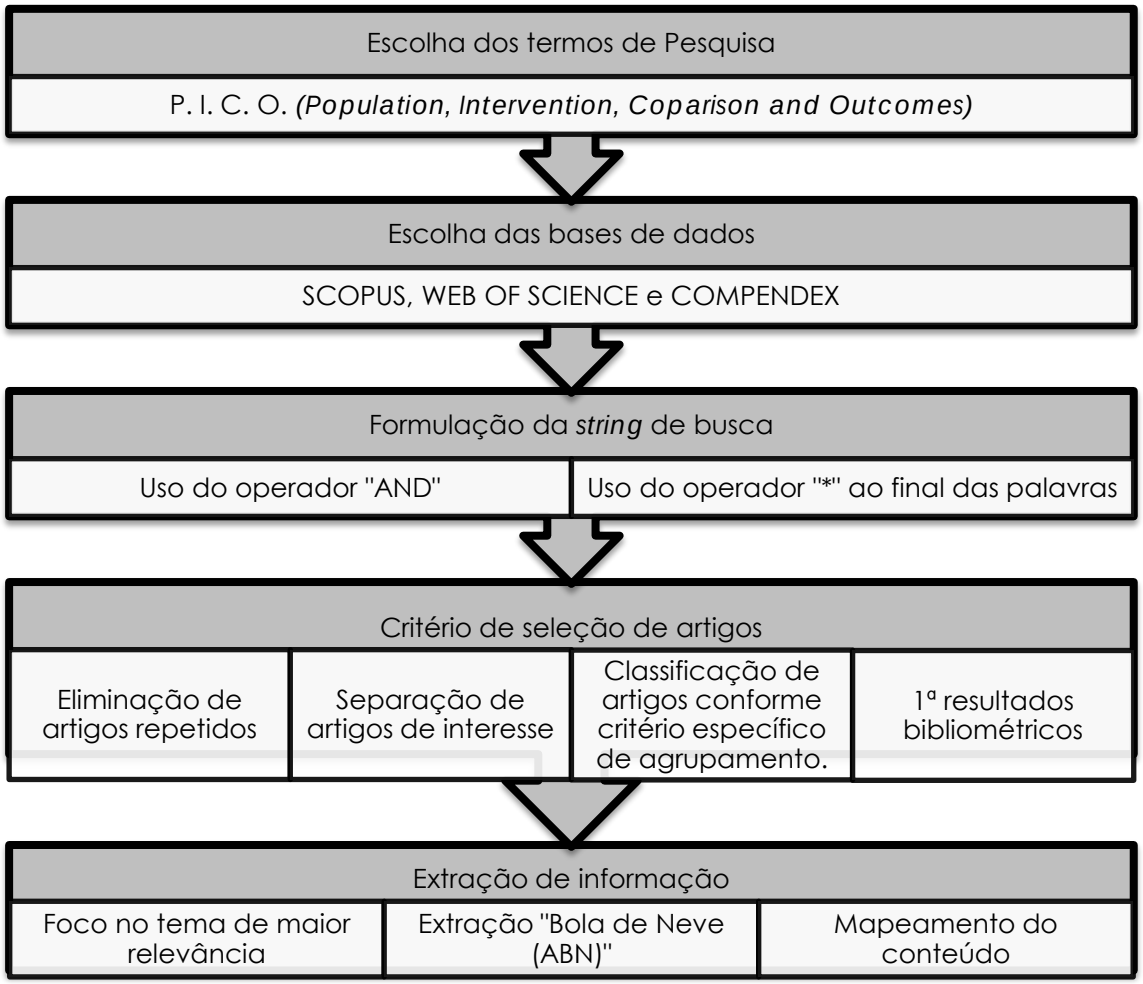
A metodologia do processo de pesquisa é o Mapeamento Sistemático de Literatura (*SMS - Systematic Mapping Studies / Scoping Studies*). A metodologia pode ser utilizada de forma preliminar a uma Revisão Sistemática de Literatura (*SLR - Systematic Literature Review / Systematic Review*). As principais diferenças entre as duas metodologias residem na primeira forma possuir uma questão de pesquisa menos detalhada, gerando um espectro de resposta consequentemente mais amplo. Diferentemente da RSL, o MSL propõe uma classificação e categorização de estudos para posteriores revisões (KEELE, 2007).

No entanto, o SMS resguarda mesmo rigor que a RSL, à medida que também fornece uma avaliação e interpretação de todos os estudos documentados disponíveis referentes a questões de pesquisa particular, área de estudo ou fenômeno de interesse. Preserva também em sua estrutura de pesquisa a mesma finalidade de apresentar uma avaliação justa de um tópico de pesquisa de forma confiável e rigorosa através de uma metodologia passível de auditoria.

O desencadeamento da pesquisa é ilustrado inicialmente na Figura 1. O

desenvolvimento das fases da pesquisa, embora previsível, tem sua descrição e detalhamento das fases descritas no capitulo 5, buscando dessa forma alinhar um entendimento mais detalhado da pesquisa realizada com os resultados obtidos a cada fase.

Figura 1 – Processo de desencadeamento do SMS proposto



Fonte: Os autores

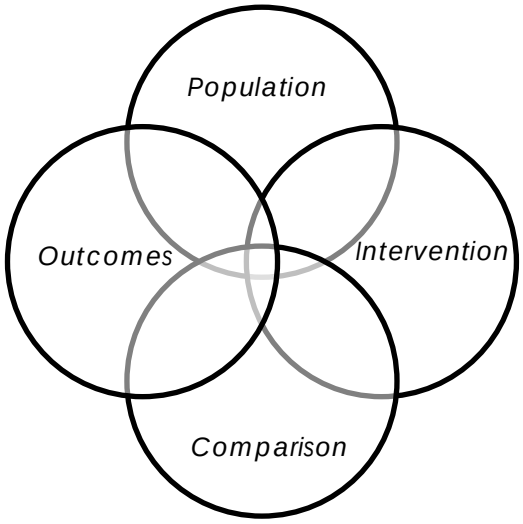
3 FORMULAÇÃO DA PESQUISA

A escolha dos termos de pesquisa/busca (ou *string* de busca, termo com origem na informática/programação que representa uma sequência de caracteres) foi elaborada com base no método PICO *(Population, Intervention, Comparison and Outcomes)*. A proposta consiste em estabelecer uma questão tema com base em termos definidos por seu assunto (*population*), intervenção (*intervention*), Equiparação (*comparison*) e efeito (*outcomes*). Embora a abordagem tenha sido inicialmente desenvolvida para a medicina baseada em evidências, pode ser adaptada para outros contextos de pesquisa. (PETTICREW; ROBERTS, 2012)

A escolha dos termos, resguardadas aproximações para utilização da abordagem em área diversa, assumiu como termo "assunto" a expressão

"contrato", para os termos de "intervenção" e "comparação" duas expressões que podem expressar "construção" no corpo das pesquisas e como "efeito" o termo "comparação". Após a escolha dos termos, a formulação dos operadores "AND" limita a pesquisa e seleciona os artigos que possuem todos os termos PICO, conforme ilustra a Figura 2. (PAI et al., 2004).

Figura 2 - Esquema da estratégia PICO de definição dos termos de busca



Population (assunto): Sobre qual população a revisão possui interesse.

Intervention (intervenção): Qual o tipo de intervenção a revisão procura abordar.

Comparison (comparação): Qual termo aborda assunto a equiparadoser comparado.

Outcomes (efeitos): quais resultados esperados são os mais relevantes para resposta da questão.

Fonte: Adaptado de PAI et al., 2004

Os termos de busca escolhidos estão representados no Quadro 1. As bases de dados selecionadas inicialmente passíveis de aplicação da mesma string de busca estão descritas também no Quadro 1. A utilização do operador "*" ao final dos termos de busca foi feita para amplificar o resultado de buscas para termos com mesma raiz de significado.

Quadro 1: Definição de termos de busca e bases de dados

Etapa	**Desenvolvimento**			
Definição dos termos de busca	***Population (assunto)***	***Intervention (intervenção)***	***Comparison (equiparação)***	***Outcomes (efeito)***
	Contract	*Building*	*Construction*	*Comparison*
Formulação da *string* de busca	*Contract* AND *Build** AND *Construct** AND *Comparison*			
Restrição de Período	De 2010 a 2015			

Bases de dados	Scopus	<http://www.scopus.com/>
	Web of Science	<http://apps.webofknowledge.com/>
	Compendex	<http://www.engineeringvillage.com>

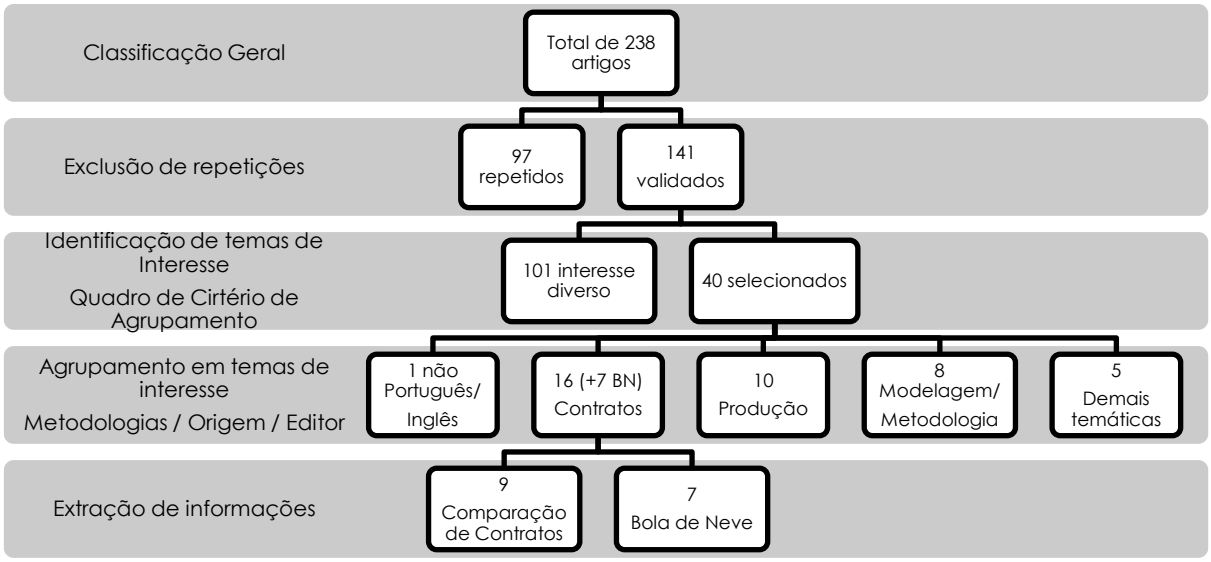
Fonte: Os autores

4 RESULTADOS DA PESQUISA

O encaminhamento da pesquisa segue descrito e ilustrado conforme Figura 3. A pesquisa realizada nas bases retornou um total de 238 artigos, sendo 95 (40%) da base SCOPUS, 39 (16%) da base WEB OF SCIENCE e 104 (44%) da base COMPENDEX. Dos 238 artigos identificados, 97 (41%) foram identificados como repetidos, 101 (42%) relacionados a temas diversos e 40 (17%) selecionados como artigos de interesse mais aderentes ao tema de estudo, sendo 1 destes artigos em língua estrangeira diversa ao português-inglês.

Pesquisa realizada na base Scielo <http://www.scielo.org/php/index.php> retornou 48 artigos como resposta, sendo apenas 6 destes da área de engenharia (*string* de busca: *"(contrat*) AND (compar*) AND (constr*) AND ac:("Engineering")"*, nenhum deles identificado com aderência ao tema de pesquisa.

Figura 3 - Quadro demonstrativo de etapas de avanço da pesquisa



Fonte: Os autores

Dentre os 101 artigos relacionados a temas diversos, as categorias mais relevantes de agrupamento das publicações relaciona os mesmos ao meio ambiente (15/15%), compondo trabalhos relacionados a processos de certificação e comparativos de projetos e processos relacionados à infraestrutura na área, (10/10%) relacionados a estudos de comparação de materiais e (7/7%) relacionados a conferências realizadas.

Os artigos de interesse foram então segmentados em subcategorias e

agrupados conforme temáticas. O Quadro 2 apresenta o registro de critérios adotados para a alocação dos artigos dentro das temáticas. Dentro da temática de contratos foram alocados 16 (41% dos trabalhos identificados como de interesse. A temática produção agrupou 10 (23%) dos trabalhos, restando 8 (15%) na temática modelagem/metodologia e os 6 (21%) demais em temáticas diversas como modelagem, PPP, Project Finance, gestão de risco, projetos e atrasos.

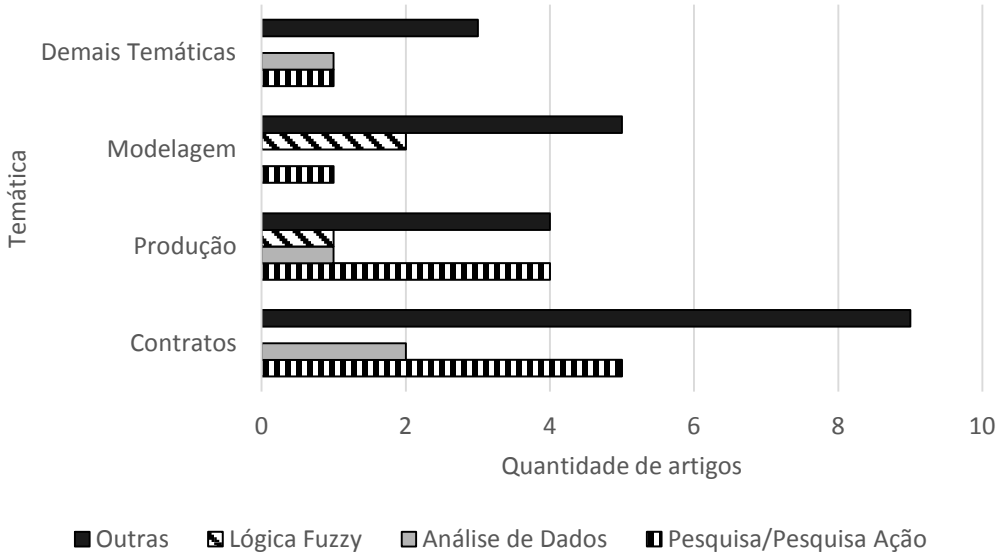
Quadro 2 – Critério de divisão dos artigos identificados como de interesse dentro de temáticas

Temática	**Expectativa de conteúdo**	**Palavras chaves associadas**	**Justificativa da temática**
Contratos	- Artigos comparativos de modelos contratuais. - Indistinção nesta fase de modelo e instrumento.	*Design-Build*, *Comparison*, *Costs*, *Forecasting*, *Lean Construction*, *Target Cost*	Objeto principal da pesquisa
Produção	- Gestão de processos -Benchmarking - Relações de causa e efeito	*Benchmarking*, *Benefits*, *Integrated Project Delivery (IPD)*, *Decision Suport*, *Lean Construction*	Tema com forte associação ao tema objeto principal
Risco	- Segurança - Garantias	*Risk*, *Target Cost*	Temas que podem estar associados indiretamente (metodologia de pesquisa)
Modelagem	- Modelagem - Metodologia	*Contrats*, *Disputes*, *Qualification*	
Projeto	- Comparação entre projetos	*Project Performance*, *Construction Project*	
PPP	- PPP	*Feasibility*, *Risk*	Temas mais recentes que podem estar relacionados
Projeto Financeiro *(Project Finance)*	- *Project Finance*	*Project Finance*, *Risk Management*	

Fonte: Os autores

Quanto a metodologia de pesquisa identificada dentre os artigos tidos como de interesse (Figura 4), 11 artigos (41%) utilizaram a metodologia de pesquisa/pesquisa ação, 4 artigos (15%) análise de dados, 3 artigos (11%) lógica difusa, dentre outras práticas como Redes Neurais, Estudo de Caso, Comparação de Dados e Análise de Literatura.

Figura 4 – Principais metodologias de pesquisa utilizadas dentro das temáticas de interesse



Fonte: Os autores

Dentro dos artigos identificados como de interesse, muitos estudos retratam a comparação de contratos ou processos dentro de países ou entre países, identificando que a distribuição do tema é objeto de pesquisa em todos os continentes (Figura 5). Esta compilação de dados conta com a adição de artigos obtidos através da Amostragem Bola de Neve (ABN), identificada adiante.

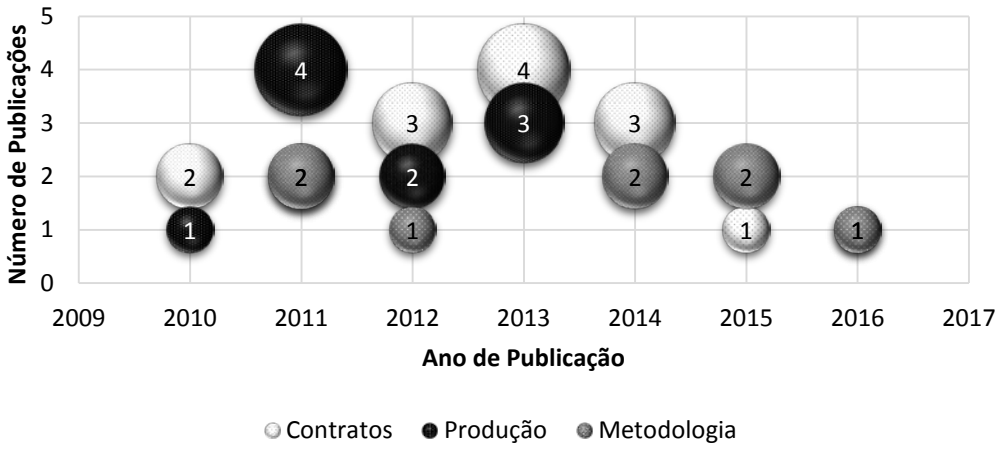
Figura 5 – Distribuição da relação do tema de pesquisa com o continente de localização



Fonte: Os autores

A Figura 6 ilustra histórico dos últimos anos de publicações nas temáticas com maior número de artigos observados: Contratos, Produção e Metodologia.

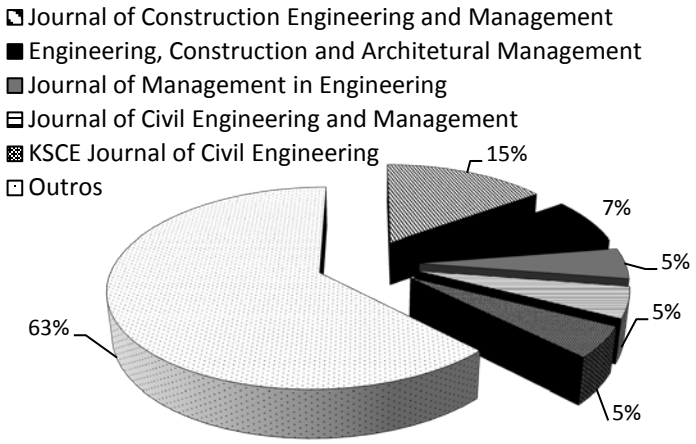
Figura 6 - Número de Publicações x Ano de publicação dentro dos principais temas identificados como de interesse



Fonte: Os autores

Dentre os meios de publicação, 6 (15%) foram veiculados pelo *Journal of Construction Engineering and Management* (Qualis B1)[2], 3 (8%) pelo *Engineering, Construction and Architetural Management* e 2 (5%) respectivamente pelos periódicos *Journal of Management in Engineering*, *Journal of Civil Engineering and Management* (Qualis B1)[3] and *KSCE Journal of Civil Engineering* (Figura 7).

Figura 7 – Principais Editores de artigos voltados aos temas de interesse



Fonte: Os autores

[2] Engenharias I, ISSN 0733-9364, disponível em <https://sucupira.capes.gov.br>, consulta realizada em 29/01/16.

[3] Engenharias I, ISSN 1392-3730, disponível em <https://sucupira.capes.gov.br>, consulta realizada em 29/01/16.

O segmento de contratos, objetivo central da presente pesquisa, foi ao final abordado através da técnica de "Amostragem Bola de Neve" (ABN) (*Snowball Sampling*) (BIERNACKI, P.; WALDORF, D., 1981). A técnica, que consiste em identificar referências complementares de interesse não retidas pelo resultado da busca do mapeamento, visa identificar estudos aderentes através da análise de referências teóricas sugeridas pelos artigos ou conhecimento prévio de trabalho relacionado ao tema, o que culminou na inclusão de mais 7 artigos, totalizando 46 artigos validos, 23 deles alocados na temática de contratos.

Dentro do segmento de contratos, o Quadro 3 apresenta os principais objetos de pesquisa. Vislumbrado como principal objeto do mapeamento, os artigos com comparação entre modelos e instrumentos contratuais foram explicitados no quadro, antecipando uma revisão bibliográfica dos artigos identificados. O quadro diferencia o que pode ser interpretado como um modelo/regime de contratação de um instrumento/forma de instrumentalização de um contrato, além de separar comparativos efetuados entre instrumentos e modelos contratuais similares em localidades diferentes de comparativos efetuados entre instrumentos e modelos contratuais diferentes na mesma localidade.

Quadro 3 – Tipos de modelos de contratação comparados em publicações

Ref.[4]	**Temas/Tipos de contratos comparados**		**Ano**	**Tipo de Instrumento comparado**	**Objeto do artigo**
[ABN]	*Guaranteed Maximum Price (GMP) & Target Cost Contracts (TCC)* - Oriente	*Guaranteed Maximum Price (GMP) & Target Cost Contracts (TCC)* - Ocidente	2011	Instrumento Contratual	Comparativo de mesmo objeto em locais diferentes
[313]	Contratos em economias emergentes	Contratos em economias desenvolvidas	2015	Modelo contratual	
[ABN]	Eficiência China	Eficiência Hong Kong	2012		
[ABN]	Produtividade China	Produtividade EUA	2011		
[ABN]	*Public Private Partnership* (PPP) or *Private Finance Initiative* (PFI) – Australia	*Public Private Partnership* (PPP) or *Private Finance Initiative* (PFI) – Reino Unido	2011		
[636 - ABN]	*Design-build (D/B)* -	*Design-build (D/B)* -	2003		

[4] Referência de índice criado para o presente artigo, resultado de planilha com a pesquisa compilada em formato .TXT e disponibilizada pelos autores mediante solicitação.

	Japão		EUA			
[54]	*Lean Construction*		*Design-build (D/B)*		2012	Instrumento Contratual	Comparativo de objeto diferente no mesmo local
[211]	*AIA - (The American Institute of Architects)*		*DBIA - (Design-Build Institute Of America)*		2014		
[ABN]	Projetos EUA				1998		
[123]	JCT standard building contract (JCT SBC)	New Engineering and Construction Contract (NEC3)		New Complex Projects Contract 2013 (CPC2013)	2014		
[44]	*Design-build (D/B)*		*Design-bid-build (DBB)*		2012	Modelo contratual	
[153]	*Design-build (D/B)*		*Design-bid-build (DBB)*		2013		
[217]	*Design-build (D/B)*		*Design-bid-build (DBB)*		2013		
[ABN]	*Design-build (D/B)* (empírico)		*Design-bid-build (DBB)* (empírico)		2009		
[105]	tradicional[5]		*Design-bid-build (DBB)*		2012		
[287]	tradicional		*Design-build (D/B)*		2011		

Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

A ferramenta de Mapeamento Sistemático da Literatura possibilitou o levantamento de uma amostra significativa de trabalhos realizados nos últimos 6 anos relacionados especificamente a comparação entre métodos de contratação.

A vantagem apropriada por uma pesquisa sistemática confere rigidez ao processo e diminui o grau de subjetividade do processo de revisão bibliográfica, possibilitando ainda sua revisão criteriosa na identificação de eventuais erros que tenham ocorrido nas etapas.

O resultado da pesquisa demonstra que o tema, diretamente ligado a gestão de obras e contratos, possui ampla pesquisa recente realizada em meio acadêmico internacional. Importante salientar que o presente estudo abordou apenas uma específica forma de abordagem do assunto, buscando retratar a comparação entre modelos contratuais.

Os resultados incentivam, consequentemente, outras buscas relacionadas,

[5] O termo "tradicional" transportado do artigo fonte é genérico.

objetivando o estudo de formas inovadoras em modelos de contratação que permitam gerar alternativas e benefícios para as partes envolvidas no desenvolvimento de empreendimentos com a adoção de contratos diferenciados.

REFERÊNCIAS

BIERNACKI, P.; WALDORF, D. Snowball Sampling: problems and techniques of chain referral sampling. **Sociological Methods & Research**, v. 10, n. 2, p. 141–163, 1981.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 21 jun.1993. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm>. Acesso em: 28 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 jan. 2002 a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm >. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 jul. 2002 b. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10520.htm>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 11.079, de 4 de agosto de 2004. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 4 ago. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.462, de 8 de abril de 2011. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 8 abr. 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm>. Acesso em: 25 jan. 2016.

KEELE, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. In: **Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE**. [s.l: s.n.]

PAI, M.; MCCULLOCH, M.; GORMAN, J. D.; PAI, N.; ENANORIA, W.; KENNEDY, G.; THARYAN, P.; COLFORD JR, J. M. Clinical Research Methods. **National Medical Journal Of India**, v. 17, n. 2, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Prathap_Tharyan/publication/8563674_Systematic_reviews_and_meta-analyses_An_illustrated_step-by-step_guide/links/0c960514afac39f1b1000000.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2016.

PETTICREW, M.; ROBERTS, H. **Systematic reviews in the social sciences: a practical guide**. 12. [Dr.] ed. Malden, Mass.: Blackwell Publ, 2012.

Apêndice

Título	Autor	Ano
Contratos		
Comparison of cost and time performance of design-build and design-bid-build delivery systems in Florida	Minchin, R. Edward(1); Li, Xiaoxiao(2); Issa, Raja R.(1); Vargas, Gary G.(3)	2013
Determinants of efficiency of contractors in Hong Kong and China: Panel data model analysis	Li, Jing(1); Chiang, Yat Hung(1); Choi, Tracy N. Y.(1); Man, King Fai(1)	2013
Comparative analysis of lean construction with design-build using a framework of contractual forms of agreement	Becker, Timothy C.(1); Shane, Jennifer S.(1); Jalselskis, Edward J.(2)	2012
A study of the management of time by comparing and evaluating the provisions for the management of time in the JCT standard building contract (JCT SBC), the new engineering and construction contract (NEC3) and the new complex projects contract 2013 (CPC2013)	McLernon, Tim(1)	2014
Internationalization of Construction Services: A Comparison between Emerging and Developed Economies' Construction Contracting Firms	Maqsoom, Ahsen(1); Charoenngam, Chotchai(2); Ali, Yasir(1); Quddos Khan, Adil(1)	2015
Empirical study of the risks and difficulties in implementing guaranteed maximum price and target cost contracts in construction	Chan, Daniel W. M.(1); Chan, Albert P. C.(1); Lam, Patrick T. I.(1); Wong, James M. W.(2)	2010
An evaluation of current practices of road maintenance contracting methods	Shrestha, Pramen P.(1); Shrestha, Kishor(1)	2014
An empirical survey of the motives and benefits of adopting guaranteed maximum price and target cost contracts in construction	Chan, Daniel W.M.(1); Chan, Albert P.C.(1); Lam, Patrick T.I.(1); Wong, James M.W.(2)	2011
Predicting Contract Duration for Building Construction: Is Bromilow's Time-Cost Model a Panacea?	Jarkas, Abdulaziz M.(1)	2016
Assessment of design-build vs. Design-Bid-Build construction delivery methods	McLean, Aldo A.(1); Rorex, Corey(1); Smith, Gordon(1)	2013
Comparison of Cost Performance for Delivery Methods on Public Construction Projects	Seob, Lee Yoo	2013
Building procurement in a developing country: A comparison study between public and private sectors	Jaafar, M., Radzi, N.M.	2012
Comparing the planning and performance of direct labour and design-bid-build construction projects in Nigeria	Idoro, Godwin Iroroakpo(1)	2012
A comparative analysis of the performance of traditional contracting and design-build procurements on client objectives in Nigeria	Ojo, Stephen Okunlola(1); Aina, Omotayo(1); Adeyemi, Aderemi Yakeen(1)	2011
A comparative analysis of procurement methods used on competitively tendered office projects in the UK	Scopus	2010
Is early warning effective for the improvement of problem solving and project performance?	Meng, Xianhai(1)	2014
Produção		
Interventions in effecting change towards lean for australian building contractors: Defect management as a case of reference	Perera, Salinda(1); Davis, Steven(1); Marosszeky, Marton(2)	2011
Analysing construction delay factors: A case study of building construction project in Libya	Shebob, A.(1); Dawood, N.(1); Xu, Q.(1)	2011
Cost comparison of collaborative and ipd-like project delivery methods versus competitive non-collaborative project delivery methods	Kulkarni, Aditi(1); Rybkowski, Zofia K.(2); Smith, James(1)	2012
Prequalification of Egyptian construction contractors using fuzzy-AHP models	Hosny, Ossama(1); Nassar, Khaled(1); Esmail, Yasser(2)	2013
Capital project performance measurement and benchmarking in Singapore	Hwang, Bon-Gang(1); Tan, Hui Fang(2); Sathish, Sowmya(3)	2013
Value management in building construction industry of northern cyprus: Addressing a theory and practice gap	Afsharghotli, A.(1); Rezaei, Alireza(1)	2013
A Study on the Effect of Real Estate Trust on Financial Market and Housing Market	Baek, Jae-Seung	2012
Comparison of the Role of Supervising Engineer in Construction Project Contract Conditions An Analysis in the field of Process in Payment of Project Funds	Sun, Jie; Zhang, Lei; Huang, Jinfang	2011

On time, as intended and within budget: Managing risk in selected project delivery methods	Durham, Michael T.(1)	2011
A Comparative Study of Partnering Projects in Construction between Hong Kong and Australia	Chan, Daniel W. M.; Chan, Albert P. C.; Hong, Yuming	2010
Modelagem/Metodologia		
A fuzzy multi-criteria decision-making model for construction contractor prequalification	Nieto-Morote, Ana(1); Ruz-Vila, Francisco(2)	2012
Application of neural networks in resolution of disputes for escalation clause using neuro-solutions	Chaphalkar, N.B.(1); Sandbhor, Sayali S.(2,3)	2014
Evaluating integrated project delivery using the project quarterback rating	El Asmar, Mounir(1); Hanna, Awad S.(2); Loh, Wei-Yin(3)	2016
Mathematical Formulation of the Project Quarterback Rating: New Framework to Assess Construction Project Performance	Hanna, Awad S.; Lotfallah, Wafik; Aoun, Diane G.; El Asmar, Mounir	2014
Carrying over integrated project delivery concepts to a non-IPD project: A comparative case study	Leicht, Robert M.(1); Enache-Pommer, Elena(1); Franz, Bryan W.(1)	2011
Fuzzy AHP-based risk assessment methodology for PPP projects	Li, Jie(1); Zou, Patrick X. W.(2,3,4)	2011
Application of neural networks in resolution of disputes for escalation clause using neuro-solutions	Chaphalkar, N. B.; Sandbhor, Sayali S.	2015
Estimating transaction costs in the New Zealand construction procurement a structural equation modelling methodology	Rajeh, Mohammed(1); Tookey, John E.(1); Olabode, James(1); Rotimi, Bamidele(1)	2015
Demais temas		
Assessing operational risks in road projects under the PPP framework in colombia	Pineda, Germán(1); Arboleda, Carlos A.(1)	2014
Feasibility studies of PPP projects for environmental infrastructure in the water sector	Augustínová, Edita(1)	2014
Comparison of design risk factors of multistory commercial office buildings	Dharmapalan, Vineeth(1); Gambatese, John A.(1)	2012
Innovation in infrastructure project finance: A typology for conceptualization	Mostafavi, Ali(1); Abraham, Dulcy(2); Sinfield, Joseph(2)	2014
Developing a fuzzy risk assessment model for guaranteed maximum price and target cost contracts in South Australia	Chan, D.W.M., Chan, J.H.L., Ma, T.	2014
Bola de neve		
Comparing China Mainland and China Hong Kong contractors' productive efficiency: A DEA Malmquist productivity index approach.	Chiang, Y. H., Li, J., Choi, T. N. Y., and Man, K. F.	2012
Comparative study of activity-based construction labor productivity in the United States and China.	Shen, Z., Jensen, W., Berryman, C., and Zhu, Y.	2011
Comparison of US project delivery systems.	Konchar, M., and Sanvido, V.	1998
Empirical comparison of design/build and design/bid/build project delivery methods.	Hale, D., Shrestha, P., Gibson, G., and Migliaccio, G.	2009
Key Risk Factors and Risk Mitigation Measures for Target Cost Contracts in Construction – A Comparison Between the West and the East	Joseph H.L. Chan, Daniel W.M. Chan and Wayne E. Lord	2011
Comparative study of design-build procurement between Japan and the US on risk management approach	Saito, T	2003
Comparative Study on the Use of Output Specifications for Australian and U.K. PPP/PFI Projects	Patrick T. I. Lam and Arshad Ali Javed	2014

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DO IMPACTO DAS CERTIFICAÇÕES DE QUALIDADE NAS CARACTERÍSTICAS ORGANIZACIONAIS EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

FANTONI, Bruna Barbosa (1); CASSILHA, Simone do Amaral (2); IAROZINSKI NETO, Alfredo (3)

(1) UTFPR, e-mail: brufantoni@gmail.com; (2) UTFPR, e-mail: simone.cassilha@gmail.com; (3) UTFPR, e-mail: alfredo.iarozinski@gmail.com

RESUMO

A competitividade no ramo da construção civil estimula inúmeras organizações a implantar inovações técnicas e organizacionais em seus processos. Destacam-se a implantação de programas de gestão e de certificação da qualidade. O objetivo geral deste estudo consiste em analisar e comparar as variações das características organizacionais das empresas de construção civil que possuem e as que não possuem certificações de qualidade. Em função da necessidade da coleta de informações de uma amostra representativa da população, a pesquisa foi baseada no Método "Survey" onde foram levantados dados de 211 empresas do setor da construção civil em Curitiba-PR e região metropolitana. Para a coleta de dados foi elaborado um questionário denominado de "Diagnóstico de Empresas da Construção Civil" composto por questões relacionadas ao tipo de certificação de qualidade, caso a empresa possua, e as suas características organizacionais. A técnica escolhida para o tratamento dos dados foi a análise discriminante. Os resultados parciais apontam que características organizacionais como, por exemplo, nível de formalização de cargos e funções, treinamento e cultura organizacional sofrem influência significativa das certificações de qualidade nas empresas pesquisadas.

Palavras-chave: Características organizacionais. Gestão da qualidade. Certificação.

ABSTRACT

The competitiveness in the construction industry stimulates numerous organizations to implement technical and organizational innovations in their processes. Highlights include the implementation of management and quality certification programs. The aim of this study is to analyze and compare the changes in organizational characteristics of construction companies that have and those that do not have quality certifications. Due to the need to collect information from a representative sample of the population, the survey was based Method "Survey" were set up data of 211 companies in the construction sector in Curitiba, PR and metropolitan area. For data collection a questionnaire was developed called "Diagnostic Companies Construction" consisting of questions related to the type of quality certification, if the company has, and its organizational characteristics. The chosen technique for the treatment of the data was discriminant analysis. Partial results indicate that organizational characteristics such as, formalization level positions and functions, training and

[1] FANTONI, Bruna; CASSILHA, Simone; IAROZINSKI NETO, Alfredo. Análise do impacto das certificações de qualidade nas características organizacionais em empresas de construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

organizational culture suffer significant influence of quality certifications in the surveyed companies.

***Keywords**: Organizational features. Quality management. Certification.*

1 INTRODUÇÃO

A competição global, a baixa qualidade no setor da construção civil e as constantes mudanças impactadas pelo avanço tecnológico pedem também novas alternativas nas antigas práticas de gestão. Assim, as organizações necessitam buscar soluções para se manterem competitivas, versáteis e sustentáveis no mercado. Dentre as várias soluções, certamente figura a certificação do Sistema de Gestão da Qualidade – SGQ que é um conjunto de processos aplicados por instituições independentes com objetivo de certificar que o produto, processo ou serviço em análise, está em conformidade com os requisitos de qualidade analisados (MARQUES, 2009).

As entidades certificadoras, por meio de auditorias, garantem que as organizações certificadas respeitem os requisitos mínimos de sistemas de qualidade, porém não garantem que esses requisitos estejam ligados a mudanças de gestão.

Considerando o exposto, esta pesquisa se propõe responder a seguinte pergunta: A implementação de certificações de qualidade tem impacto significativo nas características organizacionais das empresas de construção civil?

O objetivo geral desta pesquisa é demonstrar se as certificações de qualidade impactam nas características da estrutura organizacional de empresas de construção civil. À vista disso, os objetivos específicos são: (i) Identificar as variáveis que definem as características organizacionais das empresas de construção civil; (ii) Obter dados sobre as principais características organizacionais das empresas de construção civil e a existência ou não de certificação e; (iii) Avaliar a relação entre certificação e características organizacionais.

Logo, a hipótese da pesquisa pode ser apresentada da seguinte forma: Encontram-se diferenças efetivas nas características organizacionais das empresas de construção civil que possuem certificações de qualidade em relação às empresas que não possuem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Referencial Teórico possibilita o entendimento dos conceitos e definições relacionados ao tema da pesquisa. Neste artigo trata sobre: indústria da construção civil, características organizacionais e certificações de qualidade.

2.1 Caracterização do setor da construção civil

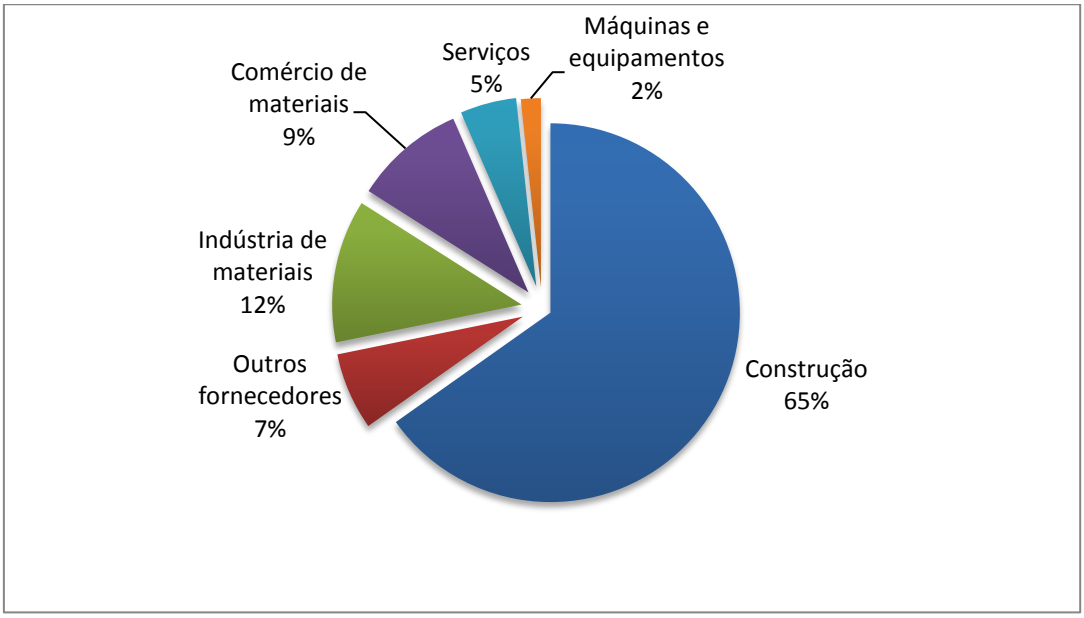
A cadeia produtiva da construção civil é um dos principais motores da economia brasileira sendo responsável, no primeiro trimestre de 2014 por

10,5% e no primeiro trimestre de 2015 representava 10,1% do PIB. A construção civil também é responsável por milhões de empregos diretos e indiretos, sendo um dos maiores empregadores do país, conforme dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED, registrou mais de 416 mil vagas formais no mercado de trabalho em 2015.

Conforme dados apresentados pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, no ano de 2014 o Brasil possuía 237.919 estabelecimentos ativos na construção civil. Desse total, 21.887 estão localizados no estado do Paraná e 4.137 em Curitiba e Região Metropolitana (CBIC, 2015).

A construção civil compreende uma complexa cadeia produtiva, que agrega um conjunto de atividades com grande importância para o desenvolvimento econômico e social brasileiro, começando na extração de matérias-primas, passando pela fabricação de materiais, pela comercialização, por projeto e financiamento e chega à atividade da construção (CBIC, 2015). O Gráfico 1 a seguir apresenta a composição da cadeia produtiva da construção por participação em percentual no PIB total da cadeia.

Gráfico 1 – Composição da cadeia produtiva da construção civil



Fonte: CBIC (2015)

O setor da construção civil abrange atividades de planejamento e projeto, execução e manutenção e restauração de obras de edificações, infraestrutura viária, hidráulica, de sistema industrial e de urbanização, entre outros segmentos. O núcleo da construção civil é composto por construtoras, incorporadoras e prestadoras de serviços e vários segmentos da indústria de materiais de construção e do comércio. Estão incluídos neste núcleo outros setores industriais que suprem a demanda da construção com insumos necessários à produção (FIESP, 2015).

2.2 Características organizacionais

Cada empresa é dotada de características próprias e individuais por influência do ambiente interno e externo em que atuam, consequentemente apresentam desempenho diferenciado. Os aspectos que as diferenciam podem ser objetivos, que se referem, por exemplo, à gestão, estrutura física e organizacional, tecnologia e mercado, e aspectos subjetivos como crenças e valores. Reconhecer e compreender as características organizacionais é relevante para orientar a definição dos processos de gestão (CROZATTI, 1998; GUIDINI e BONE, 2009).

Os principais aspectos, no contexto empresarial, que caracterizam uma organização são apresentados nos subitens a seguir.

2.2.1 Estrutura organizacional

Fundamentalmente, estrutura organizacional é a forma pela qual as atividades de uma organização são divididas, organizadas e coordenadas para alcançar os objetivos da organização. Para Chandler (1962) a estrutura depende das circunstâncias de cada organização em um dado momento e existem variáveis que influenciam isso: o posicionamento estratégico, o ambiente externo em que está inserida a organização, a tecnologia de que dispõe e as características dos envolvidos nos processos.

2.2.2 Modelo de gestão

Conforme Crozatti (1998) o modelo de gestão é um dos principais aspectos de diferenciação entre empresas e refere-se ao modo como a empresa organiza as atividades, os recursos e como estabelece as normas e procedimentos. Também possui algumas características que podem ser elencadas da seguinte forma: a) é o principal formador da cultura organizacional; b) determina as linhas de poder; c) estabelece as principais formas de atuação da empresa; e d) estabelece critérios de análise de desempenho. O modelo de gestão impacta diretamente nos outros sistemas da organização.

2.2.3 Cultura organizacional

Os autores Ravasi e Schultz (2006) escreveram que a cultura organizacional é um conjunto de suposições básicas, desenvolvidas e compartilhadas entre grupos de pessoas, que orientam o que acontece nas organizações por meio da definição de um comportamento adequado em diferentes situações. Kotter (1992) e Schein (2004) vão além e afirmam que as organizações têm culturas diferentes e em grandes organizações pode haver subculturas co-existentes e conflitantes, já que cada cultura está ligada a uma equipe gestora diferente.

2.3 Certificações de qualidade

Em função dos novos fatores competitivos do mercado, empresas do ramo da construção civil têm buscado medidas para melhorar a qualidade e a

produtividade das organizações. Dessa forma, com o interesse em um controle maior sobre os processos e reformulação de medidas de desempenho, torna-se importante a implementação e certificação de sistemas de qualidade (LINS, 2004; MASTRANTONIO e TOLEDO, 2013).

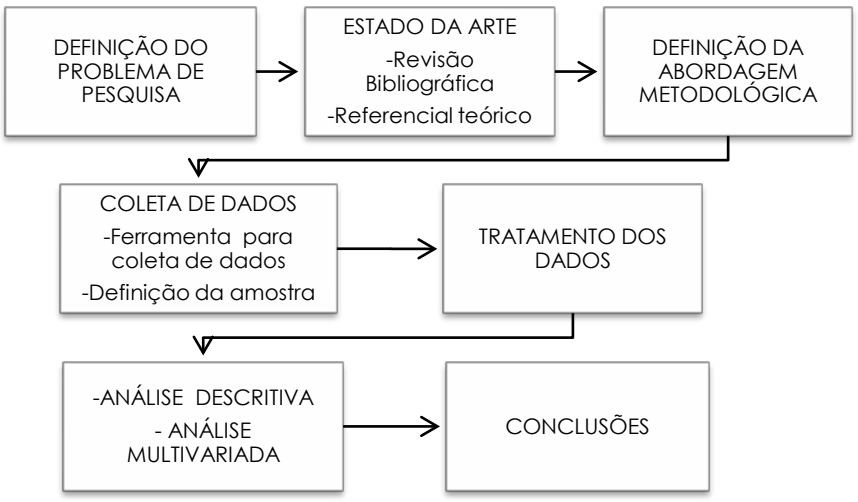
Existem normas de gestão da qualidade que apresentam uma proposta comum de utilização de indicadores para avaliação, planejamento, controle e padronização dos processos e melhoria de desempenho. Também asseguram as características desejáveis dos produtos e serviços como qualidade, segurança, confiabilidade, eficiência e respeito ambiental.

As principais normas de modelos de gestão da qualidade que são utilizadas pelas organizações como ferramentas de gestão são: ISO 9000 - fornece um conjunto de ferramentas que permitem a medição da eficácia das ações tomadas com foco na satisfação do cliente e na busca da melhoria contínua dos processos; ISO 14000 – é uma ferramenta para as empresas que buscam gerenciar suas responsabilidades ambientais; OHSAS 18000 – utilizada para gerenciar para o Sistema de Gestão de Segurança do Trabalho – SST, visando a redução dos riscos relacionados ao trabalho; PBQPH - é definido como um sistema de gestão da qualidade, mas, específico para a construção civil e segue os princípios da norma ISO 9001; LEED – norma destinada à orientar e atestar o comprometimento e uma edificação com os princípios da sustentabilidade para a construção civil - antes, durante e depois de suas obras; e AQUA - avalia o desempenho ambiental de uma construção por sua natureza arquitetônica e técnica e pela gestão da edificação considerando as suas principais características: meio ambiente e energia; e saúde e conforto.

3 METODOLOGIA

Neste item são apresentados os procedimentos adotados para o desenvolvimento da pesquisa. A Figura 1 a seguir apresenta as principais etapas metodológicas aplicadas no desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 1 – Etapas metodológicas



Fonte: o Autor (2015)

Esta pesquisa se classifica, quanto à natureza, como pesquisa aplicada. Do ponto de vista de seus objetivos, esta pesquisa se classifica como exploratória. Quanto aos procedimentos técnicos, ou seja, a maneira pela qual obtemos os dados necessários para a elaboração da pesquisa, se classifica como bibliográfica e levantamento (*survey*). Sob a perspectiva de abordagem do problema, esta é uma pesquisa quantitativa.

Para a coleta de dados foi elaborado um questionário chamado de Diagnósticos das empresas de construção civil, o qual é composto por quatro partes. A primeira parte (Parte 1) consiste na identificação do perfil da organização e identificação do perfil do entrevistado. A segunda parte (Parte 2) compreende as características do ambiente concorrencial. A terceira parte (Parte 3) consiste nas características da organização. A quarta e última parte (Parte 4) constitui-se do nível de efetividade dos processos.

A mensuração da Parte 1 do questionário deu-se através de escalas do tipo intervalar, pois utiliza números para classificar objetos ou eventos de modo que a distância entre estes números seja a mesma, permitindo que se compare a diferença entre os objetos. Na Parte 2 e Parte 3, a mensuração das respostas foi obtida através da adoção de uma escala de diferencial semântico (Figura 2).

Figura 2 – Modelo de escala de diferencial semântico

Qual o nível de centralização da estrutura organizacional da empresa?	Centralizada	1	2	3	4	5	6	7	Descentralizada
Qual o nível de formalização dos cargos e funções da empresa?	Sem formalização	1	2	3	4	5	6	7	Totalmente formalizada
Como você classifica o estilo de liderança da empresa?	Autocrática	1	2	3	4	5	6	7	Democrática

Fonte: Autor (2015)

Esta escala é composta por sete graus, valorados de um a sete, postos entre dois adjetivos ou frases descritivas antônimas. O entrevistado escolhe o valor que melhor represente sua opinião.

Na parte 4 do questionário a mensuração das respostas, que se refere ao nível de efetividade dos processos, se deu através de uma escala de intensidade, onde o entrevistado seleciona uma das afirmações acompanhadas de um valor predeterminado associada à sua percepção da variável. O modelo utilizado é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Modelo de escala de intensidade

1	2	3	4	5	6	7
Processo inexistente	Processo minimamente desenvolvido (ou em implantação)	Processo pouco desenvolvido (ou utilizado parcialmente)	Processo desenvolvido (implantado e funcionando)	Processo bem desenvolvido (implantado e funcionando plenamente)	Processo muito desenvolvido (funcionando plenamente e estabilizado)	Processo altamente desenvolvido (plenamente utilizado com aperfeiçoamentos constantes)

Fonte: Autor (2015)

Para esta pesquisa, ficou definido que a população alvo são as empresas situadas em Curitiba/PR e região metropolitana cujo ramo de atuação é da construção civil.

A Amostragem, que é o processo de escolha dos indivíduos que pertencerão à amostra, foi selecionada em função das características da população alvo. Então, optou-se por adotar o método de amostragem não probabilística por conveniência. Este tipo de amostra envolve a seleção de elementos de amostra que estejam mais disponíveis para tomar parte no estudo e que podem oferecer as informações necessárias.

Uma parte da amostra foi obtida através dos alunos dos cursos de graduação e pós-graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI-PR) que integram o quadro de funcionários de empresas que se encaixaram na descrição da população alvo. Outra parte da amostra foi adquirida através de questionários enviados por meio eletrônico a diversas empresas de construção civil localizadas em Curitiba e Região Metropolitana.

Segundo Hair *et al.* (2005), o tamanho ideal da amostra que possibilita a obtenção das respostas necessárias ao atendimento dos objetivos da pesquisa deve ser igual ou maior do que 100. Portanto, tendo como referência o autor citado, estipulou-se o tamanho mínimo da amostra em 100 empresas, sendo que, a amostra total obtida é composta por 211 empresas.

As técnicas escolhidas para a análise dos dados foram estatística descritiva e análise discriminante. A estatística descritiva refere-se a técnicas para descrever e sumarizar dados observados. A análise discriminante, dentro do contexto da análise multivariada, refere-se a uma técnica estatística que auxilia a identificar as variáveis que diferenciam grupos e quantas dessas variáveis são necessárias para obter a melhor classificação dos indivíduos de uma determinada população.

Para a realização dessas análises, foi necessário organizar as variáveis que integram o questionário por categoria. Dessa forma é possível identificar e analisar com maior facilidade as variáveis que melhor distinguem os grupos. Para este artigo apresenta-se a análise das características organizacionais consideradas independentes (motrizes) e dependentes (questões 29 à 57), conforme mostra o Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Variáveis consideradas na pesquisa

Grupo	Fator	Variável
Variáveis independentes (Motrizes)	Estrutura	29- Nível de centralização da estrutura organizacional. 30- Nível de formalização dos cargos e funções. 33- Nível de formalização das atividades e processos.
	Forma de Gestão	31- Estilo de gestão da empresa. 42-Nível de controle exercido sobre as atividades e funcionários. 34- Grau de autonomia dos funcionários.
	Formação de pessoal	32- Média de horas de treinamento/ano. 35-Nível de polivalência dos funcionários.

Variáveis dependentes	Relações humanas (clima organizacional)	40- Nível de cooperação entre os funcionários. 41- Nível de interação entre os funcionários (troca de informações).
	Resultado da estratégia	50- Nível de conhecimento dos funcionários em relação as estratégias de gestão adotadas pela empresa. 55- Alinhamento das características dos empreendimentos, produtos e serviços em relação a estratégia.
	Flexibilidade	46- Capacidade da empresa em se adaptar as mudanças do seu mercado. 45- Tempo de resposta da empresa as demandas de mercado.

Fonte: Autor (2015)

Foram empregados, como ferramentas de apoio para a análise dos dados, o aplicativo *Microsoft Excel* 2010 e o *software Statistical Package for the Social Sciences* (*SPSS*) versão 20.

4 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS PARCIAIS

A finalidade desta seção é apresentar a análise parcial dos dados obtidos a partir da amostra considerada para a pesquisa, sendo que, é fundamentada em análise discriminante.

Adotando a metodologia explanada anteriormente, a amostra foi segmentada em dois grupos identificados por meio de rótulos numéricos, empresas sem certificação (grupo 1) e empresas com certificação (grupo 2), com o propósito de verificar se (i) existem diferenças significantes entre os grupos; (ii) determinar quais variáveis independentes têm real poder de discriminação entre os grupos e; (iii) extrair informações sobre os relacionamentos entre as variáveis e os grupos.

A matriz de classificação, apresentada da Tabela 1, auxilia na interpretação da contribuição que cada variável forneceu para cada função discriminante. A análise efetuada reflete as características organizacionais obtidas através do uso de escalas de diferencial semântico, com intervalo variando entre um e sete. Optou-se por apresentar apenas as variáveis com valor discriminante mais significativo, estando elas, em ordem decrescente de importância na discriminação.

Tabela 1 – Matriz de classificação

	Função 1
Quantidade de horas de treinamento	0,788
Nível de formalização dos cargos e funções	0,704
Nível de formalização das atividades e processos	0,676
Tempo de resposta às demandas de mercado[a]	0,448
Capacidade da empresa a se adaptar as mudanças[a]	0,395
Nível de controle sobre as atividades e funcionários[a]	0,389
Nível de interação dos funcionários[a]	0,352
Nível de conhecimento dos funcionários em relação as estratégias[a]	0,310
Alinhamento das características do empreendimento com a estratégia[a]	0,295

Estilo de gestão[a]	0,294
Grau de autonomia dos funcionários[a]	0,281
Nível de cooperação dos funcionários[a]	0,239
Nível de centralização[a]	0,223
Nível de polivalência dos funcionários[a]	-0,103

Correlações entre grupos no conjunto entre variáveis discriminantes e funções discriminantes canônicas padronizadas.
Variáveis ordenadas por tamanho absoluto de correlação na função.

a. Essa variável não é usada na análise.

Fonte: Resultado da análise no SPSS (2015)

O coeficiente atribuído a cada variável maximiza a distinção entre os grupos, ou seja, quanto maior o coeficiente de determinada variável, maior será sua contribuição na discriminação entre os grupos. Pode-se então afirmar que, as variáveis que apresentam maior poder discriminatório entre os grupos de empresas com certificação e sem certificação de qualidade são: "Quantidade de horas de treinamento" (0,788), "Nível de formalização de cargos e funções" (0,704), "Nível de formalização das atividades e processos" (0,676), "Tempo de resposta às demandas de mercado" (0,448), "Capacidade da empresa a se adaptar as mudanças" (0,395) e "Nível de controle sobre as atividades e funcionários" (0,389). Já que essas variáveis correspondem à parte dos itens avaliados para determinar se uma empresa terá seu sistema de gestão da qualidade certificado, pode-se presumir que empresas certificadas são mais eficientes nesses quesitos.

É importante destacar a variável "Nível de polivalência dos funcionários" (-0,103) que apareceu como sendo a que menos se diferencia nos dois grupos. Isto significa que tanto em empresas com sistema de gestão certificado quanto em empresas sem certificação os funcionários são polivalentes, ou seja, podem atuar em diferentes setores da organização.

Existem outros métodos mais rigorosos que podem ser adotados para selecionar automaticamente as variáveis com capacidade discriminativa, de modo que as análises subseqüentes sejam feitas apenas com estas variáveis (MAROCO, 2003).

No método *stepwise* ou passo-a-passo as variáveis independentes são adicionadas sequencialmente ou removidas de acordo com o poder discriminatório que elas acrescentam à previsão de pertinência no grupo (MAROCO, 2003; HAIR JR. et al., 2005).

Sendo o propósito desta análise, determinar quais variáveis diferenciam mais os grupos de empresas com e sem certificação de qualidade, o método stepwise foi empregado para determinar as variáveis com o maior poder de discriminação e em seguida, determinar a função discriminante.

A Tabela 2 a seguir resume o procedimento *stepwise* indicando para cada passo qual variável foi adicionada.

Tabela 2 - Variáveis Inseridas/Removidas

Etapa	Inseridas	Lambda de Wilks							
		Estatística	df1	df2	df3	F exato			
						Estatística	df1	df2	Sig.
1	Quantidade de horas de treinamento	0,840	1	1	197,000	37,418	1	197,000	0,000
2	Nível de formalizaçã o dos cargos e funções	0,788	2	1	197,000	26,403	2	196,000	0,000
3	Nível de formalizaçã o das atividades e processos	0,766	3	1	197,000	19,894	3	195,000	0,000

Fonte: Resultado da análise no SPSS (2015)

Pode-se verificar que em cada passo, a variável adicionada é aquela que minimiza o valor de ***Sig***., ou seja, aquela variável para a qual ocorre a maior diferença entre os grupos. "Isto posto, "Quantidade de horas de treinamento", "Nível de formalização de cargos e funções" e "Nível de formalização de atividades e processos" são as variáveis com maior poder de diferenciação entre os dois grupos analisados.

As variáveis consideradas como discriminante em cada passo da análise podem ser analisadas na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Variáveis na análise

Etapa		Tolerância	F a ser removido	Lambda de Wilks
1	Quantidade de horas de treinamento	1,000	37,418	
2	Quantidade de horas de treinamento	0,926	20,024	0,868
	Nível de formalização dos cargos e funções	0,926	13,092	0,840
3	Quantidade de horas de treinamento	0,897	14,802	0,824
	Nível de formalização dos cargos e funções	0,834	6,628	0,792
	Nível de formalização das atividades e processos	0,841	5,629	0,788

Fonte: Resultado da análise no SPSS (2015)

Nota-se que a variável "Quantidade de horas de treinamento" apresenta maior carga discriminante (0,868), portanto é a variável em que se observam maiores diferenças entre os grupos. Essa informação corrobora com a obrigação imposta pelos SGQ em treinar seus funcionários, sendo este um dos fatores para o sucesso do sistema de gestão. Também é possível presumir que as empresas sem certificação privilegiam a produção em detrimento a oferecer mais horas de treinamento para os funcionários.

5 IMPLICAÇÕES DA PESQUISA

Os resultados preliminares mostram uma significativa discriminação entre o grupo das empresas sem certificação e o grupo das empresas com certificação, sendo possível identificar quais características organizacionais apresentam valores discriminantes mais relevantes.

A continuidade da pesquisa consiste em relacionar as características organizacionais tidas como discriminadoras com a condição de a empresa possuir ou não certificação de qualidade. A finalidade é identificar as que mais discriminam os grupos e os benefícios que elas trazem para a organização.

Ao final da pesquisa pretende-se evidenciar os pontos positivos e negativos, em termos de eficiência na gestão, atribuídos ao fato de a empresa possuir um sistema de gestão certificado.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000:2015** – Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR ISO 14001:2015** – Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

BSI – BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Occupational Health and Safety Assessment Series**: OHSAS 18001. United Kingdom, 2007.

CAGED - Cadastro Geral de Empregados e Desempregados. Estoque de trabalhadores na construção civil. Brasília/DF, 2015. Disponível em <https://caged.maisemprego.mte.gov.br/portalcaged>. Acesso em 06/01/2016.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Índice de estabelecimentos na construção civil**. Brasília/DF, 2014. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/empresas-de-construcao/estabelecimentos-na-construcao>. Acesso em: 20/01/2016.
_____. **PIB Brasil**. Brasília/DF, 2015. Disponível em <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil> Acesso em: 20/01/2016.

CHANDLER, Alfred D. **Strategy and structure**: chapters in the history of the industrial enterprise. Cambridge: M.I.T. Press, 1962. Disponível em: <https://archive.org/details/strategystructur00chan_0>. Acesso em: 27/09/2015.

CROZATTI, Jaime. **Modelo de Gestão e cultura organizacional:** conceitos e interações. Caderno de Estudos, v. 10, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-92511998000200004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 07/07/2015.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cadeia produtiva da construção**. São Paulo/SP, 2015. Disponível em

<http://www.fiesp.com.br/infografico-cadeia-da-construcao/#----desce>. Acesso em 10/08/2015.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Processo AQUA** - Guia Prático do Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício, 2014. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/download/Guia_Pratico_Referencial_Avaliacao_Qualidade_Ambiental_Edif%C3%ADcio.pdf>. Acesso em: 05/09/2015.

GUIDINI, Marilene Bertuol; BONE, Rosemarie Broker. **Tipos de gestão de empresas brasileiras a partir de suas características organizacionais**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, 2009.

HAIR, Jr, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise Multivariada de Dados**. 5 ed. Porto Alegre: Brookman, 2005.

KOTTER, John P.; HESKETT, James L. **Corporate Culture and Performance.** New York: Free Press, 1992.

LINS, Bernardo Estellita. **Breve História da Engenharia da Qualidade**. Cadernos Aslegis 12, São Paulo: UNESP, 2004.

MAROCO, João. **Análise Estatística com Utilização do SPSS.** Lisboa: Edições Sílabo, 2003.

MARQUES, Wagner Luiz. **Qualidade Total**. Fundação Biblioteca Nacional. Ministério da Cultura, 2009.

MASTRANTONIO, Sabrina Di Salvo; TOLEDO, José Carlos de. **A gestão da qualidade em fabricantes de equipamentos para a indústria de alimentos**. Engevista, Vol. 15, 2013.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat. Brasília, 2012. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/>. Acesso em: 27/04/2016.

RAVASI, Davide; SCHULTZ, Majken. **Responding to organizational identity threats**: Exploring the role of organizational culture". Academy of Management Journal. Vol 49, 2006.

SCHEIN,Edgar H. **Organizational Culture and Leadership***:* A Dynamic View. 3 Ed. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2004.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL – USGBC. **LEED** - Leadership in Energy and Environmental Design, Fevereiro, 2009. Disponível em: <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs8880.pdf>. Acesso em 01/03/2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DO IMPACTO FINANCEIRO E CAUSAS DE ADITIVOS CONTRATUAIS EM UM CASO DE OBRA PRIVADA[1]

BRANDSTETTER, Maria Carolina G. O. (1); CARVALHO, Lorena (2); OLIVEIRA, Daniela (3); PRATTI, Ícaro (4)

(1) UFG, e-mail: maria.carolina@uol.com.br; (2) UFG, e-mail: lorenaloc@hotmail.com; (3) UFG, e-mail: dani_aurione@hotmail.com; (4) UFG, e-mail: icarootaviopratti@gmail.com

RESUMO

Aditivos contratuais são conhecidos por retratar a deficiência em partes do processo produtivo e na gestão de uma obra, nos ramos público e privado. A investigação das causas dos aditivos contratuais pode ser uma maneira viável de reduzir a necessidade da criação dos mesmos em projetos futuros. Este trabalho busca investigar e classificar o impacto financeiro e as causas de aditivos contratuais em uma obra privada de grande porte, um shopping center localizado na cidade de Goiânia. Foi feito um levantamento dos contratos, incluindo valores, setores de atuação e aditivos realizados. Para a classificação das causas foram utilizados documentos como contratos iniciais, justificativas, listagem de projetos, propostas entregues e relatórios diários de obra. Os aditivos foram identificados por serviço, etapa da obra, valores, porcentagem em relação ao contrato inicial e agrupados em categorias de causas: projeto, planejamento, execução e imprevistos. Foram considerados os quantitativos de frequência e seu percentual de impacto no custo. Os resultados apontaram o item Projeto como o de maior percentual (72%) em relação ao somatório financeiro de todos os aditivos. Além disso, o valor gerado com os aditivos decorrentes de problemas com projeto é cinco vezes maior que o valor investido na elaboração dos mesmos.

Palavras-chave: Aditivos. Impacto Financeiro. Obra Privada.

ABSTRACT

Contractual additives are known to portray disability in parts of production process and in management of public and private works. The investigation into the additives causes can be a viable way to reduce the need to create the same in future projects. This work aims to investigate and classify the financial impact and causes of contractual additives in a large private work, a shopping center in the city of Goiania. A survey of contracts was done, including values, areas of activity and additives. For the causes classification, documents were used as initial contracts, justifications, project list, proposals and delivered daily reports. The additives were identified by service, stage of work, values, percentage in relation to original contract and grouped categories of causes: design, planning, execution and unexpected. The quantitative frequency was considered and its impact on the cost percentage. The results showed the design as the highest percentage (72%) for the financial sum of all additives. In addition, the value generated with the additives due to problems with design is five times greater than the amount invested in its development.

[1] BRANDSTETTER, M. C. G. O.; CARVALHO, L. O.; AURIONE, D. V.; PRATTI, I. O. Análise do impacto financeiro e causas de aditivos contratuais em um caso de obra privada. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Additions. Financial Impact. Private Work.*

1 INTRODUÇÃO

Na execução de empreendimentos de engenharia a necessidade de se atingir os melhores índices de eficiência possíveis levou a uma estrutura organizacional onde o planejamento entra como uma ferramenta decisiva para traçar diretrizes para execução, levantamento de dados, cotações, compras, concorrências, cronogramas da obra e outras atividades que impactarão na velocidade e no custo do empreendimento.

Devido ao grande volume de projetos e outras informações necessárias para a execução de um empreendimento, o gerenciamento de todos esses dados torna-se complexo e muitas vezes negligenciado. Essa negligência pode desencadear diversos efeitos negativos em uma obra, assim como acontecimentos imprevisíveis, podendo gerar despesas não previstas inicialmente. Tais despesas geram a necessidade da criação de contratos extras e de aditivos contratuais, sejam de materiais ou serviços.

O estudo desses aditivos e a identificação da origem dos mesmos se faz importante pelo impacto tanto financeiro quanto no cronograma da obra que esses aditivos podem representar.

No caso de obras públicas os aditivos costumam ser apontados como sinônimo da malversação de recursos públicos. No caso de contratações particulares, que constitui o foco deste trabalho, essa possibilidade geralmente é desconsiderada, já que o interessado na execução da obra tem um amplo poder de administração, decisão e gerenciamento.

As pesquisas que enfocaram de forma indireta os aditivos de obras, geralmente com o enfoque em desvios de prazos ou custos, tem como objeto as obras públicas (SANTOS; STARLING; ANDERY, 2015). Estudos similares em obras privadas permanecem como lacuna do conhecimento. Por este motivo, os problemas relativos a obras privadas podem ser inferidos em termos de natureza das causas de modo similar ao que ocorre em obras públicas.

A investigação em profundidade das causas que geram os aditivos em obras permite uma análise de quais fatores devem ser considerados como prioritários na gestão dos recursos. Para responder a esta questão, o trabalho tem por objetivo analisar as causas dos aditivos contratuais dentro de contratos por empreitada global e preço unitário no setor privado por meio de um estudo de caso.

Optou-se por uma obra com disponibilidade de informações, visto a dificuldade de obtenção de dados pela falta do correto registro das causas e sigilo nas contratações, fatos que são comuns nas empresas privadas. Também foi levado em consideração o grande porte do empreendimento, um shopping center localizado na cidade de Goiânia. Dessa forma, o número de contratações e aditivos são mais expressivos do que em outras de menor porte. A construtora gerenciadora além de administrar a obra é

responsável pelas contratações e pelos aditivos, o processo de contratação é feito baseado no princípio da livre concorrência, segundo a Constituição Federal (CF/88) (BRASIL, 1988). O cliente tem total poder de indicar e fiscalizar empresas. A escolha dos empreiteiros ocorre por concorrências e as contratações são feitas sob o regime de empreitada global.

A contribuição da pesquisa encontra-se em suprir a lacuna de estudos científicos sobre o tema, expondo informações e análises sobre aditivos contratuais, mapeando as principais causas e permitindo a sugestão de soluções para minimizar as falhas e prejuízos em projetos similares futuros.

2 SÍNTESE DA REVISÃO

Os processos licitatórios são regulados por lei em obras públicas e exigem um processo burocrático que nem sempre acontece na construção de obras privadas. Apesar de não ter regulação específica, as licitações, fechamentos de contratos e aditivos da parcela privada da construção acabam muitas vezes por se basear nos empreendimentos públicos para que assim se estabeleça um parâmetro de procedimentos

As entidades públicas devem seguir o procedimento administrativo formal, a licitação, regulado pela Lei 8.666/93 – Normas Para Licitações e Contratos da Administração Pública (BRASIL, 1993).

As obras e serviços previstos na Lei de Licitações podem ser realizados por Administração Direta ou Indireta. A Administração direta deve executar os serviços por conta própria sem a interferência de terceiros, na execução indireta há diversos regimes de contratação que podem ser realizados: empreitada por preço unitário; empreitada por preço global; contratação por tarefa e empreitada integral (GOMES RIBEIRO, 2011).

De acordo com TCU (2010) modalidade de licitação é a forma específica de conduzir o procedimento licitatório, a partir de critérios definidos em lei: Concorrência, Tomada de preço, Carta convite, Concurso, Leilão e Pregão.

Conforme se depreende dos dispositivos legais transcritos, não obstante a elaboração de um projeto básico nos moldes legais, com nível de detalhamento adequado; prorrogações dos prazos de obra previstos em contrato existem, seja por responsabilidade do contratante ou alteração de projeto, seja por motivos alheios às vontades das partes, como caso fortuito ou força maior. As mudanças existentes de escopo contratual são comuns em todos os contratos e até esperadas, principalmente em se tratando de contratos de grandes construções de engenharia. A princípio, não há irregularidade nessas mudanças. Tanto é que a própria Lei de Licitações trata da matéria, regulamentando-a (ANDRADA, 2007).

Diferentemente das instituições públicas as empresas privadas são livres para negociar com terceiros, porém buscam na Lei das Licitações maneiras justas para contratação; ou seja, se espelham nos regimes de contratação, nas modalidades e tipos de licitações existentes para realizar as contratações, porém almejam a proposta mais vantajosa mesmo não sendo a menos

dispendiosa. Além desses quesitos alguns dos princípios básicos norteadores dos procedimentos licitatórios públicos são adotados por empresas privadas para garantir a isonomia do processo.

Segundo Tisaka (2006), os aditivos de quantitativos e de preços e aditivos de prorrogação quando há alteração dos prazos iniciais são gerados pelas alterações provocadas pelas deficiências dos projetos básicos/executivos ou das especificações técnicas e erros e omissões contidas nas planilhas de quantitativos e serviços, só constatados na fase executiva das obras. Além disso, as alterações de contratos (alteração qualitativa) ou alteração nos quantitativos (alteração quantitativa) de iniciativa da contratante, já na fase de execução ou mesmo em consequência de outras alterações imprevisíveis acertadas por acordo entre contratantes e contratadas, previstas na legislação; podem gerar os inevitáveis aditivos contratuais.

Tisaka (2006) comenta os casos de aditivos previstos na legislação para obras públicas que também podem ser estendidas para o caso de obras privadas:

- Alteração do escopo do contrato por iniciativa unilateral da contratante;
- Manutenção do equilíbrio econômico-financeiro por acordo entre contratantes e contratadas;
- Manutenção do equilíbrio econômico-financeiro necessário após os acontecimentos imprevisíveis;
- Paralisação da obra devido à falta de recursos financeiros e orçamentários para a continuidade da obra;
- Falta de liberação da área destinada à execução da obra por parte da administração;
- Garantia de manutenção do equilíbrio econômico-financeiro devido a prorrogação de prazos;
- Deficiência de planejamento;
- Deficiência dos projetos básicos;
- Restrições ambientais não previstos por ocasião da contratação e
- Aumento excessivo dos preços dos insumos no mercado.

No cenário internacional, problemas relacionados às obras, em especial atrasos, já foram objeto de pesquisas em obras públicas como na Jordânia (AL-MOMANI, 2000), Egito (ABD EL-RAZEK; BASSIONI; MOBARAK, 2008); Estados Unidos (AHMED et al, 2003); Arábia Saudita (ASSAF; AL-HEJJI, 2006), Índia (DOLOI et al, 2012) e Suiça (PROYER; GRIMSCHEID, 2013). Os aumentos de custos foram estudados por Cheng (2014) que os associou a mudanças no escopo do projeto, assim como Proyer e Grimscheid (2013).

Segundo a revisão sistemática de literatura com foco neste tema de desvios de prazos e custos em obras no cenário internacional, Muianga, Granja e Ruiz (2015) concluem que as causas destes desvios apontadas nos trabalhos internacionais geralmente estão vinculadas na sua maioria ao gerenciamento (cerca de 37% dos fatores, incluindo desde gestão dos

insumos à coordenação das equipes, planejamento e cronograma, entre outros) e atividades e equipamentos (cerca de 15% dos fatores, os quais abrangem métodos inadequados de construção, falta de habilidade da mão de obra, erros e problemas de qualidade durante a construção, entre outros itens).

Para Santos, Starling e Andery (2015), as principais causas dos aumentos nos prazos dos empreendimentos públicos estão associadas a problemas na fase de concepção e de projeto, como falhas na compatibilização ou decorrentes de deficiências nos desdobramentos da etapa de projetos. Estes autores sugerem diretrizes para a integração das fases de projeto e execução, incluindo aspectos de racionalização e construtibilidade.

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Seleção do estudo

A análise de aditivos demanda, primeiramente, uma busca por literaturas que forneçam base para essa investigação. Esses textos englobam o âmbito público, pois não há leis específicas que determinem as regras para o setor privado. Nesse caso as normas são determinadas pela própria empresa que lança a concorrência. Essas regras são analisadas para que se possa entender a forma de contratação da obra em estudo.

Para atingir o objetivo proposto, optou-se pelo estudo de caso, por proporcionar, a partir de uma expressiva quantidade de informações, a análise de contratações que exigiram a elaboração de aditivos e seu consequente impacto financeiro final.

Na escolha do caso, optou-se por uma obra com disponibilidade de acesso às informações, pois o estudo de contratações tende a ser de difícil obtenção de dados pela falta de registro corretos, pela falta de adequado armazenamento e pela não disponibilização dos dados financeiros pelas empresas. Além disso, por se tratar de uma obra de grande porte, o número de contratações e aditivos se torna maior do que em outras obras comuns. O objeto de estudo é uma obra de shopping center com área bruta estimada em 65 mil m^2 e execução em 3 anos, com término no segundo semestre de 2015.

A obra selecionada é administrada por uma construtora que atua como gerenciadora da obra, responsável pelas contratações e pelos aditivos, lançando as concorrências de forma que o maior número possível de empresas tenha chance de participar. O cliente também tem o poder de indicar e fiscalizar empresas.

Antes da aprovação de um aditivo, o contrato inicial deve ser avaliado pela gerenciadora que deverá apresentar uma justificativa e um memorial que comprove a necessidade do mesmo, e esse será submetido à aprovação pelo cliente.

3.2 Procedimentos de pesquisa

Com acesso às contratações da obra, primeiramente foi feito um levantamento de todos os contratos que a obra possui, montando uma tabela com os valores dos contratos, setor de atuação, além de classificar quais contratações se caracterizam como aditivos.

A partir deste levantamento, foram contabilizados 115 contratos. As informações e uma nova planilha para análise dos dados foi construída contendo:

- Número do contrato;
- Modalidade do contrato;
- Valor contratado.

Uma nova análise foi feita buscando classificar as causas de cada aditivo.

Para isso foram utilizados os documentos oficiais que foram entregues como justificativa, os contratos iniciais, a listagem de projetos, as propostas entregues e os relatórios diários da obra. De posse de todas essas informações tem-se novamente os aditivos classificados entre suas reais causas. Cabe ainda ressaltar que um dos autores participou da etapa de execução do empreendimento estudado, o que tornou possível o acesso aos dados e a atribuição correta das causas-raiz de cada aditivo contratual levantado.

Para facilitação da análise, a partir da análise de todas as fontes documentais e entrevistas não estruturadas com o corpo gerencial da empresa, foi proposta uma classificação das causas que abrange quatro categorias principais:

- Projeto: quando o aditivo poderia ter sido evitado durante a elaboração do projeto, ou foi causado por uma falha na elaboração do mesmo. Cabe salientar que os projetos foram avaliados preliminarmente à etapa da construção, incluindo avaliação de compatibilizações. Inclui a subdivisão:
    - Projeto incompleto;
    - Projeto com linguagem incorreta;
    - Projeto com incompatibilidades e
    - Projeto com solução incorreta.
- Planejamento: quando uma falha no planejamento da obra desencadeou o aditivo e poderia ter sido evitado;
- Execução: o aditivo ocorreu devido a uma falha na execução de um serviço que foi corretamente projetado;
- Imprevistos: um custo gerado que não poderia ter sido previsto ou evitado.

Um total de 13 aditivos foram identificados e cada um foi analisado quanto

aos itens:

- Caracterização descritiva;
- Classificação da causa do aditivo;
- Etapa do serviço em que foi identificado o aditivo;
- Valor do aditivo;
- Porcentagem do aditivo em relação ao contrato inicial.

Para análise do impacto financeiro, cada grupo foi investigado separadamente. Para esta análise foram considerados os quantitativos de frequência e seu percentual de impacto no custo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão listados os aditivos, descrição da causa e sua categoria.

Tabela 1 – Lista dos aditivos, descrição da causa e sua categoria

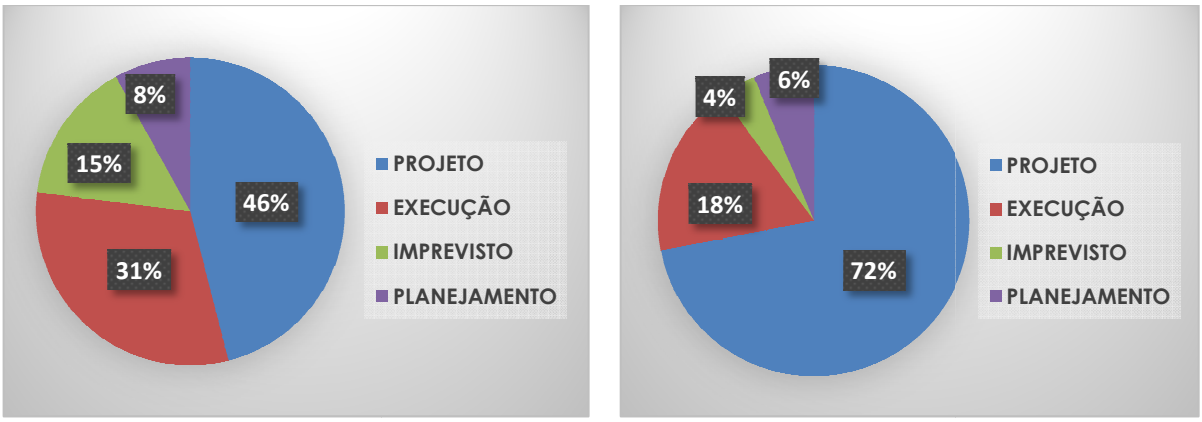
N	Descrição do aditivo	Descrição da causa	Categoria
1	Complemento de estrutura metálica	Ausência do detalhamento das peças metálicas e acréscimo de área desconsiderada no projeto.	Projeto
2	Complemento de escavação de blocos	Retrabalho na fundação executada em período chuvoso	Execução
3	Grout para pilares	Incompatibilidade das cotas dos topos dos pilares de concreto e da estrutura metálica de apoio da cobertura	Projeto
4	Complemento de limpeza de blocos de fundação	Comprometimento da aderência da estaca durante a execução dos blocos da fundação sob chuva	Execução
5	Complemento do concreto da fundação	Consumo imprevisto de concreto durante a execução das estacas de fundação	Imprevisto
6	Complemento de aço e apoio para estacas e blocos	A execução em período chuvoso comprometeu a resistência das fundações	Execução
7	Complemento para estrutura pré-moldada	Erro do projetista no cálculo da tabela resumo dos projetos	Projeto
8	Complemento de demolição	Embargo do local previsto para demolição pela prefeitura, obrigando a empresa contratada a destinar os entulhos para outro local	Imprevisto
9	Vedação entre a laje e a placa stamp	Vão entre a laje e a fachada pré-moldada em diversos pontos, devido à falta de compatibilidade dos projetos	Projeto
10	Execução da rede de incêndio para lojas satélites	Execução de parte da rede de incêndio não prevista (que deveria ser executada pelos lojistas, porém as expectativas de venda não foram atendidas)	Planeja-mento
11	Construção de rede externa de drenagem	Rede coletora de água pluvial existente nas ruas adjacentes à obra era insuficiente para comportar a vazão gerada pelo shopping	Projeto
12	Construção de rede externa de esgoto	Rede de esgoto externa não suportava a vazão gerada pelo shopping	Projeto
13	Complemento do piso de concreto	Desnível da laje capeada após a execução	Execução

Fonte: Os Autores

Ressalta-se que todas as causas relativas aos projetos foram registradas no momento de identificação da falha durante a etapa de execução do referido sistema construtivo envolvido.

O gráfico da Figura 1 apresenta a distribuição de aditivos por causa, em função de sua frequência (a) e em função do somatório financeiro (b).

Figura 1- Distribuição de quantidade de aditivos por causa (a) e por somatório financeiro (b)



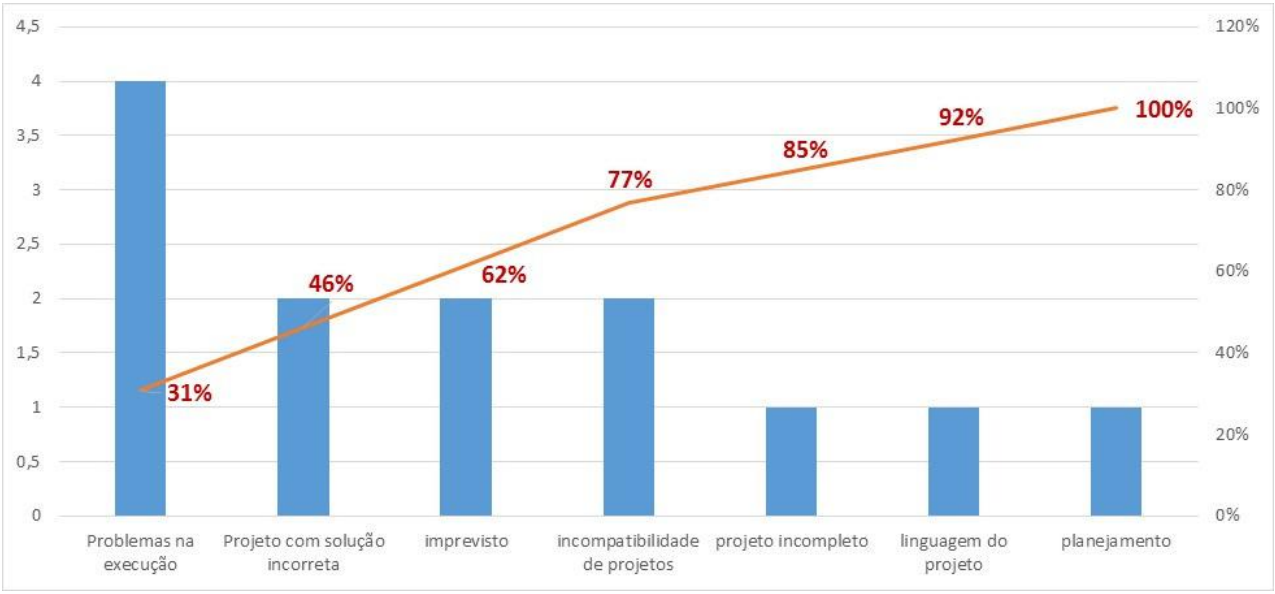
(a) (b)

Fonte: Os Autores

As causas que mais se repetiram foram projetos (46%) e execução (31%). Em termos financeiros, projetos se destaca com 72% do somatório financeiro dos aditivos realizados.

O Gráfico de Pareto apresentado na Figura 2 demonstra o número de aditivos de acordo com as causas.

Figura 2 - Gráfico de Pareto da ocorrência dos aditivos

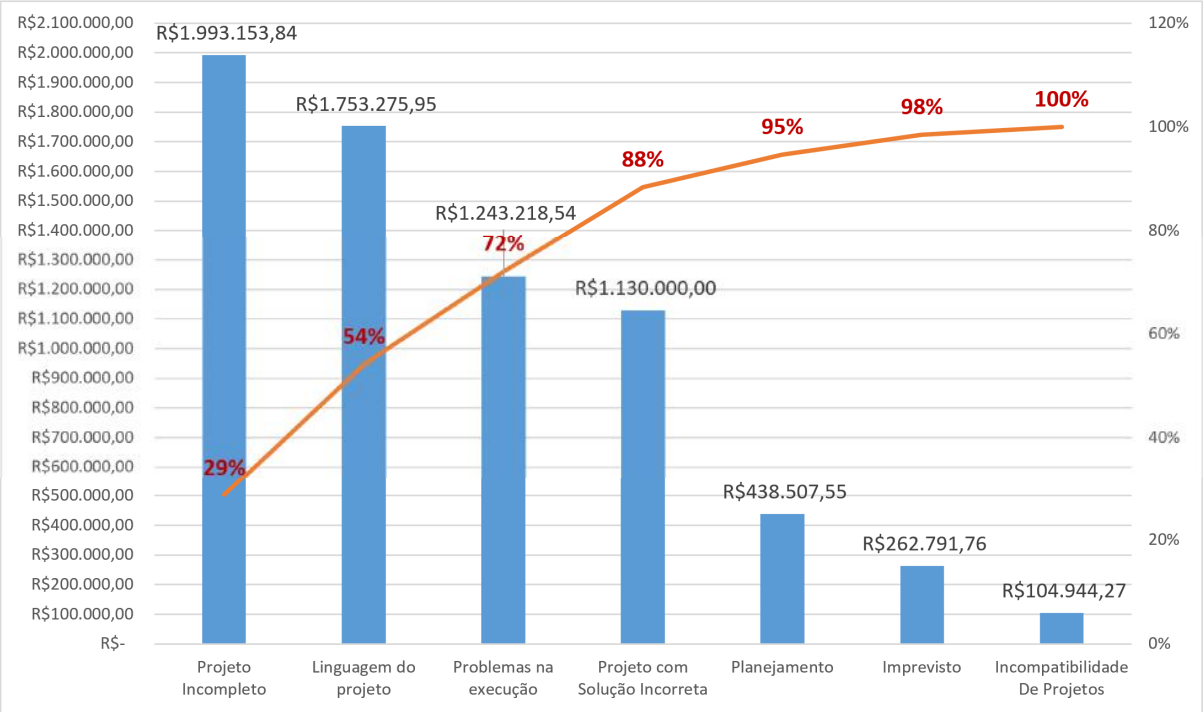


Fonte: Os Autores

Os aditivos relacionados a problemas na execução, projeto com solução incorreta, imprevisto e incompatibilidade de projetos, que totalizam as causas de 10 aditivos (ou 77% do total).

Em termos financeiros pode-se observar no gráfico da Figura 3 as causas em suas subcategorias que apresentam maiores valores financeiros.

Figura 3 - Gráfico de Pareto do valor financeiro dos aditivos

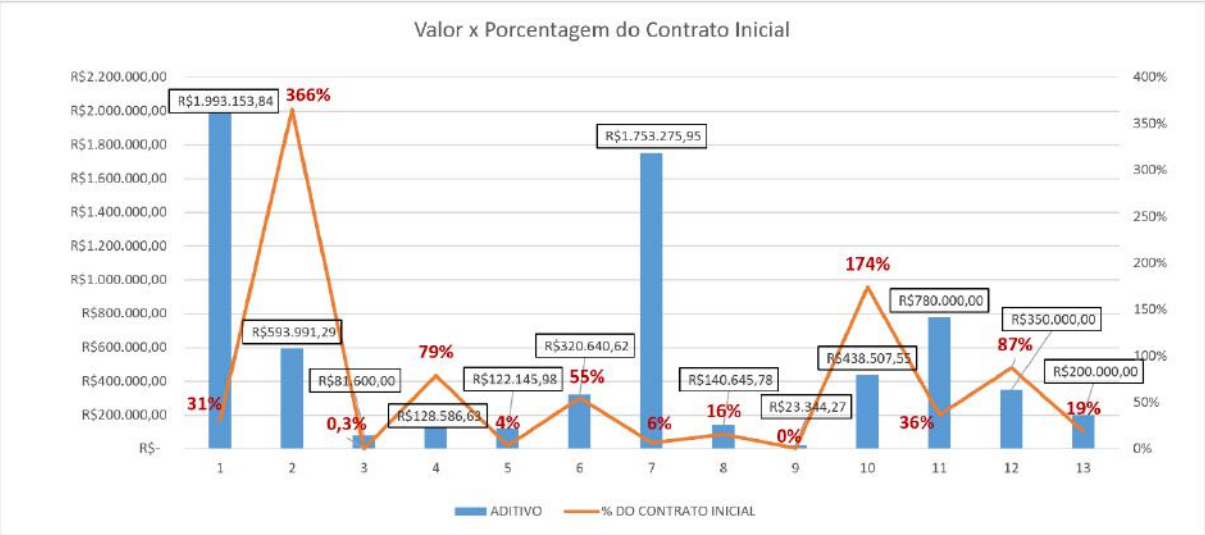


Fonte: Os Autores

Percebe-se pela análise do gráfico que se os três primeiros itens (projetos incompletos, a linguagem de projeto e problemas na execução) fossem evitados, a obra teria eliminado 72% do valor total gasto em aditivos.

Na Figura 4 observa-se o impacto financeiro de cada aditivo, e sua porcentagem no contrato inicial. Ressalta-se que o gráfico considerou os números dos aditivos de acordo com a numeração apresentada na Tabela 1.

Figura 4 - Valor dos aditivos x percentual de seu contrato



Fonte: Os Autores

O aditivo 01 representou 31% de aumento do seu contrato inicial, porém verifica-se que seu valor financeiro foi mais significativo em relação aos demais, apresentando uma influência maior no valor total da obra.

Em contrapartida o aditivo 02 representou 366% de aumento. Apesar de apresentar a maior porcentagem referente ao seu contrato inicial, sua influência no valor financeiro final da obra foi menor.

Dessa forma percebe-se que o aditivo 02 foi aproximadamente 12 vezes maior em termos de porcentagem do contrato inicial do que o aditivo 01, no entanto analisando financeiramente, o aditivo 01 foi três vezes maior que o aditivo 02. Verifica-se que a porcentagem referente ao contrato inicial não é diretamente proporcional ao impacto financeiro na obra. Assim quanto maior o valor do contrato, maior é seu risco de possuir aditivos que impactam significativamente na obra.

Os aditivos da obra somam um valor de aproximadamente R$ 7.000.000, representando uma porcentagem de cerca de 5% em relação ao valor global da obra.

Conforme ilustrado na Tabela 2, o valor da obra gasto com projeto foi de um milhão de reais, representando 0,715% do valor da obra. O valor de aditivo gerado devido a projetos, R$4.981.374,06, representa 3,561% do valor da obra. Percebe-se que as falhas com projetos impactam em cerca de cinco vezes mais do que o valor investido nos projetos.

Tabela 2 - Custo de projetos

	% Valor Global da Obra	Valor (R$)
Valor investido em Projetos	0,715%	R$ 1.000.000,00
Aditivos Gerados por Falhas em Projeto	3,561%	R$ 4.981.374,06
Outros Aditivos	1,390%	R$ 1.944.517,85

Fonte: Os Autores

Dentre as causas dos aditivos elencados, classificados como problemas de execução, destaca-se a execução de fundação no período chuvoso. Os retrabalhos gerados poderiam ser evitados com um planejamento de cronograma que se adequasse melhor às condições climáticas, impedindo que todos esses aditivos fossem gerados.

5 CONCLUSÕES

Como é característico da estratégia do estudo de caso, os resultados obtidos não podem ser generalizados para todas as empresas, entretanto pode-se inferir conclusões a respeito da análise do impacto financeiro e causas de aditivos contratuais em obras.

O impacto financeiro decorrente de erros de projeto é de até cinco vezes mais que o valor de contratação para elaboração dos mesmos. Um melhor gerenciamento de projetos e investimento em projetistas representariam menores custos adicionais à obra e menores impactos no cronograma.

Os dados da pesquisa constatam que a maior parte dos erros de projeto só foram notados durante a execução da obra e que estes erros são provenientes de incompatibilização, detalhes mal elaborados, falta de estudo do local da obra, memoriais descritivos incompletos ou incorretos, falta de elementos nos projetos, deficiência e erros na sua elaboração, entre outros.

Os resultados permitem inferir sobre a possibilidade de criação de bancos de dados a serem utilizados em futuros empreendimentos, em que as equipes responsáveis pelo planejamento, projetos e execução da obra são orientadas de maneira a evitar a repetição de erros. Também é possível a avaliação dos projetistas ao final da obra, de forma a ponderar as causas e feitos de erros e incompatibilidades encontradas, dando subsidio a futuras contratações destes profissionais, bem como o gerenciamento dos mesmos.

Além da oportunidade de minimização do risco na recorrência de erros similares, este tipo de investigação permite que os responsáveis pelas causas dos aditivos sejam notificados para que tenham uma dimensão das consequências de suas decisões e esse erro não se torne recorrente.

Os resultados também indicaram que a maioria dos custos extras que surgem em uma obra podem ser evitados somente com um maior investimento na contratação dos projetos, visando obter melhores profissionais na

elaboração e consequentemente evitar que ocorram problemas que só são percebidos durante a execução, causando custos não previstos ao empreendimento.

Os resultados também corroboram os autores Santos, Starling e Andery (2015), que sugerem proposições de integração entre as diferentes fases de projeto e execução, em especial no que diz respeito a melhor possibilidade de inclusão de aspectos relativos à construtibilidade.

Cabe salientar a quase inexistência de pesquisas voltadas ao tema para este segmento do mercado, abrangendo a análise de causas de aditivos contratuais em obras privadas, o que torna difícil a comparação com possíveis outros resultados, tanto em relação às categorias das causas quanto ao impacto financeiro.

Devido a esta lacuna do conhecimento, os problemas relativos a obras privadas podem ser inferidos em termos de natureza das causas de modo similar ao que ocorre em obras públicas, ainda que não se possa confirmar a mesma ordem de grandeza dos aditivos apurados em obras públicas.

Dessa forma, a pesquisa cumpre seu propósito de suprir a lacuna de estudos científicos no tema, geralmente voltado aos estudos de desvios de prazos e custos em obras de diversos segmentos (porém não com o viés dos aditivos) ou estudos sobre aditivos, porém em obras públicas.

REFERÊNCIAS

ABD EL-RAZEK, M.; BASSIONI, H.; MOBARAK, A. Causes of Delay in Building Construction Projects in Egypt.**Journal of Construction Engineering and Management**, v. 134, n. 11, p. 831-841, 2008.

AHMED, S. *et al.* Construction Delays in Florida: an empirical study. In: ASC ANNUAL CONFERENCE, 39., South Carolina, 2003.**Proceedings...**South Carolina, 2003.

AL-MOMANI, A. H. Construction Delay: a quantitative analysis. **International Journal of Project Management**, v. 18, n. 1, p. 51-59, 2000.

ANDRADA, B. L. C. **Análise da legalidade e economicidade dos custos indiretos de extensão de prazo e de permanência em contratos de obras públicas decorrentes de prorrogação do prazo de execução do contrato**. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

ASSAF, S. A.; AL-HEJJI, S. Causes of Delay in Large Construction Projects. **International Journal of Project Management**, v. 24, n. 4, p. 349-357, 2006.

BRASIL. Decreto-lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, que institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 22 de junho de 1993.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal, 05 out. 1988.

CHENG, Y. M. An Exploration Into Cost-Influencing Factors on Construction Projects. **International Journal of Project Management,** v. 32, n. 5, p. 850-860, 2014.

DOLOI, H. *et al.* Analyzing Factors Affecting Delays in Indian Construction Projects. **International Journal of Project Management**, v. 30, n. 4, p. 479-489, 2012.

GOMES RIBEIRO, D. A. **Os regimes admitidos pela Lei nº 12.462 para a execução indireta de obras e serviços**. Informativo Justen, Pereira, Oliveira e Talamini, Curitiba, n.º 58, dezembro de 2011, disponível em http://www.justen.com.br/informativo, acesso em [10 de fevereiro, 2016].

MUIANGA, E. A. D.; GRANJA, A. D.; RUIZ, J. de A. Desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil: categorização e fatores de influência. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 79-97, 2015.

PROYER, M.; GRIMSCHEID, G. Requirement Engineering and the Effect on Cost Compliance in the Holistic, Life Cycle Oriented Yield, Cost Planning and Controlling Process. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 8., Salvador, 2013. **Anais...** Salvador, 2013.

SANTOS, H. de P.; STARLING, C. M. D.; ANDERY, P. R. P. Um estudo sobre as causas de aumentos de custos e de prazos em obras de edificações públicas municipais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 225-242, out./dez. 2015.

TCU. Tribunal de Contas da União. **Licitações e contratos**: orientações e jurisprudência do TCU. 4. ed., ver. atual. e ampl. Brasília: TCU, Secretaria de Controle Interno, 2010, 914p.

TISAKA, M. **Aditivos contratuais** – Parecer Técnico, São Paulo, SINICESP, 2006.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MAPEAMENTO SISTEMATIZADO DA LITERATURA COM BASE NO CUSTEIO META E CUSTEIO KAIZEN NO ÂMBITO DAS HABITAÇÕES[1]

BUENO, Raquel F. (1); BRANDSTETTER, Maria Carolina G. O. (2)

(1) UFG, e-mail: raquel.fbueno@hotmail.com; (2) UFG, e-mail: maria.carolina@uol.com.br

RESUMO

O desenvolvimento desse trabalho surgiu a partir da estruturação de uma dissertação de mestrado. Como estratégia de pesquisa e para facilitar o desenvolvimento do método, surgiu a necessidade de estabelecer os limites do conhecimento. O objetivo da pesquisa em questão é a implementação de diretrizes baseadas no Custeio Meta e Custeio Kaizen para a melhoria das habitações no Brasil, utilizando ferramentas da Mentalidade Enxuta. Esse artigo apresenta um Mapeamento Sistemático da Literatura no âmbito da Construção Civil, abordando o Custeio Meta e as ferramentas da Mentalidade Enxuta. Partiu-se de 292 artigos publicados a partir de 2000. Os resultados apontaram para o aspecto recente do tema, porém crescente no panorama mundial. O Brasil e os Estados Unidos foram os países com maior número de publicações no tema e o estudo de caso como a estratégia de pesquisa mais recorrente. Da categorização proposta para classificação das pesquisas, os estudos de custos representaram cerca de 41% das pesquisas. Além de mapear a literatura, esse artigo possibilitou a identificação das áreas de conhecimento nas quais se distribuem as pesquisas já publicadas sobre o tema em estudo, identificando lacunas do conhecimento e validando sua relevância tanto no cenário nacional quanto internacional.

Palavras-chave: Custeio Meta. Custeio Kaizen. Mentalidade Enxuta. Mapeamento Sistematizado da Literatura.

ABSTRACT

The development of this article arose from the structure of a dissertation. As a research strategy and to facilitate the development of the method, the need to establish knowledge limits of the subject studied. The aim of the dissertation is the implementation of guidelines based on Target Costing and Kaizen Costing for the improvement of Brazilian housing, using Lean Thinking tools. This article seeks to present a Systematic Mapping Study - SMS in Construction Industry, abording the Target Costing and Lean tools. The search strings found 292 articles, including papers published from the year 2000. The results pointed to the recent appearance of the theme, but growing on the world stage. Brazil and the United States were the countries with the highest number of publications on the subject and the case study as the most recurrent research strategy. A categorization was proposed for classification of research and the cost studies accounted for about 41% of papers. In addition to mapping the literature, this article has enabled the identification of areas of expertise in which they distribute the published research on the subject under study, identifying knowledge gaps and validating its relevance both in the national and international scene.

Keywords: *Target costing. Kaizen costing. Lean Thinking. Systematic Mapping Study.*

[1] BUENO, R.F.; BRANDSTETTER, M.C.G.O. Mapeamento sistematizado da literatura com base no custeio meta e custeio kaizen no âmbito das habitações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O Custeio Meta e o Custeio Kaizen são ferramentas que fazem com que o custo, a qualidade e a funcionalidade sejam parâmetros de entrada, ao invés de consequências do processo de projeto, gerando um produto final com qualidade e mantendo o preço aplicado no mercado.

Os temas relativos ao Custeio Meta e Custeio Kaizen já estão sendo discutidos e aplicados por diversos autores no âmbito da construção civil. Buscando investigar a produção científica a respeito destes temas, foi realizado um Mapeamento Sistematizado da Literatura, mais conhecido como *Systematic Mapping Study* (SMS).

O SMS é um processo que auxilia a busca por literatura para determinar as publicações e trabalhos existentes a respeito de um tema de estudo. Tem como objetivo proporcionar uma visão geral do tema pesquisado, permitindo assim, identificar a quantidade, o tipo e os resultados obtidos nos estudos encontrados. Além disso, tem-se uma percepção dos veículos de publicação e das Bases de Dados em que foram indexadas. Esse processo contribui com a identificação das lacunas do conhecimento auxiliando no refino e lapidação da questão de pesquisa (RUIZ; GRANJA, 2013).

Como o SMS é pautado na coleta de informações que comprovem, justifiquem, complementem e embasem as pesquisas em desenvolvimento, ele é caracterizado por ser "Baseado em Evidências" (MELO; GRANJA; BALLARD, 2013).

Esse trabalho tem por objetivo apresentar o Mapeamento Sistemático da Literatura abordando o Custeio Meta e as ferramentas da Mentalidade Enxuta no âmbito da Construção Civil. Este mapeamento faz parte da estratégia de uma pesquisa maior que busca a implementação de diretrizes baseadas no Custeio Meta e Custeio Kaizen para a melhoria das habitações no Brasil, utilizando ferramentas da Mentalidade Enxuta.

2 MÉTODO

Para que o SMS fosse realizado, algumas etapas tiveram que ser seguidas. Estas etapas foram baseadas nos trabalhos de Ruiz e Granja (2013), Melo, Granja e Ballard (2013) e Costa, Staut e Ilha (2014) e estão representadas na Figura 1.

Figura 1 – Etapas para a realização do SMS



Fonte: Ruiz e Granja (2013), Melo *et al*. (2013) e Costa *et al*. (2014) (adaptado pelos autores)

2.1 O que buscar?

Esta primeira etapa do SMS é a definição do tema de pesquisa, especificamente das palavras que servirão de entrada nas bases de dados selecionadas pelo autor. Devem ser analisados os termos comumente utilizados nos trabalhos internacionais e verificados se são os termos que melhor descrevem o tema que será pesquisado (RUIZ; GRANJA, 2013).

Neste caso, o Custeio Meta foi traduzido por alguns autores como Custeio Alvo, e no caso da pesquisa ser conduzida em periódicos nacionais, as duas palavras deveriam ter sido incluídas na busca. Como foi conduzida em periódicos internacionais na língua inglesa, não houve esta divergência, já que o termo utilizado é único: *target costing*.

2.2 Onde buscar?

Depois de definido o tema, deve-se selecionar as Bases de Dados em que será realizada a pesquisa. Esta escolha deve ser em função de critérios de qualidade, para que a bibliografia encontrada seja realmente relevante ao estudo. As bases de dados possuem, em sua maioria, especificidades por área de abrangência científica.

As bases selecionadas como saída de dados neste trabalho foram: *Scopus*, *Sience Direct*, *Engeneering Vilage* (Compendex) e *Web of Knowledge*.

2.3 Como buscar?

Para iniciar a busca é necessária a criação de uma *string* de busca, que é a sequência de palavras chave que restringem a busca ao tema em estudo. Para facilitar o delineamento da pesquisa e auxiliar na definição das lacunas do conhecimento que são de interesse do atual trabalho, foram propostas algumas questões a serem respondidas com a bibliografia encontrada na busca:

- Qual o estágio do desenvolvimento das pesquisas relacionadas à aplicação do Custeio Meta e Custeio Kaizen na construção civil?
- Quais pesquisas relacionam o Custeio Meta e Custeio Kaizen com a Mentalidade enxuta?

Também como estratégia de pesquisa, definiu-se por entender a situação do tema em nível internacional apenas focando em trabalhos publicados em periódicos internacionais na língua inglesa.

A partir da análise de artigos relacionados ao tema, percebeu-se que "*Target cost*" é o termo mais apropriado para o estudo. Pelo fato de o Custeio Meta ter sido criado na indústria automobilística, a grande maioria dos trabalhos sobre o assunto estão nela, e não são do interesse da pesquisa. Decidiu-se então por inserir a palavra "*Construction*", como uma forma de restringir a pesquisa ao âmbito da construção civil. Para caracterizar a relação existente entre o Custeio Meta e a filosofia da Mentalidade Enxuta, utilizou-se também o termo "*Lean*" para formar o *string* de busca.

Depois de muitas tentativas para analisar a melhor forma de combinação das palavras chave na formação do *string* de busca, indicadas na Tabela 1, definiu-se por: "*Target cost**" AND "Construction" AND "Lean".

Tabela 1 – Definição da string de busca

ENTRADAS DE BUSCA – Somatório de todas as bases de dados pesquisadas	
"Target cost*" AND Construction	= 1.387 artigos
"Target cost" AND Construction	= 1.109 artigos
"Target cost*" AND "Lean thinking"	= 231 artigos
"Target cost" AND Lean thinking	= 170 artigos
"Target cost*" AND "Social Housing"	= 26 artigos
"Target cost*" AND Construction AND Lean thinking	= 130 artigos
"Target cost" AND Construction AND Lean thinking	= 96 artigos
"Target cost*" AND Construction AND Lean	**= 292 artigos**
"Target cost*" AND "Social Housing" AND Construction AND Lean	= 17 artigos

Fonte: Os autores

Nos sistemas de busca pesquisados, a palavra "AND" escrita em caixa alta é um operador que traz nos resultados da busca trabalhos que possuam todas as palavras conectadas por ele. Já o recurso "*" possibilita fixar radicais de busca, dessa forma, ele busca as palavras que possuam o radical que o precede, no caso desta pesquisa, houve a intenção de buscar *target cost* e *target costing*.

Pelo fato da grande abrangência da *string* de busca selecionada, não foram feitas restrições quanto estarem no título, resumo ou palavras chave dos trabalhos pesquisados, não foram restringidos tipos de trabalhos e nenhum período exato.

2.4 Como salvar?

Cada Base de Dados possui uma forma própria de disponibilizar o conteúdo pesquisado para ser arquivado pelo pesquisador. Entre as bases selecionadas, algumas tinham a opção de salvar em formato "txt", e outras em "html", que são arquivos editáveis, facilitando assim o tratamento das informações adquiridas com mais facilidade para esse tipo de trabalho. Estas foram as formas utilizadas de salvamento neste estudo.

Existem outras formas, tais como salvamento individual, geralmente em "pdf", salvamento dentro da Base de Dados, por meio de *login* no próprio site ou ainda por meio de *softwares* específicos de gestão de referências bibliográficas, tais como o "Endnote" e o "Zotero".

2.5 Como selecionar?

Depois dos dados salvos, alguns filtros foram utilizados para excluir os trabalhos que não eram do interesse da pesquisa. O primeiro filtro foi a exclusão dos textos duplicados, e em seguida foram utilizados critérios como a leitura dos títulos e resumos, respectivamente, para excluir os artigos que não abordavam os temas de interesse, *target costing* e/ou *lean* ou os que não estavam no âmbito da construção civil. Além disso, foram excluídos artigos que estavam em outras línguas, e os que não estavam disponíveis por acesso gratuito no Portal da Capes, como é mostrado na Tabela 2.

Os artigos que permaneceram foram lidos na íntegra e também passaram pelos critérios abordados anteriormente.

2.6 Como confirmar?

Para confirmar se os trabalhos de interesse são apenas os que foram selecionados pelos critérios descritos anteriormente, foi feita uma amostragem por bola de neve (*snowball sampling*), que é a leitura das referências bibliográficas dos trabalhos selecionados, com o intuito de acrescentar trabalhos que não entraram ainda no mapeamento.

Com o intuito de exemplificar o que descrito, a Tabela 2 apresenta esses critérios e a quantidade de artigos que foram eliminados em cada etapa.

Tabela 2 – Critérios de seleção dos artigos

ARTIGOS SELECIONADOS		**292**
FILTROS	1º filtro (Exclusão dos duplicados)	-43
	2º filtro (Leitura dos títulos – *Target Costing* e/ou *Lean* e *Construction)*	-168
	3º filtro (Leitura dos resumos – *Target Costing* e/ou *Lean* e	-33
	4º filtro (Artigos não encontrados)	-13
	5º filtro (Leitura completa – *Target Costing* e/ou *Lean* e *Construction*)	-20
	6º filtro (Amostragem Bola de Neve (ABN))	+2
Total de pesquisas aderentes		17

Fonte: Os autores

2.6 Como analisar?

Para essa etapa, os dados devem ser codificados, sintetizados e analisados. A codificação foi feita a partir das iniciais dos sobrenomes dos autores, seguidas do ano de publicação e das iniciais do periódico ou evento em que foi publicado.

Já a sintetização foi obtida através do lançamento de dados padronizados em uma tabela do Excel. Para cada trabalho foram feitas as especificações: nome(s) do(s) autor(es); título do trabalho; ano de publicação; local de publicação; tipo de documento, entre outros que permitiram suas análises.

3 RESULTADOS

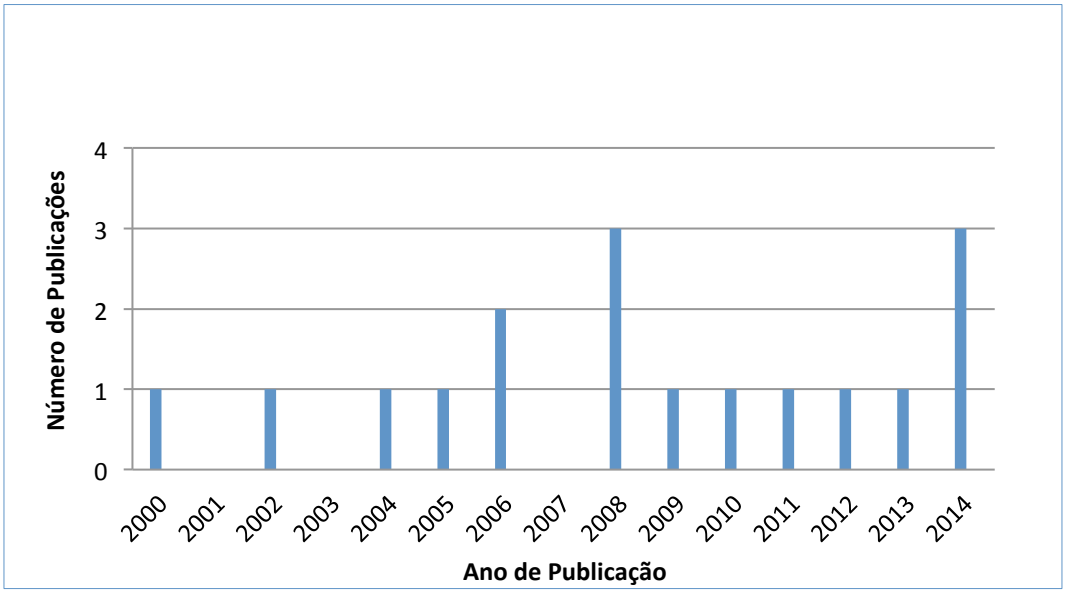
Como resultados deste SMS obteve-se um panorama de como estão as publicações a respeito do tema em âmbito internacional. A primeira constatação foi a de que pesquisas sobre o Custeio Meta na Construção Civil são bem recentes, como mostra a Figura 2.

Apesar do surgimento do Custeio Meta ter sido na década de 60, as publicações em periódicos internacionais em língua inglesa, que são relevantes para este trabalho, só foram iniciar no ano de 2000, e durante as buscas não houve restrições quanto ao tempo de pesquisa.

Com a Figura 3, pode-se observar que os países que publicaram mais sobre o tema até o ano de 2014 foi o Brasil, com seis publicações, seguido pelos Estados Unidos da América, com cinco publicações. Este é um indício de

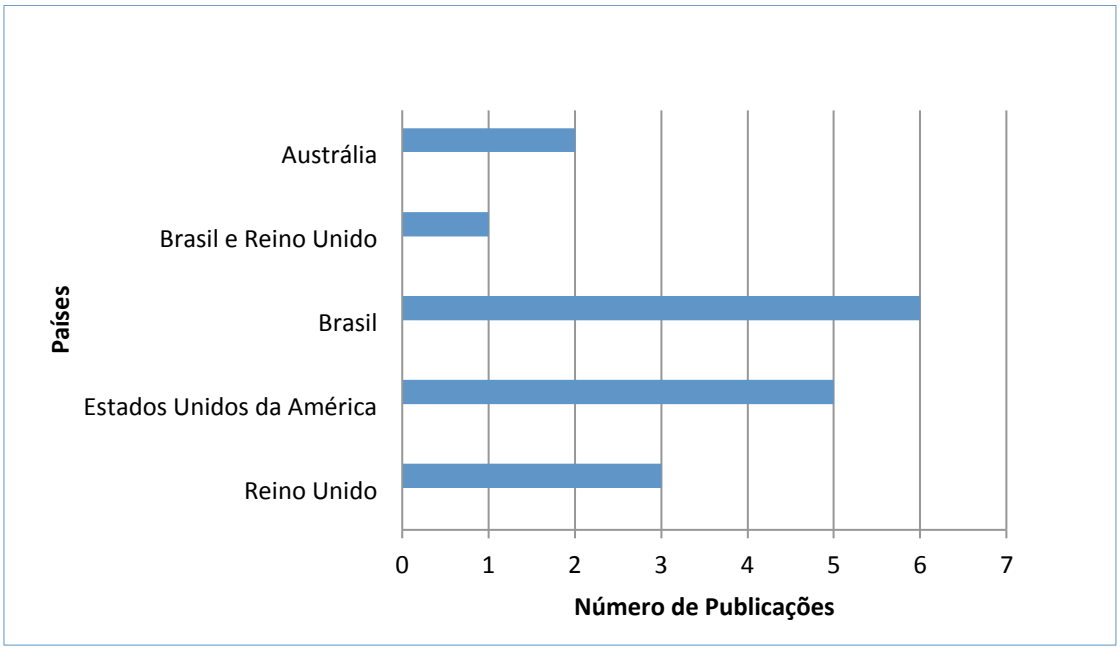
que em periódicos e eventos nacionais, as publicações sobre o tema são recentes e em consolidação.

Figura 2 – Quantidade de publicações por ano



Fonte: Os autores

Figura 3 – Número de publicações por países

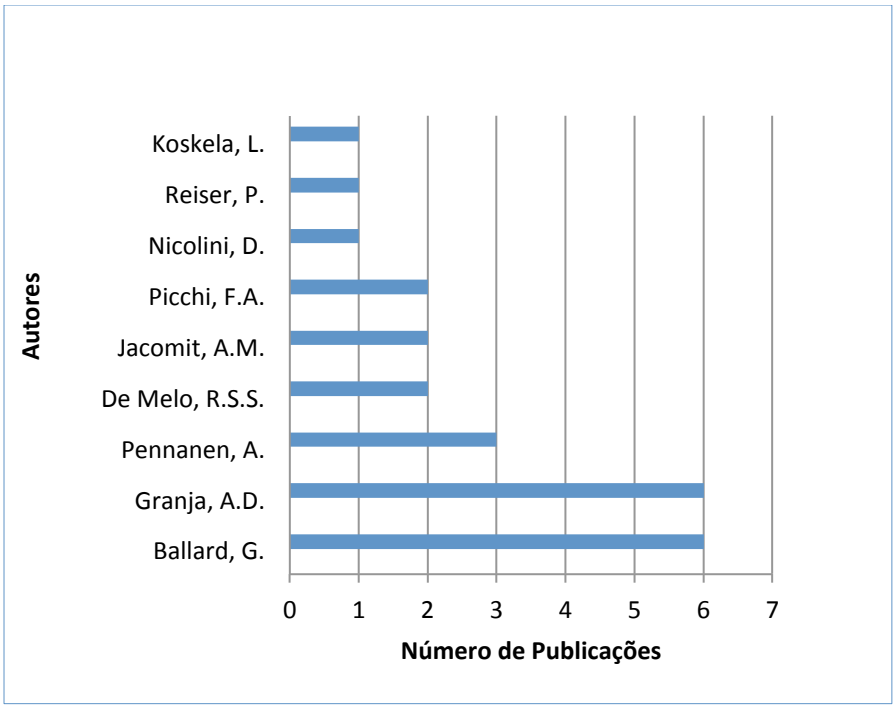


Fonte: Os autores

Se fossem considerados eventos e congressos nacionais, de acordo com o trabalho de Cândido, Barreto e Barros Neto (2014), entre 2009 e 2013 foram publicados 36 artigos que abordam o Custeio Meta aplicado à construção civil, sendo que 63,33% foram publicados em congressos, 26,67% em revistas, 6,67% são oriundos de dissertações de mestrado e 3,33% em outras formas.

Na Figura 4, é abordada a quantidade de publicações por autor. São nove autores e coautores listados, sem distinção entre eles. Lideram o cenário internacional Ariovaldo Denis Granja e Glenn Ballard, ambos com seis publicações cada um.

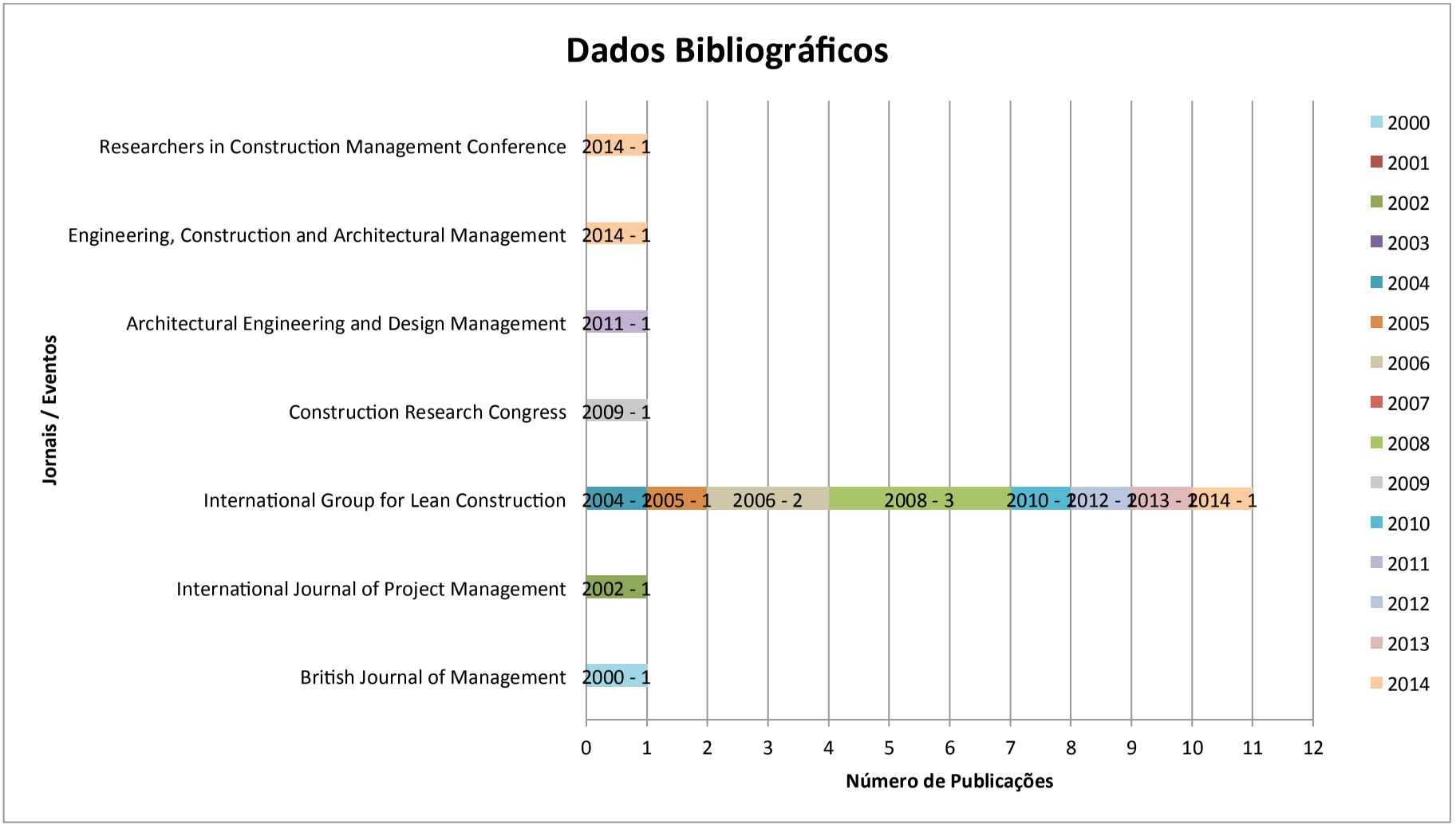
Figura 4 – Número de publicações por autor



Fonte: Os autores

Em relação às fontes de publicação, a Figura 5 mostra que há uma evidente polarização para artigos de congresso. Liderando o *ranking* encontra-se a conferência do *International Group of Lean Costruction* (IGLC), com 11 publicações.

Figura 5 – Quantidades de publicações em Jornais ou Eventos pelo tempo



Fonte: Os autores

A Tabela 3 apresenta o detalhamento das fontes das respectivas quantidades de pesquisas publicadas em relação aos temas abordados no mapeamento.

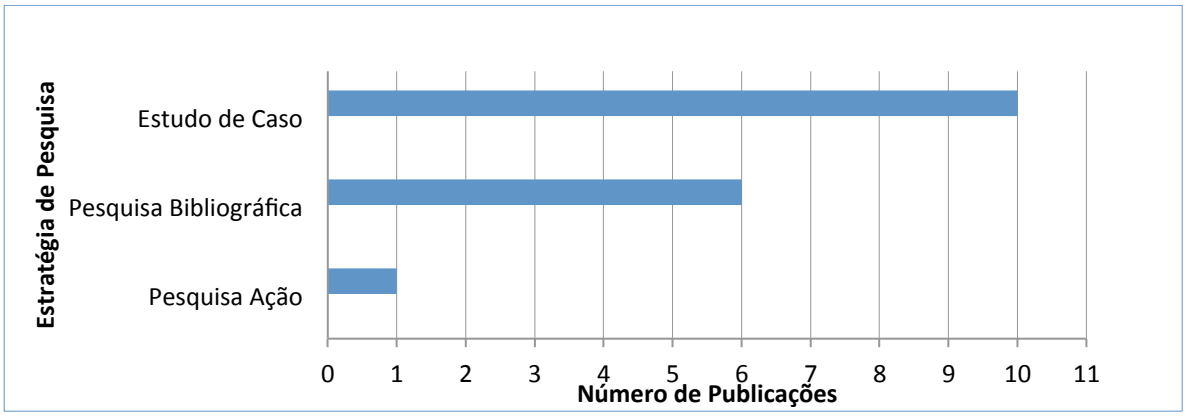
Tabela 3 – Análise das pesquisas de acordo com a fonte, autores e ano de publicação

Número de trabalhos	Título do Journal ou Conferência	Autores e ano de publicação
1	British Journal of Management	Nicolini *et al* (2000)
1	International Journal of Project Management	Broome e Perry (2002)
11	International Group for Lean Construction	Ballard e Reiser (2004); Granja, Picchi e Robert (2005); Ballard (2006); Robert e Granja (2006); Simões, Takinami e Hirota (2008); Pennanen e Ballard (2008); Jacomit, Granja e Picchi (2008); Pennanen, Ballard e Haahtela (2010); De Melo e Granja (2012); Ballard e Pennanen (2013); De Melo *et al* (2014)
1	Construction Research Congress	Ballard e Rybkowski (2009)
1	Architectural Engineering and Design Management	Jacomit e Granja (2011)
1	Engineering, Construction and Architectural Management	Hosseinian e Carmichael (2014)
1	Annual Association of Researchers in Construction Management	Williams, Williams e Ryall (2014)

Fonte: Os autores

Na Figura 6, é relacionada a quantidade de publicações em função das estratégias de pesquisa utilizadas. Em sua maioria utilizou-se o estudo de caso de cunho exploratório, o que mostra o estágio inicial de maturação em que se encontra o Custeio Meta. Nestes estágios, a formulação de hipóteses e relacionamentos entre variáveis se torna particularmente desafiadora, visto que, em muitos casos, os constructos e/ou variáveis ainda não são conhecidos (JACOMIT, 2010).

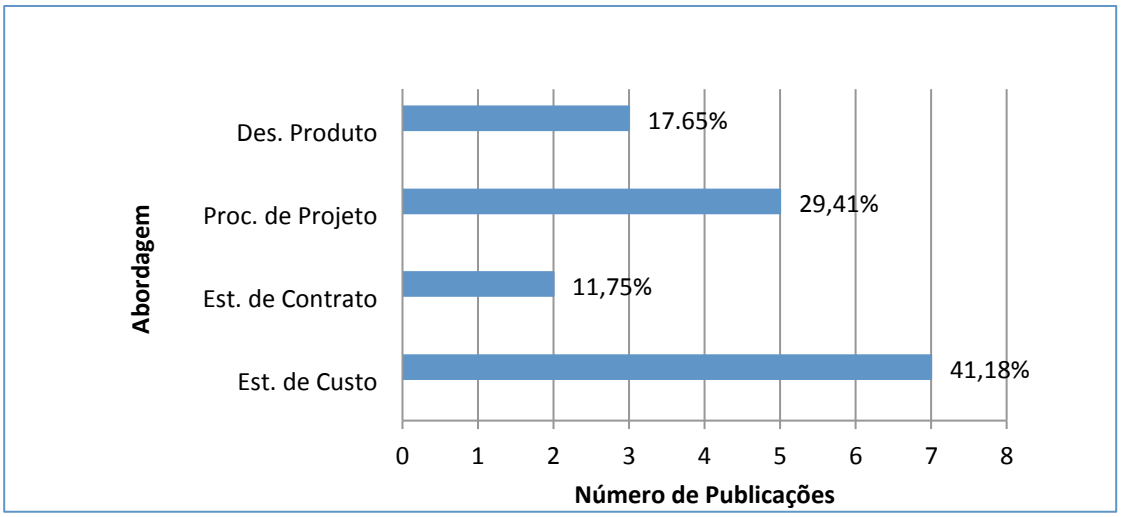
Figura 6 – Número de publicações por estratégia de pesquisa



Fonte: Os autores

Com o intuito de mapear as abordagens estudadas por cada autor, e caracterizar a porcentagem de trabalhos em cada abordagem, na Figura 7 os trabalhos foram categorizados em quatro temas: Processo de Desenvolvimento do Produto (Des. Produto), Processo de Projeto (Proc. de Projeto), Estudo de Contrato (Est. Contrato) e Estudo de Custo (Est. de Custo).

Figura 7 – Categorias de abordagem



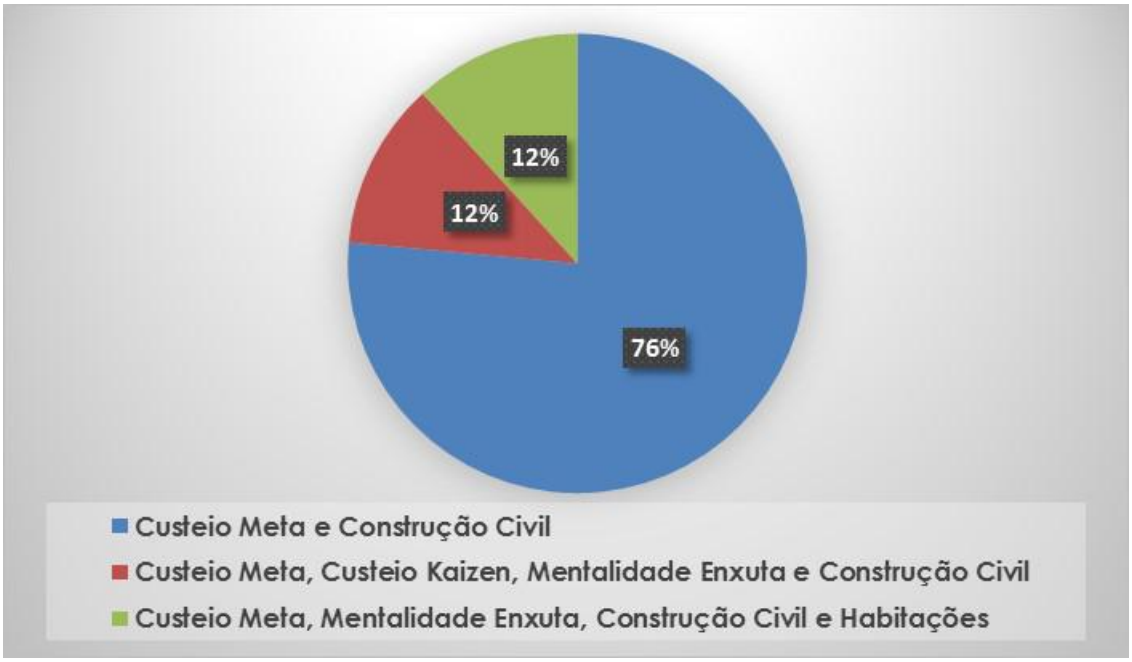
Fonte: Os autores

A abordagem mais estudada nos trabalhos mapeados foi o Estudo de Custo, que representa 41,18% do total e agrupa os trabalhos que buscaram modelar custos, elaborar planos de custos, realizar estimativas de custo, seguido pelos trabalhos que abordaram o Custeio Meta no Processo de Projeto com 29,41%, no Processo de Desenvolvimento do Produto com 17,65% e, por fim, Estudo de Contrato com 11,75%.

Quando são analisados os temas abordados em cada publicação, como pode ser observado na Figura 8, pode-se perceber que em sua maioria faz-se apenas um estudo da aplicação do Custeio Meta na construção civil, correspondendo a 13 dos 17 artigos encontrados.

As quatro publicações restantes acrescentaram a abordagem da Mentalidade Enxuta em seus trabalhos, sendo que duas combinaram como a aplicação do Custeio Kaizen e outras duas inseriram abordagens relativas às habitações.

Figura 8 – Temas abordados em relação ao total de publicações



Fonte: Os autores

4 DISCUSSÕES

Foi possível observar que as pesquisas relacionadas ao tema Custeio Meta são recentes e em consolidação, já que a primeira publicação a respeito do tema se deu em 2001 e em 2014 obteve-se o maior número de publicações.

O Brasil foi o país que mais publicou a respeito do tema, com duas publicações a mais que os Estados Unidos da América. Das sete publicações do Brasil, seis levam o nome de Ariovaldo Dênis Granja, que está empatado com Glenn Ballard.

A maioria das publicações são artigos de congresso, sendo onze delas na conferência do *International Group of Lean Construction* (IGLC). Ressalta-se que desde 2004 quando iniciaram as publicações a respeito do Custeio Meta nesta conferência, apenas em 2007 não tiveram publicações a respeito do tema. Em contrapartida, em 2008 foram três publicações, quantidade máxima de publicações por ano.

Ao analisar as estratégias de pesquisa utilizadas nos artigos pesquisados, percebe-se o caráter exploratório do tema, sendo das dezessete publicações, dez Estudos de Caso. Já a abordagem de maior expressão foi o Estudo de Custos.

Respondendo às questões propostas no início do artigo, são elas:

- Qual o estágio do desenvolvimento das pesquisas relacionadas à

aplicação do Custeio Meta e Custeio Kaizen na construção civil?

O estágio de desenvolvimento das pesquisas relacionadas à aplicação do Custeio Meta e do Custeio Kaizen na construção civil é considerado inicial, já que o tema é novo, tendo publicações apenas a partir de 2001, e em sua maioria, estão sendo publicados artigos com a estratégia de pesquisa sendo o Estudo de Caso, que salienta o caráter exploratório do tema.

- Quais pesquisas relacionam o Custeio Meta e Custeio Kaizen com a Mentalidade enxuta?

As pesquisas que relacionam o Custeio Meta e o Custeio Kaizen com a Mentalidade Enxuta são duas entre as dezessete, ambas publicadas por brasileiros, uma em 2005 por Ariovaldo Granja, Flávio Picchi e Gabriel Robert, e a outra em 2006 por Gabriel Robert e Ariovaldo Granja.

5 CONCLUSÕES

A contribuição da pesquisa diz respeito à sintetização de resultados das pesquisas que relacionaram os temas Custeio Meta, Custeio Kaizen e Mentalidade Enxuta no âmbito da construção civil.

Percebeu-se que as pesquisas neste nicho de estudo são recentes e estão em consolidação, com destaque para os Estados Unidos e Brasil quanto à distribuição do percentual de publicações, que juntos somam cerca de 65% do total. Estas ainda são em maior número em eventos científicos da área (65%), comparativamente aos periódicos especializados, porém ambos com publicações recentes.

O estudo de caso corresponde a cerca de 60% das estratégias de pesquisa utilizadas.

Foram propostas quatro categorias de trabalhos: Processo de Desenvolvimento do Produto, Processo de Projeto, Estudo de Contrato e Estudo de Custo.

A abordagem mais evidenciada nos trabalhos analisados foi o Estudo de Custo, que representa cerca de 41% do total, seguido pelos trabalhos que abordaram os temas no Processo de Projeto com cerca de 29%.

A pesquisa proposta encontra-se delimitada pelos temas Custeio Meta, Custeio Kaizen e Mentalidade Enxuta com enfoque em habitações. Ao permitir uma visão ampla do panorama internacional das publicações no tema, o mapeamento sistematizado da literatura conclui pela escassez de pesquisas dentro desta delimitação temática, evidenciando um nicho a ser pesquisado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BALLARD, G. Rethinking Project definition in terms of target costing. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 14, 2006, Santiago. **Proceedings**…Santiago: IGLC, 2006, p. 77-89.

BALLARD, G., PENNANEN, A., Conceptual estimating and target costing. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings**…Fortaleza: IGLC, 2013, p. 217-226.

BALLARD, G.; REISER, P. The St. Olaf College Field house project: a case study in designing to target cost. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Elsinore. **Proceedings…**Elsinore: IGLC, 2004, p. 234-249.

BALLARD, G.; RYBKOWSKI, Z. Overcoming the hurdle of first cost: action research in target costing. In: Construction Research Congress, 2009. **Proceedings**…p. 1038-1047, 2009.

BROOME, J.; PERRY, J. How practitioners set share fractions in target cost contracts. **International Journal of Project Management**, v. 20, n.1, p. 59-66, 2002.

CÂNDIDO, L. F.; BARRETO, J. M. L.; BARROS NETO, J. P. Análise da produção científica relacionada ao custeio meta (*target costing*) na construção civil nos últimos 5 anos (2009-2013). *In*: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ENTAC), 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: 2014. 10.

COSTA, C. H. A.; STAUT, S. L. S.; ILHA, M. S. O. Projeto de Sistemas Prediais Hidráulicos Sanitários com BIM: Mapeamento da literatura. *In*: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ENTAC), 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: 2014. 15.

GRANJA, A. D., PICCHI, F.A., ROBERT, G.T. Target and kaizen costing in construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 13, 2005, Sydney. **Proceedings**…Sydney: IGLC, 2005. p 227-233.

HOSSEINIAN, S. M.; CARMICHAEL, D. G. An optimal target cost contract with a risk neutral owner. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 21; n. 5, p. 586 – 604, 2014.

JACOMIT, A. M. **Modelo para incorporação do Custeio-Meta ao processo de desenvolvimento de produtos em edificações.** 2010. 311p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2010.

JACOMIT, A. M.; GRANJA, A. D. An investigation into the adoption of target costing on brazilian public social housing projects. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 7, n.2, p.113-127, 2011.

JACOMIT, A. M., GRANJA, A. D., PICCHI, F. A. Target costing research analysis: reflections for construction industry implementation. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 16, 2008, Manchester. **Proceedings**…Manchester: IGLC, 2008, p. 601-612.

MELO, R. S. S., GRANJA, A. D. Interorganizational cost management and its implications for target costing in construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings**…San Diego: IGLC, 2012.

MELO, R. S. S.; GRANJA, A. D.; BALLARD, G. Collaboration to extend target costing to non-multi-party contracted projects: evidence from literature. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings…** Fortaleza: IGLC, 2013.

MELO, R., KAUSHIK, A., KOSKELA, L., GRANJA, A. D., KERAMINIYAGE, K., TZORTZOPOULOS, P. Target Costing in Construction: A Comparative Study. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 22, 2014, Oslo. **Proceedings**…Oslo: IGLC, 2014, p. 183-194.

NICOLINI, D.; TOMKINS, C.; HOLTI, R.; OLDMAN, A.; SMALLEY, M. Can target costing and whole life costing be applied in the construction industry? Evidence from Two Case Studies. **British Journal of Management,** v. 11, n. 4, p. 303-324, 2000.

PENNANEN, A., BALLARD, G. Determining Expected Cost in the Target Costing Process. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 16, 2008, Manchester. **Proceedings**…Manchester: IGLC, 2008, p. 589-600.

PENNANEN, A., BALLARD, G., HAAHTELA, Y. Designing to Targets in a Target Costing Process. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 18, 2010, Haifa. **Proceedings**…Haifa: IGLC, 2010, p. 161-170.

ROBET, G., GRANJA, A. D. Target and kaizen costing implementation in construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 14, 2006, Santiago. **Proceedings**…Santiago: IGLC, 2006, p. 91-105.

RUIZ, J. A; GRANJA, A. D. Um mapeamento sistemático da literatura sobre a relação entre valor e colaboração na construção civil. *In*: 8º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Inovação e Sustentabilidade (SIBRAGEC), 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: 2013.

SIMOES, E.A., TAKINAMI, F.K., HIROTA, E. H. Target and kaizen costing implementation in construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 16, 2008, Manchester. **Proceedings**…Manchester: IGLC, 2008, p. 623-632.

WILLIAMS, T.; WILLIAMS, M.; RYALL, P. Target cost contracts: adopting innovative incentive mechanisms to improve the project delivery process. In: Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, 29, 2014. **Proceedings…** United Kingdom, p. 759-768, 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DE INOVAÇÕES PROPOSTAS PARA A GESTÃO DE OBRAS PÚBLICAS – ESTUDO DE CASO DO PROGRAMA CENTRO DE INICIAÇÃO AO ESPORTE [1]

CALDEIRA, Débora (1); SILVA, Kennedy (2); ONO, Alexandre (3)

(1) ME, e-mail: debora.caldeira@esporte.gov.br; (2) ME, e-mail: kennedy.silva@esporte.gov.br; (3) ME, e-mail: alexandre.ono@esporte.gov.br

RESUMO

A gestão de obras públicas no Brasil é um grande desafio em função das fortes diferenças geográficas, sociais e econômicas, que se somam às discrepantes capacidades dos gestores municipais e estaduais. O Programa do Centro de Iniciação ao Esporte (CIE), visando combater esses dificultadores, foi desenhado com base em duas premissas: padronização e agilidade de informação. Essas premissas são observadas em todas as etapas do Programa: inscrição, seleção e acompanhamento. Quanto à padronização, são disponibilizados projetos-padrão, dentre outros modelos de documentos, disponibilizados aos proponentes. No tocante à informação, o programa usa prioritariamente meios céleres e isonômicos tanto no ambiente interno quanto externo, priorizando as mídias digitais e eletrônicas. Os resultados desses procedimentos podem ser avaliados pelo desempenho do Programa que, após 18 meses da contratação, apresenta os seguintes números: 95% das operações cumpriram a 1ª Etapa (Sondagem, Projetos de Fundação e Implantação); e, quanto à 2ª etapa (execução da obra), aproximadamente 92% do recurso total disponibilizado em 2015 foi comprometido com obras iniciadas. Esses números são expressivamente maiores do que os observados no Balanço do PAC – 2015.

Palavras-chave: Gestão Pública. Programas Federais.

ABSTRACT

Management of public works in Brazil is a major challenge, due to the strong geographical, social and economic differences, which are added to the different performances of municipal and state managers. The Initiation Center Program to Sport, to combat these difficult aspects, was designed based on two premises: standardization and speed of information. These assumptions are observed in all stages of the program: registration, selection and monitoring. As to standardization, standard designs are available, among other models of documents made available to tenderers in respect to information, the program primarily uses rapid and isonomic means both the internal and external environment, the ostensible use of digital and electronic media. The results of these procedures can be evaluated by the program's performance after 18 months of employment, presents the following numbers: 95% of the operations fulfilled Stage 1 (Survey, Foundation and Project

[1] CALDEIRA, Débora; SILVA, Kennedy; ONO, Alexandre; Análise de inovações propostas para a gestão de obras públicas – estudo de caso do programa centro de iniciação ao esporte. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Implementation); and as for the 2nd stage (execution of work), approximately 100% of the total resource available in 2015 was committed to starting work. These figures are significantly higher than those observed in the PAC Balance Sheet - 2015.

***Keywords**: Public Management. Federal Programs.*

1 INTRODUÇÃO

Os órgãos da Administração Pública possuem um grande desafio: realizar a gestão dos programas ou projetos públicos, visando a eficácia das ações governamentais.

A gestão é a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para a execução de projetos de forma efetiva e eficaz. Trata-se de uma competência estratégica para organizações, permitindo com que elas unam os resultados dos projetos com os objetivos do negócio e, assim, possam competir melhor em seus mercados (site PMI/2016).

Segundo Castro (2006), a efetividade, na área pública, afere em que medida os resultados de uma ação trazem benefício à população. É um conceito mais abrangente que a eficácia e a eficiência, que o autor conceitua da seguinte forma:

- Eficiência: não se preocupa com os fins, mas apenas com os meios, ela se insere nas operações, com vista voltada para os aspectos internos da organização.
- Eficácia: aquilo que se insere no êxito do alcance dos objetivos, com foco nos aspectos externos da organização para a administração pública.

Entretanto para alcançar a eficácia, a Administração Pública tem o desafio de atuar de forma inovadora, vencendo os entraves burocráticos advindos do ostensivo aparato legal. Segundo a lei nº 10.973/2004, inovação é a introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resulte em novos produtos, processos ou serviços.

O Programa dos Centros de Iniciação ao Esporte (CIE) apresentou-se como uma oportunidade para aplicação desses conceitos, por isto, desde o lançamento foram implantadas soluções diferenciadas de seleção, execução e acompanhamento das obras.

A Portaria nº 14, de 1º de fevereiro de 2013, define o CIE como um equipamento público multiuso, localizado preferencialmente em áreas de vulnerabilidade social, que comporta atividades e a prática de esportes voltados à iniciação esportiva de alto rendimento.

Esse artigo objetiva relatar parte das ações inovadoras implantadas no programa do CIE, que tem resultado numa experiência exitosa, comprovada tanto pela evolução das operações como também pela análise de órgãos de controle.

2 DIFICULTADORES NO GERENCIAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS

Para inovar é necessário, inicialmente, detectar as dificuldades dos gestores municipais na execução dos programas federais. Esse diagnóstico foi realizado pela equipe do Ministério do Esporte (ME) com base em aproximadamente 7.000 operações ativas nesse ministério. Foram avaliados os dados históricos do ME, de outros órgãos federais e da CAIXA como Mandatária da União. Segundo o Escola Nacional de Administração Pública (Enap,2013), Mandatárias da União são instituições e agências financeiras controladas pela União que celebram e operacionalizam, em nome desta última, os instrumentos jurídicos de transferência de recursos aos convenentes.

As dificuldades detectadas por meio desse diagnóstico foram:

a. Instrumentos de comunicação, entre o gestor federal e municipal, esporádicos e de pouca duração;

b. Baixa interdisciplinaridade entre as diversas áreas do governo municipal;

c. Alta rotatividade dos servidores públicos ocasionando a dificuldade de consolidação do conhecimento no tocante ao desenvolvimento das políticas públicas;

d. Baixa capacidade financeira;

e. Alta rotatividade da mão-de-obra, ocasionando a perda do conhecimento adquirido;

f. Deficiência na contratação e execução de projetos básicos, necessários para contratação da obra, com destaque para o atendimento aos preços referenciais definidos pelo Decreto 7.983/2013;

g. Dificuldade de aceite do projeto pela Mandatária da União.

Esse diagnóstico está compatível com estudos de Pisa e Oliveira (2013), de Ribeiro (2014), do Manual de Obras do Tribunal de Contas da União (2009) e diversos acórdãos desse órgão de controle.

Com base nesse estudo, o ME concluiu que a qualidade e agilidade dos processos poderiam ser otimizadas, com ações focadas no apoio aos entes envolvidos, por meio da disponibilização das informações necessárias ao longo da execução do projeto. Atualmente, a informação é o recurso que movimenta a economia global, sendo o principal elemento de produção das sociedades desenvolvidas (Messias, 2005), por isto, o ME estabeleceu como premissas:

- Disponibilizar o maior número de informações necessárias para a execução do programa; e
- Utilizar canais rápidos de troca de informação.

Como o programa engloba todas as regiões brasileiras e com distintas capacidades de gestão, optou-se pelo uso de documentos padronizados. A padronização é a aplicação de métodos científicos para obter a uniformidade e reduzir custos. Segundo *International Organisation for*

Standardization (2016), isto é alcançado pela padronização de todos os processos-chave da organização, processos que afetam o produto e consequentemente o cliente.

Logo, a padronização e a agilidade da informação foram avaliadas como ações importantes para ganhos de eficácia desse programa.

3 METODOLOGIA

Foram utilizadas metodologias de pesquisa empíricas e de campo para identificar as providências adequadas às três principais etapas do programa:

- Inscrição das propostas;
- Seleção das propostas;
- Acompanhamento das operações.

As ações de padronização seguiram os seguintes passos:

a. Definição da a documentação e ações necessárias de cada etapa;

b. Identificação dos documentos previamente existentes no ME ou em outros órgãos federais para doação;

c. Adequação dos documentos existente ou elaboração de novo documento;

d. Contratação de empresa para execução dos documentos, quando não existente em outras fontes;

e. Análise preliminar dos documentos quanto ao atendimento dos aspectos técnicos, operacionais e legais às regras do programa;

f. Avaliação dos documentos pelo corpo técnico do DIE, jurídico do ME e, se necessário, pela Mandatária da União;

g. Conclusão do documento final;

h. Disponibilização aos envolvidos naquela etapa.

Para definição dos canais da informação, foram adotados os seguintes passos:

a. Definição do programa de necessidades do canal de informação;

b. Elaboração dos requisitos de uso (agilidade, segurança, ampla publicidade, capacidade de armazenamento);

c. Identificação do canal mais adequado, com preferência para as mídias eletrônicas.

d. Avaliação das ferramentas e canais disponíveis no ME;

e. Pesquisa das ferramentas existentes no ME ou em outros órgãos federais, passíveis de disponibilização ou de domínio público;

f. Adequação dos canais existentes, quando possível, ou criação de novo canal pela equipe do ministério ou por empresa contratada;

g. Execução dos testes de acesso;

h. Disponibilização aos interessados naquela etapa do programa.

Cabe ressaltar que durante a evolução do programa, foram detectadas novas necessidades, por isto, são citadas as ações inicialmente previstas e as corretivas e preventivas, estabelecidas de 2013 a 2016.

3.1 Etapa de Inscrição

Nessa etapa, destacaram-se as seguintes necessidades prioritárias: comunicação objetiva, ágil e segura; e interdisciplinaridade entre as ações do governo.

3.1.1 Ações de Padronização

As propostas foram condicionadas ao cumprimento dos seguintes requisitos:

- Disponibilização de terreno em localização com condições de acesso e características geotécnicas e topográficas adequadas para a implantação dos CIEs.
- Comprometimento com a gestão, o funcionamento e a manutenção do equipamento.
- Comprometimento com o Plano de Ação para atividades esportivas regulares de quatro anos e para o estabelecimento da Política para o Desenvolvimento do Esporte, caso não a possua.
- Proposta que preveja novas construções ou complementação de equipamentos existentes.
- Possuir órgão específico, responsável pelo desenvolvimento do Esporte (secretaria, diretoria, autarquia ou equivalente).

As propostas não seriam acatadas se:

- não beneficiava população de baixa renda;
- previa reforma de equipamentos já existentes. Esse critério alinha-se com a concepção de uso do projeto-padrão e de execução de uma instalação esportiva qualificada para esporte de alto rendimento;
- descaracterizava o conceito do CIE;
- múltiplos espaços, dificultando a gestão do equipamento e o acompanhamento das ações;
- contemplava exclusivamente a aquisição de bens, materiais ou equipamentos;
- previa indenização de benfeitorias;
- destinava recursos para desapropriação ou aquisição de terrenos;
- dedicava recursos para custeio de qualquer natureza;

O processo de seleção das propostas foi realizado, atendendo os seguintes critérios de priorização;

- Regiões de alta vulnerabilidade social;
- Integração com obras de urbanização do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) ou do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) já

contratadas;
- Situação fundiária que permita rápido início de obras.

Os documentos disponibilizados aos proponentes nessa etapa estão descritos no Quadro 1:

Quadro 1 – Documentos disponibilizados aos proponentes na etapa de Inscrição

Documento	Local de Disponibilização
Manual de Seleção	Site do CIE
Manual de Instruções para Preenchimento da Proposta	Site do CIE

Fonte: Autores

3.1.2 Informação

A inscrição foi realizada no período de 04/02 a 05/04/2013, através do site www.cartaconsulta.esporte.gov.br/cartaconsulta/inscricao/ desenvolvido pela área técnica do ME, com base no sistema do Ministério da Cultura, no Manual de Seleção e na Portaria nº 14 de 01 de fevereiro de 2013.

Para acesso ao sistema de inscrição foi disponibilizada senha individualizada para município elegível para inserção dos dados na carta-proposta que era submetida eletrônica e instantaneamente ao Ministério do Esporte.

O sistema solicitou as coordenadas georreferenciadas do terreno para possibilitar a análise das propostas. Os manuais foram disponibilizados no site do CIE.

3.2 Etapa de Seleção

Nessa etapa, destacaram-se as seguintes necessidades prioritárias: uso de critérios interdisciplinares entre as ações de governo; e instrumentos de comunicação ágil para dirimir dúvidas e divulgar resultados.

3.2.1 Padronização

A análise multicritério foi inovadora e considerou os aspectos locais de infraestrutura (acesso à rede de água e esgoto), titularidade da área e os aspectos no entorno do local de implantação do terreno (raio de 2km do local indicado), entre outros.

O geoprocessamento foi utilizado para: avaliação dos locais inscritos pelos proponentes; integração com outros programas governamentais (Programa Minha Casa, Minha Vida); contagem populacional com a caracterização de renda e pobreza no raio de 2km, para definição de locais de vulnerabilidade social.

A pontuação para cada item está descrita abaixo:

a. Titularidade da área:
   Possui: 10 pontos;

Não possui: 0 pontos.

b. Infraestrutura do terreno:
Terraplenagem, proteção, contenção e estabilização do solo: 2 pontos;
Disponibilidade de abastecimento de água; 2 pontos;
Acesso à rede de esgoto; 2 pontos;
Drenagem pluvial; 2 pontos;
Acesso pavimentado: 2 pontos.

c. Porte do Município:
Até 200 mil: 0 pontos;
200mil a 500mil: 3,33 pontos;
500mil a 1milhão: 6,67 pontos;
Acima de 1milhão: 10 pontos.

d. Proximidade à(s) obra(s) do MCMV:
Presença de obras do MCMV em um raio de 2 km do CIE: 10 pontos;
Ausência de obras do MCMV em um raio de 2 km do CIE: 0 pontos.

e. Indicador de Extrema Pobreza:
Utilização do IDV (Identificação de Localidades e Famílias em Situação de Vulnerabilidade) do MDS (Ministério do Desenvolvimento Social).

Os documentos-padrão disponibilizados nessa etapa estão no Quadro 2:

Quadro 2 – Documentos disponilizados aos proponentes na etapa de seleção

Documento	Local de Disponibilização
Portaria nº 298, de 10 de Novembro de 2013	Site do CIE
Retificação - Portaria nº 298, de 10 de Novembro de 2013	Site do CIE

Fonte: Os Autores

3.2.2 Informação

A divulgação das propostas selecionadas foi publicada no Diário Oficial da União; no Workshop Técnico, realizado no dia 19/12/2013; e no site do CIE. Nesse Workshop, os proponentes foram orientados sobre os procedimentos das etapas subsequentes.

As mensagens eletrônicas, via caixa postal do CIE, também foram amplamente utilizadas, tendo registrado 1.640 esclarecimentos sobre o processo de seleção no ano de 2013.

3.3 Etapa de Acompanhamento

Destacaram-se as seguintes necessidades prioritárias: combater a deficiência na contratação e execução de projetos básicos, bem como o aceite desses documentos pela CAIXA; fomentar a interdisciplinaridade no governo local; divulgar o conhecimento técnico, jurídico e operacional sobre o programa; acompanhar o andamento do contrato e disponibilizar

essas informações para a população.

3.3.1 Padronização

Foi desenvolvido e disponibilizado projeto-padrão (peças gráficas, memorial descritivo, planilha orçamentária e especificações técnicas) em área de acesso restrito aos componentes da Unidade Gestora Local (UGL). A composição mínima da UGL foi publicada no Caderno Técnico Operacional, disponível no site do CIE, e é composta de:

- 01 engenheiro ou arquiteto, responsável pelo acompanhamento do projeto e da obra;
- 01 membro do Órgão Municipal responsável de Esporte;
- 01 membro da Comissão de Licitação;
- Gestor/fiscal do Contrato/Termo de Compromisso do CIE, como interlocutor com o Ministério do Esporte e a CAIXA.

O projeto-padrão do CIE foi previamente aprovado pela equipe CAIXA, possibilitando maior agilidade na conclusão dessa etapa, pois apenas os itens que variavam em função do local de implantação precisavam ser reanalisados após a adaptação do projeto.

Para a adaptação do projeto ao terreno selecionado, o ME disponibilizou R$ 15 mil e um modelo do Termo de Referência para contratação desse serviço. Também foi divulgado, no *Youtube*, vídeo com as instruções sobre a planilha orçamentária: https://www.youtube.com/watch?v=DUgYxF1kNww (Figura 1).

Figura 1 – Vídeo do Manual de Orçamento disponibilizado no *Youtube*.



Fonte: Os Autores

O Quadro 3 apresenta os documentos disponibilizados nessa etapa.

Quadro 3 – Documentos disponilizados aos proponentes na etapa de Acompanhamento

Documento	Local de Disponibilização
Caderno Técnico Operacional	Site do CIE
Manual de Instruções para Contratação e Execução dos Programas e Ações do Ministério do Esporte inseridos no PAC -	Site do CIE e Diário Oficial
Projetos de Arquitetura, Cargas de Fundação e Projeto de Combate ao Incêndio	Site do CIE e diversos outros links
Projetos Complementares	Site do CIE e diversos outros links
Modelo de Termo de Referência para contratação da 1ª Etapa	Site do CIE
Modelo de Plano de Trabalho	Site do CIE
Manual de Orçamento	Site do CIE e vídeo na Internet
Palestra Projeto Padrão – CIE	Workshop Técnico e site do CIE
Palestra Ações subsequentes e sistema de controle	Workshop Técnico e site do CIE
Palestra TCU - Workshop Técnico do CIE	Workshop Técnico e site do CIE
Palestra RDC - Experiência Federal	Workshop Técnico e site do CIE
Palestra Gestão do PAC	Workshop Técnico e site do CIE
Palestra Evento de Integração - CIE 04.11.14	Workshop Técnico e site do CIE
Manual Orientativo Plano Gestão CIE - SNEAR	Workshop Técnico e site do CIE
CIE/SP - Palestra André Arantes	Workshop Técnico e site do CIE
Papel dos diferentes atores na formação do Atleta - Palestra André Arantes	Workshop Técnico e site do CIE
Manual Gestão_CIE_Evento CEU_Anápolis_Mai.15	Evento Técnico e site do CIE
Manual Gestão_CIE_Evento CEU_Macapá_ Jun.15	Evento Técnico e site do CIE
Manual Gestão_CIE_Evento CEU Horizonte_Jul.15	Evento Técnico e site do CIE

Documento	Local de Disponibilização
Manual Gestão_CIE_Evento CEU Petrolina_Ago.15	Evento Técnico e site do CIE
Manual de Obras do TCU	Site do CIE
Lista de Autorização de Início de Obra	Site do CIE
Perguntas e Respostas	Site do CIE e nos encontros presenciais
Transparência Pública	Site do CIE
Informativos e Comunicados	Mensagem eletrônica
Legislações sobre o CIE e correlatos	Diário Oficial e site do CIE
Informes sobre Identidade Visual	Site do CIE
Orientações para o preenchimento do Sistema de Monitoramento	Site do CIE
Portaria nº 253, de 10 de Setembro de 2015	Site do CIE
Portaria nº 232, de 29 de Setembro de 2014	Site do CIE
Portaria nº 150, de 11 de Julho de 2014	Site do CIE
Retificação - Portaria nº 98, de 8 de Maio de 2014	Site do CIE
Portaria 55/2014 Retificação prazos CIE 2014	Site do CIE
Decreto nº 8.206, de 13 de Março de 2014	Site do CIE
Portaria nº 298, de 10 de Novembro de 2013	Site do CIE
Portaria nº 14, de 1º de Fevereiro de 2013 – Seleção do CIE	Site do CIE
Lei nº 11.578/07 – PAC	Site do CIE
Lei nº 9.452/97, artigo 1º - Liberação Recursos Federais	Site do CIE
Lei nº 8.666/93 – Lei de Licitações	Site do CIE
MP 527 - Regime Diferenciado de Contratação	Site do CIE

Documento	Local de Disponibilização
Lei n° 9.504/97, art. 73, inciso 6º, alínea "b" – Normas para eleições	Site do CIE
Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) - Lei Complementar 101, de 2000	Site do CIE

Fonte: Os Autores

3.3.2 Informação

A troca de mensagens eletrônicas nessa etapa, perfizeram, até maio/2016 um total de 3.644 esclarecimentos (Quadro 4)

Quadro 4 – Esclarecimentos via mensagem eletrônica

Ano	Quantidade de esclarecimentos (unid)
2014	2350
2015	1166
2016	128
Total	**3644**

Fonte: Os Autores

Além dos esclarecimentos, já foram encaminhados 43 informativos, totalizando mais de 47.300 mensagens.

Para a fase de acompanhamento, foi desenvolvido o Sistema de Monitoramento (Figura 2), alimentado pelos componentes da UGL dos municípios ou Distrito Federal. Os proponentes da UGL receberam uma senha que permite o acesso exclusivo às operações da sua localidade, para atualização dos dados do contrato.

Esse Sistema abrange as diversas etapas do Programa: 1ª Etapa (Sondagem, Projeto de Fundação e adaptação do Projeto-padrão), Licitação, Contratação e Vistorias (Figura 3).

Figura 2 – Sistema de Monitoramento no site do CIE



Fonte: Os Autores

Figura 3 – Etapas do Programa retratadas no Sistema de Monitoramento



Fonte: Os Autores

A divulgação das informações para a sociedade ocorre por meio do link Transparência Pública (Figura 4) que, ao ser acionado, demonstra a situação de cada operação.

Cada marcador do mapa representa a seguinte situação de CIE:

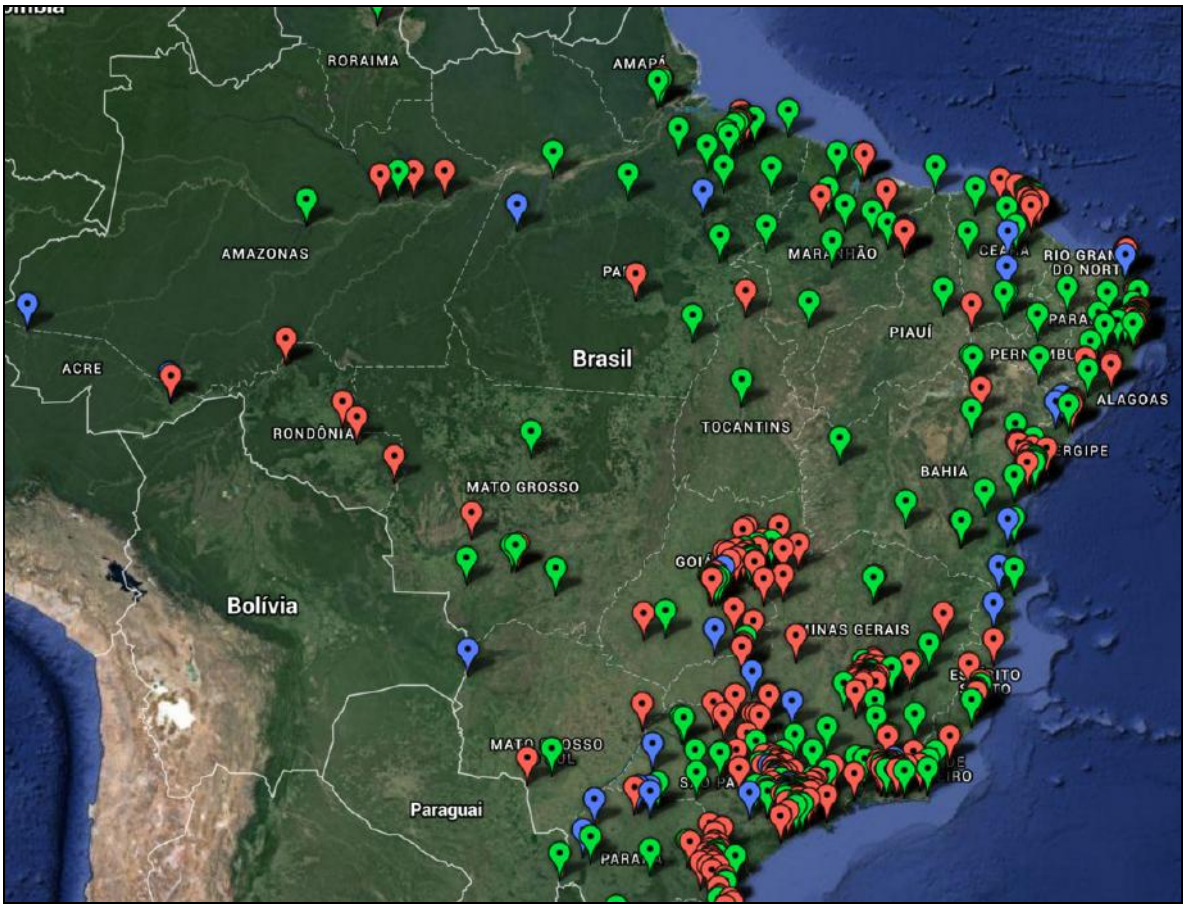
- Vermelho: proposta habilitada, mas não selecionada;
- Verde: proposta habilitada e selecionada;
- Azul: proposta habilitada, selecionada e com Autorização de Início de Obra.

Essa legenda está devidamente apresentada no site e cada ponto, ao ser acionado, apresenta os dados principais da operação (Figura 5):

- Localização;

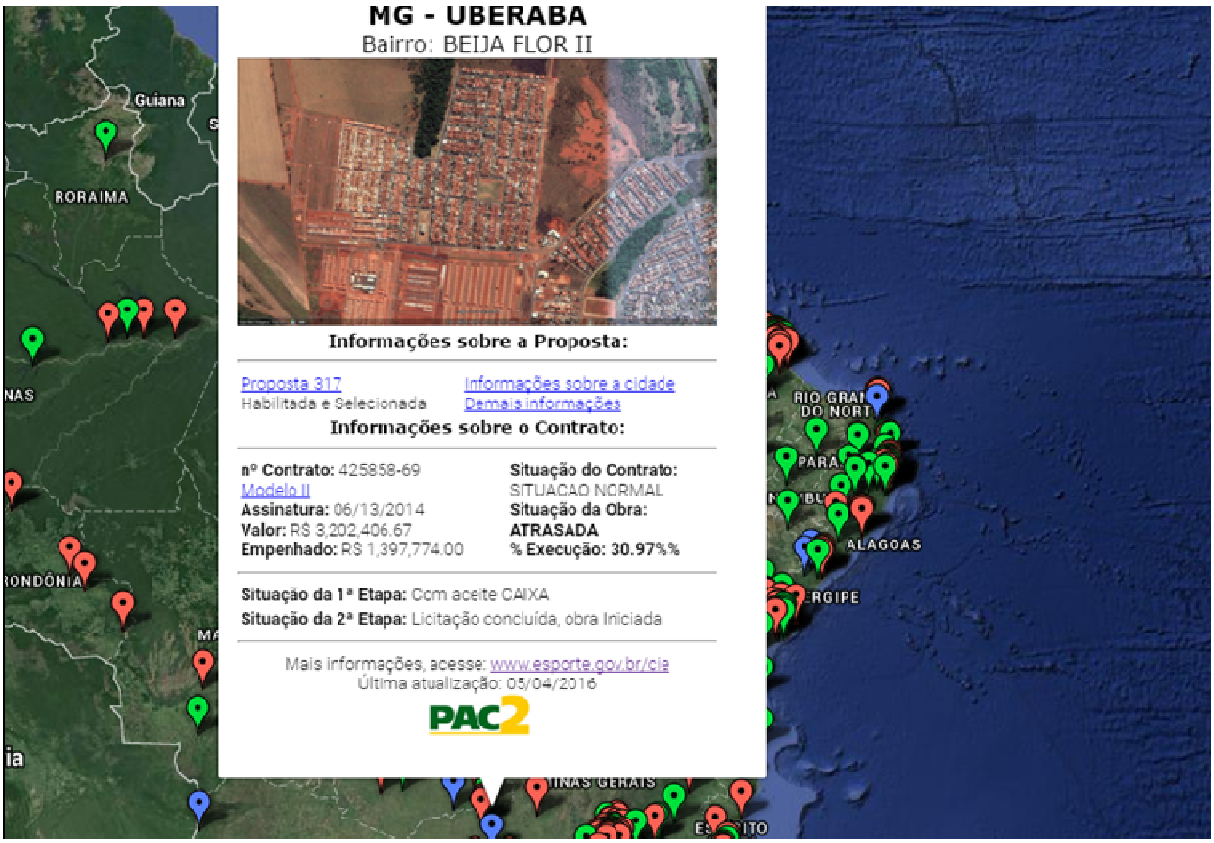
- Links para acesso a carta-proposta e informações sobre a cidade;
- Informações do contrato: número, modelo, valor, data de assinatura, situação do contrato e valor empenhado;
- Situação da Obra e percentual de Execução;
- Situação da 1ª Etapa;
- Situação da 2ª Etapa.

Figura 4 – Transparência Pública do site do CIE



Fonte: Os Autores

Figura 5 – Principais dados das operações do CIE



Fonte: Os Autores

Esse site é atualizado semanalmente e a data é registrada na parte inferior da janela informativa, conforme consta na Figura 6.

Figura 6 – Data de atualização da Transparência Pública



Fonte: Os Autores

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos com as inovações implantadas pelo ME, nesse programa. Os dados estão disponíveis

no site do http://www.esporte.gov.br/index.php/centrosiniciacaocie, link da Transparência Pública.

Dentre os 285 projetos selecionados, 269 assinaram o contrato, representando 94,38% de adesão ao contrato. Outro fato que demonstra o sucesso da metodologia adotada foi o fato de 100% dos Municípios assinaram o contrato sem nenhum tipo de pendência, ou seja, assinaram sem cláusula suspensiva.

O programa, em 07/06/2016, possuía 240 operações ativas, sendo que 189 operações com a 1ª Etapa (Sondagem, Projeto de Fundação e Adaptação do Projeto Padrão) acatada pela CAIXA, ou seja, 78,75% das operações ativas estão com essa fase concluída.

Nessa mesma data, o programa possuía 84 licitações de obra totalmente concluídas, o que representa 35% das operações ativas.

O valor disponibilizado para o CIE foi 100% convertido em autorização de início de obra para contratos que estavam em condições de receber essa permissão.

Segundo dados do 2º Balanço do PAC, Período 2015-2018, esse programa executou, no ano de 2015, 24,2% do total previsto para o período 2015-2018.

Considerando as obras selecionadas em 2013, do Eixo Comunidade Cidadã do 11º Balanço do PAC (2011 a 2014), são descritos os seguintes resultados (Quadro 5):

Quadro 5 – Dados do Balanço do PAC

Programa	**Percentual de Obras Iniciada**
Unidade Básica de Saúde	75%
Unidade de Pronto Atendimento	44%
Creches e Pré-Escolas	54%
Quadras Poliesportivas	47%

Fonte: Os Autores

Esses dados demonstram que a evolução do Programa CIE foi significativamente maior quando comparado com outras operações selecionadas em 2013. Em 2015, o ME autorizou o início de obras de 100% dos recursos destinados a esse Programa, para operações que já haviam cumprido todas as ações preparatórias e de licitação.

5 CONCLUSÕES

As ações inovadoras aplicadas nesse programa possuem ganhos tangíveis e

intangíveis. Quanto aos tangíveis, os números demonstram que a adesão e realização das ações apresentam evolução mais ágil do que os demais programas federais. Esse fato é comprovado pelo alto índice de obras iniciadas em relação ao valor total efetivamente investido pelo Governo Federal.

Quanto aos avanços intangíveis podem ser citados:

- Uso de projeto padronizado com aprovação prévia pela Mandatária;
- Utilização das mídias eletrônicas como meio de comunicação formal, dando maior agilidade na troca de informação entre os envolvidos;
- Monitoramento por sistema acessível via Internet, o que possibilita o acesso ágil a informação;
- Apoio aos entes municipais/DF pela disponibilização de diversos materiais de orientação;
- *Link* Transparência Pública, atualizado semanal e que possibilita o fácil acesso da população aos principais dados do programa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **LEI No 10.973, de 2 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm, acessado em 05 de abril de 2016.

BRASIL. **Portaria nº 14, de 1º de fevereiro de 2013**. Define o Centro de Iniciação ao Esporte do PAC e dispõe sobre as regras do programa. Disponível em http://www.esporte.gov.br/cie , acessado em 20/01/2016

CASTRO, RODRIGO. **Eficácia, Eficiência e Efetividade na Administração Pública.** In:30º Encontro da ANPAD, Salvador; BA, 2006.

ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA. **Gestão de Convênios para Convenentes - Módulo 1 – Considerações iniciais e conceitos básicos.** Disponível no seguinte endereço eletrônico http://repositorio.enap.gov.br, visitado em 15/06/2016.

International Organisation for Standardization. Disponível no seguinte endereço eletrônico http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso_9000. htm , visitado em 10/03/2016)

MESSIAS, LUCILENE. **Informação: um estudo exploratório do conceito em periódicos**. 2005. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia e Ciências. Universidade Estadual Paulista, Marília, 2005.

MINISTÉRIO DO ESPORTE. **Manual de orçamento do CIE**. Disponível no endereço eletrônico https://www.youtube.com/watch?v=DUgYxF1kNww, acessado em 02 de abril de 2016.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO – **Balanço do PAC**. Disponível no seguinte endereço eletrônico

http://www.pac.gov.br/pub/up/pac/11/PAC11.pdf , acessado em 05 de abril de 2016

PISA e OLIVEIRA, 2013, **Gestão de projetos na administração pública: Um instrumento para o planejamento e desenvolvimento**. 1º Seminário Nacional de Planejamento e Desenvolvimento. Disponível no endereço eletrônico http://www.eventos.ct.utfpr.edu.br/anais, acessando em 10 de junho de 2016.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, disponível em https://brasil.pmi.org/brazil/ acessado em 20/01/2016.

RIBEIRO, ROMERO, 2014. **A lenta evolução da gestão de obras públicas no Brasil**. Disponível no endereço eletrônico http://romiroribeiro.jusbrasil.com.br/artigos/111838241/a-lenta-evolucao-da-gestao-de-obras-publicas-no-brasil-1, acessado em 10 de junho de 2016.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Obras públicas: recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras públicas /Tribunal de Contas da União**. – 3. ed. Brasília : TCU, SecobEdif, 2013.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROGRAMAÇÃO DE UM PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL COM BASE NA RELAÇÃO ÓTIMA TEMPO-CUSTO[1]

MARTINS, Thaylor Cardoso (1); FEITOSA, Thalys Soares (2); SILVA, Denilson Costa da (3)

(1) UNIFESSPA, e-mail: thaylor.mts@gmail.com; (2) UNIFESSPA, e-mail: thalysfeitosa@unifesspa.edu.br; (3) UNIFESSPA, e-mail: dcsilva@unifesspa.edu.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é programar a produção de um projeto de habitação de interesse social (PHIS) a partir da análise das alternativas e restrições que influenciam na tomada de decisão gerencial mediante otimização da relação tempo-custo. Para isso, a metodologia envolve 05 (cinco) etapas: (i) Estudo exploratório do projeto estudo de caso; (ii) Modelagem das variáveis de decisão de tempo; (iii) Modelagem das variáveis de decisão de custo; (iv) Modelagem e otimização da relação tempo-custo; (v) Experimentação e análise de sensibilidade. Desta forma, foi possível reduzir o tempo de construção de uma unidade habitacional (UH) em 18 dias, possibilitando compatibilizar o tempo de execução do projeto com o prazo contratado. Essa redução temporal impactou no acréscimo de 14,88% no custo de construção de uma UH. Conclui-se assim que, o estudo contribui com informações relevantes para tomada de decisão gerencial em PHIS.

Palavras-chave: Programação de projetos de construção. Habitação de Interesse Social. PNHR. Otimização tempo-custo de projetos de construção civil.

ABSTRACT

The purpose of this article is to program the execution of a habitation of social interest project (HSIP) from the analysis of alternatives and constraints that influence the management decision making by optimizing the time-cost. For this, the method involves five (05) steps: (i) exploratory study of the case study project; (ii) time decision variables modeling; (iii) cost decision variables modeling; (iv) modeling and optimization of the time-cost relationship; (v) testing and sensitivity analysis. Thus, it was possible to reduce the time of construction of a housing unit (HU) in 18 days, making it possible to compatible the project runtime with the contracted period. This time reduction impacted on the 14.88% increase in the cost of building a HU. The conclusion is thus the study provides relevant information for management decision making in HSIP.

***Keywords**: Construction project schedule. Habitation of social interest. PNHR. Optimization time-cost of construction projects.*

1 INTRODUÇÃO

A natureza complexa e combinatorial que envolve o processo de tomada de decisão gerencial em projetos de construção civil constitui um desafio

[1] MARTINS, Thaylor Cardoso; FEITOSA, Thalys Soares; SILVA, Denilson Costa da. Programação de um projeto de habitação de interesse social com base na relação ótima tempo-custo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

aos gestores na medida em que se exige a formulação de ferramentas analíticas-matemáticas relevantes e suficientes para o auxílio na tomada de decisão (ICHIHARA, 1998).

Trabalhos relevantes abordando tal escopo tratam de projetos de construção dotados de múltiplos pavimentos, que por tais características, acabam focando em projetos de construções verticais do tipo condomínios residenciais e comerciais, tendo como exemplo o trabalho de Ichihara (1998). No entanto, esse artigo sinaliza para o campo da programação (*scheduling*) da produção em PHIS, restritamente, a habitação popular.

Nesse sentido, este artigo busca programar a produção de um projeto de habitação de interesse social levando em consideração a relação ótima entre as variáveis de tempo e de custo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico recorreu-se aos conceitos de programação linear, otimização de redes e aceleração de projetos, como relevantes e suficientes à resolução do problema de pesquisa.

2.1 Programação Linear (PL)

Em Lachtermacher (2009) e Taha (2008) têm-se a definição de PL. A PL é o tipo de programação matemática constituída de funções-objetivo lineares e restrições também lineares. Taha (2008) acrescenta que a PL possui 03 (três) componentes: as variáveis de decisão que se procura determinar; o objetivo relacionado à meta (maximizar ou minimizar algo); as restrições, as quais a solução deve satisfazer.

Para Lachtermacher (2009), uma das aplicações da PL é solucionar problemas de alocação de recursos limitados, problema esse componente do escopo deste trabalho. Fato que justifica a exploração da PL na busca de uma solução ótima para a programação da produção em PHIS.

Ainda em Lachtermacher (2009), a formulação matemática da PL busca:

$$F(X) = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \quad (1)$$

sujeito às restrições:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \geq b_i \qquad (para\ i = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \quad (3)$$

onde:

F(X): é a solução ótima
n: é o número de variáveis do problema
m: é o número de restrições do problema
i : é o índice de determinada restrição ($i = 1, 2, \dots, m$)
j : é o índice de determinada variável ($j = 1, 2, \dots, n$)

c_j *:* é o coeficiente (constante) da variável x_j, da função-objetivo
a_{ij} *:* é o coeficiente (constante) na i-ésima restrição e da variável x_j
b_i *:* é a constante da i-ésima restrição

De acordo com Ichihara (1998), os projetos de construção civil caracterizados como lineares, são os projetos dotados de atividades repetitivas. A lógica sequencial dessas atividades também as caracterizam como linear. Limmer (2013), o tempo de duração de cada uma das atividades que compõem o projeto é resultante da metodologia de execução definida.

Segundo Antill e Woodhead (1968), todos os custos variam com tempo, sendo os custos diretos tendem a decrescer se for propiciado mais tempo a uma operação, diferentemente, dos custos indiretos que crescerão com o tempo. Para Terry e Lucko (2012), tempo e custo são variáveis conflitantes, constituindo um entrave na busca da solução ótima. Esses últimos autores afirmam ainda que, a solução ótima é obtida através do equilíbrio da relação conflitante mencionada.

2.2 Otimização em Redes

Dentro do escopo deste artigo, o conceito de otimização em redes busca formular e solucionar o problema que envolve a determinação de um cronograma (datas de início e de conclusão) para as atividades de um PHIS. Os algoritmos do caminho crítico CPM, juntamente, com o PERT emergem como ferramentas capazes de fornecer meios analíticos e suficientes a responder à questão da pesquisa (TAHA, 2008).

2.2.1 O Método PERT/CPM

Segundo Taha (2008), o método PERT /CPM constitui uma rede que auxilia a tomada de decisão em planejamento, programação e no controle de projetos. De acordo com Limmer (2013), o PERT faz uma abordagem probabilística das durações das atividades através de 03(três) estimativas de tempo: (o) tempo otimista (considera uma redução de 25% no tempo mais provável); (m) tempo mais provável (considera o tempo de ciclo ideal a uma jornada de trabalho de 8 horas por dia); (p) tempo pessimista (aumento de 100% no tempo mais provável). O uso dessas estimativas elucida a média da duração da atividade estimada (μ), o desvio padrão (σ) e a variância, expressos a seguir:

$$\mu = \frac{o+4m+p}{6} \quad (4)$$

$$\sigma = \frac{p-o}{6} \quad (5)$$

$$Variância = \sigma^2 \quad (6)$$

Ainda em Limmer (2013), o CPM aborda deterministicamente as durações

das atividades, ou seja, o desenvolvimento da rede é realizado através do registro de uma única determinação de prazo para cada atividade.

Taha (2008) afirma que a saída gerada pelo método CPM é a programação temporal do projeto, com base no conhecimento do tempo necessário para concluir o projeto, bem como, na classificação das atividades críticas e não críticas.

Antill e Woodhead (1968), uma atividade é considerada crítica se não houver nenhum espaço de manobra (folga zero) na determinação do início e fim das atividades. No entanto, as atividades não críticas já dispõem destas folgas. A determinação do caminho crítico se dá através do encadeamento de eventos críticos do início ao fim do projeto.

Prado (2004) apresenta 3 (três) definições para o caminho crítico: (i) é a sequência de atividades com folga zero para cada uma; (ii) é o caminho (ou caminhos) cuja duração total constitui a duração do projeto; (iii) é o caminho (ou caminhos) de maior duração na rede. As definições (i) e (ii) de Prado (2004) consideram o conceito de atividade crítica de Antill e Woodhead (1968) e, sugere a existência de um ou mais caminhos críticos, independente da duração total do projeto. Porém, na definição (iii) sugere a existência de somente um caminho crítico, o de maior duração do projeto. Para existência de mais de um caminho crítico, deve coincidir essa maior duração na rede.

O evento é um ponto no tempo em que as atividades são concluídas e outras iniciadas. Em termos de rede, o evento é representado por um nó (TAHA, 2008).

Ao considerar i como o nó representando o evento início de uma atividade e, j como o nó representando o evento final. Tem-se: Dij a duração da atividade (i, j); Tc o tempo mais cedo de ocorrência do evento j, ou seja:

$$T_{cj} = T_{ci} + D_{ij} \quad (7)$$

Da mesma forma, tem-se Tt como o tempo mais tarde de ocorrência do evento j.

$$T_{tj} = T_{ti} - D_{ij} \quad (8)$$

Sendo que um evento é considerado crítico quando:

$$T_{cj} = T_{tj} \quad (9)$$

Assim, a determinação do caminho crítico envolve 02(dois) passos: o primeiro passo é a determinação dos tempos mais cedo de ocorrência dos eventos através de T_{cj} e por último, a determinação dos tempos mais tarde de ocorrência dos eventos T_{tj}.

2.3 Aceleração ou Compressão de Projetos de Construção

Limmer (2013), a aceleração de projetos é um meio mais rápido de finalizar um projeto em relação à duração normal. Ao acelerar uma etapa do projeto tem por consequência o aumento do seu custo e uma diminuição

do seu tempo de execução. O encurtamento da duração do projeto se dá através da adição de recursos de produção. Para Dimande (2011), tais recursos são mão de obras, materiais, equipamentos especiais, etc.

Chassiakos e Sakellaropoulos (2005), o procedimento básico para aceleração de um projeto representado em uma rede é através do encurtamento da duração das atividades ao longo do caminho crítico. Tubino (2009), salienta sobre o cuidado de outros caminhos não se tornarem também críticos e entrarem na análise.

Em termos de custos, Tubino (2009) sugere a estimação do tempo normal de cada atividade, do tempo acelerado e mais a estimação de custo por unidade de tempo reduzido. Este mesmo autor propõe ainda acelerar as atividades que oferecem menores custos por unidade reduzida.

Perera (1980) desenvolveu um modelo de compressão de projeto a partir do conceito de PL e que permite reduzir a duração total do projeto e manter o custo mínimo através de sobreposição redes de precedência. Abbasi e Mukattash (2001) propuseram um modelo de programação matemática que comprime a duração de atividades em rede PERT com base em estimativas de tempos pessimistas. Dimande (2011) desenvolveu um modelo matemático, baseado na abordagem de programação linear inteira para aceleração de projetos com recursos restritos através de múltiplos modos (compressão, sobreposição e interrupção de atividades).

3 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa divide-se em classificação e delineamento. Vale ressaltar que a mesma foi desenvolvida para estudar a programação de um PHIS mediante relação ótima de tempo e custo. A modificação do escopo exige uma adaptação do modelo.

3.1 Classificação da Pesquisa

O estudo seguiu a classificação sugerida por Silva e Menezes (2005). Do ponto de vista da natureza do estudo, tratou-se de uma pesquisa aplicada, uma vez que, este tipo de estudo caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados na solução de problemas que ocorrem na realidade (MARCONI E LAKATOS, 2008). Para atingir seu objetivo, este artigo possuiu caráter descritivo, pois ele aborda a descrição, registro, análise e interpretação de fenômenos atuais, objetivando seu funcionamento no presente. Quanto à forma de abordagem do problema, foi utilizada a pesquisa quantitativa, pois se apropriou de métodos estatísticos na coleta e análise de informações. Com relação aos procedimentos técnicos foi utilizado o método do estudo de caso.

3.2 Delineamento da Pesquisa

O delineamento da pesquisa abrange 05 (cinco) etapas: Estudo exploratório; Modelagem das variáveis de decisão de tempo; Modelagem das variáveis

de decisão de custo; Formulação para otimização da relação tempo-custo; Experimentação e análise de sensibilidade. Essas etapas, ou parte delas, são observadas também nos trabalhos de alguns autores, a saber: Chassiakos e Sakellaropoulos (2005); Campos e Lima (2011); Dimande (2011).

3.2.1 Estudo Exploratório do Projeto Estudo de Caso

O presente trabalho foi desenvolvido em um projeto de construção habitacional abrangendo as premissas do Programa Nacional Habitacional Rural (PNHR).

O PNHR é um programa federal que faz parte do programa Minha Casa Minha Vida tem a finalidade de melhorar as condições de habitação dos agricultores familiares e assalariados rurais em todo o Brasil. O programa funciona por meio do repasse de recursos financeiros do Governo Federal para os beneficiários, através de Entidades Organizadoras (Sindicatos, Cooperativas, Associações, Prefeitura Municipal e outros). O valor de subsídio para a produção de uma UH, especificamente, na Região Norte do País é de R$ 30.500,00 e para reforma R$ 18.400,00.

Por questões de sigilo, o projeto será chamado de "Projeto Alfa". Tal projeto é destinado à construção de 50 UHs em uma comunidade quilombola situada no nordeste paraense. O projeto arquitetônico da UH dispõe de 41,98 m² de área construída conformes premissas do PNHR. A produção de cada casa custa R$ 30.500,00 que, somados à remuneração da assistência técnica de engenharia (R$30.000,00) e do técnico social (R$20.000,00), totalizam o empreendimento em R$1.575.000,00. O regime de produção da UH é a autoconstrução assistida, onde o beneficiário, titular do contrato, produz sua UH com o auxílio de assistência técnica especializada (engenheiro, mestre de obras, pedreiro, eletricista e outros profissionais afins).

O cronograma físico-financeiro (CFF) do Projeto Alfa abrange a duração do projeto em 12 meses. Esse não contempla a distribuição das atividades das UHs de forma paralela, o que vai de contra ao princípio da linha de balanço. De acordo com alguns analistas da agência gerenciadora (GIHAB – Belém – Caixa Econômica Federal), a prática de construção com entrega de alguns lotes maiores (casa pronta) é mais viável para gerenciamento das entregas e repasse de recursos.

Um problema que exige um plano contingencial diz respeito ao repasse do recurso monetário para execução. De acordo com as premissas do PNHR, a primeira parcela é depositada 15 dias após a contratação (na prática os 15 dias restantes após a entrada de recursos do primeiro mês é destinada à compra e recebimento de material no local da obra). Outrossim, no CFF do projeto tem que constar 5% do total no último mês. Em outras palavras, 95% do projeto tem que ser executado entre o início do 2º mês e o fim do 11º.

Dentro da hipótese de dimensionamento do tamanho do lote, faz-se necessário a construção e entrega de um determinado lote, para então iniciar a construção de outro. Com base nesta afirmação, os autores deste

trabalho entenderam como necessário otimizar a relação entre tempo e custo de uma única UH, para então, dimensionar as entregas dos lotes de forma compatível dentro do prazo contratado.

3.2.2 Modelagem das Variáveis de Decisão de Tempo

Esta etapa envolveu a modelagem da rede PERT/CPM. Para isso, foi necessário, preliminarmente, definir as macro-atividades componentes da estrutura analítica de projeto (ex: serviços preliminares: limpeza do terreno, locação e escavação manual), suas relações de precedência e seus requisitos de tempo (duração estimada). Essas informações são apresentadas na Tabela 1. As predecessoras entre as atividades foram modeladas na rede (Figura 1), levando em consideração os cálculos (eq. 7) (eq. 8) para desenvolver uma programação temporal do projeto (CPM).

A modelagem temporal proporcionou a percepção de dois caminhos, com atividades críticas encadeadas do início ao fim da rede. O primeiro caminho crítico englobou as atividades (A-B-C-E-I-J-K-L-M) e indicou uma duração de 61 dias para finalização do projeto. O segundo caminho crítico totalizou 58 dias e envolveu as atividades (A-B-C-J-K-L-M).

Tabela 1 – Predecessoras e duração estimada.

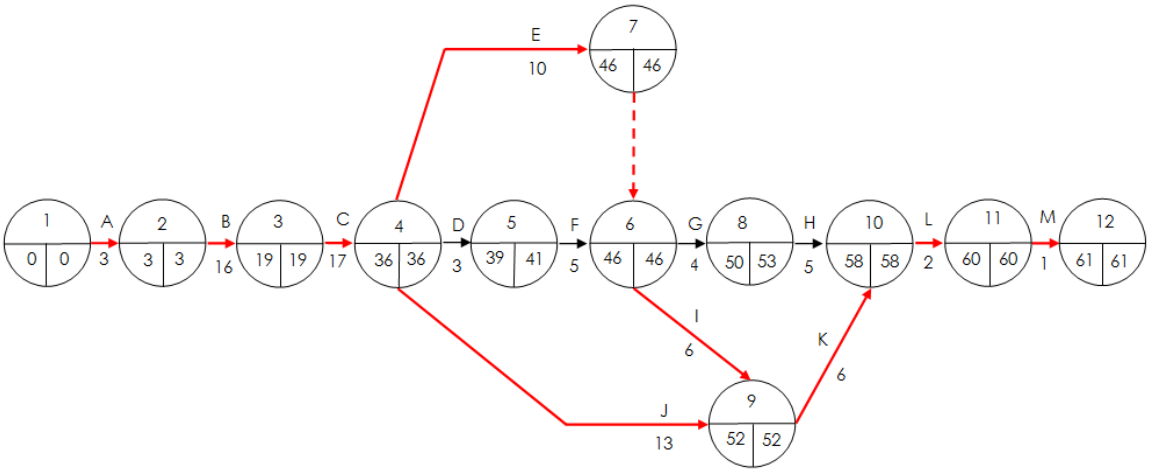
Atividade	Descrição	Predecessoras	Duração Estimada (Dias)
A	Serviços preliminares	-	3
B	Infraestrutura	A	16
C	Paredes e percintas	B	17
D	Esquadrias	C	3
E	Cobertura	C	10
F	Revestimento	D	5
G	Forro	E, F	4
H	Pintura	G	5
I	Instalações elétricas	F	6
J	Instalações hidro-sanitárias	C	13
K	Piso	J	6
L	Aparelhos e metais	H	2
M	Limpeza final	L	1

Fonte: Os autores

Em seguida, utilizou-se o PERT para estabelecer os estimadores da média da duração das atividades (eq. 4) e mais a variância (eq. 6), considerando o tempo mais provável de duração das atividades, o tempo otimista e o tempo pessimista. Também foi efetuado o cálculo do desvio-padrão (eq. 5) para os dois caminhos críticos dispostos (Tabela 2). A necessidade desses estimadores justifica-se, com base em (Limmer, 2013), quando a natureza probabilística das durações das atividades segue a hipótese normalmente

distribuída. Com a exploração do Apêndice 1, que apresenta a tabela para a curva reduzida de Gauss, foi obtida a probabilidade de 87% de conclusão para o primeiro caminho crítico e 97% para o segundo. Mesmo com a menor probabilidade o primeiro caminho foi escolhido para redução por possuir o maior caminho.

Figura 1 – Rede temporal do projeto.



Fonte: Os autores

Tabela 2 – Ações e decisões

Atvidade	Tempo (em dias)			Média	Variância	Desvio-Padrão
	Otimista (o)	Mais provável (m)	Pessimista (p)			
A	2,25	3	6	3,38	0,63	0,39
B	12	16	32	18,00	3,33	11,11
C	12,75	17	34	19,13	3,54	12,54
D	2,25	3	6	3,38	0,63	0,39
E	7,5	10	20	11,25	2,08	4,34
F	3,75	5	10	5,63	1,04	1,09
G	3	4	8	4,50	0,83	0,69
H	3,75	5	10	5,63	1,04	1,09
I	4,5	6	12	6,75	1,25	1,56
J	9,75	13	26	14,63	2,71	7,34
K	4,5	6	12	6,75	1,25	1,56
L	1,5	2	4	2,25	0,42	0,17
M	0,75	1	2	1,13	0,21	0,04

Fonte: Os autores

3.2.3 Modelagem das Variáveis de Decisão de Custo

A Tabela 3 apresenta as variáveis de custo extra de aceleração da diferença entre o modo de produção acelerado (MPA) e o modo de produção normal (MPN). O MPN considera as atividades determinadas no

caderno e especificações técnicas do projeto. Por outro lado, o MPA envolve as atividades responsáveis pela aceleração do projeto.

Tabela 3 – Variáveis de custo.

Atividade	MPN		MPA		Custo Extra de Aceleração
	Duração	Custo	Duração	Custo	
A	3	R$ 520,80	3	-	-
B	16	R$ 2.146,29	8	R$ 2.360,92	R$ 214,63
C	17	R$ 4.748,34	10	R$ 5.223,17	R$ 474,83
D	3	R$ 3.076,87	3	-	-
E	10	R$ 6.918,42	9	R$ 7.610,26	R$ 691,84
F	5	R$ 3.686,38	5	-	-
G	4	R$ 1.901,23	4	-	-
H	5	R$ 1.584,54	5	-	-
I	6	R$ 1.047,39	5	R$ 1.152,13	R$ 104,74
J	13	R$ 2.034,54	13	-	
K	6	R$ 2.305,35	5	R$ 2.535,89	R$ 230,54
L	2	R$ 446,19	2	-	-
M	1	R$ 83,66	1	-	-

Fonte: Os autores

Vale ressaltar que o MPA foi constituído de duas formas: consiste nas atividades com a consideração dos recursos de produção, o aspecto custo para aceleração do projeto, foi tratado de duas formas visando à compressão das atividades críticas:

- proposição de outro modo de produção para as atividades críticas B e C: o sistema de fundações e estrutural constituído por canaletas pré-moldadas;
- adição de recursos de produção (mão de obra) para as atividades E, I e K;

3.2.4 Formulação para otimização da relação Tempo-Custo

Esta etapa corresponde à modelagem matemática, que envolve a construção da função objetivo e a restrições que sujeitam tal função. Como a intenção é tornar os custos de aceleração o mínimo possível, tem-se:

$$\text{Custo Mín} = 0{,}00xa + 214{,}63xb + 474{,}83xc + 0{,}00xd + 691{,}84xe + 0{,}00xf + 0{,}00xg + 0{,}00xh + 104{,}74xi + 0{,}00xj + 230{,}54xk + 0{,}00xl + 0{,}00xm \quad (10)$$

a) Restrição de redução máxima de cada atividade usando a penúltima coluna da Tabela:

$$xb \leq 8 \quad (11)$$

$$xc \leq 7 \quad (12)$$
$$xe \leq 1 \quad (13)$$
$$xi \leq 1 \quad (14)$$
$$xk \leq 1 \quad (15)$$

b) Restrição de Não Negatividade:

$$xa \geq 0, xb \geq 0, \dots, xm \geq 0 \quad (16)$$
$$ya \geq 0, yb \geq 0, \dots, ym \geq 0 \quad (17)$$

c) Restrição de duração do projeto

$$ytérmino \leq 43dias \quad (18)$$

d) Restrição para início das atividades

$$yb \geq (3 + xa) \quad (19)$$
$$yc \geq yb + (16 - xb) \quad (20)$$
$$yd \geq yc + (17 - xc) \quad (21)$$
$$ye \geq yc + (17 - xc) \quad (22)$$
$$yf \geq yd + (3 - xd) \quad (23)$$
$$yg \geq ye + (10 - xe) \quad (24)$$
$$yh \geq yg + (4 + xg) \quad (25)$$
$$yi \geq ye + (10 - xe) \quad (26)$$
$$yj \geq yc + (17 - xc) \quad (27)$$
$$yk \geq yi + (6 - xi) \quad (28)$$
$$yl \geq yk + (6 - xk) \quad (29)$$
$$ym \geq yl + (2 - xl) \quad (30)$$
$$ytermino \geq ym + (1 - xm) \quad (31)$$

3.2.5 Experimentação e Análise de Sensibilidade

A função-objetivo, assim como as restrições, foram modeladas e simuladas no ambiente virtual Lindo (*Linear Interactive and Discrete Optmizer*)(versão para *Windows*). A versão explorada possui capacidade de 150 restrições e 300 variáveis. Portanto, apresenta a capacidade necessária para resolução do problema em questão. O mesmo *software* dispõe da ferramenta (*range*) que permite a análise de sensibilidade.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

O valor ótimo encontrado para a função-objetivo é R$4.538,65 (Anexo 1). A coluna custo reduzido (*reduced cost*) representa o valor a ser pago por redução de uma unidade. O relatório de sensibilidade (Anexo 2) identificou as alterações oriundas da função objetivo, facilitando a visualização do problema sem ser necessário voltar várias vezes à problemática. Essa etapa confirmou a hipótese a respeito dos valores da função objetivo e das

restrições a partir do estabelecimento de limites inferiores e superiores para todos os coeficientes das variáveis presentes na formulação. Tais limites são apresentados nas colunas permissível acréscimo (*allowabe increase*) e permissível decréscimo (*allowabe decrease*). A análise de validade da solução para os coeficientes das variáveis na função objetivo e das restrições indicam o tempo máximo permitido para redução de cada atividade, assim como atividade que podem ser realizadas simultaneamente a outras. Com isso as atividades atacadas são B, C, E, I e K, cuja redução totaliza 18 dias no total.

O CFF do projeto estima a duração temporal em 12 meses (=12meses*30dias) totalizando em 360 dias. Porém, para o dimensionamento do número de UHs a serem construídas paralelamente foi considerado (=10meses*30dias). A redução em 60 dias justifica-se mediante as premissas do PNHR citado no item 3.2.1. Dessa forma, a relação entre 10 meses (300 dias) e 45 dias (adotado) resulta em aproximadamente 7 (sete) UHs.

A programação da produção proposta é de 7 (sete) lotes, sendo que em 6(seis) lotes será construído 7 (sete) UHs e em 1(um) lote serão construídas 8(oito) UHs, sendo distribuídas da seguinte maneira:

- Da metade do 2º mês a metade do 3º mês – construção do 1º lote contendo 7 (sete) UHs;
- Da metade do 3º mês ao fim do 4º mês – construção do 2º lote contendo 7 (sete) UHs;
- Do início do 5º mês a metade do 6º mês – construção do 3º lote contendo 7 (sete) UHs;
- Da metade do 6º mês ao fim do 7º mês – construção do 4º lote contendo 7 (sete) UHs;
- Do início do 8º mês a metade do 9º mês – construção do 5º lote contendo 7 (sete) UHs;
- Da metade do 9º mês ao fim do 10º mês – construção do 6º lote contendo 7 (sete) UHs;
- Do início do 11º mês a metade do 12º mês – construção do lote contendo 8 (oito) UHs;

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho foi alcançado no que tange à programação da produção ser realizada mediante subsídios oriundos de formulação matemática, o que proporciona confiabilidade nos resultados e auxilia a tomada de decisão gerencial.

No que tange ao tempo de projeto, a redução no tempo de construção de uma UH de 61 dias para 43, possibilitou compatibilizar a construção dos lotes de UH mesmo em tempo inferior ao prazo contratado. O impacto da aceleração no custo, foi um acréscimo de 14,88%, ou seja, o custo para produção de uma UH aumentou de R$30.500,00 para R$35.038,65. Com este acréscimo o novo custo total do projeto é de R$1.801.932,50.

O custo acentuado de aceleração, pode exercer maior peso no processo decisorial, devido o recurso financeiro ser limitado. Desta forma, sugere-se novos estudos utilizando outros conceitos de programação e considerando tal limitação.

Esse tema é mais evidenciado em trabalhos técnicos envolvendo projeto de construção com financiamento privado, devido à aceleração de projetos demandar investimentos adicionais. Nessa óptica, entende como a contribuição deste trabalho – a promoção da discussão do conceito de aceleração de projetos com financiamento público.

REFERÊNCIAS

ABBASI, G.; MUKATTASH, A. **Crashing PERT Networks using Mathematical Programming**. International Journal of Project Management, (2001), 19 pp. 181-188.

ANDRADE, D. C. C. **Estudo do gerenciamento do tempo em projetos de construção civil enxuta através da simulação de eventos discretos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

ANTIL, J. M. e WOODHEAD, R. W. **CPM aplicado às construções**. Rio de Janeiro: LTC/USP, 1968.

CAMPOS, L. M. L.; LIMA, A. S. **Modelo de Rede para Otimizar a Relação Conflitante Tempo-Custo em Gerenciamento de Projetos.** In: IV Congresso Tecnológico Infobrasil, 2011, Fortaleza. Anais do IV Congresso Tecnológico Infobrasil, 2011.

CHASSIAKOS, A. P.; SAKELLAROPOULOS, S. P. **Time-Cost Optimization of Construction Projects with Generalized Activity Constraints**. Journal of Construction Engineering and Management, 131 (10) (2005), pp. 1115–1124.

DIMANDE, C. D. **Aceleração de projeto com recursos restritos mediante interrupção de atividades.** 2011. 118p. Tese de Doutorado (Instituto Alberto Luiz de Coimbra – Pós-Graduação e Pesquisas em Engenharias), Rio de Janeiro, 2011.

ICHIHARA, J. A. **Um método de solução heurístico para programação de projetos dotados de multiplos pavimentos-tipo.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

LACHTERMARCHER, G. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões.** 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Obras.** Reimp. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 7ed. – São Paulo: Atlas, 2008.

PERERA, S. **Linear programming solution to network compression.** Journal of the Construction Division, (1980), 106(3):315–326

PRADO, D. S. **PERT/CPM.** 4.ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

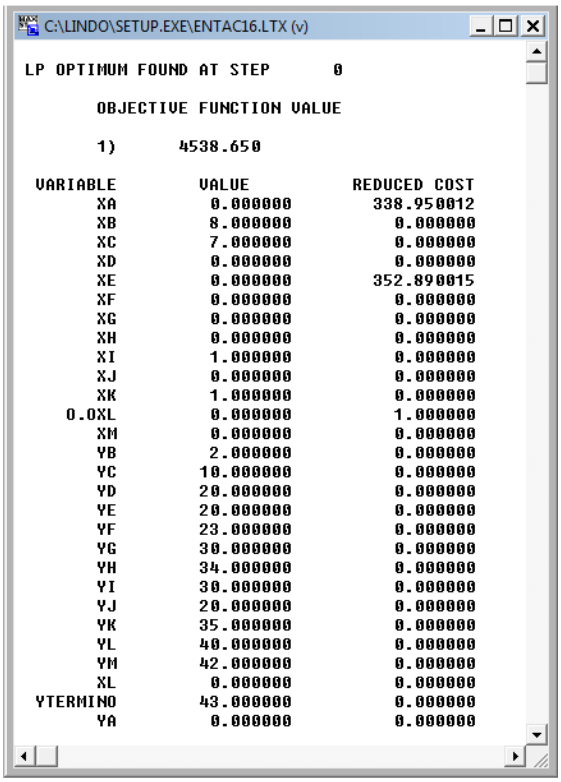
SILVA, E. D.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e elaboração da dissertação.** 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005.138p.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional: uma visão geral.** 8ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TERRY, S.; LUCKO, G. **Algorithm for Time-Cost Tradeoff Analysis in Construction Projects by Aggregating Activity-Level Singularity Functions.** Proceedings of the 2012 Construction Research Congress, (2012), 226–235.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática.** 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

ANEXO 01 – RELATÓRIO SOLUÇÃO ÓTIMA



C:\LINDO\SETUP.EXE\ENTAC16.LTX (v)

```
LP OPTIMUM FOUND AT STEP      0

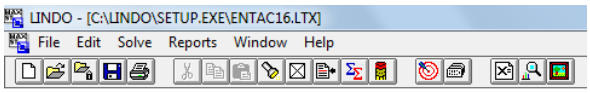
        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

        1)      4538.650

 VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
       XA         0.000000        338.950012
       XB         8.000000          0.000000
       XC         7.000000          0.000000
       XD         0.000000          0.000000
       XE         0.000000        352.890015
       XF         0.000000          0.000000
       XG         0.000000          0.000000
       XH         0.000000          0.000000
       XI         1.000000          0.000000
       XJ         0.000000          0.000000
       XK         1.000000          0.000000
    0.OXL         0.000000          1.000000
       XM         0.000000          0.000000
       YB         2.000000          0.000000
       YC        10.000000          0.000000
       YD        20.000000          0.000000
       YE        20.000000          0.000000
       YF        23.000000          0.000000
       YG        30.000000          0.000000
       YH        34.000000          0.000000
       YI        30.000000          0.000000
       YJ        20.000000          0.000000
       YK        35.000000          0.000000
       YL        40.000000          0.000000
       YM        42.000000          0.000000
       XL         0.000000          0.000000
 YTERMINO        43.000000          0.000000
       YA         0.000000          0.000000
```

Fonte: Os autores

ANEXO 02 – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

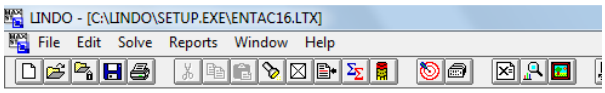


LINDO - [C:\LINDO\SETUP.EXE\ENTAC16.LTX]

File Edit Solve Reports Window Help

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
XA	0.000000	INFINITY	338.950012
XB	228.839996	110.110001	INFINITY
XC	338.950012	352.890015	108.410004
XD	0.000000	INFINITY	0.000000
XE	691.840027	INFINITY	352.890015
XF	0.000000	INFINITY	0.000000
XG	0.000000	INFINITY	INFINITY
XH	0.000000	INFINITY	0.000000
XI	104.739998	234.210007	INFINITY
XJ	0.000000	INFINITY	0.000000
XK	230.539993	108.410004	INFINITY
0.OXL	1.000000	INFINITY	1.000000
XM	0.000000	INFINITY	INFINITY
YB	0.000000	INFINITY	338.950012
YC	0.000000	INFINITY	110.110001
YD	0.000000	108.410004	0.000000
YE	0.000000	108.410004	352.890015
YF	0.000000	0.000000	0.000000
YG	0.000000	108.410004	0.000000
YH	0.000000	108.410004	0.000000
YI	0.000000	108.410004	INFINITY
YJ	0.000000	108.410004	0.000000
YK	0.000000	108.410004	INFINITY
YL	0.000000	338.950012	INFINITY
YM	0.000000	338.950012	INFINITY
XL	0.000000	INFINITY	INFINITY
YTERMINO	0.000000	338.950012	INFINITY
YA	0.000000	INFINITY	0.000000



RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	2.000000	0.000000	2.000000
3	16.000000	0.000000	7.000000
4	17.000000	INFINITY	20.000000
5	17.000000	0.000000	7.000000
6	3.000000	INFINITY	23.000000
7	10.000000	INFINITY	30.000000
8	4.000000	INFINITY	34.000000
9	10.000000	0.000000	7.000000
10	17.000000	INFINITY	20.000000
11	6.000000	0.000000	7.000000
12	6.000000	0.000000	7.000000
13	2.000000	0.000000	7.000000
14	1.000000	0.000000	7.000000
15	0.000000	0.000000	0.000000
16	8.000000	7.000000	0.000000
17	7.000000	INFINITY	0.000000
18	0.000000	0.000000	0.000000
19	1.000000	INFINITY	1.000000
20	0.000000	0.000000	0.000000
21	0.000000	34.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000	0.000000
23	1.000000	7.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000	0.000000
25	1.000000	7.000000	0.000000
26	0.000000	7.000000	0.000000
27	0.000000	7.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000	INFINITY
29	0.000000	8.000000	INFINITY
30	0.000000	7.000000	INFINITY
31	0.000000	0.000000	INFINITY
32	0.000000	0.000000	INFINITY
33	0.000000	0.000000	INFINITY
34	0.000000	0.000000	INFINITY
35	0.000000	0.000000	INFINITY
36	0.000000	1.000000	INFINITY
37	0.000000	0.000000	INFINITY
38	0.000000	1.000000	INFINITY
39	0.000000	0.000000	INFINITY
40	0.000000	0.000000	INFINITY
41	0.000000	0.000000	INFINITY
42	0.000000	2.000000	INFINITY
43	0.000000	10.000000	INFINITY
44	0.000000	20.000000	INFINITY
45	0.000000	20.000000	INFINITY
46	0.000000	23.000000	INFINITY
47	0.000000	30.000000	INFINITY
48	0.000000	34.000000	INFINITY
49	0.000000	30.000000	INFINITY
50	0.000000	20.000000	INFINITY
51	0.000000	35.000000	INFINITY
52	0.000000	40.000000	INFINITY
53	0.000000	42.000000	INFINITY
54	0.000000	43.000000	INFINITY
55	43.000000	7.000000	0.000000

Fonte: Os autores

APÊNDICE 01 - TABELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL (CURVA REDUZIDA DE GAUSS)

z	0,0000	0,0100	0,0200	0,0300	0,0400	0,0500	0,0600	0,0700	0,0800	0,0900
0,0000	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1000	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2000	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3000	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4000	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1733	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5000	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2113	0,2157	0,2190	0,2224
0,6000	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7000	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8000	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9000	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0000	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1000	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3738	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2000	0,3849	0,3869	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4137	0,4162	0,4177
1,3000	0,4032	0,4049	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,4000	0,4192	0,4207	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,5000	0,4332	0,4345	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,6000	0,4452	0,4463	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4508	0,4516	0,4525	0,4533
1,7000	0,4554	0,4463	0,4656	0,4664	0,4671	0,4878	0,4886	0,4893	0,4699	0,4706
1,8000	0,4641	0,4564	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
1,9000	0,4713	0,4649	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,0000	0,4772	0,4719	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,1000	0,4821	0,4778	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,2000	0,4861	0,4826	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,3000	0,4893	0,4864	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4932	0,4936
2,4000	0,4918	0,4896	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,5000	0,4938	0,4920	0,4946	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,6000	0,4953	0,4940	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,7000	0,4965	0,4955	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,8000	0,4974	0,4866	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
2,9000	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0000	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1000	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2000	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3000	0,4995	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4000	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5000	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998
3,6000	0,4998	0,4998	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,7000	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,8000	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,9000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
4,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS FORNECEDORES DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

COSTA, Ada Catarina Soares de Sena (1); COMELLI, Mariana Lira (2); PINTO, Isabelly Christiny Monteiro de Souza (3); NEVES, Antônio Arthur Fortaleza (4); CAMPOS, Vanessa Ribeiro (5)

(1) PEC/UFC, e-mail: adacsena@hotmail.com; (2) PEC/UFC, e-mail: marianacomelli@yahoo.com.br; (3) PEC/UFC, e-mail: isabellycmsp@gmail.com; (4) PEC/UFC, e-mail: arthur@artificearquitetura.com.br; (5) PEC/UFC, e-mail: vanessa.campos@ufc.br

RESUMO

A relação entre as construtoras e os fornecedores dos diversos insumos necessários para a execução de um empreendimento tem uma influência determinante para o sucesso ou insucesso de uma obra. Além disso, a compra de insumos representa parcela significativa em seus custos, justificando a relevância de se obter fornecedores que garantam produtos de qualidade. Nesse sentido, realizar a avaliação de desempenho dos fornecedores contribui para a redução de custos, riscos e promove a melhoria contínua. O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho dos principais fornecedores de revestimentos cerâmicos da cidade de Fortaleza/CE e identificar os pontos fracos dos fornecedores que necessitam de intervenções voltadas para a melhoria da qualidade dos seus produtos e serviços oferecidos. Concluiu-se que as construtoras possuem bom relacionamento com seus fornecedores, pois os mesmos mostram-se flexíveis com os serviços prestados, praticam preço e prazo de pagamento justo e fornecem produtos com boa qualidade, embora sejam esperadas que haja melhorias principalmente quanto ao fornecimento de peças de mesma tonalidade. Por outro lado, necessitam melhorar o cumprimento dos prazos de entrega, a qualidade das embalagens dos produtos e o cuidado com a entrega nas obras, a fim de se evitar danos nos produtos.

Palavras-chave: Gestão da cadeia de suprimentos. Desempenho dos fornecedores. Revestimentos cerâmicos.

ABSTRACT

The relationship between construction companies and suppliers of various inputs necessary for the implementation of an enterprise has a decisive influence on the success or failure of a work. In addition, the purchase of inputs represents a significant portion of their costs, justifying the importance of getting suppliers to ensure quality products. In this sense, carry out performance evaluation of suppliers helps to reduce costs, risks and promotes continuous improvement. This study was conducted to evaluate the performance of the ceramic covering suppliers of Fortaleza/CE and identify the weaknesses of vendors that need interventions aimed at improving the quality of its products and services. It was concluded that the builders have good relationships with their suppliers, as they prove to be flexible with the services provided, practice price and term fair pay and provide products with good

[1]COSTA, A. C. S. de S.; COMELLI, M. L.; PINTO, I. C. M. de S.; NEVES, A. A. F.; CAMPOS, V. R.. Avaliação de desempenho dos fornecedores de revestimentos cerâmicos para a Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

quality, although they are expected there improvements particularly for the supply of parts of the same hue. On the other hand, they need to improve compliance with deadlines, quality of product packaging and care delivery in the works in order to avoid product damage.

***Keywords**: Supply chain management. Supplier performance. Ceramic covering.*

1 INTRODUÇÃO

Para o aprofundamento da problemática que envolve o tema desta pesquisa é importante abordar os conceitos de cadeia de suprimentos existentes na literatura. Para Ballou (2006), a cadeia de suprimentos engloba todo o percurso e as atividades relacionados com o fluxo e a transformação de mercadorias, desde o estágio da matéria-prima (extração) até o usuário final, bem como os respectivos fluxos de informação.

Slack *et al*. (2013) associa cadeia de suprimentos aos relacionamentos internos entre os processos e aos relacionamentos externos entre as operações. Outros autores como Isatto (2005) definem cadeia de suprimentos de forma adequada ao contexto da construção civil, afirmando tratar-se de "um sistema composto por múltiplas empresas conectadas através de ligações econômicas com o propósito de produzir um bem ou serviço a um usuário final".

Algumas características que diferenciam a cadeia de suprimentos na construção civil aos demais setores são apresentadas por Vrijhoef e Koskela (2000), como por exemplo, o fato de tratar-se de uma cadeia de suprimentos convergente que direciona todos os insumos para o canteiro de obras, onde o objeto é construído a partir dos materiais concebidos. Diferente de outros sistemas de fabricação que envolve a produção de inúmeros produtos destinados a muitos clientes, o processo de construção envolve neste sistema o resultado de um produto único.

A relação entre as empresas construtoras e os fornecedores dos diversos insumos necessários para a execução de um empreendimento tem uma influência determinante para o sucesso ou insucesso de uma obra, assim como as operações que envolvem todo este processo, já que o sistema de construção depende, dentre outros fatores, que os materiais sejam entregues de forma correta, de acordo com as referências e quantidades solicitadas pelo comprador, e dentro do prazo acordado entre as empresas contratantes e contratadas.

A gestão de compras desempenha um papel importante dentro das empresas. Trata-se da função que faz a conexão entre a unidade produtiva e seus mercados fornecedores. Cabe ao gerente de compras da empresa compreender em detalhes as necessidades de todos os processos, bem como as capacitações dos fornecedores que possuem potencial em suprir produtos e serviços para a organização. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009)

De acordo com Bowersox *et al*. (2014), os produtos e os serviços comprados estão entre os elementos de maior custo na maioria das empresas. Para ilustrar esta afirmação, os autores citam que em uma tradicional empresa

industrial dos Estados Unidos, os custos com produtos e serviços comprados contabilizam cerca de 55 centavos de cada dólar vendido. Admite-se, contudo, que o envolvimento ativo dos fornecedores pode contribuir para a redução de custos.

Dada a importância dos fornecedores para as organizações, as empresas passaram a investir no estabelecimento de relações duradouras com aqueles que apresentam bom desempenho, mesmo que sejam em pequeno número, desde que possuam maior credibilidade e qualidade, uma vez que a matéria-prima fornecida é primordial para a qualidade dos produtos fabricados. (ARAÚJO, 2012)

A gestão do desempenho dos fornecedores é definida por Gordon (2008) como sendo um processo de avaliação, medição e monitoramento do desempenho do fornecedor para efeito de redução de custos, riscos e promoção da melhoria contínua. Ainda segundo o autor, essa prática ajuda as empresas a concentrar recursos em atividades que agreguem valor, em vez de reagir a problemas causados pelo desempenho do fornecedor (ou seja, defeitos, paralisações, atrasos nas entregas aos clientes, etc.).

Conforme Araújo (2012), para garantir fornecedores adequados à necessidade da empresa e os resultados esperados com as parcerias, faz-se necessário realizar uma avaliação de desempenho destes, não devendo buscar aqueles que forneçam apenas o menor preço. Essa análise deve levar em consideração vários critérios baseados nos objetivos de desempenho, a saber: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo.

As diferentes técnicas e modelos para a seleção e avaliação de fornecedores possuem suas próprias forças e limitações de acordo com diferentes situações (AKSOY; ÖZTÜRK, 2011). Porém, em um estudo realizado por Wu e Barnes (2011), verificou-se que o critério de avaliação mais adotado trata-se da qualidade, seguido por entrega, preço ou custo e assim por diante.

No caso de uma empresa querer estabelecer um sistema de produção Just in Time (JIT), é necessário que o seu fornecedor seja capaz de fornecer matérias-primas a tempo, porque em um ambiente JIT, não há abono para atrasos ocasionados pela falta destas. Na ocorrência de atrasos, a empresa deixa de oferecer o produto a seus clientes em tempo e ainda passa a gerar mais resíduos devido ao desligamento da linha de produção. Fica claro, portanto, que o sucesso da produção JIT depende substancialmente de trabalhar com cooperativas e fornecedores confiáveis. (AKSOY; ÖZTÜRK, 2011).

A falha no fornecimento gera uma ruptura da cadeia de atividades, e esta, por sua vez, ocasiona danos financeiros aos contratantes. Nesse sentido, a investigação do desempenho dos fornecedores contribui para a realização de uma adequada seleção destes, visando eliminar os riscos de haver falha dos parceiros em atender aos requisitos contratados. (DENICOL, 2014)

Na construção civil, os revestimentos cerâmicos constituem um insumo importante para a cadeia de suprimentos de obras de edificações. Devido às inúmeras vantagens obtidas pela sua aplicação, tais como, proteção à alvenaria, boa estética e facilidade de limpeza, tornaram-se praticamente indispensáveis. Por este motivo, as construtoras devem contar com fornecedores confiáveis que ofereçam produtos da melhor qualidade possível e capazes de atender adequadamente às necessidades para as quais foram solicitadas.

Nesse sentido, o objetivo desse artigo consiste, portanto, em avaliar o desempenho dos principais fornecedores de revestimentos cerâmicos apontados por empresas construtoras atuantes na cidade de Fortaleza/CE, e identificar os pontos fracos dos que necessitam de intervenções voltadas para a melhoria da qualidade dos seus produtos e serviços oferecidos.

2 METODOLOGIA

A escolha do objeto de estudo se deu mediante conversa informal com alguns representantes de construtoras, visando identificação dos itens de maior consumo em suas obras e que dependiam do estabelecimento de uma relação de confiança com seus fornecedores para que não houvessem atrasos nos cronogramas de suas obras, assim como impactassem diretamente na qualidade final das mesmas.

Dentre os itens citados, os revestimentos cerâmicos se destacaram por se tratarem de produtos que ficam aparentes, e, portanto, suas qualidades são facilmente detectadas. Dessa forma foi determinado que seria realizada a análise do desempenho de fornecedores de revestimentos cerâmicos para construtoras atuantes em Fortaleza/CE.

Sena (2014) desenvolveu um questionário especificamente com o objetivo de avaliar o desempenho de fornecedores de tijolos. Após análise deste questionário, verificou-se que o mesmo se encontrava apropriado para investigar o desempenho dos principais fornecedores de revestimentos cerâmicos para empresas atuantes na construção civil, portanto, no presente estudo foi utilizado este questionário.

O questionário é constituído por onze questões fechadas para as quais o entrevistado declara o seu grau de concordância de acordo com as opções disponíveis: concordo totalmente, concordo, regular (imparcial), discordo, discordo totalmente. Esse tipo de avaliação baseada na escala de Likert é tipicamente utilizado para realizar avaliações de desempenho de operações e serviços. O questionário abrange ainda duas questões abertas, em que os respondentes podem citar pontos positivos e negativos do fornecedor avaliado, assim como propor sugestões de melhoria para o fornecimento dos insumos.

Para a maior confiabilidade das respostas dadas, padronizou-se a aplicação dos questionários aos profissionais que estavam diretamente ligados ao setor de compras das construtoras, pois apresentavam potencial em fornecer

informações mais reais possíveis, uma vez que os mesmos possuíam ligação direta com os fornecedores.

A partir dos questionários respondidos, foi realizada a quantificação e a identificação dos fornecedores citados, além de ter sido identificada a frequência de respostas para cada item do questionário que reflete o quão próximo de atingir os objetivos de desempenho os fornecedores de revestimentos cerâmicos se encontram. Vale salientar que serão mantidas em sigilo as identidades das partes envolvidas.

Ao longo da análise dos resultados, constatou-se a necessidade de coleta de dados secundários (tempo de atuação no mercado, por exemplo) acerca dos fornecedores citados, dados estes que foram obtidos junto às suas páginas da internet.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor disposição dos resultados obtidos com a aplicação dos questionários, houve a necessidade de agrupar o conteúdo de algumas respostas. Portanto, os resultados são apresentados e discutidos dentro de cada item a seguir.

3.1 Identificação das construtoras investigadas e dos fornecedores de revestimento

O foco principal para a aplicação dos questionários foram empresas construtoras de edifícios residenciais verticais de padrão médio-alto, atuantes na cidade de Fortaleza/CE. Dez empresas se disponibilizaram a participar da pesquisa, selecionando um representante para cada, dentre engenheiros, almoxarifes e responsáveis pelo setor de compras, que dominassem as informações necessárias sobre o processo de fornecimento de revestimentos cerâmicos para as obras.

Cada empresa construtora, identificadas pelas letras de A à J conforme Quadro 1, apresentou um de seus principais fornecedores de revestimentos cerâmicos, responsável pelos maiores volumes de vendas para suas obras. Foram citados seis fornecedores (fabricantes), identificados por nomes fantasias compostos pela letra F seguida de um número. O Quadro 1 aborda o tempo de atuação no mercado por parte dos fornecedores, assim como revela quais construtoras possuem relação com cada um deles.

Quadro 1 – Fornecedor x tempo de mercado x cliente

Fornecedor	Tempo de mercado do fornecedor	Construtora (cliente)
F1	36 anos	A, C e F
F2	43 anos	B
F3	55 anos	D e E
F4	63 anos	G e I
F5	50 anos	H
F6	31 anos	J

Fonte: Os autores.

As empresas fornecedoras citadas possuem reputação forte no setor de revestimentos cerâmicos, com nomes já solidificados no ramo e atuantes no mercado há mais de 30 anos, conforme apresentado no Quadro 1. A empresa fornecedora F1, reconhecida como uma das maiores empresas de revestimentos cerâmicos, fornece insumos para três construtoras entrevistadas. As empresas F3 e F4 fornecem material para duas construtoras, que não se repetem entre si. Já os fornecedores F2, F5 e F6, possuem cada um, apenas uma cliente, que também não se repete.

A quantidade de fornecedores de revestimento cerâmico citados entre as dez construtoras evidencia que este setor possui uma variedade de opções, que traz para a cadeia de suprimentos das obras, alternativas de preços, prazos e qualidade nos produtos. Desta forma, proporcionam para os projetistas e arquitetos possibilidades para escolher e inovar na indicação das referências de revestimentos cerâmicos em seus projetos, conforme as necessidades dos empreendimentos ou solicitações dos clientes finais.

3.2 Considerações quanto à qualidade do produto oferecido: especificações técnicas, resistência e acabamento

Em termos de atendimento das especificações técnicas dos produtos, houve unanimidade para a satisfação. Quanto à resistência e qualidade do acabamento das peças, 70% estão de acordo ao atendimento e 30% se mostraram neutros na opinião.

É importante ressaltar alguns pontos de insatisfação dos clientes e sugestões de melhorias na qualidade. Nesse sentido, a construtora C apontou a necessidade de se realizar um melhor acabamento nas placas cerâmicas, e que a classificação das mesmas, esteja de acordo com sua real qualidade. Também, relatou a insatisfação com o desempenho do material na presença de umidade, uma vez que apresentavam expansão superior ao permitido para aquela classe de produto.

A diferença de tonalidade entre as placas cerâmicas de mesmo lote foi uma reclamação de 30% dos entrevistados, e a diferença de dimensões entre as peças, foi citado pela Construtora A como um dos requisitos que precisam ser melhorados através do maior controle de qualidade.

3.3 Considerações quanto à logística de entrega do produto: quantidade, materiais sem danos ou defeitos, prazo e agilidade na entrega

Com relação à logística de entrega dos revestimentos cerâmicos na obra, todas as construtoras expressaram confiança em seus fornecedores de que entregam o produto certo e na quantidade correta, de acordo com o que foi solicitado. Porém, apesar de 80% das construtoras estarem de acordo com o recebimento de produtos sem danos ou defeitos, 20% dos entrevistados relataram insatisfação com o estado das embalagens, bem como a existência de produtos quebrados no interior das mesmas.

Como sugestão de melhorias, foram apontadas a necessidade de melhoria na qualidade das embalagens e um cuidado maior no transporte e manuseio destas, algo que pode ser resolvido mediante o atendimento de recomendações presentes em manuais de instruções, por exemplo.

Sobre o cumprimento dos prazos de entrega e a agilidade nos serviços, as construtoras delataram como sendo quesitos em que os fornecedores deixam a desejar e precisam melhorar, pois são de extrema importância para o andamento da obra e cumprimento do cronograma previsto para que não ocorram atrasos. Metade das construtoras disse estar parcialmente satisfeita com os prazos de entrega de materiais.

3.4 Considerações sobre preços e flexibilidade nas formas de pagamento

Os responsáveis pelas negociações e compras dos revestimentos cerâmicos para as construtoras demonstraram, em sua totalidade, estarem satisfeitos com a flexibilidade na forma de pagamento oferecida pelos fornecedores. Foi quase unânime a satisfação com os preços cobrados pelos produtos, pois se encontram dentro da média de preços praticada pelo mercado, segundo as construtoras. A única exceção foi a construtora H, que julgou estar parcialmente satisfeita com os preços oferecidos pelo seu fornecedor. Este resultado positivo se deve pela administração das negociações por meio da cooperativa do setor, que contribui para que as construtoras colham os benefícios sobre a aquisição dos insumos à preço justo.

3.5 Considerações sobre o relacionamento construtoras x fornecedores

Quando abordados sobre a comunicação e o bom relacionamento com seus fornecedores, os representantes das construtoras demonstraram estarem satisfeitos, pois existe uma facilidade no contato e atendimento quando solicitados. Porém, as construtoras B e I com relação aos seus fornecedores F2 e F4, respectivamente, relataram que o serviço poderia ser melhorado se existisse uma assistência técnica nas obras com visitas mais constantes dos fornecedores, principalmente durante a fase de execução da obra, pois colaboraria de forma mais efetiva na resolução e prevenção de possíveis problemas.

Sobre o atendimento na solicitação de materiais em pequena quantidade e reposição, as construtoras D e E sentem uma dificuldade para com o fornecedor F3, pois, na maioria das vezes, não existe material para pronta entrega, e em caso de pedido de reposição, há demora na entrega, o que atrasa o cronograma do serviço de assentamento já iniciado.

4 CONCLUSÕES

Diante da abordagem feita com as construtoras por meio de aplicação de questionário, e conforme resultados obtidos, foi possível elaborar as seguintes conclusões acerca do desempenho dos fornecedores de revestimentos cerâmicos para a indústria da construção civil da cidade de Fortaleza/CE:

- A qualidade dos revestimentos cerâmicos embora satisfatória é passível de melhoria, mas não é possível afirmar se foram julgados adequadamente de acordo com suas funções específicas;
- As construtoras estão satisfeitas com os preços e prazos de pagamento oferecidos por seus fornecedores, pois são negociadas através da cooperativa do setor, não havendo grande variedade de preços entre fornecedores;
- Quanto à qualidade no atendimento de reposição de materiais, é importante que os fornecedores melhorem este serviço com a disponibilidade de mais produtos ofertados à pronta entrega, apesar das construtoras estarem satisfeitas com a flexibilidade no atendimento e serviço prestado;
- Os fornecedores não se mostraram muito confiáveis no quesito entrega dentro do prazo estabelecido, mas no geral entregam o produto correto e na quantidade correta;
- Existe a necessidade de melhoria das embalagens e um maior cuidado na entrega do produto nas obras, evitando danos e, consequentemente, desperdício de material;
- A maioria dos clientes (construtoras) possui um bom relacionamento com os fornecedores e declaram ter facilidade em dialogar com os mesmos.

Recomenda-se que haja interesse por parte dos fornecedores de revestimentos cerâmicos em saber qual o grau de satisfação obtido junto ao seu mercado consumidor, e que os clientes (construtoras) realizem a avaliação de desempenho dos seus fornecedores, a fim de se obter benefício múltiplo para ambas as partes, gerado a partir do estabelecimento de uma relação de confiança e fidelidade. Tal atitude influi diretamente na qualidade do produto final e atendimento das necessidades do cliente final.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas construtoras que colaboraram com o estudo, assim como a todos os profissionais que concederam as entrevistas e auxiliaram nas visitas. Agradecem ainda a CAPES e à FUNCAP pelo suporte financeiro prestado para a realização dos estudos.

REFERÊNCIAS

AKSOY, A.; ÖZTÜRK, N. Supplier selection and performance evaluation in just-in-time production environments. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 5, p. 6351-6359, mai. 2011. ISSN 0957-4174. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417410013424>. Acesso em: 28 nov. 2015.

ARAÚJO, M. C. B. **Modelo integrado para seleção e avaliação de desempenho de fornecedores**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2006.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby; BOWERSOX, John C. **Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

DENICOL, J. **Sistemática para seleção de fornecedores na indústria da construção civil**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

GORDON, Sherry R. **Supplier evaluation and performance excellence: a guide to meaningful metrics and successful results**. J. Ross Publishing, 2008.

ISATTO, Eduardo Luis. **Proposição de um modelo teórico-descritivo para a coordenação inter-organizacional de cadeias de suprimentos de empreendimentos de construção**. 2005. Tese (Doutorado em engenharia) – Programa de pós-graduação em engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SENA, J. C. **Avaliação do desempenho de fornecedores da cadeia de suprimentos na construção civil**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, 2014.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Atlas, 2009.

SLACK, Nigel et al. **Gerenciamento de Operações e de Processos: Princípios e práticas de impacto estratégico**. Bookman Editora, 2013.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. The four roles of supply chain management in construction. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 6, n. 3-4, p. 169-178, dez. 2000. ISSN 1478-4092. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969701200000137>. Acesso em: 2 nov. 2015.

WU, C.; BARNES, D.A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. J**ournal of Purchasing & Supply Management**, v. 17, n. 4, p. 256-274, dez. 2011. ISSN 1478-4092. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1478409211000495>. Acesso em: 28 nov. 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

VERIFICAÇÃO DA ADEQUAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PCMAT DE ACORDO COM O PORTE DA OBRA[1]

COSTELLA, Marcelo F. (1); SILVA, Daniela De Lourdes B. B. da (2); PILZ, Silvio E. (3); BORTOLOSSO, Heleia (4); ROSSI, Simone L. (5)

(1) UNOCHAPECÓ e IMED, e-mail: costella@unochapeco.edu.br; (2) UNOCHAPECÓ, e-mail: dani_brito@unochapeco.edu.br; (3) UNOCHAPECÓ, e-mail: silvio@unochapeco.edu.br; (4) UNOCHAPECÓ, e-mail: heleia@unochapeco.edu.br; (5) UNOCHAPECÓ, e-mail: simone.rossi@unochapeco.edu.br

RESUMO

Considerando as exigências da NR-18, a pesquisa objetivou verificar a adequação e implantação do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção - PCMAT em canteiros de obras de pequeno, médio e grande porte, a partir de um projeto de iniciação científica. Para isso foram elaboradas duas listas de verificação, sendo uma referente à elaboração e outra sobre a implantação do PCMAT, as quais foram aplicadas em 30 canteiros de obras na cidade de Chapecó-SC. Os resultados encontrados apontaram que apenas dezesseis entre os trinta canteiros pesquisados dispunham de PCMAT, sendo 100% em obras de grande porte, 50% de médio porte e apenas 10% de pequeno porte. Dentre as obras que possuíam PCMAT, as principais não-conformidades estão relacionadas aos projetos de execução das proteções coletivas (42% de cumprimento na elaboração do PCMAT e 35% na implantação do PCMAT na obra) e ao cronograma de implantação das medidas preventivas (48% na elaboração e 26% na implantação). Para os dezesseis canteiros que possuíam PCMAT, a média geral de cumprimento foi de 69% na elaboração e 58% na implantação do PCMAT. Os resultados alcançados permitem afirmar que existe a necessidade de melhorar o projeto do PCMAT, mas é ainda mais pertinente a total implantação do programa para a melhoria das condições de segurança nos canteiros de obras.

Palavras-chave: NR-18; Segurança do trabalho na construção; Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção - PCMAT.

ABSTRACT

Considering the requirements of NR-18, this study seeks to verify the adequacy and implementation of the Work Environment and Conditions Program (Portuguese acronym PCMAT) in the Construction Industry in small, medium and large construction sites, based on an undergraduate research project. Two checklists were developed to this end, one related to the development and the other to the implementation of PCMAT. They were applied to 30 construction sites in the city of Chapecó-SC. The findings show that only sixteen of the thirty surveyed sites applied PCMAT, 100% of large works, 50% of medium-sized works and only 10% of small works. Among the works that employed PCMAT, the main non-conformities are related to the execution of collective protection projects (42% compliance in the development of the PCMAT and 35% in the implementation of the PCMAT of the work) and to the implementation schedule of preventive measures (48 % in the development and 26%

[1] COSTELLA, M. F.; SILVA, D. L. B. B.; PILZ, S. E..; BORTOLOSSO, H.; ROSSI, S. L. Verificação da adequação e implantação de PCMAT de acordo com o porte da obra. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

implantation). For sixteen sites that employed PCMAT, the overall average compliance was 69% in the development and 58% in the implementation of PCMAT. The results allow for the assertion that there is a need to improve the PCMAT design, but the full implementation of the program to improve safety conditions at construction sites is even more pertinent.

Keywords: *NR-18; Work safety in construction; Work Environment and Conditions Program in the Construction Industry - PCMAT.*

1 INTRODUÇÃO

Os trabalhadores do setor da construção civil apresentam um alto número de acidentes graves durante a jornada de trabalho. Ao analisar esses acidentes, Camino López et al. (2008) e Ling, Liu e Woo (2009) destacam que a construção é uma das maiores geradoras de acidentes do trabalho, mesmo tendo uma regulamentação considerada extensa.

Quando não há o cumprimento das legislações - referentes à segurança e saúde do trabalhador - a realização das atividades em diversas obras expõem o operário aumentando o risco de acidentes (como por exemplo: trabalhos em altura sem cinto de segurança e ancoragem adequada, trabalhos realizado próximo a redes energizadas, falta de guarda-corpos, e outros). A segurança do trabalho é um dos componentes que não é incorporado ao planejamento da obra, de forma que itens importantes passem a ser ignorados, tais como a elaboração e implementação de programas relativos à área de segurança e saúde.

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) regulamenta a NR-18 (BRASIL, 2015) e obriga a concepção e implantação do PCMAT – Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. O PCMAT compõe um conjunto de medidas de segurança a serem tomadas pelas empresas construtoras visando preservar a integridade física e a saúde dos colaboradores que venham a estar presente no canteiro de obras. De acordo com a NR-18, que atualmente se encontra em revisão, o PCMAT é obrigatório em estabelecimentos com 20 trabalhadores ou mais. No entanto, para a cidade de Chapecó-SC, em função da Convenção Coletiva de Trabalho vigente, existe a obrigatoriedade do PCMAT para canteiros com 5 colaboradores ou mais.

Assim, o objetivo geral da pesquisa é avaliar a confecção e a implantação do programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção (PCMAT) em obras de pequeno, médio e grande porte.

2 SEGURANÇA DO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E O PCMAT

A segurança do trabalho na construção civil, segundo Martins e Serra (2003), é definida como o conjunto de medidas adotadas com o objetivo de reduzir os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade e a capacidade de trabalho do operário. A segurança age como um componente do processo de produção, de forma que sua inserção no planejamento da empresa resulta na preservação do patrimônio humano e material.

A viabilidade da implantação dos sistemas de segurança no trabalho, que vai desde a etapa de projeto até o final da execução da obra, conforme Guimarães et al. (2003), pode ocorrer mais facilmente se a segurança já estiver inclusa em um sistema de gerenciamento da empresa, pois trata-se da interligação de todos os processos gerenciais. A partir desses sistemas definem políticas de segurança e procedimentos de acordo com a respectiva legislação pertinente, entretanto, a maioria dos acidentes e lesões na construção é o resultado direto do não cumprimento dos procedimentos estabelecidos pela própria empresa (ABUDAYYEH et al., 2006; WAEHRER et al., 2007).

Portanto, através da gestão - que inclui planejamento, mensuração e análise crítica, principalmente de programas como o PCMAT - que a construção civil poderá refletir positivamente ações em relação ao desempenho de redução de acidentes e doenças no trabalho.

A Norma Regulamentadora das Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (NR-18) preconiza o estabelecimento de diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e organização. Sobretudo, o objetivo é implementar medidas de controle e sistemas de prevenção de segurança nas atividades, condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção. O item 18.3 desta norma estabelece a implantação do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, o PCMAT (BRASIL, 2015).

Para Saurin e Formoso (2000), o PCMAT consiste em um projeto de segurança no trabalho do empreendimento e defende sua obrigatoriedade com a ideia de que seria útil a padronização de conceitos, escopo e procedimentos de execução do PCMAT em uma norma da ABNT ou em uma recomendação técnica de procedimento (RTP) específica.

Skowronski e Costella (2004) ressaltam a importância de o programa ser elaborado por um engenheiro de segurança do trabalho e executado pelo engenheiro responsável da obra, devido a sua elaboração ocorrer antes da implantação do canteiro de obras. Durante o andamento da obra o PCMAT deve ser atualizado sempre que novos processos iniciarem ou novos riscos e perigos forem detectados.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa foi realizada em duas etapas. Primeiramente, foi confeccionada uma lista de verificação para avaliar se o documento do PCMAT atendia às exigências contidas na NR-18 e, posteriormente, se o PCMAT estava efetivamente implantado no canteiro de obras. A lista de verificação foi dividida em partes (Quadro 1), que contemplava a elaboração e a implantação do PCMAT, os quais foram analisados individualmente.

Quadro 1 - Lista de verificação de confecção e aplicação do PCMAT

PCMAT			LISTA DE VERIFICAÇÃO	IMPLANTAÇÃO		
S	**N**	**NA**	**1. MEMORIAL SOBRE CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NAS ATIVIDADES E OPERAÇÕES**	**S**	**N**	**NA**
			a) O memorial contempla as características das áreas de vivência a seguir, incluindo materiais e acessórios mínimos necessários para o local:			
			· Instalações Sanitárias			
			· Vestiário			
			· Alojamento			
			· Refeitório			
			· Cozinha			
			· Lavanderia			
			· Área de Lazer			
			· Ambulatório			
			b) O memorial dispõe de relação dos riscos de acidentes e medidas de correção e controle para os seguintes serviços e equipamentos:			
			· Escavações, fundações e taludes			
			· Carpintaria			
			· Armações de aço			
			· Estrutura em concreto armado			
			· Alvenaria			
			· Estrutura do telhado			
			· Cobertura			
			· Instalações elétricas			
			· Acabamentos			
			· Gesso			
			· Pintura			
			· Máquinas, equipamentos e ferramentas			
			· Elevador de passageiros			
			· Elevador de carga			
			· Grua			
			· Andaimes			
			c) O PCMAT contempla medidas de prevenção e combate a incêndios?			
S	**N**	**NA**	**2. PROJETO DE EXECUÇÃO DAS PROTEÇÕES COLETIVAS**	**S**	**N**	**NA**
			a) São apresentados os equipamentos de proteção coletiva mínimos a serem utilizados durante a execução da obra?			
			b) Há projeto de execução das proteções coletivas?			
			c) O projeto de proteções coletivas foi elaborado por profissional legalmente habilitado na área de segurança do trabalho?			

Quadro 1 – Continuação.

S	N	NA	3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DAS PROTEÇÕES COLETIVAS E INDIVIDUAIS A SEREM UTILIZADAS	S	N	NA
			a) Há no PCMAT especificação técnica das proteções coletivas?			
			b) São especificados todos os equipamentos de proteção individual a serem utilizados, com o respectivo certificado de aprovação?			
			c) É informado o tipo de EPI que será utilizado obrigatoriamente de acordo com a função exercida?			
			d) Há descrição das orientações gerais para utilização e conservação de cada EPI?			
S	**N**	**NA**	**4. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS PREVENTIVAS**	**S**	**N**	**NA**
			a) Há cronograma de implantação das medidas preventivas?			
			b) O cronograma de implantação das medidas preventivas foi elaborado tendo como base o cronograma físico-executivo da obra?			
			c) O cronograma contempla a elaboração, implementação e atualização de programas como o PCMSO?			
			d) Há previsão para reavaliação global do PCMAT?			
			e) O cronograma de medidas preventivas prevê treinamento para os operários quando se dá início a uma nova fase da obra?			
S	**N**	**NA**	**5. LAYOUT INICIAL E ATUALIZADO DO CANTEIRO DE OBRAS**	**S**	**N**	**NA**
			a) Está anexado ao PCMAT o projeto do layout inicial do canteiro de obras?			
			b) O projeto do layout do canteiro apresenta o dimensionamento dos seguintes locais:			
			· Instalações Sanitárias			
			· Vestiário			
			· Alojamento			
			· Refeitório			
			· Cozinha			
			· Lavanderia			
			· Área de Lazer			
			· Ambulatório			
S	**N**	**NA**	**6. PROGRAMA EDUCATIVO**	**S**	**N**	**NA**
			a) O PCMAT prevê um programa educativo de prevenção de acidentes e doenças do trabalho, inclusive com sua carga horária?			
			b) O PCMAT contempla especificações de:			
			· Treinamento admissional, incluindo instruções sobre quedas de altura			
			· Treinamento periódico sobre saúde e segurança			
			c) Estão previstos os treinamentos para as seguintes etapas da obra:			
			· Escavações e fundações			
			· Carpintaria e armações de aço			
			· Estruturas de concreto			
			· Execução de serviços em alvenaria			
			· Revestimentos e acabamentos			
			· Operação de máquinas, equipamentos e ferramentas diversas			
			d) Está previsto treinamento de primeiro combate ao fogo?			

Quadro 1 – Continuação.

S	N	NA	7. PROCEDIMENTOS ÚTEIS	S	N	NA
			1.1. Sinalização de segurança			
			a) O PCMAT dispõe de relação de sinalização interna do canteiro, com avisos e cartazes informando sobre riscos, atenção e avisos, juntamente com os locais recomendados?			
			1.2. Procedimentos de emergência			
			a) O PCMAT dispõe de medidas de emergência a serem tomadas em caso de acidentes pequenos, gravidade média, alta e acidentes com óbito?			

Fonte: Elaboração dos autores

Para o desenvolvimento da segunda etapa realizou-se uma visita aos canteiros de obras para avaliação dos itens da lista de verificação. Na coleta de dados, utilizou-se o método de investigação direta, que através de visitas foram obtidos os PCMATs e também avaliadas as reais condições do meio ambiente de trabalho.

Os 30 canteiros de obras visitados em Chapecó-SC foram divididos em três tipologias: pequeno, médio e grande porte, sendo 10 canteiros para cada uma destas. As obras de pequeno porte abrangiam as residências unifamiliares de até 2 pavimentos, com área máxima de 250 m²; as obras de médio porte eram em edifícios de 2 a 4 pavimentos, com área entre 250 m² e 2.000 m². Posteriormente, as obras de grande porte eram edificações entre 4 e 16 pavimentos, com área superior a 2.000 m².

Os dados foram coletados através de uma cópia física das listas de verificação. A aplicação iniciava com a verificação do projeto do PCMAT, de acordo com as exigências do item 18.3 da NR-18. Com o PCMAT em mãos, foram identificadas as atividades que se encontravam em execução, verificando se os dispositivos de segurança projetados estavam sendo implantados. As atividades que não se encontravam em execução no dia da visita não foram consideradas.

Após avaliação geral, procedeu-se com análise dos resultados individuais dos itens, no projeto do PCMAT e na implantação, por categoria:

a) Memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho nas atividades e operações;

b) Projeto de execução das proteções coletivas;

c) Especificação técnica das proteções coletivas e individuais;

d) Cronograma de implantação das medidas preventivas;

e) *Layout* inicial e atualizado do canteiro de obras;

f) Programa educativo;

g) Procedimentos úteis.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Todos os canteiros de obras visitados possuíam 5 funcionários ou mais, portanto deveriam ter PCMAT de acordo com a Convenção Coletiva de

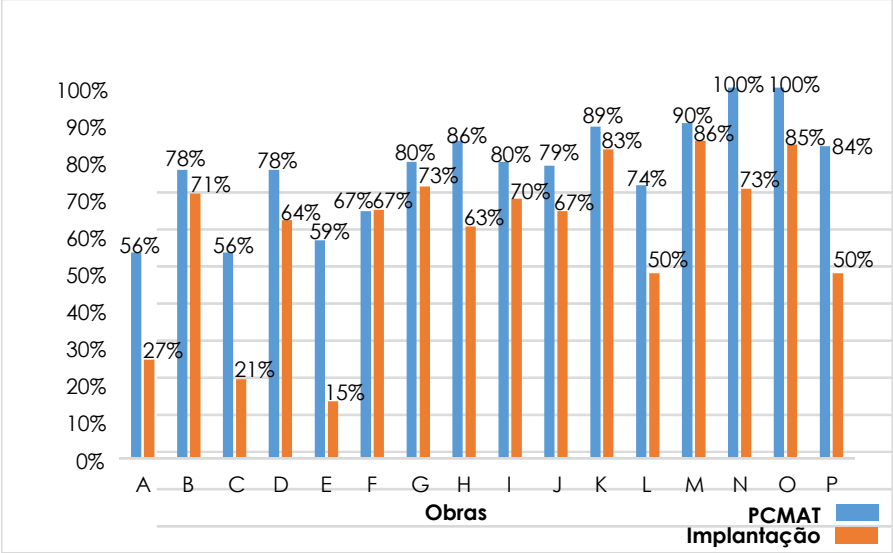
Chapecó-SC. Contudo, apenas 6 destas obras continham número superior a 20 trabalhadores, sendo todas de grande porte. Desta forma, observando as exigências da NR-18, apenas 20% dos canteiros de obras necessitariam elaborar e cumprir o PCMAT.

Nos 30 canteiros de obras visitados, apenas 16 dispunham de PCMAT, o que corresponde a 53% das obras visitadas. Dessas, uma (1) de pequeno porte denominada de Obra A; 5 de médio porte classificadas de Obra B, C, D, E e F, e 10 de grande porte denominadas Obra G, H, I, J, K, L, M, N, O e P.

4.1 Memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho nas atividades e operações

O memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho é a parte mais importante do PCMAT e deve considerar os riscos de acidentes e doenças do trabalho, bem como indicar medidas preventivas e de controle. Esse item teve um cumprimento superior a 50% dos itens avaliados em todos os 16 PCMATs avaliados (Figura 1).

Figura 1 – Porcentagem de aprovação do memorial sobre condições e meio ambiente no trabalho.



Fonte: Elaboração dos autores

Quanto à implantação dessas medidas na obra houve um cumprimento médio de 60% (Figura 1). Entretanto, é possível destacar que as 3 obras com menor grau de cumprimento eram de pequeno (A) e médio (C e E) porte.

4.2 Projeto de execução das proteções coletivas

O projeto de execução das proteções coletivas deve estar anexado ao PCMAT sempre em conformidade com as etapas de execução da obra. No entanto, esse item apresentou um cumprimento de 42%, que é considerado baixo. Entre os 16 canteiros de obras, apenas dois apresentaram 100% de

aprovação para este item (canteiros N e O). Os demais cumpriram somente o que se referia à descrição das proteções coletivas mínimas a serem executadas nos canteiros.

A maior falha observada na implantação do projeto de execução das proteções coletivas foi a própria ausência do projeto em anexo ao PCMAT. Desta forma, não foi possível obter um parâmetro para avaliar se as proteções foram executadas em conformidade com o andamento da obra.

4.3 Especificação técnica das proteções coletivas e individuais

As especificações técnicas das proteções coletivas e individuais apresentou a maior porcentagem de cumprimento dentre os sete itens analisados pela lista de verificação, totalizando 95%. A maioria das obras apresentaram PCMAT com descrição sucinta e detalhada dos EPIs a serem utilizados por seus funcionários, assim como a distinção destes de acordo com a função exercida. Já na implantação do PCMAT, onze canteiros de obras apresentaram 100% de cumprimento.

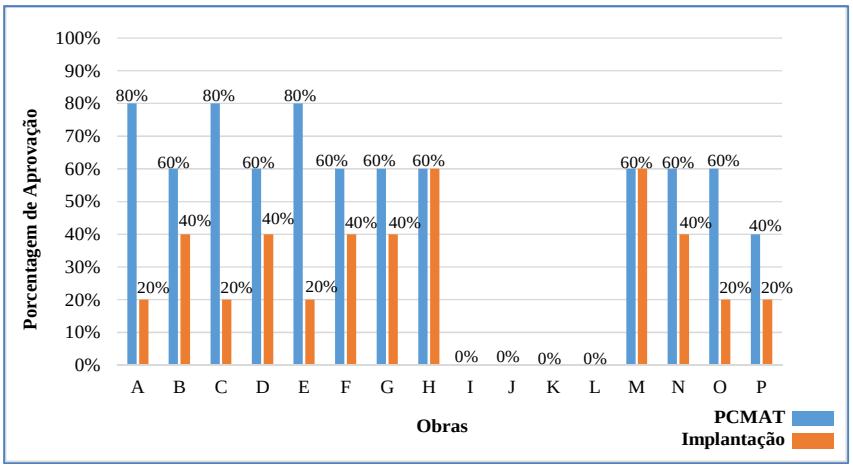
4.4 Cronograma de implantação das medidas preventivas

A elaboração do cronograma de implantação das medidas preventivas obteve um cumprimento de 48% do PCMAT. Entretanto, nenhum dos dezesseis PCMATs pesquisados apresentou 100% de conformidade para o cronograma de implantação e quatro PCMATs (I, J, K e L) sequer apresentaram cronograma (Figura 2).

Dentre os pontos falhos, verificou-se que nenhum dos cronogramas continha o acompanhamento das atividades para verificar se haviam sido executadas ou não. Ainda, grande parte dos canteiros de obras não dispunha de previsão para reavaliação global do PCMAT.

Quanto à implantação do cronograma, os resultados foram baixos, sendo que a maioria não atingiu 50% de cumprimento (Figura 2), denotando pouca atenção a tão importante item de planejamento.

Figura 2 – Porcentagem de aprovação do cronograma de implantação das medidas preventivas

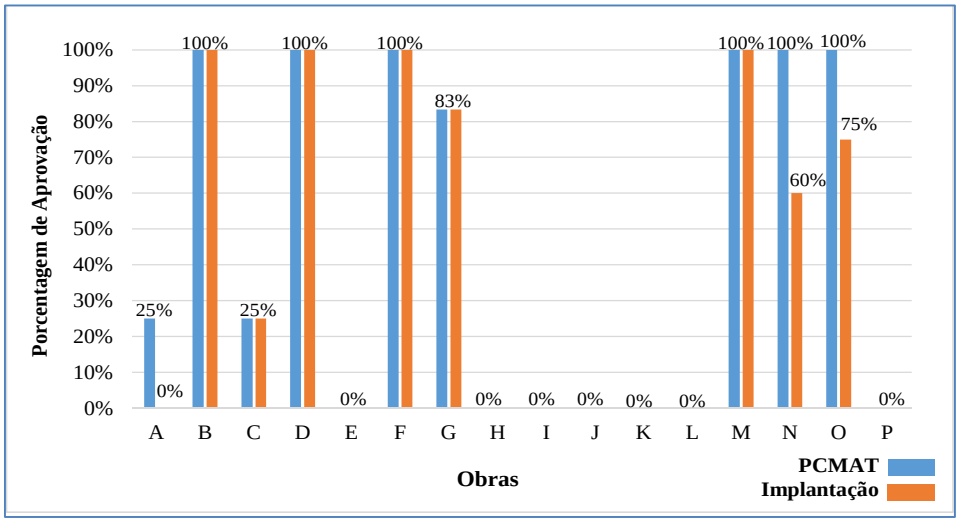


Fonte: Elaboração dos autores

4.5 *Layout* inicial e atualizado do canteiro de obras

A elaboração do *layout* do canteiro de obras apresentou uma porcentagem média de aprovação de 46%, indicando que, no geral, menos da metade dos itens aplicáveis da lista de verificação foram cumpridos. Pela Figura 3, observa-se que sete entre os dezesseis PCMATs pesquisados não dispunham do *layout* do canteiro de obras. Dos *layouts* encontrados em anexo ao PCMAT, seis deles apresentavam 100% de conformidade dos itens da lista de verificação. Para os demais, a baixa porcentagem de aprovação se deve ao fato de que, mesmo possuindo o *layout*, estes não apresentavam as dimensões adequadas para os vestiários e refeitórios.

Figura 3 – Porcentagem de aprovação do layout do canteiro de obras



Fonte: Elaboração dos autores

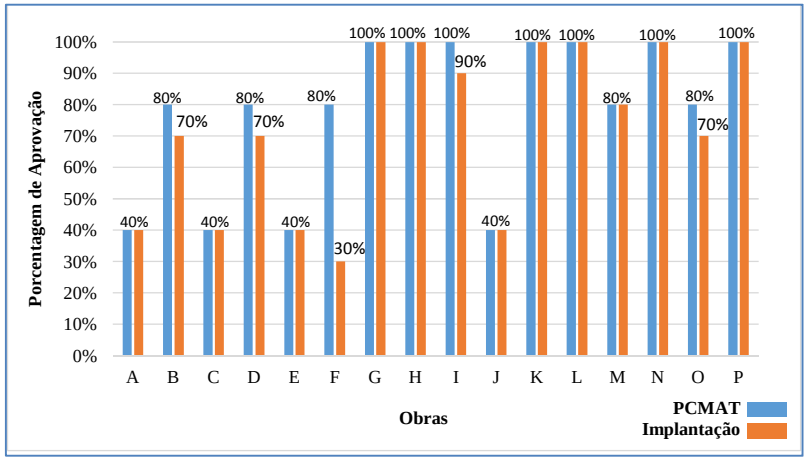
Na implantação, das 8 obras que possuíam o *layout* do canteiro de obras, pode-se perceber que os canteiros de obras B, D, F e M cumpriram todos os requisitos.

4.6 Programa educativo

O programa educativo deve contemplar o treinamento admissional e periódico para os funcionários, além de treinamentos para cada uma das atividades a serem desenvolvidas no canteiro de obras. O item da lista de verificação do PCMAT referente à elaboração dos programas educativos obteve 79% de conformidade na média geral. Todos os PCMATs previam treinamentos admissionais e periódicos de segurança, incluindo combate ao fogo com carga horária definida. Conforme a Figura 4, apenas quatro dos dezesseis PCMATs pesquisados apresentavam porcentagem de cumprimento de 40%, sendo 1 de pequeno porte, 2 de médio porte e 1 de grande porte. Os demais apresentaram conformidade superior a 80% (Figura 4).

Para os PCMATs com menor índice de aprovação, os pontos falhos estão relacionados aos itens que caracterizavam os treinamentos específicos para quando fosse iniciada uma nova etapa da obra. Os três programas educativos que apresentaram 40% de cumprimento dos itens no total não previam treinamentos para diversas atividades como escavações, fundações, carpintaria, acabamentos, entre outros.

Figura 4 – Porcentagem de aprovação do programa educativo



Fonte: Elaboração dos autores

A implantação do programa educativo resultou em um percentual médio de aprovação de 73% no geral. Dos dezesseis canteiros de obras pesquisados, seis deles apresentaram 100% de aprovação, tanto na concepção dos treinamentos, quanto na concessão dos mesmos. As falhas ocorreram na concessão dos treinamentos para cada nova etapa da obra. O canteiro de obras F, o único que teve variação significativa entre o PCMAT e a implantação nesse item, afirma em seu PCMAT que são fornecidos treinamentos para quatro em seis etapas de construção; porém os treinamentos periódicos não foram realizados.

4.7 Procedimentos úteis

Essa categoria contempla a sinalização de segurança e os procedimentos em caso de emergência e obteve 94% de cumprimento no projeto do PCMAT. Quatorze obras estavam com 100% de conformidade e os outras dois PCMATs apresentaram 50% de cumprimento dos itens, isto porque não dispunham dos procedimentos de emergência a serem adotados em caso de acidentes.

Na implantação dos procedimentos úteis descritos no PCMAT de cada uma das obras o percentual foi de 88%, sendo que doze canteiros de obras apresentavam cumprimento de 100% para o item em questão.

Quanto aos pontos falhos, apenas dois dos dezesseis canteiros de obras (J e P) diminuíram a porcentagem do PCMAT para a implantação. Isso se deve à falta de adaptação da sinalização de segurança do canteiro de obras, de acordo com o que foi descrito no PCMAT, fazendo com que o percentual de cumprimento caísse para 50%. Nos outros quatorze canteiros de obras, todos os procedimentos de emergência e sinalização foram cumpridos conforme projetados no PCMAT.

4.8 Análise final: comparativo Projeto PCMAT x Implantação

Com os resultados obtidos na elaboração e implantação do PCMAT, observou-se que os itens projeto de proteções coletivas, cronograma de implantação e *layout* inicial do canteiro de obras, apresentaram cumprimento inferior a 50% das exigências nos dois aspectos analisados (Figura 5).

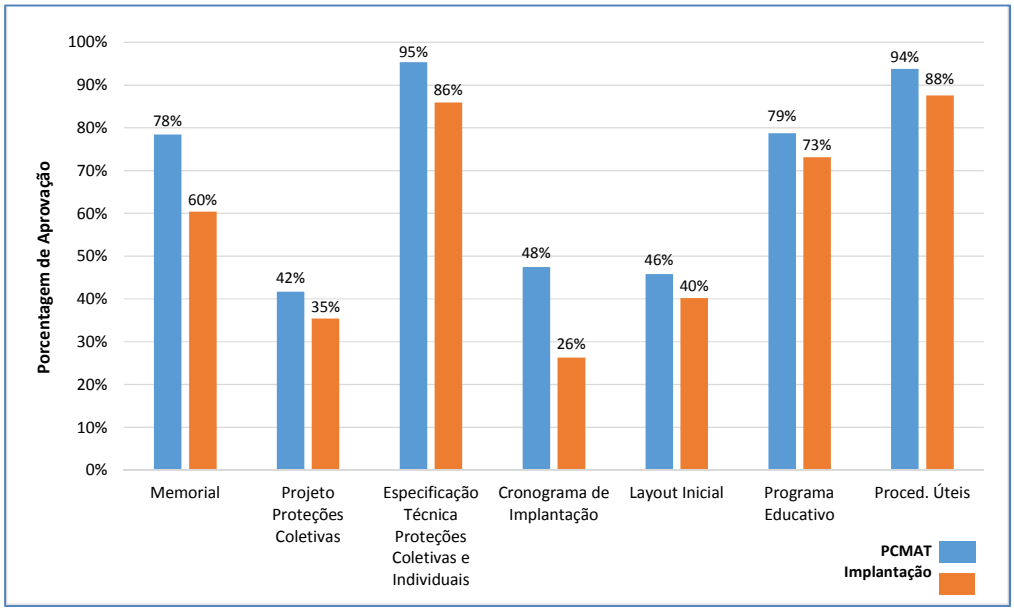
Para os itens com cumprimento acima de 75% na elaboração do PCMAT, a implantação não foi realizada integralmente de acordo com o documento em questão.

Em termos de avaliação global da lista de verificação, a média geral de cumprimento para a elaboração do PCMAT foi de 69% e para a implantação das medidas descritas no PCMAT obteve-se 59% de cumprimento.

Para os mesmos itens, a implantação do PCMAT apresenta porcentagens menores de cumprimento, quando se trata da elaboração do documento. Desta forma, quando há pouca atenção às exigências na elaboração do PCMAT, maiores são as chances de uma implantação em não-conformidade, prejudicando assim a segurança dos trabalhadores dentro do canteiro de obras.

Quanto à avaliação do cumprimento da lista de verificação por porte de obra, com exceção do item 'memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho nas atividades e operações', não foi possível aferir diferenças significativas entre os canteiros. Um fator que prejudicou essa análise foi o fato de que, dentre os canteiros de obra visitados, a maioria das obras de pequeno porte e metade das obras de médio porte não possuíam PCMAT.

Figura 5 – Média final: PCMAT x Implantação



Fonte: Elaboração dos autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final da pesquisa, diante dos resultados obtidos, foi possível constatar que a elaboração e implantação do PCMAT ainda não possui a abrangência necessária entre as empresas construtoras. Dos 30 canteiros de obras visitados, somente 53% possuíam o PCMAT disponível no local. Também ficou claro, como já apontado por Costella, Junges e Pilz (2014), que os canteiros de obra apresentam variação no atendimento aos quesitos de segurança quanto ao porte, de modo que 100% dos canteiros de grande porte possuíam PCMAT, 50% dos de médio porte e apenas 10% dos de pequeno porte.

Os resultados apontam que, tanto na elaboração do PCMAT quanto na sua implantação, os itens que apresentaram as principais não-conformidades foram o projeto de execução das proteções coletivas e o cronograma de implantação das medidas preventivas. No projeto das proteções coletivas, os PCMATs não possuíam o projeto de execução das proteções coletivas e o memorial descritivo de cálculo. Desta forma, conclui-se que a maioria dos construtores executam estas proteções sem o respectivo projeto, podendo assim comprometer a eficiência destes sistemas e a segurança dos trabalhadores.

Quanto ao cronograma de implantação do PCMAT, essa é uma ferramenta fundamental e que, como nenhum dos canteiros de obra visitados apresentou o acompanhamento da execução do cronograma, é possível afirmar que as medidas implantadas não costumavam ser visualizadas no documento do PCMAT.

Na análise geral de todos os dados e informações coletadas durante a pesquisa, para as dezesseis obras que possuíam o PCMAT, houve cumprimento de 69% para a elaboração do documento base e 58% na implantação no canteiro de obras.

Desta forma, conclui-se que a origem de grande parte das não-conformidades na implantação do PCMAT nos canteiros de obras é a própria elaboração do programa. A elaboração de um bom PCMAT é de extrema importância para uma eficaz implantação dos sistemas de segurança do trabalho na construção civil, com o intuito de minimização dos riscos de acidentes.

REFERÊNCIAS

ABUDAYYEH, Omar; FREDERICKS, T. K.; BUTT, S. E.; SHAAR, A. An investigation of management's commitment to construction safety. **International Journal of Project Management,** v. 24, n. 2, p. 167-174, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.** Brasília, 2015.

CAMINO LÓPEZ, M. A.; RITZEL, D. O.; FONTANEDA, I.; GONZÁLEZ ALCANTARA, O. J. Construction industry accidents in Spain**. Journal of Safety Research,** v. 39, p. 497–507, 2008.

COSTELLA, M. F.; JUNGES, F. C.; PILZ, S. E. Avaliação do cumprimento da NR-18 em função do porte de obra residencial e proposta de lista de verificação da NR-18. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 87–102, 2014.

GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo; SAURIN, Tarcisio Abreu; LANTELME, Elvira Maria Vieira; FORMOSO, Carlos Torres. **Contribuições para revisão da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.** In: ROMAN, Humberto Ramos; BONIN, Luis Carlos. Normalização e certificação na construção habitacional. Editores da Coletânea Roberto Lamberts e Maria Lúcia Horta de Almeida. Porto Alegre - RS: ANTAC, 2003. Cap. 9, p. 174-207. Disponível em <http://www.infohab .org.br/acervos/advanced-search>. Acesso em 14 de abril de 2014.

LING, Florence Yean Yng; LIU, Min; WOO, Yun C. Construction fatalities in Singapore. **International Journal of Project Management,** v. 27, n. 7, p. 717–726, 2009.

MARTINS, Miriam Silvério; SERRA, Sheyla Mara Baptista. Importância da elaboração do PCMAT: conceitos, evolução e recomendações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ANTAC, 2003.

SAURIN, Tarcisio A.; FORMOSO, Carlos T. **Contribuições para aperfeiçoamento das exigências da NR-18 relativas às plataformas de proteção.** Artigo técnico, 2000, Salvador - BA, 2000. v.1 p.437-444.

SKOWRONSKI, Claudete; COSTELLA, Marcelo Fabiano. Novo modelo de PCMAT baseado nas contribuições do plano de segurança e saúde na construção. In:

ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

WAEHRER, G. M.; DONG, X. S.; MILLER, T.; HAILE, E.; MEN, Y. Costs of occupational injuries in construction in the United States. **Accident Analysis and Prevention**, v. 39, n. 6, p. 1258–1266, 2007.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

INVESTIGAÇÃO DO COMPORTAMENTO ENXUTO EM OBRAS DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL[1]

CRUZ, Herbert Melo (1); VASCONCELOS, Luciano Silva (2); SANTOS, Rafaela Lima dos (3); SANTOS, Débora de Gois (4)

(1) UFS, e-mail: hmc_014@hotmail.br; (2) UFS, e-mail: lucianoarquit@gmail.com; (3) UFS, e-mail: rafaela_l@live.com; (4) UFS, e-mail: deboragois@yahoo.com.br

RESUMO

O sistema de paredes de concreto moldadas no local tem se mostrado como alternativa atual de industrialização para as construtoras, porém requer planejamento, projetos e gerenciamento eficientes e adequados a sua agilidade. O objetivo do artigo foi investigar o comportamento enxuto de engenheiros e operários de obras mais industrializadas e comparar este comportamento com o de obras que adotam sistemas construtivos tradicionais. A metodologia consistiu na aplicação de dois questionários retirados da literatura, sendo um para engenheiros e outro para operários da produção nas obras. As questões foram divididas nos grupos: definição do trabalho, medição do trabalho, comunicação e disseminação de informações, direção e motivação dos trabalhadores, programação do trabalho, uso de equipamentos e cadeia produtiva. Duas obras de paredes de concreto foram selecionadas, sendo realizadas observações diretas além de entrevistas com engenheiros e operários. Ambas as obras apresentaram bons resultados nas famílias definição do trabalho, comunicação e disseminação de informações e programação dos trabalhos, com fraca atuação na família uso de equipamentos. Diferentemente dos resultados obtidos na literatura sobre obras tradicionais, percebe-se que as obras observadas apresentaram um comportamento enxuto superior e mais simétrico, com foco não só na preparação do trabalho, mas também na gestão da produção.

Palavras-chave: Comportamento. Construção enxuta. Paredes de concreto.

ABSTRACT

The concrete walls system molded in site has proven to be current alternative to industrialization for builders. For this, it requires planning, projects and efficient management, it`s appropriated for the system agility. The paper aims to investigate the lean behavior of engineers and workers of these construction sites and identify whether this behavior is better than the traditional systems works. The methodology consisted of applying two questionnaires taken from the literature, one for engineers and other for production workers in the construction sites. The questions were divided into groups: work definition, work measurement, reporting and dissemination of information, direction and motivation of workers, work schedule, use of equipment and production chain. Two construction sites were selected and it was made interviews with engineers and production workers. Both sites showed good results in the families work definition, communication and dissemination of information and work schedule, with poor performance in the family use of equipment. Unlike the results in the literature about traditional systems, it is clear that observed construction sites showed a better

[1] CRUZ, Herbert Melo; VASCONCELOS, Luciano Silva; SANTOS, Rafaela Lima dos; SANTOS, Débora de Gois. Investigação do comportamento enxuto em obras de paredes de concreto moldadas no local. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

and more symmetric lean behavior, it have focused not only on the preparation of the work but also in production management.

***Keywords**: Behavior. Lean construction. Concrete wall.*

1 INTRODUÇÃO

As empresas construtoras estão procurando formas de aperfeiçoar sua produção, a fim de produzir com menor custo, adequando o preço de venda dos imóveis à realidade do mercado, além de garantir melhores lucros frente à queda de venda das unidades habitacionais. Porém, os entraves tradicionais do setor, que para Koskela (1992) vão além da demanda tecnológica, adentrando o campo gerencial e de sobremaneira problemas de fluxos do processo, exigem novas alternativas quanto à gestão e produção.

A industrialização da construção, aliada a filosofias gerenciais, como a Construção Enxuta, é uma maneira para a resolução destes problemas, pois se alia com as metas de melhoria de processos, que, para Wawzawski (1990) apud Koskela (1992), além de simplificar os processos de canteiro, beneficia a repetição.

O sistema de paredes de concreto moldadas no local é uma alternativa de método industrializado que tem adoção crescente das empresas construtoras, sobretudo após a sua recente normatização pela NBR 16.055:2012 (Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos) (ABNT, 2012).

Por outro lado, as mudanças na construção civil tendem a ser lentas e dificultosas e os sistemas industrializados requerem um planejamento e projetos mais eficientes, além de um gerenciamento adequado à sua rapidez e organização.

Vários autores tratam da implantação, medição da maturidade ou comportamento consequente das mudanças organizacionais. Para Nesensohn et al. (2014), é nítida a dificuldade das empresas construtoras em implementar conceitos da Construção Enxuta. Em seu trabalho, os autores tratam da medida do nível ou maturidade desta implantação.

Bressiani et al. (2003) apresentam resultados sobre o comportamento gerencial na visão da Construção Enxuta, a partir da aplicação de questionários destinados a engenheiros. Cruz e Santos (2015), utilizando a metodologia de Bressiani et al. (2003), aplicaram o questionário para engenheiros e elaboraram um questionário para analisar o comportamento enxuto de operários da produção em obras de construtoras de médio porte.

Por ser um sistema construtivo de recente difusão, que necessita de muitos conceitos enxutos para possibilitar sua real eficiência, o presente artigo objetiva investigar o comportamento enxuto de engenheiros e operários em obras de paredes de concreto moldadas no local. Visa ainda comparar os resultados desta investigação com outros extraídos da literatura, que abrangem obras de sistemas construtivos diversos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistemas Construtivos

Emprega-se atualmente na construção uma variedade de sistemas construtivos, desde o convencional, caracterizado por pilares e vigas de concreto armado moldados no local, aos mais industrializados como os de paredes de concreto moldadas no local.

Para Sabbatini (1989), a industrialização da construção é um processo evolutivo, em que engloba ações organizacionais, inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, com a finalidade de melhorar a produtividade, o nível da produção e o desempenho da atividade construtiva.

A partir da evolução das tecnologias disponíveis e da demanda do mercado por construções mais rápidas e mais baratas, as empresas construtoras estão procurando adotar sistemas construtivos industrializados como forma de atender às necessidades do mercado.

Os sistemas construtivos industrializados garantem melhor qualidade, rapidez na execução e menos perdas, levando a uma produção mais econômica e racionalizada. Porém, exigem uma maior coordenação dos projetos, um planejamento detalhado, um *layout* de canteiro eficiente que permita boas condições de movimentação e transporte, ou seja, uma obra racionalizada.

Uma das alternativas de sistema construtivo que está sendo utilizado de forma crescente pelas empresas construtoras é o sistema de paredes de concreto moldadas no local, que emprega um jogo de formas metálicas, tela de aço e concreto, sendo indicado para construções em grande escala (ALLEN; IANO, 2014). Para Massuda e Misurelli (2009), este sistema oferece produtividade, qualidade e economia em escala, por ser altamente racionalizado.

Corsini (2011) salienta que apesar de ser utilizado a cerca de 30 anos no Brasil, só recentemente foi normatizado no país pela NBR 16.055:2012 (Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos) (ABNT, 2012).

Quanto à sua execução, há ciclos sucessivos de montagem das armações, instalações elétricas, fôrmas, concretagem e desmontagem de fôrmas. Segundo Massuda e Misurelli (2009), o modo prático de se construir as paredes é o que permite este sistema ser industrializado. Além disto, há uma simplificação e eliminação de etapas construtivas, já que a moldagem das paredes de concreto englobam outras etapas como a de estrutura, alvenaria de vedação, instalações elétricas, chapisco e reboco (CORSINI, 2011; ALLEN; IANO, 2014).

Como observa Sabbatini (1989), a utilização deste e de outros sistemas industrializados requerem não só inovações tecnológicas e novos processos de execução, como também necessitam de novas formas de planejamento e gerenciamento da produção, que garantam total eficiência destes

sistemas, quanto à agilidade, redução de perdas e economia. Filosofias de produção como a Construção Enxuta, podem garantir os ganhos de sistemas construtivos industrializados, já que compreende conceitos que estimulam a inovação e melhoria contínua das empresas.

2.2 Comportamento Enxuto

De acordo com a Construção Enxuta, a produção é composta por atividades de conversão, que agregam valor ao produto, e atividades de fluxo, que devem ser reduzidas ou eliminadas (KOSKELA, 1992). Esta visão contrapõe o conceito convencional da construção que, para Isatto et al. (2000), é o de um conjunto de atividades destinadas a uma saída, transformando insumos em produtos, com processos denominados de conversões.

A filosofia enxuta tem vasta possibilidade de aplicação, tanto no gerenciamento quanto no planejamento da produção (HAMZEH; ARIDI, 2013). O *Last Planner System*™ é uma ferramenta de planejamento que considera o fluxo de trabalho, possibilitando uma gestão mais adequada de projetos de construção (BALLARD, 2000). Moura e Heineck (2014) mostram que referências da Construção Enxuta podem ser consideradas na criação de linhas de balanço.

Cândido et al. (2014) ressaltam como aspecto positivo da filosofia enxuta, que ela leva a quebra de paradigmas gerenciais conservadores. Isto abre campo para a inovação e melhoria contínua das empresas, auxiliando-as a obter um estilo gerencial mais adequado para lidar com as mudanças impostas pelos clientes e pelo mercado.

A inserção de conceitos enxutos numa empresa construtora, seja na elaboração de projetos e do planejamento ou no gerenciamento da produção, é um processo desafiante que requer mudanças no pensamento e comportamento dos gestores, engenheiros, operários e todos os envolvidos nas etapas de construção de um empreendimento.

Nesensohn et al. (2014) tratam das dificuldades em incorporar a Construção Enxuta numa empresa construtora e citam formas de medir o estado atual do processo de maturação desta introdução.

Bressiani et al. (2003) apresentam resultados sobre o comportamento gerencial na visão da Construção Enxuta. De acordo com os autores, há necessidade de intervenções por parte do meio acadêmico, para que se difundam melhor os princípios modernos de gestão. Nesta temática, Cruz e Santos (2015) investigam se existe um comportamento enxuto dos engenheiros de obra e como este comportamento foi percebido pela equipe de produção em empresas construtoras de médio porte. Nesta pesquisa foram utilizados dois questionários, um voltado para engenheiros, de autoria de Bressiani et al. (2003), e outro voltado para os operários da produção, de autoria de Cruz e Santos (2015).

O questionário para engenheiros, segundo Bressiani et al. (2003), apresenta questões voltadas ao seus comportamentos segundo a visão enxuta. Tais comportamentos, atitudes e opiniões foram retirados da literatura, considerando também as boas práticas em obra. As questões foram agrupadas em sete famílias ou grupos, abrigando atitudes referentes ao mesmo tópico de gestão, tais como: (1) definição do trabalho, (2) medição do trabalho, (3) comunicação e disseminação de informações, (4) direção e motivação dos trabalhadores, (5) programação dos trabalhos, (6) uso de equipamentos e (7) cadeia produtiva.

Heineck et al. (2009) discutem posteriormente a divisão das famílias utilizada por Bressiani et al. (2003). Segundo os autores supracitados, as famílias 1, 6 e 7 tratam da área operacional da produção enxuta, ou seja, define valor, ciclos de trabalho e fluxos, redução de perdas, uso de equipamentos, padronização e desenvolvimento de tecnologia básica. As famílias 2, 3 e 4 tratam dos aspectos comunicacionais e motivacionais junto aos trabalhadores de acordo com a produção enxuta, ou seja, a transparência, comunicação, medição, *feedback* de informações, melhoria das condições de trabalho, remuneração e motivação dos operários. A família 5 trata do planejamento e a programação da produção.

Cruz e Santos (2015) apresentam um questionário direcionado aos operários, sendo uma adaptação do questionário de Bressiani et al. (2003), objetivando verificar se o comportamento enxuto dos engenheiros é passado para a produção. Segundo os autores supracitados, o questionário apresenta uma linguagem simplificada, adequando-se ao entendimento dos operários. Além disto, foram suprimidas algumas famílias cujos temas eram direcionados exclusivamente para engenheiros, são elas: (2) medição do trabalho e (7) cadeia produtiva.

Cruz e Santos (2015) concluem em seu trabalho que as empresas construtoras que obtiveram melhores resultados foram aquelas que ofereciam treinamentos e cursos de capacitação a seus engenheiros e aos demais funcionários, introduzindo conceitos da construção enxuta principalmente no planejamento e programação de obra, além da política de qualidade. Isto mostra que efetivamente estas ações estão modificando o comportamento tanto dos engenheiros quanto da equipe de produção.

3 METODOLOGIA

O objeto de pesquisa foram duas obras de paredes de concreto moldadas no local com formas metálicas, cada uma pertencente a uma empresa construtora diferente, onde foram realizadas observações diretas seguidas de entrevistas com engenheiros e operários.

A obra A era composta por sete torres de oito pavimentos tipo, com oito apartamentos por pavimento. Contava com aproximadamente 150 funcionários e uma equipe técnica formada por quatro engenheiros: sendo um engenheiro de estruturas, um de acabamento, um de logística e um gerente de obra.

A obra B era composta por dezoito torres de quatro pavimentos tipo, com quatro apartamentos por pavimento. Tinha aproximadamente 120 funcionários e uma equipe técnica formada por dois engenheiros: sendo um engenheiro de campo e um gerente de obra.

Na obra A foram entrevistados 12 operários (representando uma amostra de 8% da quantidade total de operários atuantes na obra no momento da coleta de dados) e 1 (um) engenheiro, já na obra B foram 11 operários (amostra de 9,2%) e 1 (um) engenheiro. É válido ressaltar que todos os operários entrevistados eram profissionais responsáveis pela execução dos serviços analisados. Foram realizadas visitas em momentos distintos, objetivando uma amostra variada quanto aos serviços. Desta forma, pode-se analisar o comportamento da obra como um todo.

É importante ressaltar que nos canteiros de obras pesquisados existe uma preocupação com a redução de atividades de fluxo, principalmente no canteiro de obra A, que possui em seu quadro de funcionários uma equipe dedicada à logística interna de distribuição de materiais. Por outro lado, a obra B destaca-se na aplicação do sistema de gestão da qualidade. Ambos os canteiros de obras destacam-se no treinamento em conceitos enxutos e na redução de passos para a execução do sistema, característica que é intrínseca a este tipo de sistema construtivo.

Dois tipos de questionários estruturados fechados (respostas do tipo "Sim" ou "Não") foram utilizados nas entrevistas com os engenheiros e operários. Um deles, direcionado aos engenheiros, foi apresentado por Bressiani et al. (2003). Este questionário pode ser encontrado, por completo, em Heineck et al. (2009).

O segundo questionário, direcionado para a equipe de produção (operários), foi apresentado por Cruz e Santos (2015), denominado "Comportamento Enxuto na Produção". Nele são suprimidas as famílias: (2) medição do trabalho e (7) cadeia produtiva, que segundo os seus autores, são temas direcionados aos engenheiros, conforme já mencionado. Seu objetivo é analisar o comportamento enxuto da produção, verificando se o comportamento enxuto dos gerentes é realmente passado para a produção.

A partir da aplicação dos questionários, foi realizado um tratamento estatístico simples dos dados, utilizando planilha eletrônica, obtendo-se médias percentuais, desvios padrões e intervalos de confiança.

A análise dos dados foi semelhante à utilizada por Cruz e Santos (2015), para que fosse possível realizar comparações. Para cada obra foram calculados os percentuais de respostas afirmativas dos entrevistados, primeiramente por famílias e após para todo o questionário. Foram confrontados os percentuais obtidos do questionário dos engenheiros com o da produção (operários). Em ambos, as repostas afirmativas sugerem comportamentos enxutos.

4 RESULTADOS

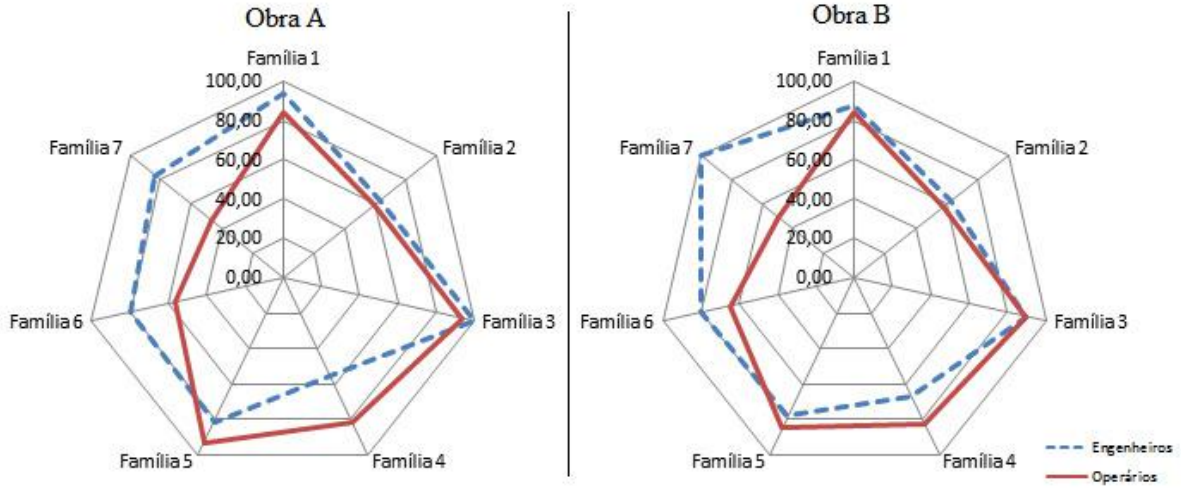
Primeiramente serão apresentados os resultados dos engenheiros e operários de ambas as obras observadas na pesquisa quanto ao comportamento enxuto por famílias. Em seguida, serão comparados os resultados obtidos do objeto de pesquisa deste trabalho (paredes de concreto) com o de obras de sistemas construtivos diversos, apresentados por Cruz e Santos (2015).

4.1 Comportamento enxuto dos engenheiros e da produção (operários) – Por família

Analisando as linhas que representam os resultados dos testes dos engenheiros (linha tracejada em azul) e operários (linha cheia em vermelho) da obra A (Figura 1), observa-se uma boa transmissão do comportamento dos engenheiros para a produção, exceto na família 6 (uso de equipamentos), uma vez que as famílias 2 e 7 foram analisadas apenas para os engenheiros. Nas famílias 4 (direção e motivação dos trabalhadores) e 5 (programação dos trabalhos), os engenheiros não tiveram uma atuação tão boa quanto a da produção. Cruz e Santos (2015) também evidenciaram esta situação, atrelando-a como consequência do nível tecnológico dos canteiros de obra observados, que empregavam sistemas construtivos mais industrializados, assim como os estudados neste trabalho.

A obra B segue uma tendência semelhante a da obra A, apresentando uma boa transmissão de comportamento dos engenheiros para a produção em quase todas as famílias. A situação das famílias 4 (direção e motivação dos trabalhadores) e 5 (programação dos trabalhos) em que a produção obteve uma atuação melhor que os engenheiros também se repete, porém com menor intensidade.

Figura 1 – Comportamento enxuto dos engenheiros e operários – por famílias

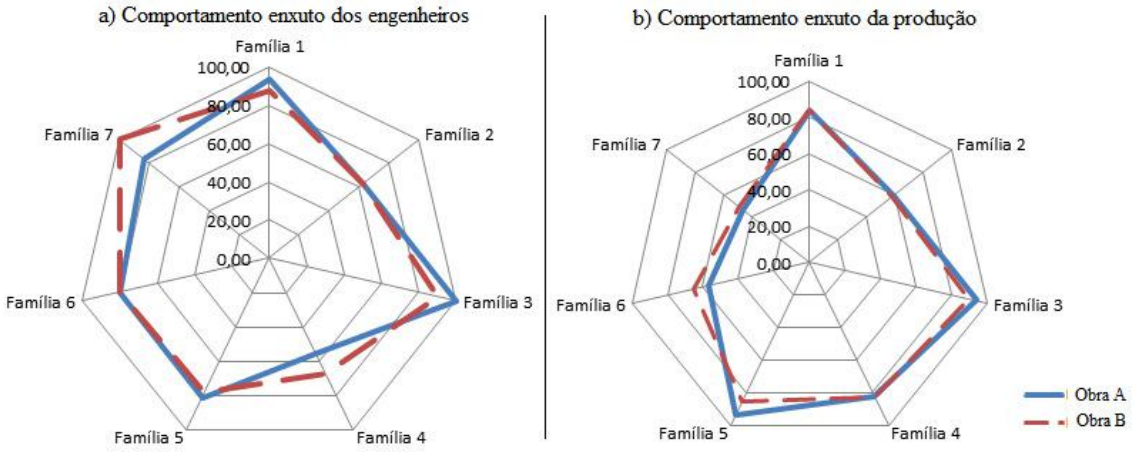


Fonte: Os autores

4.2 Comparação do comportamento enxuto dos engenheiros e da produção (operários) entre as obras

A Figura 2 apresenta a comparação entre as obras segundo o comportamento enxuto dos engenheiros (a) e da produção (b) separadamente.

Figura 2 – Comportamento enxuto dos engenheiros e operários (paredes de concreto)



Fonte: Os autores

4.2.1 O comportamento enxuto dos engenheiros

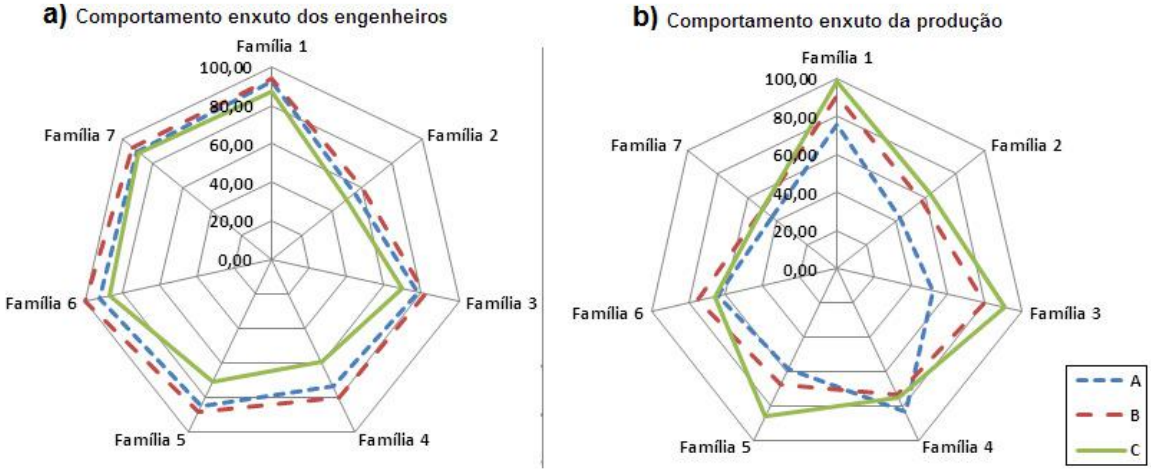
A partir do gráfico da Figura 2 (a), pode-se observar que os engenheiros destas obras priorizam certas famílias, algumas de forma mais intensa, tais como as famílias 1 (definição de trabalho) e 3 (comunicação e disseminação de informações). Além destas, outras tiveram desempenhos relevantes, sendo representadas pelas famílias 5 (programação dos trabalhos), 6 (uso de equipamentos) e 7 (cadeia produtiva).

As famílias 2 (medição do trabalho) e 4 (direção e motivação dos trabalhadores) apresentaram desempenhos inferiores. Estas famílias representam temas importantes principalmente para o tipo de obra em questão. A 2 (medição do trabalho) engloba atividades auxiliares à gestão da produção, objetivando um acompanhamento adequado da execução dos trabalhos e produtividade dos operários. Por sua vez, a família 4 (direção e motivação dos trabalhadores) liga-se com a melhoria da produtividade e qualidade dos trabalhos, já que são consequências da motivação e boa direção dos trabalhadores. A família 5 (programação dos trabalhos), que apresentou um desempenho intermediário, dada a sua importância por estar ligada ao planejamento e à programação da obra deveria ter um melhor resultado.

Cruz e Santos (2015) observam em seu trabalho (Figura 3) que a família 2 (medição do trabalho) apresentou o resultado menos satisfatório entre engenheiros de diversas obras, já as famílias 1 (definição do trabalho), 6 (uso de equipamentos) e 7 (cadeia produtiva) apresentaram melhores atuações. Logo, comparando os resultados de ambos os trabalhos, observam-se

semelhanças quanto à tendência de melhores resultados, principalmente na família 1 (definição do trabalho) e pior resultado na família 2 (medição do trabalho), mostrando ser uma característica comum entre os engenheiros independente do tipo de obra. De forma peculiar, os engenheiros das obras de paredes de concreto, mostraram uma prioridade maior na família 3 (comunicação e disseminação de informações) que os engenheiros de obras menos industrializadas.

Figura 3 – Comportamento enxuto dos engenheiros e operários (diversas obras)



Fonte: Cruz e Santos (2015)

4.2.2 O comportamento enxuto da produção (operários)

O gráfico da Figura 2 (b) representa os resultados do teste aplicado com os operários da produção das obras pesquisadas. É válido lembrar que as famílias 2 (medição do trabalho) e 7 (cadeia produtiva) não fazem parte deste teste, porém no gráfico é representada para que se possa ter uma melhor comparação visual.

Destaca-se a simetria presente no gráfico, decorrente de resultados muito próximos entre as duas obras. De um modo geral, nota-se um bom comportamento enxuto na produção, mostrando que seus engenheiros têm conseguido por em prática de forma eficiente suas ações e conhecimentos enxutos.

As famílias 3 (comunicação e disseminação de informações) e 5 (programação dos trabalhos) tiveram as melhores atuações entre as obras, seguidas das famílias 1 (definição do trabalho) e 4 (direção e motivação dos trabalhadores). Já a família 6 (uso de equipamentos) apresentou o resultado mais inferior nas duas obras analisadas.

Cruz e Santos (2015) destacaram como principal característica de seus resultados referentes ao comportamento enxuto da produção analisado em diversas obras (Figura 3 (b)) a distribuição assimétrica encontrada, diferentemente dos resultados encontrados neste trabalho (Figura 2 (b)).

Os autores supracitados atrelam os melhores resultados obtidos pelas construtoras B e C em seu trabalho (Figura 3 (b)) a treinamentos enxutos com as equipes, introduzindo conceitos de planejamento, programação de obra e política de qualidade. Isto pode ser uma reposta para os bons resultados observados também neste trabalho, em que a peculiaridade das obras também exige das construtoras um amadurecimento no planejamento e na programação da obra, além da mentalidade enxuta que pôde ser observada entre os funcionários e nas políticas de qualidade.

5 CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que há um comportamento enxuto nas obras de paredes de concreto moldadas no local observadas nesta pesquisa. Isto foi comprovado a partir dos resultados obtidos dos testes aplicados com os engenheiros e operários, além das observações diretas e entrevistas que constataram o bom alinhamento entre o planejamento e a execução da obra, assim como a preocupação com a redução de atividades de fluxo, atentando-se principalmente a boa logística dos materiais e a redução de passos na execução que o próprio sistema construtivo garante. Além disto, ambas as obras têm uma política de qualidade bem definida e seus funcionários mostram ter conhecimento da filosofia enxuta.

Estas obras mostraram ter uma boa transmissão do comportamento enxuto dos engenheiros para a produção (operários). Em ambas, a maior dificuldade neste quesito foi observada na família 6 (uso de equipamentos), em que houve uma maior discrepância. Nas famílias 4 (direção e motivação dos trabalhadores) e 5 (programação dos trabalhos) notou-se que os resultados dos operários foram superiores aos dos engenheiros, sendo um ponto positivo, mostrando que há uma boa transmissão e efetivação dos conceitos enxutos em campo.

Em relação à comparação dos resultados de obras de paredes de concreto com os de obras de sistemas construtivos diversos retirados da literatura, as primeiras apresentaram um comportamento enxuto característico, mais simétrico e superior ao das demais. Isto pode ser relacionado com a tipicidade de uma obra industrializada que exige uma melhor programação e planejamento de obra (família 5), definição do trabalho (família 1) e comunicação e disseminação de informações (família 3). O bom comportamento enxuta da produção foi consequência da preocupação dos engenheiros quanto a estes temas, demonstrada pelos resultados satisfatórios dos testes. Esta comparação ainda confirma o apontamento do estudo de Cruz e Santos (2015), de que obras mais industrializadas teriam resultados mais satisfatórios nos testes de comportamento enxuto, mostrando que este modelo de gestão auxilia e complementa os ganhos obtidos com o processo de industrialização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe – FAPITEC/SE pelo suporte financeiro e à Universidade Federal de Sergipe pelo suporte institucional necessário para o desenvolvimento desse artigo.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 16055** – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ALLEN, E.; IANO, J. **Fundamentos da engenharia de edificações**: Materiais e métodos. 5ª ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013. 1006 p.

BALLARD, H. G. **The last planner system of production control**. May, 2000. 146p. Doctor of Philosophy Thesis, The University of Birmingham, Birmingham. 2000.

BRESSIANI, L.; SANTOS, D. G.; SAFFARO, F. A.; SOUZA e SILVA, M. F.; HEINECK, L. F. O Comportamento dos engenheiros de obra em relação aos princípios *lean*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2003.

CÂNDIDO, L. F.; CARNEIRO, J. Q.; HEINECK, L. F. M. Uma visão *lean* do gerenciamento do valor agregado aplicado a projetos de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió 2014.

CORSINI, R. Paredes normatizadas. **Revista Techne**, 183 ed., Dez. 2011, PINI, São Paulo.

CRUZ, H. M.; SANTOS, D. G. Investigação do comportamento enxuto de empresas construtoras de médio porte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2015.

HAMZEH, F.R.; ARIDI, O. Z. Modeling the Last Planner System metrics: a case study of an AEC company. In: ANNUAL CONFERENCE ON THE IGLC, 21th, 2013, Fortaleza, Brazil. **Proceedings…** Fortaleza, Brazil. 2013. pp. 599-608.

HEINECK, L., F., H. et al. **Coletânea Edificar *Lean*:** Construindo com *Lean Management*, v.1. Fortaleza: Expressão gráfica Editora, 2009.

ISATTO, E. L., FORMOSO, C. T., DE CESARE, C. M., HIROTA,E. H., ALVES, T. C. L. ***Lean construction*:** diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. **Technical Report nº. 72.** CIFE. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992, 87p.

MASSUDA, C.; MISURELLI, H. Como construir paredes de concreto. **Revista Techne**,

147 ed., Jun. 2009, PINI, São Paulo.

MOURA, R. S. L. M.; HEINECK, L. F. M. Linha de Balanço – Síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras? In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais...** Maceió, 2014.

NESENSOHN, C.; BRYDE, D.; OCHIENG, E; FEARON D.; HACKETT, V. Assessing Lean Construction Maturity. In: ANNUAL CONFERENCE ON THE IGLC, 22th, 2014, Oslo, Norway. **Proceedings…** Oslo, Norway. 2014. pp. 1157-1168.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. 321 p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

IDENTIFICAÇÃO DE CONCEITOS ENXUTOS: ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA DE PAREDES DE CONCRETO[1]

CRUZ, Herbert Melo (1); SANTOS, Rafaela Lima dos (2); VASCONCELOS, Luciano Silva (3); VIEIRA, Laynara Freitas Lima (4); SANTOS, Débora de Gois (5)

(1) UFS, e-mail: hmc_014@hotmail.com; (2) UFS, e-mail: rafaela_l@live.com; (3) UFS, e-mail: lucianoarquit@gmail.com; (4) UFS, e-mail: laynara.lima@engenharia.ufjf.br; (5) UFS, e-mail: deboragois@yahoo.com.br

RESUMO

No sistema de paredes de concreto moldadas no local pode-se perceber a aplicação de muitos conceitos enxutos, apresentando vantagens construtivas em relação aos sistemas tradicionais, mas ainda tem baixa utilização. Desta forma, o trabalho tem como objetivo investigar a relação entre o sistema construtivo de paredes de concreto e a aplicação de princípios enxutos. A metodologia consistiu na realização de observações diretas, em uma obra de sistema de paredes de concreto, acompanhadas de um *checklist* retirado da literatura, que traz algumas metodologias de gestão e filosofia enxuta, tais como: construtibilidade, *benchmarking*, qualidade e produtividade, planejamento e controle da produção. Como resultados, em relação às áreas do *checklist*, em todos os grupos foram obtidos índices elevados. Além disto, pode-se constatar nas observações diretas vários conceitos e ou ferramentas enxutas que se fazem necessários para se ter o bom andamento e a real eficiência que o sistema permite, tais como: *kanban*, *kits* de materiais, pacotes de trabalho, padronização de serviços, logística de materiais, layout de canteiro adequado, dentre outros. Conclui-se que a utilização do sistema construtivo de paredes de concreto se mostra mais eficiente com a aplicação de princípios enxutos, já que estes potencializam as vantagens esperadas por esse método de construção.

Palavras-chave: Paredes de concreto. Princípios. Construção enxuta.

ABSTRACT

In concrete wall system, the implementation of many lean concepts, with constructive advantages over the traditional, was notice but it is still underutilized. Thus, the study aims to investigate the relationship between the constructive system of concrete walls and the application of lean principles. The methodology consisted in the realization of direct observation in a concrete wall site construction, followed by the application of a checklist taken from the literature, which brings some management methods and lean philosophy, such as constructability, benchmarking, quality and productivity, planning and production control. As a result, regarding the checklist areas, all groups obtained high levels. In addition, it can be seen in direct observations several lean concepts that are needed to have good progress and the actual efficiency that the system allows, such as kanban, supply kits, work packages, standardization of services, materials logistic, suitable layout, among others. It is concluded that the use of the constructive system of concrete walls shown more efficient by

[1] CRUZ, Herbert Melo; SANTOS, Rafaela Lima dos; VASCONCELOS, Luciano Silva; VIEIRA, Laynara Freitas Lima; SANTOS, Débora de Gois. Identificação de conceitos enxutos: Estudo de caso em uma obra de paredes de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

applying of lean principles, as they potentiate the benefits anticipated by this method of construction.

***Keywords**: Concrete wall. Principles. Lean construction.*

1 INTRODUÇÃO

O aquecimento do mercado imobiliário estimulado pelos programas habitacionais de interesse social do Governo Federal, como o Minha Casa Minha Vida, tem estimulado a adoção de novos sistemas construtivos como alternativas aos produtos e processos tradicionais até então utilizados, visando reduzir os custos de produção e o tempo de construção.

Nesse contexto, a adoção de sistemas construtivos industrializados aliados à aplicação de princípios enxutos proporciona uma construção de baixo custo, rápida execução e que atende às necessidades do cliente final.

A aplicação de conceitos enxutos em obras de paredes de concreto é um assunto relativamente novo e ainda pouco explorado. Dessa forma, o presente artigo visa investigar a relação entre o sistema construtivo de paredes de concreto e a aplicação de princípios enxutos. Para isto, utilizou-se uma lista de verificações da autoria de Santos et al (2012) denominado "*Checklist* para a investigação da aplicação de conceitos enxutos em canteiros de obra".

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Construção enxuta

Segundo Isatto et al. (2000), o conceito convencional de construção é o de um conjunto de atividades destinadas a uma determinada saída, ou seja, conversões que transformam os insumos em produtos intermediários e finais (materiais em alvenaria ou estrutura).

A visão enxuta critica este conceito convencional em alguns pontos, tais como: a falta de consideração de qualidade, o controle segmentado e principalmente a negligência dos princípios de fluxo de processo na elaboração do planejamento da obra (KOSKELA, 1992).

De acordo com Koskela (1992), a produção é composta de atividades de conversão e fluxo que devem ser eficientes, porém as atividades de conversão são as únicas que agregam valor ao produto, enquanto as atividades de fluxo devem ser reduzidas ou eliminadas.

Há um consenso entre os estudiosos de que o objetivo principal da construção enxuta é criar valor para os clientes, melhorar as operações gradativamente e com foco em reduzir perdas (MOURA; HEINECK, 2014).

A construção enxuta pode ser aplicada em qualquer tipo de obra, adequando-se àquelas complexas, de risco ou rápidas. Seu objetivo é fornecer o melhor produto ao menor custo, ao mesmo tempo satisfazendo os requisitos dos clientes através da utilização de princípios de gestão da

construção e da produção enxuta (HOWELL, 1999).

Koskela (1992) propõe onze princípios para a Construção Enxuta, que auxiliam na redução de perdas e na melhoria contínua dos processos. Dentre eles, serão abordados a seguir aqueles de mais relevância para o embasamento teórico da pesquisa.

Um dos principais princípios é aquele que prega a redução das atividades que não agregam valor. Para Heineck et al. (2009), definindo-se o que o cliente almeja, tudo aquilo que não agregue valor deve ser tratado como perda, devendo ser eliminado. Neste sentido, atividades de fluxo devem ser extintas ou reduzidas ao máximo, já que não agregam valor ao produto final.

Outra conceituação importante seria a de aumentar o valor de saída através da análise dos requisitos do cliente. Koskela (1992) afirma que para cada atividade há dois tipos de clientes, as próximas atividades (clientes internos) e o cliente final, sendo fundamental melhorar a eficiência dos processos de conversão, beom como identificar os clientes e suas necessidades, permitindo a otimização dos fluxos.

Uma das formas de eliminar atividades que não agregam valor é reduzir a variabilidade na produção, sendo a padronização de atividades um procedimento auxiliar nos processos de conversão e fluxo, conforme Koskela (1992). Segundo Heineck et al. (2009), este conceito não está ligado somente à qualidade do que se produz. Os referidos autores recomendam uma antecipação para que se aplique antes do início do processo, padronizando os projetos e consequentemente a produção.

Koskela (1992) descreve o tempo de ciclo como sendo o tempo requerido para que um material atravesse o fluxo, englobando o tempo de processamento, de inspeção, espera e movimentação. A redução desse tempo resulta na diminuição da inspeção, movimentação e espera, ou seja, atividades de fluxo. Isto exige um planejamento mais eficiente e soluções mais rápidas para os problemas, permitindo que as atividades ocorram de forma paralela e visando um fluxo contínuo.

A simplificação através da minimização do número de passos, partes e ligações, para Koskela (1992), pode ser alcançada através de: redução do fluxo de atividades; mudanças organizacionais; divisão do trabalho m unidades autônomas com equipes multi-qualificadas; redução do número de peças, substituindo-as por partes pré-fabricadas; padronização; minimização da quantidade de informação de controle necessária.

Heineck et al (2009) ligam o princípio supracitado com a simplificação do processo produtivo, enfatizando a busca por soluções simples nos projetos, diminuindo o número de partes, etapas e operações envolvidas.

Aumentar a transparência do processo, segundo Heineck et al (2009), é entender o que cada integrante está executando, descrever estas ações em manuais, além de identificar, de forma clara, materiais, ferramentas, estoques e trabalhadores. Koskela (1992) afirma que a falta de transparência do processo aumenta a possibilidade de erros e reduz sua visibilidade, além

de diminuir a motivação para o trabalho.

Conforme Koskela (1992), a melhoria do processo deve ser realizada de forma contínua, a fim de reduzir a perda e aumentar o valor do produto. São métodos de aplicação a medição e o monitoramento da melhoria, o estabelecimento de metas, a atribuição de responsabilidades de otimização para todos os funcionários, bem como o aprimoramento dos procedimentos e a eliminação dos problemas na origem, ao invés de lidar com seus efeitos.

2.2 Sistemas construtivos

Com o crescimento da indústria da construção civil, novos sistemas são inseridos utilizando tecnologias inovadoras para que os métodos construtivos se tornem mais econômicos e ao mesmo tempo proporcionem qualidade e diminuição de tempo de execução em relação a sistemas construtivos convencionais.

Os sistemas construtivos apresentam limitações e vantagens que vão depender das características da obra, disponibilidade financeira e tempo de execução. Como exemplos de sistemas construtivos mais comumente utilizados pode-se citar o concreto armado e a alvenaria estrutural. Além desses, existem os sistemas mais industrializados como o de paredes de concreto, steel frame e de estrutura metálica.

Inspirado em experiências bem-sucedidas de construções industrializadas em concreto celular (sistema Gethal) e concreto convencional (sistema Outinord), o método construtivo de paredes de concreto consiste, basicamente, em paredes estruturais maciças de concreto moldadas no local, armadas com telas metálicas (MASSUDA; MISURELLI, 2009; SILVA, 2011).

A NBR 16055 (ABNT, 2012) define parede de concreto como elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e com capacidade de suportar carga no mesmo plano da parede. Ainda de acordo com a referida norma, todas as paredes de cada ciclo construtivo de uma edificação devem ser moldadas em uma única etapa de concretagem, permitindo que, após a desforma, as paredes já contenham vãos para portas e janelas, tubulações ou eletrodutos de pequeno porte, elementos de fixação para cobertura, entre outros elementos específicos.

A execução de paredes de concreto resume-se na montagem de formas metálicas, plásticas ou mistas e seu preenchimento com concreto. As ferragens e os itens de instalações prediais são posicionados entre as formas, no entanto, as instalações hidrossanitárias são, geralmente, executadas por fora das paredes (por meio de *shafts*), de modo a facilitar a manutenção. A industrialização deste processo construtivo está, justamente, no modo prático de se construir as paredes (MASSUDA; MISURELLI, 2009).

A utilização do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas em formas metálicas, reduz significativamente o tempo de trabalho da mão de obra na montagem, desmontagem e no ciclo de reaproveitamento do

sistema. Além disso, as formas metálicas conferem um bom acabamento ao concreto e, após uma rápida limpeza e manutenção, estão prontas para serem reutilizadas (SANTOS, 2011).

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição do objeto de estudo

O objeto de estudo é uma obra de um empreendimento residencial inserido no programa do Governo Federal, Minha Casa Minha Vida, composto por sete torres de oito pavimentos tipo, com oito apartamentos por pavimento. Os apartamentos são de dois ou três quartos, todos com varanda, o condomínio possui dois elevadores por torre, área privada de até 64,96m², opções de apartamentos adaptáveis a pessoas com necessidades especiais ou mobilidade reduzida.

A obra conta com aproximadamente 170 funcionários e uma equipe técnica formada por quatro engenheiros, sendo um engenheiro de estruturas, um de acabamento, um de logística e um gerente de obra. A construtora adotou o sistema construtivo de paredes de concreto para a execução da obra (Figura 1). Foram adquiridos três jogos de formas metálicas, sendo dois deles capazes de fazer dois apartamentos cada, em um tempo de ciclo de dois dias, e o outro para as áreas de elevadores e escadas, permitindo a execução de um pavimento por semana.

Figura 1 – Vista frontal de uma das torres



Fonte: Os autores

3.2 Descrição da pesquisa

Adotou-se a estratégia de uma pesquisa qualitativa e descritiva, em que foram realizadas observações diretas na obra, entrevistas não estruturadas, acompanhadas de um *checklist* estruturado fechado de autoria de Santos et al. (2012), que traz algumas metodologias de gestão e filosofia, como: aprendizagem, segurança no trabalho, construtibilidade, gerenciamento de processos e *benchmarking*, reengenharia, teoria das restrições, qualidade e produtividade, planejamento e controle da produção. Tal *checklist* foi

escolhido devido à sua aplicação no trabalho de Santos et al (2012), que o utilizou em uma amostra satisfatória de obras de sistemas construtivos variados, possibilitando uma comparação com o objeto de estudo deste trabalho.

Durante a aplicação foram utilizados somente os grupos mais relacionados ao objetivo do artigo, sendo realizadas algumas adaptações: construtibilidade, gerenciamento de processos e *benchmarking*, qualidade e produtividade, planejamento e controle da produção (Quadro 1).

Quadro 1 – *Checklist* para investigação da aplicação de conceitos enxutos em canteiros de obras

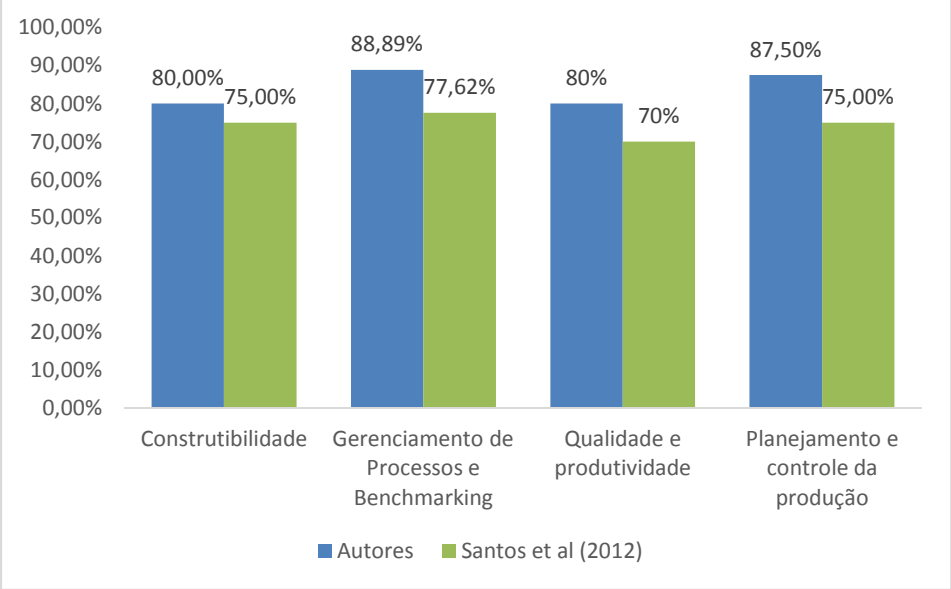
CONSTRUTIBILIDADE	
Inversão da sequência construtiva Compatibilização de projetos Consideração das restrições nas fases de projeto Consideração dos requisitos dos clientes Consideração de manutenabilidade Consideração modular Pré-fabricação de elementos (componentes) Análise da preparação do trabalho	Condições adequadas das instalações de canteiro Projeto acessível no local de trabalho Consideração de atividades repetitivas Projetos para construção Limitação de espaço para movimentação de equipamento Limitação de espaço para execução do serviço Padronização de serviços
GERENCIAMENTO DE PROCESSOS E *BENCHMARKING*	
Controle visual Controle no fluxo de materiais e de informações Levantamento antecipado das necessidades para os serviços Percentagem do Planejamento Concluído (PPC) Identificação de falhas, defeitos ou restrições ao processo	Explicação para a não conclusão das tarefas Diagrama do processo Ferramentas de acompanhamento da produção Uso de ideias adotadas pelos concorrentes Pedido antecedente do material de construção
QUALIDADE E PRODUTIVIDADE	
Programa 5S Programa de certificação de procedimentos de trabalho Uso de inovações tecnológicas Qualidade do trabalho Materiais utilizados com qualidade comprovada e uso conforme recomendações do fabricante Cumprimento de prazos para a conclusão dos serviços	Início do serviço somente com o anterior concluído e em condições de recebimento Disponibilidade de recursos antes do início das atividades Pavimentação com antecedência dos caminhos de transporte de materiais e movimentação de mão de obra Medição de produtividade
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	
Cartão de produção Registro da distribuição dos recursos alocados Determinação da capacidade de produção Relação entre os processos em andamento	Proteção da superfície (serviço) de outros Considerações de terminalidades para pagamento do processo Controle de produção (inspeção e correção) Uso de pacote de trabalho

Fonte: Os autores

4 RESULTADOS

Na Figura 2, são apresentados os resultados obtidos neste trabalho (obra em parede de concreto) referentes aos grupos considerados do *checklist* utilizado, comparando-os com os dados obtidos por Santos et al. (2012) (obras diversas).

Figura 2 – Porcentagem de respostas positivas por área de interesse



Fonte: Os autores

Em relação ao objeto deste estudo, pode-se observar que o grupo que apresentou o melhor desempenho foi o de gerenciamento de processos e benchmarking, seguido pelo de planejamento e controle da produção e pelo de qualidade e produtividade. O resultado menos satisfatório em relação aos demais foi o do grupo de construtibilidade.

Observou-se que em todos os grupos analisados houve uma melhora dos índices, principalmente com relação ao planejamento e controle da produção e gerenciamento de processos e *bechmarking*.

Nos tópicos a seguir, será feita uma análise de cada grupo do *checklist*, discutindo os pontos mais relevantes observados na obra em estudo.

4.1 Gerenciamento de processos e *Benchmarking*

O controle visual do fluxo de materiais e de informações era realizado através do *kanban*, evitando atividades de fluxo desnecessárias quanto à movimentação de materiais e pessoas. Além disso, essa ferramenta possibilita um melhor controle logístico através de um levantamento antecipado das necessidades para os serviços.

Algumas práticas utilizadas pela construtora foram adotadas com base na observação de processos semelhantes em outras empresas, caracterizando o princípio do *benchmarking*.

4.2 Planejamento e controle da produção

Em relação ao planejamento e controle da produção, foram observadas práticas no canteiro de obras, como registro da distribuição dos recursos alocados através do uso da ferramenta *kanban* de materiais (Figura 3), visando o controle de saída de materiais do almoxarifado e das centrais de produção dos *kits*, reduzindo, assim, o fluxo de atividades e informações.

Além disso, observou-se a existência de pacotes de trabalho, cujo tempo de execução está em consonância com o do ciclo de concretagem do pavimento, criando uma relação entre os processos em andamento. Dessa forma, a padronização dos serviços em conjuntos de trabalho leva a uma redução do número de partes e da variabilidade no fluxo da produção.

Figura 3 – Painel *kanban* na central de *kits*



Fonte: Os autores

4.3 Qualidade e produtividade

No canteiro de obras, notou-se que o início do serviço acontecia somente quando o anterior estivesse concluído e em condições de recebimento, garantindo que não houvesse sobreposição de atividades.

A obra conta com um setor de logística responsável pela gestão dos materiais, organização dos *kits* e sua distribuição, evitando possíveis erros nessas etapas e garantindo a disponibilidade de recursos antes do início das atividades. Juntamente com a medição da produtividade, permitia também o cumprimento de prazos para a conclusão dos serviços, procurando reduzir o tempo de ciclo.

Figura 4 – Kits de conexões hidráulicas e revestimento cerâmico, respectivamente





Fonte: Os autores

4.4 Construtibilidade

A construtibilidade pôde ser percebida na execução das instalações hidrossanitárias, uma vez que foram dispostas externamente à parede, passando por *shafts* e pelo interior do forro de gesso, facilitando a sua execução e sua posterior manutenção.

Com base no projeto, no planejamento e na demanda dos clientes internos, os *kits* eram preparados previamente e disponibilizados à equipe de forma organizada pela ferramenta *kanban*.

O *layout* do canteiro foi concebido de forma a otimizar a logística e reduzir atividades de fluxo, considerando a movimentação de pessoas, transporte de materiais e atendendo as especificidades do sistema construtivo.

A compatibilização e detalhamento dos projetos puderam ser evidenciadas, já que a rapidez da execução e as características do próprio sistema exigem tais procedimentos.

Outra exigência do sistema é a elevada padronização dos serviços do ciclo de um pavimento. A padronização reduz a variabilidade e contribui para a redução do número de partes, simplificando o processo produtivo.

5 CONCLUSÕES

De uma forma geral, a obra obteve bons índices com relação aos grupos considerados no *checklist* utilizado. Sendo aqueles relacionados à gerenciamento de processos e *bechmarking* e ao planejamento e controle da produção os mais satisfatórios, seguidos dos relacionados à qualidade e produtividade e à construtibilidade.

A utilização do sistema construtivo de paredes de concreto se mostra mais eficiente com a aplicação de princípios enxutos, já que estes potencializam as vantagens esperadas por esse método de construção.

A execução de paredes de concreto leva a um comportamento enxuto, atendendo concomitantemente a vários princípios com ênfase na redução do tempo de ciclo, da variabilidade e a simplificação, já que elimina várias etapas que existiriam em outros sistemas construtivos, englobando alvenaria, estrutura, instalações elétricas e reboco em uma única fase, por exemplo.

Além disso, dada a rapidez do processo executivo, as paredes de concreto exigem um maior planejamento e controle da produção, uma logística eficiente, acarretando em uma melhor produtividade e qualidade no produto final.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e à Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe – FAPITEC/SE pelo suporte financeiro e à Universidade Federal de Sergipe pelo suporte institucional necessário para o desenvolvimento desse artigo.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

HEINECK, L., F., H. et al. **Coletânea Edificar Lean:** Construindo com Lean Management, v.1. Fortaleza: Expressão gráfica Editora, 2009.

HOWELL, G. A. What is lean construction. In: 7th ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 1999, Berkeley. **Proceedings…** Berkeley, 1999.

ISATTO, E. L., FORMOSO, C. T., DE CESARE, C. M., HIROTA, E. H., ALVES, T. C. L. ***Lean construction*:** diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. **Technical Report nº. 72**. CIFE. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992, 87p.

MASSUDA, C.; MISURELLI, H. Como construir paredes de concreto. **Revista Téchne**, 147 ed., Jun. 2009, PINI, São Paulo.

MOURA, R. S. L. M.; HEINECK, L. F. M. Linha de Balanço – Síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras? In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais...** Maceió, 2014.

SANTOS, D. G.; GROSSKOPF, J.; SOUZA, A. M. NETO, A. T. S.; HEINECK, L. F. M. Utilization of extra planning activities by construction companies in Sergipe, Brazil. In: 20th

ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2012, San Diego. **Proceedings…** San Diego, 2012.

SANTOS, V. F. Paredes de concreto com fôrmas metálicas. **Revista Téchne**, 169 ed., Abr. 2011, PINI, São Paulo.

SILVA, F. B. Paredes de concreto armado moldadas in loco. **Revista Téchne**, 167 ed., Fev. 2011, PINI, São Paulo.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA EM FUNÇÃO DA TIPOLOGIA ADOTADA PARA A ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO[1]

DAMIÃO, Mariana (1); NASCIMENTO, Talitha (2); SOUZA, Ubiraci (3); KATO, Camila (4)

(1) FDTE, e-mail: mariana.tassi@fdte.org.br; (2) FDTE, e-mail: talitha.oliveira@fdte.org.br; (3) USP, e-mail: ubiraci.souza@produtime.com.br; (4) FDTE, e-mail: camila.kato@fdte.org.br

RESUMO

Em uma edificação, o custo do subsistema estrutura representa uma grande porcentagem do custo final da obra. Muitas vezes a contratação de mão-de-obra para este subsistema é feita com base num valor por m³ praticamente invariável, independentemente da tipologia da edificação. Isto pode levar a uma remuneração incorreta, para mais ou para menos, gerando descontentamento de pelo menos uma das partes envolvidas. Neste trabalho partiu-se da hipótese de que o esforço para fazer o m³ de estrutura (incluindo fôrmas, armação e concretagem) é alterado com a variação do projeto do produto. Como objetivo pretende-se comprovar esta hipótese e elencar os fatores que fazem a expectativa de homem-hora por unidade de serviço variar por meio da análise de produtividade da mão-de-obra em duas tipologias de sistemas estruturais em concreto armado: estrutura convencional composta por pilares, vigas e lajes; e a de paredes de concreto; tendo como base a metodologia preconizada pelo SINAPI. Este trabalho tem, como principal contribuição, não apenas fornecer parâmetros para balizar a contratação de mão-de-obra para execução de estruturas de concreto armado, mas também aprimorar as referências de produtividade para discussão da gestão deste serviço.

Palavras-chave: Orçamento. Produtividade. Estrutura de concreto armado.

ABSTRACT

In a building, the cost of the subsystem structure represents a large percentage of the final work's cost. Often the hiring of labor for this subsystem is based on a value per m³ virtually unchanged, regardless of the building typology. This can lead to an incorrect pay, generating discontent of at least one of the parties involved. This work started from the assumption that the effort to make m³ structure (including formwork, reinforcing and concreting) is changed with the change in the product design. As a goal, we intend to confirm this hypothesis and list the factors that make the expectation of labor-hours per unit of service vary by the analysis of the hand labor productivity in two types of reinforced concrete structure: conventional, consisted by columns, beams and slabs; and concrete walls; based on the methodology recommended by the SINAPI. This work has as its main contribution, not only to provide parameters to guide the hiring of labor for the execution of

[1] DAMIÃO, M.T.; NASCIMENTO, T.G.O.; SOUZA, U.E.L.; KATO, C.S.. Variação da produtividade da mão-de-obra em função da tipologia adotada para a estrutura de concreto armado. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

concrete constructions, but also improve productivity references to discuss the management of this service.

***Keywords**: Buget. Productivity. Concrete construction.*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

O subsistema estrutura é uma das etapas de maior relevância tanto em termos de custos quanto de prazos dentro de uma construção, sendo responsável por cerca de 20% dos custos totais de uma edificação de múltiplos pavimentos (VARGAS, 2010), além do fato de a mão-de-obra empregada corresponder a aproximadamente metade da composição final de custos.

A mão-de-obra para execução da estrutura em concreto armado é geralmente terceirizada (empreitada), pois permite à construtora reduzir gastos com encargos sociais e assumir, muitas vezes, somente os custos com a aquisição do material (SERRA, 2001). Nesse tipo de contratação, os empreiteiros fornecem um preço médio por metro cúbico de estrutura, o qual inclui os serviços de fôrma, armação e concretagem.

Porém, a adoção de um valor médio por metro cúbico deixa de considerar as diferenças dadas pelas características do projeto ou mesmo as variações de produtividade dadas pelo método construtivo previsto. Isso se reflete negativamente de diversas maneiras: ou o ônus é repassado ao consumidor final, ou ele é absorvido pela construtora, ou o andamento da obra é comprometido por falta de recursos, gerando atrasos e descontentamentos.

1.2 Objetivo

O presente trabalho parte da hipótese de que o esforço para execução de um metro cúbico de estrutura de concreto (incluindo fôrma, armação e concretagem) varia de acordo com o produto concebido e o processo construtivo adotado. Nesse contexto, busca-se, através da utilização de composições unitárias presentes no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para os subsistemas estruturais estrutura de concreto armado e paredes de concreto, comprovar a hipótese proposta e evidenciar os fatores influenciadores de cada método construtivo.

1.3 Método de pesquisa

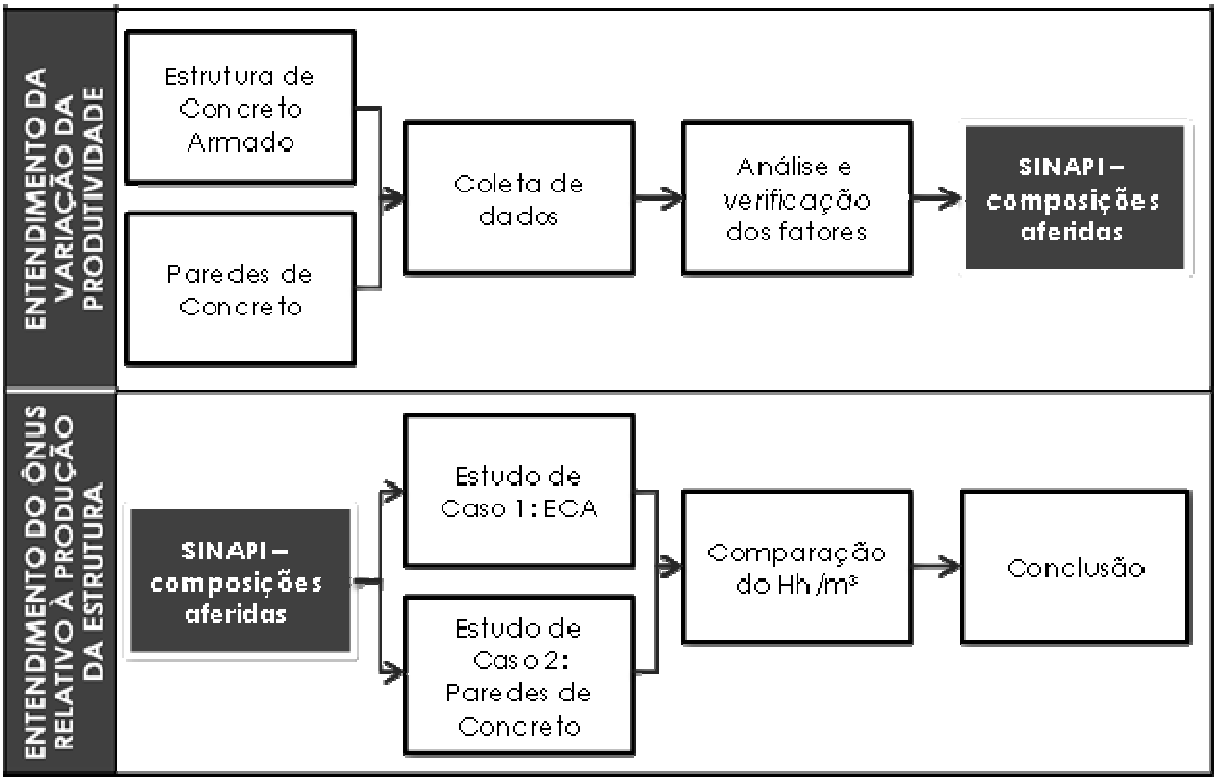
Para validar a hipótese, a pesquisa se desenvolveu em duas etapas:

a) A primeira, de caráter descritivo, envolveu coleta e análise de dados provenientes de obras em diversas cidades brasileiras para verificação dos fatores influenciadores de produtividade;
b) A segunda consiste na aplicação das composições unitárias originadas

na primeira etapa e publicadas pelo SINAPI[2] em dois projetos, um de estrutura de concreto armado convencional e outro que utiliza o sistema de paredes de concreto, para verificação da variação do esforço por metro cúbico de acordo com a tipologia adotada.

O fluxograma apresentado na Figura 1 demonstra o método adotado, evidenciando as fases de cada etapa.

Figura 1 – Método de análise



Fonte: Autores

2 O ENTENDIMENTO DA VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE

Esta pesquisa está inserida num trabalho realizado pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) juntamente com a Caixa Econômica Federal para aferição das composições orçamentárias do SINAPI.

Tal aferição se dá pelo estudo de cada serviço, que consiste em coleta de dados em campo, análise dos dados e geração das composições. O trabalho em campo é realizado por oito centros de coleta distribuídos pelo país, a fim de se obterem resultados com representatividade nacional. Cada centro possui uma equipe de coletores que, munidos de instrumentos

[2] Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx. O material em Consulta Pública poderá receber críticas e comentários dos profissionais da construção civil e da comunidade acadêmica, podendo sofrer revisão.

padronizados, levantam informações sobre o tempo de execução do serviço, a equipe envolvida, o consumo de materiais e os tempos produtivos e improdutivos dos equipamentos.

Para esse trabalho utilizaram-se os dados oriundos do estudo dos subsistemas Estrutura de Concreto Armado e Paredes de Concreto para o entendimento da variação da produtividade e do ônus relativo à produção da estrutura.

De acordo com a NBR 14931, a execução da estrutura de concreto compreende "todas as atividades desenvolvidas na execução das estruturas de concreto, ou seja, sistema de fôrmas, armaduras, concretagem, cura e outras". Para se verificar a variação da produtividade nas duas tipologias construtivas em análise, estudou-se cada serviço separadamente, aplicando os conceitos desenvolvidos por Souza (2001).

2.1 Estrutura de Concreto Armado

A estrutura de concreto armado considerada no estudo corresponde ao sistema estrutural reticulado composto por pilares, vigas e lajes, também chamado de estrutura convencional ou tradicional (BARROS & MELHADO, 1998). Cada parte possui características próprias que fazem variar a produtividade. Dessa forma, para o estudo das atividades de execução, separaram-se as análises por partes.

Para o entendimento do processo como um todo, analisaram-se os ciclos completos das obras, ou seja, da marcação e disposição dos gastalhos até a concretagem de vigas e lajes. As análises e resultados são expostos a seguir.

2.1.1 Fôrmas

O sistema de fôrmas pode ser dividido em três partes básicas: molde (parte que dá forma à peça, entrando em contato com a superfície do concreto); cimbramento (conjunto de elementos que absorve ou transfere as cargas que atuam nas fôrmas - escoramento, vigamento, travamento e mãos-francesas); e acessórios complementares (BARROS & MELHADO, 1998).

De acordo com as características do empreendimento, pode-se optar pela utilização de moldes de fôrmas com painéis de compensado plastificado, de compensado resinado ou madeira serrada. Cada material permite um número de reutilizações devido, principalmente, ao tratamento da superfície. Para o cimbramento de vigas e lajes, pode-se optar por um sistema formado por peças industrializadas como escoras metálicas, vigamentos metálicos, vigas H20 ou similares; ou optar por um sistema de cunho artesanal com escoras e vigamentos de madeira bruta.

Tanto para pilares, quanto para vigas e lajes, algumas características do processo e do produto se mostraram mais relevantes na variação da produtividade, como o tipo de painel utilizado, a área característica das

fôrmas[3] e a montagem e desfôrma dos primeiros pavimentos ou de pavimentos-tipo. Outra característica que provoca variação na produtividade é altura do pé-direito, seja pela influência na área de fôrma (caso dos pilares), seja pela influência no escoramento (caso de vigas e lajes).

Além dos fatores já mencionados, para as vigas existe ainda o fator do tipo de escoramento adotado, se é uma escora metálica, uma tipo garfo ou uma em madeira simples. A análise dos dados mostrou que o garfo melhora a produtividade de montagem e desmontagem das fôrmas de viga, pela sua própria configuração. Nesse sentido, o pontalete de madeira requer vários ajustes não racionalizados de nível e prumo, interferindo na eficiência da execução.

Para as lajes, ainda há a influência de suas características: nervurada com cubetas ou maciça. De acordo com a prescrição do especialista, o sistema de cubetas pode ser apoiado sobre um assoalho de painéis compensados ou diretamente sobre o escoramento.

2.1.2 Armação

Considerando-se somente a armadura passiva, dependendo do tipo de fornecimento do aço, o serviço pode ter como subtarefas corte, dobra, pré-montagem[4] e montagem final[5] (SALIM NETO, 2009), sendo aqui desenvolvida a análise somente das duas últimas, já que se vai considerar o fornecimento de aço pré-cortado/dobrado.

No que diz respeito à configuração, pilares e vigas apresentam uma armadura semelhante, com barras longitudinais e transversais (estribos e ganchos) formando gaiolas, enquanto as armaduras de laje são dispostas em dois planos, compondo a armadura positiva e negativa, podendo ser utilizadas barras e telas.

Um fator de grande influência para as partes em questão é a quantidade de aço por peça que compõe a armadura, pois quanto maior é o peso de cada peça menor é o esforço demandado por quilo. A esse fator estão relacionados: taxa de armadura (kg/m³); comprimento das peças; diâmetro equivalente das barras longitudinais e transversais para pilares e vigas; e diâmetro equivalente das barras da armadura positiva e negativa para lajes.

Assim como apareceu nas fôrmas, a execução de primeiros pavimentos ou

---

[3] Define-se área característica como aquela que melhor representa os dados de área do banco em análise. Ela é dada pela expressão: $Acar = \frac{\sum A_i^2}{\sum A_i}$

[4] Define-se pré-montagem como sendo a montagem da armadura em local que não seja o definitivo. Caracteriza-se pelo transporte das peças de aço até o local de pré-montagem, união dessas peças e estocagem.

[5] Montagem final é definida como sendo a colocação das armaduras em seu local definitivo. Caracteriza-se pelo transporte das armaduras ao local definitivo, posicionamento e eventual montagem complementar.

pavimentos-tipo possuem produtividades muito distintas pelo caráter de aprendizagem.

2.1.3 Concretagem

A concretagem é formada pelas subtarefas de lançamento, adensamento, acabamento e cura, conforme NBR 14931:2004. O banco de dados coletados contém tempos de lançamento feito diretamente com bomba, com caçamba transportada por grua e com jerica transportada por elevadores. De acordo com esses dados, o lançamento com bomba é mais rápido, sendo seguido de grua e jerica. Com relação às características das partes, para pilares, verificou-se que os fatores que melhoram a velocidade de concretagem são: pilar com assoalho x pilar solteiro (concretagem se dá antes da execução das fôrmas de vigas e lajes) e área da seção do pilar. Para vigas e lajes, os fatores que melhoram a velocidade de concretagem são: maior volume de concreto por área de pavimento e menor percentual de viga em relação ao volume de viga+laje.

2.2 Paredes de Concreto

Segundo a NBR 16055:2012, parede de concreto é um "elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar no mesmo plano da parede." Neste sistema, as lajes são consideradas solidarizadas com as paredes, tornando o conjunto monolítico.

Todas as paredes de cada ciclo construtivo de uma edificação devem ser moldadas em uma única etapa de concretagem, permitindo que, após a desforma, as paredes já contenham, em seu interior, vãos para portas e janelas, tubulações ou eletrodutos de pequeno porte, elementos de fixação pra coberturas e outros elementos específicos quando for o caso.

2.2.1 Fôrmas

As fôrmas para o sistema de paredes de concreto têm, em geral, um grande número de reutilizações, pois são feitas com materiais duráveis. Apesar de no mercado existirem fôrmas plásticas e metálicas, não foram verificadas diferenças, entre elas, quanto à produtividade.

A partir da análise estatística dos dados levantados, mostraram-se relevantes os seguintes fatores: casa x prédio; pavimento térreo x pavimentos superiores; para prédios: platibanda x demais pavimentos; paredes internas x paredes externas x teto.

As diferenças nas produtividades podem ser explicadas pelas características geométricas, pela facilidade de acesso ou ainda pela sequência executiva. As casas possuem uma geometria distinta da dos prédios, além de ter-se a facilidade de trabalhar próximo ao solo, facilitando o acesso de materiais; os andares superiores trazem a dificuldade de movimentação de placas além

da necessidade de trabalho na fachada em altura; a platibanda é uma superfície geometricamente muito distinta das demais, não tendo, por exemplo, a necessidade de interligação com laje superior; as paredes internas, externas e as lajes estão em posição geometricamente distinta entre si e com condições de acesso diferenciadas, além de, sequencialmente, também existirem diferenças; as áreas caraterísticas de cada uma destas partes possuem influência no sentido de quanto maior a área menor a RUP; e a presença de vãos traz dificuldades devido às fôrmas complementares que demandam.

Todos estes fatores podem aparecer diferentemente em projetos distintos que façam uso de paredes de concreto moldadas no local utilizando painéis manuseáveis de fôrmas.

2.2.2 Armação

A armadura das paredes de concreto é usualmente composta por telas soldadas, dispostas longitudinalmente e próximas ao centro geométrico de seção horizontal das paredes, e por barras de aço utilizadas como reforços de aberturas, bordas livres ou cantos das paredes. A armadura das lajes segue as especificações da NBR 6118, prevendo armação positiva, negativa e reforços.

O estudo dos fatores mostrou que a produtividade varia conforme as seguintes características: casa x prédio; parede x laje x platibanda; tela x reforço; diâmetro do reforço; peso da tela.

2.2.3 Concretagem

Nas coletas foi verificada a utilização tanto do concreto autoadensável quanto o bombeado. A escolha do tipo de concreto influenciou o tamanho da equipe de concretagem e a velocidade de lançamento. Quanto ao equipamento utilizado, foram analisados casos com a utilização de bomba-lança e bomba estacionária.

A análise foi feita observando-se o ciclo do caminhão betoneira, com cálculo dos tempos de atraso, troca e posicionamento. A partir desse estudo foi possível calcular a velocidade de concretagem e os tempos produtivos e improdutivos do equipamento.

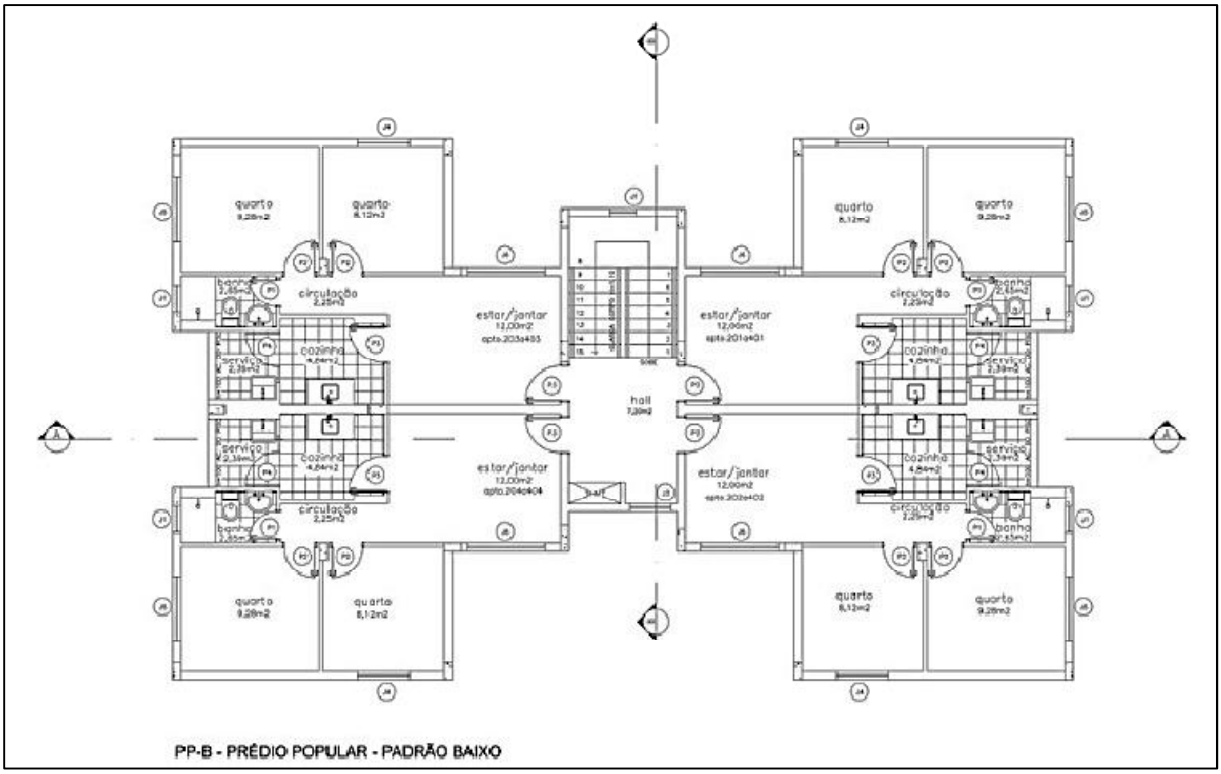
3 ESTUDOS DE CASO: DESCRIÇÃO, PROCESSAMENTO E ANÁLISE

3.1 Descrição

Para elaborar a análise comparativa seria necessária a eleição de um modelo de tipologia que apresentasse pouca variação na forma, na área, no número de ambientes e na disposição dos mesmos. Optou-se por adotar a tipologia comumente apresentada para Habitações de Interesse Social para usuários de baixa renda.

Buscou-se, então, um exemplo referencial (Figura 2), apresentado na Cartilha do Sinduscon para o Custo Básico Unitário, que segue a caracterização de projetos-padrão da NBR 12721:2006, e, posteriormente, buscaram-se, no banco de dados da pesquisa, dois projetos que se aproximassem desta tipologia. (Quadro 1)

Figura 2 – Projeto-padrão de prédio popular - padrão baixo



Fonte: CUB - SINDUSCON

Quadro 1 – Comparativo entre os estudos de caso

CARACTERÍSTICAS	HIS - PP-B	CASO 1 - Estrutura Convencional	CASO 2 - Paredes de Concreto
Área de projeção (m²)	232,00	239,00	227,00
Tipologia	Residencial	Residencial	Residencial

CARACTERÍSTICAS	HIS - PP-B	CASO 1 - Estrutura Convencional	CASO 2 - Paredes de Concreto
Descrição de ambientes	Pavto-tipo: Hall, escada e 4 aptos/andar, c/ 2 dormitórios, sala, banho, cozinha e AS	Pavto-tipo: Hall, escada e 4 aptos/andar, c/ 2 dormitórios, sala, banho, cozinha e varanda	Pavto-tipo: Hall, escada e 4 aptos/andar, c/ 2 dormitórios, sala, banho, cozinha e varanda
Número de pavimentos	térreo + 3 pavimentos tipo	térreo + 3 pavimentos tipo	térreo + 3 pavimentos tipo
Unidades/andar	4	4	4

Fonte: Autores

3.2 Processamento

Em posse dos projetos de estruturas das duas obras supracitadas, quantificaram-se os serviços de fôrmas, armação e concretagem para pilares, vigas e lajes, no caso da Estrutura Convencional, e para paredes e lajes do Sistema de Paredes de Concreto, levando em consideração os fatores descritos nas composições aferidas pelo SINAPI.

Aplicando tais quantidades nas respectivas composições, obteve-se o total de horas de oficiais e ajudantes necessárias para a execução das diversas disciplinas, conforme tabelas a seguir.

Tabela 1 - Resultados para o serviço de fôrmas de Estrutura Convencional

Parte	Característica	Molde	nº Usos	Pé-direito	Escora-mento	Qtd. Serviço (m²)	Carpinteiro (h)	Ajudante (h)
Pilar	área da seção média < 0,25m²	Compensado Resinado	4	simples	-	439,4	499,6	91,4
Viga	comprimento médio < 3,5m	Compensado Resinado	4	simples	metálico	661,4	1186,5	217,6
Laje	área média < 20m²	Compensado Resinado	4	simples	metálico	1205,3	711,1	130,2
						2306,1	**2397,2**	**439,2**

Tabela 2 - Resultados para o serviço de armação de Estrutura Convencional

Parte	Ø (mm)	Edifício	Qtd de serviço (kg)	Armador (h)	Ajudante (h)
Pilar ou Viga	5	multifamiliar	1649,6	204,7	33,4
Pilar ou Viga	6	multifamiliar	231,5	21,9	3,6
Pilar ou Viga	8	multifamiliar	475,5	33,6	5,5
Pilar ou Viga	10	multifamiliar	1888,4	99,8	16,3
Pilar ou Viga	13	multifamiliar	1315,4	50,8	8,3
Pilar ou Viga	16	multifamiliar	1931,8	50,5	8,2
Pilar ou Viga	20	multifamiliar	99,1	1,7	0,3
Laje	5	multifamiliar	1154,1	98,7	16,1
Laje	6	multifamiliar	4589,4	296,3	48,4
Laje	8	multifamiliar	2698,3	128,1	20,9

Parte	Ø (mm)	Edifício	Qtd de serviço (kg)	Armador (h)	Ajudante (h)
Laje	10	multifamiliar	859,5	29,9	4,9
			16033,2	**986,1**	**161,0**

Tabela 3 - Resultados para o serviço de concretagem de Estrutura Convencional

Parte	Característica	Equipamento	Tipologia	Qtd de serviço (m^3)	Pedreiro (h)	Carpinteiro (h)	Ajudante (h)
Pilar	área da seção média < 0,25m^2	bomba	maciça	40,6	8,1	8,1	48,4
Viga e laje	área média < 20m^2	bomba	maciça	160,3	90,6	15,1	102,3
				200,9	**98,6**	**23,2**	**150,7**

Tabela 4 - Resultados para o serviço de fôrmas de Paredes de Concreto

Edificação	Andar	Local	Tipo	Ambiente	Qtd de serviço (m^2)	Carpinteiro (h)	Ajudante (h)
prédio	superior	parede	externo	Platibanda	114,4	29,0	20,9
prédio	térreo	parede	interno	> 10m^2	146,2	45,8	33,0
prédio	térreo	parede	interno	5<x<10m^2	319,5	114,2	82,2
prédio	térreo	parede	interno	< 5m^2	124,2	48,8	35,2
prédio	térreo	laje	interno	> 10m^2	65,9	26,4	19,0
prédio	térreo	laje	interno	5<x<10m^2	91,5	41,9	30,2
prédio	térreo	laje	interno	< 5m^2	30,2	15,2	10,9
prédio	térreo	parede	externo	Fachada com vãos	87,3	27,9	20,1
prédio	térreo	parede	externo	Fachada pano cego	17,3	4,8	3,5
prédio	superior	parede	interno	> 10m^2	438,7	154,0	110,9
prédio	superior	parede	interno	5<x<10m^2	958,6	379,0	273,0
prédio	superior	parede	interno	< 5m^2	372,7	160,7	115,8
prédio	superior	laje	interno	> 10m^2	263,5	118,5	85,4
prédio	superior	laje	interno	5<x<10m^2	366,0	185,4	133,6
prédio	superior	laje	interno	< 5m^2	120,6	66,7	48,0
prédio	superior	parede	externo	Fachada com vãos	261,8	92,5	66,6
prédio	superior	parede	externo	Fachada pano cego	52,0	16,3	11,7
					3830,4	**1527,1**	**1100,1**

Tabela 5 - Resultados para o serviço de armação de Paredes de Concreto

Edificação	Parte	Especificação	Característica	Ø (mm)	Qtd de Serviço (kg)	Armador (h)	Ajudante (h)
prédio	parede	Q-92	-	-	4066	108,1	47,3
prédio	laje	Q-138	positiva	-	2739	68,2	29,8
prédio	laje	L-156	negativa	-	1051	34,1	14,9
-	platibanda	Q-92	-	-	110	7,1	3,1
prédio	-	-	reforço	10,0	2877	95,0	41,5

Edificação	Parte	Especificação	Característica	Ø (mm)	Qtd de Serviço (kg)	Armador (h)	Ajudante (h)
					10843,3	**312,5**	**136,7**

Tabela 6 - Resultados para o serviço de concretagem de Paredes de Concreto

Parte	Edifício	Equipamento	Concreto	Qtd de serviço (m³)	Pedreiro (h)	Carpinteiro (h)	Ajudante (h)
Laje	prédio	Bomba lança	Bombeável	109,0	79,6	19,6	89,4
Parede	prédio	Bomba lança	Bombeável	167,9	107,5	26,9	120,9
Platibanda	prédio	Bomba lança	Bombeável	13,2	17,2	4,4	19,3
				290,2	**204,3**	**50,9**	**229,7**

3.3 Análise

A partir dos resultados obtidos no processamento, calcularam-se os Homens-hora necessários de cada etapa para realização de um metro cúbico. (

Tabela 7)

Tabela 7 - Comparativo entre os valores de produção de um metro cúbico para as diferentes tipologias construtivas

Atividade	Descrição	Unidade	Parede de Concreto	Estrutura Convencional
Volume de concreto		**m³**	**290,2**	**200,9**
Fôrma	carpinteiro	h/m³	5,3	11,9
	ajudante	h/m³	3,8	2,2
Armação	armador	h/m³	1,1	4,9
	ajudante	h/m³	0,5	0,8
Concretagem	pedreiro	h/m³	0,7	0,5
	carpinteiro	h/m³	0,2	0,1
	servente	h/m³	0,8	0,8
Total	**oficial**	**h/m³**	**7,2**	**17,4**
	ajudante	**h/m³**	**5,1**	**3,7**
	equipe	**h/m³**	**12,3**	**21,1**

A Tabela 7 mostra que a estrutura de concreto armado convencional requer maior esforço de produção (71% a mais que as paredes de concreto). O grande diferencial observado foi no serviço de fôrmas, explicado pelo nível de industrialização do processo; nas paredes de concreto o sistema de fôrmas é modular e caracterizado por faces de grandes superfícies.

Portanto, os resultados confirmam a hipótese de que aplicar um valor mediano em R$/m³, na contratação de mão-de-obra para execução de estrutura de concreto, pode gerar um ônus não justificável à construtora ou

ao empreiteiro.

Além da variação comprovada de acordo com a tipologia construtiva adotada, nota-se, pelo estudo dos fatores, que, dentro de uma mesma tipologia, a variação pode ser grande, cabendo ao empreendedor realizar um estudo prévio da produtividade e dimensionamento da equipe, considerando as especificidades de cada projeto.

4 CONCLUSÃO

Diante do material explicitado e discutido, conclui-se que a precificação da mão-de-obra deve ir além da média histórica de valores expressos apenas em unidades monetárias por unidade de serviço, mas considerar aspectos como a metodologia construtiva e as características inerentes do projeto, para que o orçamento seja mais preciso, evitando prejuízo a qualquer uma das partes.

Cabe salientar que várias outras discussões relativas às tipologias distintas podem ser feitas, em especial algumas ligadas aos consumos de recursos por m² construído. Por exemplo, a alternativa com paredes moldadas in loco leva a área de fôrmas por m² de piso bastante superiores às relativas a uma estrutura reticulada de concreto armado.

Compreender a produtividade não deve se limitar ao conceito de eficiência na execução dos serviços, mas ser utilizada como instrumento para avaliação de custos e decisão quanto à organização do trabalho, a escolha das tecnologias e materiais para a execução do serviço de acordo com o que a empresa espera de resultado.

Acredita-se que o trabalho possa, além de fornecer parâmetros para balizar a contratação de mão-de-obra na execução de estruturas de concreto, aprimorar as referências de produtividade para a discussão da gestão deste serviço.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 12721**: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações. Rio de Janeiro, 2012.

BARROS, M.M.S.B. de; MELHADO, S.B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** Texto Técnico. PCC - Escola Politécnica - USP. São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, T.; SOUZA, U.E.L.;FILHO, P.; KATO, C.S. **Sinapi em revisão: atualização e ampliação das composições.** Revista Infraestrutura Urbana, PINI. Ed. 35, fev. 2014.

SALIM NETO, J.J.. **Diretrizes de projeto para melhorar a produtividade na montagem de componentes pré-cortados e pré-dobrados de aço para estruturas de concreto armado de edifícios.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SERRA, S.M.B. **Diretrizes para gestão dos subempreiteiros.** 2001. 360 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SINAPI 2016. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>

SOUZA, U. E. L. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos.** São Paulo, 2001. 280p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

VARGAS, Carlos Luciano S. et al. **Custos médios dos serviços em edificações baseados em série histórica de orçamentos reais.** In: 5º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 2010, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa : AEAPG, 2010. Disponível em: <http://www.aeapg.org.br/5eetcg/Anais/artigospdf/50003_vf1.pdf>. Acesso em 15 abril 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS PRÁTICAS ENXUTAS NA GESTÃO SUSTENTÁVEL DO CANTEIRO DE OBRAS[1]

SOUZA, Rodrigo de Brito (1); ALBERTE, Elaine Pinto Varela (2)

(1) UFBA, e-mail: brirodrigo@gmail.com; (2) UFBA, e-mail: elaine.varela@ufba.br

RESUMO

O desenvolvimento sustentável tem sido tema constante de discussão entre *stakeholders* da Construção Civil, visto que o setor caracteriza-se como grande consumidor de recursos naturais, e gerador de resíduos. Neste sentido, evidencia-se a Construção Enxuta como mudança de paradigma no planejamento e controle de processos da construção, promovendo práticas que conduzem a redução de perdas e desperdícios e, conseqüentemente, sua sustentabilidade. Este trabalho objetiva analisar a influência de práticas ligadas a Construção Enxuta na gestão mais sustentável do canteiro de obras. Corresponde a um trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Civil, que se divide em duas fases, quais sejam: Seleção dos indicadores de sustentabilidade aplicados à gestão do canteiro e relacionados às práticas enxutas; e Análise da influência da Construção Enxuta a partir da aplicação desses indicadores em três cenários reais e distintos de canteiro, um que adotou práticas enxutas e outros dois, que não. Os indicadores selecionados relacionam-se com a gestão de resíduos, a capacitação e educação dos empregados, a padronização de processos e a industrialização de produtos. Como resultados, identificou-se fraca correlação entre os princípios da Construção Enxuta e os da gestão sustentável do canteiro de obras, a partir do uso dos referidos indicadores.

Palavras-chave: Construção Enxuta. Gestão sustentável. Canteiro de obras.

ABSTRACT

Sustainable development has been a constant topic of discussion among stakeholders of Civil Construction Industry, as the sector is characterized as major consumer of natural resources and waste generator. In this regard, Lean Construction is highlighted as a paradigm change in construction processes planning and control, promoting practices that lead to losses and waste reduction, and consequently its sustainability. This work aims to analyze the influence of practices related to Lean Construction at the sustainable management of construction sites. It corresponds to a Civil Engineering degree final examination, which is divided into two phases, namely: selection of sustainability indicators applied to site management and related to lean practices; and analysis of Lean Construction influence through the application of these indicators in three real and different construction scenarios, one who has adopted lean practices and two others, that not. The indicators selected are related to waste management, training and education of employees, process standardization and products industrialization. As a result, it identified a weak correlation between the Lean Construction principles and the sustainable management principles of the construction site, from the use of those indicators.

[1]SOUZA, R. de B.; ALBERTE, E. P. V. . Análise da Influência das Práticas Enxutas na Gestão Sustentável do Canteiro de Obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Key Words**: Lean Construction. Sustainable management. Construction site.*

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável tem sido assunto de discussão em diversos setores da sociedade, incluindo instituições públicas e privadas. Essa preocupação induz e provoca transformações na perspectiva empresarial no tocante ao padrão de concorrência e competitividade, tornando-se necessário atrelar os mesmos aos conceitos, princípios e objetivos do desenvolvimento sustentável e da sustentabilidade social corporativa. (Gimenes et al. 2010).

O setor da construção, essencial para atender as necessidades e anseios da sociedade, não ficou indiferente a esta mudança de paradigma, principalmente no que tange a cadeia produtiva, visto que este setor, consome parcela significativa dos recursos naturais, além de ser um dos principais geradores de resíduos sólidos (Agopyan e John, 2014).

Segundo Ribeiro e Paiva (2005), pode-se afirmar que a construção civil consome 15 a 50 % dos recursos naturais extraídos e produz um volume de resíduo de construção e demolição (RCD) duas vezes maior que o total de resíduos sólidos urbanos gerados pela sociedade.

Diante desta conjuntura, a Construção Enxuta apresenta-se como um conceito inovador ao sistema de gestão da produção no setor da construção civil, cujo objetivo é eliminar todo o tipo de desperdício produzido durante a execução de uma obra civil nomeadamente (de custo, tempo, e recursos materiais, de equipamentos ou de mão de obra) de modo a obter um produto final de maior valor agregado ao cliente (Vieira, 2011).

Por outra parte, cabe destacar que a busca de uma empresa por sustentabilidade baseia-se no comprometimento dos seus objetivos com o cuidado com o meio ambiente, com o conforto do *stakeholder* e com a constante melhoria da sua própria reputação (Almeida, 2002). Deste ponto, observa-se que os procedimentos empresariais devem estar atrelados tanto aos custos momentâneos, quanto àqueles que ainda estão por vir, de modo a corroborar uma constante busca de ganhos em eficiência, inovação tecnológica e gestão.

Através do presente estudo, pretendeu-se avaliar se a adoção de atividades e práticas ligadas a Construção Enxuta contribui para promover uma gestão do canteiro de obras mais comprometida com a sustentabilidade.

Para tal, utilizaram-se indicadores de sustentabilidade aplicados à gestão de recursos no canteiro de obras, que foram relacionados a conceitos vinculados às práticas enxutas. A análise foi feita em canteiros de obras com modos de produção distintos: com e sem a adoção das práticas enxutas, realizando uma comparação entre as formas de produzir analisadas, no intuito de identificar relação dessas práticas na gestão mais sustentável no canteiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Koskela (1992) destaca-se como estudo pioneiro na busca pela interpretação dos conceitos da produção enxuta no âmbito da construção civil. Esta adaptação, popularmente denominada no Brasil como Construção Enxuta, é uma nova forma de administração de produção na construção civil, a qual tem como meta atingir as necessidades do cliente com o máximo de economia (HOWELL, 1999 apud. Bazanelli, 2003).

O modelo de produção tradicional e dominante na construção civil define a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos em produtos intermediários ou finais. O modelo de produção difundido pela Construção Enxuta, por outro lado, expressa-se em conversões e fluxos. Assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção (Formoso, 2002).

Para aplicação deste modelo no campo da Construção Civil, Koskela (1992) apresenta um conjunto de 11 princípios, considerados a base da filosofia Enxuta, que auxiliam na gestão dos processos e, em geral, aplicam-se tanto para o processo de fluxo total quanto para seus sub-processos, quais sejam: Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes; Reduzir a variabilidade; Reduzir o tempo de ciclo; Simplificar através da redução do número de passos ou partes; Aumentar a flexibilidade de saída; Aumentar a transparência do processo; Focar o controle no processo global; Introduzir melhorias contínuas no processo; Equilibrar melhorias de fluxo e conversão; Benchmarking.

O quadro 1 apresenta a comparação entre o modo de produção tradicional e da produção enxuta, indicando que o primeiro desconsidera a existência de atividades que não agregam valor ao produto final, mantém foco principal nos subprocessos em detrimento do processo global, e ignora o conceito de valor sob a ótica dos clientes.

Quadro 1 – Comparação entre a produção convencional e a Produção Enxuta

	Filosofia de Produção Convencional	**Filosofia de Produção Enxuta**
Conceito de Produção	Todas as atividades agregam valor.	Existem atividades que agregam e atividades que não agregam valor
Foco do Controle	Custo das atividades	Custo, tempo e valor dos fluxos.
Foco de Melhorias	Incremento de eficiência pela implantação de novas tecnologias.	Eliminação ou redução de atividades que não agregam valor. Incremento de eficiência em atividades que agregam valor, através de melhoria continua e novas tecnologias.

Fonte: Kurek (2005)

Contudo, a maioria das pesquisas efetuadas estão focadas nos métodos da Construção Enxuta como um forma redução dos custos iniciais e eliminação dos desperdícios, em oposição ao aumento do desempenho ambiental (Degani e Cardoso, 2002 apud. Vieira, 2011).

Sendo ao mesmo tempo um importante setor econômico brasileiro e um intenso consumidor de matéria prima, a indústria da construção tem um grande potencial para fomentar o desenvolvimento sustentável. E uma das abordagens possíveis neste sentido, é a aplicação do princípio da Construção Enxuta através da introdução das questões sociais e ambientais como novos valores a serem atingidos. A Construção Enxuta se relaciona com o desenvolvimento sustentável da construção quando: na perspectiva econômica, promove à economia dos recursos; na social, quando fomenta aspectos positivos entre os funcionários; na ambiental, através da eliminação de desperdícios e conseqüente conservação de recursos naturais (Bae e Kim et al. 2007).

Assim, a gestão sustentável do canteiro toma posição estratégica neste quesito e deve estar presente em todas as áreas da empresa, sendo foco em todos os planos da organização, abrangendo desde o estudo de viabilidade dos empreendimentos, até elaboração dos projetos, planejamento e execução das obras, analise de suprimentos e atendimento aos clientes internos e externos.

3 METODOLOGIA

A partir de revisão bibliográfica feita em artigos, livros e manuais de certificação ambiental AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014) e Selo Casa Azul (CEF, 2010), foram identificados e selecionados diversos indicadores de sustentabilidade aplicados a etapa de execução de obra, e que possuem correlação com um ou mais dos 11 princípios da Construção Enxuta preconizados por Koskela (1992).

Os indicadores selecionados foram adaptados pelos autores para sua aplicação num contexto comparativo, bem como classificados em três grupos: padronização de processos e a industrialização de produtos, gestão de resíduos, e a capacitação e educação dos empregados.

Os quadros 3, 4 e 5 apresentam os resultados desta etapa, correlacionando o nome do indicador com a forma de aplicação existente nos manuais de certificação ambiental, sua fonte, a adaptação feita pelo autor, bem como sua ligação com os princípios enxutos.

A coleta de dados para aplicação dos indicadores compreendeu em análise documental de registros históricos de controle da empresa, observação direta em campo a partir de visitas ao canteiro; e aplicação de questionário aos representantes das obras estudadas.

Quadro 3 – Indicadores de sustentabilidade relacionados à padronização de processos e industrialização de produtos

Nome do indicador	**Indicador selecionado**	**Fonte**	**Indicador adaptado pelo autor**	**Princípio ligado a Construção Enxuta**
Qualidade de materiais e componentes	Comprovação da utilização apenas de produtos fabricados por empresas classificadas como "qualificadas" pelo Ministério das Cidades, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Hábitat (PBQP-H).	Casa Azul (2010)	Comprovação de utilização de materiais provenientes de fornecedores certificados	Reduzir a variabilidade
Componentes industrializados ou pré-fabricados	Adoção de sistema construtivo de componentes industrializados montados em canteiro, projetados de acordo com as normas	Casa Azul (2010)	% de componentes industrializados ou pré fabricados no orçamento geral	Reduzir a variabilidade/Minimizar o número de passos e partes
Concretos com dosagem otimizada	Memorial descritivo especificando a utilização de concreto produzido com controle de umidade e dosagem em massa, de acordo com a NBR 7212	Casa Azul (2010)	% de concreto produzido em central em relação ao total utilizado	Reduzir a variabilidade

Quadro 4 – Indicadores de sustentabilidade relacionados a gestão de resíduos

Nome do indicador	**Indicador selecionado**	**Fonte**	**Indicador adaptado pelo autor**	**Princípio ligado a Construção Enxuta**
Gestão de RCD	Existência de PGRCC para a obra	Casa Azul (2010)	Existência de PGRCC para a obra	Introduzir melhorias contínuas no processo/Aumentar a transparência do processo
Identificar e quantificar, por tipo, os resíduos do canteiro de obras	Garantir o rastreamento dos resíduos por meio de formulários de controle, certificados de pesagem ou de retirada, certificado de depósito em centrais de triagem, sistema de contagem das caçambas ou containers no canteiro e monitoramento de suas quantidades	AQUA (2014)	Evidência constante de formulários de controle, certificados de pesagem ou de retirada, certificado de depósito em centrais de triagem, sistema de contagem das caçambas ou containers no canteiro e monitoramento de suas quantidades	Introduzir melhorias contínuas no processo/Aumentar a transparência do processo
Otimizar a coleta, a triagem e o agrupamento dos resíduos de canteiro (AQUA)	Envolver e comprometer ao máximo os diversos intervenientes do canteiro de obras para que possam contribuir coletivamente para a eficácia da redução de resíduos na fonte	AQUA (2014)	Quantidade de elementos no canteiro para coleta, triagem e agrupamento (unidade)	Introduzir melhorias contínuas no processo/Aumentar a transparência do processo
Otimizar os circuitos dos resíduos de uso e operação do edifício (AQUA)	Limitar as distâncias a serem percorridas, garantir que não haja interferências entre os circuitos de coleta dos resíduos e os circuitos percorridos pelos ocupantes, separação entre o circuito de coleta dos resíduos e o circuito de entrega dos produtos	AQUA (2014)	Distância das baias de RCD ao transporte vertical/existencia de entulho duto/uso de cargas de retorno em relação a área total do terreno (m/m²)	Introduzir melhorias contínuas no processo/Aumentar a transparência do processo

Quadro 5 – Indicadores de sustentabilidade relacionados à capacitação e educação dos empregados

Nome do indicador	**Indicador selecionado**	**Fonte**	**Indicador adaptado pelo autor**	**Princípio ligado a Construção Enxuta**
Educação para a Gestão de RCD	Existência de Plano Educativo sobre a Gestão de RCD	Casa Azul (2010)	Educação para a Gestão de Resíduos (h de treinamento/funcionário/mês)	Reduzir a variabilidade/Introduzir melhorias contínuas no processo/Aumentar a transparencia do processo
Educação Ambiental dos Empregados	Existência de plano de atividades educativas, para os empregados, sobre os itens de sustentabilidade do empreendimento.	Casa Azul (2010)	Educação Ambiental dos Empregados (h de treinamento/funcionário/mês)	Reduzir a variabilidade/Introduzir melhorias contínuas no processo/Aumentar a transparencia do processo
Desenvolvimento Pessoal dos Empregados	Existência de plano de desenvolvimento pessoal para os empregados	Casa Azul (2010)	Existência de plano de desenvolvimento pessoal para os empregados	Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes
Capacitação Profissional dos Empregados	Existência de plano de capacitação profissional dos empregados em atividades da construção civil	Casa Azul (2010)	Capacitação Profissional dos Empregados nas atividades da Construção Civil (h de treinamento/funcionário/mês)	Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes

O Quadro 6 apresenta um resumo das características das obras objeto de análise neste estudo.

Quadro 6 – Resumo das características das obras

Características	**Obra A**	**Obra B**	**Obra C**
Quantidade de torres	3	2	1
Quantidade de pavimentos tipo	12	13/14	20
Quantidade de unidades	360	54	40
Padrão	Médio	Alto	Médio
Porte	Médio	Médio	Médio
Quantidade Total de Funcionários	131	75	167
Quantidade Operários (Média)	150	210	120
Quantidade Operários (Pico)	260	435	180
Área do Terreno (m²)	11.163	6.670	1.500
Área Construída (m²)	21.981	26.500	9.500
Adoção de Práticas Enxutas	Sim	Não	Não

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O Quadro 7 apresenta os resultados obtidos com a aplicação dos indicadores de sustentabilidade nos três canteiros de obra.

Quadro 7 – Resumo dos resultados obtidos com a aplicação dos indicadores

Categoria	Nome do Indicador	Obra A	Obra B	Obra C
Padronização de processos e a industrialização de produtos	Qualidade de materiais e componentes	Sim	Sim	Não
	Componentes industrializados ou pré-fabricados	1,79%	0,05%	0%
	Concretos com dosagem otimizada	98%	99%	~100%
Gestão de resíduos	Gestão de RCD	Sim	Sim	Não
	Identificar e quantificar, por tipo, os resíduos do canteiro de obras	Sim	Sim	Não
	Otimizar a coleta, a triagem e o agrupamento dos resíduos de canteiro	7 tipos	2 tipos	0
	Otimizar os circuitos dos resíduos de uso e operação do edifício	$4{,}6 \times 10^{-3}$ m/m²	$3{,}8 \times 10^{-3}$ m/m²	$5{,}3 \times 10^{-4}$ m/m²
Capacitação e educação dos empregados	Educação para a Gestão de RCD	1h/pessoa / 2h/pessoa/mês	2h/pessoa/mês	2h/pessoa/mês
	Educação Ambiental dos Empregados	2h/pessoa/mês	2h/pessoa/mês	2h/pessoa/mês
	Desenvolvimento Pessoal dos Empregados	Sim	Não	Não
	Capacitação Profissional dos Empregados	1h/funcionário	0	0

Em relação ao controle da qualidade de materiais e componentes, observou-se que a obra A possui um sistema de aquisição de material próprio onde os fornecedores são selecionados após cumprir diversos critérios de qualidade. A obra B, por sua vez, antes de toda compra, realiza a homologação do material/fornecedor para saber a procedência do material e nos casos de fornecedores locais, realiza visitas à fábrica para atestar a qualidade das instalações. Finalmente a obra C alega que faz parte da política da empresa a seleção de fornecedores com avaliação positiva no mercado, porém a mesma não possui nenhum tipo de controle sobre as certificações dos fornecedores.

No tocante aos componentes industrializados ou pré-fabricados, a obra A afirmou que o bloco garagem, as escadas e os meios-fios foram feitos com componentes pré-fabricados (Figura 1). Todos esses itens somados representam 1,79% do orçamento total (1,63% - bloco garagem; 0,1% - meios-fios; 0,06% - escadas). Já na obra B, apenas nas vergas das portas são utilizados pré-fabricados e no orçamento, esse item representa 0,05%. A obra C não utiliza pré-fabricados.

Quanto ao uso de concreto com dosagem otimizada, as três obras praticamente só utilizam concreto produzido em central, realizando o devido controle tecnológico conforme a norma.

Figura 1 – Vigas e pilares pré-moldados no bloco garagem (Obra A)



Foto: Autor (2016)

No que corresponde a gestão de RCD, as obras A e B cumpriram o critério relacionado à existencia do PGRCC (Projeto de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição). Embora seja obrigatória a elaboração do PGRCC para obtenção do alvará de funcionamento do canteiro, o engenheiro responsável pela obra C informou que a mesma não possuía o projeto, demonstrando negligencia e/ou desconhecimento quanto as medidas apresentadas pelo documento.

No que se refere a identificação e quantificação, por tipo, dos resíduos do canteiro de obras, evidenciou-se que apenas a obra A utiliza comprovantes / registros de transporte e destinação dos resíduos gerados, identificando o tipo e as quantidades em massa ou volume. As obras B e C por sua vez, não realizam tais registros.

Para otimizar a coleta, a triagem e o agrupamento dos resíduos de canteiro, a obra A possui 7 baias grandes divididas em: entulho, papel, metal, plástico, resíduos perigosos, madeira e sacaria contaminada. A obra B segrega seus resíduos entre recicláveis e não recicláveis e os acondicionam em 2 baias sinalizadas. A obra C, por sua vez, não apresentou segregação dos resíduos como pode ser evidenciado no registro fotográfico da Figura 2.

Com relação a otimização dos circuitos dos resíduos de uso e operação do edifício, observou-se que as obras A e B, por possuírem áreas de terreno extensas, apresentam suas baias divididas ao longo do canteiro e, conseqüentemente, sua distância em relação ao transporte vertical depende do tipo de resíduo. Nesses casos, encontrou-se a relação de $4{,}6 \times 10^{-3}$ e $3{,}8 \times 10^{-3}$ metros percorridos para cada metro quadrado de terreno, respectivamente. A obra C, majoritariamente vertical e com pequena área de terreno em comparação com as outras duas, possui distancia de aproximadamente 5 metros, ficando com a relação de $5{,}3 \times 10^{-4}$ metros percorridos para cada metro quadrado de terreno. Cabe destacar,

contudo, que, embora a obra C tenha apresentado uma menor relação entre a distância percorrida do transporte vertical até a disposição final do resíduo, a mesma não realiza segregação deste resíduo, o que favorece a coleta, mas afasta os objetivos sustentáveis.

Figura 2 – Resíduo não segregado (Obra C)



Foto: Autor (2016)

Finalmente, no que se refere à capacitação e educação dos empregados, identificou-se que a obra A realiza treinamento de duração de 1 hora para cada funcionário, logo após sua contratação. O conteúdo abordado refere-se tanto a gestão de RCD no canteiro quanto aos padrões de qualidade estabelecidos pela empresa para os processos construtivos aos quais o funcionário atuará como agente executor. Além disso, esta obra realiza o DDS (Diálogo Diário de Segurança), nas três primeiras terças do mês, onde também são abordados conteúdo relacionados à sustentabilidade do canteiro, incluindo gestão de resíduos. A obra B, por sua parte, promove o programa de Educação Ambiental e Mobilização Social para os funcionários todas as terças do mês com duração de 1 hora. Este programa é especificado no PGRCC, e aborda conteúdo relacionado à gestão dos resíduos no canteiro. Por fim, na obra C o treinamento é feito através do DDS, e assim como nas obras A e B, ocorre todas às terças do mês durante 1 hora, onde também são feitos treinamentos em segurança e meio ambiente.

Quanto ao desenvolvimento pessoal dos empregados, a única obra a satisfazer este critério é a obra A, que realiza diversos treinamentos com os funcionários através de parcerias com o Sistema FIEB (Federação das Indústrias do Estado da Bahia). As demais obras não apresentam praticas relacionadas.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho tentou promover uma contribuição ao setor da construção, ao buscar uma relação causal entre a adoção de práticas enxutas no canteiro de obras com a melhoria na gestão sustentável do mesmo. O trabalho utilizou indicadores de sustentabilidade originados das certificações ACQUA e Selo Casa Azul como instrumentos para relação entre as disciplinas de sustentabilidade e produção enxuta. Observou-se, contudo, grande

dificuldade em se estabelecer uma relação, seja quantitativa ou qualitativa, entre os conceitos apresentados por estas disciplinas.

A obra que se declarou ligada aos princípios enxutos apresentou os melhores resultados em todos os critérios analisados no contexto comparativo abordado. Por outro lado, algumas considerações devem ser apontadas:

- A redução da variabilidade através da padronização de processos e da industrialização de produtos são estratégias interessantes da Construção Enxuta que podem conduzir a um canteiro mais sustentável. Esta relação deve, no entanto, ser devidamente comprovada;
- No tocante aos indicadores relacionados à gestão de resíduos e capacitação e educação dos empregados, identificou-se que a preocupação com a educação em meio ambiente e tratamento dos resíduos, é prática comum entre as empresas. Observa-se, contudo, que as medidas ligadas à gestão de resíduos, em sua maioria, encontram-se atreladas à obrigatoriedade do PGRCC e não necessariamente ligadas aos vieses sustentável e enxuto existentes nas medidas, o que dificultou a análise destes critérios.
- Por outra parte, vale destacar que apenas a Obra A demonstrou possuir a preocupação com a capacitação técnica profissional e desenvolvimento pessoal dos funcionários, pontos fundamentais da mentalidade enxuta e do desenvolvimento sustentável.

Espera-se que as discussões produzidas com o desenvolvimento deste trabalho motivem a proposição de estudos mais aprofundados / fundamentados acerca do tema, com vistas à promoção do constante aprimoramento das práticas de gestão no canteiro de obras e, ao mesmo tempo, à busca da sustentabilidade de seus processos.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan e JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**: volume 5. São Paulo: Blucher, 2011.

ALMEIDA, Fernando. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio Grande do Sul: Nova Fronteira, 2002.

BAE, Jin-Woo; KIM, Yong-Woo. **Sustainable Value on Construction Project and Aplication of Lean Construction Methods.** In: IGLC,15., 2007, Michigan. Procedings... Michigan: IGLC, 2007, 10p.

BAZANELLI, Ana Cristina Danelon Rigo. **Uma nova abordagem do orçamento na construção civil frente à filosofia gerencial do pensamento enxuto**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. 2003.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação**

mais sustentável. São Paulo: Páginas e Letras – Editora e Gráfica, 2010. Disponível em www.labeee.ufsc.br/projetos/manual-selo-casa-azul-caixa. Acesso em 26 de janeiro de 2016.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos**. Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obra, v. 15, p. 50 - 58, 15 out. 2002.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Processo AQUA - Construção Sustentável – Guia Prático do Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício**. FCAV e Cerway – setembro de 2014. Disponível em www.vanzolini.org.br/aqua/ Acesso em 26 de janeiro de 2016.

GIMENES, Higor Correa; NAGATA, Marcelo Nagata; VIEIRA, Maria Angélica; SILVA, Raquel Rocha da. **Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social Corporativa. É possível ser sustentável? Caso MAPFRE S.A. 2010**. Disponível em www.rumosustentavel.com.br/desenvolvimento-sustentavel-e-responsabilidade-social-corporativa-e-possivel-ser-sustentavel-caso-mapfre-s-a/. Acesso em 10 de julho de 2015.

KOSKELA, Lauri – **Application of the new producion philosophy to construction**. CIFE Technical Report: 72, Stanford University, USA, 1992.

KUREK, Juliana. **Introdução dos princípios da filosofia de construção enxuta no processo de produção em uma construtora em Passo Fundo-RS**. Passo Fundo, 2005. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo.

RIBEIRO, Maisa de Souza e PAIVA, Paulo Antônio de. **A economia de custos na reciclagem na construção civil e a preservação ambiental**. 2015. IX Congresso Internacional de Custos - Florianópolis, SC, Brasil, novembro de 2005

VIEIRA, Alexandra Rueff. **A Lean Construction e a Sustentabilidade – Paradigmas Complementares Implementação de um Modelo de Optimização**. Lisboa: FCT/UNL, 2011, 119 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Faculdades de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2011.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PERFIL DO TRABALHADOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE BELÉM[1]

SEIXAS, Renato de M. (1); VALENTE, Pedro S. (2); RIOS, Matheus M. (3); SANTANA, Wylliam B. (4); MAUÉS, Luís M. (5).

(1) UFPA, e-mail: seixasrenato@hotmail.com (2) UFPA, e-mail: pedrosv2010@hotmail.com; (3) UFPA, e-mail: matheus_marinho100@hotmail.com; (4) UFPA, e-mail: wyll_santana@hotmail.com; (5) UFPA, e-mail: maues@ufpa.br

RESUMO

A indústria da construção civil é um importante polo gerador de empregos, sendo a mão de obra um dos fatores decisivos no que se refere ao sucesso organizacional de uma empresa. Em meio a esse contexto, este trabalho tem por objetivo caracterizar o perfil da mão de obra da construção civil em obras verticais, na cidade de Belém. Conhecendo-se o perfil do trabalhador e suas necessidades, é possível rever ou criar políticas de incentivo à mão de obra no que diz respeito à capacitação ou à moradia, visando estreitar a relação empregador-empregado. A metodologia foi iniciada pela revisão bibliográfica e elaboração de questionários estruturados e fechados, direcionados a operários e engenheiros de obra. Foram abordados os tópicos: perfil do ser humano e profissional, satisfação com o trabalho e avaliação dos superiores. Alguns dos resultados obtidos demostram a prevalência de operários na faixa dos 29 a 34 anos de idade, casados e com 1 a 2 filhos, atuando na construção civil há mais de 5 anos. Foi possível verificar, que existe um elevado grau de satisfação em relação ao trabalho, assim como uma boa avaliação dos gestores em relação a sua equipe produtiva.

Palavras-chave: Perfil da mão de obra. Obras verticais. Qualificação profissional.

ABSTRACT

The construction industry is an important pole generator of jobs, and the labor is a decisive factors in regard to the organizational success of a company. Amid this context, this study aims to characterize the labor profile construction in vertical works in the city of Belém. Knowing the worker's profile and your needs, you can review or create incentive policies to labor with regard to training or housing, aiming to strengthen the employer-employee relationship. The methodology was initiated by literature review and preparation of structured and closed questionnaires, aimed at workers and engineers. Topics were discussed: Profile of the human and professional, job satisfaction and evaluation of superiors. Some of the results demonstrate the prevalence of workers between the ages of 29-34 years old, married and with 1 to 2 children, working in construction for over 5 years. It was possible to verify that there is a high degree of satisfaction with the work, as well as a good evaluation of managers in relation to their production team.

***Keywords**: Profile of labor, Vertical work. Professional qualification..*

[1] SEIXAS, Renato de M.; VALENTE, Pedro S.; RIOS, Matheus M.; SANTANA, Wylliam B.; MAUÉS, Luís M. Perfil do trabalhador da construção civil na cidade de Belém. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016. São Paulo. **Anáis**... Porto Alegre: ANTAC: 2016.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil historicamente sempre foi um campo formador de empregos. Segundo a *Methodological Centre for Vocational Education and Training* (2008), o setor da construção é considerado como o maior empregador industrial do mundo, com uma estimativa de 111 milhões de trabalhadores, representando aproximadamente 28% de todo o emprego industrial, com uma produção total anual, a nível mundial, de cerca de 10% do PIB, dos quais 30% é gerado na Europa. Esta é maior do que os 22% criado nos Estados Unidos e 21% no Japão. No Brasil, segundo o DIEESE (2011), o setor da construção representou 5,7% do Produto Interno Bruto em 2012.

Em um setor com uma relevância tão grande para a economia, a necessidade de se conhecer o perfil da mão de obra é de extrema importância. Segundo Labardin (2015), a indústria da construção civil apresenta grandes peculiaridades, onde sua instabilidade, as suas variações sazonais, em decorrência de mão de obra e intemperismos e a mobilidade da força de trabalho são frequentemente citados de modo a ilustrar essas peculiaridades

Para Moraes e Junior (2011), a mão de obra é um dos fatores decisivos no que se refere ao sucesso organizacional de uma empresa, especificamente quanto ao gerenciamento do processamento industrial, devendo-se conhecer as diversas condições contemporâneas e regionais, a saber: disponibilidade, habilitação, salários, acordos sindicais e trabalhistas entre outras. Estas condições determinam várias decisões a serem tomadas na implantação de um empreendimento.

É importante conhecer o perfil do trabalhador, saber quais são suas habilidades e qual sua experiência de trabalho. Dessa forma, o empregador pode tomar consciência de pontos fortes e fracos da sua mão de obra. Também é necessário conhecer as necessidades pessoais e profissionais do grupo, até mesmo características aparentemente menos relevantes como idade e estado civil são importantes. Com isso, pode-se entender melhor alguns aspectos motivacionais, comportamentais, sociais, dentre outros.

Conhecendo-se o perfil do trabalhador e suas necessidades, é possível rever ou criar políticas de incentivo à mão de obra, como por exemplo no que diz respeito à capacitação profissional, visando estreitar a relação empregador-empregado. Em meio a esse contexto, o presente trabalho tem por objetivo traçar o perfil da mão de obra de operários da construção civil da cidade de Belém em obras de incorporações verticais, residenciais ou comerciais, visto que poucas pesquisas têm sido realizadas nessa região e pouco ainda se sabe sobre esses perfis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em trabalho desenvolvido por Fernandes e Vaz (2012), foi realizada uma pesquisa, na cidade de Campinas – SP, para verificar uma vertente do perfil da mão de obra: o índice de massa corporal dos trabalhadores. Em um

universo de 366 pessoas, através de prontuários médicos, verificou-se que 33,1% dos trabalhadores estão acima do peso e 6,5% encontram-se na condição de obesidade. Esse dado é preocupante, visto que o indivíduo acima do peso está mais susceptível a doenças cardiovasculares, o que pode vir a diminuir sua qualidade de vida, além de diminuir sua produtividade no ambiente de trabalho e aumentar o absenteísmo. Isso mostra o quão importante é conhecer o perfil dos trabalhadores para se tomar medidas que evitem possíveis riscos aos mesmos.

Na pesquisa realizada por Areosa (2012), mostra-se que a percepção de determinado risco de acidente de trabalho não é uma característica homogênea, mas sim um processo interpretativo que depende do grau de subjetividade de cada indivíduo. Em outras palavras: a percepção varia de acordo com o perfil da mão de obra. O estudo aponta para alguns fatores que ocasionam essa heterogeneidade na percepção, como: idade, história de vida pessoal e lugar que ocupa nas relações de poder dentro da empresa. Areosa evidencia que indivíduos com poucos anos de atuação tendem a ter uma percepção maior se comparados àqueles que trabalham há mais tempo.

Em trabalho desenvolvido por Silva (2008), é traçado o perfil dos operários da construção civil da cidade do Rio de Janeiro, no qual foram analisados diversos fatores como idade, tempo de serviço e grau de instrução. A pesquisa busca alternativas para o desenvolvimento e crescimento dos seres humanos envolvidos nos sistemas produtivos e mostra que para motivar essas pessoas basta saber quais são suas necessidades, aspirações e desejos, e, para isso, é fundamental que se conheça o perfil da mão de obra com a qual se trabalha.

Segundo Santos e Oliveira (2006), a não valorização dos trabalhadores contribui significativamente para a situação em que a indústria da construção civil se encontra hoje: um setor caracterizado por apresentar indicadores desfavoráveis em termos de produtividade e qualidade. Eles afirmam, ainda, que o baixo grau de instrução e questões culturais são os principais desafios que as construtoras enfrentam. Todas essas questões, que giram em torno do perfil da mão de obra, precisam ser analisadas, para que se possa buscar soluções para esses desafios enfrentados pelas empresas, uma vez que se faz necessário buscar a melhoria contínua do produto ofertado em frente a um mercado cada vez mais competitivo.

3 MÉTODO

Este trabalho é caracterizado como uma pesquisa de levantamento exploratório, onde, por intermédio dos questionários destinados aos operários, procurou-se de forma descritiva, bibliográfica e quantitativa analisar os atributos da mão de obra, tais como: idade, estado civil, escolaridade, condições de trabalho na empresa e tempo de trabalho na construção civil. Além do questionário aplicado aos operários direcionou-se um outro destinado aos engenheiros, onde buscou-se avaliar a percepção

dos mesmos sobre a qualificação e comprometimento dos trabalhadores.

Foi aplicado um questionário estruturado e fechado, com 15 questões, para os operários e outro questionário, com 2 questões, para os engenheiros. A aplicação foi feita em obras de vários nichos entre obras particulares, publicas, verticais e horizontais.

As perguntas do questionário dividem-se em 4 tópicos de pesquisa para caracterizar a mão de obra: perfil do ser humano, perfil profissional, perfil de satisfação com o trabalho e avaliação dos superiores. Através dos dados coletados deste trabalho e comparação com bibliografias nacionais e internacionais foram discutidas as características do perfil dos trabalhadores.

Para os tópicos de pesquisa do perfil de satisfação e avaliação dos superiores, padronizaram-se as respostas afim de otimizar a tabulação dos dados. As respostas foram classificadas da seguinte forma: total insatisfação, muita insatisfação, alguma insatisfação, alguma satisfação, muita satisfação e total satisfação, que de acordo com Fleury (2012), caracteriza a escala de Likert. Para cada resposta foi atribuída uma escala de 1 a 5, onde "total insatisfação" corresponde ao número 1 e "total satisfação" corresponde ao número 5. Depois de coletados os dados, foi feito uma média aritmética ponderada dos valores entre 1 e 5.

Os resultados deste trabalho foram comparados com várias bibliografias. Utilizou-se pesquisa realizada na cidade de Belém em 2007 (BARBOSA E LIMA, 2007), Rio de Janeiro (SILVA, 2008), Florianópolis (SINDUSCON, 2015), São Paulo (ISPC, 2011), Campo Mourão (ARAÚJO, 2014), Roraima (MORAES E JUNIOR, 2011), Chile (FARIAS E MARTINEZ,1989), Reino Unido (LAMBLEY E JAMES, 2012) e Seattle (UCLA LABOR CENTER, 2014). As 8 bibliografias citadas para se fazer as comparações não são utilizadas, necessariamente, em todos as variáveis dos tópicos de pesquisa deste artigo, uma vez que nem todos os trabalhos continham os segmentos aqui analisados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

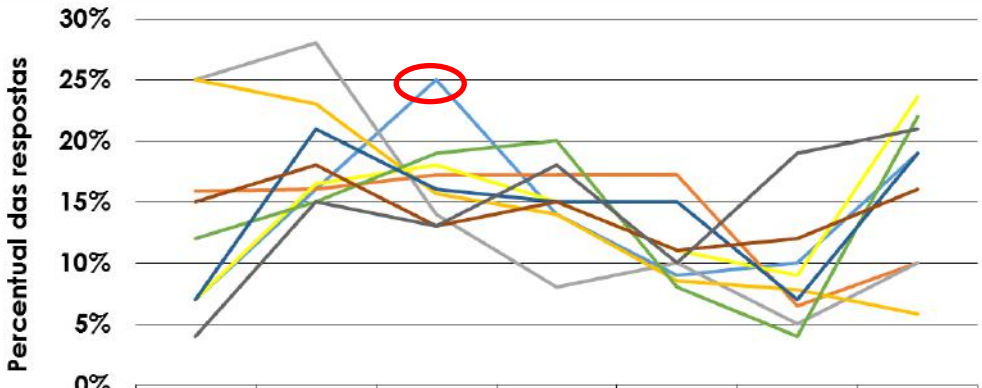
O estudo foi realizado em 2015, através de entrevistas nos canteiros de diversas obras da cidade de Belém. A amostra coletada para análise foi constituída por entrevistados de 36 canteiros de obra de um total de 75 obras residenciais e comerciais existentes na cidade. Do total de entrevistados 41% eram de oficiais, 6 % de meio oficiais, 20% de serventes e 33% de outros que estão diretamente relacionadas ao canteiro, como almoxarife e eletricista, e 36 engenheiros, todos em atividade nos canteiros de obras das empresas pesquisadas.

4.1Perfil do ser humano

Neste tópico, buscou-se entender as características pessoais de cada trabalhador, analisando-os quanto ser humano. Para esse tópico da pesquisa, avaliou-se as seguintes variáveis: Idade, origem, escolaridade, estado civil, prole e moradia.

Os resultados relacionados à idade, bem como comparações com outras bibliografias pesquisadas, encontram-se no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Idade dos trabalhadores



	18 a 22 anos	23 a 28 anos	29 a 34 anos	35 a 39 anos	40 a 44 anos	45 a 49 anos	Mais que 50 anos
Belém (2015)	7%	16%	25%	14%	9%	10%	19%
Belém (2007)	16%	16%	17%	17%	17%	7%	10%
Rio de Janeiro (2011)	25%	28%	14%	8%	10%	5%	10%
Florianópolis (2015)	25%	23%	16%	14%	9%	8%	6%
São Paulo (2011)	7%	17%	18%	15%	11%	9%	24%
Campo Mourão (PR -2012)	12%	15%	19%	20%	8%	4%	22%
Roraima (2011)	7%	21%	16%	15%	15%	7%	19%
Reino Unido (2012)	15%	18%	13%	15%	11%	12%	16%
Seattle (2014)	4%	15%	13%	18%	10%	19%	21%

Fonte: Os autores

Constata-se que, na cidade de Belém, o maior percentual de trabalhadores foi encontrado na faixa etária de 29 a 34 anos (25%), mostrando que a construção civil vem atraindo um número menor jovens (18 a 22 anos), se comparada aos dados coletados na mesma cidade em 2007. Já em relação a outras bibliografias pesquisadas, essa tendência permanece semelhante, com exceção de Rio de Janeiro e Florianópolis, que tiveram uma parcela considerável de jovens nos canteiros de obra.

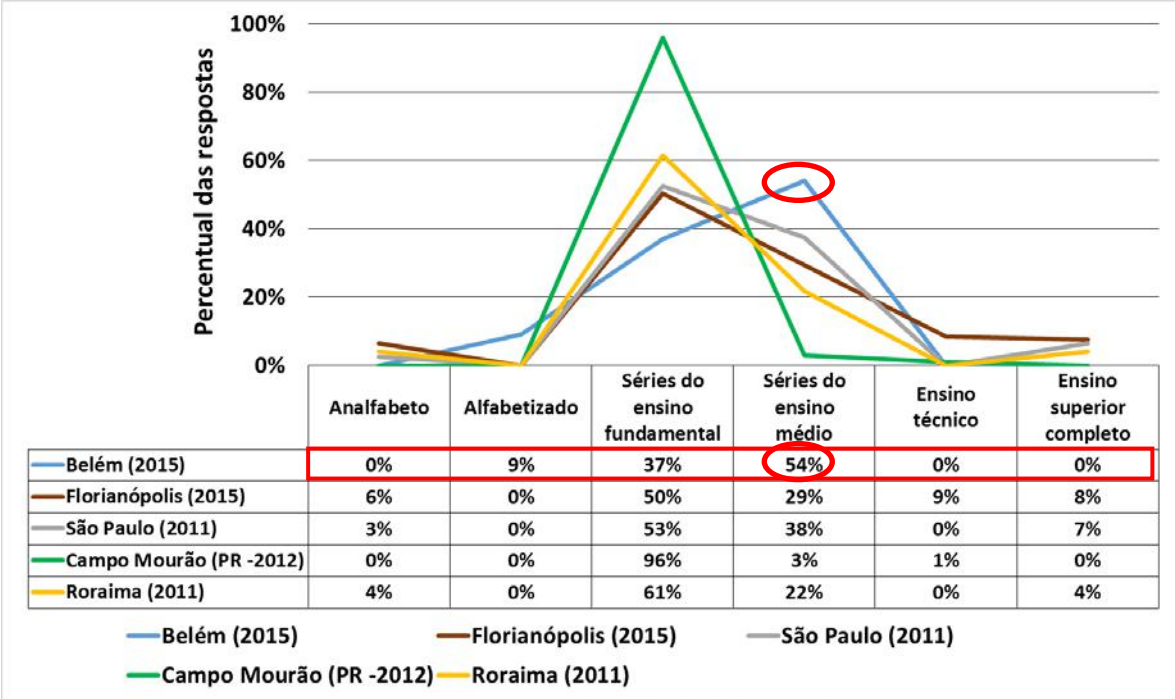
O maior número de trabalhadores de Belém na faixa etária de 29 a 34 anos pode estar relacionada com o fato de a população de jovens no Brasil vir diminuindo progressivamente nas últimas décadas, pelo aumento do uso de métodos contraceptivos e maior planejamento familiar, conforme mostra dados do IBGE (2015), o qual aponta um aumento da população na faixa dos 30 anos de idade.

Outra variável pesquisada foi a origem do operário, revelando que, na cidade de Belém, a maioria é proveniente da capital (49%). O percentual de pessoas provenientes do interior do Estado é de 41%. Essa tendência se repete na cidade do Rio de Janeiro e na própria Belém em pesquisa de 2007. Entretanto as cidades de São Paulo e Florianópolis, contrariamente, possuem a maioria dos operários da construção civil provenientes do interior do estado.

A escolaridade dos trabalhadores em Belém se mostra muito satisfatória em

relação aos outros locais pesquisados. Na capital paraense mais da metade dos operários, 54%, declararam possuir séries do ensino médio. Número bem maior se comparado com os percentuais de outros locais pesquisados, cujos resultados mostram a maioria dos trabalhadores possuindo apenas as séries do fundamental, conforme pode-se observar no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Escolaridade dos trabalhadores



	Analfabeto	Alfabetizado	Séries do ensino fundamental	Séries do ensino médio	Ensino técnico	Ensino superior completo
Belém (2015)	0%	9%	37%	54%	0%	0%
Florianópolis (2015)	6%	0%	50%	29%	9%	8%
São Paulo (2011)	3%	0%	53%	38%	0%	7%
Campo Mourão (PR -2012)	0%	0%	96%	3%	1%	0%
Roraima (2011)	4%	0%	61%	22%	0%	4%

Fonte: Os autores

Isso pode mostrar uma tendência da mão de obra local estar se qualificando e buscando maiores conhecimentos, ou pode mostrar também que a falta de emprego em outras indústrias impulsiona o trabalhador qualificado para a construção civil. Esse quadro futuramente pode ou não gerar um ambiente mais satisfatório do ponto de vista técnico dentro do canteiro, desde que, os profissionais se mantenham nesta indústria e permaneçam motivados e produtivos, como encontrado nesta pesquisa, servindo de sugestão para outras pesquisas a continuação desta avaliação motivacional do operário

O estado civil do operário belenense mostra a maioria com status de casado, 56%. Dados esses que se repetem em quase todos os locais pesquisados, com exceção de Florianópolis onde o número de operários solteiros supera o de casados.

Quanto à prole, a maioria dos trabalhadores possui entre 1 e 2 filhos (57%), o que se mostra semelhante em todas as outras pesquisas bibliográficas, levando a crer que está havendo um maior planejamento familiar. O fato da maioria dos trabalhadores se encontrar casado e com filhos pode apontar para um perfil de trabalhador mais responsável, em função das obrigações adquiridas no âmbito familiar.

A questão da moradia mostra que igualmente como no trabalho de Barbosa e Lima (2007), a maioria dos trabalhadores possui residência própria (84%), característica que não se repete em nenhuma dos locais nacionais pesquisados, ocorrendo resultado semelhante apenas no Reino Unido.

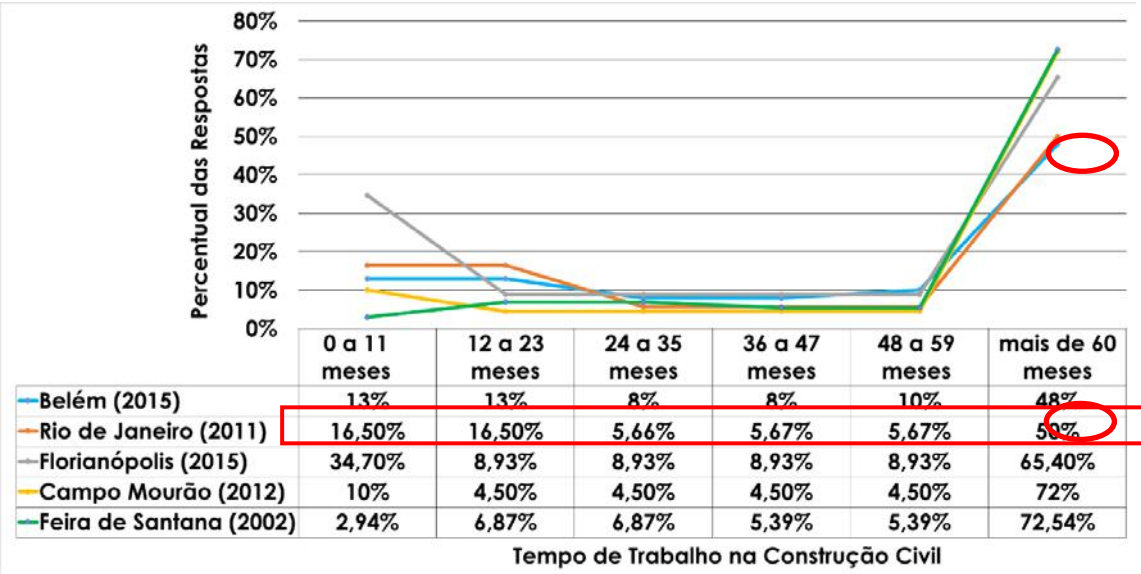
4.2 Perfil profissional

A pesquisa acerca do perfil profissional está dividida em 5 segmentos: tempo de trabalho na construção civil, tempo de trabalho na empresa atual, como se aprendeu a profissão, motivo pelo qual trabalha na construção civil e se o trabalhador faz ou não cursos no momento. Esses 5 segmentos correspondem a 5 das perguntas presentes no questionário; um para cada pergunta.

Em relação ao período em que se trabalha na construção civil, verificou-se que a maioria dos entrevistados (48%) trabalha há mais de 5 anos no referido ramo de atividade, enquanto que os demais entrevistados estão distribuídos em períodos que variam de 0 a 59 meses, conforme pode ser visto no Gráfico 3.

Nele, também encontram-se pesquisas de outros trabalhos, como os realizados nas cidades do Rio de Janeiro, Florianópolis, Campo Mourão e Feira de Santana. Verifica-se que todas essas outras cidades também apresentam um maior percentual de pessoas trabalhando há mais de 5 anos na construção civil, o que mostra que pessoas que entram nesse ramo de trabalho tendem a permanecer nele por longos anos.

Gráfico 3 – Tempo de trabalho na construção civil



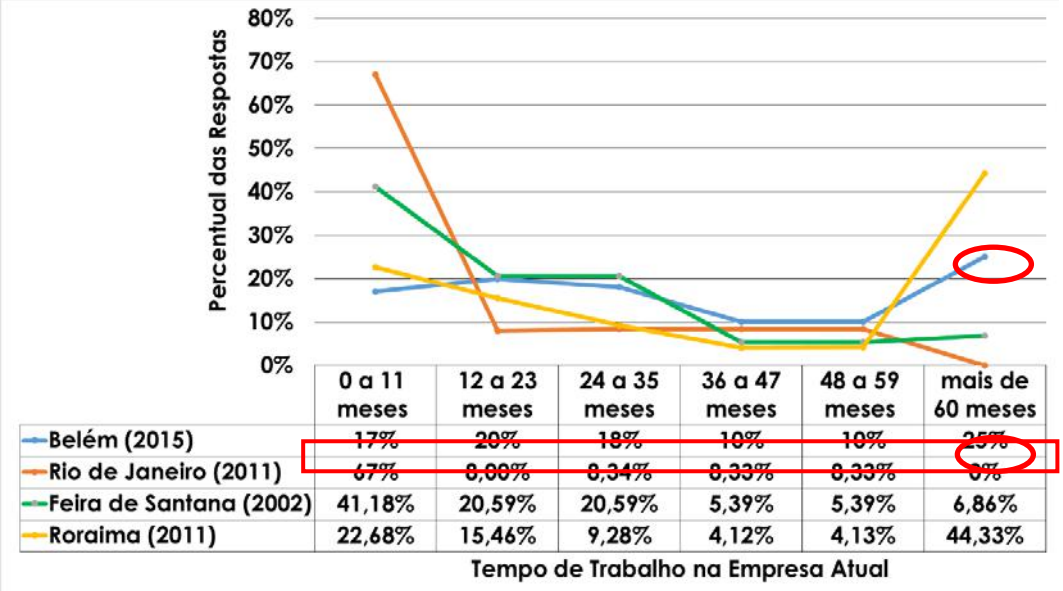
	0 a 11 meses	12 a 23 meses	24 a 35 meses	36 a 47 meses	48 a 59 meses	mais de 60 meses
Belém (2015)	13%	13%	8%	8%	10%	48%
Rio de Janeiro (2011)	16,50%	16,50%	5,66%	5,67%	5,67%	50%
Florianópolis (2015)	34,70%	8,93%	8,93%	8,93%	8,93%	65,40%
Campo Mourão (2012)	10%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	72%
Feira de Santana (2002)	2,94%	6,87%	6,87%	5,39%	5,39%	72,54%

Fonte: Os autores

Em relação ao período de trabalho na empresa atual, verifica-se que a quantidade de pessoas que trabalham há mais de 5 anos (25%), mostradas no Gráfico 4 a seguir, já não é tão significativa quanto à quantidade de trabalhadores que atuam na construção civil (48%), que é mostrada no

Gráfico 3.

Gráfico 4 – Tempo de trabalho na empresa atual



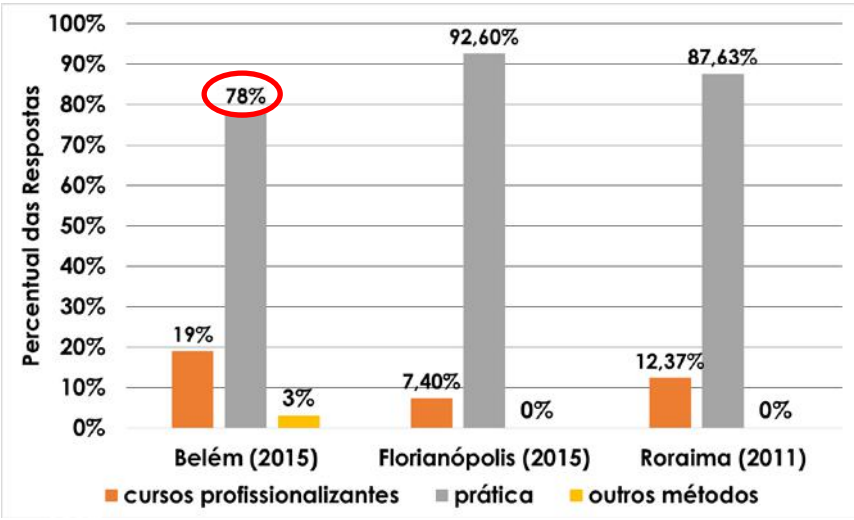
	0 a 11 meses	12 a 23 meses	24 a 35 meses	36 a 47 meses	48 a 59 meses	mais de 60 meses
Belém (2015)	17%	20%	18%	10%	10%	25%
Rio de Janeiro (2011)	67%	8,00%	8,34%	8,33%	8,33%	0%
Feira de Santana (2002)	41,18%	20,59%	20,59%	5,39%	5,39%	6,86%
Roraima (2011)	22,68%	15,46%	9,28%	4,12%	4,13%	44,33%

Fonte: Os autores

Os dados encontrados nas cidades do Rio de Janeiro e Feira de Santana também mostram uma pequena quantidade de pessoas que trabalham há mais de 5 anos em uma mesma empresa, mostrando que a rotatividade de trabalhadores da construção civil tende a ser elevada. Os dados de Roraima são os únicos que não mostram a mesma tendência, talvez em função do reduzido número de construtoras localizadas no Estado, baseado no pequeno número de empresas associadas ao Sinduscon – RR (14), se comparado a outras localidades do país.

Em relação a como a profissão foi aprendida, verifica-se que grande parte dos profissionais de Belém assimilou a técnica por intermédio da prática (78%), conforme pode ser visto no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Como aprendeu a profissão



Fonte: Os autores

Os dados das cidades de Florianópolis e Roraima também apontam para números similares, evidenciando que poucos são os profissionais que aprendem a profissão por meio de cursos profissionalizantes, o que pode apontar uma necessidade de implementar uma política de qualificação profissional mais consistente.

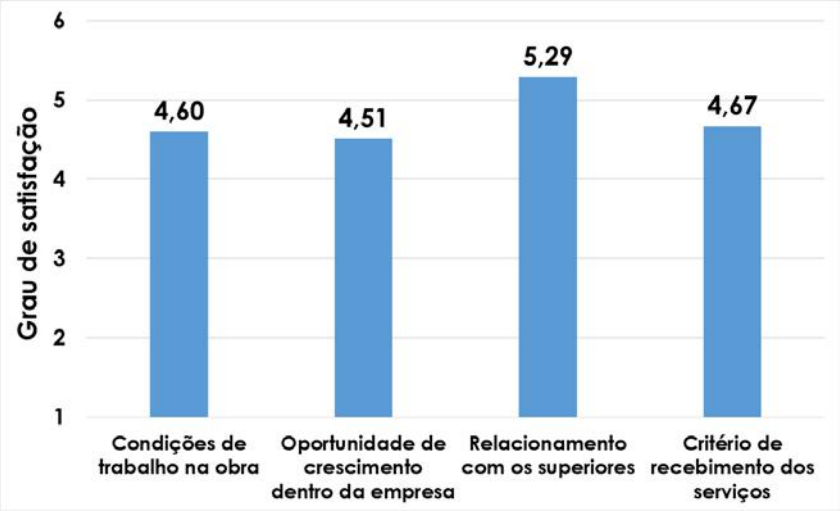
Na questão relativa ao motivo pelo qual está trabalhando na construção civil, as respostas predominantes foram: gostar da profissão (31%) e trazidos por parentes ou amigos (29%). As categorias "facilidade de ingressar" (16%), "busca por melhores salários" (7%), "baixa escolaridade" (8%) e "falta de outra opção" (8%) obtiveram percentuais menores.

Ao indagar o operário se o mesmo estava fazendo algum curso no momento, 87% dos entrevistados disseram que não, e apenas 3% afirmou que sim. Esses dados corroboram com os dados da cidade de Campo Mourão, onde 80% disse não estar envolvido em nenhum curso.

4.3 Perfil de satisfação

Neste tópico buscou-se entender o grau de satisfação de cada trabalhador, analisando suas opiniões sobre o bem-estar no ambiente de trabalho. Para esse tópico da pesquisa se avaliou as seguintes variáveis: condições de trabalho na obra, oportunidades de crescimento dentro da empresa, relacionamento com os superiores e critérios de recebimento dos serviços executados. Os resultados podem ser vistos no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Perfil de satisfação



Fonte: Os autores

Para todas as categorias, encontra-se valores que giram em torno do valor 5, que corresponde a muita satisfação. Percebe-se, com isso, que os operários se encontram satisfeitos no seu ambiente de trabalho, o que propicia a execução de trabalhos de maneira mais adequada e eficiente.

4.4 Opinião dos engenheiros sobre os operários

Neste tópico, buscou-se saber a opinião dos engenheiros residentes das obras visitadas sobre o comprometimento dos trabalhadores e a qualificação dos operários. Do total, a maioria se mostrou satisfeita com os dois quesitos pesquisados.

Em relação ao comprometimento dos trabalhadores, a maioria dos engenheiros se mostra satisfeita com os seus colaboradores (85%). Esse resultado, pode estar em consonância com outros pontos abordados na pesquisa, como por exemplo, a existência de trabalhadores com mais idade, família e filhos. Esses podem ser pontos influenciadores para alta satisfação dos engenheiros, uma vez que esses fatores podem levar um trabalhador a ser mais equilibrado e focado profissionalmente.

Em relação à qualificação dos operários no canteiro, a maioria dos engenheiros também se mostrou satisfeitos (87%). Embora este percentual seja elevado, deve-se avaliá-lo com mais critério, pois, de acordo com os dados coletados no presente trabalho, a maioria dos trabalhadores não está fazendo nenhum curso atualmente.

Essa situação pode ser determinante para a lenta modernização da indústria da construção civil, onde a falta de padronização e o alto índice de desperdícios devido a retrabalhos geram altos custos e baixa produtividade do setor. Esse dado pode ser um indicativo da ainda pequena importância dada pelos gestores da obra a treinamentos junto aos operários e que a baixa produtividade do setor pode ir além da falta de instrução dos trabalhadores, mas de uma mentalidade pouco competitiva dos gestores e das empresas no que se diz respeito a produtividade individual dos operários.

5 CONCLUSÕES

O objetivo principal do trabalho era identificar as principais caracteristicas do perfil da mão de obra da construção civil na região metropolitana de Belém, por meio de entrevistas com profissionais da área.

De acordo com os dados gerados concluiu-se que, dentre as vários fatores pesquisados, no geral, os trabalhadores tiveram melhoras em varios pontos verificados anteriormente na pesquisa de 2007.

O perfil pessoal demonstra um trabalhador mais maduro, em relação a idade, o que evidencia a baixa inserção de mão de obra jovem no setor. Fato este que pode gerar escassez de mão de obra eu pode ser um fator limitante para a indústria futuramente. A grande maioria dos operários, assim como em 2007, são casados, com filhos e casa própria.

Quanto ao perfil profissional, os operários que adentram no ramo de atividade da construção civil tendem a permanecer no mesmo ramo, entretanto, poucos conseguem permanecer em uma mesma empresa por períodos superiores a 5 anos, ou seja, a rotatividade dentro do setor mostra-se elevada. Esse quadro pode ter influência do baixo índice de treinamento oferecido pelas empresas, visto que a maioria dos operários não estava

fazendo nenhum curso no período das entrevistas. Uma solução para essa problemática poderia ser um maior índice de treinamentos, o que viria a fidelizar a mão de obra dentro de uma mesma empresa e consequentemente, melhorar a produtividade e gerar menos custo em função de retrabalho.

A análise do perfil de satisfação evidenciou que os operários se mostram, em sua maioria, satisfeitos quanto às situações de seu ambiente de trabalho. Nesse âmbito, tem-se trabalhadores mais motivados a exercer as funções para as quais foram designados. Em relação aos engenheiros, o nível de satisfação relacionado à instrução dos operários se mostra bastante elevado. Esse pode ser um ponto a ser avaliado pela administração das empresas, pois essa satisfação pode estar ligada a certo "comodismo" por parte da gestão da obra, quanto à qualificação dos operários, o que pode ser um fator para a ainda baixa produtividade do setor e atraso da indústria da construção em relação às outras.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Ellen Rossi Silva de. **Perfil sócio-educacional dos trabalhadores da construção civil em Campo Mourão**. Paraná, Campo Mourão: UTFPR 2012. P.57. Originalmente apresentada como trabalho de conclusão de curso de graduação de tecnologia em construção civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

AREOSA, João. A importância das perceções de riscos dos trabalhadores. **International Journal on Working Conditions**, n. 3, p. 54-64, 2012.

Methodological Centre for Vocational Education and Training. Study of the Construction Sector: Research report on skill needs. Vilnius, Lithuania, 2008.

BARBOSA, C.; LIMA, A. da C. Desenvolvimento do perfil do trabalhador da construção civil na cidade de Belém. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXVII,2007, Foz do Iguaçu- PR. **Anais**... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2007.

CORDEIRO, Cristóvão Cezar C.; MACHADO, Maria Isabel G. O perfil do operário da indústria da construção civil de Feira de Santana: requisitos para uma qualificação profissional. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 26, p. 9-29, 2002.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATISTICA E ESTUDOS SOCIOECONOMICOS. **Perfil dos trabalhadores na construção civil no estado da Bahia**, 2012. Disponível em: < https://www.dieese.org.br/projetos/informalidade/perfilConstrucaoCivilBA.pdf>. Acesso em: 04/03/2016

MARTÍNEZ, Luis Felipe. Los trabajadores de la construcción y su visión sobre la industria de la construcción nacional. **Revista Ingeniería de Construcción**, n. 6, p. 18-32, 2012.

FERNANDES, A. C. P.; VAZ, Aline Bueno. Perfil do índice de massa corporal de trabalhadores de uma empresa de construção civil. **J Health Sci Inst**, v. 30, n. 2, p. 144-9, 2012.

FLEURY, Afonso Carlos Corrêa. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2ª edição. Editora: Campos, 2012. 280 p.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Pirâmide etária da população brasileira**. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/piramide/piramide.shtm >. Acesso em: 12/02/2016.

ISPC, INSTITUTO SENSUS DE PESQUISA E CONSULTORIA. **A construção na visão de quem produz.** São Paulo, 2011. Disponível em: < http://www.cimentoitambe.com.br/wp-content/uploads/2013/05/Responsabilidade.pdf >. Acesso em: 06/01/2016.

LABARDIN, PIERRE. **L'essentiel de l'histoire de la gestion 2015-2016**. 7ª edição. Gualino éditeur, 2015.

LAMBLEY, C.; JAMES, D. Workforce Mobility and Skills in the UK Construction Sector. **Babcock Research**, 2012. Disponivel em: < http://www.citb.co.uk/Research/Research-Reports/workforce-mobility-skills-uk-construction-sector/ > Acesso em: 17/12/2015.

MORAES, M.D; JUNIOR, S.M.O. O perfil da mão de obra da indústria da construção civil, em Boa Vista/Roraima. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXI. Belo Horizonte, 2011. **Anais**... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2011.

SILVA, A. R. P. Perfil dos operários da construção civil na cidade do Rio de Janeiro (Avaliação do nível de satisfação dos operários). In: Congresso Nacional de excelência em Gestão, IV, 2008. Niterói,2008. **Anais**... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

SINDUSCON SINDICATO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DA GRANDE FLORIANÓPOLIS. **Perfil do Trabalhador da Construção Civil**. Florianópolis,2015.

UCLA LABOR CENTER. **Worker Profile:** In City Of Seattle Construction Projects. USA, Seattle, fevereiro de 2014. Uma avaliação dos dados demográficos dos trabalhadores em obras públicas de projetos financiados pela Cidade de Seattle.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO DA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL NA ESTRUTURAÇÃO DE PROJETOS DE PARCERIA PÚBLICO-PRIVADA E SUAS APLICAÇÕES AO SETOR BRASILEIRO[1]

COELHO, Guilherme de Oliveira (1); CARVALHO, Michele Tereza Marques (2)

(1) UnB, e-mail: guilherme@kozcoe.com.br; (2) UnB, e-mail: micheletereza@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento de projetos de Parceria Público-Privada (PPP) e Concessões é uma estratégia importante para que os governos consigam disponibilizar a infraestrutura necessária para a população. Mesmo com os investimentos recentes, o Brasil não vem apresentando sucesso no setor, com um dos principais gargalos sendo a etapa de estruturação do projeto. Com isso, destravar os processos de planejamento, preparação e financiamento de tais projetos se torna essencial. O governo brasileiro tem adotado em excesso os mecanismos de Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI) e de Manifestação de Interesse Privado (MIP), com a intenção de gerar novos projetos e atender às demandas de infraestrutura. Porém, os resultados alcançados mostram-se insatisfatórios, com poucos projetos licitados e com poucos participantes. Dessa forma, os instrumentos aplicados pelo setor público necessitam de uma melhor análise. A partir do reconhecimento dessa lacuna estrutural na preparação de projetos que este trabalho se desenvolveu, buscando realizar uma avaliação da experiência internacional na estruturação de projetos na área de concessões e PPPs, para se obter as lições aprendidas tanto de países referência quanto de países em desenvolvimento no assunto. Por ser um tema amplo, esse artigo serve de início para futuros estudos sobre o assunto.

Palavras-chave: Estruturação de Projetos de Infraestrutura, Projetos de Parceria Público-Privada, Processo de Manifestação de Interesse - PMI, Manifestação de Interesse Privado – MIP, Concessões e Parcerias Público-Privadas (PPP).

ABSTRACT

The development of public-private partnership projects (PPP) and concessions is an important strategy that governments can provide the necessary infrastructure for the population. Even with the recent investments, Brazil is not having success in the subject with project structuring stage being one of the main bottlenecks. With this, unlock the planning, preparation and financing of such projects becomes essential. The Brazilian government has adopted in excess mechanisms of Unsolicited Proposals (PMI and MIP), with the intention of generating new projects and meet the infrastructure demands. However, the results achieved show is unsatisfactory, with few bid projects and few participants. Thus, the instruments used by the public sector need better analysis. From the recognition of this structural gap in the preparation of projects that this work has developed, seeking to perform an assessment of international experience in structuring projects in the area of concessions and PPPs, to obtain lessons learned both from reference countries and in developing countries. Being a broad topic, this article serves as a beginning for future studies on the subject.

[1] COELHO, Guilherme de Oliveira; CARVALHO, Michele Tereza Marques; Um estudo bibliográfico da experiência internacional na estruturação de projetos de parceria público-privada e suas aplicações ao setor brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Infrastructure Project Structuring, Concessions. Public-Private Partnerships (PPP). Solicited and Unsolicited Proposals.*

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, assim como em outros países emergentes, um dos maiores obstáculos para o desenvolvimento é a qualidade da sua infraestrutura. O crescimento econômico do país nos últimos anos demandou um aumento significativo de investimentos no setor. Porém, o desenvolvimento da infraestrutura não foi satisfatório, demonstrando uma possível fragilidade e incapacidade dos mecanismos tradicionais de implantação em atendê-la de forma satisfatória, o que culminou na criação de um ambiente favorável para a participação das empresas privadas no setor de infraestrutura, seja por meio de concessões ou por contratos de Parcerias público-privadas (PPPs).

Tendo as experiências internacionais com PPPs como base, a previsão para o futuro é que a quantidade desses tipos de projetos continue se expandindo no Brasil e o modelo de investimento privado passe a ter um papel cada vez mais importante para a política de infraestrutura no país.

Porém, a estruturação desses projetos, no que tange à seleção, preparação, licitação e gerenciamento dos contratos, demanda uma política estruturada de desenvolvimento de capacidades institucionais para lidar em um ambiente tecnicamente complexo, interdisciplinar e politicamente sensível. Caso elas não sejam atingidas e ocorram falhas nos projetos, o investimento privado em infraestrutura se tornará complicado e escasso por falta de interesse das empresas em projetos não viáveis e mal estruturados.

Com o possível crescimento desta modalidade de contratação no Brasil, o país possui um grande desafio pela frente, porém, com a vantagem de poder aprender com os erros e acertos de outros países com ampla e diversificada prática no assunto, como o Reino Unido, Canadá, Austrália, entre outros.

O desenvolvimento atual das PPPs no Brasil vem apresentando diversas complicações, sendo que uma análise detalhada do setor mostra que um gargalo importante reside na atividade de estruturação do projeto, que envolve, por exemplo, a preparação de estudos que subsidiam os procedimentos licitatórios (CAMACHO e RODRIGUES, 2015).

Dessa forma, este artigo, que busca trazer o tema em questão para o ambiente acadêmico, procura realizar uma avaliação da experiência internacional na estruturação de projetos na área de concessões e PPPs, com a intenção de se obter as lições aprendidas tanto de países referência quanto de países em desenvolvimento no assunto, a fim de auxiliar as autoridades do Brasil a aprimorar o mercado de projetos de infraestrutura.

Por ser um tema amplo, esse artigo serve de início para futuros estudos sobre o tema de diretrizes para fase de iniciação e planejamento de empreendimentos de infraestrutura.

1.1 Revisão Bibliográfica

O investimento privado em infraestrutura pública em países europeus teve início no século 18, tendo o contrato de concessão que forneceu água potável para Paris como exemplo (Tang et al., 2010), mas a abordagem de PPPs se apresentou como uma forte tendência apenas no final dos anos 90.

A ideia de permitir que empresas privadas participem de projetos de infraestruturas públicas resultou no surgimento das PPPs (Li e Akintoye, 2003; The World Bank e IFC, 1992). Porém, há vários conceitos para as PPPs devido à existência de diversos tipos de estruturação e formas de projetos em diferentes países (Tang et al., 2010).

Segundo Radar PPP (2014), o Reino Unido desenvolveu uma experiência bem-sucedida com PPPs ao longo das últimas décadas e tornou-se um *benchmarking* mundial, apresentando como um dos pontos mais importantes de sua experiência o reconhecimento de que PPPs devem ser avaliadas e julgadas de um ponto de vista mais amplo do que somente uma análise focada em aspectos quantitativos de custos e benefícios financeiros para os governos.

Já nos Estados Unidos da América, o Conselho Nacional de Parceria Público-Privada define uma PPP como um acordo contratual entre uma agência do setor público e um desenvolvedor privado com fins lucrativos, em que os recursos e os riscos são compartilhados com a finalidade de prestação de um serviço público ou desenvolvimento de infraestrutura pública (Li e Akintoye, 2003).

No Canadá, as PPPs são definidas como um projeto de cooperação entre os setores público e privado, construído sobre a experiência de cada parceiro, que melhor atenda às necessidades públicas definidas através da alocação adequada de recursos, riscos e benefícios (Tang et al., 2010).

A abordagem de PPPs vem sendo muito utilizada na Inglaterra desde 1997 (Winch, 2000), com a participação de empresas privadas no desenvolvimento da infraestrutura britânica, participando da concepção, financiamento, construção e/ou operação de um setor de utilidade ou serviço público (Akintoye et al., 2003 (a)(b)).

Como um dos principais desenvolvedores desse tipo de projeto, o Reino Unido foi o primeiro país a desenvolver PPPs como uma alternativa para melhorar a gestão pública. Elas são utilizadas em projetos de infraestrutura e serviços públicos, particularmente em áreas como rodovias, aeroportos, gestão de resíduos, prisões, entre outras (Radar PPP, 2014).

Segundo Sen (2014), as lições que podem ser aprendidas com a experiência internacional em relação ao uso de PPPs e Iniciativas de Financiamento Privado (PFI), assim como sua relevância para a situação no Brasil são as mais diversas, explicitando a importante opinião de que os projetos de PPP/PFI, quando são bem planejados e estruturados, podem reduzir o compromisso orçamentário, atrair financiamento externo, criar novas infraestruturas e oferecer serviços públicos de alta qualidade.

O Brasil apresenta sérias carências de infraestrutura, tanto na área de energia elétrica, quanto na área de transportes, como por exemplo, aeroportos e estradas: a falta de um planejamento setorial adequado; a demanda por serviços de infraestrutura com crescimento acima do aumento da renda brasileira; o baixo nível de investimento em infraestrutura, estacionado há décadas entre 2,0% e 2,5% do PIB, que é insuficiente para repor o que é depreciado e ainda expandir a capacidade de oferta; além da baixa eficiência do investimento feito no setor, com atrasos e sobrecustos na execução dos projetos, incluindo as obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (PINHEIRO, 2015).

Ainda que muitos países emergentes tenham necessidade de ampliar a oferta de infraestrutura para apoiar seu processo de desenvolvimento, o fato de apenas elevar o investimento público nessa área pode não trazer o resultado esperado, caso isso não seja feito com uma maior eficiência e planejamento (FMI, 2014). A diferença entre um projeto realizado no prazo e ao custo planejados está na qualidade da sua estruturação (PINHEIRO, 2015).

Flyvbjerg (2009) analisou uma amostra internacional de projetos de infraestrutura e concluiu que a maioria desses projetos subestima o prazo e os custos e superestima os seus benefícios, mostrando que a incapacidade de se executarem projetos relativamente complexos nos prazos estabelecidos não é exclusiva do Brasil ou dos países emergentes.

Com o exposto, sustentada pela pesquisa de opinião feita por Pereira (2012), surge a necessidade de uma linha de pesquisa acadêmica que contribua para uma utilização mais eficiente das PPPs no Brasil.

2 METODOLOGIA

O estudo avaliou a experiência e as práticas adotadas por diversos países na estruturação de projetos, a partir de uma pesquisa bibliográfica, buscando extrair as lições aprendidas dos diferentes países nos projetos preparados por potenciais licitantes, chamados de "*unsolicited proposals*", e aqueles preparados pelo próprio governo, chamados de "*solicited proposals*".

Quando se trata das práticas internacionais para a estruturação de projetos de infraestrutura, principalmente em relação à experiência e à capacidade técnica do setor público, têm-se dois grupos: o grupo de países de referência, caracterizados pela adoção de boas práticas na preparação de projetos e pela ênfase na atividade de planejamento público, e outro grupo que abrange países em que a capacitação do setor público e os instrumentos utilizados estão em evolução.

No primeiro grupo, encontram-se o Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Reino Unido e União Europeia. Já no segundo grupo, países como o Chile, Colômbia, Brasil, Tanzânia e Peru, mostrando o potencial para crescimento deste tipo de estruturação de projeto.

Com essa classificação, as informações obtidas da pesquisa bibliográfica são consolidadas em um quadro de comparação de projetos de PPPs para cada país dos dois grupos analisados, a partir de Deloitte (2014), Sen (2014), Pinheiro (2015), IFC (2015), Camacho e Rodrigues (2015), no qual os seguintes elementos são considerados: maturidade; núcleo de referência; modelos de estruturação; limitação de licitantes; consultor de probidade; custo de preparação e situação do setor. Em seguida, são realizadas as discussões cabíveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 é apresentada uma síntese das modalidades, experiências e práticas existentes em cada país dos dois grupos analisados no estudo.

Em relação ao estágio de maturidade das PPPs nos países apresentado no Quadro 1, foi avaliado seguindo os estudos de Deloite (2014), que define a maturidade de acordo com a situação do processo de estruturação dessas parcerias, sendo que países presentes no primeiro estágio são considerados países iniciantes na estruturação: ainda definindo e estabelecendo as políticas e o quadro legislativo das PPPs; com a unidade política central de PPPs ainda em fase de criação e estruturação para orientar a implementação das parcerias; desenvolvendo estruturas de negócio e começando a obter lições de suas primeiras experiências de estruturação de PPPs. Já os países presentes no segundo estágio de maturidade, apresentam projetos já bem estruturados, com unidades específicas de gestão das PPPs dentro do setor público, apresentando boas experiências em alguns setores e sendo difundido para outros setores de infraestrutura. O país que está terceiro estágio de maturidade já apresenta projetos de PPPs mais sofisticados, com uso de modelos de riscos já testados e aprovados, com maior foco no ciclo de vida total de projeto e uma grande participação e consequente importância desse modelo de parceria no dia a dia do país.

Há diferenças substanciais entre os países dos dois grupos analisados em relação à aceitação das *unsolicited proposals*. Em alguns países de referência, como na Austrália e na Nova Zelândia, a apresentação de *unsolicited proposals* é restrita a projetos pontuais em que, reconhecidamente, haja um componente de inovação ou ineditismo. Já no Reino Unido e em alguns países da União Europeia, elas não são permitidas em nenhuma circunstância.

A regra em tais países é que o próprio setor público determine quais projetos desenvolver, tendo a origem dos projetos dentro do próprio setor, estando inserida e encadeada com os instrumentos de planejamento setorial existentes. A estruturação do projeto também é conduzida pelo setor público, em conjunto com o apoio de consultores especializados e de formas variadas de interação com o setor privado. Dessa forma, o mercado de PPPs nesses países é mais maduro. Os potenciais licitantes são isolados

das etapas de identificação e preparação do projeto, participando apenas da discussão de pontos específicos no curso do procedimento licitatório.

Já nos países do segundo grupo, as *unsolicited proposals* constituem a forma mais utilizada de estruturação de projetos, apresentando formas diferentes de utilização.

Nestes processos, não existem objeções mais rígidas em relação à modelagem do projeto pelo proponente que o concebeu e o prospectou junto ao setor público. Os setores públicos desses países não apenas estabelecem procedimentos para o reembolso dos custos de desenvolvimento do projeto, como, em diversos casos, conferem vantagens em favor do proponente original no processo licitatório, a exemplo do que praticam o Chile e a Colômbia.

Percebe-se, no Quadro 1, que a experiência internacional não é uniforme, existindo uma clara distinção entre a forma de estruturação de projetos nos países de referência e aquela realizada nos países em desenvolvimento.

O Brasil, com a regulamentação e a ampla utilização dos Processos de Manifestação de Interesse (PMI) e Manifestação de Interesse Privado (MIP), demonstra a opção pelo modelo de estruturação do segundo grupo. Em ambos os casos, devido às dificuldades na contratação de consultores e à falta de capacidade técnica e financeira do setor público, os potenciais licitantes são os responsáveis pela preparação dos projetos, diferentemente do modelo dos países referência, no qual a interação com o privado ocorre apenas após a identificação e a preparação do projeto pelo governo.

Desse modo, observa-se que tanto o modelo de estruturação como os resultados obtidos na experiência brasileira têm sido similares aos verificados nas *unsolicited proposals* dos países em desenvolvimento.

A partir da pesquisa bibliográfica realizada, constatou-se que a tendência de estruturação de projetos de PPPs nos países mais desenvolvidos e experientes no setor se dá pela forma de *solicited proposals*, aqueles preparados pelo próprio governo, em detrimento ao uso de *unsolicited proposals*. A preocupação em se assegurar a proteção do interesse público e um ambiente competitivo sem assimetrias é um item preocupante sobre o tratamento das *unsolicited proposals*, conforme demonstram as informações obtidas dos países de referência analisados. Por isso, eles têm, em geral, sérias restrições à preparação de projetos de concessão por empresas privadas, exceção feita à participação dos consultores contratados pelo setor público para ajudá-lo nessa preparação.

Quadro 1 – Modalidades, Experiências e Práticas de projetos de PPPs de cada País.

Grupo	País	Estágio de Maturidade de PPPs	Núcleo referência em PPPs no país	Modelo Principal de Estruturação de Projetos	Diálogo Competitivo - Limitação de nº de Licitantes na fase de diálogo	Figura do Consultor de Probidade*	Custos de preparação do projeto	Unsolicited Proposals	Situação do Setor
Primeiro Grupo	**Reino Unido**	Terceiro Estágio	Infrastructure UK (IUK)	Solicited Proposals	Sim - entre 4 e 6	Não especificado	Governo não arca	Proibidas	Consolidado e Competitivo
	Austrália	Terceiro Estágio	Infrastructure Australia	Solicited Proposals	Sim - entre 4 e 6	Sim	Cada projeto possui sua definição específica	Apenas em circunstâncias Excepcionais	Consolidado e Competitivo
	Canadá	Segundo Estágio	P3 Canadá	Solicited Proposals	Sim - 3 a 4	Não especificado	Apoio financeiro de 25% pelo fundo Canadá P3	Apenas em circunstâncias Excepcionais em algumas províncias	Consolidado e Competitivo
	Nova Zelândia	Segundo Estágio	National Infrastructure Unit - NIU	Solicited Proposals	Sim - entre 4 e 6	Sim	Governo não arca	Apenas em circunstâncias Excepcionais	Consolidado e Competitivo
	União Européia	Grande parte dos países estão no Segundo Estágio	Cada País possui o seu	Solicited Proposals	Não apresenta definição - Cada país da U.E. possui a sua	Não especificado	Cada País da U.E. possui sua definição própria	Tendência Proibitiva, mas não descarta totalmente	Consolidado e Competitivo
Segundo Grupo	**Coréia do Sul**	Primeiro Estágio	PIMAC - Agência Coreana de PPPs	Ao contrário dos demais países desenvolvidos - Investiu em Unsolicited Proposals	Não apresenta	Não especificado	Governo ou Licitante Vencedor arca com o custo	Apresenta o mesmo problema de pouca concorrência dos países em desenvolvimento	Apresenta os mesmos problemas de países emergentes: Pouca competitividade e poucos projetos desenvolvidos
	Chile	Primeiro Estágio	Ministério de Obras Públicas - MOP	Utiliza as Solicited Proposals e possui Planejamento de longo prazo - Mas ainda usa as Unsolicited Proposals	Não apresenta	Não especificado	Governo ou Licitante Vencedor arca com o custo	Utilizadas de forma complementar	Pouca competitividade e poucos projetos desenvolvidos, além de muitas renegociações
	Brasil	Primeiro Estágio	Não possui um específico	Unsolicited Proposals: Processo de Manifestação de Interesse (PMI) e Manifestação de Interesse Privado (MIP)	Não apresenta	Não especificado	Governo ou Licitante Vencedor arca com o custo	Identificados e Preparados ou apenas preparados por potenciais licitantes, com o governo identificando	Pouca competitividade e poucos projetos desenvolvidos, além de muitas renegociações
	Colômbia	Primeiro Estágio	Não possui um específico	Unsolicited Proposals	Não apresenta	Não especificado	Governo ou Licitante Vencedor arca com o custo	Identificados e Preparados ou apenas preparados por potenciais licitantes, com o governo identificando	Pouca competitividade e poucos projetos desenvolvidos, além de muitas renegociações
	Tanzânia	Primeiro Estágio	Não possui um específico	Unsolicited Proposals	Não apresenta	Não especificado	Governo ou Licitante Vencedor arca com o custo	Identificados e Preparados ou apenas preparados por potenciais licitantes, com o governo identificando	Pouca competitividade e poucos projetos desenvolvidos, além de muitas renegociações
	Peru	Primeiro Estágio	ProInversion - Agencia de Promoción de la Inversion Privada	Unsolicited Proposals	Não apresenta	Não especificado	Governo ou Licitante Vencedor arca com o custo	Identificados e Preparados ou apenas preparados por potenciais licitantes, com o governo identificando	Pouca competitividade e poucos projetos desenvolvidos, além de muitas renegociações

Fonte: Os autores

Porém, a insistência do uso das *unsolicited proposals* pelos países emergentes é motivada por alguns fatores, dentre os quais podem ser citados: a perspectiva de implantar o projeto de PPP mais rapidamente, primeiro, por confiar que os particulares envolvidos terão incentivos para preparar os estudos de forma mais ágil e segundo, por conta de uma tendência de menor burocracia e maior flexibilidade que caracteriza as *unsolicited proposals*, quando comparadas aos mecanismos tradicionais de contratação pública, além das limitações do setor público, normalmente de caráter técnico, para identificar, priorizar, preparar e licitar projetos; e ainda pelo fato de recursos serem normalmente limitados no setor público nestes países.

De acordo com IFC (2015), Camacho e Rodrigues (2015) e Sen (2014), tais vantagens frequentemente não se concretizam, com as *unsolicited proposals* gerando negócios com baixa efetividade, transparência e não aptidão para gerar processos públicos competitivos. Os resultados da estruturação de projetos têm ficado aquém do desejado, tanto no Brasil quanto nos países do segundo grupo, sendo que a maior parte dos projetos não é licitada e, dos poucos que chegam à fase final da licitação, não se verifica concorrência pelo projeto.

Quando os projetos são estruturados por potenciais licitantes, os problemas de assimetria de informações, conflito de interesses e risco de captura são agravados e potencializados. Por essa razão e tendo como base as experiências internacionais, o recomendável para o Brasil é buscar formas de promover o modelo de *solicited proposals*, com os projetos prioritários sendo preparados pelo governo e o diálogo com o mercado, quando necessário, ocorrendo apenas durante o processo licitatório.

Para conseguir promover as *solicited proposals*, tornando o governo capaz de desenvolver a estruturação dos projetos, deve ser priorizado o fortalecimento institucional, com o desenvolvimento da capacidade técnica interna do governo e a criação de mecanismos eficientes de contratação de consultores externos. Como mostrado nos casos da PIMAC na Coreia do Sul, da IUK no Reino Unido e da *Infrastructure*, na Austrália, a criação ou o fortalecimento de uma unidade especializada em PPP dentro do governo, tanto em âmbito nacional quanto estadual e municipal, contribui para o acúmulo e a disseminação de conhecimento sobre o assunto, com tais unidades desempenhando papel importante no apoio aos ministérios e agências reguladoras para a estruturação de projetos, além de auxiliar na padronização de contratos para facilitar o uso do dispositivo no país.

Mesmo com um corpo técnico preparado, dadas as experiências dos países de referência, também é necessário o apoio de consultores externos nas diferentes áreas técnicas, devido à complexidade e especificidade dos assuntos tratados. Com isso, torna-se importante a discussão sobre a adequação do arcabouço legal para contratação de consultores no Brasil. Com capacidade técnica interna e com o apoio de bons consultores

externos, o governo estaria apto a desenvolver a estruturação de projetos necessários para o desenvolvimento do país.

Porém, tais medidas teriam retorno apenas em um horizonte de longo prazo e o Brasil necessita de mecanismos de curto prazo para mitigar os impasses existentes que culminam nas poucas licitações com sucesso.

No Brasil, o mercado de PMIs é muito arriscado para consultores independentes, os quais competem com potenciais licitantes cujo principal retorno advém da execução do contrato de PPP, e não de sua preparação, tendo os valores desembolsados com os estudos como custos afundados, que seriam incorridos de qualquer forma na formatação da proposta pela empresa. Já no caso dos consultores independentes, o reembolso pelos estudos é a principal forma de remuneração, tornando a atuação pelos consultores financeiramente insustentável e facilitando o domínio do mercado pelos potenciais licitantes.

O conflito de interesses na elaboração dos estudos pelos potenciais licitantes é agravado pela assimetria de informações. Assim, no caso de projetos com menor complexidade, o governo poderia impedir a participação de potenciais licitantes, restringindo o processo a consultores independentes, isentos de conflitos de interesses. Já no caso de projetos com maior complexidade, em que há necessidade de maior interação com o mercado, o governo poderia permitir a participação de potenciais licitantes e contratar ou autorizar consultorias independentes para assessorá-lo na análise dos estudos. O governo da Coreia do Sul, por exemplo, desenvolve seu próprio estudo para compará-lo com o realizado pelo privado. Enquanto isso, no Chile, há uma unidade tecnicamente preparada para analisar e aprofundar os estudos apresentados pelo privado, o Ministério de Obras Públicas (MOP).

Também é interessante observar as lições do caso chileno com a exigência de garantia do privado para entrega dos estudos. No caso brasileiro, quando houvesse participação de potenciais licitantes, seria possível exigir deles um compromisso de entrega dos estudos, na forma de garantia financeira ou até mesmo um pagamento pelo direito de realizá-los. Nos casos de PMIs, restritos a consultores independentes, seria possível considerar o ressarcimento de parte dos estudos realizados caso o governo viesse a desistir no curso do PMI. De fato, atualmente não existe comprometimento de nenhuma das partes, e ambas podem sair do processo de PMI com facilidade.

Em paralelo, de forma a viabilizar uma solução de curto prazo, tem-se a oportunidade de desenvolver uma nova regulação para PMIs, com o incentivo da participação de consultorias independentes.

4 CONCLUSÃO

Esse trabalho conclui, por meio das experiências internacionais, que há necessidade de alteração da forma como os projetos de infraestrutura são

desenvolvidos dentro do Brasil. Em relação ao modelo de estruturação de projetos, devem ser tomadas medidas para reduzir a participação de potenciais licitantes na etapa de projeto, além do conflito de interesses existente, e, em paralelo, ações para capacitação do setor privado, para que os projetos sejam preparados pelo governo, e para contratação de consultores especialistas. Assim, pode-se conduzir à proteção do interesse público e a um ambiente competitivo sem assimetrias.

Dessa forma, a necessidade de melhor estruturação a curto e a longo prazo do setor Brasileiro de PPPs, sustenta a importância de um estudo aprofundado sobre o tema dentro da academia, trazendo respaldo para pesquisas futuras sobre o tema de diretrizes para a fase de iniciação e planejamento de empreendimentos de infraestrutura.

REFERÊNCIAS

Akintoye, A., Beck, M., Hardcastle, C. Introduction: public–private partnership in infrastructure development. Publicado em Akintoye, A., Beck, M., Hardcastle, C. (Eds.), Public–Private Partnerships: Managing Risks and Opportunities. Blackwell Science Ltd., pp. xix–xxiv. 2003 (a).

Akintoye, A., Jardcastle, C., Beck, M., Chinyio, E., Asenova, D.. Achieving best value in private finance initiative project procurement. Construction Management and Economics 21 (5), 461–470. 2003 (b).

Camacho, F.T., Rodrigues, B. Estruturação de projetos de infraestrutura: experiência internacional e lições para o Brasil. Brasil, 2015.

Deloitte. Closing America's infrastructure gap: The Role of Public-Private Partnerships. A Deloitte Research Study: 2014.

FMI. Legacies, clouds, and uncertainties, World Economic Outlook, 2014.

IFC – International Finance Corporation. Estruturação de Projetos de PPP e Concessão no Brasil: Diagnóstico do modelo brasileiro e propostas de aperfeiçoamento. Dezembro, 2015.

Flyvbjerg, B. Survival of the unfittest: why the worst infrastructure gets built – and what we can do about it, Oxford Review of Economic Policy, v. 25, No. 3, 2009.

Li, B., Akintoye, A., An overview of public-private partnership. Publicado em Akintoye, A., Beck, M., Hardcastle, C. (Eds.), Public–Private Partnerships: Managing Risks and Opportunities. Blackwell Science Ltd., UK. 2003

Pereira, B.R. Pesquisa de opinião sobre propostas para melhorar o ambiente de negócios para as PPPs. PPP Brasil. Abril, 2012.

Pinheiro, A.C. Um framework para analisar modelos de estruturação de projetos do setor público. Publicado em IFC – International Finance Corporation. Estruturação de Projetos de PPP e Concessão no Brasil: Diagnóstico do modelo brasileiro e propostas de aperfeiçoamento. Dezembro, 2015.

Radar PPP. Guia prático para estruturação de programas e projetos de PPP. Projeto Aperfeiçoando as PPPs no Brasil – patrocinado pela Embaixada Britânica. Brasil, 2014.

Sen, J. Lições do Reino Unido e internacionais aprendidas com a implementação de projetos de PPP/PFI: relevância para o Brasil. 2014.

Tang, L., Shen, Q., Cheng, E. A review of studies on public–private partnership projects in the construction industry. International Journal of Project Management 28 (2010) 683–694. 2010.

The World Bank and the International Finance Corporation (IFC). Investing in the Enviroment. The World Bank, Washington, DC: 1992

Winch, G.M. Institutional reform in British construction: partnering and private finance. Building Research and Information 28 (2), 141–155. 2000.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

GERENCIAMENTO DE RISCOS RELACIONADOS AOS TRABALHOS EM ALTURA NA FASE DE CONCEPÇÃO DO PROJETO DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL[1]

PIERI, Mariane de (1); TORRES, Gustavo de Lima (2); PEREIRA FILHO, José Ilo (3)

(1) UTFPR, e-mail: depieri.mariane@gmail.com; (2) UTFPR, e-mail: gustavo.limatorres@gmail.com; (3) UTFPR, e-mail: ilofilho@yahoo.com.br

RESUMO

Nos últimos anos, a preocupação com um ambiente de trabalho em boas condições e mais seguro tem aumentado consideravelmente no setor da construção civil no Brasil, resultado de uma maior rigidez na legislação trabalhista e conscientização nas empresas. Porém, nota-se que as ações realizadas em relação à segurança do trabalho geralmente seguem em paralelo à construção do edifício, com pouco ou nenhum planejamento. Ainda, pouco se pensa quanto aos usuários que posteriormente trabalharão na manutenção predial. Isso ocorre porque grande parte dos projetistas não consideram os requisitos de segurança na concepção de projetos pela falsa premissa de que o único responsável pela segurança no canteiro seja o profissional responsável pela execução. Além de aprimorar substancialmente as condições de segurança no canteiro, estudos apontam que considerar a segurança na concepção do projeto traz benefícios como o aumento da produtividade e diminuição de custos operacionais. Assim, este trabalho busca identificar potenciais riscos em relação aos trabalhos em altura nas fases de construção e manutenção de um edifício comercial através da análise dos projetos arquitetônicos, identificação dos riscos e respostas aos mesmos, com base nos conceitos de gerenciamento de riscos de acidentes e do *Safety in Design*, ou Projeto para Segurança.

Palavras-chave: Segurança do Trabalho. Trabalho em altura. *Safety in Design.*

ABSTRACT

During the last years, the concerns regarding a safer work environment has increased considerably in the Brazilian construction sector, because of a more strict labor laws or companies awareness about it. However, it is possible to notice that work security actions usually follow the building construction development, with little to no planning. Yet, there is little or no considerations regarding to the building maintenance professionals. This occurs because the biggest part of architectural and engineering professionals do not take in consideration the safety requirements during the design phase, because of the false premise that the only responsible professional for security at the construction site is the construction site engineer. In addition to substantially improve the safety conditions at the construction site, studies have shown that considering safety requirements at the design process may bring benefits as the increased productivity and reduced operating costs. Therefore, the objective of this research is to identify the potential risks related to the works at height during the construction phase and maintenance of a commercial building by the analysis of the

[1] PIERI, Mariane; TORRES, Gustavo; PEREIRA FILHO, José. Gerenciamento de riscos relacionados aos trabalhos em altura na fase de concepção do projeto de um edifício comercial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

architectural projects, risk identification and responses to the identified risks, based on risk management and Safety in Design concepts.

***Keywords**: Work Safety. Work at height. Safety in Design.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, no Brasil, pode ser observada uma tendência nos canteiros de obras: o aumento de ações tomadas pelas empresas no que tange à melhoria da segurança dos trabalhadores para. Isto pode ser consequência do aumento da conscientização das empresas em decorrência da maior rigidez da legislação trabalhista e fiscalização pelos órgãos competentes com vistas a reduzir o índice de acidentes.

Contudo, em detrimento às exigências da legislação e normas vigentes, as medidas adotadas são focadas basicamente nas instalações físicas, que geralmente seguem o andamento da obra, com pouco ou nenhuma previsão em projeto ou no planejamento (SAURIN E RIBEIRO, 2000, p.1).

De acordo com o SID (2015), quedas por trabalho em altura são a causa mais comuns de acidentes fatais na construção. Isso se deve, em parte, porque pelo menos em algum momento um trabalho deverá ser feito em altura, mesmo em edificações baixas, que possuem elementos como chaminés e telhados a serem executados. Porém, há meios de minimizar ou eliminar estes riscos ainda na fase do desenho e concepção do projeto.

A construção civil no Brasil é uma indústria altamente dinâmica, ampla e complexa, que se destaca como um dos setores mais relevantes na economia do país por ser um dos que mais empregam mão-de-obra. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a indústria da construção civil em 2013, ocupou sozinha 8,59% da força de trabalho do país (CBIC, 2015).

Esta elevada taxa de empregabilidade, além de outros fatores, se deve ao fato de que que a construção civil no Brasil é ainda bastante artesanal e pouco industrializada, o que caracteriza um ambiente menos controlado e com maior risco de acidentes. Entre os acidentes de trabalhos registrados pela Previdência Social em 2012, 62.874 foram provenientes de trabalhadores da construção civil, representando 8,92% do total de acidentes registrados no Brasil naquele ano. Dentre os acidentes registrados na construção civil, 42,8% corresponderam a acidentes ocorridos apenas na construção de edifícios ou empreendimentos imobiliários (BRASIL, 2014).

Behm (2005, p.589) afirma que pesquisas e a prática têm demonstrado que decisões feitas antecipadamente no projeto podem influenciar na segurança do trabalhador. Os projetistas, desde arquiteto aos engenheiros de projetos complementares, podem influenciar de maneira positiva a segurança dos trabalhadores durante a execução e manutenção do edifício, se estes considerarem a integração de requisitos de segurança ainda na concepção do projeto. Isto acontece porque estes profissionais estão em uma posição de tomada de decisão em relação à segurança no canteiro em que é possível reduzir ou eliminar os riscos antes mesmo destes

estarem efetivamente presentes durante a construção (TOOLE; GAMBATESE, 2008, p. 225; GAMBATESE; HINZE, 1998, p. 643). Este conceito é conhecido como *Safety in Design* (SAFETY..., 2015) e será chamado nesta pesquisa de Projeto para Segurança - PPS, adotado por Pereira Filho (2011).

Assim, este artigo tem como objetivo listar algumas propostas de melhorias e modificações nos projetos de engenharia e arquitetura de um edifício comercial de oito pavimentos. Estas propostas visam a minimização ou eliminação da formação de agentes que põe em risco a segurança do trabalhador quando na realização de trabalhos em altura ou que auxiliem na instalação de equipamentos de segurança. Com isto busca-se também a conscientização dos projetistas quanto a importância de se inserir elementos e detalhamentos relativos aos equipamentos de segurança em projeto e, ainda, conceber um projeto de fácil execução e manutenção.

2 GERENCIAMENTO DE RISCOS DE ACIDENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL E O PROJETO PARA SEGURANÇA

Antes de serem iniciados os trabalhos com vistas ao PPS, a necessidade de uma maior atenção aos cuidados com a segurança do trabalhador surgiu consoante ao desenvolvimento tecnológico. De acordo com Cardoso[2] (1994 apud GOMES E MATTIODA, 2011, p. 3), foi na Inglaterra, após o período da Revolução Industrial, que remontam os primeiros indícios de ações preventivas no ambiente de trabalho. Isso ocorreu devido às intensas mudanças ocorridas no período e às condições de trabalho que eram extremamente precárias, além das máquinas, por serem novas, ainda experimentais e operários que não utilizavam equipamentos de segurança, aliados às jornadas de trabalhos intensas, que provocavam inúmeros acidentes. Foi nessa época também, que muitos protestos se estabeleceram e leis trabalhistas começaram a serem implantadas (BRASIL, 2011, p.1).

Em adição às leis trabalhistas e também como consequência, as empresas começaram a perceber e entender com o passar dos anos, os custos que surgiam devido aos acidentes de trabalho, tanto diretos quanto indiretos, como o pagamento de salário à funcionários improdutivos, atrasos na produção por conta da redução do rendimento e perdas financeiras como consequência dos danos causados à propriedade (GOMES E MATTIODA, 2011, p.3).

Contudo, no Brasil, as empresas ainda se limitam apenas ao cumprimento da legislação, porém mesmo que a legislação e as normas sejam cumpridas de maneira integral, ainda se mostram insuficientes para que haja uma significativa redução dos acidentes, uma vez que estas focam apenas na implantação das instalações físicas de segurança necessárias, como guarda-corpos e linhas de vida, por exemplo (SAURIN E RIBEIRO, 2000, p.2). No Brasil, a norma que regulamenta as condições e o meio ambiente de trabalho na indústria da construção civil é Norma Regulamentadora (NR) 18.

[2] CARDOSO, Olga R**.** Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho. **Apostila de aula do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho**. FEESC. Florianópolis. 1994.

Desta forma, há a falta de uma abordagem mais gerencial que exija "medidas preventivas mais amplas que visem eliminar ou reduzir os riscos nas suas origens" (SAURIN E RIBEIRO, 2000, p.2).

Segundo Howard (2008, p. 113) uma das melhores maneiras de prever e controlar acidentes, doenças e mortes no trabalho é minimizar ou eliminar riscos e perigos antecipadamente no processo de concepção do projeto.

Behm (2005, p.590) define o Projeto para Segurança como a consideração da segurança no canteiro ainda na fase de concepção do projeto. Estas considerações incluem as modificações nas estruturas e componentes permanentes do projeto de maneira a considerar a segurança do trabalho; atenção durante a preparação de planos e especificações da construção de maneira a ser considerada a segurança durante a execução e manutenção; a utilização de detalhamentos específicos para segurança do trabalho e a comunicação dos riscos relacionados às especificidades do projeto em relação ao local e aos trabalhos a serem executados.

3 TRABALHO EM ALTURA

Segundo a NR 35 (BRASIL, 2013, p.11) que trata dos trabalhos em altura, é considerado trabalho em altura todo trabalho executado a uma diferença de dois metros do nível inferior e que possa oferecer risco de queda. A NR 35 exige, também, que no local de trabalho haja uma avaliação prévia das condições referentes aos trabalhos em altura "pelo estudo, planejamento e implementação das ações e medidas complementares de segurança aplicáveis".

De acordo com os manuais do *Safety in Design* (2015), muitas vezes não se pode eliminar a necessidade de se trabalhar em altura, mas algumas medidas podem e devem ser tomadas em projeto para minimizar o risco.

4 METODOLOGIA

4.1 Objeto de Estudo

O presente trabalho foi desenvolvido tendo como objeto de estudo o projeto arquitetônico de um edifício multiprofissional de oito pavimentos, com área de projeção de 748,83 m² e área total de 3698,22 m², com altura máxima total de 25,80m. O edifício será construído em lajes planas de concreto protendido.

Os projetos complementares se encontram em fase de elaboração, bem como o orçamento, caracterizando assim uma fase ideal para possíveis propostas de alterações e adições de elementos e detalhamentos ao projeto.

4.2 Análise e Identificação Dos Riscos

O projeto arquitetônico do edifício em estudo foi analisado sob a ótica dos

princípios do Projeto para Segurança - PPS. Baseando-se nos requisitos das normas e legislação vigentes, trabalhos científicos e experiência, em análise que durou cerca de uma semana, foi possível identificar os riscos e perigos iminentes criados na concepção do projeto para as atividades executadas em altura.

Em seguida, foi realizada a Análise de Risco Preliminar, conforme Quadro 1, buscando alternativas de projeto que solucionassem os problemas correlatos, como forma de mitigar os riscos e perigos.

Quadro 1 – Modelo adaptado para Análise Preliminar de Riscos.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS - APR				
Item	**LOCAL**	**PROBLEMA IDENTIFICADO**	**SOLUÇÃO**	**MOTIVAÇÃO**
n				

Fonte: Autoria própria.

4.3 Princípios de PPS

Para que fosse realizada a análise deste artigo com ênfase no Projeto para Segurança, foram adotados alguns princípios, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Princípios de PPS utilizados para análise.

Princípios de PPS
1 Projetar para facilitar a instalação de estruturas de proteção para construção e manutenção. Ex. :Projeto de furos em pilares para fixar linhas de vida ou telas de proteção.
2 Projetar acesso para realização de tarefas de manutenção. Como um exemplo, é possível incorporar escadas de mão no final da estrutura para acesso ao telhado.
3 Projetar elementos construtivos que substituam os elementos de proteção provisórios. Ex.:projetar parapeitos ou platibandas com altura mínima de 1,20m para substituir as telas deproteção.

Fonte: Adaptado Pereira Filho (2011)

5 RESULTADOS

O edifício estudado se caracteriza por apresentar fachada com formas retas que pode ser visualizada na Figura 1, o que facilita a execução dos trabalhos em altura, pois proporciona uma maior facilidade na instalação e estabilidade na operação de equipamentos de trabalho e de proteção individual e coletiva, como andaimes e balancins.

Figura 1 – Renderização da fachada do edifício e lateral direita.



Fonte: Arquiestudio, 2015.

Da análise preliminar de riscos obteve-se o seguinte resultado:

Quadro 3 – Análise Preliminar de Riscos.

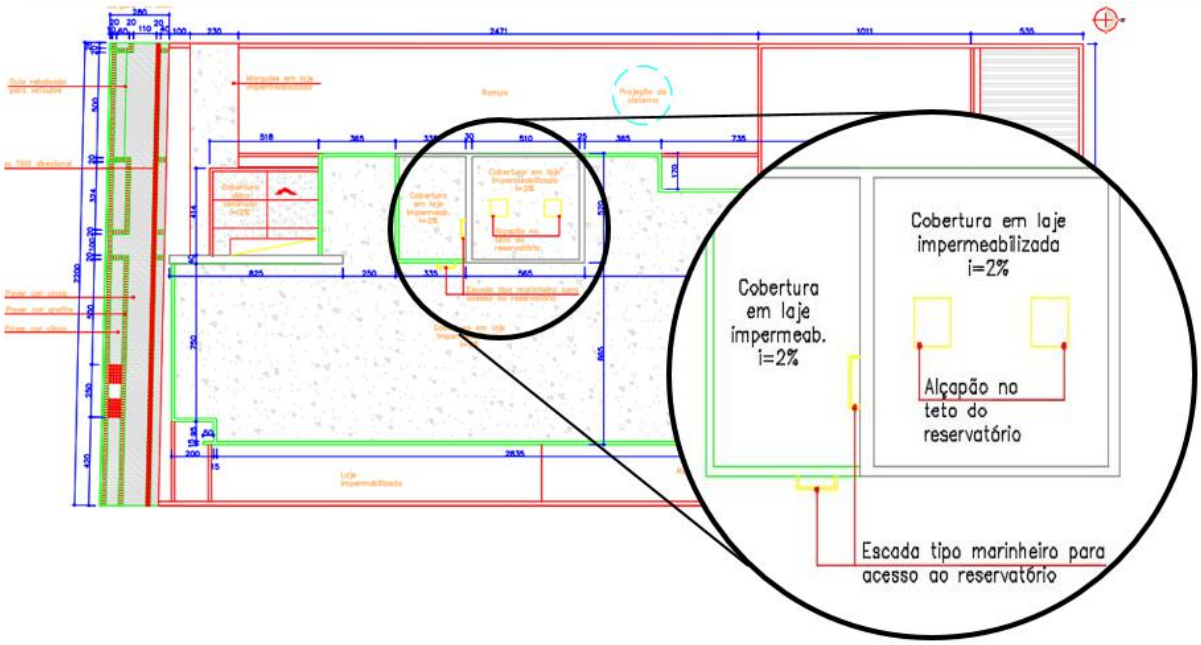
ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS - APR				
Item	**LOCAL**	**PROBLEMA IDENTIFICADO**	**SOLUÇÃO**	**MOTIVAÇÃO**
1	Cobertura	Platibanda com altura inferior (1,00m) a recomendada pela NR-18 para que sirva como proteção contra queda (1,20m).	Aumentar a altura da platibanda em 20cm no projeto arquitetônico.	Atender a NR 18 (vigente) e utilizar a platibanda como dispositivo de segurança permanente.
2	Cobertura/ caixa d'água	Falta de parapeitos nas plataformas de acesso a caixa d'água: ambas as alturas são superiores à 2,00m (3,25m e 5,14m) o que requer dispositivos de proteção contra quedas.	Instalar guarda-corpos metálicos permanentes na primeira e segunda plataforma de acesso a caixa d'água ou construir platibanda nos moldes do item 1.	Dar suporte e segurança aos trabalhadores que irão acessar o local para trabalhos de execução e, posteriormente, manutenção
3	Cobertura/ caixa d'água	Escada de marinheiro aberta.	Verificar detalhamento em projeto e instalar as escadas com gaiola de proteção.	Prevenir possíveis quedas de pessoas nas escadas abertas, mesmo que a NR as exija apenas para escadas maiores de 6 metros.

4	Cobertura/ fachada	Falta de previsão e detalhamento de ancoragens ou dispositivos para realização dos trabalhos de execução e manutenção da fachada, através da utilização de andaimes suspensos e/ou fachadeiros, inclusive ponto independente para os cabos-guias dos cintos de segurança.	Detalhar pontos de ancoragem, conforme as cargas indicadas, em quantidade suficientes para a realização dos trabalhos no projeto arquitetônico, indicando a utilização de material resistente à intempéries, para utilização, inclusive, na manutenção.	Evitar acidentes causados pela fixação inadequada dos equipamentos ou pela falta de pontos de ancoragem suficientes.
5	Cobertura/ Quarto pavimento	Falta de previsão de vigas e pilaretes da platibanda no projeto estrutural	Dimensionar e detalhar as vigas e pilaretes das platibandas existentes de maneira a suportas as cargas solicitantes provenientes do apoio de andaimes susp. p/ execução e manutenção.	Evitar acidentes envolvendo a ruptura dos elementos da platibanda por não estarem aptas a suportarem as cargas solicitantes.
6	Espaço para instalação dos condensa-dores do ar condiciona do	Acesso aos condensadores dos equipamentos de ar-condicionado nos pavimentos tipo se dá através da janela dos lavabos, do tipo máximo ar, de 1,30m x 0,65m.	Alterar o tipo de janela, aumentando sua altura para o tipo janela de correr, com duas folhas, ou propor a instalação dos equipamentos na laje de cobertura.	Melhorar a ergonomia do trabalhador na manutenção dos equipamentos e reduzir os riscos de acidente por queda em altura.
7	Lajes do segundo, quarto e sexto pavimento	Falta de previsão dos dispositivos para fixação das bandejas de proteção contra queda de materiais.	Dimensionar e detalhar em projeto estrutural os dispositivos de ancoragem para fixação das bandejas, de modo a suportar a queda dos mais diversos tipos de materiais.	Instalação de bandejas que suportem o peso dos materiais que possam cair sobre elas.

Fonte: Autoria própria.

Como exemplo de detalhamento, o projeto da cobertura, mencionado nos itens 1, 2, 3, 4 e 5 do Quadro 3 é mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema de cobertura do edifício.



Fonte: Autoria própria, 2016.

Há ainda a previsão de uma estrutura metálica vazada nos pavimentos tipo que serve como laje técnica e guarda-corpo destinada à instalação dos equipamentos de ar condicionado. Este tipo de dispositivo previsto em projeto resulta em um trabalho mais seguro na hora da instalação e manutenção dos aparelhos de ar condicionado. Porém são necessárias que as modificações 9 do quadro 2 sejam consideradas para tornar sua existência mais eficiente.

Vale destacar que grande parte da área da fachada é composta por pele de vidro. Este tipo de esquadria além de ter o vidro colocado a partir da parte externa do edifício, necessita de limpeza regular realizada através de plataformas de trabalho. Uma vez que a limpeza dos vidros deve ser feita regularmente, sugere-se a implantação do item 4 do quadro 2.

Outra particularidade do projeto é possuir um átrio com paredes e cobertura de vidro laminado, com dimensões em planta de 4,20m x 5,25m e altura de 11,60m. Este tipo de detalhe arquitetônico não possui soluções de segurança nas normas vigentes, portanto recomenda-se que seja feita uma análise dos riscos. O projetista deverá pensar, ainda no desenvolvimento do projeto, em meios de eliminar ou reduzir os riscos, até ter alcançado um nível aceitável de segurança para os trabalhos. Isto deve ser feito através da incorporação de dispositivos que auxiliem a segurança ou mesmo na modificação do desenho.

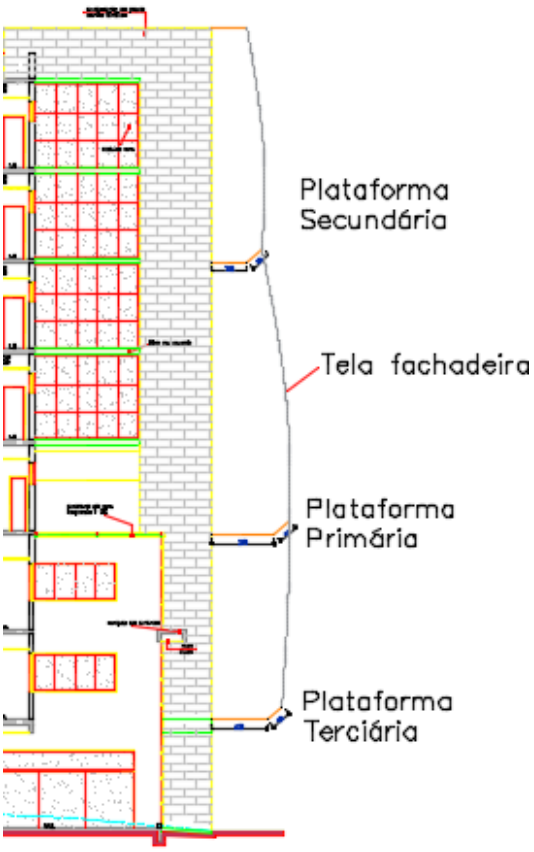
A estrutura deste projeto será moldada *in loco*, do tipo laje plana protendida. Este tipo de estrutura elimina a execução de formas de vigas com vários formatos junto as bordas, diminuindo o tempo de exposição dos trabalhadores junto às bordas do edifício e, consequentemente, a exposição ao risco de queda. Porém, é também uma laje que exige que aberturas e dispositivos sejam previstos antecipadamente pois os cabos de protensão

não podem sofrer qualquer dano, uma vez que comprometerá a estrutura do edifício.

A NR 18 (BRASIL, 2015) exige a colocação de guarda-corpos em toda a periferia da edificação e também nas escadarias. Se os guarda-corpos forem fixados à estrutura por meio de chumbadores, o projetista estrutural deverá prever a fixação dos montantes do guarda-corpo a um espaçamento máximo de 1,50m, sem que haja interferência nos cabos de protensão.

Segundo a NR 18 (BRASIL, 2015), para o projeto em questão há a necessidade de instalação de bandejas de proteção contra queda de materiais, pois a edificação tem mais de 8 pavimentos. Como a mesma possui subsolo e pavimentos recuados, deverá ser previsto a instalação de guias de fixação de bandejas de proteção nos seguintes pavimentos, conforme item 7 do Quadro 2: Quarto pavimento: bandeja primária; Sexto pavimento: bandeja secundária; segundo pavimento: bandeja terciária (Figura 3).

Figura 3 – Detalhe de projeto da instalação das plataformas de proteção ("Bandejão")



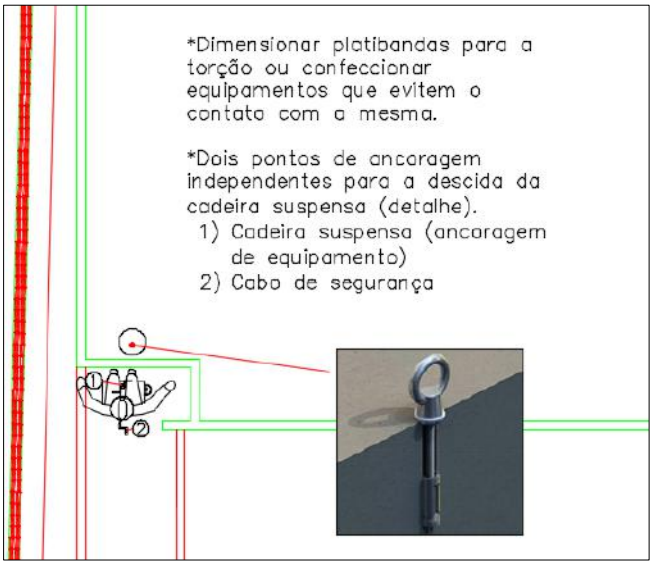
Fonte: Autoria própria.

O projetista estrutural deverá tomar informações junto ao engenheiro executor sobre a localização do elevador de carga e pessoas e, desta forma, prever a sobrecarga na laje em que a mesma será apoiada, bem como a previsão de eventuais aberturas nas lajes dos pavimentos sem recuo,

se assim se fizer necessário. A fixação do elevador por pavimento também deverá ser prevista e indicada no projeto de formas, para que não haja interferência com os cabos de protensão e para que a estrutura suporte as cargas provenientes da mesma. A mesma recomendação vale para a fixação de dispositivos de elevação de materiais, se a construtora optar por esse meio de transporte vertical.

A Figura 4 mostra como o item 4 do Quadro 2 pode ser aplicado ao projeto. Tal detalhamento foi feito em projeto arquitetônico, em um detalhe do edifício que só poderá ser executado com cadeira suspensa por suas dimensões reduzidas.

Figura 4 – Detalhe de instalação de dispositivos para Cadeira Suspensa



Fonte: Autoria própria.

Como cada obra é um projeto singular, é notável que as ações devam ser planejadas e implementadas, ainda no projeto de engenharia e arquitetura, visando uma execução e manutenção segura. Assim, tanto os profissionais de arquitetura, quanto os de engenharia, estarão cientes de sua corresponsabilidade em se tratando da prevenção de acidentes junto aos seus produtos.

6 CONCLUSÃO

É visto que cada vez mais a evolução dos equipamentos de segurança tem permitido que os trabalhadores tenham maior segurança no desenvolvimento de suas atividades em altura, porém, mesmo com esta evolução, os responsáveis pelos projetos criam situações de riscos que não são de fato necessárias para a funcionalidade do edifício.

É fato que nem todas as situações poderão ser previstas em projeto, porém este trabalho vem com o propósito de tentar reduzir ao máximo estas situações através do incentivo à prevenção ainda na fase de projeto.

Ao realizar a análise deste projeto, não é possível confirmar a utilização dos

princípios de PPS, uma vez que os detalhes que poderiam estar correlacionados a esta metodologia, podem simplesmente serem detalhes arquitetônicos, como o caso da platibanda.

Dentre as soluções apontadas para reduzir os riscos na execução dos trabalhos em altura, se destacam a adoção de platibandas e parapeitos com 1,20m de altura, ainda, especificação e detalhamento de pontos de ancoragem nas fachadas, indicação da necessidade de dimensionamento dos pilaretes e vigas da platibanda para suportar as cargas provenientes do andaime suspenso, além da melhora nos acessos aos condensadores dos aparelhos de ar condicionado.

Por fim, um primeiro passo por parte dos órgãos regulamentadores e fiscalizadores seria necessário para incentivar a previsão de itens relativos a segurança em projeto, bem como programas de conscientização dos projetistas. Assim, se evitaria substancialmente os acidentes de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná e à empresa Fronter Engenharia de Obras que forneceu o projeto para análise, possibilitando a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ARQUIESTUDIO. **Fronter Engenharia de Obras:** Arquivos do acervo de 2015. 2015.

BEHM, Michael. Linking Construction Fatalities to the Design for Construction Safety Concept. **Safety Science**. [S.l.]: Elsevier, 2005. p. 589-611. v. 43. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com >. Acesso em: 20 mar. 2016.

BRASIL. Informe de Previdência Social: Julho/2014. **Ministério da Previdência Social**. Brasília, 2014. v.26. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/Ret_Offset_Informe_julho_2014.pdf >. Acesso em: 20 fev. 2016.

_____. Evolução das Relações Trabalhistas. **Portal Brasil**. 2011. Disponível em: < http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2011/04/evolucao-das-relacoes-trabalhistas >. Acesso em: 9 abr. 2016.

_____. NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. **Ministério do Trabalho e Previdência Social**. Brasília, 2015b. Disponível em: < http://www.mtps.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR18/NR18atualizada2015.pdf >. Acesso em: 02 abr. 2016.

_____. NR-35 Trabalho em altura - Comentada. **Ministério do Trabalho e Emprego**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://acesso.mte.gov.br/data/files/8A7C816A419E9E3401420E0B5A4D4C57/Cartilha%20NR%2035.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2015.

CBIC CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Banco de Dados: PIB Brasil e Construção Civil. 2016** . Disponível em:<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil >. Acesso em: 17 fev. 2016.

GAMBATESE, J.; HINZE, J. Addressing Construction Worker Safety in the Design Phase: Designing for Construction Worker Safety. **Automation in Construction**. [S.l.]: Elsevier, 1999. p. 643-649. v. 8. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com >. Acesso em: 19 mar. 2016.

GOMES, Roger de O., MATTIODA, Rosana A**. Técnicas de Prevenção e Controle de Perdas em Segurança do Trabalho – Um ajuste ao PDCA**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte. Anais Eletrônicos... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2011. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_138_876_18803.pdf >. Acesso em: 9 abr. 2016.

HOWARD, John. Prevention Through Design – Introduction. **Journal of Safety Research**. [S.l.]: Elsevier, 2008. p. 133. v. 36. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com >. Acesso em: 2 fev. 2016.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de informações básicas municipais: Perfil dos Municípios Brasileiros 2013**. Rio de Janeiro: IBGE , 2014. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/munic2013.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2016.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Acoustics: Measurement of sound insulation in buildings and of building elements** - **Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms.** Geneva, 1998a.

PEREIRA FILHO, José Ilo. **Protocolo para Integração de Requisitos de Saúde e Segurança do Trabalho ao Processo de Desenvolvimento do Produto da Construção Civil (PISP)**. 2011. 227 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2011.

SAFETY IN DESIGN. **Design Guide CON307: Fall Prevention by Design**. Disponível em: < http://www.safetyindesign.org.uk/images/pdf-view/b6169-sid-con307.pdf > Acesso em: 25 set. 2015.

SAURIN, Tarcisio A.; RIBEIRO, José L. D. Segurança no Trabalho em um Canteiro de Obras: Percepções dos Operários e da Gerência. **Produção**. São Paulo, 2000. v.10. n.1. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132000000100001 >. Acesso em: 21 jan. 2016.

SILVEIRA, Cristiane A.; ROBAZZI, Maria Lúcia do C. C.; WALTER, Elisabeth V.; MARZIALE, Maria Helena P. Acidentes de trabalho na construção civil identificados através de prontuários hospitalares. **Revista Escola de Minas**. Vol 58. n.1. Ouro Preto, 2005. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672005000100007> Acesso em: 15 abr. 2016.

TOOLE, Michael T.; GAMBATESE, John. The Trajectories of Prevention Rhrough Design in Construction. **Journal of Safety Research**. [S.l.]: Elsevier, 2008. v. 39. p. 225-230. 20

Mar. 2008. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com >. Acesso em 28 fev. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CUSTOS DE ENSAIOS EM OBRAS PÚBLICAS QUE UTILIZAM RECURSOS DO ORÇAMENTO GERAL DA UNIÃO (OGU) [1]

FELISBERTO, Alexandre David (1); GÓMEZ, Luis Alberto (2); ISATON, Camila (3); MARCHIORI, Fernanda Fernandes (4)

(1) IFSC, e-mail: alexandre.felisberto@ifsc.edu.br; (2) UFSC, e-mail: luis.gomez@ufsc.br; (3) UFSC, e-mail: camila.isaton@pucpr.br; (4) UFSC, e-mail: fernanda.marchiori@ufsc.br

RESUMO

A Sociedade Brasileira exige cada vez mais obras públicas de qualidade a um preço socialmente justo, o qual deve atender a população brasileira, o cidadão e os trabalhadores da construção (DIAS, 2011). Para tanto, é fundamental a previsão dos ensaios tecnológicos necessários à consecução dos empreendimentos públicos, nas fases de projeto, execução e fiscalização. O objetivo do presente artigo é verificar como esses ensaios podem ser custeados em obras via Orçamento Geral da União (OGU). Para isso, estudou-se uma amostra de quarenta empreendimentos em Santa Catarina, alguns vinculados ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), com investimento total de 152,25 milhões de reais, e que por estarem entre os maiores de sua região, recebem recursos em projetos diversificados, sendo todos acompanhados pela CAIXA na qualidade de mandatária (Decreto Federal 1.819/1996). Verificou-se existir previsão legal para inserção de custos de ensaios na maioria dos programas federais, e sua ausência, como verificada na maior parte da amostra, parece ocorrer por faculdade dos responsáveis do que por restrições normativas. Espera-se fomentar entre orçamentistas a previsão de ensaios nos orçamentos de referência, garantindo transparência ao certame e meios do gestor público cobrar sua realização, resultando em obras de qualidade a um preço socialmente justo.

Palavras-chave: Ensaios. Custos. Obras públicas. OGU.

ABSTRACT

The Brazilian Society requires more public construction of quality to a socially fair price, which must meet the Brazilian population, citizens and construction workers (Dias, 2011). Therefore, the forecast is fundamental technological tests necessary to achieve the public enterprises in the design phase, implementation and supervision. The purpose of this article is to see how these tests can be funded in the works via the Federal Budget (OGU). For this, we studied a sample of forty projects (PAC and not PAC) in Santa Catarina, with total investment of 152.25 million reais, and to be among the largest of their region, receive resources in diverse projects, and all accompanied by CAIXA as agent (Federal Decree 1.819 / 1996). It was found to exist legal provisions for inserting test costs in most federal programs, and its absence, as found in most of the sample seems to be more related to matters of convenience and College of charge than regulatory restrictions. Expected to foster estimators predicting trials in reference budgets, ensuring transparency to the event and means of public managers charge their achievement, resulting in quality works to a socially fair price.

***Keywords**: Assay. Costs. Public construction. OGU.*

[1] FELISBERTO, Alexandre *et al*. Custos de ensaios em obras públicas que utilizam recursos do orçamento geral da união (OGU). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A primeira etapa do desenvolvimento de um projeto é a realização de estudos preliminares, podendo ser levantamentos planialtimétricos, cadastrais, legais, geológicos, hídricos, ambientais e climáticos (TCU, 2014). Posteriormente, durante e até mesmo depois da execução da obra, outros estudos e ensaios podem ser necessários para garantir que os parâmetros previstos em projeto ocorreram. Logicamente, a origem de recurso que custeia a construção de um empreendimento seria irrelevante para a definição dos ensaios necessários sob os aspectos técnicos.

Todavia, muitas obras públicas não são precedidas e acompanhadas de todos os ensaios necessários, sendo uma problemática a ser enfrentada, justificada pelas recentes exigências da NBR 15.575, pelos altos investimentos envolvidos, necessidade de garantir a boa qualidade do produto final, a segurança dos usuários, e resguardar o Erário e a Sociedade de prejuízos financeiros. Embora ensaios em obras públicas já tenham sido estudados, como Nogueira (2001), foca-se neste estudo o aspecto custo.

1.1 Objetivo

Neste cenário, o objetivo do presente artigo é verificar como os ensaios técnicos podem ser custeados em obras públicas via Orçamento Geral da União (OGU), nas fases de projeto, execução e fiscalização.

1.2 Limitações da Pesquisa

Não foi estudado na amostra pesquisada ensaios que possam ter sido feitos diretamente pelos proponentes, às suas expensas, ou com custos "diluídos" em outros itens licitados, como laboratorista.

Verificou-se ser possível a previsão de custos de ensaios nas diversas fases dos empreendimentos na maioria dos programas custeados com recursos OGU, em que pese sua previsão explícita nas planilhas licitadas da amostra pesquisada terem tido participação inexpressiva, de apenas 10,6 mil reais de um total de 152,25 milhões de reais, distribuídos em 40 contratos de 4 municípios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Engenharia de custos em obras com recursos do OGU

Atualmente, o principal regramento legal que define critérios para elaboração de orçamentos de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, inclusive quanto à exigência de limitação do custo direto ao SINAPI, mantido pela CAIXA, e SICRO (no caso específico de obras de infraestrutura de transportes), mantido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), é o Decreto Federal 7.983/2013. Até então, essa exigência se alterava ano a ano nas Leis de Diretrizes Orçamentárias, desde a LDO

2004 até a LDO 2013.

Assim, os custos unitários nesses casos são limitados aos seus correspondentes no SINAPI ou SICRO, acrescidos de percentual de BDI regulado pelo Acórdão 2.622/2013 TCU Plenário, exceto se inexistir serviço equivalente, em que outros procedimentos devem ser observados. De forma geral é necessário apresentar orçamento analítico indicando data-base, códigos SINAPI ou SICRO utilizados, composições próprias ou de outros órgãos limitando os insumos ao SINAPI/SICRO, publicações, outras referências oficiais, cotações de insumos, e percentual de BDI acompanhado de sua composição, além do cronograma físico financeiro e eventuais memórias de cálculo de quantidades. Para os ensaios a analogia é a mesma, estando disponível no SINAPI Referencial 85 itens relativos a ensaios, como ensaio de recebimento e aceitação de cimento Portland, recebimento e aceitação de agregados graúdos, limite de liquidez e plasticidade, Índice de Suporte Califórnia, abatimento do tronco de cone, mobilização de equipamentos de sondagem, e vários outros, o que facilita muito a sua previsão e orçamentação em obras públicas.

2.2 Ensaios em obras públicas e seus custos associados

A previsão de ensaios, seja na fase de projetos, ou ao longo de sua execução e acompanhamento, tende a estar distribuída nas atividades de estudos preliminares, projeto básico, executivo, administração local, gerenciamento e fiscalização. Deste modo, é necessário verificar se a legislação legal e infra legal permite a previsão dessas atividades, e eventuais limites para os mesmos.

2.2.1 Projeto básico e executivo: Lei de Licitações

O principal instrumento legal que rege a contratação de obras públicas desde 1993 em qualquer Esfera (União, Estados e Municípios) e Poder (Executivo, Legislativo e Judiciário) é a Lei de Licitações (Lei 8.666), a qual define em seu art. 6° Projeto Básico como:

> o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter "..." orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados.

Por Projeto Executivo, define como o "*conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)*".

O referido instrumento em seu art. 7°, incisos I e II, somente admite a licitação de obras e serviços se "*houver projeto básico aprovado pela autoridade*

competente e disponível para exame dos interessados em participar do processo licitatório" e *"existir orçamento detalhado em planilhas que expressem a composição de todos os seus custos unitários"*. Por fim, em seu art. 75 registra *"Salvo disposições em contrário constantes do edital, do convite ou de ato normativo, os ensaios, testes e demais provas exigidos por normas técnicas oficiais para a boa execução do objeto do contrato correm por conta do contratado"*.

Em síntese, é obrigatória para qualquer licitação sob a égide da Lei 8.666 a existência de projetos básicos acompanhados de estudos preliminares e orçamentos detalhados, devendo o projeto executivo ser elaborado de acordo com as normas da ABNT, podendo ser elaborado posteriormente à contratação das obras. Quanto aos ensaios ficarem a cargo da Contratada, não se aplica aos ensaios da fase de projeto, e não é exaustivo na fase de execução, pois podem também ser executados pela Fiscalização da obra, a título de contraprova. Entende-se também que a lei não restringe a possibilidade da previsão de seus custos.

2.2.2 Projeto básico e executivo: Regime Diferenciado de Contratações

Para as licitações realizadas no Regime Diferenciado de Contratações (Lei 12.462/2011), permanece a exigência de projeto básico e orçamento detalhado, exceto se utilizado regime de contratação integrada (Art. 8º, § 5º). Para esse regime, apenas *"anteprojetos"* e *"...orçamento sintético ou metodologia expedita ou paramétrica"* são suficientes para realização do certame (Art. 9º, § 2º), ainda assim, acompanhados de projetos anteriores ou estudos preliminares que embasaram a concepção adotada; levantamento topográfico e cadastral; pareceres de sondagem; e memorial descritivo dos elementos da edificação, dos componentes construtivos e dos materiais de construção, de forma a estabelecer padrões mínimos para a contratação (Decreto 7.581/2011 art. 74). De acordo com o parágrafo 7º da Lei, é *"vedada a realização, sem projeto executivo, de obras e serviços de engenharia para cuja concretização tenha sido utilizado o RDC, qualquer que seja o regime adotado"*. Porém o Decreto 7.581/2011, que regulamenta o RDC, permite a sua elaboração anterior a cada etapa da obra.

Ou seja, o órgão licitante só pode autorizar início de obras após a conclusão do projeto executivo, o que ocorre obrigatoriamente a cargo da Contratada, no caso de contratação integrada, e facultativamente nos demais regimes. Entretanto, é possível que sua elaboração e início de obras ocorra por etapas. Quanto ao acompanhamento das obras, os dois instrumentos legais permitem a contratação de empresas para consultoria, gerenciamento, supervisão e fiscalização das obras.

2.2.3 Administração local

Em que pese alguns autores ainda defenderem que a administração local seja custo indireto e deva integrar o BDI, juntamente com a administração central, a maioria concorda ser custo direto, inclusive revendo posições

antigas, como Dias (2004 p. 143 e 2011 p. 29), já estando pacificado entre os órgãos de controle que os gastos com administração local são custos diretos, devendo ser apresentados de forma detalhada no orçamento analítico ou por meio de composição, como consta nos Acórdãos TCU Plenário 325/2007 item 9.1.2 e 2.622/2013 item 9.3.2.1 a seguir transcrito:

> Discriminar os custos de administração local, canteiro de obras e mobilização e desmobilização na planilha orçamentária de custos diretos, por serem passíveis de identificação, mensuração e discriminação, bem como sujeitos a controle, medição e pagamento individualizado por parte da Administração Pública (...)

Estando claro o caráter de custo direto do referido serviço, há de se verificar se os custos com ensaios e controles tecnológicos podem compô-lo. De acordo com TCU (2014) compõe a administração local gastos com "*laboratórios e controle tecnológico dos materiais*" e "*acompanhamento topográfico*". O Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos, membro do *International Cost Engineering Council* (ICEC) desde 1971, acompanha a mesma linha detalhando gastos com laboratorista na Administração Local conforme Orientação Técnica 01/2009/IBEC. Outros órgãos federais, como o Ministérios das Cidades tem igual entendimento, vide abaixo trecho do Manual de Instruções para Contratação e Execução dos Programas e Ações do Ministério das Cidades inseridos na segunda fase do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC 2, aprovado pela Portaria 40 de 30/01/2011, o qual enquadra serviços de topografia e controle tecnológico dentro da ad. Local.

> Administração Local: "..." serviços de topografia; serviços de apoio estratégico e logístico da obra (medicina e segurança do trabalho e controle tecnológico de qualidade dos materiais e da obra em geral)... (Grifo nosso).

2.2.4 Gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras

Conforme a complexidade e tipo de obra, pode ser necessário a contratação de uma empresa especializada no gerenciamento, supervisão e/ou fiscalização do empreendimento, a qual ficará responsável, entre outras atividades, pela aferição da qualidade da obra, seja pela contraprova dos ensaios executados pela Executora, ou o próprio acompanhamento desses ensaios. Os gastos com materiais e equipamentos de laboratório realizados pela Gerenciadora é citado por TCU (2014), figuras 59 e 60, bem como na Tabela de Preços de Consultoria do DNIT, conforme Instrução de Serviço DG nº 03, de 07 de março de 2012, a qual inclusiva prevê gastos mensais com ensaios de Vigas Benkelman, Falling Weight Deflectometer – FWD, Integrador Maysmeter, Laboratório de Solos, Betume e Concreto, além de gastos com Instrumental de Topografia e GPS.

2.3 Custos dos ensaios e limites para pagamento

Pelo exposto, depreende-se não haver impedimentos legais para previsão e orçamentação dos ensaios necessários para a elaboração dos projetos

básicos e executivos de engenharia, bem como os ensaios necessários na fase de execução, acompanhamento e fiscalização das obras, seja a cargo das Executoras, quanto de eventuais empresas Gerenciadoras, observadas eventuais restrições de algum programa específico.

3 METODO DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa utilizada é qualitativa, com emprego de estatística descritiva, sem uso de inferência. Foi efetuada pesquisa bibliográfica, em especial legislação aplicada à engenharia de custos em obras públicas via OGU, com foco nas fases e atividades que permitam a previsão de ensaios, como estudos preliminares, projetos básicos e executivos, administração local, gerenciamento e fiscalização, os quais possuem limitações de acordo com cada Ministério Gestor. Essas limitações estão inseridas em sua maioria nos manuais de cada programa, disponíveis nos sítios eletrônicos desses órgãos, que variam entre ministérios e entre secretarias de um mesmo ministério, na forma de percentuais máximos do valor de investimento para determinadas atividades, ou restrições expressas às mesmas, ou mesmo omissão à possibilidade ou não de custeio de tais serviços.

Para verificar a atual participação ou previsão de custos de ensaios tecnológicos em obras públicas com custeio do OGU estudou-se uma amostra de contratos de repasse (Não PAC) ou termos de compromisso (Obras via PAC) de três municípios do sul de Santa Catarina e um do planalto serrano, os quais, por estarem entre os maiores da região, acabam recebendo recursos em projetos diversificados.

4 AMOSTRA ESTUDADA

É composta por quarenta empreendimentos com investimentos de 152,25 milhões de reais, sendo 147,38 milhões de repasse a "fundo perdido" provenientes do OGU e o restante a título de contrapartida física ou financeira dos tomadores, estando esses contratos em diversos estágios, desde projetos em análise, licitação, obras ou recém-concluídos. Todos eles têm a Caixa Econômica Federal[2] como mandatária (Decreto Federal 1.819/1996), representando a União e seus órgãos gestores, e atuando como agente operador dos mesmos, ficando os aspectos técnicos e legais sobre responsabilidade dos quatro entes federados. A tabela 1 e o Gráfico 1 caracterizam a amostra pesquisada.

Na Tabela 2 é possível observar a distribuição por gestores. Percebe-se que o Ministério das Cidades é o responsável pelo maior repasse de recursos e quantidades de contratos, sendo seguido pelo Ministério dos Esportes,

[2] Os dados podem ser obtidos por qualquer cidadão em diversas fontes governamentais disponíveis na internet como: portal de convênios SICONV, portal da transparência, site da CAIXA (Guia poder público e acompanhamento de obras), em sites dos órgãos convenentes, em alguns casos, ou mesmo por solicitação direta nas prefeituras com base na Lei 12.527/2011, a qual regula acesso às informações públicas previsto na Constituição Federal.

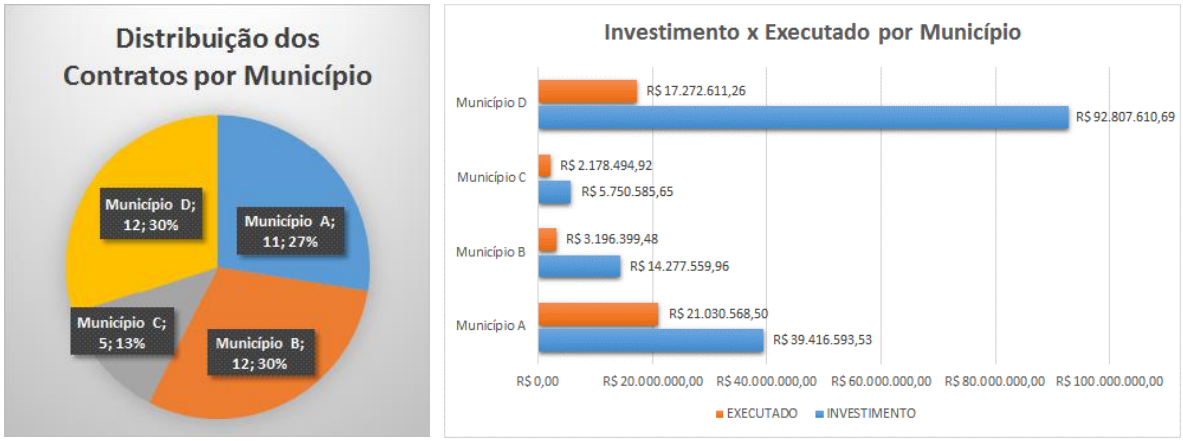
Cultura, Turismo, Desenvolvimento Social via Fundo Nacional de Assistência Social, e Meio Ambiente. Em quantidade de contrato a distribuição é semelhante entre esses gestores.

Tabela 1 - Distribuição por tipo de obra (Em milhões de reais)

Tipo de Obra	**Quantidade**	**Valor**
Pavimentação e drenagem urbana	14	10,03
Edificações públicas[3]	9	15,25
Elaboração de Planos e Projetos	6	2,77
Macrodrenagem	4	38,17
Portal turístico e praças públicas	3	1,28
Implantação de sistema de esgotamento sanitário	2	41,39
Construção de avenida com seis faixas	1	40,18
Urbanização integrada[4]	1	3,18
Total	**40**	**152,25**

Fonte: Prefeituras pesquisadas

Gráfico 1 - Distribuição de contratos e investimento total e executado



Fonte: Prefeituras pesquisadas

Tabela 2 - Distribuição de investimentos por Gestor (Em reais)

Gestor	**Investimento**	**Executado**	**Qtidade**
MCIDADES	132.220.561,98	26,73%	23
MDS/FNAS	820.500,00	10,37%	2
ME	8.589.723,44	49,32%	5
MINC	6.046.605,67	44,80%	3
MMA	240.000,00	58,77%	1
MTUR	4.334.958,74	26,71%	6
	R$ 152.252.349,83	**28,69%**	**40**

Fonte: Prefeituras pesquisadas

[3] Ginásios, Centros de Treinamento, Centros de Arte Unificados, CRAS

[4] Unidades habitacionais, pavimentação, Ginásio e CRAS

Como já aprofundado, os serviços mais aderentes à alocação de custos para ensaios e controles tecnológicos seriam a elaboração de projetos básicos e/ou executivos, gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras e administração local, os quais possuem impedimentos ou limitações de valores para serem previstos em orçamentos de obras públicas com recursos do OGU, de acordo com cada Ministério Gestor, suas secretarias vinculadas e respectivos programas. Os projetos básicos, excetuado alguns aspectos do RDC já tratados, sempre serão a cargo do tomador do recurso, podendo ser contratada empresa especializada na sua elaboração; já o projeto executivo poderá ser desenvolvido tanto pelo tomador ou empresa por ele contratada, como pela própria empresa executora das obras; o gerenciamento e fiscalização das obras deve necessariamente ser realizado por empresa contratada pelo tomador, admitindo-se ser realizado pelo proponente sem qualquer custo incidente no orçamento, a qual é a situação mais corriqueira para contratos com orçamentos menores; e a administração local obrigatoriamente será da empresa executora das obras. Ou seja, havendo previsão e orçamentação de custos de ensaios em um desses agrupadores, o recurso público poderá ser pago ao Tomador, à Executora das obras, ou terceiras empresas, sejam de projetos ou gerenciamentos, observado as regras específicas de cada programa. Há ainda casos em que a prefeitura ou outros tomadores realizam os projetos e respectivos ensaios, se houverem, às suas expensas, e os integram na composição total do investimento como contrapartida física, abatendo assim a contrapartida mínima obrigatória dos contratos, atualmente não permitidos para transferências voluntárias (Lei 13.080/2015 art. 72 § 1º), mas apenas contratos do PAC.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando-se os dados da amostra é possível extrair a Tabela 3 com todos os contratos que tiveram alguma previsão dos serviços supracitados, em que ensaios de projeto e controle tecnológico poderiam ser inseridos. Percebe-se que 15 contratos (37,5% da amostra) tiveram algum tipo de previsão de custos para projetos, sondagens, gerenciamento, administração local ou tão somente ensaios, os quais representam 8,38 milhões, ou 5,50% do montante amostrado. Em que pese serem valores significativos, não significa que os ensaios tiveram grande participação no valor, mas apenas que a possibilidade de pagá-los estaria garantida.

Tabela 3 - Contratos com itens orçados passíveis de previsão de ensaios (Em milhares de reais)

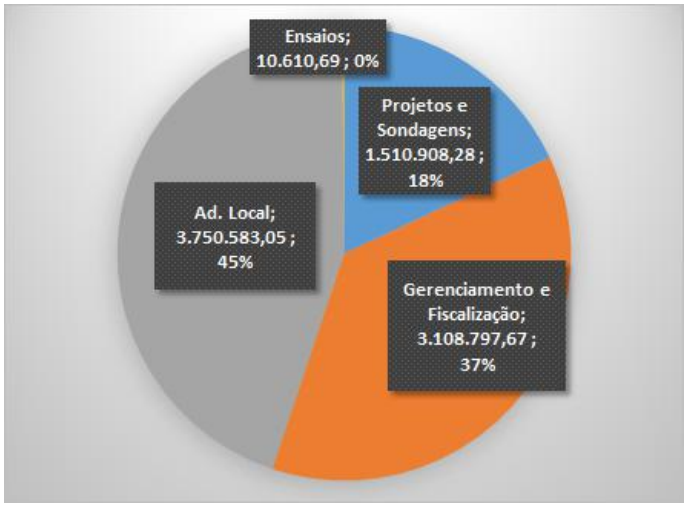
Gestor	Investimento	% Exec.	Projetos e Sondagens	Gerenciamento e Fiscalização	Ad. Local	Ensaios
MCIDADES	24.386,75	4,78%	731,60	487,59	688,75	
MCIDADES	57.171,07	24,11%	677,47	1.528,79	1.491,69	
MCIDADES	23.828,09	63,53%		1.034,47	899,60	
MCIDADES	245,85					1,60

MCIDADES	115,48	93,94%				0,42
MCIDADES	273,01	23,72%				0,27
MCIDADES	917,11	90,56%				1,19
MCIDADES	3.179,37	15,72%				4,76
MCIDADES	4.481,50	7,38%		3,95	10,40	
ME	3.464,72		13,96			
ME	3.763,58	100,00%	87,88	54,00		
MINC	2.266,21	58,33%			250,14	
MINC	1.902,78	24,71%			196,62	
MINC	1.877,62	48,84%			213,38	
MTUR	221,50	43,17%				2,37
	152.252,35	**28,69%**	**1.510,91**	**3.108,80**	**3.750,58**	**10,61**

Fonte: Prefeituras pesquisadas

O Gráfico 2 demonstra a distribuição percentual entre os itens de investimento com possibilidade de alocação de custos de ensaios efetivamente previstos nos contratos amostrados.

Gráfico 1 - Distribuição de atividades passíveis de inserção de ensaios



Fonte: Prefeituras pesquisadas

Nota-se que a administração local foi o agrupador com mais recursos alocados entre os contratos com algum serviço passível de controle tecnológico, com 45%, seguida do Gerenciamento com 37% e Projetos e Sondagens, com 18%. Itens de ensaios orçados diretamente em planilha (fora dos agrupadores citados) tiveram uma participação inexpressiva, apenas 10,6 mil reais do total de 8,38 milhões, vinculados a um único município amostrado, basicamente para verificação de resistência de lajotas, ensaios de CBR do sub-leito e características da camada asfáltica, em obras de pavimentação distribuídos em contratos com investimento menor que um milhão de reais, em sua maioria. Sua previsão é interessante, pois a fiscalização é feita pelas próprias prefeituras com recursos próprios sem atuação de empresas gerenciadoras, e os custos dos ensaios alocados e pagos às empresas executoras a título de contraprova para a fiscalização,

porém devendo ser realizados por laboratórios idôneos e imparciais aos participantes.

Entretanto, os valores orçados para projetos, gerenciamento e administração local são expressivos, e em que pese não haver na maioria dos casos a previsão direta de ensaios nas planilhas orçamentárias, os mesmos podem ter sido realizados, pois muitas vezes são intrínsecos ao serviço, e seus custos estarem previstos de forma indireta, alocados nas horas de mão de obra, como técnicos laboratoriais ou engenheiros, ou mesmo realizados diretamente pelas prefeituras às suas expensas, como sondagens na fase de projeto.

6 CONCLUSÕES

A legislação federal acerca da engenharia de custos em obras públicas com recursos provenientes do Orçamento Geral da União (OGU) é complexa, com diversas especificidades e variáveis a serem observadas pelos orçamentistas, executores e fiscais das obras, com regras que se alteram entre os ministérios e suas próprias secretarias, ou ao longo do tempo. Há ainda regramentos diversos provenientes de órgãos de controle, como Tribunal de Contas da União e Controladoria Geral da União. Igualmente complexa é a parte específica dessa legislação que trata sobre a previsão de ensaios nas fases de projeto e controle tecnológico durante as obras, com limites percentuais diversos, restrições ou obrigatoriedade dos ensaios, ou mesmo a omissão de informação sobre o assunto.

Todavia, é possível contemplar em obras públicas com recursos OGU os custos para elaboração dos projetos básico e executivo, administração local, gerenciamento, supervisão e fiscalização das obras, parcial ou integralmente, conforme cada programa ou Gestor, e por conseguinte, os custos dos ensaios necessários a essas atividades.

Outrossim, entendemos que os custos desses ensaios devem ser previstos diretamente na planilha orçamentária, aumentando sua visibilidade, transparência e facilitando sua fiscalização, e por consequência, qualificando as obras públicas, e não sendo sua previsão uma faculdade do orçamentista, como verificado na maior parte da amostra pesquisada, registrando-se que sua ausência nas planilhas amostradas não significa necessariamente que os mesmos não tenham sido realizados.

Para ampliação do escopo dessa pesquisa, sugere-se aumentar a amostra de contratos pesquisados utilizando outras regiões do estado, ou mesmo outros estados, talvez concentrando-se em contratos do Ministério das Cidades por ter maiores valores de investimento e quantidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos gestores dos municípios pesquisados e a equipe de docentes e discentes do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

(PPGEC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que colaboraram para a realização do estudo.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

BRASIL. Decreto nº 1.819, de 16 de fevereiro de 1996. Disciplina as transferências de recursos da União por intermédio de instituições e agências financeiras oficiais federais e dá outras providências. **Executivo**. Brasília, DF

BRASIL. Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento[...]. **Executivo**. Brasília, DF, 9 abr. 2013.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA TERRESTRE. **Tabela de Preços de Consultoria do DNIT:** Instrução de Serviço DG nº 03, de 07 de março de 2012. Brasília: Editora Própria, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Portaria nº 40, de 30 de janeiro de 2011. **Executivo**. Brasília, DF,

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos:** Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBEC, 2011.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos:** metodologia de orçamentação para obras civis. 5. ed. Curitiba: Copiare, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE CUSTOS (Rio de Janeiro). **Conceito de BDI:** Orientação Técnica Nº 01/2009/IBEC. Rio de Janeiro: Editora Própria, 2009. 31 p.

NOGUEIRA, Carnot. **Ensaios não destrutivos: novas ferramentas para inspeção de obras públicas.** SINAOP VI, Florianópolis/SC (2001).

TCU. Tribunal de Contas da União. Coordenação-geral de Controle Externo da Área de Infraestrutura e da Região Sudeste. **Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas.** Brasília, 2014. 145 p.

_____. Acórdão nº 2.622, de 25 de setembro de 2013. **Legislativo**: Plenário. Brasília, DF, 25 set. 2013. Regras sobre BDI.

_____. Acórdão nº 325, de 16 de março de 2007. **Legislativo**: Plenário. Brasília, DF, Regras sobre BDI.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MODELAGEM BIM PARA ORÇAMENTO OPERACIONAL[1]

FENATO, Thalmus (1); SAFFARO, Fernanda (2); BARISON, Maria Bernardete (3)

(1) UEL, email: t.fenato@gmail.com; (2) UEL, e-mail: saffaro@uel.br; (3)UEL, e-mail: barison@uel.br

RESUMO

A gestão de custos é uma das bases mantenedoras da saúde financeira das empresas. Quando o orçamento é capaz de retratar como os custos ocorrem durante a execução da obra, é possível fazer o controle eficaz da produção. O orçamento operacional pode ser uma ferramenta eficiente na gestão de custos, pois se apresenta de forma segregada e de acordo com o desenvolvimento das atividades, ao longo da produção do edifício. Entretanto, esta característica pode tornar sua estrutura extensa e complexa, principalmente quando apresentado em formato de planilha. O uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) permite que informações de custos sejam inseridas no modelo, facilitando a extração automática dos quantitativos e o entendimento das considerações de orçamento por meio de visualização 3D. O objetivo deste estudo é identificar quais informações do orçamento operacional podem ser inseridas no modelo BIM e apontar estratégias para este procedimento. Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura para identificar quais fatores devem ser observados ao se elaborar um orçamento operacional. Em seguida, foi conduzido um estudo de caso para modelagem BIM da arquitetura (estrutura e alvenaria) de um edifício vertical. Os resultados são apresentados, em termos de dificuldades encontradas e estratégias de modelagem.

Palavras-chave: BIM. Modelagem 5D. Orçamento operacional.

ABSTRACT

Cost management is one of the provider basis of the financial health of companies. When the budget is able to depict how costs develop during the execution phase, it is possible to effectively control the production. The operational estimating can be an efficient tool in cost management as it is segregated and acceded to the activities development throughout the building construction. This feature may, however, generate a long and complex budget structure, especially when presented in spreadsheet format. The use of Building Information Modelling (BIM) allows budget information to be inserted into the models, allowing automatic quantity takeoff and comprehension of the budget considerations through 3D visualization. The objective of this study is to identify what operational estimating information can be inserted in the BIM model and to indicate strategies for this procedure. Initially, a literature review was made to identify which factors should be observed in an operational estimating. Afterwards a case study was conducted with the construction of a vertical building BIM model based on its' Architecture (structure and masonry). The results are presented according to the difficulties met and modelling strategies.

Keywords: *BIM. 5D Modeling. Operational Estimating.*

[1] FENATO, Thalmus; SAFFARO, Fernanda; BARISON, Maria Bernadete. Modelagem BIM para orçamento operacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Mediante a necessidade de gerir os custos conforme eles ocorrem na obra o orçamento operacional pode ser uma ferramenta eficiente na gestão de custos. Por outro lado, o seu conteúdo é extenso, tornando-se complexo, principalmente quando apresentado em formato de planilha (ARAM; EASTMAN; SACKS, 2014).

O uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) permite que as informações de orçamento sejam conectadas aos respectivos elementos construtivos, com apresentação em 2D-3D, facilitando o entendimento das considerações do orçamento e possibilitando a extração automática de quantitativos.

Considerando que na revisão da literatura não foram encontrados estudos que abordem o uso de BIM para orçamento com enfoque operacional, formulou-se, a seguinte questão: "Uma ferramenta de autoria BIM pode ser utilizada para a elaboração de um orçamento operacional"? Assim, o objetivo do presente estudo é identificar quais informações de um orçamento operacional podem ser inseridas e extraídas do modelo BIM, utilizando-se a ferramenta Autodesk REVIT® v. 2016.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Orçamento consiste na previsão de recursos financeiros necessários para o desenvolvimento de um produto e é apontado por Cabral (1988), Bazanelli (2003) e Kern (2005), como a principal ferramenta para a gestão de custos, pois possibilita a análise comparativa entre o custo planejado e o realizado. Para tanto, é essencial que os custos sejam apresentados no orçamento, conforme eles ocorrem durante a etapa de produção ou da prestação do serviço.

Dentre os diversos tipos de orçamento citados na literatura, o mais adequado para a gestão de custo é, segundo Kern (2005), o orçamento operacional. Isto se deve ao fato de que este tipo de orçamento retrata de maneira fiel como os custos são incorridos durante o processo construtivo.

Para retratar os custos da forma como os mesmos ocorrem, Cabral (1988) destaca a necessidade de decompor os serviços orçados em atividades, sendo que o critério de decomposição segue uma abordagem operacional, isto é, segue a sequência e a forma como as equipes de mão de obra segregam suas tarefas na etapa de produção. Cabe aqui um esclarecimento quanto aos termos serviço, atividade e operação. San Martin (1999) entende serviço como o conjunto de atividades relacionadas a um determinado elemento geométrico. Por exemplo, o serviço alvenaria pode ser decomposto em outras atividades conforme operações necessárias para a sua execução: (a) marcação de alvenaria; (b) elevação de alvenaria e (c) fixação de alvenaria.

O termo atividade, para San Martin (1999), refere-se ao encontro físico dos fluxos de processos e operações. Ou seja, toda vez que uma atividade se desenvolve, há, necessariamente, uma atuação da mão de obra (operação) sobre um material/produto (processo). Por sua vez, uma operação é definida por Cabral

(1988) como uma tarefa executada por um mesmo tipo de mão de obra/máquina, sem interrupção, com início e término bem definido.

Vale ressaltar que a denominação orçamento operacional pode levar ao entendimento de que somente os custos associados às operações estejam representados. Tal interpretação é incompatível com a afirmação de Cabral (1988) de que, neste tipo de orçamento, os custos se apresentam como ocorrem, uma vez que a aquisição antecipada de materiais acarreta a incidência de custos, embora nenhuma operação esteja sendo realizada neste momento.

Além da decomposição de serviços, a literatura aponta outros fatores que podem repercutir na gestão de custos os quais são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - fatores a serem considerados na elaboração do orçamento operacional

Agrupamento	Fatores	Autor
Produtividade	Local onde ocorre o trabalho	Stone (1975 apud Cabral (1988)
	Equipamentos	Kern (2005)
	Propriedade físicas dos materiais	Araujo e Souza (2001)
	Métodos e técnicas construtivas	Garcia (2011) e Kern (2005)
Prazo	Prazo de obra/atividade (Heineck 1986)	Heineck (1986 apud Kern 2005) e Andrade e Souza (2003)
Critérios de medição de mão de obra	Unidades de medida para pagamento de mão de obra	Kern (2005) e Cabral (1988)
Aquisição de materiais	Quantificação materiais conforme momento de utilização (programação)	Garcia (2011); Cabral (1988) e Andrade e Souza (2003)

Fonte: Os Autores

Devido aos fatores apontados no Quadro 1, ao se elaborar um orçamento operacional, a quantidade de informação pode torná-lo extenso a ponto de dificultar a recuperação de informações importantes para a gestão de custos da obra.

Com o desenvolvimento da Tecnologia de Informação (TI), espera-se que a eficiência e a precisão de orçamentos possam melhorar se forem conduzidos usando BIM (MA; LIU, 2014).

A inserção de informações de custos no modelo é denominada modelagem 5D e apresenta, como principais vantagens, a extração automática de quantitativos e precisão. Sakamori (2015) explica que ao extrair quantitativos, automaticamente do modelo BIM, nenhum elemento é esquecido e a sua conexão automática

com um banco de dados de custos reduz a intervenção humana e, consequentemente, possíveis erros no orçamento.

No entanto, a literatura aponta algumas dificuldades no processo 5D, principalmente, pelo fato dos modelos BIM 5D não serem elaborados com foco nos fatores que afetam o custo. Esses estudos são apresentados no Quadro 2.

As pesquisas apresentadas no Quadro 2 mostram a dificuldade de inserir no modelo BIM 5D informações detalhadas de custos devido à falta de suporte técnico das ferramentas BIM.

Um dos motivos dessa deficiência é a inexistência de padronizações e sistemas de classificação. Segundo Silva e Amorin (2011) esses sistemas criam classes que são relacionadas aos objetos. Esse relacionamento entre as classes dos objetos construtivos permite a criação de ontologias, que por sua vez, ordenam todo um ambiente de terminologias específicas, facilitando o acesso às informações do modelo, a todos os agentes da cadeia de produção. Essa padronização de nomenclaturas é a base para uma organização gerenciar as informações do modelo BIM ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Diversos sistemas de classificação para modelagem BIM 5D estão disponíveis no âmbito internacional. No Brasil um Sistema para classificação da informação da construção civil é apresentada na Norma NBR 15965-7: 2015.

Quadro 2 - Fatores a serem considerados em modelos BIM 5D

OBJETIVO	AUTOR	RESULTADO
Explicitar no modelo os aspectos que afetam o custo.	Staub-French et al (2003).	Elaboração de parâmetros específicos de custo não atribuídos aos objetos no modelo BIM.
Explorar softwares BIM para extração de quantitativos sob diferentes aspectos.	Shen e Issa (2010) Jiang (2011)	Elaboração de parâmetros específicos de custo não atribuídos aos objetos no modelo BIM.
Investigar a inserção de informações de orçamento em modelo BIM de construção.	Ma e Liu (2014)	O maior desafio é obter informações operacionais tais como: método de construção; uso de equipamentos.
	Firat et al. (2010),	A extração de quantitativos deve atender à real demanda em termos de gestão.
Customização do software	Lee, Kim e Yu (2014)	Automatizar a inserção de composições de serviços mediante o reconhecimento automático de elementos do modelo BIM.
	Aram, Eastman e Sacks (2014)	Metodologia para inserção automática de dados de custo no modelo BIM, a partir de regras inteligentes.

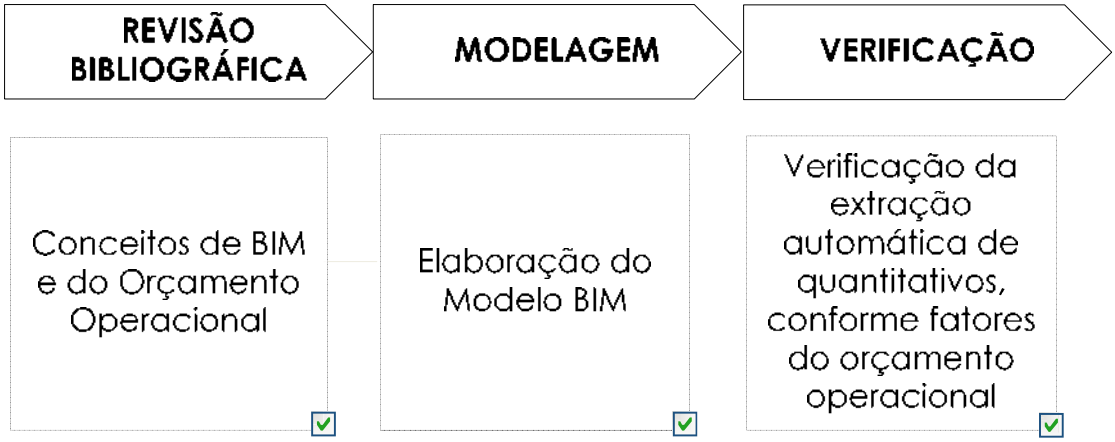
Fonte: Autores (2016)

Outra dificuldade para o uso do BIM 5D em orçamentos operacionais consiste no fato de que no padrão IFC (*Indrustry Foundation Classes*), principal padrão de trocas de dados em BIM, não existe uma classe específica para informações de custos. Para tanto, seria necessária a elaboração de um sistema de classificação que atue como interlocutor para a definição de classes do IFC (SILVA e AMORIN, 2011).

3 MÉTODO DA PESQUISA

Neste trabalho empregou-se o estudo de caso como estratégia para coleta de dados. O estudo de caso envolveu a modelagem BIM da alvenaria de vedação de um edifício vertical. A Figura 1 apresenta o delineamento da pesquisa.

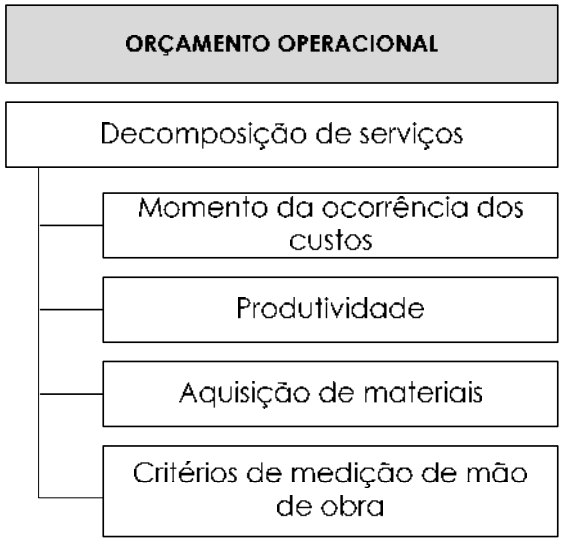
Figura 1 – Delineamento da pesquisa



Fonte: Os Autores

Durante a modelagem, foram considerados os fatores apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Fatores utilizados para a coleta de dados



Fonte: Os Autores

Para efetuar a modelagem, utilizou-se o software REVIT® v. 2016. A construtora forneceu os arquivos digitais das plantas e elevações do edifício. Entretanto, foram criados apenas os modelos BIM de arquitetura e de estrutura.

4 MODELAGEM

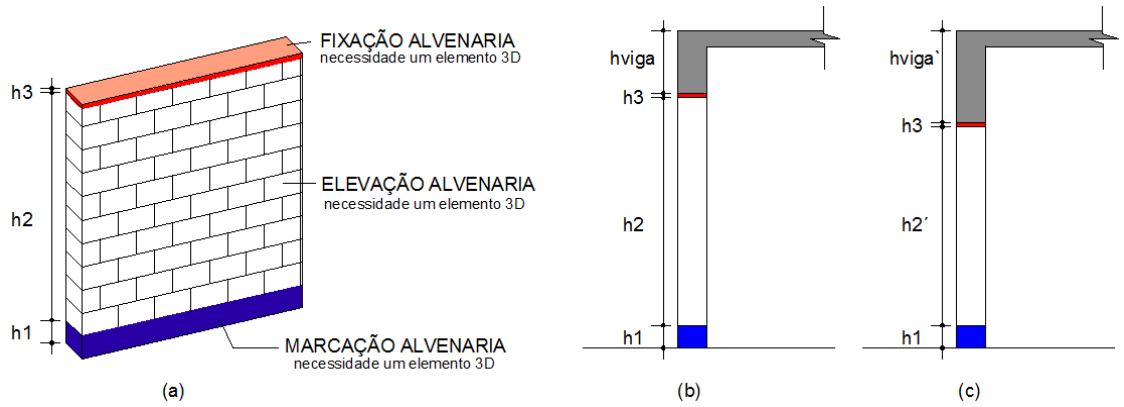
4.1 Decomposição dos serviços

O serviço de alvenaria foi decomposto com base nas seguintes atividades: (a) marcação de alvenaria; (b) elevação de alvenaria; (c) colocação de vergas e contravergas e (d) fixação de alvenaria.

Para elaborar o orçamento operacional, é necessário extrair os quantitativos de cada atividade que compõe o serviço de alvenaria. Ao se utilizar o REVIT®, somente um objeto pode ser representado em formato 3D e ter sua quantidade extraída diretamente na tabela de quantitativos. Por este motivo, é necessário haver um elemento 3D que represente cada atividade do serviço de alvenaria.

O REVIT® disponibiliza uma família de objetos chamada parede, sendo possível criar novos objetos do tipo parede, duplicando-se o objeto parede padrão. Usando este procedimento é possível criar objetos que representem as atividades: elevação de alvenaria e fixação da alvenaria, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Criação de objetos que representam a decomposição de serviços.



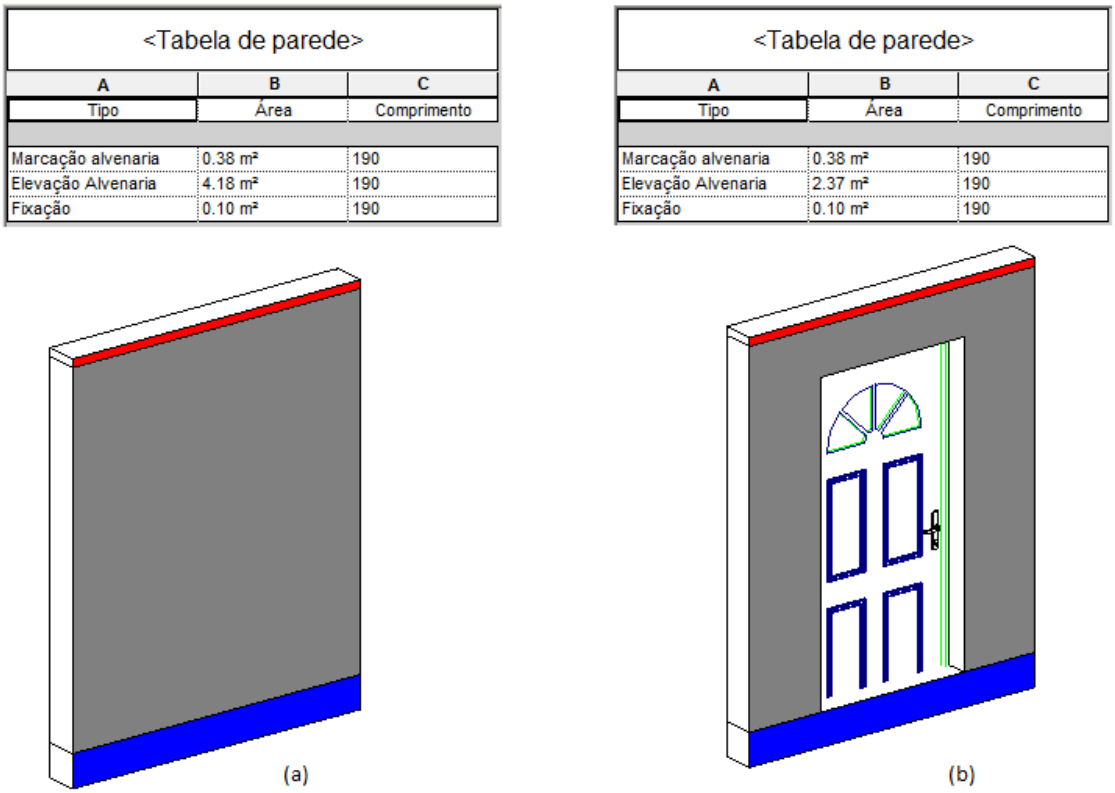
Fonte: Autores (2016)

Ao modelar a fixação da alvenaria utilizando-se o objeto parede padrão, perde-se tempo devido à falta de regras de relacionamento de vinculação automática entre os níveis dos objetos dessa família. Para torná-los independentes, é necessário inserir, de forma manual, as alturas e os níveis de cada objeto. Além disso, ao se modificar a altura da elevação da alvenaria, é preciso fazer ajustes manuais e individuais. Na Figura 3, é possível observar, nos esquemas (b) e (c), a mudança dos níveis da fixação e da elevação de alvenaria mediante mudança na altura da viga.

Contornando este problema, para representar a atividade fixação da alvenaria pode ser criado um parâmetro tipo texto, chamado 'fixação'. Toda vez que um novo objeto da família parede é criado, o parâmetro 'fixação' é atribuído a esse objeto.

Com relação à atividade de marcação de alvenaria, não é possível criar um objeto que a represente de forma direta. A família parede possui uma regra de relacionamento com as janelas e portas de forma que estas, quando instanciadas em algum objeto da família parede, têm seu volume subtraído da parede. Entretanto, isto não ocorre quando a porta é inserida, simultaneamente, em dois objetos paredes. Nas tabelas da Figura 4, é possível observar que o comprimento e a área do objeto marcação de alvenaria, não são alterados, mediante a inserção da porta, ao contrário do que ocorre com o objeto elevação de alvenaria. Da mesma forma, também não é possível criar um objeto que represente a atividade marcação de alvenaria.

Figura 4 – Relacionamento entre objetos da mesma categoria



<Tabela de parede>

A	B	C
Tipo	Área	Comprimento
Marcação alvenaria	0.38 m²	190
Elevação Alvenaria	4.18 m²	190
Fixação	0.10 m²	190

<Tabela de parede>

A	B	C
Tipo	Área	Comprimento
Marcação alvenaria	0.38 m²	190
Elevação Alvenaria	2.37 m²	190
Fixação	0.10 m²	190

Fonte: Os Autores.

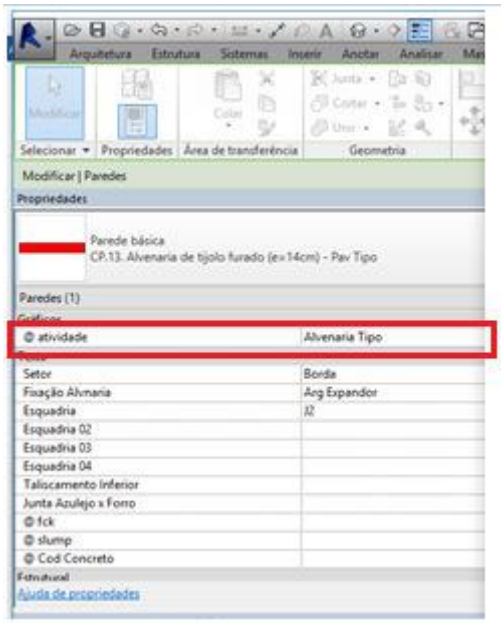
Para a atividade de 'colocação de vergas e contravergas', podem ser utilizados os objetos da família de 'vigas'. Contudo, é necessário inserir no modelo um objeto de cada vez. Além disso, como esses elementos estão relacionados às esquadrias, se houver alguma modificação nas esquadrias, as vergas e contravergas devem ser refeitas ou reinseridas manualmente.

Para resolver este problema, é possível customizar a planilha de quantitativos. Como o comprimento dos elementos vergas e contravergas estão ligados à largura das esquadrias, o cálculo dessa atividade na planilha de quantitativos depende de uma fórmula. Outra estratégia é automatizar a modelagem, de forma a criar novas esquadrias que contêm os elementos 'vergas e contravergas' em sua estrutura padrão, com regras de relacionamentos de propriedades geométricas entre si. Para tanto, é necessário customizar o software.

4.2 Momento da ocorrência dos custos

A construtora executa as paredes dos fechamentos dos *shafts* em momento posterior à execução das demais paredes. Então, para inserir a informação do momento de execução da parede é necessário atribuir um parâmetro ao objeto que represente a elevação de alvenaria. O parâmetro pode ser do tipo texto, que no presente estudo, é chamado de '@atividade', (Ver Figura 5).

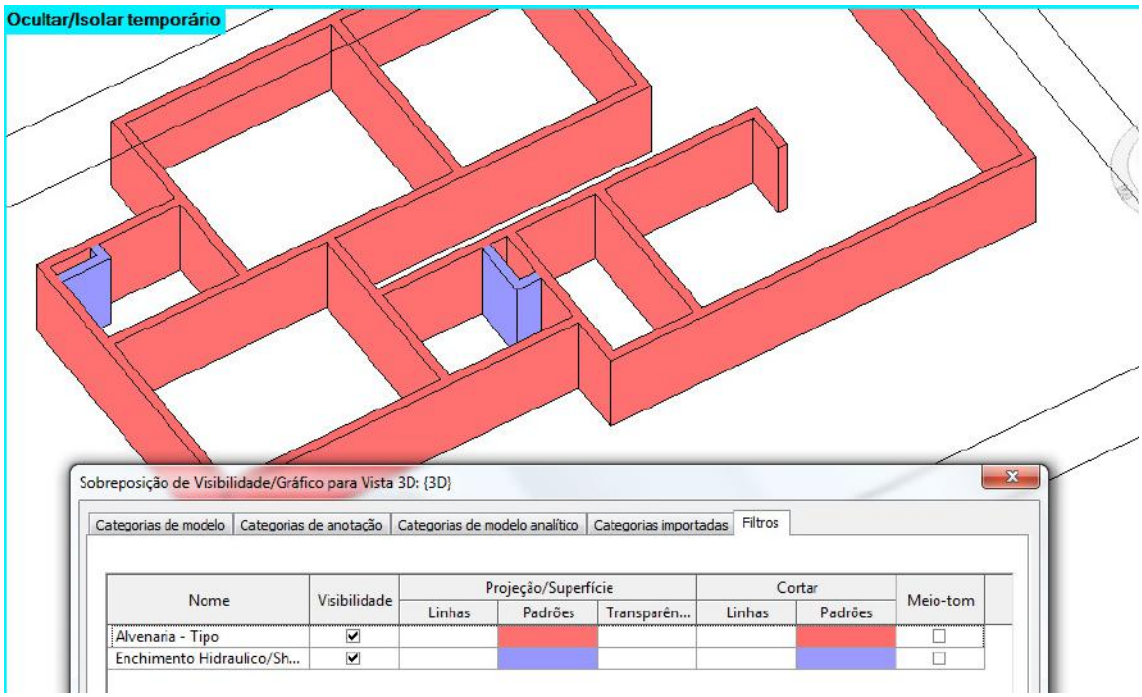
Figura 5 – Parâmetros do elemento 3D



Fonte: Os Autores

O *software* suporta a criação de parâmetros do tipo texto, os quais auxiliam na organização dos dados inseridos no modelo. Além disso, eles permitem fazer filtros com visualização 3D. Na figura 6 é possível observar um filtro que diferencia as paredes executadas em diferentes atividades do cronograma. O parâmetro tipo texto funciona como classificador do filtro.

Figura 6 – Visualização 3D com classificação por dados não geométricos



Fonte: Os Autores

Qualquer parâmetro do tipo texto pode ser utilizado como critério de organização em tabelas de quantitativos. A Figura 7 apresenta uma tabela contendo classificação de atividades (Pavimento Tipo), segundo o critério do cronograma (@atividade).

Figura 7 – Classificação dos objetos segundo o parâmetro atividade.

<Tabela de parede>

A	B	C	D
@ Atividade	Tipo	Área	Comprimento
Alvenaria - Tipo	Fixação	0.10 m²	190
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	6.43 m²	250
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.25 m²	90
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	6.25 m²	250
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.00 m²	80
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	9.00 m²	360
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	5.50 m²	220
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	5.50 m²	220
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	7.50 m²	300
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	16.25 m²	650
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	8.50 m²	340
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	7.25 m²	290
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.25 m²	90
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	3.25 m²	130
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	1.25 m²	50
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	9.33 m²	380
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	4.93 m²	190
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	1.50 m²	60
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	5.50 m²	220
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.25 m²	90
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	6.25 m²	250
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.08 m²	90

Fonte: Os Autores

O fator momento de incidência do custo é uma informação que depende de como será a sequência na produção. Para inserir este tipo de informação no modelo, é necessário construir o modelo 4D. No presente estudo, a alternativa encontrada foi criar um parâmetro para inserir, manualmente, esta informação.

4.3 Produtividade

O orçamento operacional leva em consideração fatores que afetam a produtividade. No presente estudo, as atividades são desmembradas quando algum fator afeta a produtividade da mão de obra.

Devido a este procedimento, há preços diferentes para as atividades, o que afeta o custo da obra. O Quadro 3 apresenta esses fatores.

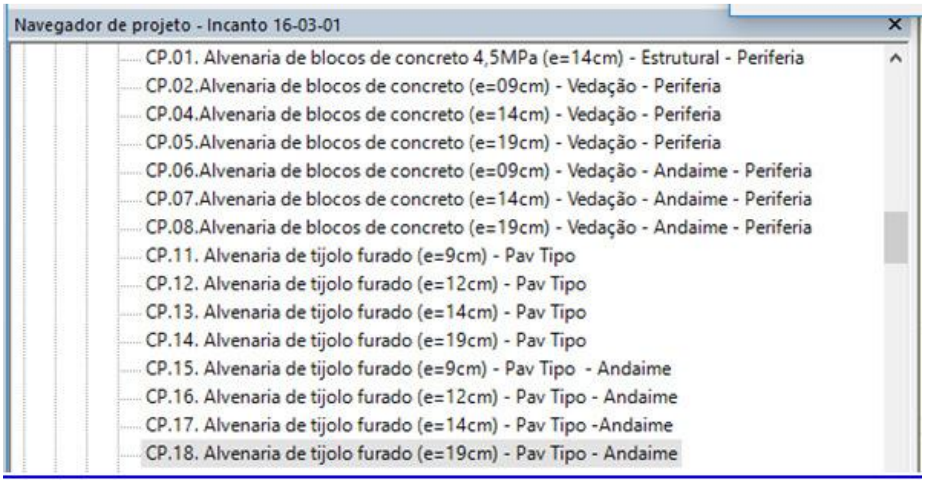
Quadro 3 – Fatores que afetam a produtividade

FATOR	EXEMPLO
Método construtivo	As alvenarias de bloco de concreto e de bloco cerâmico possuem operações distintas que afetam a produtividade.
Propriedade física do material	Para cada tamanho de bloco é atribuído um preço diferente da mão de obra, sendo mais cara a mão de obra para assentamento do bloco mais pesado.
Local	As plantas dos pavimentos são idênticas, proporcionando agilidade no trabalho da equipe.
Uso do equipamento	Há necessidade de utilizar andaime em paredes com altura superior a 2,80 m, diminuindo a produtividade.

Fonte: Os Autores

Um procedimento para diferenciar esses fatores é a criação de atividades, de forma que cada uma represente um dos fatores que influenciam na produtividade. Por exemplo, na Figura 8 é possível observar que a atividade de elevação de alvenaria possui uma lista com 15 atividades, representando cada fator.

Figura 8 – Tipos de elevações de alvenaria diferenciadas por atividades.



Fonte: Os Autores

4.4 Aquisição de materiais e critérios de medição de mão de obra

Em alguns casos, os materiais e a mão de obra de uma mesma atividade possuem critérios diferentes de levantamento. Nesses casos, é necessário separar o levantamento de ambos. Por exemplo, o critério de pagamento de mão de obra da atividade elevação de alvenaria desconta da área total, somente vãos acima de 2 m^2. Contudo, para comprar os materiais é necessário encontrar a

área total da alvenaria, descontando todos os vãos, independente de seu tamanho.

Quando um serviço possui duas operações com unidades de medida diferentes, as atividades também devem ser consideradas separadamente. É o caso da mão de obra de execução da alvenaria que é medida em metros quadrados, ao passo que da marcação de alvenaria é em metros.

Os custos de materiais e de mão de obra das atividades também devem ser separados, uma vez que os materiais são comprados antes do início da atividade o que influencia no desembolso financeiro, impactando na gestão de custos. Contudo, segundo Kern (2005), esta separação pode ser feita com ajuda de TI.

No presente estudo foram encontradas dificuldades e restrições para os casos em que há diferença entre levantamento de mão de obra e de material. Como a atividade é representada por um único objeto e não é possível extrair dois quantitativos de um único objeto, uma solução é inserir fórmulas na tabela de quantitativos. Assim, para adequar os critérios de medição de alguns serviços, foram utilizados dados de tabelas de quantitativos de diferentes categorias de objetos. Por exemplo, para o caso da atividade marcação de alvenaria, em que a largura das portas é descontada[2], é preciso saber o comprimento da parede, informação esta que só aparece na tabela de quantitativo da categoria de objetos parede. Também é preciso saber a largura da porta, informação que está em outra tabela de quantitativo da categoria de objetos portas.

Uma solução para esta dificuldade é mapear os critérios de medição de mão de obra de todas as atividades com o objetivo de: (a) identificar quais dados são necessários para calcular os quantitativos e (b) identificar em qual categoria de objetos os dados aparecem na tabela de quantitativo (Quadros 4, 5 e 6).

Quadro 4 – Mapeamento de dados para cálculo das quantidades de Marcação de alvenaria.

DADO NECESSÁRIO	CATEGORIA DE OBJETO	CRITÉRIO
Perímetro da alvenaria	Parede	Comprimento da alvenaria descontado a largura da porta.
Largura da porta	Porta	

Fonte: Os Autores

[2] Procedimento adotado para adequar o critério de pagamento de mão de obra e levantamento de material, os quais descontam todos os vãos.

Quadro 5 – Mapeamento de dados para cálculo das quantidades de elevação de alvenaria.

DADO NECESSÁRIO	CATEGORIA DE OBJETO	CRITÉRIO
Área da alvenaria	Parede	Área da parede descontando todos os vãos
Área da porta	Porta	
Área da janela	Janela	

Fonte: Os Autores

Quadro 6 – Mapeamento de dados para cálculo das quantidades de fixação de alvenaria.

DADO NECESSÁRIO	CATEGORIA DE OBJETO	CRITÉRIO
Perímetro da alvenaria	Parede	Comprimento da alvenaria

Fonte: Os Autores

Conforme mostra o Quadro 4, o quantitativo da atividade elevação de alvenaria foi obtido diretamente na tabela de quantitativo da categoria parede. Isto se deve ao fato de que a construtora pratica o mesmo critério utilizado pelo *software* no cálculo das quantidades do objeto parede.

5 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS

Os softwares BIM estão preparados para extração automática de quantitativos, contudo requer muito trabalho manual para obtê-los, segundo os critérios utilizados na obra (ARAM; EASTMAN; SACKS, 2014).

O REVIT® só exporta quantitativos referentes às informações relacionadas aos elementos 3D do modelo. Assim, só é possível extrair as informações da elevação de alvenaria, pois esta contém um objeto 3D que a representa. As demais informações do orçamento podem ser calculadas, a partir da criação de parâmetros tipo texto e customizações da tabela de quantitativo com uso de fórmulas.

Por exemplo, na Figura 9, é possível visualizar a coluna 'B' que contém os nomes dados aos objetos 3D, que no presente estudo, significam cada atividade. Os parâmetros criados durante a modelagem são listados nas colunas A, D, E, G, I, J e K.

Figura 9 - Exemplo de Tabela de quantitativo contendo as atividades

<Tabela de parede 2>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
@ atividade	Tipo	Área	Setor	Fixação Alvnaria	D	Compriment	Comentários	Esquadria	Esquadria 02	Esquadria 03	Esquad	Largura
	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	0,858				0,715						0,120
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	5,343	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expandor		2,01						0,120
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	1,712	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expandor		0,685						0,120
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	2,779	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expandor		1,413		P1				0,120
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	1,740	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expandor		0,635						0,120
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	2,274	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expandor		0,95						0,120
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	4,918	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expandor		1,785						0,120
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	4,685	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expandor		1,84						0,120
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	0,262	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expansor		1,075		P3				0,120
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	0,954	Apt Tipo - canto dir inferi			0,855						0,120
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	6,281	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expansor		2,255						0,095
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	5,027	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expansor		3,11		P2	P2			0,095
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	2,198	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expansor		1,405		P1				0,095
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	6,712	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expansor		2,567						0,095
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	8,898	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expansor		3,365						0,095
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	6,343	Apt Tipo - canto dir super			2,258						0,095
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	5,000	Apt Tipo - canto dir super			3,1		P2	P2			0,095
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	2,253	Apt Tipo - canto dir super			1,425		P2				0,095
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	6,741	Apt Tipo - canto dir super			2,578						0,095

Fonte: Os Autores

Conforme mostra a Figura 9, para o cálculo da atividade 'fixação de alvenaria', é necessário inserir no campo do parâmetro fixação (coluna E) o tipo de material que será utilizado. Adotou-se este procedimento porque a construtora emprega dois tipos de métodos construtivos: (a) fixação com argamassa contendo expansor ou (b) poliuretano expandido. Assim, é preciso somar os perímetros das paredes conforme o tipo de fixação. Utilizou-se, portanto, o parâmetro 'Fixação de Alvenaria' como critério de soma, não sendo necessário modelar um objeto para essa atividade.

Para calcular as quantidades de vergas e contravergas, podem ser utilizadas as tabelas de portas e janelas, observando-se as suas respectivas larguras e respeitando o avanço para os lados, de acordo com os padrões da construtora.

No caso da fixação de alvenaria, para extrair as quantidades, calcula-se o perímetro da alvenaria, uma vez que para esta atividade é preciso descontar os vãos das portas e não há elemento 3D que a represente. Embora a tabela de quantitativo da alvenaria apresente a área da alvenaria (já descontada a área da porta), não é possível identificar quais são as portas que estão instanciadas na parede. Daí a necessidade de criar parâmetros tipo texto para inserir, de forma manual, o nome das esquadrias que estão inseridas em cada uma das paredes.

A Figura 9 apresenta os parâmetros que são utilizados para calcular o perímetro da parede (colunas J e K). A identificação das portas que estão inseridas na parede facilita sua busca na tabela de portas. Ao utilizar-se uma fórmula ('procV' do Excel), a largura da porta é inserida na tabela de paredes e, posteriormente, descontada do perímetro total.

6 CONCLUSÃO

Por meio de BIM, observou-se que é possível inserir e extrair do modelo, informações do orçamento operacional, relacionadas aos seguintes fatores: decomposição de serviços; produtividade; aquisição de materiais e critérios de medição da obra. Para as informações do momento da ocorrência dos custos, faz-se necessário construir o modelo 4D.

Entretanto, a falta de mecanismos, nos *softwares,* para a inserção e representação de informações de caráter operacional, exigiu adaptações no modelo, que em sua maioria, ocorreram mediante inserção de dados de forma manual. Consequentemente, o orçamento operacional com uso de BIM ficou vulnerável a imprecisões.

Foi necessário criar parâmetros do tipo texto e customizar a tabela de quantitativos. Esta estratégia implica na inserção manual de dados, podendo ocasionar erros, além de, não permitir a visualização automática de todas as atividades.

Existe a possibilidade de automatizar a modelagem por meio da customização do software criando novas famílias de objetos com regras específicas. Contudo, este procedimento demanda conhecimento avançado de modelagem.

Assim, a necessidade de adaptações na modelagem, evidenciou a carência de padronização e de sistema de classificação apropriados para a elaboração do orçamento operacional com BIM. Portanto, os processos e descrições concernentes ao orçamento operacional, não estão disponíveis para BIM e devem ser desenvolvidos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. C.; SOUZA, U. E. L. Críticas ao processo orçamentário tradicional e recomendações para confecção de um orçamento integrado ao processo de produção de um empreendimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos. 2003.

ARAUJO L. O. C.; SOUZA U. E. L. Produtividade da mão de obra na execução da alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP.** BT/PCC/269. São Paulo, EPUSP, 2001.

ARAM, S.; EASTMAN, C.; SACKS R. A Knowledge-Based Framework for Quantity Takeoff and Cost Estimation in the AEC Industry Using BIM. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING (ISARC), 31, 2014, Sydnei. **Proceedings… Sydney**, 2014.

BAZANELLI, A. C. D. R. **Uma nova abordagem do orçamento na construção civil frente a filosofia gerencial do pensamento enxuto**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

CABRAL, E. C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1988.

EASTMAN, C. et al. **BIM handbook:** a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. 626p.

GARCIA, L. E. M., **Avaliação de orçamentos em Obras Públicas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2011.

FIRAT, C. E. et al. Quantity take-off in model based systems. In CIB W78, 27, Cairo. **Proceedings...** Cairo, 2010.

JIANG, X. **Developments in cost estimating and scheduling in bim technology.** Tese de Doutorado**.** Northeastern University. Evanston, 2011.

KERN, A. P., **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.

LEE, S.; KIM, k.; YU, J. BIM and Ontology-based approach for building cost estimation. **Journal of Information Technology in Construction (iTcon).** v. 41, p. 96-105. 2014.

MA, Z.; LIU, Z. Bim-based intelligent acquisition of construction information for cost estimating of building projects. **Procedia Engineering.** v. 85. p 358-367. 2014.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM): processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos da construção civil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

SAN MARTIN, A. P. **Método de Avaliação de Tecnologias de Edificação para a Habitação de Interesse Social sob o Ponto de Vista da Gestão dos Processos de Produção**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

SHEN Z.; ISSA R. R. A. Quantitative Evaluation of the BIM-Assisted Construction Detailed Cost Estimates - **Journal of Information Technology in Construction (iTcon)** v. 15, p. 234-257. 2010.

SILVA, J. C. B; AMORIM, S. R. L. A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM. In TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, 5, Salvador, 2011. **Anais...** Salvador, 2011.

STAUB-FRENCH et al. A feature ontology to support construction cost estimating**. AI EDAM: Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v. 17, n. 02, p. 133-154, 2003.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

APRIMORAMENTO DA GESTÃO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA POR MEIO DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE: ESTUDO DE CASO NA EXECUÇÃO DE UM VIADUTO[1]

FERNANDEZ, Maria Luiza Soares (1); MARCHIORI, Fernanda Fernandes (2); SANTOS, Rúbia Bernadete Pereira dos (3); JUNGLES, Antônio Edésio (4)

(1) UFSC, e-mail: mlsfernandez9@gmail.com (2) UFSC, e-mail: fernanda.marchiori@ufsc.br (3) UFSC, e-mail: rubiabpds@gmail.com, (4) UFSC, e-mail: ajungles@ceped-ufsc.br

RESUMO

Apesar de o Governo Federal ter realizado investimentos em obras de infraestruturarecentemente, poucos estudos acadêmicos foram gerados analisando a produtividade envolvida na execução destas obras. O presente artigo tem por objetivo discutir o aprimoramento da gestão de obras de infraestrutura (viaduto) por meio de indicadores de produtividade levantados diariamente. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em um viaduto executado na região norte da Ilha de Santa Catarina, onde foi avaliada a produtividade da mão de obra nos serviços de produção de escamas utilizadas na contenção com Terra Armada ®, compactação de aterro e concretagem das lajes, vigas e transversinas. Foram coletados dados para definição da razão unitária de produção e analisados os fatores influenciadores. Os indicadores de RUP obtidos variaram de 1,92 a 9,41 Hh/m³ para produção de escamas usadas na contenção, 0,09 a 0,73 Hh/m³ compactação de terra armada e 0,33 a 1,34 Hh/m³ na concretagem do viaduto. Identificou-se que a má gestão é o principal fator que influencia negativamente a produtividade. Este estudo amplia a discussão da importância da gestão da execução das construções de infraestrutura, onde são empregadas elevadas somas de recursos públicos e a sua otimização poderá reverter em benefícios para a sociedade.

Palavras-chave: Produtividade. Fatores influenciadores. Viaduto.

ABSTRACT

Although the Federal Government have made investments in infrastructure in recent years, few academic studies were generated from analyzing productivity involved in the execution of these works. This article aims to discuss the improvement of infrastructure construction management through productivity indicators raised day to day. Therefore a case study was conducted on an overpass implemented the northern area of Santa Catarina Island, where the productivity of labor in production services de scales used in containment with Reinforced Earth ®, landfill compacting and concrete pouring of slabs, beams and crossbeams. Data was collected from for the definition of the unit rate of production (RUP) and analyzed the influencing factors. RUP indicators obtained ranging from 1.92 to 9.41 Hh/m³ for production scales, from 0.09 to 0.73 Hh m³ reinforced earth compaction and 0,33 to 1,34 Hh/m³ concrete pouring. It was identified that poor management is the main factor that

[1] FERNANDEZ, Maria Luiza Soares *et al*. Aprimoramento da gestão de obras de infraestrutura por meio de indicadores de produtividade: estudo de caso na execução de um viaduto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

negatively influences productivity. This study extends the discussion of the importance of management of the implementation of infrastructure buildings, where large sums of public resources are invested and its optimization can be reverse in benefits to society.

***Keywords**: Productivity. Influencers factors. Viaduct.*

1 INTRODUÇÃO

Os viadutos em rodovias federais, estaduais e municipais no Brasil, obras classificadas na categoria das Obras de Arte Especiais, compõem um acervo público de valor inestimável, pela importância que representam para o desenvolvimento econômico e social da Nação.

Segundo o Sistema Nacional de Viação (SNV, 2014) aproximadamente 80% das estradas brasileiras não contam com pavimentação, estradas estas que são responsáveis por escoar 58% do volume nacional de cargas, este problema transcende a questão da pavimentação e acaba gerando reflexos na própria economia.

Com um mercado cada vez mais competitivo é essencial que as empresas aperfeiçoem seus métodos e sistemas de produção como forma de se sobressair perante a grande concorrência. Acrescido ao fato, de que a maioria das obras de infraestrutura são executadas com recursos do Governo Federal e efetivadas a partir de licitações.

Diante deste contexto, as empresas têm se conscientizado que a melhoria de produtividade reflete em crescimento econômico. Afinal, uma maior produtividade reflete em um melhor aproveitamento de recursos na produção de bens ou serviços necessários para a execução de um empreendimento.

Segundo Maggi, Santos e Barbosa (2008), a partir do momento que se tem informações sobre produtividade pode-se fazer uma previsão do consumo de mão de obra, previsão de duração de serviço, avaliação e comparação de resultados e também permite o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos métodos construtivos.

Conforme Souza (2006), a mensuração da produtividade da mão-de-obra é uma tarefa de extrema relevância, servindo de base para todas as discussões sobre a melhoria da construção. O autor também afirma que tais indicadores possam suprir um problema bastante significativo nos atuais sistemas de certificação de empresas, qual seja a falta de avaliação do desempenho das mesmas.

Muitos trabalhos foram feitos em nível nacional para avaliar a produtividade em edificações nos mais diversos serviços, contudo, poucos estudos têm sido publicados sobre a avaliação de produtividade em obras de infraestrutura. Portanto, faz-se necessário estudar os serviços ligados à infraestrutura a fim de subsidiar melhores orçamentos e programações para essas obras.

Pela falta de dados referentes à produtividade em obras de infraestrutura e pela importância dessa informação para as obras futuras, justifica-se a relevância desse artigo que tem por objetivo o aprimorar a gestão de obras

de infraestrutura por meio do estudo dos indicadores de produtividade levantados diariamente e os fatores influenciadores.

2 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

Segundo Souza (2006), define-se produtividade como a eficiência na transformação de entradas e saídas que atinjam os objetivos previstos para processo de produção. Para o entendimento de produtividade, é essencial identificar os fatores que a influenciam, pois eles intervêm nos resultados obtidos nos indicadores.

O estudo da produtividade oferece condições para melhorar a execução dos serviços, seja induzindo a racionalização da mão de obra, dos equipamentos e materiais como na organização do canteiro e na estrutura organizacional adotada, além de influenciar nos custos e prazos de uma obra, fatores determinantes na competitividade de uma empresa (PÓVOAS, SOUZA E JOHN, 1999 apud TIAGO STUM et al, 2001).

Conforme menciona Souza (1996), há diversos outros motivos que justificam a escolha de produtividade da mão de obra como objeto de estudo. Um dos de maior relevância é o fato de que a mão de obra é o recurso onde as maiores perdas são verificadas, é responsável por ditar o ritmo de um grande número de atividades na construção civil e por ser o recurso de mais difícil controle.

A produtividade da mão-de-obra é um assunto de extrema relevância, além de sua importância na composição de custo da obra, como também pelos aspectos sociais que acarretam, assim afirma Fachini (2005). Portanto, o conhecimento da produtividade é importante para um dimensionamento real da equipe, levando a um planejamento condizente coma realidade e um orçamento mais apurado.

2.1 Fatores que Interferem na Produtividade

De acordo com Leite (2002) *apud* Faletti e Ghisleni (2012), nas décadas de 1960 e 1970 diversos autores organizaram conjunto de fatores que acreditavam afetar os índices de produtividade, os quais estão descritos no Quadro 01.

Quadro 01 - Fatores que afetam os níveis de produtividade.

Fatores Gerenciais	Fatores de Trabalho ou Ambiente	Fatores de Projeto	Fatores relacionados aos recursos
Métodos construtivos	Temperatura, umidade e eventos climáticos.	Tipos, números e relações de dependência entre as operações.	Falta de materiais
Turnover de decisões	Absenteísmo	Quantidade e habilidades requeridas de força de trabalho	Treinamento de equipe
Tomada de decisões	Organização do canteiro	Construbilidade	Desperdício

	Formas de pagamento.	Efeito aprendizagem	
	Motivação e valorização do trabalho		

Fonte: Leite(2002) *apud* Falleti e Ghisleni (2012)

Tais autores indicam que osfatores devem ser analisados de forma sistêmica, a fim de auxiliarem uma maior compreensão sobre como os fatores influenciam nos índices de produtividade.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O estudo de caso foi o método de pesquisa escolhido para que o objetivo do presente trabalho pudesse ser alcançado. O mesmo se deu em um viaduto executado na região norte da Ilha de Santa Catarina, no entroncamento entre as praias de Canasvieiras e acesso à Cachoeira do Bom Jesus. A escolha desta obra se deu em função da permissão, por parte da empresa construtora, ao acesso das informações da obra, necessárias ao estudo de produtividade, como projetos, programação e a permissão de acesso ao canteiro para o acompanhamento durante a sua execução. A empresa encarregada na construção atua em todo o território nacional, com foco na indústria de construção civil pesada, sendo responsável pela execução de obras e terraplenagem em empreendimentos de geração de energia solar, eólica e obras de artes especiais.

Para a realização das obras de construção do viaduto, houve um investimento de 12,2 milhões de reais. O edital para construção do viaduto foi lançado pelo Governo Federal no final de 2013 com previsão de conclusão para dezembro de 2014, porém foi necessário fazer uma nova licitação, pois a empresa vencedora foi desclassificada. Assim, o novo prazo havia ficado para fevereiro de 2015, entretanto, sofreu diversos atrasos e a liberação para veículos ocorreu apenas em outubro de 2015. Com a desclassificação da vencedora anterior, a nova vencedora da licitação foi uma empresa com sede no oeste de Santa Catarina.

Figura 1 - Viaduto concluído



A pesquisa teve início em março de 2015, com a revisão bibliográfica sobre execução de viadutos e produtividade, com o intuito de entender: os processos construtivos realizados neste tipo de obra, os conceitos de produtividade e os fatores que a influenciam, respectivamente.

A seguir, iniciou-se o acompanhamento diário para o entendimento da execução dos serviços in loco. Com a observação dos serviços, foram identificados aqueles que tinham uma maior relevância e deveriam ser analisados. Foram então escolhidos os serviços de: concretagem do viaduto, compactação da terra armada e concretagem na produção de escamas para sua contenção.

O método que norteou o levantamento dos indicadores de produtividade foi o proposto por Souza (2006), onde a produtividade é dada pelo indicador chamado RUP (Razão Unitária de Produção) que leva em conta os recursos utilizados (Homens-hora) em função das quantidades de serviço produzidas. Tais indicadores foram levantados diariamente, durante 6 dias para concretagem de longarinas, lajes e transversinas, 11 dias para concretagem das escamas e 11 dias para compactação da terra armada, tendo-se assim, o indicador chamado $RUP_{diária}$. Quanto aos fatores influenciadores, estes também foram levantados diariamente, de forma qualitativa, de acordo com o que está exposto neste artigo.

Procedeu-se então, a elaboração das planilhas para coleta de dados. Onde foi necessário decidir como os serviços seriam quantificados. Na literatura foram encontradas publicações sobre concretagem, o que auxiliou na escolha dos parâmetros para este serviço.

Contudo, não existiam parâmetros de análise do serviço de terra armada, tanto na de forma quantitativa com indicadores de produtividade como na análise de fatores influenciadores para tal serviço. Com a observação e a reelaboração das planilhas, procedeu-se à coleta de dados.

Após a coleta dos dados, estes foram compilados por meio do software Microsoft Excel. Para a análise dos dados foram utilizadas as observações feitas *in loco* e a comparação entre os resultados.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Produtividade na Concretagem de Escamas

O primeiro serviço analisado foi a concretagem das escamas, as quais seriam usadas posteriormente no maciço da terra armada, conforme a ilustração na Figura 01.

Figura 01– Operários concretando as escamas no canteiro



Fonte: Os autores

A equipe de concretagem das escamas pré-moldadas in loco era formada por 6 operários, sendo 1 para o transporte do mangote, 3 para adensamento e 2 para sarrafeamento. As formas eram alugadas e tinham sua disponibilização em quantidade limitada, em virtude do espaço no canteiro.

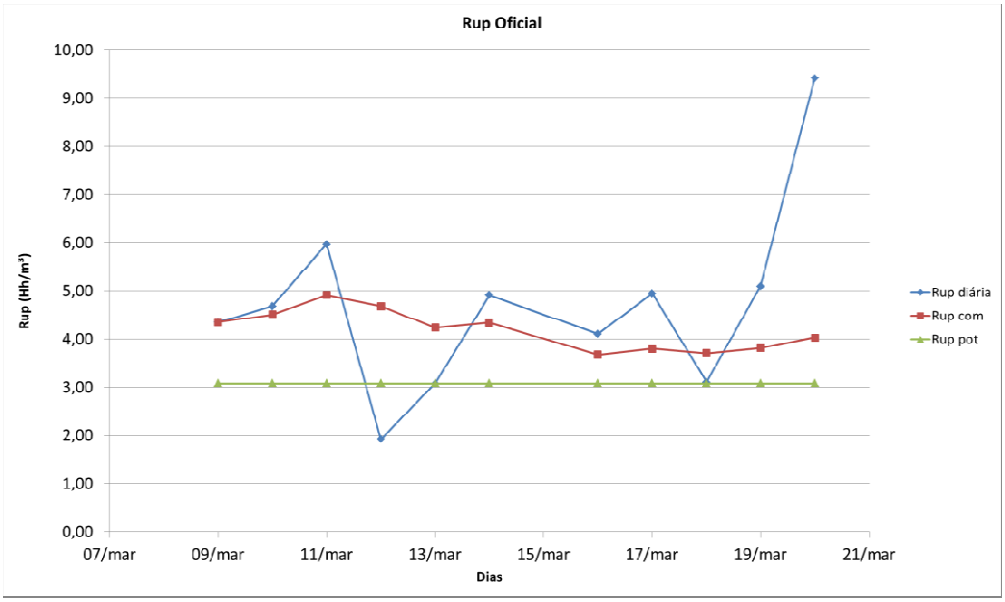
A quantificação da produção foi realizada pelo volume de concreto utilizado em cada dia do estudo. A coleta dos dados era realizada pela contagem da quantidade de escamas produzidas e multiplicada pelo volume geométrico da escama; os operários envolvidos no serviço eram definidos pela quantidade de horas trabalhadas diariamente naquele serviço.

A principal dificuldade envolvendo a concretagem das escamas foi com a comunicação e gerenciamento da produção, o qual não era efetivo. O engenheiro aguardava o caminhão ser descarregado para solicitar o próximo caminhão para a concreteira, assim, a obra entrava para um lista de espera.

Esses fatores, aliados a condição meteorológica, contribuíram para diversos atrasos e refletiam também em funcionários parados a espera dos caminhões para poder fazer a concretagem nos moldes utilizados para escamas.

A RUP diária variou de 1,92 até 9,41 Hh/m³, conforme se verifica na Figura 02. Os principais fatores influenciadores na produção de placas foram definidos como as condições meteorológicas e os atrasos no recebimento do concreto.

Figura 02 – Gráfico dos índices de produtividade de concretagem das placas.



Fonte: Os autores

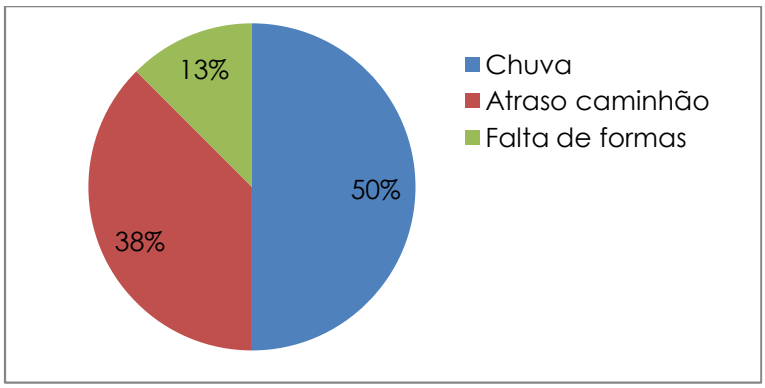
As piores RUPs estão no dia 20/03, 19/03,17/03, 14/03, 11/03, 10/03 e 09/03; sendo que a RUP do dia 20/03 apresentou o pior valor. Isso ocorreu em virtude de que faltavam poucas peças e os funcionários foram alocados para realizar essa função o dia inteiro, assim eles finalizaram o serviço e permaneceram ociosos. Nos dias 11, 14 e 19/03, o caminhão betoneira atrasou. Nos outros dias, o fator de maior influência foi a chuva.

Assim, os dias em que não houve chuva e em que o caminhão da concreteira não atrasou os indicadores resultaram bons. A melhor RUP, por exemplo, foi no valor de 1,92 m³/Hh obtida em um dia de sol e sem desencontros com o caminhão betoneira.

Outro fator que acabou resultando em um problema em cadeia é que a concreteira, no início do período observado, produzia o concreto sem aditivo de cura rápida. Como as formas eram alugadas e não havia mais espaço, as concretagens acabavam sendo prejudicadas, pois muitas escamas ainda não estavam prontas para serem desmoldadas. Foi necessária uma reunião entre concreteira e representantes da empresa para resolver esta questão relativa ao tempo de pega do concreto.

Em termos de frequência, é perceptível a prevalência do atraso do caminhão betoneira e da chuva como fatores influenciadores para a concretagem das escamas, como pode ser observado na Figura 03.

Figura 03- Gráfico com a frequência dos fatores influenciadores.



Fonte: Os autores

4.2 Produtividade na Concretagem das Lajes, Transversinas e Longarinas

A concretagem das lajes, longarinas e transversinas foi iniciada em junho e foi dividida em 2 vãos e em cada vão haveria 3 etapas. (uma para laje inferior, outra para longarinas e transversinas e por último para laje superior). Para cada vão, a ordem da concretagem foi: laje inferior, longarinas-transversinas e por último laje superior. Tais partes estão apresentadas na Figura 04 e 05.

Figura 04– Concretagem das transversinas e longarinas com duas frentes



Fonte: Os autores

Figura 05– Concretagem da laje superior com apenas uma frente

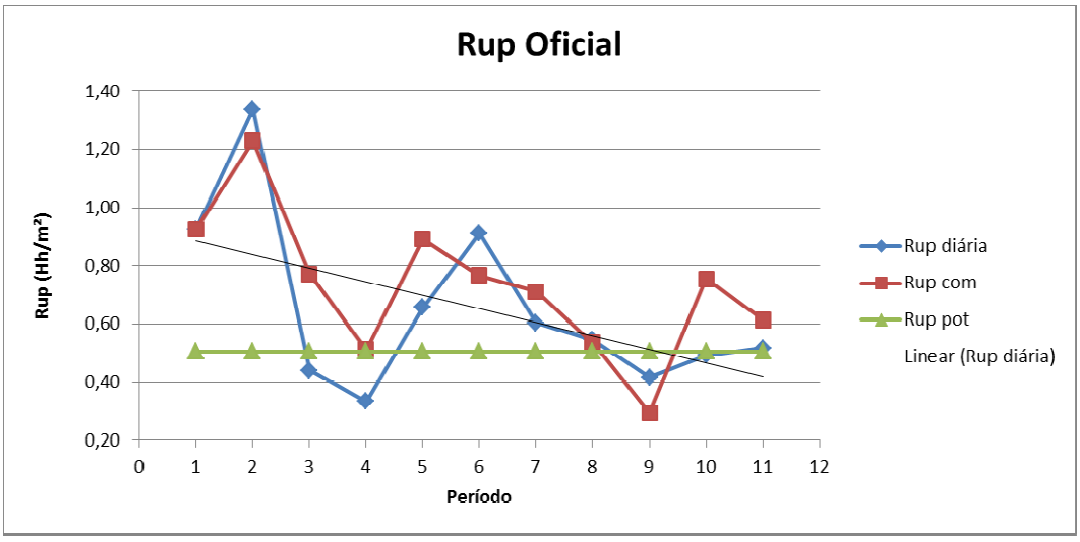


Fonte: Os autores

A coleta dos dados da concretagem das lajes, transversinas e longarinas, foi realizada pelo controle da quantidade de concreto que chegava na obra, sendo considerado um volume de oito metros cúbicos (8 m³) por caminhão. A quantidade de funcionários envolvida nesses serviços oscilou bastante ao longo do dia, em virtude disso, adotou-se a média do número de funcionários para cada concretagem.

As horas foram consideradas como aquelas em que aconteceu a concretagem, considerando-se o tempo em que os operários estavam disponíveis para o trabalho, sem descontar as paradas por atraso de caminhão-betoneira ou problemas na bomba, deste modo, o indicador de produtividade se tornou mais fiel, sendo estes dados apresentados na Figura 06.

Figura 06 – Gráfico dos índices de produtividade de concretagem de lajes, longarinas e transversinas.



Fonte: Os autores

A RUP variou de 0,33 até 1,34 Hh/m³. Essa diferença é explicada por problemas de gerenciamento da obra, tais como: o primeiro dia de concretagem não foi comunicado aos funcionários, assim, quando o primeiro caminhão chegou na obra havia apenas seis (6) funcionários; outro aspecto foi a falta de experiências dos operários neste tipo de obra.

Diante deste contexto, foi nítida a desorganização durante a execução, onde o operário responsável pelo sarrafeamento disputava espaço com o responsável pelo adensamento e o operário que segurava o mangote esbarrava nos outros profissionais.

A relação entre os fatores influenciadores nos indicadores de produtividade, o entendimento dos pesquisadores e as RUPs estão relatados no Quadro 02.

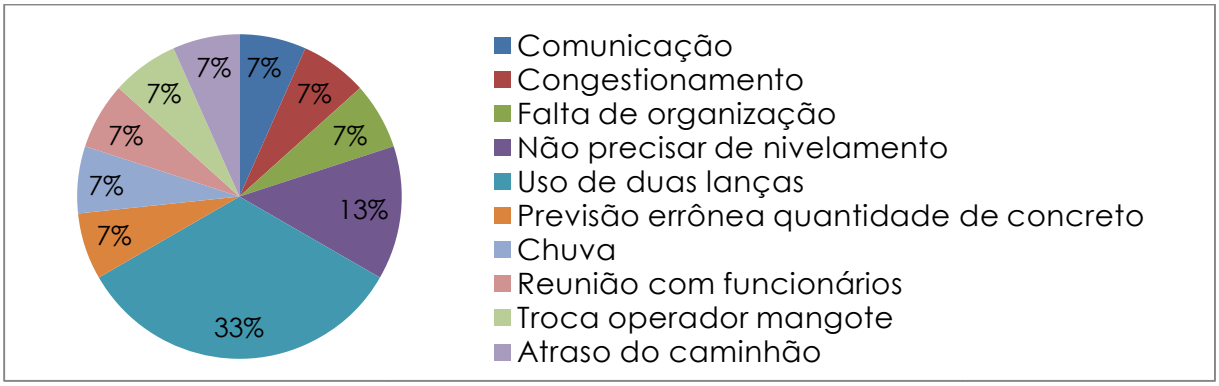
Quadro 02 - Fatores que afetaram a produtividade das lajes, longarinas e transversinas.

Peça Concretada	Data	RUP		Fator influenciador	Entendimento
		Manhã	Tarde		
Laje Inferior – 1° Vão	10/06	0,92	1,34	Poucos operários na obra	Falta de comunicação sobre a concretagem
				Congestionamento do local de trabalho	Atrapalhava o andamento do serviço
				Falta de organização da equipe	Atrapalhava o andamento do serviço
Transversinas e Longarinas – 1° Vão	22/06	0,44	0,33	Sarrafeamento desnecessário	Por não precisarem de operários passando a régua metálica, acaba acelerando o processo.
				Uso de 2 lanças	Duas frentes de concretagem diminuíram o tempo necessário para completar o serviço.
				Previsão errônea da quantidade de concreto necessária.	Mal dimensionamento da quantidade de concreto necessária teve como consequência a necessidade de fazer novo pedido pra concreteira que demorou para trazer.
Laje Superior – 1°Vão	13/07	0,66	0,91	Uso de duas lanças	O uso de duas lanças acelerava o andamento do serviço
				Chuva	Dispersão dos funcionários devido à chuva e posterior parada na concretagem.
				Reunião com os funcionários	Reunião prévia com funcionários para maior esclarecimento sobre horário e função de cada um, melhorando a organização na concretagem.
Laje Inferior – 2° Vão	25/07	0,6		Uso de duas lanças	O uso de duas lanças acelerava o andamento do serviço
Transversinas e Longarinas – 2° Vão	03/08	0,55	0,42	Troca de operador do mangote	Inexperiência do operador do mangote levou a uma grande vazão de concreto, saindo do controle dos operários que seguravam o mangote, prejudicando o andamento do serviço
				Atraso de caminhão betoneira	Operários ficavam parados.
				Uso de duas lanças	O uso de duas lanças acelerava o andamento do serviço
Laje Superior – 2° Vão	12/08	0,49	0,52	Uso de duas lanças	O uso de duas lanças acelerava o andamento do serviço

Fonte: Os autores

Em termos de frequência, é perceptível que o uso das duas lanças é o fator influenciador mais relevante para a concretagem das lajes, longarinas e transversinas.

Figura 07 - Frequência dos fatores influenciadores

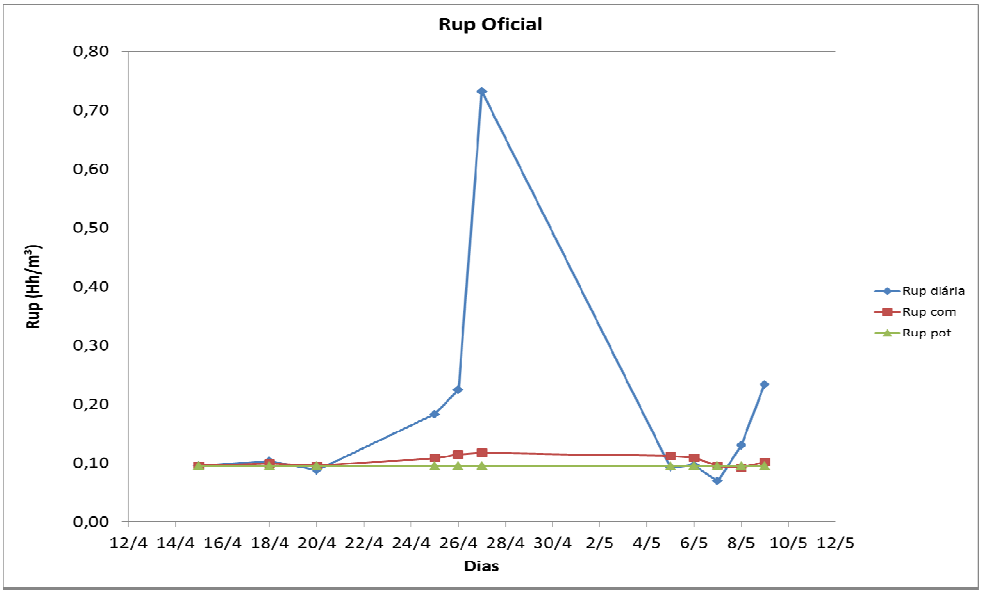


Fonte: Os autores

4.3 Produtividade no serviço de Compactação da Terra Armada

A compactação na Terra Armada foi realizada pelo operador do rolo compactador, que realizava a compactação do material na parte; pelo operador da placa vibratória, realizando o espalhamento na parte lateral do rolamento; e pelo operador da escavadeira que também dirigia o caminhão basculante, totalizando três funcionários.

Figura 08 – Gráfico dos índices de produtividade de compactação na terra armada



Fonte: Os autores

O volume compactado foi medido por camadas (a espessura de cada camada; a largura e o comprimento do rolamento era obtido pelo projeto). Assim, o controle era feito pela quantidade de camadas e convertido em volume de solo compactado. A escolha pelo controle diretamente pelas camadas compactadas fez com que o empolamento não fosse considerado.

A RUP diária variou de 0,07 até 0,73 Hh/m³. Em uma primeira observação a oscilação parece excessiva, contudo, ao se comparar a compactação de diferentes vãos, verifica-se semelhança nos dados. Percebe-se que as primeiras camadas executadas possuem melhores produtividades, em torno de 0,10 Hh/m³, como os dados obtidos em 15/04 e 18/04 para o vão de cabeceira e 0,09 Hh/m³ para os dias 05/05 e 06/05 no vão central.

Nas cotas mais baixas, o rolo compactador precisa percorrer uma maior distância (deste modo, compactando um maior volume), o inverso ocorre quando as cotas vão subindo, gerando indicadores piores de produtividade. Outro aspecto a ser considerado é a mobilização do maquinário no final de cada cota, gerando indicadores mais desfavoráveis.

Outro ponto mencionado pelo responsável pelo rolo compactador é a necessidade de compactar duas vezes a última camada, ou seja, sendo necessário um maior tempo na mesma camada, de forma que o indicador de produtividade piore no topo. Assim, próximo ao topo do vão de cabeceira obteve-se uma produtividade de 0,23 Hh/m³, se assemelhando com o vão centro que teve uma produtividade de 0,24 Hh/m³.

No dia 25/04 teve como fator influenciador o atraso do funcionário da escavadeira, impedindo o prosseguimento das atividades e faz com que outros funcionários fiquem parados, o que prejudica a produtividade do serviço. Outra interferência foi a chuva torrencial, dos dias 22/04 e 23/04 que inviabilizaram as atividades previstas de compactação da terra armada.

A pior produtividade encontrada para ambos os vãos foi a compactação do topo do aterro. O volume de solo era menor fazendo com que houvesse várias mobilizações e deslocamentos do rolo compactador, escavadeira e caminhão basculante. Assim, resultou em uma produtividade de 0,73Hh/m³ para o vão de cabeceira e 0,45Hh/m³ para o vão central. O vão de centro teve um agravo na produtividade ao chover durante compactação.

A melhor produtividade encontrada foi no vão centro, de 0,07Hh/m³ e de 0,09 Hh/m³ no vão de cabeceira. Para essas produtividades, não houveram interferências climáticas, atrasos de funcionários, ou proximidade com o topo.

4.4 Sugestões para Melhoria de Produtividade

Após análise dos dados, foram analisados os indicadores de produtividade e apresentadas algumas sugestões de melhoria a ser implantada na execução para busca de melhor eficiência, as quais podem ser verificadas no quadro 03.

Quadro 03 – Sugestões de melhoria de produtividade

Sugestão	**Justificativa**
Planejamento Operacional	Um planejamento operacional aliado a reuniões prévias com os funcionários é importante para uma melhor organização.
Treinamento de Mão de Obra	Um operador que tem experiência na sua função tem a tendência de executar o mesmo serviço em menor tempo que um funcionário experiente. Dessa forma o treinamento de mão de obra reflete em otimização de tempo.
Melhor estimativa do consumo de concreto	Consumos errôneos de concreto resultaram em tempos ociosos dos funcionários pois havia a necessidade de esperar os caminhões e por tratar-se de pedidos feitos na hora a demora era mais prolongada.
Melhor dimensionamento de equipamentos no canteiro	O uso de duas lanças na concretagem foi um dos fatores que mais influenciou positivamente nos índices de produtividade. Porém, por questão de espaço no canteiro, em todas as concretagens em que duas lanças eram utilizadas em determinado momento era necessário dispensar uma por não haver mais espaço para ambas serem usadas simultaneamente.

Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

Os resultados mostram que o indicador de produtividade (RUP diária) está intimamente ligado com diversos fatores que foram observados no decorrer do levantamento, mostrando como é importante para um planejador conhecer os serviços e as interferências para definir um cronograma adequado.

Outro aspecto observado foi a interferência dos equipamentos na produtividade. Um melhor planejamento como o aluguel de equipamentos mais potentes ou em maior quantidade modifica o processo de execução das atividades, acelerando o processo, algo que ficou bem claro na concretagem das lajes, longarinas e transversinas, por exemplo.

Percebeu-se que a relação entre o gerente, os fornecedores e funcionários é essencial. De modo que, realizar reuniões semanais, indicando as funções e metas para os profissionais são determinantes para o bom andamento da obra, como foi verificado na concretagem das escamas. Com isso, minimiza-se a interferência sobre aa produtividade.

Assim, identificou-se que a má gestão destas obras é o principal fator que influencia negativamente a produtividade. Como diretrizes de aprimoramento, entendeu-se o planejamento operacional das atividades, o treinamento da mão de obra, a estimativa adequada do consumo dos materiais e o melhor dimensionamento da quantidade de equipamentos de produção.

REFERÊNCIAS

FACHINI, A.C. **Subsídios para a programação da execução de estruturas de concreto armado no nível operacional**. 2005. Dissertação(Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

FALETTI, M.; GHISLENI, R. H**. Diretrizes para melhoria da qualidade e produtividade no serviço de alvenaria de vedação.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

MAGGI, P. L. O.; SANTOS, A. M. R.; BARBOSA, J. A. B.; Medida de produtividade de mão de obra para alvenaria e aplicação em planejamento pelo método das linhas de balanço. **Revista da Vinci**, v. 5, 2008, Curitiba. p. 121-132.

PÓVOAS, Y. V.; SOUZA, E. L.; JOHN, V. M. Produtividade no assentamento de revestimentos cerâmicos**.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1.,1999, Recife. **Anais...** Pernambuco: UFPe, 1999. P. 481-89.

SOUZA, U. E. L. **Como Aumentar a Eficiência da Mão de Obra:** Manual de Gestão da Produtividade na Construção Civil. São Paulo: Pini, 2006.

SOUZA, U. E. L. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de fôrmas para a estrutura de concreto armado**. 1996. 280 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

SNV – Sistema Nacional de Viação. Disponível em: http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/snv-2014-1

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ABORDAGENS DE CUSTO E VALOR EM PROJETOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL[1]

MORAES, Aline Fróes de Souza (1); GRANJA, Ariovaldo (2)

(1) UNICAMP, e-mail: fsmoraes.aline@gmail.com; (2) UNICAMP, e-mail: adgranja@fec.unicamp.br

RESUMO

A demanda habitacional para a população de baixa e média renda é uma preocupação que implica na provisão de conjuntos de habitação de interesse social (HIS). A necessidade de atendimento dessa demanda é acompanhada por limitação de recursos, representando um importante desafio na entrega de um produto de qualidade e implicando em uma constante busca de redução de custos. O problema presente nesse cenário é o de que a produção habitacional brasileira tem sido muito criticada pela falta de qualidade dos empreendimentos, sendo que os problemas existentes são replicados nos novos produtos, negligenciando oportunidades de melhorias. O objetivo da pesquisa é levantar as abordagens relacionadas a custo em projetos de HIS, identificando os campos de conhecimentos nos quais os trabalhos existentes na literatura estão inseridos e as carências de estudos no tema. O estudo é focado no cenário brasileiro de empreendimentos de HIS, e o método de pesquisa adotado é a revisão sistemática da literatura (RSL). A RSL resultou em 33 trabalhos publicados relacionados ao assunto, que foram analisados e classificados em 8 diferentes campos de conhecimento. Essa análise permitiu identificar que "valor para cliente" e "necessidades de melhorias em HIS" são duas abordagens que necessitam de maior aprofundamento, a fim de propor método para entrega de produto de qualidade que atenda às necessidades dos usuários.

Palavras-chave: Habitação de interesse social. Realocação de custo. Valor desejado.

ABSTRACT

The housing demand for the low- and middle-income families is a concern that involves the provision of social housing. The necessity of meeting this demand is accompanied by the limited financial resources, which represents an important challenge in delivering a quality product and implies in a continuous search for cost reduction. The Brazilian housing production has been criticized for the for lack of quality of the designs, and the problems are replicated on new products, neglecting improvement opportunities. This paper aims to identify studies related to cost in social housing projects and point out the fields of knowledge on which the existing literature studies are inserted, and also the gaps of studies on this issue. The study is focused on the Brazilian context of social housing projects, and the research method adopted is the systematic literature review (SLR). The SLR resulted in 33 published papers related to the subject, which were analyzed and classified in 8 different fields of knowledge. This analysis indicates that "customer value" and "improvement needs in social housing" are two topics that need to be further studied, in order to propose a method to deliver quality product that meets the needs of users.

***Keywords**: Social housing. Cost reallocation. Desired value.*

[1] MORAES, A. F. S.; GRANJA, A. D. Abordagens de custo e valor em projetos de habitação de interesse social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A motivação inicial para a pesquisa que deu origem a este artigo foi a preocupação em como o custo é abordado em projetos de habitação de interesse social (HIS) e em como ele afeta a qualidade do produto final entregue ao usuário. Uma das necessidades básicas humanas é a habitação. Neste cenário, o Estado tem viabilizado ações para a provisão de conjuntos habitacionais a diferentes segmentos, como o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), lançado em 2009 pelo Governo Federal (SILVA; TOURINHO, 2015).

O desafio de atendimento à demanda habitacional envolve a compreensão das necessidades dos clientes e os aspectos técnicos da gestão dos requisitos dos diversos agentes envolvidos no processo de desenvolvimento desse tipo de produto (MIRON et al, 2003; GRANJA et al, 2011; FRANÇA, 2015). O problema presente nesse cenário é o de que a produção habitacional brasileira tem sido muito criticada pela falta de qualidade de empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS), sendo que os problemas existentes são replicados nos novos empreendimentos, de modo que muitas oportunidades de melhorias são negligenciadas (ORNSTEIN; CRUZ, 2000; MEDVEDOVSKI, 2002; LIMA et al., 2011).

O objetivo da pesquisa é levantar as abordagens relacionadas a custo em projetos de HIS, identificando os campos de conhecimentos nos quais os trabalhos existentes na literatura estão inseridos. Adicionalmente, são identificadas as carências de estudos relacionadas ao tema. O presente trabalho é focado no cenário brasileiro de empreendimentos de HIS, e o método de pesquisa adotado é a revisão sistemática da literatura (RSL).

O capítulo que segue é destinado ao método utilizado: a revisão sistemática da literatura, no qual são apresentadas as etapas que foram seguidas na execução da pesquisa. Em "Resultados" são apresentados os cenários das publicações existentes em dois focos: aspectos bibliométricos e análise específica das informações coletadas. Em "Proposição" é apresentada uma síntese da revisão que indica um método para suprir a lacuna encontrada. Por fim, a "Conclusão" indica os desenvolvimentos futuros do trabalho.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Uma revisão sistemática da literatura (RSL) é um estudo secundário utilizado para mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados primários relevantes acerca de uma questão ou tópico de pesquisa específico. As revisões sistemáticas proporcionam uma visão abrangente e robusta, permitindo que os pesquisadores mantenham-se atualizados do que tem sido estudado em suas áreas de interesse (MORANDI; CAMARGO, 2015).

A sistematização implica em um método que deve ser planejado para garantir que a revisão seja isenta de viés, rigorosa, auditável, replicável e

atualizável. Dessa maneira, uma estratégia de busca deve ser delineada para gerenciamento de uma elevada quantidade de informação, partindo da questão de revisão e da estrutura conceitual. Propõe-se cumprir algumas etapas, baseando-se em Kitchenham et al. (2009) e Morandi e Camargo (2015).

2.1 Termos de busca

A definição dos termos de busca consiste na escolha de palavras-chaves relacionadas ao tema de pesquisa que são usadas como dados de entrada nas fontes de busca. Devem ser levados em consideração termos variantes, sinônimos e ainda outro idioma, atentando-se à língua inglesa, idioma utilizado globalmente em trabalhos científicos.

A estrutura conceitual abrangente é a primeira fonte, tanto para a escolha dos termos de busca quanto para a seleção das fontes, etapa descrita a seguir. Considerando que o presente estudo tem como tema o custo de projetos de habitação de interesse social, os termos utilizados para a busca nas bases de dados são: "*social housing*", "*target cost*", "*cost*", "*cost-cutting*", "*cost reduction*". Esses termos são combinados em diferentes tentativas nas bases de dados para futura formulação de *strings* de busca.

2.2 Fontes de busca

Para que todos os resultados relevantes sejam localizados, contribuindo para minimizar o viés de pesquisa, a definição das fontes de busca é uma etapa essencial para a formulação de uma estratégia adequada. A escolha das bases deve ser feita segundo critérios de qualidade; de acordo com a área de estudo; e, pela indicação de profissionais e acadêmicos experientes no assunto.

As bases de dados eletrônicas de qualidade recomendadas pela comunidade científica podem ser acessadas por meio de convênios com as universidades, permitindo acesso a uma série de fontes, como periódicos científicos, teses, dissertações, materiais de conferência, etc. As bases de dados selecionadas para a pesquisa são:

- Compendex
- InfoHab
- ProQuest
- Scielo
- Science Direct
- Scopus/Elsevier
- Web of Science™

Embora abrangentes, as buscas em bases de dados eletrônicas devem ser complementadas, não devendo ser a única fonte de busca em uma revisão sistemática da literatura. A forma adicional de localização é chamada de técnica de "bola de neve", que consiste em apresentar a lista de fontes previamente elaborada a um especialista, solicitando que ele sugira novas

fontes e indique outros especialistas a ser consultados ou, ainda, a verificação de algum trabalho interessante referenciado na busca que não tenha sido capturada nas bases de dados. Os estudos resultantes da busca podem ser armazenados e organizados pela ferramenta de gerenciamento de bibliografias ZOTERO.

2.3 Formulação das *strings* de busca

Partindo dos termos de busca, foram criadas duas formulações principais de *strings* de busca, conforme segue:

- "*social housing*" AND "*target cost*"
- "*social housing*" AND "*cost-cutting*" OR "*cost reduction*"

Levando-se em consideração a realização da busca com foco no contexto nacional, optou-se por utilizar duas formulações adicionais de *strings* de busca para serem utilizadas em bases de dados latinas. Uma das formulações generaliza o conceito de custo em habitação de interesse social; a outra utiliza-se de termos na língua portuguesa:

- "*social housing*" AND "*cost*"
- "*minha casa minha vida*" OR "*habitação de interesse social*"

É importante ressaltar que a formulação das *strings* de busca é resultado de sucessivos testes nas diferentes fontes de busca, procurando as combinações mais adequadas para se obter o maior número de resultados coerentes ao tema.

2.4 Critérios de inclusão e exclusão de estudos

Os critérios de inclusão ou exclusão dos estudos resultantes das buscas nas bases de dados devem ser definidos com base no escopo da revisão, claramente explicitados e rigorosamente seguidos durante o processo de busca. O uso da ferramenta gerenciadora de bibliografia pode auxiliar nesse processo.

O primeiro critério desta etapa é a exclusão dos documentos repetidos, uma vez que duas ou mais bases de dados podem retornar um mesmo estudo, de maneira que ele é armazenado mais de uma vez. O segundo critério é referente ao idioma: foram considerados estudos em espanhol, francês, inglês e português. O terceiro critério é a leitura dos títulos dos trabalhos, realizando a exclusão dos estudos que não são relacionados ao tema buscado. O quarto critério é a leitura dos resumos dos trabalhos, filtrando aqueles que são coerentes com o que se busca. Por fim, a leitura completa do trabalho é o critério final para seleção do estudo – os estudos potencialmente relevantes devem ser analisados em profundidade, em um nível de leitura analítica, que tem por objetivo o entendimento minucioso do estudo e a certeza de que ele atende aos critérios de inclusão.

2.5 Extração de dados

A revisão sistemática da literatura proporciona uma credibilidade de resultados diretamente proporcional à qualidade e à relevância da revisão. Os estudos devem ser classificados nas dimensões: qualidade da execução do estudo; adequação à questão de revisão; e, adequação ao foco da revisão (HARDEN; GOUGH, 2012). Na presente pesquisa, todos os estudos obtidos que passaram pelos critérios de inclusão foram considerados como adequados à continuidade da pesquisa.

Com o auxílio de uma planilha eletrônica, para cada um dos estudos selecionados foram extraídas as informações: título do estudo; autores; país de realização da pesquisa; ano de publicação; tipo de publicação; base de dados na qual o trabalho está indexado e foi encontrado; nome do periódico ou do evento de publicação do estudo; objetivos principais e palavras-chaves do trabalho.

2.6 Síntese dos resultados

Busca-se estabelecer, no processo de síntese, relações entre os textos, pressupondo a combinação dos resultados interconectada, a fim de gerar um novo conhecimento que não existia nos estudos primários originais. Na presente pesquisa, buscou-se como ponto de partida a análise e organização dos dados disponíveis em cada um dos estudos primários selecionados, seguida pela identificação da existência de padrões entre eles. Os dados são então integrados, resultando em análises que serão apresentadas no capítulo "Resultados".

3 RESULTADOS

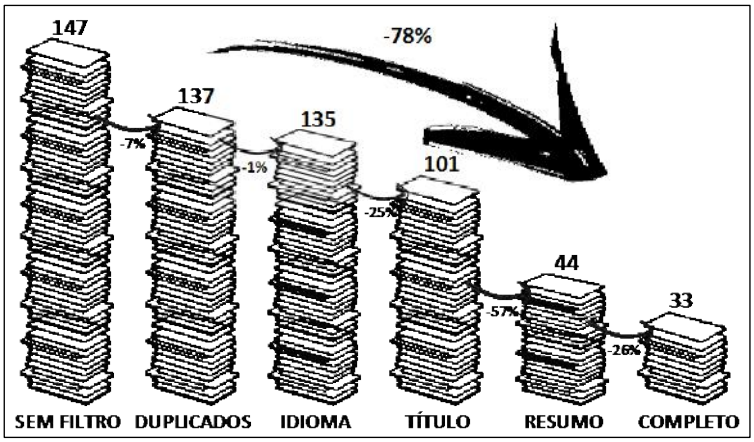
Neste capítulo são apresentados os principais resultados do cenário de publicações existentes sobre estudos que relacionam custo em habitação de interesse social. Os resultados serão apresentados sob dois focos, o primeiro dos aspectos bibliométricos e o segundo com a análise específica de informações coletadas, agrupadas e classificadas a partir da leitura dos textos selecionados.

3.1 Aspectos bibliométricos

Na Figura 1, encontra-se a evolução das análises realizadas. Parte-se do resultado inicial da busca de estudos, correspondente a 147 textos, passando por todos os filtros de critérios de inclusão e exclusão de trabalhos. Resulta-se em um total de 33 trabalhos efetivamente considerados, o que corresponde a uma redução de 78% do número inicial.

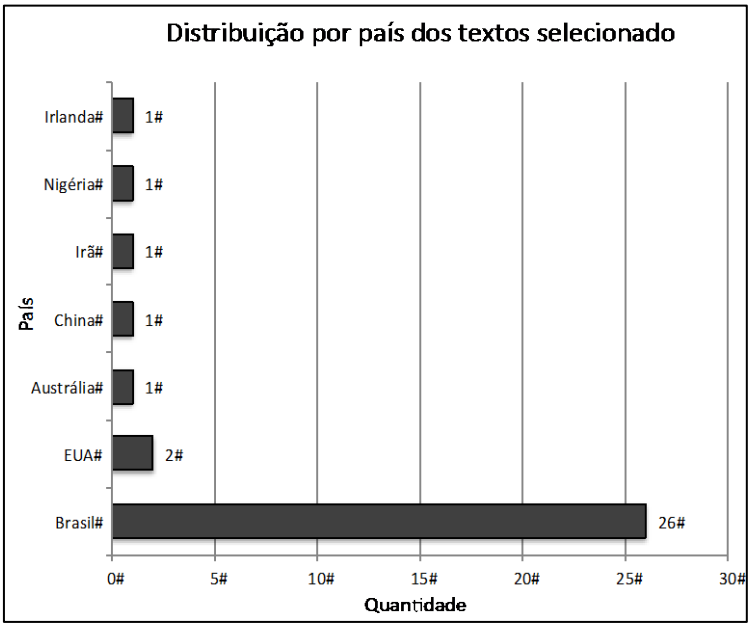
Os países nos quais os estudos selecionados foram realizados estão na Figura 2, na qual também estão quantificados os trabalhos por país. O Brasil lidera o número de publicações no assunto, sendo responsável por 78% dos estudos considerados. Na Figura 3, apresenta-se a distribuição dos textos selecionados por ano de publicação.

Figura 1 – Evolução das buscas segundo critérios de seleção dos estudos



Fonte: Os autores

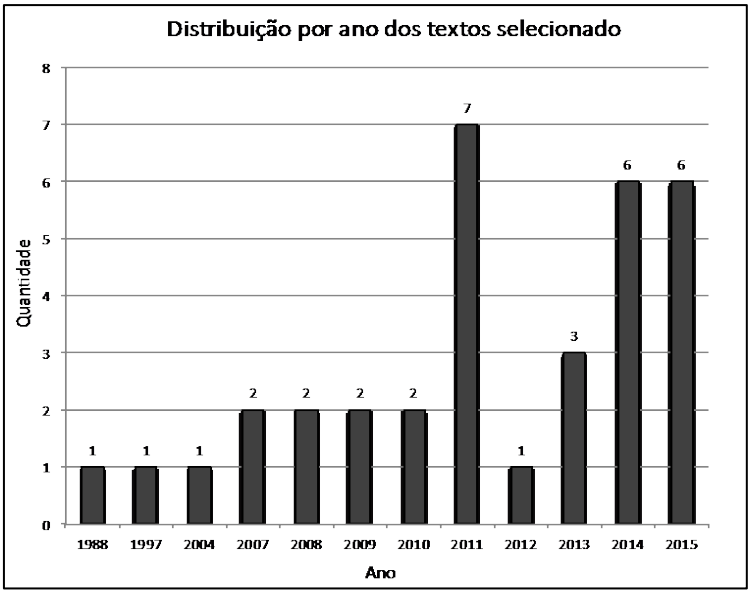
Figura 2 – Distribuição dos textos selecionados por país



Fonte: Os autores

Observa-se que essa quantidade aumenta a partir do ano de 2010. Esse fato é justificado uma vez que o Programa Minha Casa Minha Vida foi lançado em 2009, de forma a intensificar os estudos após o início do programa.

Figura 3 – Distribuição dos textos selecionados por ano



Fonte: Os autores

3.2 Análise específica de informações coletadas

Após a leitura completa dos textos, foram identificados 8 abordagens diferentes dos assuntos relacionados ao tema de estudo, conforme descritos pelo Quadro 2. "Valor para cliente" é uma abordagem apresentada em 36% dos trabalhos pesquisados. Entretanto, a análise é superficial na grande maioria dos trabalhos. A estrutura do PMCMV é discutida em 33% dos estudos. Em terceiro lugar, são apontadas necessidades de melhorias em HIS, também sem maior aprofundamento no assunto.

Quadro 1 – Distribuição das abordagens de assuntos

Campos de conhecimento	Número de textos
Valor para cliente	12 (36%)
Estrutura do PMCMV	11 (33%)
Melhorias em HIS	10 (30%)
Gestão e PDP de HIS	8 (24%)
APO de HIS	7 (21%)
Custeio-meta em HIS	4 (12%)
Engenharia de Valor	3 (9%)
Realocação de custo	1 (3%)

Fonte: Os autores

Observa-se a pequena quantidade de estudos que utilizam-se do conceito do custeio-meta em projetos de HIS, bem como as ferramentas de engenharia de valor (EV). Um único estudo abordou o conceito de realocação de custo em projetos de HIS, mostrando-se como uma lacuna dentro do tema pesquisado.

4 PROPOSIÇÃO

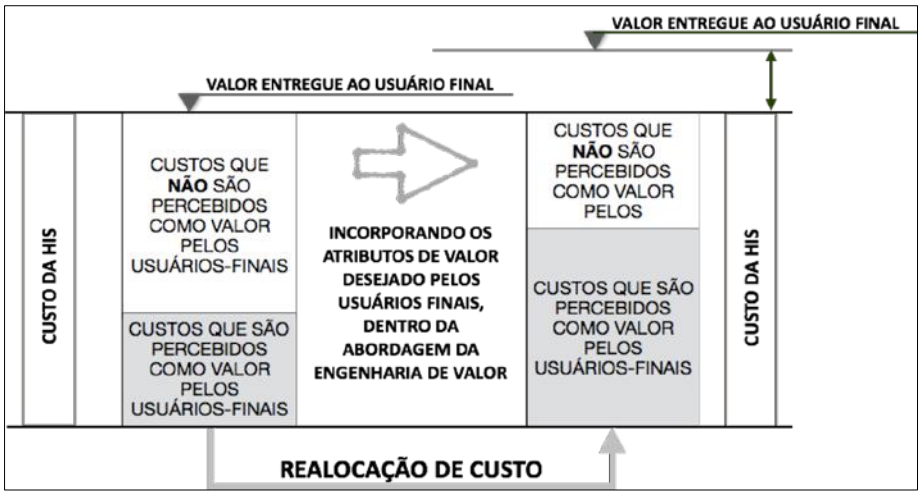
Após a leitura dos estudos resultantes da RSL, observa-se que os desafios em projetos de HIS no Brasil estão relacionados com concepção do projeto, com a qualidade da construção e com as restrições de custo. Restrições de custos são vistas como limitantes na qualidade do projeto, impactando negativamente na entrega de valor para o cliente. A entrega de valor aos usuários é discutida como um objetivo necessário a ser atendido; entretanto, está sempre associada a um aumento de custo de projeto.

A realocação de custo foi um campo de conhecimento abordado em apenas um dos trabalhos identificados pela RSL, merecendo aprofundamento em seu estudo e aplicação. A proposição é apresentada na Figura 4, de modo que o aumento de valor pode ser alcançado por meio da realocação de custos para melhor atender os atributos mais valorizados pelo usuário final, sem ter custo adicional de projeto (RUIZ; GRANJA; KOWALTOWSKI, 2014).

O custo de um empreendimento de HIS é composto por uma parcela do orçamento que é percebida como valor pelos usuários finais e por outra parcela que não é vista como valor, resultando em uma entrega de valor do produto final. A partir do momento em que é identificado o que realmente é considerado atributo de valor pelos usuários, é possível tomar decisões de projeto que incorporam os valores desejados. Realiza-se, portanto, a realocação dos custos, garantindo uma quantidade maior de recurso para atender às necessidades do usuário, resultando em uma maior entrega de valor do produto final.

Tem-se como ponto de partida a escolha e caracterização do empreendimento de HIS que será o objeto de estudo. Os atributos de valor são incorporados no produto, por meio do processo de tradução destes em especificações técnicas (GRANJA et al., 2009). São identificados os parâmetros de valor pelo ponto de vista dos clientes e usuários finais, de maneira que, preservando a funcionalidade, as oportunidades de melhoria de qualidade sejam listadas e levadas em consideração para futuros projetos de mesmo padrão (KOWALTOWSKI; GRANJA, 2011). Para isso, o projeto deve ser decomposto em funções, atribuindo os custos dessas funções e relacionando-os com seus respectivos parâmetros de valor, por meio das ferramentas da EV: análise de função, diagrama FAST, técnica de Mudge e método Compare.

Figura 4 – Entrega de valor: realocação de custos para atender aos atributos mais valorizados pelos usuários finais, sem custo adicional



Fonte: adaptado de RUIZ; GRANJA; KOWALTOWSKI, 2014

A análise de função é a técnica da EV que consiste em detalhar o produto em estudo identificando funções, classificando-as e associando-as aos seus custos (DELL'ISOLA, 1997; COPPER e SLAGMULDER, 1997; SPAULDING et al., 2005). O diagrama FAST é uma ferramenta visual que pode descrever uma relação esquemática de dependências entre as funções classificadas na técnica de análise de função (KAUFMAN, 2009; KOGA, 2010). O resultado é a obtenção de informações detalhadas a partir de diferentes perspectivas, estimulando a resolução de problemas e tomada de decisão criativa por parte do grupo multidisciplinar participante (LEUNG; YU, 2014). A técnica Mudge é uma matriz de avaliação que relaciona as funções, analisando-as par-a-par, de modo a atribuir pesos que estão relacionados com os parâmetros de maior valor e, assim, fornecer o conjunto das necessidades relativas (KOGA, 2005; MORAES et al., 2008).

As informações obtidas de todas as ferramentas anteriores são organizadas e sintetizadas no gráfico Compare, composto por dois conjuntos de dados: um relacionado aos parâmetros de valor - necessidades relativas - provenientes da técnica de Mudge, e o segundo relacionado aos custos dos produtos - consumo de recursos (CSILLAG, 1995). Esse gráfico torna possível a comparação entre o valor e o custo de cada função do produto, propiciando a aplicação do conceito de realocação de custos. Os resultados são analisados, identificando oportunidades de reavaliações ou foco em soluções criativas, caso necessário.

5 CONCLUSÃO

Este estudo é uma RSL que procura coletar as informações publicadas a respeito do custo e do valor entregue em projetos de HIS no Brasil, identificando possibilidades de aumento de valor na entrega do produto final ao cliente, sem aumentar os custos iniciais do projeto. O estudo é parte inicial do desenvolvimento de um trabalho que dará sequência à revisão,

aplicando as ferramentas de EV propostas em um estudo de caso, de maneira a realocar os custos das funções dos projetos para atingir o objetivo de aumento de valor entregue ao usuário final, sem custo adicional.

A RSL resultou em 33 trabalhos publicados relacionados ao tema, que foram analisados e classificados em 8 diferentes abordagens do assunto. Com a leitura dos trabalhos, identifica-se a falta de estudo dos custos do empreendimento relacionados ao conceito de valor para o cliente, a fim de propor melhorias em HIS, por meio de método de entrega de produto de qualidade que atenda às necessidades dos usuários, sem tornar o produto mais caro.

A abordagem do custeio-meta bem como o uso das ferramentas da EV mostraram-se meios que podem ser utilizados para atingir tal objetivo, de forma a realocar recursos de requisitos pouco importantes em recursos das necessidades relativas que correspondem aos atributos de valor dos usuários dos empreendimentos de HIS. Pretende-se dar continuidade a esse trabalho aplicando e validando o método apresentado no capítulo "Proposição" em um estudo de caso.

REFERÊNCIAS

COOPER, R.; SLAGMULDER, R. **Target Costing and Value Engineering.** Productivity Press,
Portland, OR, 1997.

CSILLAG, J. M. **Análise do Valor.** Metodologia do valor, engenharia do valor, gerenciamento do valor, redução de custos, racionalização administrativa. Ed. Atlas, 367 p. São Paulo. 1995.

DELL'ISOLA, A. P. E. **Value Engineering: Practical Applications for Design, Construction, Maintenance&Operations**, RS Means, Kingstone, MA., 1997.

FRANÇA, K. C. B. Os gargalos para a provisão habitacional em municípios de pequeno porte: análise do programa Minha Casa, Minha Vida. **Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, n. 3, p. 325–339, dez. 2015.

GRANJA, A. D.; JACOMIT, A. M.; GUADANHIM, S. J.; HIROTA, E. H. O custeio-meta para o desenvolvimento de habitações de interesse social: diretrizes a partir da comparação de duas modalidades de provisão. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 1, p. 53–66, 2011.

GRANJA, A. D.; KOWALTOWSKI, D. C.; PINA, S. A. M. G.; FONTANINI, P.S.P.; BARROS, L. A. F.; PAOLI, D.; JACOMIT, A. M. e MAÇANS, R. M. R. A Natureza do valor desejado na habitação social. **Ambiente Construıído**, v. 9, n. 2. p. 87-103. 2009.

HARDEN, A.; GOUGH, D. Quality and relevance appraisal. In: GOIGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. **An introduction to systematic reviews**. London: Sage, p. 153-178. 2012.

KAUFMAN, J. J. **Function analysis systems technique – the basics**. 2010. Disponível em: <www.value-eng.org//pdf_docs/monographs/FAbasics.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2016.

KITCHENHAM, B. et al. Systematic Literature Reviews in Software Engineering: a systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 51, n. 1, p. 7-15, 2009.

KOGA, J. E. **CBA: paradigm shift or pipedream?** Disponível em: <www.value-eng.org/newsletter/2005_2february/Koga020505.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2016.

KOGA, J. E. **Function analysis in integrated project development.** 50th Annual Conference of SAVE International, p. 256-296. 2010.

KOWALTOWSKI, D. C.; GRANJA, A. D. The concept of desired value as a stimulus for change in social housing in Brazil. **Habitat International**, v. 35 n. 3, p. 435-466. 2011.

LEUNG, M.; YU, J. Value methodology in public engagement for construction development projects, **Built Environment Project and Asset Management**, v. 4 n. 1, p. 55-70. 2014.

LIMA, L. P.; FORMOSO, C. T.; ECHEVESTE, M. E. S. Proposta de um protocolo para o processamento de requisitos do cliente em empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 21–37, 2011.

MEDVEDOVSKI, N. S. Diretrizes Especiais para Regularização Urbanística, Técnica e Fundiária de Conjuntos Habitacionais Populares. In: ABIKO, A. K.; ORNSTEIN, S. W. (Ed.). **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**, São Paulo, SP: FAUUSP, 2002. cap. 6, p. 130-159.

MIRON, L. I. G.; FORMOSO, C. T. Client Requirement Management in Building Projects. In: CONFERENCE ON THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg. **Proceedings...** Blacksburg : IGLC, 2003. p. 144-157.

MORAES, A. G.; PANDOLFO, A.; ROJAS, J. W. J.; SALLES, M.; PANDOLFI, L.; GUIMARÃES, J.; REINEHR R. Avaliação e Comparação de obras de habitação de interesse social auxiliado por ferramenta computacional' (Evaluation and comparison of social housing projects aided by computational tool – in Portuguese)", **Ambiente Construído**, v. 4 n. 2, p. 105-123. 2008.

MORANDI, M. I. W. M.; CAMARGO, L. F. R. Revisão sistemática da literatura. In: DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. **Design science research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, p. 141-172. 2015.

ORNSTEIN, S. W.; CRUZ, A. O. Análise de Desempenho Funcional de Habitações de Interesse Social na Grande São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000. v. 2, p. 1439-1446.

RUIZ, J. A.; GRANJA, A. D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Cost reallocation in social housing projects considering the desired values of end-users. **Built Environment Project and Asset Management,** v. 4, n. 4, p. 352–367. 2014.

SILVA, M. L.; TOURINHO, H. L. Z. O Banco Nacional de Habitação e o Programa Minha Casa Minha Vida: duas políticas habitacionais e uma mesma lógica locacional. Cadernos Metrópole, v. 17, n. 34, p. 401-417. 2015.

SPAULDING, W. M.; BRIDGE, A.; SKITMORE, M. The use of function analysis as basis of value, management in the Australian construction industry, **Construction Management and Economics**, Vol. 23 n. 7, p. 723-732. 2005.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

VARIÁVEIS E ÍNDICES GEOMÉTRICOS DE PROJETO ARQUITETÔNICO RELACIONADOS AO CUSTO DE EMPREENDIMENTOS RESIDENCIAIS[1]

MORAES, Aline Fróes de Souza (1); PICCHI, Flavio (2); GRANJA, Ariovaldo (3)

(1) UNICAMP, e-mail: fsmoraes.aline@gmail.com; (2) UNICAMP, e-mail: fpicchi@lean.org.bt; (3) UNICAMP, e-mail: adgranja@fec.unicamp.br

RESUMO

O projeto, desde o primeiro estudo de viabilidade econômica do empreendimento, está vinculado ao custo de construção, sendo que esse vínculo permanece nas fases posteriores e deve ser ajustado e controlado continuamente. O conhecimento das relações do tipo arquitetônico e demais decisões tomadas na etapa de concepção influencia na redução de custos, no aprimoramento dos quesitos de habitabilidade e na minimização dos impactos ambientais, mostrando-se importante na gestão da melhoria da qualidade do projeto. O presente trabalho é o resultado de uma discussão teórica cujo objetivo é identificar indicadores (as variáveis e os índices geométricos) de projetos arquitetônicos de edifícios residenciais que influenciam o custo dos empreendimentos. Realiza-se uma revisão da literatura, identificando esses índices e variáveis, bem como as suas influências no custo de construção. As variáveis ou índices geométricos foram comparados entre si; nomeados de maneira a uniformizar nomenclaturas distintas de diferentes autores para um mesmo indicador; e, agrupados em três classificações: índices de plano horizontal, índices de plano vertical e índices de qualidade da solução adotada. O uso desses indicadores auxilia a adoção das soluções arquitetônicas e o controle do custo de produção do projeto, podendo ser uma importante ferramenta de tomada de decisão pela incorporação imobiliária.

Palavras-chave: Decisões arquitetônicas. Variáveis geométricas. Custo.

ABSTRACT

The project, since the first economic feasibility study, is linked to the cost of construction. This link remains in the later stages and shall be continuously adjusted and controlled. The knowledge of the relation between the architectural type and other decisions taken at the design stage influences the cost savings, the improvement of habitability matters and the minimization of environmental impacts, which is important for the management of the project quality improvement. This paper is the result of a theoretical discussion that aims to identify the variables and geometrical indexes of architectural designs for residential buildings that influence the cost of the buildings. With a literature review, indexes and design variables of product design stage, and their influence on the project cost are identified. The index and design variables were compared; appointed in order to standardize the different nomenclatures of different authors for the same indicator; and grouped into three classifications: horizontal plane indexes, vertical rates and quality levels of the adopted solution. The study aims to demonstrate the relevance of the search for constructive solutions

[1] MORAES, A. F. S.; PICCHI, F.; GRANJA, A. D. Variáveis e índices geométricos de projeto arquitetônico relacionados ao custo de empreendimentos residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

that take into account the geometric variables of the architectural design, reflecting on the material savings, cost reduction and the improvements in project quality.

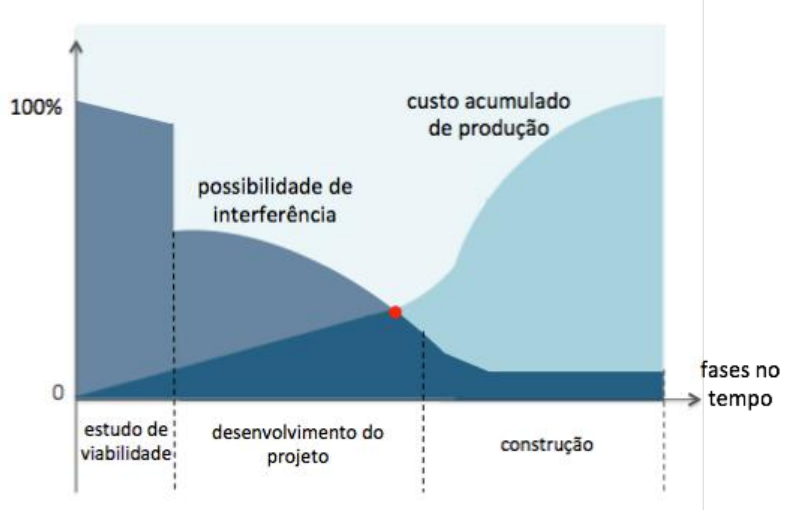
***Keywords**: Architectural solutions. Geometric indices. Costs.*

1 INTRODUÇÃO

A produção de um edifício exige trabalho distribuído em várias etapas, como o estudo de viabilidade dos projetos e a construção (RAMOS NETO, 2002). A etapa de projeto é caracterizada pela interlocução do projetista com o cliente, pelas demandas e características de terreno, clima, tecnologia e mão de obra, além das referências arquitetônicas que serão trabalhadas no processo de criação (CERON, 2011). Cada decisão tomada pelo arquiteto ou pelo engenheiro em seu projeto significa uma opção para solucionar um dos vários aspectos da obra (MASCARÓ, 2010).

O custo acumulado da produção do empreendimento eleva-se fortemente quando finaliza-se a fase de elaboração do projetos e inicia-se a fase de construção. Por outro lado, as possibilidades de intervenção no custo de produção do empreendimento reduzem-se significativamente à medida que os projetos e as especificações de obra avançam e são próximas a zero durante a fase de construção. O custo das modificações do projeto cresce à medida que avança-se nas etapas, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Evolução do custo acumulado de construção versus redução das possibilidades de interferência, em função das fases do empreendimento



Fonte: adaptado de Hammarlund e Josephson (1992).

O uso de indicadores para controlar o custo de produção do projeto é, consequentemente, essencial no avanço das fases do empreendimento (RAMOS NETO, 2002). Entretanto, essas variáveis e indicadores são, ainda, pouco dominados na incorporação imobiliária (DEGANI, 2003; MARTINS, 2002; MASCARÓ, 2012), de modo que os autores usam diferentes terminologias para índices correlatos.

Objetiva-se, com este trabalho, identificar quais são as variáveis e os índices geométricos identificados na literatura mais utilizados para decisões na etapa de concepção do produto, que influenciam no custo do

empreendimento. Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória. Quanto aos procedimentos técnicos, é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, o que a caracteriza como pesquisa bibliográfica (GIL, 2008).

2 CUSTO DOS EMPREENDIMENTOS E DECISÕES NA ETAPA DE PROJETO

Na construção civil, o sistema de custeio tem como produto final o orçamento da obra, normalmente produzido nas primeiras fases do empreendimento. Os custos diretos de empreendimentos são definidos, principalmente, pelos processos de projeto e produção - em virtude dos métodos construtivos empregados e os quantitativos de mão de obra - e pelos contratos firmados entre envolvidos (MATOS, 2014). Os custos indiretos dependem do prazo de produção, uma vez que a sua estimativa leva em conta o tempo que a obra utiliza os recursos da empresa, sendo definidos diretamente pelo processo de produção (KERN, 2005).

O projeto está vinculado ao custo de construção desde o primeiro estudo de viabilidade econômica do empreendimento. Esse vínculo permanece nas fases de anteprojeto, projeto, especificações e deve ser ajustado e controlado o tempo todo (RAMOS NETO, 2002). O controle do custo de construção do projeto pode ser realizado por meio de avaliações quantitativas da arquitetura. Decisões relativas à forma do edifício têm um efeito considerável sobre os custos de construção e os de energia de aquecimento do edifício (BOSTANCIOGLU, 2010).

Reduções de custo nas etapas de concepção e projeto podem ser obtidas por meio da especificação de materiais de menor custo e também a partir de um projeto arquitetônico que colabore para a maximização da eficácia na fase de execução (KERN, 2005). Um empreendimento pode ser caracterizado morfologicamente por elementos construtivos e presentes, relacionando estes com as principais características geométricas da edificação (PARISOTTO, 2003). Dessa maneira, os direcionadores para a estimativa de custo de empreendimentos imobiliários estão relacionados aos seus elementos funcionais e às relações entre as variáveis que representem a morfologia do empreendimento.

Tuhus-Dubrow e Krarti (2010) investigaram diferentes formas geométricas de construção em uma análise de otimização, considerando superfície externa, paredes, cobertura, tipos de fundação, nível de insolação, áreas e ventilação. O resultado da otimização indica que construções cujas formas são retangulares e trapezoidais apresentam melhores desempenhos (menores custos no ciclo de vida), em cinco diferentes climas.

O plano vertical indica alternativas de composição do arranjo físico, estabelecendo variações significativas na quantidade e, consequentemente, no custo dos elementos determinantes das paredes, principalmente no que diz respeito a revestimentos – interno e externo. Para a avaliação ou otimização da solução geométrica do projeto de uma habitação, faz-se necessário a determinação do custo representado pela

presença e pelas relações existentes entre as variáveis geométricas que compõem o arranjo físico, que envolvem áreas, paredes e arranjos (BRANDÃO, 2003; MARTINS, 1999).

Planos horizontais apresentam aproximadamente 25% do custo total do edifício, os verticais 45%, as instalações 25% e o canteiro de obras 5% (MASCARÓ, 2010). O mais lógico, quando se quer economizar, é reduzir os planos verticais, seja eliminando paredes ou encontrando alternativas mais econômicas para elas. A lei da forma vigora tanto para espaços quanto para volumes edificados, sendo que à medida que as formas perdem compacidade, seus custos aumentam.

3 APRESENTAÇÃO DOS ÍNDICES E VARIÁVEIS

Estão definidos no Quadro 1 os índices e as variáveis geométricas de projeto de arquitetura levantados na revisão de literatura, identificando seu significado e autores.

Quadro 1 – Índices e variáveis geométricas de projeto de arquitetura

Índice ou variável	Autor(es)	Fórmula	Legenda	Significado
Índice de aproveitamento das áreas de uso co-mum em rela-ção às áreas privativas da edifi-cação (I_{ACP})	Ramos Neto (2002)	$I_{ACP} = \frac{\Delta Et}{\Delta Pt}$	ΔEt: área real total do edifício; ΔPt: área privativa total do edifício.	A área de uso comum deve ser projetada na medida certa: nem menor, desrespeitando os limites de conforto e segurança dos usuários, nem maior, aumentando desnecessariamente os custos de construção e dificultando as vendas.
Índice de aproveitamento da área de uso co-mum no pavi-mento-tipo (I_{ACT})	Ramos Neto (2002)	$I_{ACT} = \frac{A_{CT}}{N_{apto}}$	A_{CT}: área de uso comum no pavimento-tipo; N_{apto}: nº de apar-tamentos no pavimento-tipo.	Sendo o pavimento-tipo repetido no edifício, o desperdício de área em um deles se repete em todos os demais, sendo importante a análise da área de uso comum.
Índice de aproveitamento da área de uso co-mum nos pavi-mentos de gara-gem (I_{ACG})	Ramos Neto (2002)	$I_{ACG} = \frac{A_G}{N_{vagas}}$	A_G: área real dos pavimentos de garagem; N_{apto}: nº de vagas nos pavimentos de garagem.	Usualmente, a garagem requer muita área de uso comum. Logo, o aproveitamento racional da área destinada à garagem é fundamental para o controle do custo de construção.
Índice de compacidade da forma geométri-ca do pavimen-to-tipo (IC)	Rosso (1978); Ramos Neto (2002); Mascaró (2002, 2010)	$IC = \frac{2\sqrt{Ap.\pi}}{Ppt}.100$	Ap: área da projeção do pavimento-tipo; Ppt: perímetro do pavimento tipo.	A relação entre as paredes que envolvem o edifício e sua superfície é avaliada por meio do IC, definido como a relação percen-tual entre o perímetro de um cír-culo de igual área do projeto e o perímetro das paredes exteriores do projeto.
Densidade de paredes (d)	Oliveira et al (1995); Brandão (2006)	$d = \frac{Aparede}{Alaje}$	A_{parede}: área das paredes apoi-adas sobre uma laje-	É uma variável definida como a divisão da área das paredes apoiadas sobre uma laje-tipo pela área desta laje, ou seja, a

			tipo; A_{laje}: área da laje	área de projeção das paredes
Número de seg-mentos de pare-de (N_S)	Brouwn e Steadman (1991)			Segmento de parede de alvenaria ou outro tipo de vedação é o trecho entre junções subsequentes triplas ou duplas
Número de jun-ções duplas (N_{JD})	Brandão (2006)			O encontro entre duas ou mais paredes forma uma junção
Índice de espa-ciosidade – pla-no horizontal (IE)	Coelho (1994); Martins (1999, 2002)	$IE = \frac{ke}{m}.\frac{AU}{AU^{1}/_{2}}$ com: $ke = (AU^{-1}/_{6}.AA^{1}/_{6})$	AU: área útil do arranjo físico, em metros quadra-dos; $\frac{ke}{m}$:fator de conversão; AA: área útil do projeto alvo, em metros quadrados; m: fator métrico	A espaciosidade é definida pela quantidade de espaço disponível para o uso, estando ligada diretamente à dimensão humana e ao fim a que se destina: ocupação – mobiliário – ou utilização – serviços e circulação.
Índice de confi-guração – plano vertical (ICI)	Martins (1999)	$ICI = \frac{PP}{AU^{1/2}}$	PP: parede ou perímetro; AU: área útil do arranjo físico	O ICI expressa a capacidade de captar a presença de variáveis geométricas e proceder a quantificação dos atributos qualificadores do plano vertical.
Índice de quali-ficação da con-figuração interna (IKI)	Martins (2002)	$IKI = CO + CA - CN$ $= \frac{CK}{2.AU^{1/2}}$	CO: perímetro dos ambientes in-ternos (agi); CA: perímetro ampli-ado dos agi; CN: perímetro não mobiliável dos agi; CK: perímetro qualificador in-terno; AU: área útil do arranjo físico.	Este índice representa o valor de qualificação da configuração interna, o qual demarca e qualifica a parte interior da habitação (ambientes geomé-tricos internos) formada pelo perímetro das figuras que compõem o arranjo físico.
Índice de quali-ficação da con-figuração exter-na (IKE)	Coelho (1994); Martins (2002)	$IKE = \frac{CE}{2.AU^{1/2}}$	CE: comprimento do perímetro em contato com o meio exterior; AU: área útil do arranjo físico.	Esse índice estabelece a ligação entre os espaços interiores e o ambiente exterior, relevando a necessidade da coerência de ambos
Índice de quali-ficação da con-figuração espa-cial (IQ)	Martins (2002)	$IQ = IE = IKI + IKE$	IE: índice de es-paciosidade do arranjo físico; IKI: índice de qualifi-cação da confi-guração interna; IEX: índice de ex-teriorização.	Se o projeto avaliado apresentar um valor do índice de quali-ficação da configuração espacial maior que o do projeto alvo, significa que ele apresenta uma condição de qualificação superior à adotada pelo alvo.
Índice de quali-dade geométri-ca	Martins (2002)	$IQG = \frac{IQ}{IQaa}$	IQ: índice de qualificação do arranjo	Computado em relação ao projeto alvo, é representativo da qualidade requerida. O confronto

(IQG)			físico avaliado; IQaa: índice de qualificação do arranjo físico do projeto alvo.	desse valor com um valor representando a qualidade requerida determina que a insuficiência dessas variáveis comparativamente ao alvo adotado representa uma perda em relação à utilização do produto.
Área nominal (AN)	Martins (2002)	$AN = AA.(IGQ)^3 + \varepsilon$	AA: área útil do projeto alvo; IQG: índice de qualidade geométrica da configuração espacial; ε: erro aleatório.	É uma variável representativa do custo da solução adotada, a qual expressa a área útil do arranjo físico, computadas as perdas definidas em área.
Índice de qualidade nominal (IQN)	Martins (2002)	$IQN = \frac{AN}{AU}$	AN: área nominal do arranjo físico; AU: área útil do arranjo físico.	O índice de qualidade nominal é a relação proporcional entre a área nominal e a área útil, representando um índice de qualificação da solução avaliada.

Fonte: Os autores

4 SÍNTESE DAS VARIÁVEIS E ÍNDICES GEOMÉTRICOS

Quadro 2 – Variáveis e índices geométricos identificados na literatura

	Índice ou variável	**Fonte**	**Variáveis e índices geométricos x Custo**
Índices do plano horizontal	Índice de aproveitamento das áreas de uso comum em relação às áreas privativas da edificação (I_{ACP})	Ramos Neto (2002)	Aumento desnecessário do índice implica em aumento do custo da construção
	Índice de aproveitamento da área de uso comum no pavimento-tipo (I_{ACT})	Ramos Neto (2002)	Influencia ao aproveitamento da área comum
	Índice de aproveitamento da área de uso comum nos pavimentos de garagem	Ramos Neto (2002)	O aproveitamento racional da área destinada à garagem é fundamental para o controle do custo de construção
	Índice de espaciosidade - plano horizontal (IE)	Coelho (1994), Martins (1999), Martins (2002)	Influencia à qualidade quanto ocupação e utilização
	Área nominal (AN)	Martins (2002)	Representativa do custo da solução adotada, identificando as perdas
Índices do plano vertical	Índice de compacidade da forma geométrica do pavimento-tipo (IC)	Ramos Neto (2002), Mascaró (2002)	Influência sobre custo das fachadas: quanto maior IC, menores custos de construção
	Densidade de paredes (d)	Oliveira et al (1995), Brandão (2006)	Influencia no custo, devido à quantidade de material demandado
	Número de segmentos de parede (N_S)	Brown e Steadman (1991), Brandão (2006)	Influencia à dificuldade construtiva
	Número de junções duplas (N_{JD})	Brandão (2006)	Custo de revestimento é aumentado para as arestas do tipo duplo
	Índice de configuração - plano vertical (ICl)	Martins (1999)	Influencia à qualidade quanto aos atributos verticais

Índices de qualidade da solução adotada	Índice de qualificação da configuração interna (IKI)	Martins (2002)	Influencia na questão de ocupação dos ambientes
	Índice de qualificação da configuração externa (IKE)	Coelho (1994), Martins (2002)	Influencia na coerência da ligação entre os espaços interiores e o ambiente exterior
	Índice de qualificação da configuração espacial (IQ)	Martins (2002)	Influencia na qualificação do espaço em relação a um alvo de comparação
	Índice de qualidade geométrica (IQG)	Martins (2002)	Qualidade requerida, em relação à utilização do produto
	Índice de qualidade nominal (IQN)	Martins (2002)	Índice de qualificação da solução

Fonte: Os autores

O Quadro 2 contém a síntese das variáveis e índices geométricos de projeto arquitetônico identificados na literatura, indicando sua relação com o custo dos empreendimentos. Após a identificação e compreensão desses índices, eles foram agrupadas em três conjuntos, de acordo com o tipo de aplicação que eles apresentam no projeto: índices do plano horizontal; índices do plano vertical; e, índices de qualidade da solução adotada.

4.1 Índices do Plano Horizontal

Os índices do plano horizontal são aqueles que relacionam a área plana horizontal no projeto, tais como as áreas privativas, de uso comum e nominais. O $\mathbf{I_{ACP}}$ revela o aproveitamento das áreas de uso comum em relação às áreas privativas, relacionando todas as áreas do projeto e permitindo procurar qual é o excesso quando ele indica algum desvio em relação ao desejado.

O $\mathbf{I_{ACT}}$, medido em m^2/apartamento, indica o desperdício de área de uso comum. O $\mathbf{I_{ACG}}$, medido em m^2/vaga, indica o aproveitamento racional da área destinada à garagem, dado que a garagem requer muita área de uso comum, sendo fundamental para o controle do custo de construção.

O **IE** representa um atributo importante do plano horizontal, expressando uma importância primordial na determinação do índice de qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação. Por fim, a **AN** indica o valor das perdas (em metros quadrados) correspondente à área nominal subtraída da área útil, estando relacionado ao custo da construção.

4.2 Índices do Plano Vertical

Os índices do plano vertical são aqueles relacionados às fachadas, paredes, junções e configurações verticais, sendo o **IC** o mais representativo. A forma geométrica do pavimento-tipo possui influência sobre o custo das fachadas e, portanto, sobre o custo de construção. Quanto maior o IC, menores serão os custos de construção e as perdas e ganhos térmicos indesejáveis, tendendo a diminuir os custos de manutenção e uso do edifício. À medida que a altura de um edifício aumenta, a relação superfície de fachada/superfície de piso também aumenta. Para um edifício de superfície constante, quanto mais alto for o partido arquitetônico adotado, mais caro tenderão a ser as fachadas. Logo, o IC diminui, e se outros elementos do

edifício não tiverem custos decrescentes em relação à altura, todo edifício alto e estreito seria mais caro que os baixos e largos. Arestas e curvas nas fachadas implicam em aumento de seu custo. Esses incrementos de custos são incorporados no índice econômico de compacidade (IEC), onde o perímetro é maior, incorporando arestas e curvas.

O encontro entre duas ou mais paredes forma uma **junção**. Junções de triplo encontro de paredes (junções do tipo "*3-way*") não representam problemas e aparecem em maior quantidade nos projetos mais simplificados. Junções do tipo duplo (junções do tipo "*2-way*"), implicam em maior dificuldade construtiva. O próprio custo de revestimento é aumentado, pois os pedreiros cobram adicionais em metro linear para o acabamento dessa aresta.

4.3 Índices de qualidade da solução adotada

Os índices de qualidade da solução adotada são aqueles que qualificam a configuração interna, externa e espacial do projeto. O **IKI** é importante na definição e composição dos ambientes geométricos, sendo estes diretamente ligados às questões relacionadas à ocupação dos ambientes, sua finalidade, número de ocupantes, definição do mobiliário, delimitação das zonas de interface entre o corpo humano e os móveis. Arranjos geométricos preferenciais apresentam maior flexibilidade em termos das possíveis soluções e melhor aproveitamento das paredes como suporte da mobília.

O **IKE** mostra que o lado externo da figura resultante do arranjo físico do projeto delimita a quantificação e a qualificação da parte externa da habitação, representada pelo perímetro externo (em contato com o meio exterior). O **IQN** é a relação proporcional entre a área nominal e útil, representando um índice de qualificação da solução avaliada, identificando o aproveitamento da solução e refletindo economicamente na qualidade da solução.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalta-se que as variáveis geométricas e índices de projeto de arquitetura selecionados pela pesquisa bibliográfica focaram nas correlações com o custo do empreendimento, não apresentando discussões de quesitos de habitabilidade e de impactos ambientais. Destaca-se o índice de compacidade da forma geométrica do pavimento-tipo, o qual representa a relação entre as paredes que envolvem o edifício e sua superfície. Possui influência, quanto à forma geométrica, sobre o custo das fachadas e, consequentemente, sobre o custo total do empreendimento, uma vez que o plano vertical é responsável por uma grande porcentagem do custo total do edifício.

As variáveis e índices geométricos de projetos arquitetônicos levantados no trabalho de pesquisa bibliográfica relacionados ao custo do empreendimento foram classificados como de plano horizontal, vertical e de qualidade da solução adotada. Nas duas primeiras classificações estão

contidos os índices que maior influenciam no custo de construção do projeto do empreendimento. Na última classificação, estão contidos os índices de qualidade, decorrentes das soluções adotadas, estando indiretamente ligados ao custo de construção do projeto. O uso desses indicadores auxilia a adoção das soluções arquitetônicas e o controle do custo de produção do projeto, podendo ser uma importante ferramenta de tomada de decisão de concepção de produto pela incorporação imobiliária.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12721** – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5663** – Cálculo do tráfego nos elevadores. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

BOSTANCIOGLU, E. Effect of building shape on a residential building's construction, energy and life cycle cost, **Architectural Science Review**. Volume 53, Issue 4, 2010. 441–467.

BRANDÃO, D. Avaliação da qualidade de arranjos espaciais de apartamentos baseada em aspectos morfo-topológicos e variáveis geométricas que influenciam na racionalização construtiva. Porto Alegre. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 53-6, jul./set. 2006.

BROWN, F. E.; STEADMAN, J. P. The morphology of British housing: an empirical basis for policy and research. Part 2: topological characteristics. **Environment and Planning B**: Planning and Design, 1991, v. 18, p. 385-415.

CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 207-225, 2012.

CERON, L. **Notas sobre concepções de preço e valor nos custos da Arquitetura**. 2011. 153 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

COELHO, A.J.M.B. **Análise e avaliação da qualidade arquitectónica residencial**. v. II. Rumos e factores de análise da qualidade arquitectónica residencial. 1994. Tese (Doutorado) - Universidade do Porto, Porto, 1994.

DEGANI, C. **Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios**. 205 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DEGANI, C. M.; CARDOSO, F. F. Aplicabilidade de sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 33-43, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. **Qualidade:** cada erro tem seu preço. Trad. De Vera M. C. Fernandes Hachich. [S.l.]: Téchne, n.1, p.32, 1992.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

MACEDO, S.; NETTO, V. M.; PASCHOALINO, R.; FURTADO, M.; CANTARINO, J.; MOREIRA, M. C.. **Projetos de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social**: conjunto de indicadores para avaliação do desempenho urbano, ambiental e quesitos de habitabilidade. 2012. Relatório técnico final. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense, Niterói.

MARTINS, D. N. **Metodologia para determinar e avaliar a qualidade e o custo da solução geométrica do projeto arquitetônico de apartamentos.** Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MARTINS, D. N. A casa da qualidade geométrica da configuração espacial de uma habitação. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 6, p. 1801-1808, 2002.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas.** 5a ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010. 192p.

MATOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras:** dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. 2a ed. São Paulo: Pini, 2014.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E.; FORMOSO, C. T. **Sistemas de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**: manual de utilização. 2. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995.

PARISOTTO, J. A. A**nálise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais** – Estudo de caso para uma Empresa Construtora. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

POSTAY, R.; KERN, A. P.; MANCIO, M.; GONZÁLEZ, M. A. S.; SCHNECK, E. R. (5); HEHN, Alan V. A relação entre a compacidade de prédios e montante de energia incorporada e emissões de CO2 em EHIS. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. **ENTAC**: Unisinos. Niterói, p. 3199-3208.

RAMOS NETO, A. C. **Incorporação Imobiliária: Roteiro para avaliação de projetos**. 1a ed. Brasília: Lettera, 2002.

ROSSO, T. **Aspectos geométricos do custo das edificações.** Simpósio sobre barateamento da construção habitacional. Trabalho nº 83. Salvador, mar., 1978.

TUHUS-DUBROW, D.; KRARTI, M. Genetic-algorithm based approach to optimize building envelope design for residential buildings. **Building and Environment,** v. 45, n. 7, p. 1574–1581, jul. 2010.

STOY, C.; POLLALIS, S.; SCHALCHER, H-R. Drivers for cost estimating in early design: case study of residential construction. **ASCE J Construct Eng Manage**. 2008.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DIAGNÓSTICO DOS PONTOS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE AMERICANA/SP[1]

ROCHA, Sarah Gabriela Bispo (1); CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva (2)

(1) UNIMEP, e-mail: saragbr@yahoo.com.br; (2) UNIMEP e UNICAMP, e-mail: dripasc@uol.com.br

RESUMO

O crescimento populacional conduz ao incremento da construção de habitações, o que contribui para a geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) ou Resíduos da Construção e Demolição (RCD), popularmente conhecidos como entulho. A cidade de Americana/SP, assim como a maioria dos municípios brasileiros, sofre com os impactos ambientais negativos causados pela disposição irregular desses resíduos, uma vez que possui poucas áreas para a destinação final adequada. O presente trabalho tem como objetivo analisar e diagnosticar a gestão dos resíduos da construção civil (RCC) no município de Americana – SP. Os dados foram obtidos através de informações fornecidas pela Secretaria do Meio Ambiente do município. Analisaram-se os avanços da preocupação política sobre o tema e a existência das normas jurídicas nacional e municipal. Foram realizadas visitas a locais destinados para disposição correta e também em relação a disposição irregular desses resíduos nos anos de 2012 e 2015.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil. Programa de Gerenciamento de Resíduos. Destinação final.

ABSTRACT

Population growth leads to increased housing construction, which contributes to the generation of wastes Construction (RCC) or waste from construction and demolition (RCD), popularly known as rubble. The city of Americana / SP, as well as most Brazilian cities, suffers from negative environmental impacts caused by irregular disposal of such waste, since it has few areas for proper disposal. This study aimed to analyze and diagnose the management of construction waste (RCC) in the city of Americana - SP. Data were obtained from information provided by the city Department of the Environment. We analyzed the progress of political concern about the issue and the existence of national and local legal standards. Visits were made to places for proper disposal and for irregular disposal of such waste in the years 2012 and 2015.

Keywords: *Waste Construction. Waste Management Program. Final Disposal.*

1 INTRODUÇÃO

[1] ROCHA, Sarah Gabriela Bispo; CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva. Diagnostico dos ponto de disposição de resíduos da construção civil na cidade de Americana/SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Com o advento da Revolução Industrial e o crescente processo de urbanização, a natureza passou a sofrer fortes intervenções em sua estrutura, tornando-se, ao longo dos anos, motivo de preocupação no mundo todo, principalmente, no que diz respeito aos países subdesenvolvidos. As agressões ambientais, a exploração predatória dos recursos naturais e a falta de controle no lançamento de resíduos sólidos e líquidos no ambiente, são alguns exemplos básicos dos problemas ambientais enfrentados atualmente.

Grande parte dos resíduos sólidos gerados no mundo é constituída por resíduos da construção civil (RCC). O setor da construção civil é reconhecido como um dos mais importantes para o desenvolvimento econômico e social. Mas, por outro lado, é responsável por gerar grandes impactos ambientais. Esses impactos são resultado, em sua maioria, do consumo de recursos naturais e da geração de resíduos, mas também podem surgir a partir da alteração da paisagem.

Segundo John (2000), a cadeia produtiva da construção civil consome entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta; no Japão corresponde à cerca de 50% dos materiais que circulam na economia; nos EUA o consumo de mais de dois bilhões de toneladas representa cerca de 75% dos materiais circulantes.

A constituição dos rejeitos da construção civil é heterogênea e dependente das características de cada construção e do grau de desenvolvimento da indústria em uma determinada região. Via de regra, é composto por uma mistura de brita, areia, concreto, argamassa, tijolos cerâmicos e blocos de concreto, restos de madeira, caixas de papelão, gesso, ferro e plástico (SCHENINI, 2004).

Devido ao grande volume de resíduos gerados na construção civil e seu impacto ambiental, esta atividade é regulamentada em diversos países. A gestão de resíduos no Brasil é regulamentada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em acordo e parcerias com órgãos estaduais e municipais. Este conselho criou a Resolução n° 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Tal resolução define diretrizes para que os municípios tenham instrumentos para desenvolver e programar políticas de gestão local sob a forma de Planos Integrados de Gerenciamento. O objetivo de identificar 12 responsabilidades dos grandes geradores e assumir soluções para pequenos geradores visa disciplinar a ação dos agentes envolvidos desde a geração até a disposição final. Dessa forma, a união entre o empresariado, o poder público e a sociedade civil são de suma importância para o cumprimento desta resolução.

A falta de verbas para a implantação de programas de gerenciamento pode não ser considerada como fator determinante na inviabilização das ações necessárias, se considerarmos o montante gasto na ação corretiva. Esse descarte irregular onera as administrações municipais, que acabam

tendo de responsabilizar-se pela remoção e disposição desses resíduos acumulados (CAVALCANTE E FERREIRA, 2007).

Segundo dados fornecidos pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) em 2013, os resíduos da construção e demolição no Brasil representam 2/3 dos resíduos sólidos urbanos (o dobro do volume de resíduos domiciliares). Este dado expressivo reforça a necessidade de uma gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos, pois é um aspecto que incide diretamente no custo final da limpeza urbana dos municípios brasileiros, na saúde pública e no meio ambiente.

Quanto às disposições irregulares dos resíduos da construção civil no ambiente urbano, pode-se dizer que elas são o resultado da inexistência de soluções eficazes para a captação destes resíduos, da falta de uma fiscalização eficiente e, até mesmo, da falta de uma conscientização da população quanto aos danos provocados pelos descartes indiscriminados do entulho em locais inadequados. As disposições irregulares dos resíduos da construção civil no ambiente urbano geram problemas de ordem ambiental, social e econômica, pois comprometem o meio ambiente, promovem a redução da qualidade de vida da população e aumentam os custos com a limpeza urbana (AQUINO, 2004).

A gestão de resíduos gera resultados benéficos, como a redução de custos com a limpeza pública, redução de impactos ambientais negativos, preservação da qualidade de vida nos ambientes urbanos, preservação do sistema de aterros e redução na exploração de recursos naturais.

Conforme Schneider (1999), a gestão dos resíduos é um serviço público de caráter coletivo, cabendo ao Estado os papéis de definidor de política, regulador e controlador. Já a prestação dos serviços não é necessariamente uma atribuição do Estado e esta pode ser realizada por empresas contratadas ou pela comunidade organizada. Do ponto de vista do usuário destes serviços, interessa que estes tenham custos baixos e qualidade adequada.

Os objetivos principais deste trabalho consistem em investigar e identificar locais de disposição final de resíduos da construção civil, sejam regulares ou irregulares, bem como elaborar um diagnóstico destes locais, no município de Americana/SP. Pretende-se analisar dados obtidos no ano de 2012 e verificar se houve melhoria em 2015. Dessa maneira, espera-se contribuir para o processo de gestão ambiental no município.

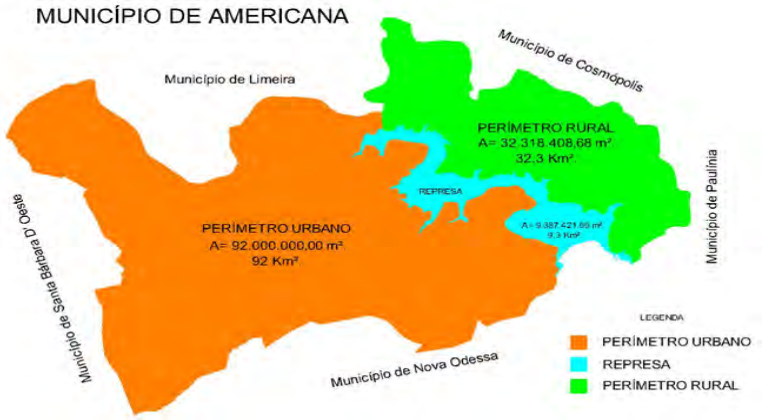
Este trabalho também visa mostrar a importância de minimizar a geração de resíduos da construção civil e identificar as dificuldades nos procedimentos para a gestão destes resíduos, observando o que recomenda a Resolução n° 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente e os Projetos de Gerenciamento de Resíduos locais.

2 MÉTODO

Este estudo tem o intuito de comparar dados obtidos por Rocha (2012) com informações levantadas em 2015, também obtidas por Rocha (2015), no Município de Americana, localizado na região leste do Estado de São Paulo, região sudeste do Brasil, e inserido na depressão periférica, fazendo parte da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (Figura 1).

O município de Americana possui uma área total de 133,912 Km², sendo que 68,86% correspondem à área urbana e 24,17% a área rural. De acordo com o Censo de 2011 (IBGE, 2014), Americana tem uma população de 229.322 habitantes, onde 99,44% da população reside na área urbana e 0,56% concentra-se na área rural. A população da zona rural do município praticamente duplicou em 2010, devido a assentamento em terras que pertenciam ao Governo Federal, na divisa com o município de Cosmópolis-SP.

Figura 1 – Mapa do município de Americana com o perímetro Urbano e Rural



Fonte: Prefeitura municipal de Americana (2012)

Para os diagnósticos da situação dos resíduos de construção civil no município de Americana/SP, foram realizados os levantamentos das áreas autorizadas pela Prefeitura Municipal para o transbordo e triagem dos RCC de 2012 e 2015, denominados de Ecopontos, por meio de informações obtidas na Secretaria Municipal do Meio Ambiente, bem como a visita *in loco* para fins de diagnóstico ambiental, com o registro fotográfico das áreas e a aplicação de um questionário aos funcionários dos Ecopontos.

O questionário era composto das seguintes questões:

- O Ecoponto tem limite de descarte de resíduos de construção civil? Caso afirmativo, quantos?
- O Ecoponto tem controle de entrada e saída de resíduos de construção civil?
- Além dos resíduos de construção civil, quais outros resíduos descartados no Ecoponto?
- Qual a destinação final dos resíduos de construção civil?
- Os resíduos são reutilizados em obras da prefeitura?

Posteriormente foi elaborado um percurso pelo município, utilizando veículo automotivo, visando identificação de áreas de disposição clandestinas dos resíduos da construção civil. O levantamento foi realizado no período de setembro a novembro do ano de 2012 e de setembro a novembro de 2015.

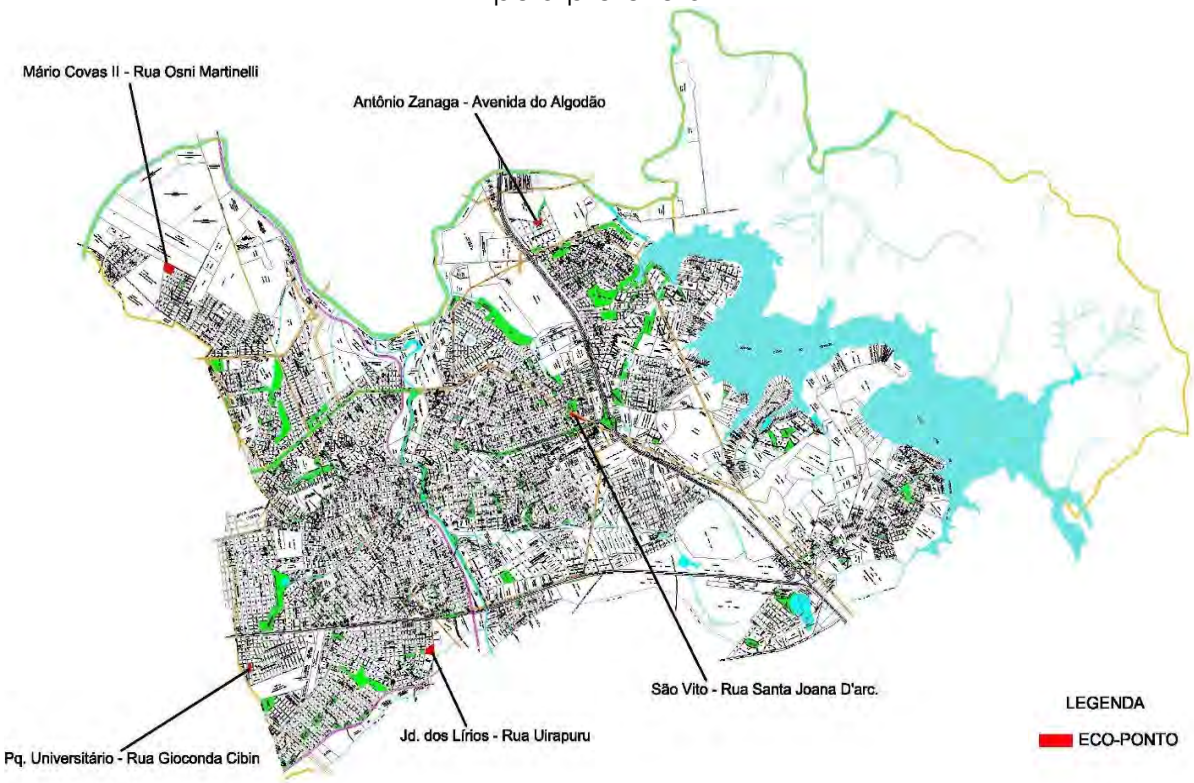
As informações foram avaliadas e foram elaborados mapas contendo a localização dos Ecopontos de cada ano e também dos locais de disposição clandestina dos RCC, com a descrição da situação encontrada nestas áreas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dados obtidos em 2012

A partir do levantamento realizado em 2012, baseando-se nas informações obtidas na Secretaria Municipal do Meio Ambiente, constatou-se que o município possui 5 (cinco) Ecopontos destinados as atividades de transbordo e triagem de RCC, conforme Figura 2.

Figura 2 – Mapa do município de Americana (2012) com os Ecopontos autorizados pela prefeitura



Fonte: Prefeitura municipal de Americana (2012)

A visita aos Ecopontos permitiu a avaliação da situação ambiental, conforme descrição a seguir.

3.1.1 Ecoponto 01 – Bairro Mário Covas – Rua Osni Martinelli

Não foi constatado nenhum Ecoponto na Rua Osni Martinelli. Entretanto, no mesmo bairro foi encontrada uma área institucional de uso da Prefeitura, onde haviam vários vestígios de resíduos de construção civil e também de outros resíduos diversos, a qual está localizada na rua Estevão Carlos Vicentini e cobre uma área de cerca de 18.810,09 m² (Figura 3).

Neste local, foi constatada a ausência de separação adequada dos resíduos (triagem) e também não se verificou a presença de agentes municipais para o controle do descarte. No entorno desta área foram identificadas várias residências e também uma escola municipal.

Figura 3 – Disposição de RCC na Rua Estevão Carlos Vicentini



Fonte: Rocha (2012)

3.1.2 Ecoponto 02 – Bairro Zanaga – Avenida do Algodão

Neste ponto (Figura 4), foram encontrados resíduos (RCD) sem nenhum tipo de critério de seleção dos materiais, ou seja, não é feita a triagem conforme a classificação contida na Resolução do Conama 448/2012. Este Ecoponto ocupa uma área de 27.216,32 m² e localiza-se em uma zona industrial, a 700 metros do Sistema Viário (Via Anhanguera – São Paulo - SP 330), e a aproximadamente 200 metros de uma Área Proteção Permanente (APP), onde também existe uma nascente, formando um córrego sem denominação que desagua no Rio Piracicaba.

Figura 4 – Disposição de RCD no Ecoponto 2



Fonte: Rocha (2012)

3.1.3 Ecoponto 03 – Bairro São Vito – Rua Santa Joana D'arc.

Foram identificadas neste Ecoponto diversas caçambas com resíduos (RCC), (Figura 5), porém não foi encontrado nenhum responsável para fiscalização e também não havia nenhuma placa indicativa que o local é receptor de resíduos.

Este ponto está em uma zona industrial do bairro São Vito, tem uma área de 2.248,73 m² e o local tem a permissão do uso para ponto e reconhecimento dos resíduos sólidos.

Figura 5 – Ecoponto 3, disposição de RCC



Fonte: Rocha (2012)

3.1.4 Ecoponto 04 – Bairro Jardim dos Lírios – Rua Uirapuru.

Ocupa uma área de 21.378,08 m². Observou-se sinalização no local de que é receptor de resíduos e são empregadas técnicas de disposição de resíduos de construção civil (Figura 6) visando à preservação de materiais de forma segregada, possibilitando seu uso futuro (reaproveitamento). Foi constatado o uso de princípios de engenharia para confinamento dos resíduos.

Figura 6 – Disposição RCD no Ecoponto 04



Fonte: Rocha (2012)

3.1.5 Ecoponto 05 – Bairro Parque Universitário – Rua Gioconda Cibin

Neste ponto, não foi possível realizar a visita *in loco*, uma vez que o acesso não foi autorizado; portanto, não há dados e imagens fotográficas do local.

3.2 Localização dos pontos de descartes irregulares em 2012

Na pesquisa de campo foram detectadas e visitadas diversas áreas de despejo irregular de entulho, sendo que a localização destas está mostrada na Tabela 1 e na Figura 7. Essas áreas são utilizadas principalmente por carroceiros e particulares, podendo-se constatar que são usadas para descarte de pequenos volumes, e estão espalhadas por toda a cidade.

Essas áreas geralmente localizam-se às margens dos córregos, áreas verdes e vias de grande tráfego e podem ocasionar vários impactos ambientais negativos, além de poderem ser meios para proliferação de insetos e roedores, que são vetores de doenças, e também podem ser locais para deposição de ovos do mosquito da dengue.

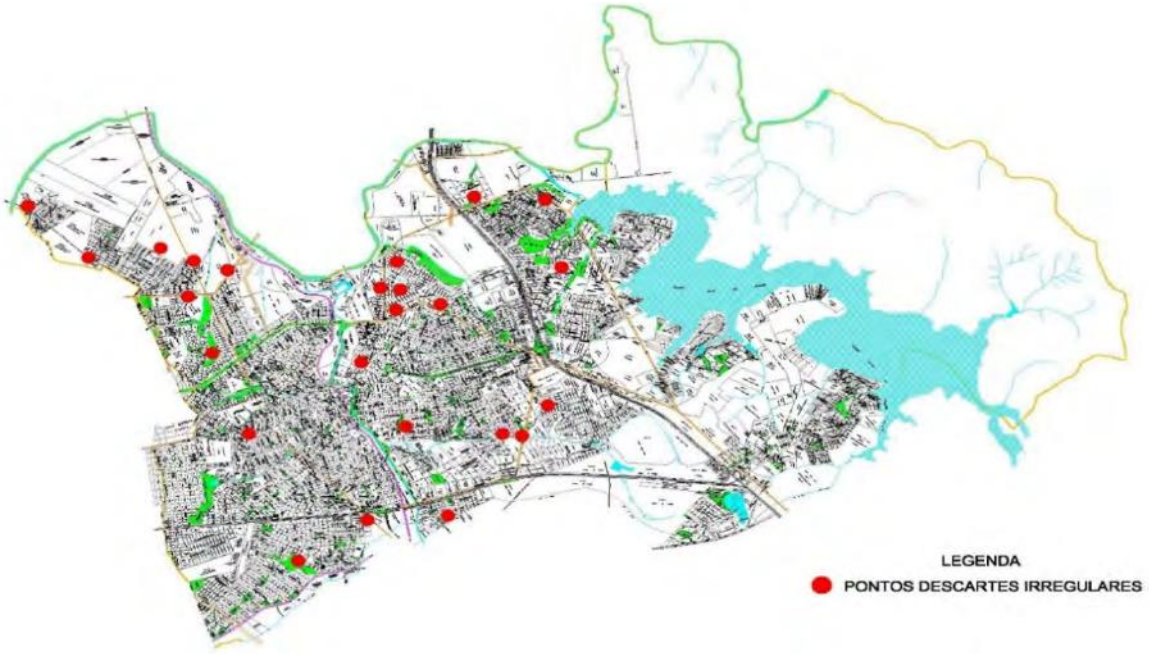
Os locais de descarga clandestinos geralmente situam-se em áreas de depressão, sendo que as declividades acentuadas favorecem a dispersão dos RCC e não a contenção. Pela facilidade de descarte, grande parte dos depósitos clandestinos em Americana concentra-se nas encostas dos principais córregos que cortam a cidade. Esta prática de descarte nas calhas dos córregos contribui para a ocorrência de enchentes e pode também haver a contaminação das águas subterrâneas.

Tabela 1 – Pontos de descartes irregulares

Ponto	Localização	Bairro
1	Rua das Constelações	Jardim Alvorada
2	Rua Uirapuru	Jardim dos Lírios
3	Rua das Margaridas	Cidade Jardim II
4	Avenida João Luiz Mazer	Jardim da Paz
5	Rua da Concórdia	Jardim da Paz
6	Rua Serra dos Cariris	Parque da Liberdade
7	Estrada da Balsa	Jardim da Balsa
8	Avenida Luigi de Merchiori	Jardim Morada do Sol
9	Rua Xingú	São Roque
10	Rua da Virtude	Jardim Boer
11	Rua Segundo Bertier	Residencial Praia dos Namorados
12	Rua São Vito	São Luiz
13	Avenida Marginal	São Luiz
14	Rua Parati	Werner Plass
15	Rua Luiz Corazza	Jaguari
16	Rua Antonio Sarra	Jardim Nova Carioba
17	Rua Augusto M. Penteado	Jardim Nova Carioba
18	Rua do Nylon	Lot. Industrial Salto Grande I
19	Avenida Prof. Miguel Couto	Vila Cordenonsi
20	Rua Altamiro Carrilho	Jaguari
21	Avenida da Musica	Jaguari
22	Rua Manoel Bandeira	Vila Amorim
23	Rua Cyro Costa	Antônio Zanaga
24	Rua Serra Dourada	Parque da Liberdade

Fonte: Rocha (2012)

Figura 7 – Pontos de descartes irregulares localizados no município de Americana no ano de 2012



Fonte: Rocha (2012)

3.3 Dados obtidos em 2015

Foi realizada uma nova pesquisa nos mesmos Ecopontos de 2012, de acordo com as informações obtidas pela Secretaria do Meio Ambiente do município. Além disso, foi realizada uma vistoria nos antigos e novos pontos de descartes de RCC irregulares, sendo encontrados os seguintes resultados:

3.3.1 Ecoponto 01 – Bairro Mário Covas – Rua Osni Martinelli

Foi possível visualizar que o entulho encontrado no ano de 2012 na rua Estevão Carlos Vicentini ainda persiste no local. Segundo relato dos moradores, a prefeitura esteve no local e retirou todo resíduo, porém, muitos moradores continuam depositando seus resíduos nesse ponto. Conforme Figura 8, pode-se visualizar a situação do local atualmente.

Figura 8 – Área de disposição irregular de RCC



Fonte: Arquivo Pessoal (2015)

3.3.2 Ecoponto 02 – Bairro Zanaga – Avenida do Algodão

Atualmente, esse Ecoponto encontra-se desativado, ou seja, não tem nenhum vestígio de resíduo como constatado em 2012. Porém, foram encontradas algumas caçambas vazias de uma empresa da cidade. Tentou-se estabelecer contato com a empresa das caçambas, e, segundo informações, a mesma utiliza a área para armazenar as caçambas e não utiliza o local para descarte (Figura 9); os resíduos são descartados no aterro em Paulínia/SP.

Figura 9 – Situação atual do local



Fonte: Arquivo Pessoal (2015)

3.3.3 Ecoponto 03 – Bairro São Vito – Rua Santa Joana D'arc.

Este Ecoponto continua em operação, conforme Figura 10, porém, não foi encontrado nenhum responsável ou alguma identificação de que esse local é um receptor de resíduos. Foi também observado que o local tem algumas caçambas e vestígios de resíduos como gesso, blocos de concreto, madeira, etc.

Figura 10 – Disposição RCC - algumas caçambas e entulhos



Fonte: Arquivo Pessoal (2015)

3.3.4 Ecoponto 04 – Bairro Jardim dos Lírios – Rua Uirapuru.

Este Ecoponto (Figura 11) continua em funcionamento e, segundo um funcionário que trabalha no local, alguns anos atrás a Prefeitura retirava os resíduos inertes e enviava para o Aterro Estre, localizado na cidade de Paulínia/SP. No entanto, há algum tempo ninguém do órgão público retira esses resíduos; com isso, o acúmulo de resíduos vai aumentando, devido à falta de controle da quantidade que é descartada no local. Já os resíduos recicláveis, o próprio funcionário separa e vende em cooperativas na região.

Figura 11 – Disposição RCD no Ecoponto 04



Fonte: Arquivo Pessoal (2015)

3.3.5 Ecoponto 05 – Bairro Parque Universitário – Rua Gioconda Cibin

Infelizmente novamente não foi possível realizar a visita *in loco*, devido a não autorização do ingresso e impossibilidade de fotografar o local.

No entanto, a Câmara Municipal de Americana disponibilizou um requerimento no dia 15 de dezembro de 2014, no qual um vereador solicita informações complementares sobre o funcionamento deste Ecoponto.

O Secretário de Meio Ambiente respondeu ao requerimento solicitado pelo Vereador, afirmando que através da Lei 4.974/2010, que autoriza a implantação de Ecopontos e das diretrizes de sua instalação, foi cumprida a

implantação deste Ecoponto no Parque Universitário, e a Lei 4.198/2005 que determina o manejo no recebimento dos resíduos da construção civil da comunidade conforme suas diretrizes.

O Ecoponto tem autorização para receber os restos de resíduos da construção civil e móveis inservíveis, além de restos de madeiras. Outros materiais como plásticos, vidro, papelão, papel, metal, alumínio, têm baias específicas para recebimento, ressaltando que o município tem a coleta seletiva que opera uma vez por semana em todas as residências. Quanto aos vegetais e restos de podas a área do Ecoponto recebe conforme a Lei 4198/2005. O Ecoponto não recebe lixo, isopor, gesso, tecidos e volumes acima de 1 m³ e resíduos de empresas ou prestadores de serviços atendendo a Lei Federal 12.305/2010, que responsabiliza o gerador dos resíduos.

3.4 Localização dos pontos de descartes irregulares em 2015

Foi realizada nova visita aos pontos, para verificar se foi realizada limpeza e fazer um diagnóstico da situação desses locais. Foram encontrados novos pontos clandestinos de descarte de resíduos no município. Na Tabela 02 pode-se visualizar os pontos onde não se constatou mais nenhum vestígio de resíduos clandestinos como encontrado em 2015.

Tabela 2 – Pontos onde os resíduos de RCC foram retirados

Ponto	Localização	Bairro
1	Rua da Virtude	Jardim Boer
2	Rua Segundo Bertier	Residencial Praia dos Namorados
3	Rua Parati	Werner Plass
4	Rua Luiz Corazza	Jaguari

Fonte: Arquivo Pessoal (2015)

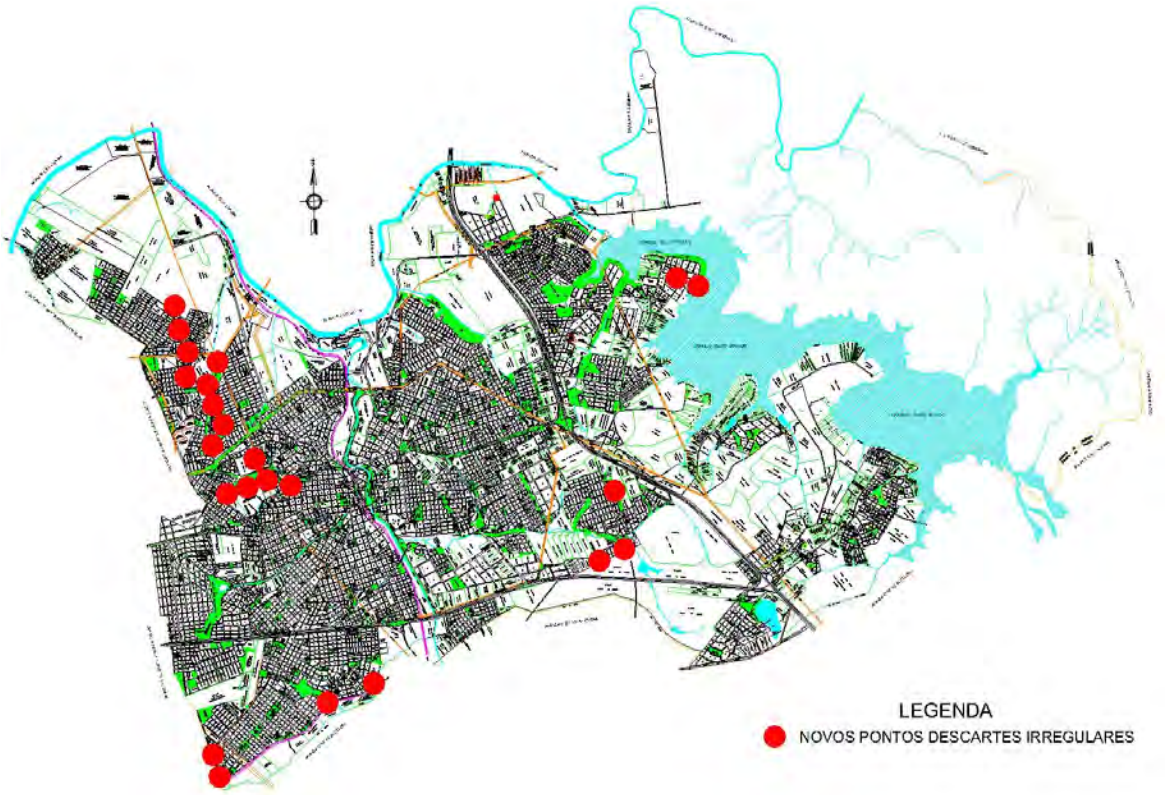
Tabela 3 – Novos pontos de descartes irregulares de resíduos encontrados no ano de 2015

Ponto	Localização	Bairro
1	Av. Rafael Vitta	Jardim Dona Judith
2	Rua da Igualdade	Jardim da Paz
3	Rua da Concordia	Jardim da Paz
4	Rua João Guinete	Jardim Gov. Mario Covas III
5	Rua Florindo Cibim	Jardim Gov. Mario Covas III
6	Av. do Algodão	Antonio Zanaga II
7	Rua Romeu Rubo	Praia dos Namorados
8	Rua João de Santi	Praia dos Namorados
9	Rua das Graúnas	Matienzem
10	Rua Rio Claro	Cidade Jardim II
11	Rua Rafard	Parque Universitário
12	Rua Arthur Nogueira	Parque Universitário
13	Rua dos Solimões	Sitio da Gruta
14	Rua do Xingu	Jardim São Roque
15	Avenida Tietê	Jardim São Roque
16	Rua do Araguai	Jardim São Roque
17	Avenida Serra do Mar	Parque da Liberdade
18	Avenida Serra Dourada	Parque da Liberdade
19	Rua Romildo Bosqueiro	Jardim Esperança
20	Rua Udine	Jardim Mirandola
21	Rua Viterbo	Jardim Mirandola

22	Rua Arizona	Jardim Dona Judith
23	Rua Mississipi	Jardim Dona Judith
24	Rua Carolina do Norte	Jardim Dona Judith
25	Rua José da Silva Calvo	Vila Jones

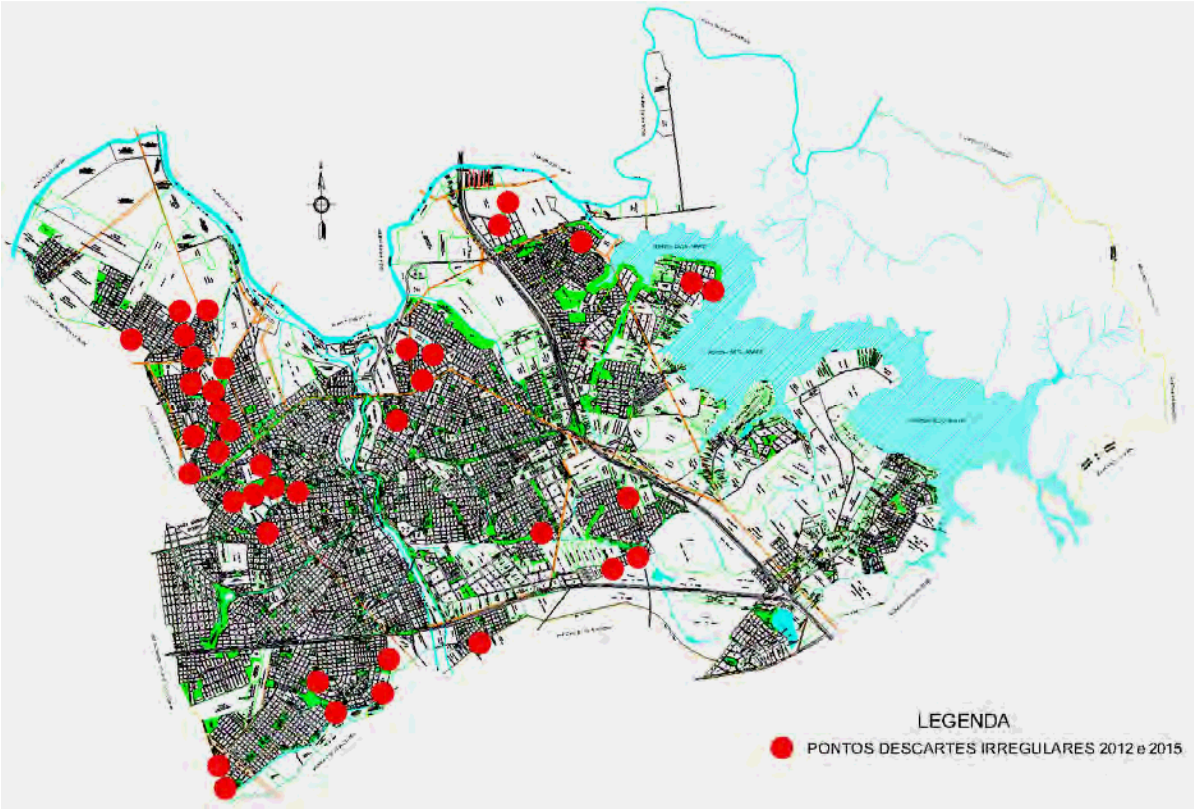
Fonte: Arquivo Pessoal (2015)

Figura 12 – Pontos de descartes irregulares localizados no município de Americana no ano de 2015



Fonte: Arquivo Pessoal (2015)

Figura 13 – Todos os pontos de descartes irregulares encontrados em 2012 e 2015



Fonte: Arquivo Pessoal (2015)

Devido ao descuido do poder público em relação a fiscalização, desde o ano de 2012, quando foi realizado o primeiro levantamento, os resíduos da construção civil não estão sendo integralmente triados para posterior destinação ambientalmente correta, conforme é exigido e definido em legislação federal e estadual específica, que priorizam a reutilização ou reciclagem.

Durante as visitas *in loco* aos Ecopontos nos anos de 2012 e 2015, foi possível constatar o seguinte cenário, quanto aos resíduos de construção civil e demolição:

- Normalmente os resíduos são encaminhados para os Ecopontos sem nenhum tipo de triagem dos materiais;
- Os locais de destinação são pontos de proliferação de insetos e roedores que podem transmitir doenças e causar problemas à saúde pública;
- Os Ecopontos constituem riscos para a comunidade vizinha, exposta à insegurança;
- Os Ecopontos causam prejuízos aos cofres públicos devido às despesas com limpeza de áreas, córregos e remoção de entulhos, controle de zoonoses e combate de vetores, destinação final.

4 CONCLUSÕES

Com base nos estudos em 2012 e 2015, no setor de construção civil existe uma abundante geração de resíduos de construção e demolição, provenientes da falta de controle por parte do setor público estadual e

municipal em conjunto com o governo federal. Conforme apresentado no ano de 2012, a deposição irregular de entulhos no município de Americana/SP ainda persiste, havendo um aumento de 25 novos pontos irregulares, sobretudo, localizados em regiões próximas de córregos, áreas verdes e terrenos baldios, misturando-se com resíduos domésticos, gerando impactos ambientais, sociais e problemas de limpeza pública, prejudicando a própria população.

Uma das propostas para tentar sanar esse problema, seria a intensificação de ações de fiscalização pelo poder público, além de programas de educação ambiental oferecidos à população, para propor a reciclagem desses resíduos, assim como o aumento da quantidade de Ecopontos. Pode-se citar como exemplo o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, criado em Americana, mas que necessita de investimentos para sua concreta efetivação.

Planejar essas ações permite um maior controle da gestão de resíduos da construção e demolição. Uma das ações propostas deve ser a diminuição da geração de RCD, na forma de educação ambiental às empresas e profissionais, para que não ocorra deposição desse material em locais indevidos, evitando seu desperdício. Além dessa, outra ação é a reciclagem de RCD iniciada no canteiro de obras, com o armazenamento da maior parte de resíduos, estendendo-se para o local da triagem.

Pode-se depreender que esses fatos se justificam como argumentos para estudos vinculados à gestão de entulhos, uma vez que o planejamento e a tomada de ações para a correta destinação desses resíduos possibilitam a redução de impactos ambientais negativos, propiciando à população uma maior qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ABRECON ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RCD. **Aplicação de reciclados** 2013. Disponível em: <http://www.abrecon.org.br/Conteudo/8/Aplicacao.aspx>. Acesso em: 18 ago. 2015.

AQUINO, M. B. **Proposta de Gestão Sustentável dos Resíduos Sólidos da Construção Civil no Município de Fortaleza.** Fortaleza. 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2004.

CAVALCANTE, C.F.; FERREIRA, O.M. **Mapeamento dos pontos de disposição de Resíduos da Construção Civil**, 2007. Disponível em: <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/MAPEAMENTO%20DOS%20PONTOS%20DE%20DISPOSI%C3%87%C3%83O%20DE%20RES%C3%8DDUOS%20DA%20CONSTRU%E2%80%A6.pdf>. Acesso em: 21 set. 2015

CETESB COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Resolução do CONAMA, N° 307/2002**. Disponível em http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_307.pdf. Acesso em 07 nov. 2015.

CONAMA CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, **Resolução do CONAMA, N° 448/2012.** Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>. Acesso em 08 out. 2015.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de informações básicas municipais:** Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=350160&search=sao-paulo|americana>. Acesso em 21 out. 2015.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000 (Tese de Livre Docência).

PREFEITURA MUNICIPAL DE AMERICANA. Requer informações complementares ao **Requerimento n° 793/2014, que dispôs sobre o funcionamento do Ecoponto localizado na Avenida Gioconda Cibin**. Disponível em: <http://consulta.siscam.com.br/camaraamericana/arquivo?id=161368>. Acesso em 21 out. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE AMERICANA, **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Americana - Lei n° 5388/2012**. Disponível em: <http://www.americana.sp.gov.br/americanaV5/legislacao/lei_5388.pdf>. Acesso em 15 ago. 2015.

ROCHA, S.G.B. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: estudo de caso no município de Americana/SP**. Trabalho de Conclusão de curso de Engenharia Ambiental no Centro Universitário Salesiano de São Paulo – UNISAL, Americana, 2012.

ROCHA, S.G.B. **Gestão ambiental de resíduos na construção civil: estudo de caso na cidade de Americana/SP**. Trabalho de Conclusão de curso de Engenharia Civil na UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2015.

SCHENINI, C.P. **Gestão de Resíduos da Construção Civil.** In: COBRAC Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, UFSC,2004.

SCHNEIDER, D. M. **Tratamento e destinação de lixo na cidade de São Paulo.** Monografia (Conclusão do Curso de Gestão Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE EMPRESAS SUBEMPREITEIRAS[1]

ANDRADE, Fábia Kamilly Gomes (1); LORDSLEEM JR., Alberto Casado (2)

(1) UPE, e-mail: fabiakamilly@hotmail.com; (2) UPE, e-mail: acasado@poli.br

RESUMO

Este trabalho objetiva analisar as produtividades de 4 empresas subempreiteiras especializadas no revestimento cerâmico interno e externo em 1 obra de edificação residencial, cuja metodologia contemplou a coleta de dados em campo e a análise das produtividades obtidas entre si e a produtividade da mão de obra própria. As RUPs das empresas subempreiteiras alcançaram valores medianos entre 0,64 e 0,99 Hh/m² para as áreas molhadas e 0,60 e 1,30Hh/m² para as áreas secas, elevados quando comparados aos 0,35 e 0,40 Hh/m² de referência. Já para a mão de obra própria, a mediana alcançou o valor de 1,15 Hh/m², o que justifica a substituição total desta pela mão de obra subempreiteira. Em relação ao revestimento externo, as medianas obtidas alcançaram valores até 1,09Hh/m², sendo apenas uma adequada ao valor de referência 0,62 Hh/m². Pôde-se constatar ainda que a produtividade superior da mão de obra subempreiteira não corresponde à vantagem competitiva prevista em relação à mão de obra própria, pois a qualidade do serviço executado nem sempre é garantida, exigindo da contratante maior controle e fiscalização sobre os serviços a fim de evitar retrabalhos e atrasos.

Palavras-chave: Revestimento cerâmico. Subcontratação. Produtividade da mão de obra.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the productivity of 4 specialized subcontractors companies in the internal and external ceramic coating on 1 of residential building, whose methodology includes data collection in the field and analysis of obtained productivities on the proposed timetable and the productivity of own labor. The RUPs achieved values medians between 0,64 and 0,99 Hh/m² for wets areas and 0,60 and 1,30Hh/m² for dries areas, high when compared to 0,35 and 0,40 Hh/m² of reference. As for his own labor, the medians range between 0,73 and 2,04 Hh / m², which justifies the total replacement of this by the subcontractor work. Regarding the external coating, the obtained medians achieved values until 1,09 Hh/m², and only an appropriate to reference value 0,62 Hh/m². It might still see that the higher productivity of subcontracting labor doesn't correspond to the competitive advantage provided in relation to their own labor, because the quality of service performed is not always guaranteed, requiring the largest contracting control and inspection of the services to avoid rework and delay.

***Keywords**: Ceramic coating. Subcontracting. Labor productivity.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, o setor da construção civil no Brasil evoluiu

[1] ANDRADE, F. K. G; LORDSLEEM JR., A. C. Produtividade na execução de revestimentos cerâmicos de empresas subempreiteiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

significativamente em resposta ao crescimento da competitividade no mercado, gerando um crescente interesse pela qualidade dos serviços, a garantia do custo e dos prazos de entrega dos empreendimentos (ARROTEÍA; AMARAL; MELHADO, 2014; ANDERY, BARRETO, 2015).

Belo, Kimura e Canova (2013) dizem que a vantagem competitiva de uma empresa em relação às demais depende da capacitação de seus funcionários, da qualidade dos conhecimentos que são capazes de produzir e de transferir para o sistema produtivo.

Rostami et al. (2015) complementa que a prática da gestão de riscos em empresas construtoras está essencialmente associada ao fator humano, objetivando a melhoria da indústria e o atendimento das exigências dos usuários.

Além disso, o processo construtivo é cíclico e exige diferentes níveis de especialização da mão de obra, justificando a alta rotatividade existente na construção civil. A redução do prazo de execução das obras, cada vez mais curto, contribuiu para as empresas construtoras utilizarem largamente os contratos por produtividade através de subempreiteiras (COSTA, 2011).

A contratação de empresas subempreiteiras na construção de edificações verticais é a principal estratégia de gestão de mão de obra adotada pelas construtoras. O contrato por produção estimula o empenho e a assiduidade dos trabalhadores, aumentando a produtividade (BELO, KIMURA; CANOVA, 2013; MAGALHÃES; MELLO, 2015)

Entretanto, nesse processo de evolução ainda têm sido encontradas barreiras culturais e organizacionais, e, sobretudo, dificuldades nos esforços voltados à qualidade nos canteiros de obras (ARROTEÍA; AMARAL; MELHADO, 2014).

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar e analisar as produtividades dos serviços prestados por 4 empresas subempreiteiras em 1 obra de edificação residencial, especializadas na execução do revestimento cerâmico interno e externo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A subcontratação na construção civil

As construtoras buscaram através da contratação de subempreiteiras solucionar os problemas decorrentes da dificuldade de controle do trabalho, dos custos e dos prazos de execução dos serviços; além de buscar operários mais especializados (LORDSLEEM JR., 2002).

As construtoras costumam transferir a execução dos serviços e a gestão da produção, no que tange a produtividade e dimensionamento de equipes, aos subempreiteiros. No entanto, a participação de subempreiteiros em reuniões de preparação de execução de obras é, por vezes, rejeitada, sob a justificativa de que não contribuiriam para o desenvolvimento das ações

praticadas nesta etapa do processo de projeto (ARROTÉIA; AMARAL; MELHADO, 2014; MAGALHÃES; MELLO, 2015).

São verificados dois perfis distintos de empresas subempreiteiras: as geridas de forma amadora e as geridas de forma profissional. Por isso, faz-se necessária a análise profunda da capacidade do subempreiteiro em fornecer o serviço dentro das condições exigidas pela construtora (MAGALHÃES, MELLO, 2015).

A seleção de subempreiteiros é muitas vezes realizada sem informações referentes ao projeto executivo, produtividade esperada, prazos, penalidades e demais exigências da construtora, sendo fornecidas apenas as quantidades de serviço. A decisão da contratação está pautada no critério do menor preço. Além disso, o formato de contratação destes profissionais não permite a participação desde a concepção do projeto, que só acontece durante a fase de execução (ARROTÉIA; AMARAL; MELHADO, 2014; MAGALHÃES; MELLO, 2015).

Ressalta-se que o não cumprimento do contrato raramente resulta na aplicação das penalidades previstas, sob a justificativa da falta de capacidade financeira do subempreiteiro, tendo como efeito problemas na produção (MAGALHÃES, MELLO, 2015).

2.2 Produtividade da mão de obra subempreiteira

Um dos princípios fundamentais no gerenciamento de obras é o conceito da melhoria contínua, que consiste no controle permanente do processo produtivo através da medição do desempenho, promovendo a otimização dos procedimentos (MATTOS, 2010).

Araújo (2000) apresenta os benefícios de se estudar o indicador de produtividade, destacando a relevância de sua mensuração em tempos de acirramento da competição entre construtoras.

A produtividade da mão de obra é entendida como primordial para o sucesso das empresas construtoras. Ela representa um item extremamente importante na composição dos custos das obras de construção (BELO; KIMURA; CANOVA, 2013).

Em um estudo realizado por Mariz e Picchi (2013), cerca de 56,2% do tempo do pedreiro foram empregados em atividades fora do ciclo repetitivo do serviço de assentamento de porcelanato em pisos por subempreiteiras, entre as quais: movimentação e transporte; esperas; corte e esquadrejamento; retrabalhos e limpeza. Esse número mostra que há um potencial teórico de praticamente dobrar o tempo dedicado pelo assentador ao assentamento em si (ciclo repetitivo) em um dia.

Conceitua-se produtividade como a eficiência ou duração em transformar recursos em produtos. Já o índice de produtividade relaciona a quantidade de recurso demandado com a quantidade de produto obtida (SOUZA, 1996).

Souza (2006) nomeia o índice de produtividade como a Razão Unitária de Produção (RUP), sendo a relação existente entre a quantidade de recurso demandada - que é o número de Homens-hora (Hh) - e a quantidade de produto obtida, representada pelo projeto através da quantidade de serviço (QS), conforme apresenta a Equação 1.

$$\mathrm{RUP} = \frac{\mathrm{H}\times\mathrm{h}}{\mathrm{QS}} \qquad \text{(Eq.1)}$$

Souza (2006) classifica as RUPs conforme o tempo considerado em: $RUP_{diária}$ (referente a 1 dia de trabalho); $RUP_{cumulativa}$ (referente ao primeiro dia de estudo até a data de avaliação); RUP_{ciclo} (referente as atividades com ciclos definidos, por exemplo, por pavimento); $RUP_{periódica}$ (referente a um período determinado, por exemplo, uma semana) e $RUP_{potencial}$ (referente a um valor da $RUP_{diária}$ associado a um bom desempenho).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Objetos de pesquisa e caracterização

Foram monitoradas as produtividades dos serviços de revestimento cerâmico interno e externo em 1 empreendimento residencial da Região Metropolitana do Recife (RMR) durante 5 meses.

Este serviço constituiu item relevante na aceitação ou não das unidades pelos clientes durante a entrega, bem como a acessibilidade aos documentos e procedimentos internos desta obra em particular foi facilitada.

Para o revestimento interno, a amostra contemplou 32 unidades residenciais de 1 torre do empreendimento, subdivididas em 8 pavimentos, sendo 4 por pavimento. Já para o serviço de fachada, a amostra contemplou 7 balancins localizados na fachada frontal.

A caracterização dos serviços é apresentada na Tabela 1 em função das dimensões e tipo das placas, da argamassa colante e do rejunte.

Tabela 1 - Caracterização dos materiais utilizados

Revestimento/ Características	Interno		Externo
Tipo da placa	Cerâmica esmaltada	Porcelanato polido	Pastilhas cerâmicas esmaltadas
Dimensão da placa	Piso (48x48cm) Parede (33cmx48cm)	Piso (60cmx60cm) Rodapé (10cmx60cm)	5cmx5cm
Tipo de argamassa colante	AC2	AC3	AC3

Procedimento de colagem	Dupla colagem	Dupla colagem	Colagem simples
Tipo do rejunte	Flexível acrílico	Flexível	Flexível acrílico
Dimensão da junta	8 mm	2 mm	5 mm

Fonte: Os autores

A Tabela 2 apresenta a relação de empresas por serviço monitorado, bem como a nomenclatura adotada na discussão dos resultados. As empresas A e B apresentavam caráter informal e as empresas C e D tinham caráter formal.

Tabela 2 - Quantificação e nomenclatura de empresas por serviço

Serviços	Quantitativo	Nomenclatura
Revestimento cerâmico interno	3 empresas	A, B e C
Revestimento cerâmico externo	2 empresas	C e D

Fonte: Os autores

3.2 O indicador de produtividade

O indicador de produtividade foi obtido através da metodologia de cálculo da Razão Unitária de Produção (RUP) em Hh/m², proposta por Souza (2006), sendo considerada apenas a $RUP_{cumulativa}$, pois os serviços não foram coletados por dia, mas apenas no ínicio e no término.

No revestimento cerâmico interno, a RUP foi obtida para cada apartamento, já que a empresa contratante tinha a premissa de preservar a unidade à empresa que iniciou as atividades.

Há a distinção no assentamento em áreas molhadas em cerâmica e o assentamento em áreas secas em porcelanato, sendo seus índices de produtividade denominados, respectivamente, por RUP_{cer} e RUP_{por}. No cálculo da RUP_{por} apenas foram consideradas as áreas da sala e do lavabo. Os quartos foram entregues no contrapiso.

No serviço de revestimento cerâmico externo, as RUPs foram obtidas para cada balancim do 2° ao 8° pavimento, incluindo plano da fachada e capiaços localizados na fachada frontal, tendo em vista a simetria da torre.

3.2.1 A quantificação do serviço (QS)

Consiste no levantamento das áreas revestidas com base no projeto executivo de arquitetura, sendo efetuada antes da coleta de dados em campo.

Para a QS de revestimento cerâmico externo, a Tabela 3 apresenta a área total por balancim frontal.

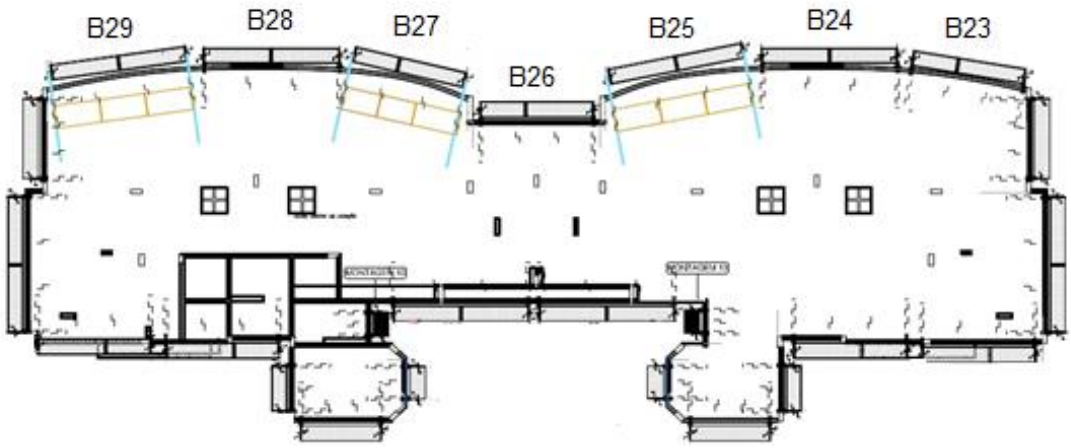
Tabela 3 - Quantificação do serviço de revestimento externo

Balança	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29
Área (m²)	189,15	172,77	164,25	163,49	164,25	172,77	189,15

Fonte: Os autores

A Figura 2 apresenta a planta baixa do pavimento com distribuição dos balancins na fachada frontal.

Figura 1- Planta baixa de distribuição dos balancins



Fonte: Adaptado do projeto de arquitetura

Para o revestimento cerâmico interno, identificou-se as opções de planta selecionadas pelos clientes de cada apartamento - no total de 4 opções disponíveis - procedendo-se à quantificação das áreas revestidas, conforme a Tabela 4. Não foi permitida a personalização de apartamentos até a entrega ao cliente, sendo acordado em contrato.

Tabela 4 - Tipologia das unidades conforme definição dos clientes

Áreas	Seca (m²)				Molhada (m²)			
Apartamentos/ Pavimento	02 Norte	01 Norte	01 Sul	02 Sul	02 Norte	01 Norte	01 Sul	02 Sul
1° pavimento	30,10	30,10	30,10	38,45	105,25	104,00	104,00	107,27
2° pavimento	29,42	30,21	30,10	30,10	106,92	104,00	104,00	105,25
3° pavimento	30,10	30,10	30,10	30,10	105,25	104,00	104,00	105,25
4° pavimento	29,42	29,42	29,42	29,42	106,92	104,97	104,97	106,92
5° pavimento	29,42	30,10	30,10	29,42	106,92	104,00	104,00	106,92
6° pavimento	30,10	30,10	30,10	30,10	105,25	104,00	104,00	105,25
7° pavimento	29,42	30,10	30,10	29,42	106,92	104,00	104,00	106,92
8° pavimento	29,42	30,10	30,21	29,42	106,92	104,00	104,00	106,92

Fonte: Os autores

3.2.2 A quantificação do trabalho

Foi obtida através dos diários de obra e boletins de medição das empresas subempreiteiras através do trabalho, dado em Homens-hora (Hh). Comparando-se os 2 documentos foi possível obter dados relativos ao início e término do serviço em cada unidade ou balancim, bem como quantos funcionários estavam diretamente envolvidos no serviço.

Além disso, foram contemplados apenas os pedreiros, desconsiderando os ajudantes, tendo em vista que os primeiros são responsáveis pela execução direta do serviço. No revestimento cerâmico interno, a empresa A empregava 1 ajudante para 2 pedreiros; a empresa B, não possuía ajudante; a empresa C, empregava 1 ajudante para 1 pedreiro. Já para o revestimento de fachada, o critério era 1 ajudante para 3 pedreiros, independente da empresa.

3.3 A análise dos resultados

Foi realizada comparativamente aos dados de bibliografia existente e dados da Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO, 2010).

Os resultados também foram comparados entre as empresas subempreiteiras e a mão de obra (MO) própria através dos valores mínimo, máximo, média e mediana e identificados os fatores que causaram os resultados encontrados.

Além disso, a qualidade do serviço prestado foi associada às produtividades encontradas, havendo ou não necessidade de reparos, baseando-se nos requisitos contidos na Ficha de Verificação dos Serviços (FVS).

Estes requisitos se relacionaram a: desnível entre peças; desalinhamento de juntas; aplicação da argamassa colante em dupla camada; verificação de som cavo na percussão; diferenças de tonalidade; ausência de terminalidade; descolamento de placas; limpeza das juntas; existência de falhas nas peças.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Revestimento cerâmico interno

A tabela 5 apresenta as RUPs cumulativas individuais por apartamento para o assentamento cerâmico (RUP_{cer}) e de porcelanato (RUP_{por}), respectivamente.

É relevante destacar que 1 dos apartamentos possuía acessibilidade e, por isso, seu índice (RUP_{cer}) não foi considerado, tendo em vista que as áreas molhadas são diferenciadas.

A equipe técnica da obra também encontrou dificuldades com disponibilidade de material pelo fabricante e, por isso, o assentamento cerâmico não acompanhou o assentamento de porcelanato, à exceção do

sexto pavimento. Analisando este pavimento, a Tabela 5 contempla 1 índice de produtividade para os 2 revestimentos.

Percebe-se que os resultados de RUP_{cer} obtidos apresentaram elevada variação, sendo de 0,42 a 2,40 Hh/m² para o assentamento cerâmico interno nas áreas molhadas sem distinção entre paredes e pisos e de 0,47 até 1,31 Hh/m² para o assentamento em porcelanato nos pisos das áreas secas.

Tabela 5 – RUP (Hh/m²) por apartamento para revestimento cerâmico

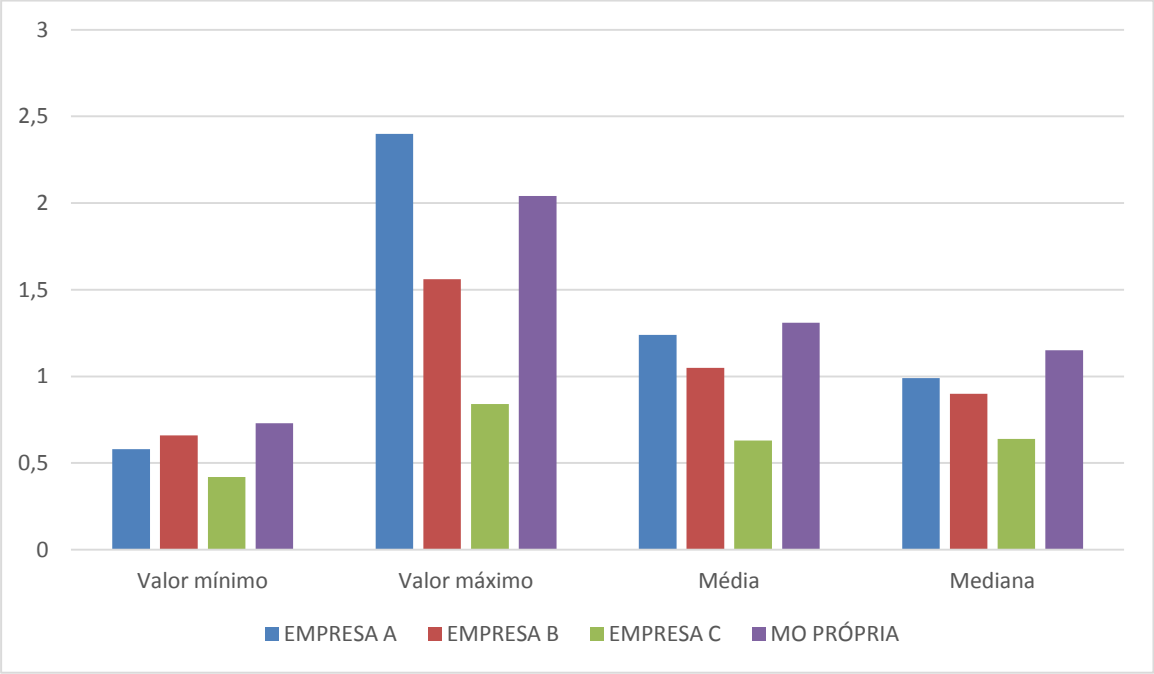
ÁREA		Seca		Molhada	
APARTAMENTO		Empresa	RUP_{cer} (Hh/m²)	Empresa	RUP_{por} (Hh/m²)
1º PAVTO	102N	MO própria	0,733	B	0,641
	101N	A	1,731	A	0,599
	101S	A	1,947	A	0,599
	102S	A	2,397	A	0,468
2º PAVTO	202N	MO própria	2,044	B	0,878
	201N	MO própria	1,154	B	0,524
	201S	A	0,577	B	0,890
	202S	A	0,641	B	1,056
3º PAVTO	302N	B	1,539	B	0,598
	301N	B	1,558	B	0,899
	301S	B	1,558	B	0,899
	302S	B	1,539	B	1,196
4º PAVTO	402N	A	1,052	B	0,612
	401N	A	0,935	B	0,612
	401S	Com acessibilidade		B	0,918
	402S	A	0,673	B	0,918
5º PAVTO	502N	B	0,926	B	0,918
	501N	B	0,952	B	0,899
	501S	B	0,865	B	0,899
	502S	B	0,842	B	0,918
6º PAVTO	602N	B	0,665	-	-
	601N	B	0,671	-	-
	601S	B	0,739	-	-
	602S	B	0,731	-	-
7º PAVTO	702N	C	0,505	C	1,313
	701N	C	0,519	C	1,284
	701S	C	0,433	C	1,284
	702S	C	0,421	C	1,313

8º PAVTO	802N	C	0,758	C	1,313
	801N	C	0,779	C	1,284
	801S	C	0,779	C	1,276
	802S	C	0,842	C	1,313

Fonte: Os autores

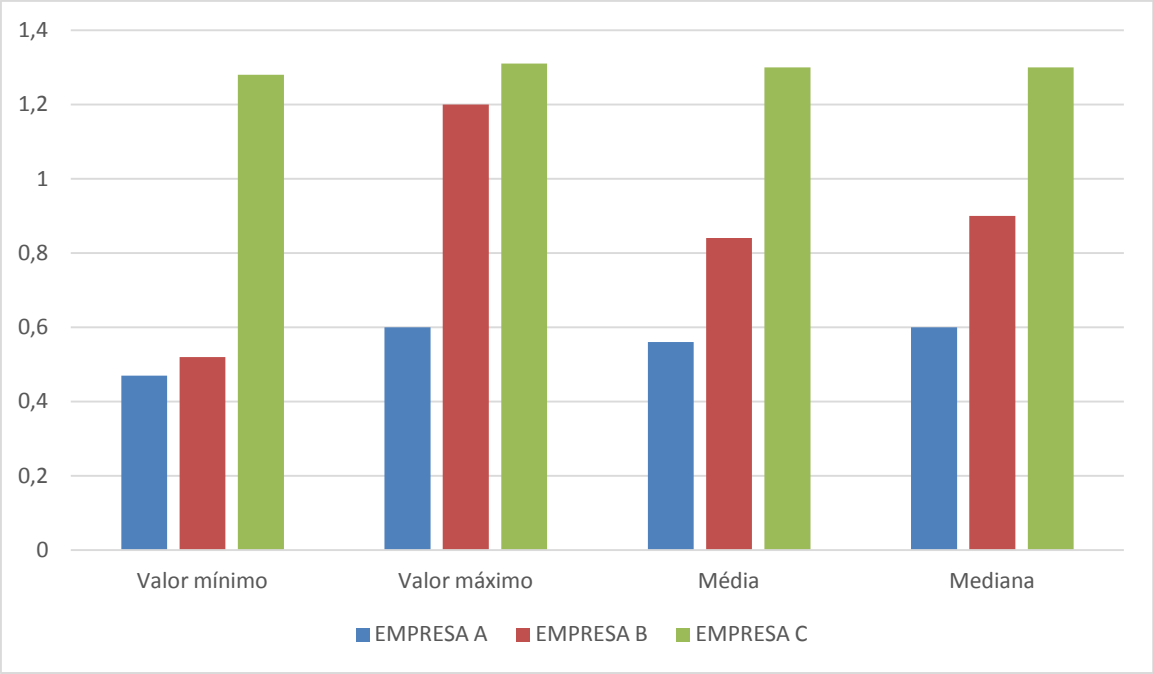
Os valores mínimo, máximo, média e mediana do índice de produtividade por empresa estão representados nos Gráficos 1 e 2, respectivamente, para o assentamento cerâmico e de porcelanato.

Gráfico 1- Valores mínimo, máximo, média e mediana de RUP_{cer} em Hh/m² por empresa



Fonte: Os autores

Gráfico 2 - Valores mínimo, máximo, média e mediana para RUP_{por} de subempreiteiras



Fonte: Os autores

Analisando o Gráfico 1, nota-se que a MO própria apresentou os piores resultados de RUP_{cer} para o valor mínimo, a média e a mediana, em comparação com as empresas subempreiteiras, corroborando a alta velocidade destas empresas em função da especialização. No entanto, a MO própria não foi responsável pelo maior índice obtido, proveniente da Empresa A, o que significa que a contratação de subempreiteiras não é garantia de produtividade superior.

A MO própria também recebia estímulo financeiro se produzisse mais do que o correspondente ao seu salário. Para tanto, era necessário que 1 pedreiro executasse mais de 2 apartamentos por mês, que segundo os mesmos, era mais difícil. Portanto, pode-se assim justificar a menor produtividade da MO própria em relação às subempreiteiras. Além disso, a mobilização desta entre torres provocou maiores tempos de esperas.

Entre as subempreiteiras, a Empresa C apresentou o melhor índice no assentamento cerâmico, embora tenha sido o inverso no assentamento de porcelanato. Entre as possíveis justificativas desta situação, tem-se: a quantidade limitada de caixas de porcelanato por torre até a entrega de pedido realizado; acesso de subempreiteiras ao local para execução de outros serviços; e acesso de MO própria para a execução de arremates.

Quanto à Empresa B, embora seus índices tenham sido medianos em relação as demais subempreiteiras, esta teve seu desempenho no assentamento prejudicado, podendo ser justificado pela execução de consertos nos serviços predecessores ao revestimento cerâmico interno (como planicidade, esquadrejamento e prumo do emboço, por exemplo);

além da execução de arremates nas unidades correspondentes à Empresa A, que não finalizou nenhuma unidade, gerando inclusive retrabalhos.

A Empresa A apresentou os piores resultados entre as subempreiteiras nas áreas molhadas, apresentando comportamento inverso nas áreas secas, tendo como possíveis justificativas destes resultados divergentes: a ausência de capacitação dos funcionários para o assentamento cerâmico em paredes, provocando menor produtividade; dificuldades na execução do serviço em ambientes pequenos, que necessita de maior quantidade de cortes nas peças; tráfego de equipes de instalações; ausência de projeto de paginação definido, contendo detalhes construtivos.

A TCPO 13 (2010) apresenta como valores de mediana dos índices de produtividade de assentamento cerâmico interno de paredes e de piso, respectivamente, 0,35 Hh/m² e 0,40 Hh/m². Já Coêlho (2003) e Neto et al. (2013), as medianas para o assentamento cerâmico interno de paredes estão em torno de 0,61 Hh/m² e 0,40 Hh/m². Percebe-se, portanto, que nenhuma das equipes se aproximaram destes valores.

Nenhuma das subempreiteiras atendeu todos os requisitos de qualidade simultaneamente, mas os erros foram mais frequentes nas unidades das subempreiteiras do que nas unidades da MO própria.

4.2 Revestimento cerâmico externo

As RUPs da fachada (RUP_{fach}) foram obtidas para cada balancim, conforme apresenta a Tabela 6.

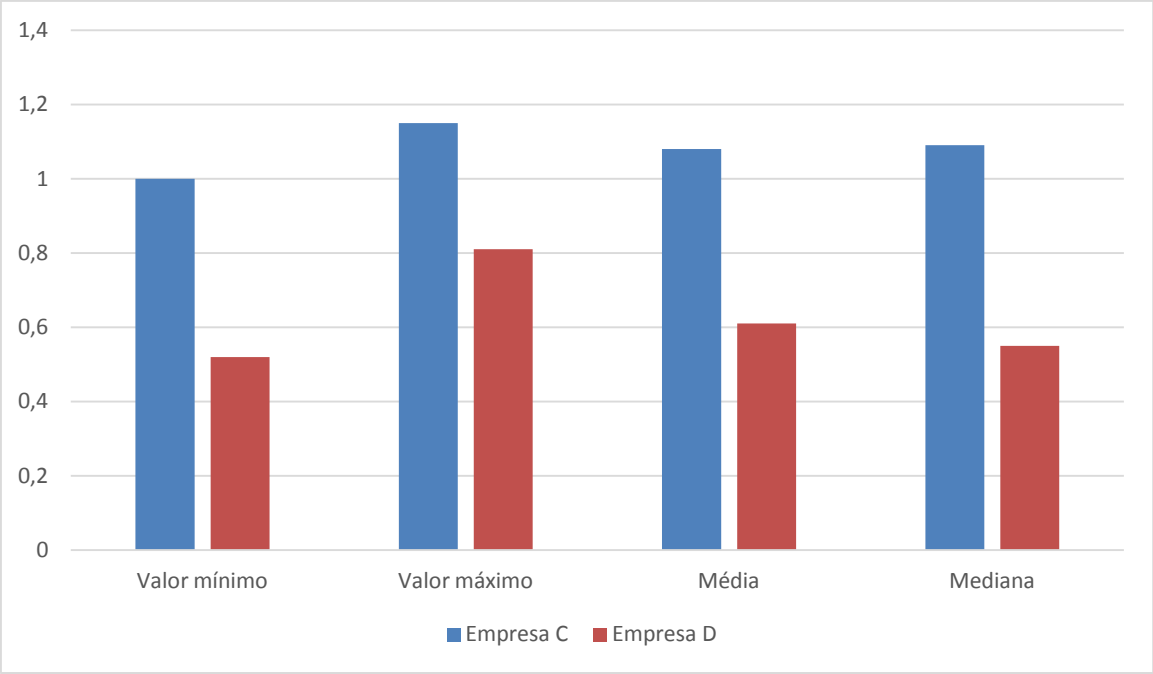
Tabela 6 – RUP em Hh/m² para revestimento cerâmico externo

EMPRESA	D	D	D	D	C	C	C
BALANCIM	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29
RUP_{fach} (Hh/m²)	0,809	0,521	0,548	0,551	1,151	1,094	0,999

Fonte: Os autores

Os valores mínimo, máximo, média e mediana são apresentados por empresa no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Valores mínimo, máximo, médio e mediana de RUP_{fach} entre subempreiteiras



Fonte: Os autores

Os resultados obtidos variaram entre 0,52 Hh/m² e 1,15 Hh/m² mesmo a fachada possuindo simetria. Além disso, comparativamente ao valor 0,62 Hh/m² de referência fornecido pelo TCPO 13 (2010) apenas a subempreiteira D obteve resultado satisfatório.

Nota-se que ambas as empresas – C e D - apresentaram sua média e mediana relativamente próximas, o que significa que não houve resultados extremos nos balancins para cada subempreiteira. O fato da execução do revestimento cerâmico de fachada não permitir distrações para os colaboradores, tendo em vista que o trabalho se restringe ao balancim, justifica a proximidade dos resultados de média e mediana.

No entanto, percebe-se a discrepância entre as 2 empresas. A empresa C não possuiu o mesmo desempenho encontrado no revestimento interno, apresentando resultados pouco menores que o dobro dos resultados obtidos pela empresa D.

Este fato é justificado pela má execução, conforme itens mencionados da FVS, ou mesmo a ausência do revestimento em alguns pontos da fachada, sendo necessário o retorno da subempreiteira C ao local para execução de retrabalhos, provocando estes índices elevados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices apresentaram medianas entre 0,64 e 1,15 Hh/m² para revestimento interno de paredes e pisos em placa cerâmica e entre 0,60 a 1,30 Hh/m² para o revestimento interno de pisos em porcelanato. Estes

resultados são bastante superiores quando comparados aos 0,35 e 0,40 Hh/m², respectivamente, considerados pelo TCPO (2010).

Para o revestimento externo de fachada, os resultados apresentaram medianas de 1,09 e 0,55 Hh/m², sendo apenas uma adequada ao valor de 0,62 Hh/m² proposto pelo TCPO (2010).

Verificou-se também que a execução de consertos de serviços predecessores ou em serviços prestados de maneira incorreta compromete o desempenho de empresas subcontratadas. A mobilização da MO própria entre torres aumenta os tempos de esperas. A falta de estímulo financeiro compatível prejudica a produtividade das equipes próprias. A ausência de projeto de paginação favorece a ocorrência de erros, gerando retrabalhos. As empresas mesmo sendo subcontratadas, necessitam de treinamentos pelo contratante, a fim de apresentar as exigências qualitativas.

Além disso, percebe-se que das 4 empresas subempreiteiras, 2 possuíam caráter informal, sendo 1 sem qualquer responsável técnico e outra sem a contratação adequada dos funcionários. A verificação prévia destas irregularidades poderia ter evitado desgastes no processo produtivo.

Esta análise permite à empresa o melhor planejamento do serviço com base em fatos já vivenciados, verificando as melhores estratégias de produção e assim gerar incrementos na produtividade. Os orçamentos e cronogramas iniciais, gerados na fase de desenvolvimento de produto podem se adequar à realidade da MO local, tornando-os mais coerentes e estimulando o construtor a buscar resultados tangíveis propostos pelas metas do planejamento sem surpresas no orçamento e atrasos nos serviços.

Confirma-se também que a vantagem potencial esperada das subempreiteiras dada a elevada velocidade de execução nem sempre garante a manutenção da qualidade, tendo em vista que falhas na execução implicam em retrabalhos com tempo e custo adicionais não esperados.

O presente trabalho exalta a necessidade de fiscalização da MO subempreiteira e treinamentos para a manutenção do cronograma inicial.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L.O.C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ARROTÉIA, A. V.; AMARAL, T. G. do; MELHADO, S. B. Gestão de projetos e sua interface com o canteiro de obras sob a ótica da Preparação da Execução de Obras (PEO). **Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, v. 14, n. 4, out./dez. 2014. ISSN 1678-8621.

BARRETO, F. de S. P.; ANDERY, P. R. P. Contribuição à gestão de riscos no processo de projeto de incorporadoras de médio porte. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, v. 15, n. 4, out./dez. 2015. ISSN 1678-8621.

BELO, J. L. P.; KIMURA, T.; CANOVA, J. A. Diagnóstico do perfil da mão de obra na construção civil e produtividade de revestimento externo em pastilha. In: IX ENCONTRO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA, 10., 2013, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2013.

COÊLHO, R. S. A. **Método para estudo da produtividade da mão de obra na execução de alvenaria e seu revestimento cerâmico em ambientes sanitários.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. São Luís, 2003.

COSTA, L. R. Subcontratação e informalidade na construção civil, no Brasil e na França. **CADERNO CRH**, Salvador, v. 24, n. 62, p. 413-434, Maio/Ago. 2011.

LORDSLEEM JR., A. C. **Metodologia para capacitação gerencial de empresas subempreiteiras**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

MAGALHÃES, R. M.; MELLO, L. C. B. B. Os principais problemas relacionados à gestão de subempreiteiros em obras de edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO (SIBRAGEC)/ ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN (ELAGEC), 10., 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2015. p. 178-185.

MARIZ, R. N.; PICCHI, F. A. Método para aplicação do trabalho padronizado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, v. 13, n. 3, jul./set. 2013. ISSN 1678-8621.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo: Pini, 2010.

NETO, G. A.; NETO, R. G. R.; CHO, V. H. **Perfil da mão de obra e produtividade do trabalho na execução de revestimentos cerâmicos e um obra de Maringá-PR.** Maringá, 2013.

ROSTAMI, A.; KHODADADYAN, A.; SOMMERVILLE, J.; WONG, I.L. Training provisions for risk management in SMEs in the UK construction industry. In: PROCS 31st ANNUAL ARCOM CONFERENCE, 9., 2015, Lincoln, UK. **Anais...** Lincoln: Association of Researchers in Construction Management, 2015.

SOUZA, U. E. L. **Metodologia para o estudo da produtividade no serviço de formas para estruturas de concreto armado**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra** - Manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006.

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 13. ed. São Paulo: Pini, 2010.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DE RISCOS DE UMA OBRA PÚBLICA EDUCACIONAL NA FASE DE EXECUÇÃO[1]

HAMEL E SILVA, Priscilla de Mattos (1); JUNGLES, Antônio Edésio (2); SANTOS, Rúbia Bernadete Pereira dos (3); MARCHIORI, Fernanda Fernandes (4)

(1) UFSC, e-mail: priscillahamel@gmail.com; (2) UFSC, e-mail: ajungles@ceped-ufsc.br;
(3) UFSC, e-mail: rubiabpds@gmail.com; (4) UFSC, e-mail: fernanda.marchiori@ufsc.br

RESUMO

As construções de obras públicas têm se destacado pelo aumento dos custos, prorrogação dos prazos e baixa qualidade. Neste cenário, o gerenciamento de riscos é uma alternativa para mitigar tais problemas. O presente artigo tem por objetivo avaliar os riscos de uma obra pública durante a sua de execução. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em uma edificação educacional, da Universidade Federal de Santa Catarina, a qual teve as seguintes fontes de evidência: análise documental, observação in loco e entrevistas com o engenheiro da empreiteira e com o fiscal da obra. Com base nos resultados, foi elaborada a análise de risco segundo os processos definidos pelo Instituto de Gerenciamento de Projetos (PMI, 2014). Identificou-se que a incompatibilidade de projetos e a insuficiência de informações são consideradas as dificuldades mais frequentes, enquanto que a especificação inadequada de materiais no orçamento repercutiu em um maior impacto. Por fim, o estudo traz a definição de uma estrutura de análise de riscos, que visa contribuir para a melhor utilização dos recursos públicos.

Palavras-chave: Risco na construção civil; avaliação dos riscos; obras públicas.

ABSTRACT

The construction of public buildings has been contracted, for increased costs, extension of deadlines and poor quality. In this scenario, the risk management is an alternative to mitigate such problems. Thus, this article aims to evaluate the risks of a public work at the implementation stage. A case study was conducted in an educational building of the Federal University of Santa Catarina, which has the following sources of evidence: document review, on-site observation and interviews with the contractor's engineer and the supervisor. Based on the data, the risk analysis was prepared in accordance with procedures defined by the Project Management Institute (PMI, 2014). It was possible to identify that the incompatibility of projects and insufficient information are considered the most common difficulties, while the inadequate specification of materials in the budget and productivity with worse values than planned were the items that had repercussions in a greater impact. Finally, the study provides the definition of a risk analysis framework that aims to contribute to the better use of public resources.

***Keywords**: Risk in construction; risk assessment; public construction.*

[1] HAMEL E SILVA, Priscilla et al. Avaliação de riscos de uma obra pública educacional na fase de execução. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil possui algumas características que fazem com que se tenha um alto grau de risco, interferindo no sucesso de seus empreendimentos. De acordo com Zou, Zhang e Wang (2007), estas particularidades são: o produto único; a interação de vários processos complexos; o ambiente desfavorável; o longo prazo de execução; a intensidade financeira; a presença de diversas empresas e a divisão de responsabilidades entre diferentes atores, e interesses, ao longo da obra.

O ambiente competitivo, onde a indústria da construção está inserida, conduz ao crescente interesse por melhores resultados, em termos de garantia da qualidade das edificações, de desempenho do projeto e de cumprimento dos custos e dos prazos de entrega dos empreendimentos (BARRETO; ANDERY, 2015).

No contexto da construção pública, Silva (2008) verifica outras dificuldades ocasionadas pelo abandono destas obras e pela alta taxa de mortalidade das organizações desse setor. Estes problemas demonstram a incerteza existente na contratação de obras públicas e as falhas no gerenciamento das empresas, o que impacta na sociedade como um todo.

O abandono das obras se torna mais preocupante quando se considera a participação da construção civil na economia. Apesar das baixas nos últimos trimestres, o setor ainda representa 6,5% do produto interno bruto (PIB) (CBIC, 2015). Por constituir uma parte tão relevante do PIB nacional, as incertezas presentes no período de execução das obras influenciam no desempenho do setor e têm consequências diretas para a economia do país.

Diante deste contexto, o gerenciamento de risco se torna um elemento imprescindível para o atendimento dos objetivos de sucesso dos projetos da construção civil e para um melhor aproveitamento dos recursos públicos. Segundo Azevedo, Ensslin e Jungles (2014) o gerenciamento de risco permite planejar e identificar os riscos, tornando os processos mais transparentes e justificáveis, de modo que favoreça a tomada de decisão alinhada aos objetivos estratégicos do empreendimento.

Em complemento, Ely (2016) argumenta que dentre os problemas do processo licitatório, muitos estão relacionados, direta ou indiretamente, com a forma pela qual estes são gerenciados. Assim, a realização de pesquisas com o intuito de estudar os processos e amenizar/eliminar essas dificuldades, pode auxiliar na eficácia das obras públicas.

Nesse estudo pretende-se avaliar os riscos de uma obra pública na fase de execução. Para tanto, a pesquisa foi desenvolvida com os seguintes objetivos específicos: i) identificar os riscos presentes no canteiro de obras; ii) avaliar os riscos quanto ao impacto na duração, custos e na qualidade; iii) identificar a criticidade dos riscos para o futuro da obra; iv) desenvolver uma estrutura básica de análise de riscos aplicável obras públicas similares à apresentada.

A pesquisa se limita em avaliar os riscos inerentes a fase de execução dos

processos de estrutura, alvenaria, instalações hidrossanitárias e elétricas e cobertura de uma edificação educacional, composta por laboratórios, localizada na Universidade Federal de Santa Catarina. O estudo aconteceu no segundo semestre de 2015.

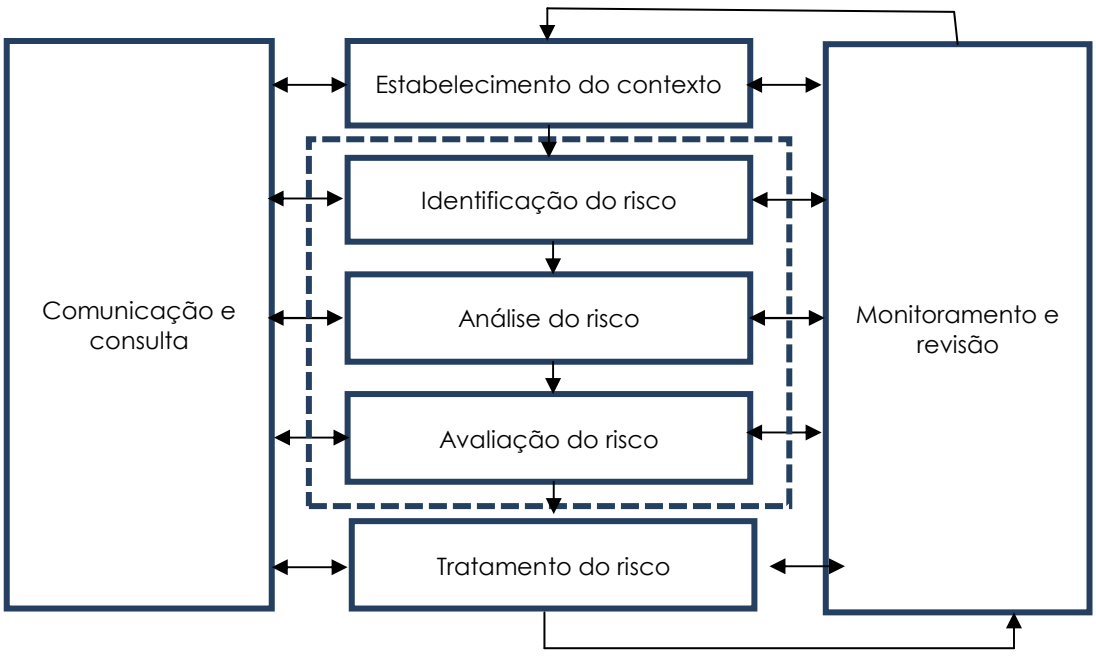
2 GERENCIAMENTO DE RISCOS DO PROJETO

O risco é definido como o efeito da incerteza nos objetivos do projeto. Sendo expresso em termos de uma combinação entre as consequências de um evento, incluindo mudanças nas circunstâncias, e a possibilidade de ocorrência associada sobre o mesmo. A magnitude de um risco é definida pela relação entre impactos e as probabilidades de que um evento aconteça (ISO 31000, 2009).

A compreensão da existência do risco em obras de construção indica a necessidade de ações que possam tratá-lo, de forma a não prejudicar o andamento do projeto e/ou aproveitar a oportunidade. Segundo Zavadskas, Turskis e Tamošaitien (2010) o gerenciamento de risco se destaca pela identificação, análise e definição de respostas que assegurem o atendimento dos objetivos do projeto.

A Figura 1apresenta os processos básicos necessários ao gerenciamento de riscos de acordo com a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC/FDIS, 2009). Ele indica as correlações entre as etapas de comunicação e consulta dos atores envolvidos no projeto para estabelecer o contexto e identificar os riscos. Por seguinte, estes são analisados e avaliados de modo que se defina um plano de ação, que é utilizado quando, no decorrer da obra, é constatada a sua ocorrência.

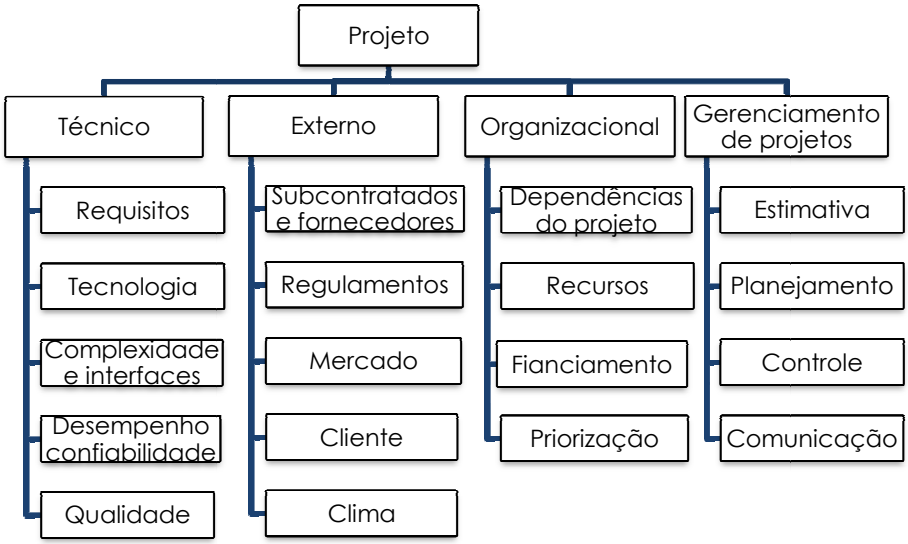
Figura 1- Atividades do gerenciamento de riscos.



Fonte: Adaptado de IEC/FDIS (2009).

A Figura 2 indica quais são os principais núcleos de fontes de riscos em um projeto. Essas fontes abrangem diversos setores durante todo o período de vida da obra. A equipe de gerenciamento deve ter uma boa percepção das fontes de risco do projeto para criar as respostas adequadas.

Figura 2 - Fontes de risco.



Fonte: PMI (2013, p.271).

Para o IPMA (2006), a análise classifica as ameaças e oportunidades de acordo com suas importâncias, em função de seus impactos e probabilidades de ocorrência. Essa classificação é usada para decidir qual estratégia deve ser usada para lidar com cada ameaça e oportunidade.

O PMI (2013) relaciona esses fatores na matriz abaixo (Figura 3), especificando combinações de probabilidade e impacto. Como resultado, é possível classificar os riscos como de prioridade baixa, moderada ou alta, ajudando a orientar as respostas aos riscos nos processos posteriores.

Figura 3 - Matriz de probabilidade e impacto.

Prob	**Ameaças**					**Oportunidades**				
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05/ Muito baixo	0,1/ Baixo	0,2/ Mod.	0,4/Alto	0,8/ Muito Alto	0,8/ Muito Alto	0,4/Alto	0,2/ Mod.	0,1/ Baixo	0,05/ Muito baixo

Impacto (escala numérica) em um objetivo (por exemplo: custo, escopo ou qualidade). Cada risco é avaliado de acordo com a sua probabilidade e o impacto. Os limites de tolerância da organização para riscos são mostrados na matriz e determinam se o risco é alto, moderado ou baixo para aquele objetivo.

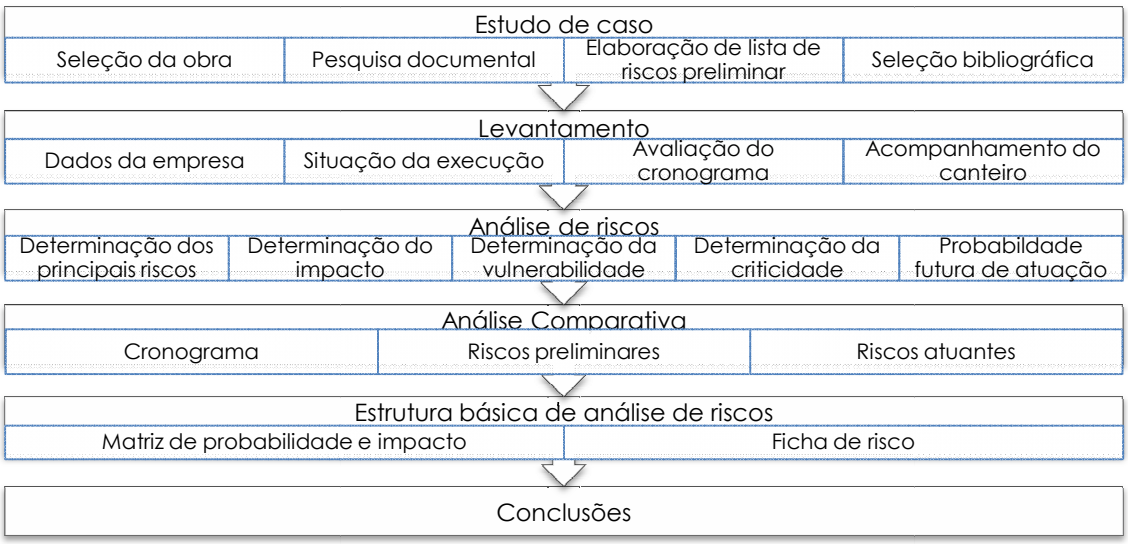
Fonte: PMI (2013, p.331).

Segundo o PMI (2013) as estratégias de resposta são definidas de acordo com a classificação dos riscos como oportunidades ou ameaças. Sendo respostas para os riscos positivos (oportunidades): explorar, compartilhar, melhorar e aceitar; e para os riscos negativos (ameaças): eliminar, transferir, mitigar e aceitar. Algumas respostas são planejadas para serem executadas apenas caso determinado evento ocorra, denominando estratégia de contingência.

3 METODOLOGIA

Este artigo é fruto de um estudo de caso, realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em uma edificação educacional composta por laboratórios. Foi realizado o acompanhamento dos processos de execução da estrutura, alvenaria, instalações hidrossanitárias e elétricas e cobertura e foram avaliados os riscos presentes nestas fases. Na Figura 4 estão apresentadas as etapas da pesquisa.

Figura 4 - Etapas da Pesquisa.



A revisão teórica da literatura definiu os fundamentos do gerenciamento de riscos e permitiu a identificação de uma lista preliminar dos riscos. Foi desenvolvida, então, a análise documental da obra, questionários e observação in loco para definir os riscos usuais a obras de construção civil.

Para a compreensão do contexto da obra, foi elaborado um questionário e aplicado ao engenheiro encarregado da execução e ao fiscal da universidade. Fizeram-se também visitas de campo e análise documental do diário de obras, do cronograma e dos aditivos contratuais.

Os dados coletados permitiram evidenciar uma série de riscos incidentes nesta obra. Estes foram analisados a partir de uma matriz de risco, onde se estimou a vulnerabilidade dos riscos levantados e a probabilidade de ocorrências futuras.

Comparou-se a lista de riscos preliminar e aqueles que de fato atuam sobre

essa obra, identificando os riscos que não se aplicam aquela realidade e aqueles que podem ter sido negligenciados, mas apresentam influência suficientemente importante no canteiro.

Neste contexto, definiu-se as premissas de uma estrutura básica de análise de riscos aplicável para obras similares. Essa estrutura fornece diretrizes para que se tenha um maior controle sobre riscos destas obras e, por consequência, um menor impacto sobre os recursos públicos.

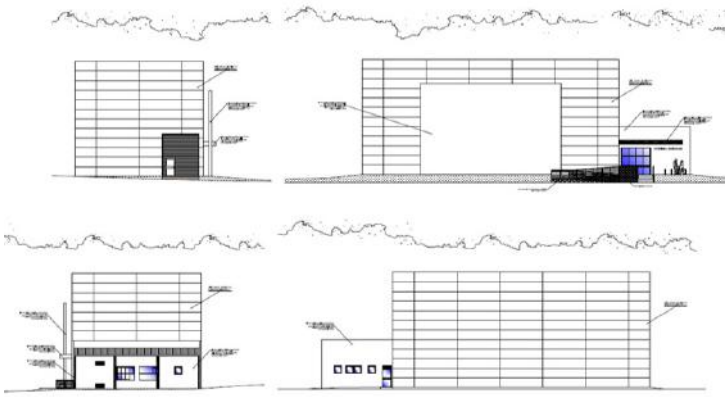
4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 Estudo de caso

O projeto objeto do estudo é constituído de uma edificação que abrigará um estúdio para produção de material audiovisual do curso de Cinema e Jornalismo, com a TV UFSC. Portanto, a característica principal da edificação é o desempenho acústico. O projeto iniciou em 2008, mas foi licitado em 2014. A obra teve como preço global inicial R$ 2.652.853,26, com uma duração de 180 dias.

A área total da edificação é de 772,67 m², dividida em 557,71 m² do pavimento térreo; 89,86 m² de área do mezanino; 62,55 m² referente aos reservatórios e 62,55 m² de área do pavimento técnico. A representação da fachada do projeto pode ser observada na Figura 6.

Figura 5 - Representação da fachada do projeto.



Fonte: DPAE- UFSC.

Para a execução da obra foi contratada uma empreiteira com mais de 30 anos de atuação no mercado da região e com aproximadamente 50 funcionários contratados. O acompanhamento da obra é realizado por um fiscal contratado pela Universidade Federal de Santa Catarina.

O canteiro da obra se caracteriza como pequeno, onde em média estavam presentes na obra quinze funcionários. O acompanhamento da evolução do projeto foi descrito como reativo, sendo tomadas as decisões de gerenciamento em resposta ao desempenho medido no mês.

4.2 Aplicação do Questionário

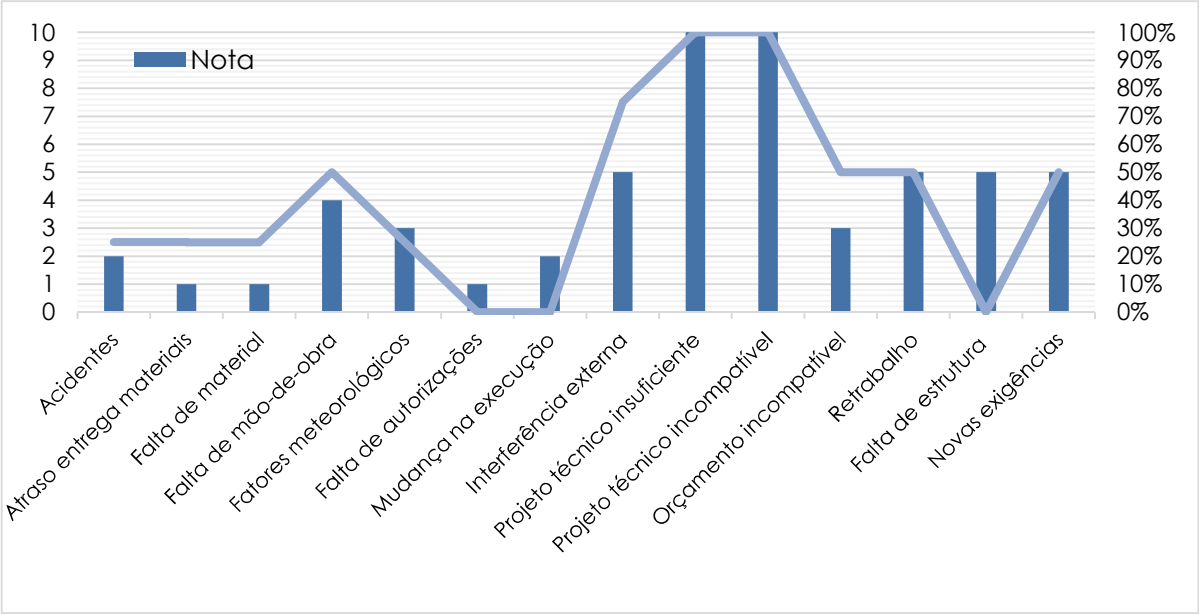
Inicialmente, foi aplicado um questionário à engenheira responsável pela execução da obra (contratada); e também ao fiscal da obra, ator que representa a Universidade Federal de Santa Catarina (contratante).

A engenheira responsável pela execução possui em torno de cinco anos de experiência, tendo trabalhado em menos de cinco obras. Ela afirmou que todas as obras em que atuou, ocorreram problemas no orçamento e no cronograma.

O fiscal da obra atua nessa função na Universidade há aproximadamente dez anos, e participou da execução de mais de dez obras durante sua carreira. Do mesmo modo, ele comentou que, em todas as obras em que participou, houveram desvios no cumprimento dos objetivos.

O fiscal avaliou os riscos presentes nas obras da universidade, segundo sua perspectiva e experiência, e definiu um percentual de probabilidade de ocorrência e uma nota de 0 (zero) para menor e 10 (dez) para maior considerando o impacto dos mesmos. Os resultados são apresentados na Figura 6.

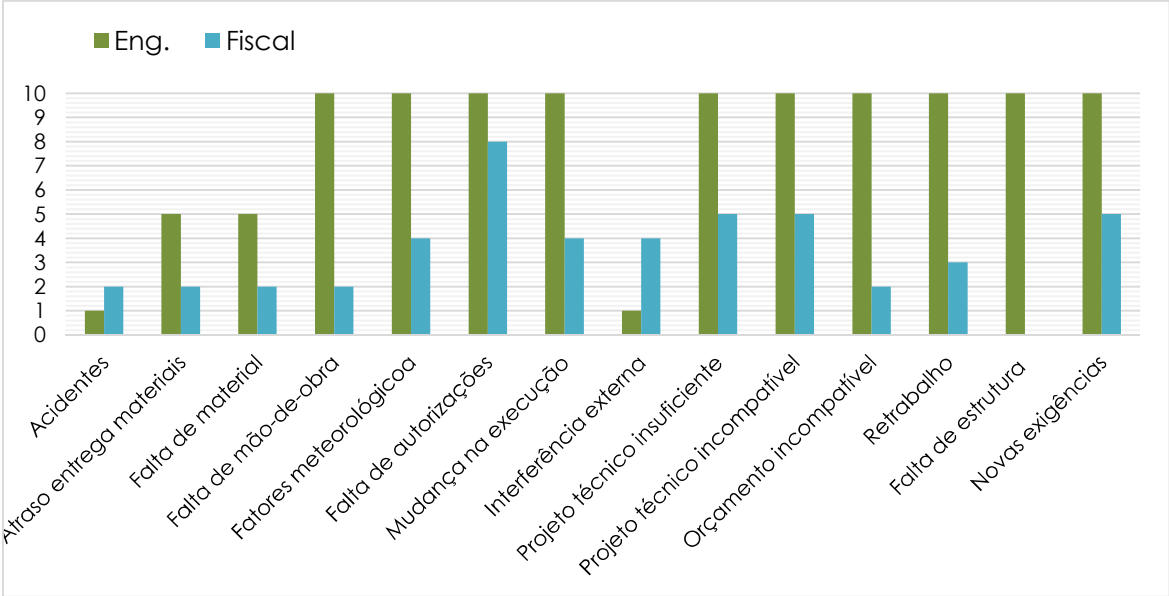
Figura 6 - Histórico de riscos nas obras da UFSC acompanhadas pelo fiscal.



Percebe-se a predominância de riscos referentes a projetos técnicos executados, cuja gravidade foi considerada extrema pelo fiscal. A falta de medidas que visem impedir a perenidade do risco indica um problema de gerenciamento grave.

Os profissionais também avaliaram a ocorrência de riscos registrados até o momento no canteiro em relação às suas percepções. Na Figura 7 se apresenta a comparação entre a opinião da engenheira (responsável por parte da contratada) e do fiscal (representante do contratante).

Figura 7 - Comparação da percepção de ambos os engenheiros.



Esses resultados evidenciam uma diferença de percepção entre o contratante e o contratado. O contratado tem uma percepção de uma maior exposição aos riscos, enquanto que, o contratante não percebe a existência de alguns riscos devido ao vínculo indireto sobre ele.

4.3 Análise Documental

Ao avaliar os documentos da obra, realizou-se o levantamento dos eventos presentes no empreendimento, que geraram vulnerabilidade e influenciaram o atraso e o aumento de custo. Sendo identificados os seguintes pontos:

- Mudança de terreno: o projeto foi inicialmente proposto para outro local e teve que ter suas dimensões reduzidas em curto período de tempo, devido à disponibilização do terreno atual;
- Tempo de execução: o tempo foi imposto pelas esferas responsáveis na universidade, não sendo esse período devidamente dimensionado;
- Falta de alvará de construção: a execução da obra começou sem a expedição do documento;
- Uso de materiais específicos: o projeto necessita de materiais específicos que atendam ao desempenho acústico de um laboratório "tecmídia", reduzindo o número de possíveis fornecedores;
- Acompanhamento do cronograma: o controle do tempo é realizado apenas durante as medições mensais da fiscalização;
- Recursos de terceiros: a administração dos recursos financeiros foi realizada por uma fundação, que disponibilizou os recursos em um período limitado. Por esta razão, todo o processo de desenvolvimento de projeto, licitação e canteiro foram planejados e executados em caráter de urgência;

- Autorizações ambientais: o processo de autorização de corte de árvores foi iniciado juntamente com as atividades do canteiro.

4.4 Riscos na Obra

Diante destas análises foram identificados alguns riscos presentes neste estudo de caso, assim como seus impactos no custo, no prazo e na qualidade da obra, demonstrados no Quadro 01.

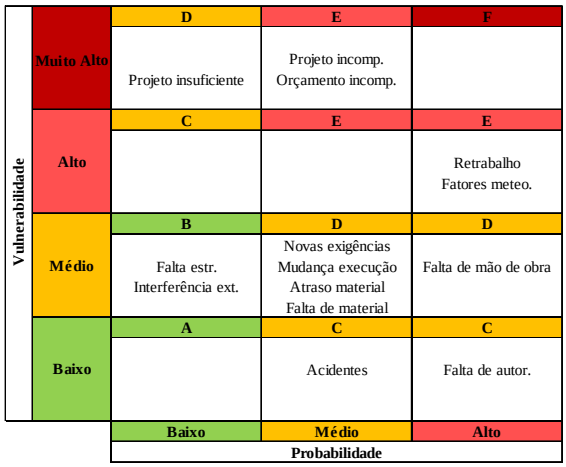
Quadro 01 – Principais riscos e seus impactos.

Risco		Impacto		
		Prazo	Custo	Qualidade (nível)
Falta de autorização do corte das árvores		45 dias de atraso.	Não houve aditivo.	Não houve.
Chuvas durante a fundação		3 dias de atraso.	R$ 21.748,28 (aprovado) R$ 7.592,85 (requisitado)	Médio.
Projeto técnico	Compatibilização	4 dias de atraso.	Não houve aditivo.	Alto.
	Modificação in loco	19 dias de atraso.	Não houve aditivo.	Alto.
	Espaço não planejada	30 dias de atraso.	Não houve aditivo.	Alto.
	Estrutura não planejada	14 dias de atraso.	R$ 2.840,74 (requisitado)	Alto.
Atraso dos fornecedores		30 dias de atraso.	Não houve aditivo.	Não houve.
Diferença no orçamento		60 dias de atraso.	R$ 116.000,00	Não houve.
Chuvas (dias inoperáveis)		17 dias de atraso.	Não houve aditivo.	Baixo.

4.5 Matriz de Riscos do Estudo de Caso

A incidência dos principais riscos é apresentada na matriz (Figura 8 e Quadro 2), contendo a gravidade dos riscos segundo uma escala simplificada, dividida entre efeito baixo, médio e alto; e a probabilidade de ocorrências. A relação desses dois fatores indica os riscos que devem ser monitorados.

Figura 8- Resumo da matriz.



Quadro 2 - Matriz de riscos Laboratório Tecmídia.

Ameaça (causa)	Vulnerabildiade (Efeito)					
	Custo	Tempo	Qualidade	Vulnerabilidade	Probabilidade	Criticidade
Acidentes	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	C
Atraso entrega materiais	Baixo	Médio	Baixo	Médio	Médio	D
Falta de material	Médio	Médio	Baixo	Médio	Médio	D
Falta de mão-de-obra	Baixo	Médio	Médio	Médio	Alto	D
Fatores meteorológicos	Médio	Alto	Médio	Alto	Alto	E
Falta de autorizações	Médio	Alto	Baixo	Alto	Baixo	C
Mudança na execução	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	D
Interferência externa	Baixo	Médio	Médio	Médio	Baixo	B
Projeto técnico insuficiente	Alto	Alto	Alto	Muito Alto	Baixo	D
Projeto técnico incompatível	Alto	Alto	Alto	Muito Alto	Médio	E
Orçamento incompatível	Alto	Alto	Alto	Muito Alto	Médio	E
Retrabalho	Médio	Médio	Alto	Alto	Alto	E
Falta de estrutura	Médio	Baixo	Médio	Médio	Baixo	B
Novas exigências	Médio	Médio	Baixo	Médio	Médio	C

Escala:	Custo	Tempo	Qualidade	Probabilidade	Criticidade	
Alto	> R$10.000,00	mais de um mês	Execução refeita	>40%	E	F
Médio	R$ 5.000,00 - 10.000,00	até um mês	Execução corrigida	10%- 40%	C	D
Baixo	< R$ 5.000,00	até uma semana	Execução possível	0-10%	A	B

4.6 Comparação dos Riscos Teóricos e Práticos

Os riscos identificados na revisão bibliográfica foram igualmente observados no estudo de caso, cada um com seu nível de impacto em maior ou menor grau. O levantamento não identificou nenhum risco que não tivesse sido constado.

Contudo, alguns apresentaram menor incidência e criticidade, como exemplo os acidentes em obras. E outros riscos aconteceram de modo recorrente, como os problemas com o projeto, que se apresentaram de diversas formas, tanto com problemas de compatibilização, como falta de detalhamento e erros de desenho.

Outro risco que merece atenção é orçamento incompatível. Este risco aconteceu devido a um erro na especificação do material, considerando similar um item de valor diferenciado. Este foi o maior risco enfrentado obra, que quase inviabilizou sua continuidade.

Destaca-se que os riscos de maior probabilidade de ocorrência e impacto têm sua origem nas fases de planejamento do produto, por meio da definição do projeto e a especificação, e não na execução em si.

4.7 Estrutura Básica de análise de riscos

Para guiar os futuros empreendimentos da universidade, foi elaborada uma estrutura básica de análise de riscos, destinada ao acompanhamento das vulnerabilidades da obra, desde sua concepção até a finalização. Este documento pode ser utilizado pela contratada e/ou contratante.

A ficha inicial, como observado na Figura 9, compreende os elementos iniciais essenciais referentes ao projeto. A fase mais importante dessa estrutura é a revisão dos projetos. A ficha inicial não só determina um responsável pela revisão, como solicita a verificação do atendimento de

determinados itens.

Figura 9 - Ficha inicial da análise de riscos.

Universidade Federal de Santa Catarina — Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia

Estrutura da Análise de Riscos

Nome do projeto	
Responsáveis	

Localização	**Área estimada**

Finalidade

Tempo previsto de projeto		**Tempo previsto de execução**	

Tipo de contrato	
Origem dos recursos	

Particularidades do projeto

Projeto Arquitetônico

Responsável				
Data do pedido		Data de entrega		

Conteúdo			**Parecer**		
Localização, implantação e quadro de áreas	S	N	Foram entregues todas as pranchas	S	N
Planta de urbanização	S	N	Projetos conformes	S	N
Planta baixa dos pavimentos	S	N	Memorial claro e completo	S	N
Planta de cobertura	S	N	Pranchas claras e completas	S	N
Cortes	S	N			
Fachadas	S	N	Discrepância entre valores	S	N
Plantas de piso e forro	S	N	Dúvida de valores	S	N
Detalhamentos diversos	S	N	Dúvida de representação	S	N
Memorial descritivo	S	N	Incompatibilidade	S	N
Instalações do canteiro	S	N	Ilegível	S	N
Especificação dos materiais	S	N	Incompleto	S	N

Responsável parecer		Data do parecer	
Comentários			

Projetos revisados e aprovados			S	N
Responsável		Data de revisão		
Comentários				

4.8 Matriz de Riscos

A matriz de riscos sugerida considera os riscos teóricos aplicáveis a cada tipo de obra. Deste modo, foram desenvolvidas duas listas de riscos, uma para a contratada (Figura 10) e outra para contratante da obra (

Figura 11). As listas apresentam riscos comuns às duas partes, e riscos exclusivos que são identificados apenas por um dos lados.

A escala usada para o preenchimento dessa matriz de riscos se altera conforme características da obra, sendo determinada pelos responsáveis pelo projeto.

Figura 10 - Matriz de riscos da contratada.

Ficha de risco- Contratada	Vulnerabilidade (Efeito)									Resultados												
	Custo			Tempo			Qualidade			Vulnerabilidade				Probabilidade			Criticidade					
Ameaças																						
Riscos de segurança																						
1 Registro de acidente no canteiro	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
2 Medidas de segurança inadequadas e operações inseguras	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco ambiental																						
3 Poluição ambiental;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
4 Condições climáticas não serem corretamente estimadas	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco de terceiros																						
5 Atraso na entrega de materiais;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
6 Atraso na entrega de serviços terceirizados;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
7 Falta de material e equipamentos;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco cliente																						
8 Variações pelo cliente;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
9 Falta de recursos pelo cliente;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
10 Falta de colaboração do cliente	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco financeiro																						
11 Verba de contingência mal estimada ou inexistente;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
12 Incompetência financeira;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
13 Consumos e custos mal estimados;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco técnico																						
14 Erros de projeto;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
15 Projeto técnico com informações insuficientes;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
16 Projeto técnico não compatível;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco de execução																						
17 Falta de gerenciamento do canteiro;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
18 Acontecimentos desconhecidos apurados na execução;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
19 Falhas, erros e retrabalho;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
20 Interferência externa;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
21 Falta de estrutura na região;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
22 Problemas técnicos nos equipamentos;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
23 Dificuldade de implantação da obra;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco gerencial																						
24 Excessivos procedimentos que exijam aprovação;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
25 Habilidades de gerenciamento insuficiente;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
26 Adoção de produtividade incompatível	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
27 Problemas de comunicação	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco humano																						
28 Falta de profissionais;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
29 Falta de treinamento dos profissionais;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
30 Greves, litígios entre profissionais/empresa.	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Oportunidades																						
Riscos de segurança																						
1 Medidas de segurança adequadas e operações seguras;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco ambiental																						
2 Condições climáticas corretamente estimadas	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco de terceiros																						
3 Entregas dos materiais no prazo;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
4 Entrega dos serviços terceirizados no prazo;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco cliente																						
5 Colaboração do cliente	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
6 Relação anterior com o cliente	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco financeiro																						
7 Verba de contingência bem estimada;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
8 Competência financeira;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
9 Consumos e custos devidamente estimados;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco técnico																						
10 Não ocorrência de erros de projeto;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
11 Projetos compatíveis;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
12 Terreno devidamente conhecido;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
13 Técnicas conhecidas e dominadas;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
14 Projeto semelhante a projetos anteriores,	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco de execução																						
15 Gerenciamento do canteiro bem desenvolvido;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
16 Região segura,	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
17 Boa estrutura na região;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
18 Produtividade maior que o planejado;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco gerencial																						
19 Necessidade de poucos processos burocráticos;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
20 Grande habilidade de gerenciamento;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
21 Boa comunicação	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Risco humano																						
22 Profissionais suficientes;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
23 Profissionais bem qualificados;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F

B- Risco Baixo A-Risco Alto A- Baixa criticidade, desconsiderável

M- RiscoMédio MA- Risco Muito Alto F- Altíssima criticidade, plano de ações

Figura 11 - Matriz de riscos da contratante.

Matriz de risco - Contratante	Vulnerabilidade (Efeito)									Resultados											
	Custo			Tempo			Qualidade			Vulnerabilidade				Probabilidade			Criticidade				
Ameaças																					
Riscos fase de projeto																					
1 Prazo de planejamento insuficiente	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
2 Falta de comunicação com equipe técnica	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
3 Verba de contingência mal estimada ou inexistente;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
4 Prazo de execução da obra mal estimado	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
5 Indisponibilidade de empresas qualificadas;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
6 Inflação superior ao estimado	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
7 Consumos e custos mal estimados,	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
8 Adoção de produtividade incompatível	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
9 Despesas iniciais não planejadas	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
10 **Não liberação dos recursos financeiros**	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos segurança																					
11 Registro de acidente no canteiro	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
12 Medidas de segurança inadequadas e operações inseguras	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos ambientais																					
13 Poluição ambiental;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
14 Condições climáticas não serem corretamente estimadas	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos execução																					
15 Falta de material e equipamentos;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
16 Necessidade de modificação do projeto já em execução;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
17 Acontecimentos desconhecidos apurados na execução;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
18 Falhas, erros e retrabalho;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
19 Falta de mão de obra;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
20 Interferência externa;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos empresa																					
21 Falta de comunicação com a empresa;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
22 **Ocorrência de danos ao patrimônio da UFSC;**	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
23 Incompetência financeira pela empresa;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
24 Atraso na entrega dos serviços pela empresa,	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
25 Falta de gerenciamento do canteiro pela empresa;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos técnicos																					
26 Erros de projeto;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
27 Projeto técnico com informações insuficientes;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
28 Projeto técnico não compatível;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
29 Problemas técnicos nos equipamentos;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos administrativos																					
30 Falta de estrutura na região;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
31 Dificuldade de implantação da obra;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
32 Excessivos procedimentos que exijam aprovação;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
33 Habilidades de gerenciamento insuficiente;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos humanos																					
34 Falta de profissionais;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
35 Falta de treinamento dos profissionais;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
36 Greves, litígios entre profissionais/empresa.	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Oportunidades																					
Riscos segurança																					
1 Medidas de segurança adequadas e operações seguras;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos ambientais																					
2 Condições climáticas corretamente estimadas	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos empresa																					
5 Colaboração da empresa;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
6 Relação anterior com a empresa;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos fase de projeto																					
7 Verba de contingência bem estimada;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
8 Competência financeira;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
9 Consumos e custos devidamente estimados;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
10 Não ocorrência de erros de projeto;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
11 Projetos compatíveis;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos execução																					
12 Terreno devidamente conhecido;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
13 Técnicas conhecidas e dominadas;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
14 Projeto semelhante a projetos anteriores;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
15 Gerenciamento do canteiro bem desenvolvido;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
16 Produtividade maior que o planejado;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos região																					
17 Região segura;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
18 Boa estrutura na região;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos administrativos																					
19 Necessidade de poucos processos burocráticos;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
20 Grande habilidade de gerenciamento;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
21 Boa comunicação	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
Riscos humanos																					
22 Profissionais suficientes;	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F
23 Profissionais bem qualificados,	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	B	M	A	A	B	C	D	E	F

Determinar Escala	Custo	Tempo	Qualidade	Probabilidade
Alto				
Médio				
Baixo				

A- Baixa criticidade, desconsiderável
F- Altíssima criticidade, plano de ações

4.9 Ficha de Risco

A ficha de risco (Figura 12) é a continuação da estrutura de análise de riscos sugerida. Seu preenchimento ocorre inicialmente na fase projeto, analisando todos os possíveis riscos a incidir sobre o canteiro, definidos a partir dos riscos teóricos e as experiências da equipe.

Figura 12 - Matriz de riscos da contratante.

Ficha de risco- Tecmídia

Nome do risco	**Falta de autorização do corte de árvores**

Período de exposição	nstalação do canteiro	Atividade	Limpeza do terreno

Tema	**Responsável**	**Data de identificação**	**Data de fechamento**
Permissões		08/01/2015	04/03/2015

Contexto
A existência de árvores no terreno indica a necessidade de uma autorização de corte para permitir o início das obras

Causas	Consequências
Não foi feita a solicitação juntamente com a FLORAM antes da ordem de serviço	Impedimento do início das obras no canteiro

Avaliação e hierarquia

Data	Impacto					Gravidade	Probabilidade nova ocorrência	Criticidade
	Custo	Prazo	Qualid,	Outros	Definir "outros"			
	Baixo	Alto	Baixo	0		Média	Baixa	B

Ações de tratamento

Nº Ação	Ação	**Tratamento**		
		Responsável	Custo	Data
1	Acompanhamento da necessidade de novas autorizações	UFSC		

Essas fichas devem ser acompanhadas ao longo do empreendimento, e novos riscos podem ser incluídos. Este documento contém o detalhamento de cada ocorrência atuante na obra em um nível mais preciso.

Sugere-se que, por meio da análise das fichas sejam determinados os prováveis gastos com os riscos, contabilizando um montante referente à reserva de contingência dentro do orçamento.

O produto final dessa análise é composto: pela matriz de riscos, desenvolvida a partir dos riscos identificados; pelas fichas contendo os planos de ações e, finalmente, pela estimativa da reserva de contingência para o projeto.

5 CONCLUSÕES

O objetivo proposto neste artigo de avaliar os riscos, na fase de execução de uma obra pública, da Universidade Federal de Santa Catariana, como

forma de fornecer subsídios para desenvolvimento de uma ferramenta de análise de riscos aplicável a outros projetos, fora alcançado.

O estudo identificou que os riscos atuantes na execução da obra tiveram sua origem em problemas no projeto e no planejamento do empreendimento, e medidas paliativas de gerenciamento não foram tomadas para minimizar a ocorrência e impacto dos riscos negativos.

O levantamento realizado, apesar de ter sua duração restrita a algumas etapas da execução, evidenciou que a supressão de algumas atividades durante o planejamento do empreendimento o tornaram vulnerável a ação destes riscos.

Evidenciou-se que os problemas técnicos com projetos foram os riscos que atuaram com maior frequência, mas foram as falhas durante a especificação do orçamento que tiveram um maior impacto, quase inviabilizando o prosseguimento da obra.

Foi verificado que os riscos atuantes na execução tiveram sua origem no ambiente externo ao canteiro e/ou nas etapas de concepção e planejamento do empreendimento, sendo que os riscos internos à obra não atuam com a mesma criticidade.

Os impactos dos riscos nos custos da obra demonstram a viabilidade da realização do estudo, uma vez que a falta de gerenciamento de riscos tem proporções consideráveis que ultrapassam os dispêndios que seriam alocados para o seu estudo.

O mapeamento dos riscos é ainda mais importante quando se tratam de obras públicas contratadas pelo Regime Diferenciado de Contratação (RDC), na modalidade contratação integrada, uma vez que a Lei 12.462 (BRASIL, 2011) prevê que o valor estimado da contratação possa considerar taxa de risco compatível com o objeto da licitação, caso o anteprojeto contemple a matriz de alocação de riscos entre a administração pública e o contratado.

Diante do exposto, fica clara a necessidade da inclusão de um processo de gerenciamento dos riscos, desde a concepção do projeto até o encerramento e entrega da obra, nominando os responsáveis pela identificação, tratamento e monitoramento desses riscos. Deste modo, seriam mitigados os aditivos de prazo e custo nas obras públicas, induzindo a uma melhor utilização dos recursos públicos.

REFERÊNCIAS

ABNT–ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000**: Gestão de riscos–Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009.

AZEVEDO, R. G.; ENSSLIN, L.; JUNGLES, A. E. A review of risk management in construction: Oportunities for improvement. **Modern Economy**, [S.l.], v.5, p. 367-383, 2014.

BARRETO, F.S.P.; ANDERY, P.R.P. Contribuição a Análise de Riscos no Processo de Concepção de Projetos de Incorporadoras de Médio Porte. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.15, n.4, p. 71-85, out./dez.2015.

BRASIL. LEI nº 12.462, de 04 de agosto de 2011. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC. Brasília, ago., 2013. Legislação Federal e marginalia.

ELY, D.M. **Modelo para avaliação do processo de licitação pública de obras ou serviços de engenharia.** Florianópolis: 2016. 369p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Engenharia Civil, Florianópolis, 2016.

IEC – INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC/FDIS 31010.** Risk Management - Risk Assessment Techniques. 5ª ed. EstadosUnidos da América: International Electrotechnical Commission, 2009.

IPMA - International Project Management Association. **IPMA Competence Baseline** - Version 3.0.Nijkerk: International Project Management Association, 2006.

PMI– INSTITUTO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos.** 5ª ed. Estados Unidos da América: Project Management Institute, 2013.

SILVA, M. B. **Proposta de Roteiro para o Gerenciamento de Riscos em Obras Empreitadas de Construção Civil.** Curitiba: 2008. 295p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z.; TAMOŠAITIEN, J. Risk assessment of construction projects. **Journal of Civil Engineering and Management**, [S. l.], v. 16, n. 1,33–46, 2010.

ZOU, P. X. W; ZHANG, G; WANG, J. Understanding the key risks in construction projects in China. **International Journal of Project Management**, [S. l.], v. 25, n. 6, p. 601-614, 2007.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ROTEIRO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS RESIDENCIAIS[1]

HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz (1); ANDRADE, Gustavo Brega Quinet (2)

(1) UFJF, e-mail: aparecida.hippert@ufjf.edu.br; (2) UFJF, e-mail: gustavo.quinet@engenharia.ufjf.br

RESUMO

Um cenário de crise econômica exige de construtoras e incorporadoras maior cautela ao se programar um novo investimento. Neste contexto, o estudo de viabilidade apoiado em parâmetros da Engenharia Econômica, constitui um importante instrumento capaz de avaliar o risco deste novo investimento. O objetivo deste trabalho é apresentar um roteiro para a realização de um estudo de viabilidade para um empreendimento imobiliário. A metodologia considera a realização de um estudo de caso onde é realizado o estudo de viabilidade técnica, econômica e financeira para a construção de um prédio residencial multifamiliar localizado em Juiz de Fora/MG. Os dados locais foram obtidos de entrevistas com um engenheiro, um arquiteto e cinco corretores de imóveis. Os resultados são apresentados segundo os cenários realista, pessimista e otimista (em função da velocidade de vendas) e são comparados com possíveis investimentos do mercado financeiro. Embora a taxa mínima de atratividade possa variar de acordo com o perfil do investidor e ser determinante na decisão de empreender, o resultado aponta que o empreendimento é viável. O trabalho contribui para que interessados em empreender no mercado imobiliário, possam usar de um roteiro que os auxilie a realizar o estudo da viabilidade para seus novos empreendimentos.

Palavras-chave: Estudo de viabilidade. Empreendimentos. Mercado Imobiliário.

ABSTRACT

The economic crisis scenario requires that builders and developers exercise greater caution when programming a new investment. In this context, the feasibility study supported by parameters of Economic Engineering is an important tool to assess the risk of a new investment. This paper presents a roadmap for a feasibility study of real estate development projects. We carried out a case study, analysing the technical, economic and financial feasibility of building a multifamily residential building in Juiz de Fora / MG. Data were obtained in interviews with an engineer, an architect and five realtors. The results are presented according to three scenarios - realist, pessimistic and optimistic (depending on the projected speed of sales) and are compared to the performance of other possible investments in the financial market. Although the attractivity of the investment may vary according to the investor's profile and have some weight in the decision to undertake the project, the result indicates that the project is feasible. This paper contributes to help investors who are interested in the real estate market, and can be used as roadmap that will help them to carry out a feasibility study for new ventures.

***Keywords**: Feasibility study. Enterprises. Real estate market.*

[1] HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz; ANDRADE, Gustavo Brega Quinet. Roteiro para estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil brasileira está hoje em crise devido em grande parte à estagnação econômica em que se encontra o país. Junta-se a isso o excesso de lançamentos gerados pelos anos de euforia do mercado imobiliário que fez aumentar a oferta em relação à demanda.

A crise da economia no país tem influência na construção civil. Segundo o FIPECAFI (2015), o setor emprega diretamente mais de três milhões de pessoas e é responsável por mais de 6% do PIB nacional.

No caso das incorporadoras de capital aberto elas diminuíram 68% dos lançamentos em 2015, quando comparado ao mesmo período do ano anterior. Das treze incorporadoras de capital aberto na bolsa de valores, seis ainda não lançaram nenhum empreendimento no mercado até a metade de 2015. A rentabilidade do setor caiu cerca de 9% de 2013 para 2014. Entre as 500 maiores empresas do país, vinte e três são de construção sendo que apenas três conseguiram crescer no último ano (LOTURCO,2015).

Diante desse panorama de incertezas, velocidade reduzida nas vendas e alta concorrência, faz-se necessário a realização de estudos, baseados em ferramentas conhecidas no campo da Engenharia Econômica, por quem pretende lançar imóveis no mercado atual.

Assim, a relevância deste trabalho está associada à importância dos estudos de viabilidade na tomada de decisão, para a realização de empreendimentos residenciais, favorecendo a estruturação, formalização do processo decisório e disseminação do conhecimento específico, restrito a poucos especialistas.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar um roteiro para a realização de um estudo de viabilidade de um empreendimento imobiliário, a partir de um terreno específico, com o uso dos conceitos e técnicas da Engenharia Econômica.

2 VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS

Empreendimentos imobiliários são aqueles inseridos no setor da construção civil, em operações de produção de bens, tendo por objetivo sua venda ou outro tipo de transação comercial, como por exemplo, o aluguel (LIMA Jr, 1993).

Para que os empreendedores possam investir seus recursos no setor da construção civil de forma adequada e obtendo retornos financeiros compatíveis com suas expectativas, faz-se necessário a realização de estudos de viabilidade de maneira a balizar a tomada de decisão.

Os estudos de viabilidade surgiram com o intuito de avaliar com precisão adequada os possíveis resultados e expectativas de determinado projeto. Eles são realizados quando se deseja investir em novos empreendimentos e auxiliam à tomada de decisão. Sua complexidade se deve ao envolvimento de inúmeras variáveis associadas ao mercado da construção e financeiro,

questões comerciais e jurídicas, além de influências na sociedade (GOLDMAN, 2015).

Esses estudos podem ser de natureza técnica, econômica e financeira. A Viabilidade Técnica é o estudo da viabilidade em relação aos quesitos legais. É de extrema importância para o conhecimento do tipo de construção a ser feito no terreno em avaliação (RAHME, 2014).

A Viabilidade Econômica é a análise dos recursos financeiros que compõem o fluxo de caixa. Consiste no estudo das receitas e das despesas do empreendimento. O objetivo é sempre de se ter o maior retorno possível, com o menor investimento necessário, no menor prazo e com os menores riscos inerentes ao projeto (SILVA, 1995).

A Viabilidade Financeira é a análise do fluxo de caixa, como na viabilidade econômica, porém levando em conta o fator tempo. Segundo Gonçalves, Corrêa (2015) para saber se um empreendimento é viável ou não financeiramente é necessário comparar seus resultados a aplicações financeiras atuais e analisar o retorno do investimento.

2.1Roteiro para elaboração de um estudo de viabilidade

Um roteiro para a realização de um estudo de viabilidade de incorporação imobiliária é descrito por SALGADO (2002). Segundo a autora, o primeiro passo para quem deseja empreender no mercado imobiliário é a pesquisa de mercado. Através desta se conhecem os desejos e carências do mercado e pode-se definir o produto ideal, assim como estimar os valores de venda. A etapa seguinte é a escolha do terreno, que é a matéria prima do produto já definido.

Posteriormente, deve-se elaborar o projeto mais adequado, servindo de base para o levantamento dos custos de produção. Com os custos de construção já levantados, custo do terreno conhecido, despesas extras como marketing e corretagem identificadas e preço de venda estimado, tem-se os dados fundamentas para a elaboração de uma análise de viabilidade imobiliária.

Porém, segundo Greer, Kolbe (2003), a viabilidade de empreendimentos imobiliários pode também ter início com um terreno predeterminado e, a partir do mesmo, busca-se a melhor alternativa de negócio a ser empreendido. As características físicas e legais do terreno, além da sua localização com referência ao desenvolvimento econômico são o ponto de partida para a análise.

2.1.1 Pesquisa de mercado

Para a definição do produto ideal para o ponto considerado, faz-se necessário uma pesquisa de mercado com moradores da região, construtores, incorporadores ou corretores de imóveis. Deve-se considerar: o ponto; a legislação edilícia vigente; os estudos e os projetos aprovados; a vocação do bairro; o estudo de produto *versus* a demanda do mercado; a

infraestrutura urbana; a vizinhança e os serviços instalados.

Para a realização da pesquisa alguns pontos devem ser considerados e são necessárias respostas quanto a itens, como (GONÇALVES, CORRÊA, 2015): natureza do empreendimento, tipologia e padrão de acabamento.

2.1.2 Projeto

O tipo de produto é baseado na região, mas já é possível ter uma ideia da vocação do bairro ao analisar os imóveis construídos ao redor. Porém, somente quando for solicitada a IB - Informações Básicas (documento expedido pela prefeitura) pode-se conhecer o que se pode construir no local, como lojas, apartamentos residências, salas comerciais, galpões, indústrias, entre outros. A IB deve ser solicitada antes da compra do terreno e deve ser feita pelo proprietário do mesmo.

Outros enfoques a serem estudados são a altura e área máxima a ser construída e os recuos exigidos pela Lei de Uso dos Solos da cidade. Deve ser analisado o coeficiente máximo de aproveitamento, a largura da rua e dos passeios e recuos necessários.

2.1.3 Levantamento de custos

Inicialmente, deve-se verificar as formas de aquisição do terreno. No mercado, normalmente, são encontradas duas: a compra e a permuta. A compra é a opção mais simples.

A permuta é muito usada quando se refere à negócios imobiliários. Pode ocorrer de duas formas distintas: pela troca de um ou mais bens, ou através da troca de bens acompanhada de um pagamento adicional em dinheiro, que dá-se o nome de torna. Nesta opção, o permutante (dono do terreno) se torna parceiro do negócio, dividindo com o incorporador os riscos do empreendimento. Além disso, não é necessário despender de um grande valor logo no início para aquisição desta matéria prima. O pagamento ao permutante é feito em unidades do empreendimento.

Para a identificação dos custos de construção faz-se necessária a identificação dos regimes de construção existentes: por empreitada ou por administração. Nas incorporações em regime de empreitada, o Contratado executará a obra do Contratante. O construtor se responsabiliza técnica e administrativamente pela obra em todos os seus aspectos. O contratante, por sua vez, realiza medições dos serviços executados, conferindo o andamento e procedendo aos acertos financeiros relativos ao que foi executado.

Nas incorporações em que a construção é realizada por administração, também conhecida por preço de custo, a responsabilidade do pagamento integral da obra é dos proprietários (BRASIL, 1964). O Contratado executará a obra do Contratante pelo valor real necessário na construção e terá remuneração relativa ao serviço prestado, segundo um percentual, a taxa de administração. A responsabilidade por toda direção técnica e

administrativa da obra é da parte do Contratado.

Além disso, faz-se necessário dispor de uma margem adequada de 1% para investimento em marketing e propaganda, como sugere Balarine (1997).

2.1.3 Análise de viabilidade imobiliária

A análise de viabilidade imobiliária consiste na união do estudo estático, que aborda questões como projeto, áreas, custos de construção, custos de comercialização e custos do terreno, com o estudo dinâmico que, por sua vez, utiliza o fator juros, a relação entre o capital e o tempo.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica seguida de um estudo de caso. Este estudo considera a viabilidade de realização de um empreendimento habitacional multifamiliar em um terreno previamente selecionado na cidade de Juiz de Fora.

Para o estudo de caso, foram realizadas entrevistas na cidade, no período de julho a setembro de 2015 com os seguintes profissionais:

- Corretores de imóveis: 5 profissionais com atuação na área de localização do terreno;
- Engenheiro sênior responsável por empresa construtora e incorporadora com 25 anos de atuação no mercado;
- Arquiteto proprietário de escritório de arquitetura com mais de 100 projetos residenciais realizados.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Caracterização do objeto de estudo

O terreno em questão está localizado na cidade de Juiz de Fora/MG, no bairro Jardim Glória, possui 370m² de área com 15 metros de frente do terreno.

4.2 Estudo de viabilidade

4.2.1 Pesquisa de mercado

Para a realização desta etapa foram realizadas visitas ao local, pesquisa em imóveis ao redor, identificação de pontos de interesse próximos e entrevistas com corretores de imóveis. O valor de venda das unidades foi assumido em R$5.000,00/m².

Com base na experiência do engenheiro consultado foram estabelecidos os seguintes parâmetros:

- Natureza do produto: edificação residencial multifamiliar;

- Tipologia: apartamento tipo com 2 quartos e 1vaga de garagem e cobertura com 3 quartos e 2 vagas de garagem.
- Padrão de acabamento: médio-alto.

4.2.2 Projeto

Segundo informações do Cartório de Registro de Imóveis e do IPTU, o terreno está localizado em uma rua cujo coeficiente de aproveitamento é de 2,4 (JUIZ DE FORA, 1986). Sendo a área máxima privativa calculada como o produto da área do terreno pelo coeficiente de aproveitamento chega-se a 888 m².

Seguindo a Lei de Uso dos Solos da cidade de Juiz de Fora (JUIZ DE FORA,1986) a altura máxima a ser construída não pode ser maior que o dobro do somatório da largura dos dois passeios, da rua e do afastamento, ou seja 22 m. Considerando cada andar a ser construído com altura de 3m, percebe-se que não pode ser feito mais do que 7 andares quando utilizado 1m de afastamento. Porém, mantidos os 7 andares a área de cada apartamento seria muito pequena e assim optou-se por construir 6 pavimentos com 148 m² de área por pavimento.

A área de cada apartamento então poderia ser calculada como (1):

$$A_{apto} = ((A_{pavimento} - A_{hall\ entrada,\ escada\ incêndio,\ elevador})/Nr_{apto/andar}) + 10\%\ (\text{varandas e armários}) \quad (1)$$

Segundo dos dados obtidos junto ao arquiteto entrevistado a área do hall do pavimento pode ser estimada em 30m², e a área do hall de entrada em 40m², o que resulta em 65 m² para a área privativa de cada apartamento.

Portanto, o empreendimento será composto de 6 pavimentos habitáveis, cada um com 2 apartamentos, ambos de frente para a rua, de área aproximada de 65m², possuindo 2 quartos, sendo um deles suíte, um banheiro social, sala, cozinha, varanda e vaga na garagem. Os apartamentos cobertura, serão duplex, possuindo além do descrito uma suíte no andar superior.

4.2.3 Levantamento dos custos

Para o levantamento de custos são considerados os custos de aquisição do terreno, custos de construção e despesas extras. A partir das entrevistas realizadas foram estabelecidos as seguintes premissas:

- Taxa da administração da obra de12%;
- Tempo estimado de construção de 24 meses, incluindo projetos, construção e legalização, conforme padrão no mercado;
- Velocidades de venda nos possíveis cenários: Otimista (5% do Valor Geral de Venda - VGV por mês), Realista (2,5% do VGV por mês) e Pessimista (2% do VGV por mês);

- Valor das despesas de vendas: 2,5% do valor dos apartamentos permutados menos a comissão do corretor do terreno (5% do valor dos apartamentos vendidos) menos a comissão dos corretores dos apartamentos.

Quanto à aquisição do terreno, de acordo com entrevista com corretor e com o proprietário do terreno, o mesmo tem a intenção de realizar permuta no local sem torna, recebendo um apartamento tipo a cada seis construídos. No caso, dois apartamentos tipos com prioridade na escolha das unidades.

Quanto à construção, o empreendimento será vendido a preço fechado em que o comprador paga o valor estipulado e o incorporador lhe entrega o apartamento pronto. O incorporador, por sua vez, contrata uma empresa construtora, pagando uma taxa de administração referente à construção. Estimando-se as áreas de apartamentos, garagens, etc ... chega-se a uma área total construída de 1401 m² (os valores detalhados podem ser vistos em Andrade, 2015).

Para a estimativa do custo de construção pode-se usar o Custo Unitário Básico - CUB ou o Custo Unitário Pini de Edificações - CUPE (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2015). O primeiro, no mes de junho de 2015, foi de R$1.402,56/m², para um apartamento de 8 andares, de padrão de acabamento médio-alto enquanto o segundo foi de R$1.278,63/m² para a construção de um prédio com elevador e padrão médio-alto em Minas Gerais. A fim de respaldar o investidor na tomada de decisão adotou-se o maior custo por m². Considerando-se a taxa de administração tem-se o custo global da edificação, R$ 2.200.784,95.

Na sequencia deve-se decompor a estimativa inicial levando em conta o percentual de cada etapa da obra no custo total (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2015) com o objetivo de se identificar os custos por etapa da obra para que possam ser elaborados os fluxos de caixa do empreendimento.

4.2.4 Estudo de viabilidade

O passo seguinte é o cálculo das receitas do empreendimento (Tabela 1), resultando no VGV.

Tabela 1 – Cálculo do VGV

Descrição	**R$**
Valor de Venda Apartamento Tipo	325.000,00
Valor de Venda Apartamento Cobertura	487.500,00
Unidades Tipo Vendáveis (Total – Permuta)	8
Unidades Cobertura Vendáveis (Total – Permuta)	2

Fonte: Andrade (2015)

A partir do VGV pode-se complementar os demais custos. Conforme informações obtidas junto com construtor podem ser considerados os seguintes percentuais:

- Projeto (1,5 do VGV);
- Aprovações (0,4% do VGV);
- Outras despesas (1% do VGV);

As despesas de venda (2), ainda segundo o construtor, seriam as despesas de venda dos apartamentos (5%), do terreno (2,5%) e relativas ao marketing (1%):

$$\text{Despesas vendas} = (5\%_{\text{venda aptos}} + 2{,}5\%_{\text{venda terreno}} + 1\%_{\text{venda aptos}}) \quad (2)$$

A Tabela 2 reúne os dados obtidos.

Tabela 2 – Resumo dos custos

Descrição	**R$**
Terreno	0
Edificações + administração da obra	2.200.784,95
Projetos (1,5% VGV)	53.625,00
Aprovações (0,40% VGV)	14.300,00
Outras Despesas (1% VGV)	35.750,00
Despesas de Vendas	212.875,00
Total	2.517.334,95

Fonte: Andrade (2015)

Somam-se a estes os impostos incidentes sobre o VGV, conforme Mattos (2014) (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores incidentes sobre VGV

Descrição	**%**	**R$**
PIS	0,65	23.237,50
Cofins	3	107.250,00
ISS	3	107.250,00
Total		237.737,50

Fonte: Andrade (2015)

Com os dados obtidos chega-se ao estudo estático (3), que revela o lucro final do empreendimento (Tabela 4).

$$\text{Lucro final} = (\text{VGV} - \text{valores incidentes VGV}) - \text{Despesas totais} \quad (3)$$

Tabela 4 – Lucro Final Estático

Descrição	**R$**
Lucro Final do Empreendimento	819.927,55
Custo final do m² constuído	1.796,81
Lucro sobre Investimento	1,33

Fonte: Andrade (2015)

Como o resultado é favorável, pois apresenta lucro sobre o investimento, parte-se para o estudo do modelo dinâmico. O primeiro passo é a elaboração do fluxo de caixa de acordo com o período de tempo segundo os cenários definidos.

Com os fluxos elaborados parte-se para a obtenção dos índices que auxiliarão na tomada de decisão, no caso: VPL, TIR e Payback. Para o cálculo do VPL e da TIR, foi utilizada a planilha eletrônica do MS Excel, que em sua versão 2013 possui esses indicadores como fórmulas básicas. Já para o cálculo do Payback calcula-se o tempo em que se tem lucro zero, ou seja, as receitas e as despesas são iguais e o investimento se paga.

Como o VPL exige uma taxa de juros atrelada, foram escolhidos cinco valores para essa taxa considerando os cenários otimista, realista e pessimista. Estas possíveis taxas foram escolhidas pois a taxa de atratividade varia de acordo com o perfil e objetivo de cada investidor (Tabela 5).

Tabela 5 – VPL

Taxa de juros	Cenário otimista (R$)	Cenário realista (R$)	Cenário pessimista (R$)
1%	892.873,46	613.187,32	486.263,27
2%	760.171,22	318.644,47	135.623,17
3%	652.616,80	125.330,04	-75.649,83
4%	564.896,10	476,02	-198.695,89
5%	492.871,51	-78.106,01	-265.924,61

Fonte: Andrade (2015)

A TIR foi calculada no MS Excel enquanto o Payback foi calculado manualmente. Os resultados encontrados para os cenários considerados estão na Tabela 6.

Tabela 6 – TIR e PayBack

Indicador	Cenário otimista (24 meses)	Cenário realista (44 meses)	Cenário pessimista (54 meses)
TIR	52%	4%	3%
Payback	19 meses	33 meses	40 meses

Fonte: Andrade (2015)

Para a análise final, deve-se comparar os resultados com os que poderiam ser alcançados quando os recursos fossem aplicados em investimentos no mercado financeiro de baixo risco. Foi escolhido o Tesouro Prefixado 2018 (LTN), por ser prefixado e por possuir data de vencimento aproximado ao tempo de construção do empreendimento em questão.

A rentabilidade deste título é de 15,73% ao ano. Descontada a incidência do Imposto de Renda (TESOURO NACIONAL, 2015), a rentabilidade líquida do investimento é de: 13,37% ao ano, ou seja, 1,0512 ao mês, segundo a fórmula (ROSS,2013):

$$\text{Taxa de juros mensal} = ((1 + \text{taxa de juros anua})^{1/12}) - 1 \quad (4)$$

Como o empreendimento imobiliário é um investimento de maior risco, estipulou-se a taxa mínima de atratividade de 2% ao mês. Ao analisar o pior cenário, o pessimista, com o VPL de 2%, observa-se que o resultado é superior à zero, portanto, o investimento atinge o objetivo mínimo de atratividade.

4 CONCLUSÃO

O trabalho atende ao objetivo de apresentar um roteiro para a realização de um estudo de viabilidade de um empreendimento imobiliário. Para isso, foram abordados conceitos relevantes ao tema e técnicas de engenharia econômica que possibilitaram sua execução.

O desenvolvimento foi feito a partir de uma revisão bibliográfica e por um estudo de caso, em que partiu-se de um terreno localizado na cidade de Juiz de Fora para averiguar a viabilidade do empreendimento.

O resultado obtido foi comparado com possíveis investimentos no mercado financeiro com baixo risco. Desta forma, chegou-se à conclusão de que o empreendimento é viável, pois atinge um retorno financeiro maior do que a aplicação em questão.

Vale ressaltar, que a taxa mínima de atratividade pode variar de acordo com o perfil do investidor, e esta será determinante na decisão de empreender. Ao analisar o cenário otimista, percebe-se que o investidor consegue obter mais do que 5% de retorno ao mês, o que é considerado um resultado excelente. Já no cenário realista, se o desejado é obter retorno de até 4% ao mês, o investimento é valido. No cenário pessimista, se o investidor desejar ter mais de 3% ao mês de retorno o investimento não se mostra favorável.

Ao final têm-se que o trabalho visa contribuir para que incorporadores, construtores e investidores que desejam empreender no mercado imobiliário, tenham um roteiro que os auxilie nos caminhos a serem seguidos para atingir o objetivo final, isto é, realizar o estudo da viabilidade do empreendimento.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, G.B.Q. **Estudo de viabilidade de empreendimentos imobiliários residenciais**, Juiz de Fora, UFJF, 2015. (Trabalho Final de Curso - Engenharia Civil)

BALARINE, O. F. O. Contribuições Metodológicas ao Estudo de Viabilidade Econômico-Financeira das Incorporações Imobiliárias. Paraná: Engep, 1997.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei n. 4.591, de 16 de Dezembro de 1964.

CONSTRUÇÃO MERCADO. São Paulo: Pini, n. 168, jul. 2015

FIPECAFI, Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras. São Paulo, 2015

GOLDMAN, P. **Viabilidade Técnica de Empreendimentos imobiliários**: modelagem técnica, orçamento e riscos de incorporação. São Paulo: Pini, 2015

GONÇALVES, M.; CORRÊA, P. **Viabilidade de Empreendimentos e incorporações Imobiliárias**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2015

GREER, G. E.; KOLBE, P. T. **Investment Analysis for Real Estate Decision**. Dearbon Real Estate Education. USA, 2003. 489p.

JUIZ DE FORA (Município). Lei 6910, de 31 de Maio de 1986. Dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo do Município, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de Juiz de Fora.** Juiz de Fora, MG, ... mai. 1986.

LIMA Jr, J. R. **Análise de Investimentos: Princípios e Técnicas para Empreendimento do Setor da Construção Civil**, São Paulo, EPUSP, 1993. (Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/06, 50p.)

LOTURCO, R. **O Lucro das maiores empresas brasileiras encolheu. E agora**?. São Paulo, EXAME, 2015. Disponível em <http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/109202/noticias/o-lucro-escolheu-e-agora>. Acesso em: 21 set. 2015.

MATTOS, A. D. **Como Preparar Orçamento de Obras**. 2ed. São Paulo: PINI, 2014.

RAHME, J. **Curso de Incorporação de Edifícios**. Belo Horizonte, 2014. (Notas de Aula)

ROSS, S. **Fundamentos de Administração Financeira**. Porto Alegre: MC Graw Hill, 2013.

SALGADO, V. M. **Lançamento de Empreendimento Imobiliário**. São Paulo: CAIXA, 2002. Disponível em <http://incorporacaoimobiliaria.com/2008/10/27/%E2%80%9Clancamento-de-um-empreendimento-imobiliario-%E2%80%93-qual-o-melhor-momento%E2%80%9D/>. Acesso em: 28 ago. 2015

SILVA, M. B. **Planejamento Financeiro para o Setor da Construção Civil**. Texto Técnico 11 São Paulo: EPUSP, 1995. (TT/PCC/11).

TESOURO NACIONAL. **Rentabilidade dos Títulos Públicos**. Brasilia, 2015. Disponível em < http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro-direto-precos-e-taxas-dos-titulos>. Acesso em: 20 out. 2015

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O GERENCIAMENTO DO TEMPO EM UMA EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL SEGUNDO O PMBOK[1]

HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz (1); CARVALHO, Edmar Antônio Mendes (2)

(1) UFJF, e-mail: aparecida.hippert@ufjf.edu.br; (2) UFJF, e-mail: edmar.carvalho@engenharia.ufjf.br

RESUMO

O atraso na entrega dos imóveis faz crescer o número de clientes insatisfeitos com as empresas construtoras. Neste sentido é importante a busca por metodologias para controle do prazo de projetos. O Guia PMBOK 5ª Edição fornece boas práticas de gerenciamento de projeto que incluem os processos necessários para gerenciar o tempo de construção. Este trabalho tem por objetivo descrever a forma como uma empresa gerenciadora realiza o gerenciamento de um empreendimento residencial, comparando-o com as boas práticas descritas pelo PMBOK, tendo como foco o processo de controle do gerenciamento de tempo do projeto. A metodologia considera a realização de um estudo de caso junto à construção de um condomínio residencial, em Juiz de Fora/MG. Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com o responsável pela empresa gerenciadora e com o engenheiro da empresa construtora, além de análise documental e observação participante. Os resultados apontam que muitas das práticas apresentadas pelo PMBOK são utilizadas pela gerenciadora permitindo a obtenção de dados utilizados para alimentar a tomada de decisão. O trabalho contribui para uma maior discussão sobre a temática do controle do tempo de projeto uma vez que compara a processo realizado na prática com o descrito na teoria.

Palavras-chave: PMBOK. Gerenciamento do tempo. Empresa gerenciadora.

ABSTRACT

The delay in the delivery buildings has being increasing the number of customers dissatisfied with construction companies. Because of this, it is important to search for methodologies for project-term control. The PMBOK Guide 5th Edition provides good project management practices, including the processes required to manage the construction time. This paper describes the way a management company manages a residential development, comparing it to the practices described in the Guide, and focusing on the control of project time management. The methodology includes a case study analysing the construction of a residential compound in Juiz de Fora / MG. We carried out semi-structured interviews with the officer of the management company and with the construction company engineer, in addition to an analysis of documents and participant observation. The results show that many of the practices suggested by the PMBOK are used by the Managing company, producing data that may be used to feed the decision-making process. This paper contributes to further discussion on the subject of design time control, since it compares the execution of a process, such as it is carried out in real life, to that which is recommended by the theory.

***Keywords**: PMBOK. Time management. Management company.*

[1] HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz; CARVALHO, Edmar Antônio Mendes. O gerenciamento do tempo em uma empresa de construção civil segundo o PMBOK. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil brasileira é um dos mais importantes do país realizando grandes movimentações financeiras, contribuindo com o seu desenvolvimento. Porém, novas empresas vem surgindo, aumentando a concorrência no setor e exigindo que as empresas já existentes busquem por mudanças de maneira a se adequaram à esta competitividade. Isto exige a busca por maior conhecimento de métodos eficazes de planejamento e controle de obras, de forma a garantir um domínio satisfatório de um projeto, atendendo de maneira competitiva ao mercado.

Thomaz (2001), afirma que a construção civil brasileira detém altos índices de falhas de execução, que ocorrem devido à baixa quantidade e qualidade de detalhamentos, como também pela falta de compatibilização dos diferentes projetos. Juntamente com estes problemas, somam-se outros muitos recorrentes, como obras atrasadas, obras concluídas com os valores acima do previsto em orçamento e clientes e construtores insatisfeitos (REIS,2010).

Portanto, corroborando com Limmer (1997), a probabilidade de sucesso das atividades serem concluídas dentro dos prazos e custos definidos previamente, são reflexos de um planejamento, execução e controle realizados de forma eficiente.

Neste contexto surge o *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), um guia de boas práticas de gestão de projetos elaborado pelo PMI e que tem sido utilizado em diversos tipos de indústria (ROCHA, 2015). Porém, por se tratar de um guia, isto é, não apresentar um modelo pronto de gestão de projetos, cabe investigar a relação entre os processos propostos pelo guia e aqueles realizados pelas empresas de gerenciamento de projetos de construção civil.

O objetivo deste trabalho é descrever a forma como uma empresa gerenciadora, trabalhando em conjunto com uma empresa construtora, realiza a gestão do projeto de um empreendimento residencial, comparando-o com as boas práticas descritas pelo PMBOK, tendo como foco o processo de controle do gerenciamento de tempo do projeto.

2 GESTÃO DE PROJETO

O PMBOK define projeto como:

> Projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos do projeto são atingidos ou quando o projeto é encerrado porque os seus objetivos não serão ou não podem ser alcançados, ou quando a necessidade do projeto deixar de existir. (PMBOK, 2013 p. 2)

Já o gerenciamento de projetos pode ser definido como o acompanhamento de cada fase, desde a iniciação passando pelo planejamento, execução, controle até chegar a finalização do projeto. Para

Limmer (1997), a coordenação eficiente dos diferentes recursos e dos esforços necessário para alcançar o produto final desejado, ou seja, a conclusão da obra, atendendo as metas predefinidas de prazo, custo, qualidade e risco é o gerenciamento de projeto.

De acordo com Ballard (2000, *apud* COELHO, 2003), o planejamento e controle são essenciais para o gerenciamento. As metas são estabelecidas com o planejamento, juntamente com uma sequência lógica para atingi-las. Ao fazer controle, a sequência se aproxima do desejado e possibilita a reprogramação quando a sequência não alcançar o desejável.

Assim, para que um projeto seja concretizado dentro do prazo previsto, o gerenciamento do tempo agrupa processos necessários que podem assegurar a sua conclusão. As atividades são definidas e realizadas em uma sequência lógica e interdependente das demais, sendo estimado o tempo e recursos para sua execução. Posteriormente, elabora-se um cronograma físico, que permitirá controlar as tarefas e possíveis mudanças no projeto (HOZUMI, 2006).

2.1 Gerenciamento do tempo de projeto segundo o PMBOK

O PMBOK é um guia de boas práticas de gerenciamento de projetos publicado pelo PMI e que se encontra em sua 5ª. Edição (PMBOK, 2013). Ele apresenta os processos de gerenciamento agrupados em 10 áreas de conhecimento distintas. Uma área de conhecimento representa um conjunto completo de conceitos, termos e atividades que compõem um campo profissional, campo de gerenciamento de projetos, ou uma área de especialização.

Uma de suas áreas de conhecimento refere-se ao *Gerenciamento do tempo do projeto* que considera sete processos necessários para se executar um projeto e concluí-lo dentro prazo, incluindo o processo *Controlar o cronograma.* Este, para o PMBOK, trata do monitoramento do andamento das atividades do projeto, dando condições para que possa ser atualizado o progresso e gerenciadas as mudanças na linha de base do cronograma. Isto permite identificar os desvios entre planejado e realizado possibilitando a tomada de ações corretivas. Este processo considera sete entradas (plano de gerenciamento do projeto, cronograma do projeto, dados de desempenho do trabalho, calendário do projeto, dados do cronograma, ativos de processos organizacionais**),** que processadas com auxílio de ferramentas e técnicas (análises de desempenho, software de gerenciamento de projetos, técnicas de otimização de recursos, técnicas de desenvolvimento de modelos, antecipações e esperas, compressão do cronograma, ferramenta de cronograma) resultam em uma série de saídas (informações sobre o desempenho do trabalho, previsões de cronograma, solicitações de mudança, atualizações no plano de gerenciamento do projeto, atualizações nos documentos do projeto e atualizações nos ativos de processos organizacionais).

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada consistiu em um levantamento bibliográfico seguido de um estudo de caso junto a uma empresa gerenciadora responsável pelo acompanhamento de uma obra de um condomínio residencial situado na cidade de Juiz de Fora – MG.

Foi realizada uma pesquisa documental em relatórios e gráficos da empresa gerenciadora bem como a observação participante relativa aos processos de gerenciamento do tempo de projeto utilizados pela empresa e aplicados na obra.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Caracterização da empresa gerenciadora e da obra

A empresa gerenciadora tem sede em Juiz de Fora – MG. Sua área de atuação engloba construção civil, indústria e comércio, hotelaria, educação e área médica, com foco nos aspectos de mercado, finanças, orçamentação, programação, planejamento, controle e gerenciamento. Utiliza uma metodologia própria, baseada no PMBOK e em um banco de dados desenvolvido ao longo de anos de atuação no mercado.

A obra está situada na cidade de Juiz de Fora – MG. Possui um terreno de 14.000 m², cercado por uma área verde de preservação, onde estão sendo construídas 5 torres residenciais de 2 e 3 quartos com até 3 vagas de garagem individual, num total de 225 apartamentos.

Para a construção do empreendimento foi contratada uma construtora local. O regime de contrato é por administração, no qual os adquirentes do condomínio fazem aportes mensais para a execução da obra e a construtora recebe um percentual sobre os custos incorridos.

4.2 O papel da empresa gerenciadora

A gerenciadora foi contratada pela comissão de obra, eleita pelos condôminos, investidores do empreendimento. Ela deve acompanhar, monitorar, coletar insumos e reportar as ocorrências da obra para a comissão através de relatórios semanais e uma reunião mensal onde é apresentado o Relatório Gerencial Mensal (RGM). A função da gerenciadora é atuar no monitoramento da parte física e de custos.

A gerenciadora foi contratada quando a obra já estava em andamento. Para início do trabalho foi necessária a realização de uma medição física da obra elaborada segundo indicadores que a gerenciadora já possuía de um trabalho anterior realizado em conjunto com a construtora e no qual já existia um orçamento do total da obra. Com o orçamento existente foi possível a apuração dos dados necessários. Esta medição aferiu um total de 61,17% de conclusão global da obra até o mês de setembro/2014.

O engenheiro da obra executa todo o planejamento da obra, sendo o maior responsável pelo seu bom andamento. Ele deve acompanhar a gerenciadora em suas visitas à obra, informando o andamento do mês e o planejamento para os próximos meses.

4.3 A gerenciadora e o controle do tempo de projeto

Para a realização de suas atividades a gerenciadora executa os procedimentos: levantamento de homem-hora (HH), montagem da Estrutura Analítica de Projeto – EAP do cronograma físico, elaboração do cronograma da obra, duração das atividades e predecessoras, medição em campo, controle semanal, controle mensal e reprogramação.

A partir do orçamento são realizados os quatro primeiros procedimentos. São eles os dados de entrada para a realização do controle que começa com a medição em campo.

4.3.1 Levantamento de homem-hora (HH)

A quantidade de hh estimado para cada serviço é levantada com base nas Composições de Preço Unitário (CPU) utilizadas no orçamento. É importante ressaltar que o quantitativo de hh calculado refere-se ao restante da obra, ou seja, os 38,83% de saldo a executar, medido em setembro de 2014 e sobre o qual foi elaborado o orçamento.

4.3.2 Montagem da EAP do cronograma físico

A EAP utilizada para elaboração do cronograma e posteriormente execução do controle da obra foi a mesma utilizada no orçamento. Porém, ela foi subdividida em: Embasamento, Torre 1, Torre 2, Torre 3, Torre 4 e Torre 5 atribuindo-se para cada local a quantidade de serviços com suas respectivas unidades a fim de facilitar as medições e análises.

4.3.3 Elaboração do cronograma da obra

Após a elaboração da EAP os dados obtidos são inseridos no MS Project para montagem do cronograma. O software calcula a porcentagem de trabalho real, ou seja, o trabalho já concluído.

O cronograma obtido apresenta duas colunas chamadas *trabalho da linha de base* e *trabalho***.** A coluna *trabalho da linha de base* é fixa e refere-se à quantidade de hh, calculado. Esta linha de base servirá como referência comparativa tornando possível a elaboração do índice de andamento físico da obra. A linha de base é representada em um cronograma meta. Este é definido em reunião com o engenheiro da construtora estabelecendo-se as metas produtivas que a obra deve cumprir a cada mês desde seu início. Já a coluna *trabalho* refere-se ao hh medido e pode variar em função do andamento da obra.

4.3.4 Duração das atividades e predecessoras

Conforme já apontado, o prazo para conclusão da obra foi acertado junto a construtora em 24 meses. A partir daí foi feita a definição da duração de cada fase a ser executada de comum acordo com o engenheiro da construtora.

4.3.5 Medição em campo

É feita semanalmente por um estagiário da gerenciadora, que utiliza uma planilha baseada na EAP do cronograma. Nela, alguns dos serviços são desmembrados de forma a facilitar o trabalho. Exemplo: o item "elétrica" previsto em orçamento, pode ser subdividido em serviços menores de: tubulação de parede, tubulação de teto, disjuntores, fiação e acabamento, determinando uma porcentagem para cada serviço.

Pode-se também definir critérios de medição junto ao engenheiro da obra, dependendo do serviço que estiver sendo executado. O peso em porcentagem de cada uma das etapas do serviço pode ser definido junto ao engenheiro da obra para um melhor acompanhamento.

Após conclusão da medição, é importante realizar uma reunião com o engenheiro da obra com o objetivo de verificar o que foi medido em campo, obtendo um parecer do mesmo sobre o que foi realizado e o que não foi em relação ao previsto.

4.3.6 Controle semanal

É realizado através de planilhas Excel elaboradas a partir do cronograma elaborado no MS Project. Após reprogramação efetuada junto ao engenheiro da obra o cronograma apresenta a quantidade de hh previsto para o mês em foco. Esta quantidade é então transportada para uma planilha e distribuída em semanas. Daí, calcula-se uma previsão de execução em porcentagem para cada semana do mês em foco.

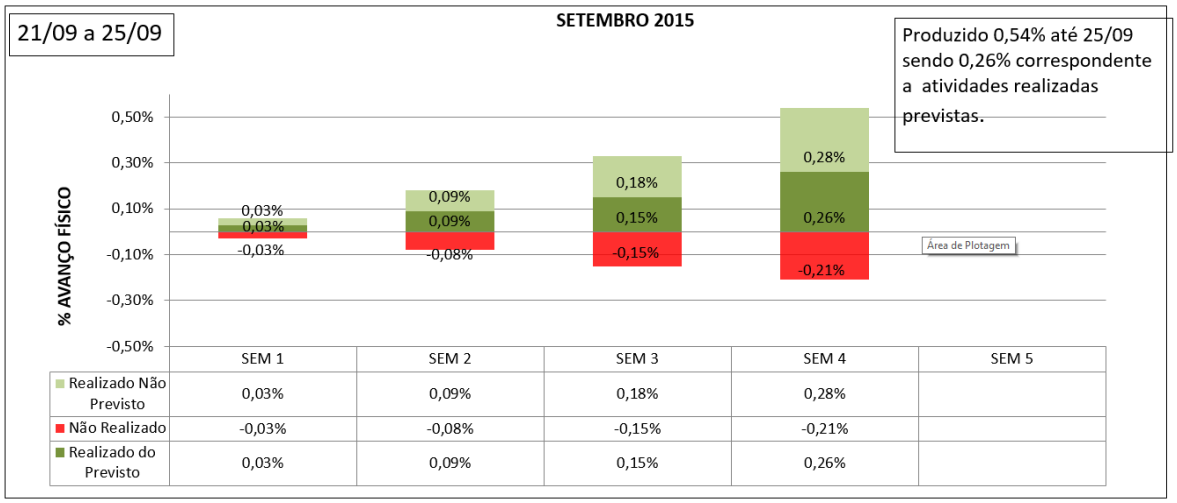
Após lançamento das porcentagens de conclusão dos itens da EAP, o relatório semanal é elaborado considerando três gráficos: avanço físico semanal, assertividade do cronograma e a curva S. O primeiro gráfico apresenta o avanço físico semanal acumulado até a semana de análise (21 a 25/09), contendo as quatidades de "trabalho realizado do previsto", "trabalho não realizado do previsto" e "trabalho realizado não previsto" (Figura 1).

O segundo gráfico (Figura 2), assertividade do cronograma (termo utilizado pela empresa e que corresponde ao percentual do planejamento concluído) apresenta para cada semana o índice que considera a porcentagem de "realizado do previsto" dividido por este mais a porcentagem de "não realizado".

Com este gráfico, tem-se informações comparativas entre a execução real e o previsto. O quadro ao lado do gráfico da Figura 2, indica a quantidade de

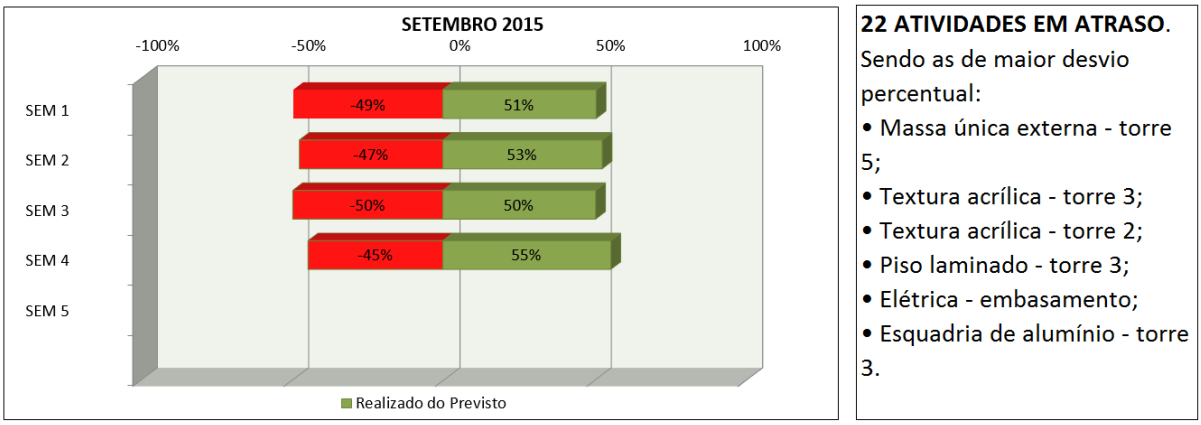
atividades em atraso e quais as atividades apresentam maior desvio percentual de atraso, que é gerado realizando-se a subtração da porcentagem realizada menos a porcentagem prevista. Caso este resultado seja negativo este serviço está em atraso.

Figura 1 – Gráfico de Avanço físico semanal



Fonte: Os autores

Figura 2 – Índice de assertividade



Fonte: Os autores

E por último, tem-se o gráfico de curva S, o qual apresenta os valores da produção real acumulado para cada semana, fazendo uma comparação entre real e previsto.

4.3.7 Controle mensal

O controle mensal refere-se ao Relatório Gerencial Mensal - RGM. Apresenta o avanço físico real e o avanço físico previsto como meta, ou seja, a linha de base do cronograma. Também apresenta o índice físico meta, o índice físico mês e a curva S:

- Avanço físico meta e real: contém informações de duração da atividades, fornecendo o ínicio e término previstos no cronograma

meta e no cronograma de reprogramação, bem como a variação da duração entre previsto e real;

- Índice físico meta e índice físico mês: o índicador "IF – Meta" é calculado tomando-se o valor acumulado real do avanço físico e dividindo-se pelo valor acumulado previsto no cronograma meta;
- Curva S global: são apresentadas tres curvas que representam valores da produção acumulada apurados até a data considerada: curva S referente ao cronograma meta, curva S referente ao cronograma reprogramado e curva S referente ao trabalho real.

4.3.8 Reprogramação

O período de reprogramação é definido no contrato do RGM e varia a cada obra. Na obra estudada a reprogramação é feita mensalmente logo após fechamento do RGM do mês em que se está analisando. Em reunião com o engenheiro da obra é definido o planejamento que se pretende realizar no mês seguinte: atividades a serem realizadas e as porcentagens a serem alcançadas. Nesta programação é buscada uma produção próxima à do cronograma meta levando em consideração o fluxo financeiro da obra.

Após definido o novo planejamento junto ao engenheiro, é preciso reprogramar a obra no MS Project. Para reprogramar, dependendo da atividade, é preciso modificar a duração, ou redistribuir o quantitativo de hh restante (ainda não executado) para os próximos meses, ou ainda, alterar a data de início, acrescentando ou diminuindo dias em relação a sua predecessora em "latência" (termo utilizado pela empresa e que corresponde à folga das atividades na rede PERT/CPM). No campo "latência" pode ser adicionada uma antecipação em dias, indicando que a atividade pode ser iniciada um pouco antes do término da anterior.

Os meses conseguintes devem ser planejados de forma balanceada e exequível. Ou seja, a porcentagem de conclusão de um mês não deve ser muito maior ou menor do que a do mês anterior. O gráfico de porcentagem de conclusão deve, sempre que possível, ser elaborado como uma curva de Gauss, com um índice maior de execução no meio da obra que vai diminuindo gradativamente.

5 O PMBOK e a gerenciadora

Os processos de gerenciamento do tempo de projeto relativos ao controle adotado pela gerenciadora são comparados com as boas práticas apresentadas pelo PMBOK segundo a estrutura proposta por este último, ou seja, entradas, ferramentas e técnicas e saídas.

5.1 Entradas

Na obra foi elaborado um plano para gerenciamento do projeto definindo um acompanhamento semanal e mensal do cronograma. Inicialmente foi

elaborado um cronograma meta, estabelecido como linha de base e usado como referência para comparação com os resultados obtidos de maneira a subsidiar a tomada de decisão. Os dados de desempenho do trabalho são extraídos da base de dados da empresa e definidos em comum acordo com o engenheiro da obra. O software utilizado (MS Project) disponibiliza a opção calendário que define os dias produtivos e não produtivos. Ainda para a realização do controle a empresa considera suas bases de conhecimento que permite, por exemplo, estimar tempos para realização dos serviços.

Do exposto verifica-se que todas as entradas apresentadas pelo PMBOK são utilizadas pela empresa gerenciadora (Quadro 1).

Quadro 1 – Entradas: PMBOK x Gerenciadora

PMBOK	**Gerenciadora**
Plano de gerenciamento de projeto	Definida periodicidade e relatórios de controle
Cronograma do projeto	Cronograma meta
Dados de desempenho do trabalho	Tabela de avanço físico
Calendário do projeto	Calendário definido e inserido no software
Dados do cronograma	Atualizados no período definido
Ativos de processos organizacionais	Dados de produtividade

Fonte: Os autores

5.2 Ferramentas e técnicas

A empresa realiza a medição em obra para comparação dos resultados obtidos com o cronograma meta estabelecido permitindo a análise do desempenho do cronograma. Para isto utiliza os softwares MS Project e o Excel e ferramentas como o gráfico de Gantt. Algumas vezes, em função da restrição de recursos financeiros, o fluxo de caixa da obra, os serviços são reprogramados de maneira a atender a esta disponibilidade. São também utilizadas antecipações e esperas de maneira que sejam encontradas maneiras de alinhar as atividades atrasadas em relação a meta planejada inicialmente desde que não gerem necessidade de aumento de recursos. Usada a opção "latência" do MS Project.

O Quadro 2 resume as ferramentas e técnicas apresentadas pelo PMBOK e aquelas utilizadas pela empresa.

5.3 Saídas

A empresa entrega à comissão de obras, o RGM, contendo os indicadores de desempenho previstos e alcançados (IF- meta e IF – mês). Conforme o andamento da obra, as previsões são atualizadas com a reprogramação do cronograma e a curva S acumulada onde são apresentadas as previsões de produção mensal das atividades até o término da obra. Assim, os documentos do projeto são atualizados bem como as variações de produtividade observadas. No Quadro 3 têm-se um resumo dos resultados

obtidos quanto às saídas.

Quadro 2 - Ferramentas e Técnicas: PMBOK x Gerenciadora

PMBOK	**Gerenciadora**
Análise de desempenho	Gráficos de produtividade, índices físicos e de assertividade
Software	Ms Project e Excel
Técnicas de otimização de recursos	Nivelamento de recursos financeiros
Técnicas de desenvolvimento de modelos	-
Antecipações e esperas	Interdependência de atividades pelo Ms Project inclusive a opção "latência"
Compressão do cronograma	-
Ferramentas do cronograma	Gráfico de Gantt

Fonte: Os autores

Quadro 3 – Saídas: PMBOK x Gerenciadora

PMBOK	**Gerenciadora**
Informações sobre o desempenho do trabalho	Indicadores IF – meta e IF – mês
Previsões de cronograma	Cronograma de reprogramação e Curva S global
Solicitações de mudança	-
Atualizações no plano de gerenciamento de projetos	-
Atualizações nos documentos do projeto	Cronograma de reprogramação
Atualizações nos ativos dos processos organizacionais	Indicadores de produtividade

Fonte: Os autores

Ao final da análise verifica-se que grande parte do conteúdo relativo ao gerenciamento do tempo de projeto apresentado pelo PMBOK é realizado pela empresa. Porém, cabe ressaltar que a empresa foi contratada com a função de controlar o tempo de projeto, isto é, após as definições iniciais realizadas de comum acordo entre os envolvidos, a empresa ficou responsável por monitorar o tempo gasto para a realização das atividades.

6 CONCLUSÕES

Os atrasos decorrentes em obras de engenharia estão ligados ao descumprimento dos prazos estabelecidos previamente como meta. Neste sentido, conhecer os processos de gerenciamento do tempo de projetos é importante para que o objetivo inicial seja atendido. O presente trabalho teve como objetivo descrever a forma como uma empresa gerenciadora realiza o gerenciamento de um empreendimento residencial, comparando-o com as boas práticas descritas pelo PMBOK, tendo como foco o processo de controle do gerenciamento de tempo do projeto.

Os relatórios semanais de acompanhamento possibilitam uma visualização micro do andamento dos serviços previstos em reprogramação para o mês, apresentando a porcentagem de produção realizada.

Já o relatório gerencial mensal (RGM) oferece uma visualização macro do andamento das atividades, apresentando o avanço global da obra, a duração das atividades em relação ao cronograma meta e a reprogramação. De forma sintetizada os índices físicos apresentam os desvios em relação ao planejado, tornando possível a tomada de decisão.

Verifica-se ao final que grande parte do conteúdo presente no PMBOK relacionado ao gerenciamento do tempo de projeto é utilizado pela empresa estudada. Cabe, entretanto, ressaltar que a empresa foi contratada para acompanhar a realização da obra. Isto é, realiza o papel de fiscal informando sobre o desempenho da obra para que os proprietários junto à construtora possam tomar as decisões para que a obra possa ser realizada dentro das condições inicialmente previstas.

AGRADECIMENTO

À FAPEMIG pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS

COELHO, H. O. **Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em Nível de Médio Prazo na Construção Civil**. Porto Alegre: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, 2003.

HOZUMI, C. R. J. **Análise da eficiência dos trabalhos de gerenciamento desenvolvidos pelas empresas gerenciadoras de projetos de Engenharia Civil, sob a ótica dos padrões estabelecidos pelo Project Management Institute**. Rio de Janeiro: Tese (Doutorado) – Universidade Federal Fluminense, 2006.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e controle de Projetos e obras**. 1ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1997.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos** (Guia PMBOK®). 5 Ed. Newtown Square, Pennsylvania: PMI, 2013.
REIS, P. **Os custos do atraso**. São Paulo, set. 2010. Disponível em: < http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/110/a-obra-atrasou-e-agora-saiba-como-gerir-os-282411-1.aspx>. Acesso em: 13 abr. 2015.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Editora PINI, 2001.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

IMPACTOS DA PRODUTIVIDADE E CONSUMO DE MATERIAIS NO SERVIÇO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO A PARTIR DO PROCESSO DE AFERIÇÃO DO SINAPI[1]

MELO, Michelle Kemper Campos de (1); CARVALHO, Michele Tereza Marques (2)

(1) UNB, e-mail: micheletereza@gmail.com; (2) UNB, e-mail: arqmichellekemper@gmail.com

RESUMO

A administração pública é responsável por movimentar grande parte da economia nacional, porém diferente de empresas privadas, existem algumas peculiaridades que necessitam ser atendidas antes de se iniciar a obra, dentre elas o orçamento detalhado do projeto. Assim, visando unificar e facilitar o desenvolvimento do orçamento o Tribunal de Contas da União-TCU fixou em 2013, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) como o sistema de referência de custos oficial para a orçamentação de obras com recursos federais. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo identificar e analisar os fatores influenciadores do serviço de alvenaria de vedação nas composições do SINAPI após o processo de aferição. Para tanto, o método de pesquisa desenvolvido foi dividio em 4 etapas: I) fundamentação teórica, II) identificação dos fatores que influenciam a produtividade e consumo de material, III) análise das composições mais produtivas e IV) simulação. Os resultados obtidos mostraram que os fatores de projeto e as características do material têm grande influencia na produtividade da mão de obra e consumo de material, alertando para a importância de se realizar levantamentos de quantitativos de acordo com as características de projeto que afetam a execução.

Palavras-chave: SINAPI. Produtividade. Orçamentação.

ABSTRACT

The government as public administration demands and hire a huge amount and moves a great part of the local and national economy but unlike private companies there are some quirks which must be attended before beginning the work, among them the detailed project budget. Thus, aiming to unify and expedit the budget development the Union Auditors Court –TCU set in 2013, the National Costs System Survey and plus the Construction Indexes (SINAPI) as the official cost reference system for budgeting works with federal funds. In this context this study aims to identify and highlight the factors that matter the sealing out masonry service in SINAPI pricing compositions after the verification and admeasurement process. Then after, the research method was broken into four steps: I) theoretical basis, ii)productivity and material consumption balance and identification, III) major productive compositions analysis, and IV) pilot proposal phase. The results' shown that the design factors and the material

[1] MELO, Michelle Kemper Campos de; CARVALHO, Michele Tereza Marques. Impactos da produtividade e consumo de materiais no serviço de alvenaria de vedação a partir do processo de aferição do 2016. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

characteristics represent great influence on the labor productivity work as well as material consumption carrying out as potencial output the importance of conducting quantitative surveys according design features that affect its execution.

***Keywords**: SINAPI. Productivity. Budgeting*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é responsável por movimentar grande parte da economia nacional, sendo as obras públicas o grande grupo de investimentos da Administração (BRASIL et al., 2013).

Frente a esta realidade, a administração pública antes de realizar obras, serviços, compras e alienações é obrigada a passar pelo processo de licitação (BRASIL, 1993). Tal procedimento, regido pela Lei 8.666/1993, é composto por algumas etapas. Entre essas etapas, o orçamento assume importante papel, sendo o norteador da execução da obra.

Considerando o orçamento como etapa fundamental para execução de qualquer empreendimento de construção, o TCU, por meio do Decreto Presidencial nº. 7.983/2013 determinou o SINAPI como referência para todas as obras da administração pública.

Entretanto, o SINAPI encontra-se em processo de aferição, exigindo dos profissionais envolvidos no processo de projeto uma nova visão sobre o orçamento.

O presente trabalho, além de ser parte de uma dissertação de mestrado da linha de pesquisa de Gestão e Sustentabilidade , realizada no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília- UNB PECC, investiga como são estruturadas as composições do serviço de alvenaria de vedação após o processo de aferição SINAPI e quais os fatores que influenciam no orçamento.

As análises serão todas realizadas sobre os recursos físicos, por meio dos índices de produtividade de mão de obra, consumo de materiais e insumos diretos, não levando em consideração, em momento algum, o preço.

Vale salientar que as composições analisadas neste estudo são referentes apenas ao grupo Alvenaria de Vedação – Lote 1 (01/2016), não sendo considerados os serviços do grupo de Composições Representativas.[2]

2 JUSTIFICATIVA

Há algum tempo os termos produtividade e gestão de obras começaram a ser vistos como aliados do setor da construção civil, contribuindo para redução dos custos, cumprimento dos prazos e melhoria da qualidade.

[2] Composições Representativas: foram concebidas apenas para alguns grupos de composições como alternativas ao processo de quantificação detalhada dos serviços. São elaboradas a partir da ponderação de composições detalhadas e quantitativos levantados em situações paradigmas, que representam, com boa aderência, boa parte das situações que se quer orçar (SINAPI,2015).

Embora descrito de diferentes formas, por diferentes autores, Maeda e Souza (2003), Mattos (2006), Paliari (2008), Nasirzadeh e Nojedehi (2013), o termo produtividade é usualmente entendido como a razão entre os recursos utilizados para produção e o serviço produzido. Assim, este trabalho entende produtividade na construção civil dessa forma.

O conhecimento de indicadores de produtividade possibilita a comparação de diferentes processos construtivos, auxiliando as decisões de gestão e orçamento.

De acordo com Fulford e Standing (2014) a fragmentação excessiva na indústria da construção civil, juntamente com os processos de gerenciamento de projetos díspares e informações não padronizadas contribui para o impedimento dos ganhos de eficiência de produtividade. Segundo os autores os índices de produtividade da mão de obra e do consumo de materiais são considerados os de maior impacto na execução da obra.

Nesta linha, Vogl e Abdel-Wahab (2015) acreditam que a melhoria no desempenho da produtividade pode aumentar os lucros e ganhos do setor de construção e proporcionar economias substanciais de custos.

M. Asce e Eslamdoost (2015) realizaram pesquisa com objetivo de identificar fatores que influenciam a produtividade da mão de obra e desenvolver um modelo para medir e prevê-la em projetos de construção utilizando redes neurais.

Kazaz et al. (2012) explicam que, dependendo da importância e criticidade do serviço, o baixo nível de produtividade pode resultar em atraso da atividade ou do projeto como um todo.

Ocorre que, frequentemente, o processo de orçamentação inicia-se com projetos pouco detalhados, não dispondo das informações necessárias para previsão de quantitativos e custos necessários, resultando em orçamentos falhos, compostos de índices de produtividade não condizentes com a realidade da obra, culminando em prazos incompatíveis com os reais.

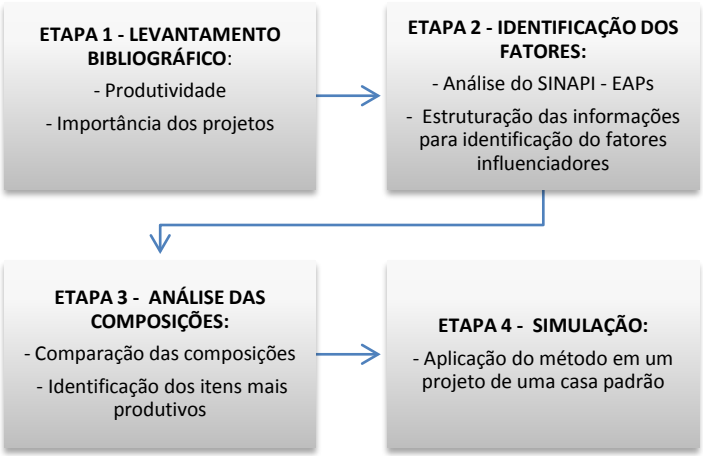
Assim, é fundamental ao orçamentista, antes de iniciar o processo de orçamentação, ter todas as plantas técnicas e documentos que indiquem as especificações e exigências técnicas.

Quanto menor o número de lacunas e problemas acumulados entre as etapas do processo menor será o risco de dilatação dos prazos, prejuízos ao erário e qualidade da edificação.

3 MÉTODO DA PESQUISA

A pesquisa divide-se em quatro etapas: I)fundamentação teórica, II) identificação dos fatores que influenciam a produtividade e consumo de material, III)análise das composições mais produtivas e IV)simulação, conforme Figura 1.

Figura 1 – Etapas de pesquisa



Fonte: Autores (2015)

3.1 Etapas de pesquisa

Na etapa 2 as combinações dos fatores apresentados na Estrutura Analítica de Projetos - EAP mostraram que a grande quantidade de composições tornava o processo de orçamentação demorado e mais propício a erros.

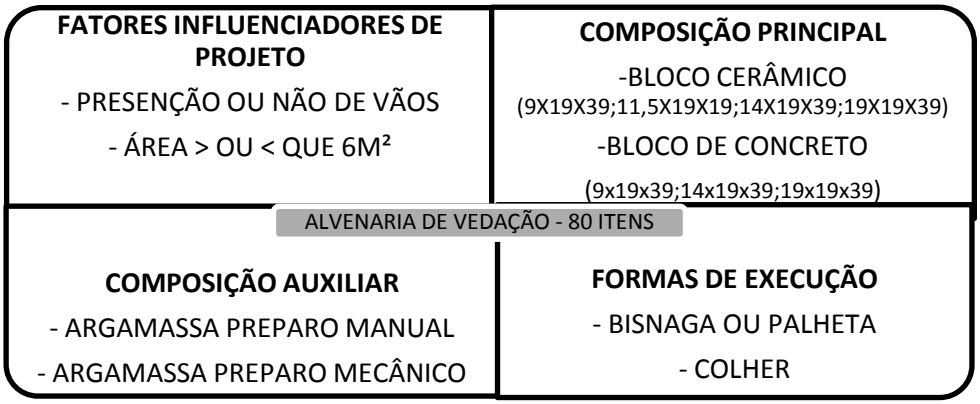
Visando reduzir o número de composições a ser analisada e simplificar o processo de escolha dos itens foi desenvolvido um programa informatizado que utiliza filtros e reduz o universo de composições possíveis para uma dada especificação, possibilitando comparar as produtividades e consumo de materiais mais rapidamente.

Para cada tipo de serviço existem diferentes fatores que influenciam na produtividade e consumo de materiais. Cabe identificar quais são esses fatores e sua relevância para o serviço estudado, alvenaria de vedação.

As análises realizadas foram de natureza comparativa qualitativa e quantitativa. Como dados qualitativos, foram comparados os processos de levantamento de quantitativos e suas características. Os dados quantitativos foram obtidos por meio de simulação, aplicando-se o método em um projeto residencial unifamiliar.

Para tanto, todos os tipos de composições oferecidas para o serviço de alvenaria de vedação foram investigadas na base de dados do SINAPI, pós aferição. A partir daí, desenvolveu-se uma matriz para comparação dos diferentes itens observando-se a influência dos fatores de projeto (vãos e área), as características físicas dos blocos da composição principal (tamanho e material), a influência da composição auxiliar (forma de preparo da argamassa) e a forma de execução (aplicação da argamassa), conforme Figura 2.

Figura 2 – Análise das composições



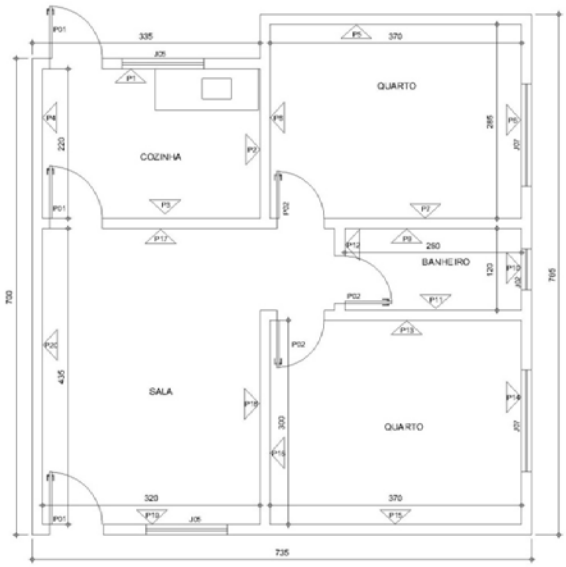
Fonte: Autores (2015)

Por apresentar os melhores índices de produtividade, considerou-se para estudo apenas a argamassa de preparo mecânico.

Na etapa 3 foram comparadas todas as composições para identificação dos itens mais produtivos e que consomem menos material. As análises foram sequenciadas da seguinte forma:

- Agrupamento dos itens por características físicas do material: CONCRETO e CERÂMICO (Furo vertical e Furo horizontal)
- Identificação dos fatores que mais interferem na produtividade e consumo de materiais
- Identificação da composição mais produtiva em função das características físicas dos blocos de vedação. A etapa 4 destinou-se à simulação do método em um projeto unifamiliar de 54m² composto de 2 quartos, sala, cozinha e banheiro, conforme Figura 3.

Figura 3 – Projeto casa unifamiliar



Fonte: Autores (2015)

O intuito da simulação foi investigar em um caso concreto a representatividade da diferença de produtividade e consumo de materiais. Para tanto, o projeto foi submetido a duas formas de levantamento distintas:

1) Opção A

Adoção das melhores composições unitárias (produtividade da mão de obra e consumo de materiais) independentemente da consideração da presença ou ausência de fatores influenciadores.

2) Opção B

Adoção das composições unitárias (produtividade da mão de obra e consumo de materiais) levando-se em consideração seus fatores influenciadores (área e presença/ausência de vãos nas paredes).

As paredes terão seus quantitativos levantados, de acordo com os fatores influenciadores (vãos e área) e as composições escolhidas foram as que apresentaram os melhores índices de produtividade e consumo de materiais.

Realizadas as duas opções, ambas foram comparadas visando identificar as diferenças de horas necessárias para execução de cada uma, bem como o consumo de materiais.

Após escolha da opção mais produtiva, em atendimento às diretrizes de projeto e compatibilização com a nova base de dados do SINAPI, tal opção foi submetida à investigação de execução, levando–se em consideração a aplicação da argamassa por meio de bisnaga ou colher.

3.2 Análises das composições

A primeira análise identificou que os fatores de maior influência nas composições de alvenaria de vedação são a presença ou ausência de vãos e a área da parede, maior ou menor que 6 m².

Tal observação contribui para alertar os profissionais na etapa de levantamento de quantitativos. Com a nova base de dados do SINAPI a rotina de levantamento das áreas deverá ser reformulada para se adequar à diferenciação das composições.

Em um segundo momento, buscou-se identificar as diferenças existentes entre os coeficientes de mão de obra e consumo de materiais do bloco de concreto para os três tamanhos disponíveis do banco de dados do SINAPI, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Blocos de concreto

BLOCO DE CONCRETO 9X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87447	0,7200	0,3600	13,3500	0,0088	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA PIOR.
	COM	87459	0,9200	0,4600	13,6000	0,0088	
> 6	SEM	87453	0,6200	0,3100	13,3500	0,0088	
	COM	87465	0,7300	0,3650	13,6000	0,0088	
BLOCO DE CONCRETO 14X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87449	0,9900	0,4950	13,3500	0,0103	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA PIOR.
	COM	87461	1,1900	0,5950	13,6000	0,0103	
> 6	SEM	87455	0,8900	0,4450	13,3500	0,0103	
	COM	87467	1,0000	0,5000	13,6000	0,0103	
BLOCO DE CONCRETO 19X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87451	1,1200	0,5600	13,3500	0,0129	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA PIOR.
	COM	87463	1,3200	0,6600	13,6000	0,0129	
> 6	SEM	87457	1,0200	0,5100	13,3500	0,0129	
	COM	87469	1,1300	0,5650	13,6000	0,0129	

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Tal análise apontou que a composição do bloco de concreto de 9x19x39 para áreas maiores que 6m² sem vãos e com preparo mecânico de argamassa é a que apresenta os índices de melhor produtividade da mão de obra e menor consumo de argamassa. Fixando-se esses fatores e

comparando o bloco mais produtivo (9x19x39) com o menos produtivo (19x19x39) encontra-se uma diferença de 64,52% de produtividade da mão de obra (Pedreiro + Servente) e 46,59% de consumo de argamassa. O consumo de blocos não variou em nenhum dos três tamanhos.

Com intuito de comparar o bloco de concreto com o bloco cerâmico, realizou-se a mesma análise entre os coeficientes de mão de obra e consumo de materiais do bloco cerâmico com furo vertical (3 tamanhos) e furo horizontal (4 tamanhos) para os 7 tamanhos disponíveis no banco de dados do SINAPI, de acordo com as Tabelas 2 e 4.

Tabela 2 –Blocos de cerâmicos Furo Vertical

BLOCO CERÂMICO FURO VERTICAL 9X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87471	0,5900	0,2950	13,3500	0,0104	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR.
	COM	87483	0,7900	0,3950	13,6000	0,0104	
> 6	SEM	87477	0,4800	0,2400	13,3500	0,0104	
	COM	87489	0,5900	0,2950	13,6000	0,0104	
BLOCO CERÂMICO FURO VERTICAL 14X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	847473	0,8600	0,4300	13,3500	0,0118	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR.
	COM	87485	1,0600	0,5300	13,6000	0,0118	
> 6	SEM	87479	0,7500	0,3750	13,3500	0,0118	
	COM	87491	0,8600	0,4300	13,6000	0,0118	
BLOCO CERÂMICO FURO VERTICAL 19X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87475	0,9900	0,4950	13,3500	0,0138	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR.
	COM	87487	1,1800	0,5900	13,6000	0,0138	
> 6	SEM	87481	0,8800	0,4400	13,3500	0,0138	
	COM	87493	0,9900	0,4950	13,6000	0,0138	

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Observa-se que o bloco cerâmico de furo vertical (9x19x39), semelhante ao bloco de concreto (9x19x39), apresentou melhores índices de produtividade e consumo de argamassa, sendo sua produtividade 83,33% melhor que o bloco cerâmico de 19x19x39, o menos produtivo dos três. Em relação à argamassa, o bloco cerâmico de 9x19x39 apresentou consumo 32,69% menor que o do bloco cerâmico de 19x19x39.

Comparando-se o bloco de concreto (9x19x39) e o bloco cerâmico com furo vertical (9x19x39), conclui-se que o bloco cerâmico de furo vertical é 29,16% mais produtivo que o bloco de concreto. Porém, o consumo de

argamassa dele é 18,18% menor que o consumo de argamassa do bloco cerâmico, conforme Tabela 3.

Tabela 3 –Blocos de Concreto x Bloco Cerâmico

BLOCO DE CONCRETO 9X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87447	0,7200	0,3600	13,3500	0,0088	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR.
	COM	87459	0,9200	0,4600	13,6000	0,0088	
> 6	SEM	87453	0,6200	0,3100	13,3500	0,0088	
	COM	87465	0,7300	0,3650	13,6000	0,0088	

BLOCO CERÂMICO FURO VERTICAL 9X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87471	0,5900	0,2950	13,3500	0,0104	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR.
	COM	87483	0,7900	0,3950	13,6000	0,0104	
> 6	SEM	87477	0,4800	0,2400	13,3500	0,0104	
	COM	87489	0,5900	0,2950	13,6000	0,0104	

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Nesta comparação, a especificação do bloco cerâmico com furo vertical é mais vantajosa devido à maior produtividade da mão de obra, reduzindo o tempo de execução do serviço.

Posteriormente, realizou-se a mesma análise entre os coeficientes de mão de obra e consumo de materiais do bloco cerâmico com furo horizontal, sendo que o bloco que apresentou os melhores índices de produtividade e consumo de material foram os de tamanho 11,5x19x19.

Visando investigar a diferença de produtividade e consumo de material do bloco cerâmico de furo horizontal comparou-se o item que apresentou os piores índices e consumos (14x9x19) com o que apresentou os melhores (11,5x19x19). Tal análise mostra uma diferença de produtividade da mão de obra na ordem de 179,29% maior, consumo de blocos 99,96% menor e consumo de argamassa 8% menor. Ver Tabela 4.

Tabela 4 –Bloco Cerâmico Furo Horizontal

BLOCO CERÂMICO FURO HORIZONTAL 9X19X19							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87495	1,6900	0,8450	27,9300	0,0098	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR E GASTAM MAIS BLOCOS.
	COM	87511	1,9800	0,9900	28,3100	0,0098	
> 6	SEM	87503	1,3700	0,6850	27,9300	0,0098	
	COM	87519	1,5500	0,7750	28,3100	0,0098	
BLOCO CERÂMICO FURO HORIZONTAL 11,5X19X19							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87497	1,4200	0,7100	27,9300	0,0125	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR E GASTAM MAIS BLOCOS.
	COM	87513	1,7200	0,8600	28,3100	0,0125	
> 6	SEM	87505	1,1100	0,5550	27,9300	0,0125	
	COM	87521	1,2900	0,6450	28,3100	0,0125	
BLOCO CERÂMICO FURO HORIZONTAL 9X14X19							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87499	2,7200	1,3600	37,2400	0,0106	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR E GASTAM MAIS BLOCOS.
	COM	87515	3,0100	1,5050	37,7400	0,0106	
> 6	SEM	87507	2,4100	1,2050	37,2400	0,0106	
	COM	87523	2,5800	1,2900	37,7400	0,0106	
BLOCO CERÂMICO FURO HORIZONTAL 14X9X19							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87501	3,4100	1,7050	55,8500	0,0135	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR E GASTAM MAIS BLOCOS.
	COM	87517	3,7100	1,8550	56,6200	0,0135	
> 6	SEM	87509	3,1000	1,5500	55,8500	0,0135	
	COM	87525	3,2800	1,6400	56,6200	0,0135	

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Comparando os 3 blocos mais produtivos, independente de suas características físicas e material de fabricação (concreto ou cerâmica), observa-se que o bloco cerâmico de furo vertical 9x19x39 é o mais produtivo entre os três. Ver Tabela 5.

Tabela 5 –Blocos mais produtivos

BLOCO CERÂMICO FURO VERTICAL 9X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87471	0,5900	0,2950	13,3500	0,0104	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR.
	COM	87483	0,7900	0,3950	13,6000	0,0104	
> 6	SEM	87477	0,4800	0,2400	13,3500	0,0104	
	COM	87489	0,5900	0,2950	13,6000	0,0104	

BLOCO DE CONCRETO 9X19X39							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87447	0,7200	0,3600	13,3500	0,0088	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR.
	COM	87459	0,9200	0,4600	13,6000	0,0088	
> 6	SEM	87453	0,6200	0,3100	13,3500	0,0088	
	COM	87465	0,7300	0,3650	13,6000	0,0088	
BLOCO CERÂMICO FURO HORIZONTAL 11,5X19X19							
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO H/h	SERVENTE H/h	BLOCO UNID.	ARG. M³	IDENTIFICAÇÃO DO FATOR
< 6	SEM	87523	1,4200	0,7100	27,9300	0,0125	A PRESENÇA DE VÃOS PIORA A PRODUTIVIDADE DA M.O. E AUMENTA O CONSUMO DE BLOCOS ; ÁREAS MENORES TÊM PRODUTIVIDADE PIOR.
	COM	87513	1,7200	0,8600	28,3100	0,0125	
> 6	SEM	87505	1,1100	0,5550	27,9300	0,0125	
	COM	87521	1,2900	0,6450	28,3100	0,0125	

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Embora apresente os melhores índices de produtividade, a especificação do tipo de bloco deve ser prevista em projeto, de forma mais ampla, considerando-se aspectos de desempenho termo-acústico, resistência à ação do fogo, estanqueidade, entre outros.

De acordo com o Guia Orientativo para atendimento à Norma ABNT NBR 15.575/2013 (CBIC, 2013) o desempenho térmico depende das características do local da obra e da edificação, sendo as condições de ventilação dos ambientes e posicionamento e dimensões das aberturas das janelas fatores de projeto de grande relevância para a sensação de conforto térmico.

A especificação do bloco influencia, inclusive, na necessidade ou não de condicionamento artificial em ambientes internos, acarretando no consumo de energia ao longo de toda vida útil da edificação.

Para Dias (2009) a construção de edificações adaptadas ao clima local, resulta em diminuição do uso de meios artificiais para obtenção de conforto. Segundo a autora, equipamentos de ar condicionado e sistemas de iluminação artificial são utilizados para corrigir as insatisfatórias condições de conforto produzidas no interior dos edifícios devido a projetos mal elaborados.

Em se tratando de isolação sonora, observa-se, que o bloco cerâmico de 9 cm só atende aos critérios se utilizado em paredes cegas de salas e cozinhas entre a unidade habitacional e as áreas comuns de trânsito eventual (NBR 15.575/2013).

Tal análise auxilia o entendimento de que a nova estrutura do SINAPI não pode ser encarada apenas como uma base de dados para composição de planilhas de orçamentos. A escolha da composição utilizada deve ser avaliada pelos projetistas desde o início do projeto até a execução da obra pelos gestores.

Estudos recentes mostram que o projeto tem a capacidade de subsidiar as atividades de produção em canteiro de obras com informações detalhadas, facilitando o planejamento e a programação das atividades. (BRASIL et al, 2013).

O caráter sistêmico da nova base de dados do SINAPI pode levar os profissionais a graves erros de quantitativos, de produtividade, dilatação do prazo de execução e, consequentemente, dos custos.

De acordo com Tannenbaum e Oliveira (2014) a escolha por determinado processo construtivo precisa considerar, além da diferença de custos entre resultados de desempenho equivalente, os impactos no contexto geral da obra, levando também em conta itens de relação indireta.

4 Resultados das simulações

Conforme descrito no método da pesquisa foram realizadas 2 opções de aplicação das composições para um mesmo projeto: opções A e B. As áreas foram levantadas de acordo com os fatores de projeto, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Levantamento das Paredes

PAREDES	C/ VÃO	S/ VÃO
P1	5,93	
P2		6,16
P3	7,28	
P4		6,16
P5		10,36
P6	6,33	
P7	8,89	
P8		7,98
P9		7,28
P10	2,7	
P11		7,28
P12	1,89	
P13	8,89	
P14	6,75	
P15		10,36
P16		8,40
TOTAL	**48,66**	**63,98**

Fonte: Autores (2016)

Na opção A todas as áreas foram somadas, independente da presença ou não de vãos e das áreas das paredes serem maior ou menor que 6m².

Buscando prever o número de horas trabalhadas e o consumo de materiais para executar a alvenaria de vedação da casa estudada foi utilizado para composição da opção A o item nº 87477 da base de dados do SINAPI.

Tal especificação refere-se ao bloco cerâmico de furo vertical de 9x19x39, que apresentou os melhores índices de produtividade da mão de obra e menores quantidades de consumo de materiais.

Para tanto, o número de horas de pedreiro e servente foi de 81,10 horas, resultando em 10,13 dias para levantamento de 112,64 m² de alvenaria de vedação, utilizando 1.503,74 blocos e 1,17m³ de argamassa, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Opção A

ALVENARIA S/ VÃO - ÁREA > 6M² - FURO VERTICAL				
PREPARO MECÂNICO				
CÓD.	DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO		UNIDADE	TOTAL
87477	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M2 SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014		M²	**112,64**
COMPOSIÇÃO ALVENARIA				
PREPARO MECÂNICO				
CÓD.	DESCRIÇÃO	UN.	COEF.	TOTAL
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4800	54,07
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2400	27,03
37592	BLOCO CERAMICO DE VEDACAO COM FUROS NA VERTICAL, 9 X 19 X 39 CM - 4,5 MPA (NBR 15270)	UN.	13,3500	1503,74
87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M3	0,0104	1,17
34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA PARA ALVENARIA, FIO 1,20 A 1,70 DE DIAMETRO, MALHA 15 X 15 MM, LARGURA 7,5 CM E COMPRIMENTO 50,0 CM	M3	0,4200	47,31
37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇÃO DIRETA)	CENTO	0,0050	0,56
TOTAL DE HORAS DE M.O				**81,10**
TOTAL DE BLOCOS GASTOS				**1503,74**
TOTAL DE CONSUMO DE ARGAMASSA				**1,17**

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Na opção B as áreas foram somadas de acordo com os fatores presença ou não de vãos e área das paredes maior ou menor que 6m², conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Áreas de acordo com os fatores

ÁREA LÍQUIDA - FATORES				
ITENS	**C/ VÃOS**		**S/ VÃOS**	
	< 6 M²	**> 6 M²**	**< 6 M²**	**> 6 M²**
ÁREA LÍQUIDA	4,59	44,07	-	63,98

Fonte: Autores (2016)

Nesta opção considerou-se para análise o mesmo bloco da opção A, ou seja, cerâmico de furo vertical de 9x19x39. A diferença entre as duas opções foi no levantamento dos quantitativos, uma vez que buscou-se respeitar as diferenças consideradas nas árvores de fatores do SINAPI.

Desta forma, para a opção B foram consideradas 3 composições diferentes para o mesmo serviço, conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Composições utilizadas na opção B

COMPOSIÇÕES UTILIZADAS			
ÁREAS	C/ VÃOS		S/VÃOS
	< 6 M²	> 6 M²	> 6 M²
COMPOSIÇÃO	**87477**	**87489**	**87483**

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Assim, para execução das paredes de vedação na opção B o número de horas de pedreiro e servente seria de 90,51 horas, significando um prazo de execução de 11,31 dias, utilizando 1515,91 blocos e consumindo 1,17 m3 de argamassa, conforme apresentado nas Tabelas 10,11 e 12.

Tabela 10 – Opção B Item 87477

ALVENARIA S/ VÃO - ÁREA > 6M² - FURO VERTICAL				
PREPARO MECÂNICO				
CÓD.	DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO		UNIDADE	TOTAL
87477	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M2 SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014		M²	**63,98**
COMPOSIÇÃO ALVENARIA				
PREPARO MECÂNICO				
CÓD.	DESCRIÇÃO	UN.	COEF.	TOTAL
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4800	30,71
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2400	15,36
37592	BLOCO CERAMICO DE VEDACAO COM FUROS NA VERTICAL, 9 X 19 X 39 CM - 4,5 MPA (NBR 15270)	UN.	13,3500	854,13
87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M3	0,0104	0,67
34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA PARA ALVENARIA, FIO 1,20 A 1,70 DE DIAMETRO, MALHA 15 X 15 MM, LARGURA 7,5 CM E COMPRIMENTO 50,0 CM	M3	0,4200	26,87
37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇÃO DIRETA)	CENTO	0,0050	0,32

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Tabela 11 – Opção B Item 87489

ALVENARIA C/ VÃO - ÁREA > 6M²			
PREPARO MECÂNICO			
CÓD.	DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO	UNIDADE	TOTAL
87489	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M2 COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M²	**44,07**

COMPOSIÇÃO ALVENARIA				
PREPARO MECÂNICO				
CÓD.	DESCRIÇÃO	UN.	COEF.	TOTAL
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,5900	26,00
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2950	13,00
37592	BLOCO CERAMICO DE VEDACAO COM FUROS NA VERTICAL, 9 X 19 X 39 CM - 4,5 MPA (NBR 15270)	UM	13,6000	599,35
87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M3	0,0104	0,46
34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA PARA ALVENARIA, FIO 1,20 A 1,70 DE DIAMETRO, MALHA 15 X 15 MM, LARGURA 7,5 CM E COMPRIMENTO 50,0 CM	M3	0,4200	18,51
37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇÃO DIRETA)	CENTO	0,0050	0,22

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Tabela 12 – Opção B Item 87483

ALVENARIA C/ VÃO - ÁREA < 6M²				
PREPARO MECÂNICO				
CÓD.	DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO	UNIDADE		TOTAL
87483	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M2 COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M²		**4,59**
COMPOSIÇÃO ALVENARIA				
PREPARO MECÂNICO				
CÓD.	DESCRIÇÃO	UN.	COEF.	TOTAL
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7900	3,63
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3950	1,81
37592	BLOCO CERAMICO DE VEDACAO COM FUROS NA VERTICAL, 9 X 19 X 39 CM - 4,5 MPA (NBR 15270)	UN.	13,6000	62,42
87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M3	0,0104	0,05
34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA PARA ALVENARIA, FIO 1,20 A 1,70 DE DIAMETRO, MALHA 15 X 15 MM, LARGURA 7,5 CM E COMPRIMENTO 50,0 CM	M3	0,7850	3,60
37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇÃO DIRETA)	CENTO	0,0094	0,04
TOTAL DE HORAS DE M.O				**90,51**
TOTAL DE BLOCOS GASTOS				1515,91
TOTAL DE CONSUMO DE ARGAMASSA				1,17

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Comparando-se as opções A e B nota-que o levantamento realizado na opção B apresenta diminuição da produtividade da mão de obra na ordem de 11,59%, resultando na diferença de 1,18 dias de trabalho. Além disso, na opção B, o número de blocos utilizados para confecção das paredes aumentou em 12 unidades, conforme Tabela 13.

Tabela 13 – Opção A x Opção B

COMPOSIÇÃO	OPÇÃO A	OPÇÃO B
HORAS M.O.	81,1	90,51
DIAS TRABALHADOS	10,14	11,31
N° BLOCOS UTILIZADOS	1.503,74	1.515,91
ARGAMASSA UTILIZADA	1,17	1,17

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Tal comparação reafirma a importância do levantamento de quantitativos de acordo com a nova base de dados do SINAPI, pois a execução do orçamento sem atendimento dos fatores poderá sofrer graves erros de quantitativos, prazos e, consequentemente, dos custos.

A simplificação do levantamento pode acelerar o processo de orçamentação. Porém, a escolha da composição mais vantajosa, pode não condizer com a realidade de execução.

Além da escolha do bloco, outro importante ponto a ser analisado é a forma de aplicação da argamassa.

Nesse sentido, a opção B foi submetida à investigação para comparar as formas de aplicação (bisnaga e colher), visando identificar a mais produtiva, conforme Tabela 13.

Tabela 13 – Formas de execução

BLOCO CERÂMICO FURO VERTICAL 9X19X39										
ÁREA	VÃOS	ITEM	PEDREIRO	SERVENTE	BLOCO	TELA	PINO	ARGAMASSA		FATOR
								BISNAGA	COLHER	
<6	COM	87483	0,7900	0,3950	13,6000	0,7850	0,0094	0,0104	0,0167	61%
> 6	SEM	87477	0,4800	0,2400	13,3500	0,4200	0,0050	0,0104	0,0167	
	COM	87489	0,5900	0,2950	13,6000	0,4200	0,0050	0,0104	0,0167	

Fonte: Adaptado do SINAPI (2015)

Após análise conclui-se que a aplicação da argamassa com bisnaga é 61% mais produtiva do que com colher. Essa comparação reforça a importância de se considerar a correta composição no momento da orçamentação.

5 Considerações Finais

O objetivo do artigo foi mostrar a influência dos fatores de projeto na escolha da composição a ser utilizada no orçamento. Com base nos resultados encontrados, percebe-se grande variação nos índices de produtividade e consumo de materiais. Tal fato se deve aos fatores: presença ou não de vãos, área maior ou menor que 6m², forma de preparação da argamassa e formas de execução.

O número de horas gastas para execução da alvenaria de vedação se mostrou maior na opção B. Tal situação justifica-se pelo método de levantamento utilizado. Na opção A os fatores influenciadores foram ignorados, produzindo informações não condizentes com a realidade de

projeto. Na opção B as paredes com vãos e áreas menores que 6m² foram especificadas de acordo com o indicado pelo SINAPI.

Comparando-se os blocos com espessuras diferentes (9, 14 e 19 cm), nota-se que a produtividade da mão de obra diminui com o aumento da espessura do bloco. O fenômeno explica-se pela dificuldade encontrada pelos funcionários no manuseio dos blocos. Quando maior sua espessura, mais pesado ele se torna. Tal observação pode também ser notada em áreas com vãos.

Com relação ao coeficiente de consumo de materiais, observa-se que, à medida que aumenta a espessura do bloco, aumentam também o consumo de argamassa, mantendo-se constantes a quantidade de blocos. Tal fator é importante na hora de escolher qual o material especificar, pois além de serem menos produtivos, os blocos de espessura maior consomem mais material.

A base de dados do SINAPI aferida reforça a importância de se ter uma visão sistêmica do processo de produção de construção. A nova base do SINAPI permite aos profissionais aumentar a precisão dos orçamentos. Porém, para que isso ocorra, a escolha das composições deve ser realizada em concordância com os projetos.

Acredita-se que o trabalho contribui para reforçar as possíveis consequências de se realizar levantamentos sem o prévio conhecimento do projeto e das especificações técnicas, além de alertar para a importância de se desenvolver projetos com foco na produtividade.

Embora a nova base de dados do SINAPI traga esse conceito sistêmico, os profissionais que a utilizam ainda não compreenderam tal mudança.

Nesse intuito, o estudo busca trazer para a realidade das obras a diferença em termos de produtividade da mão de obra e consumo de material que a escolha de uma composição errada pode gerar.Questões como erros de quantitativos, falta de especificações, não atendimento aos requisitos mínimos de desempenho e desperdício de materiais são entraves de projeto que geram inúmeros problemas no momento de execução e uso da edificação.

REFERÊNCIAS

_____.**NBR 15575-4**: Edifícios habitacionais - Desempenho : parte 4 : Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro: ABNT 2013b.

BRASIL,P.C.;SALGADO,M.S;LOMARDO,L.L.B. Entraves na gestão do processo de projeto de edificações públicas:uma análise da Lei 8.666/93. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2013, Campinas. **Anais**... São Paulo: ANTAC, 2013. p. 147-157.

BRASIL. **Lei 8.666, de 21 de junho de 1993**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br. Acesso em: 10/10/2015.

BRASIL.Tribunal de Contas da União. **Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas.**/ Tribunal de Contas da União, Coordenação-Geral de Controle Externo da Área de Infraestrutura e da Região Sudeste. – Brasília : TCU, 2014. 145 p.

Caixa Econômica Federal (CEF).**SINAPI: metodologias e conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Brasília: CAIXA, 2015.

CBIC. **Desempenho de edificações habitacionais: Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.**/Câmara Brasileira da Indústria da Cosntrução. – Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação,2013.

DIAS, A. **Avaliação das Condições de Confroto Térmico e Acústico de Salas de aula em Tempo Integral – Estudo de Caso da Escola Padre Josimo em Palmas (TO).** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2009.

FULFORD,R.;STANDING,C. **Construction industry productivity anda the potential for collaborative practice.** *International Journal of Project Management*, 32 : 315-326, 2014.

KAZAZ, A.; ULUBEYLI, S.; TUNCBILEKLI, N. A. **Causes of delays in construction projects in Turkey.** Journal of Civil Engineering and Management, v. 18, n. 3, p. 426-435, 2012.

M.ASCE, H. G., 1; and ESLAMDOOST,E. **Applying Artificial Neural Networks for Measuring and Predicting Construction-Labor Productivity.** Journal of Construction Engineering and Management, 141(10): 04015032,2015.

MAEDA, F. m.; SOUZA, U. E. L. **Produtividade da mão de obra na execução de revestimento interno de gesso.** 16 p. 2003, Boletim Técnico da Escola Politécnia da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

MATTOS, A. D. **Gestão de orçamentos na construção civil: A questão das produtividades**.Mundo PM, número 16, Agosto/Setembro 2007. São Paulo: Editora Pini, 2006.

NASIRZADEH. F.; NOJEDEHI. P. **Dynamic modeling of labor productivity in construction projects**. Journal of Construction Project Management, 31 903-911,2013.

PALIARI, J.C,F. **Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: Sistemas prediais hidráulicos. Tese de Doutorado –** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, SP,2008.

TANNENBAUM, Paulo Roberto Kozlowski (1); OLIVEIRA, Tatiana Thomé. **O uso do SINAPI para a escolha tecnológica em habitações populares**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XV, 2014. Anais...Maceió, AL. 2014.

VOGL,B.; ABDEL-WAHAB,M. **Measuring the Construction Industry's Productivity Performance: Critique of International Productivity Comparisons at Industry Level.** Journal of Construction Engineering and Management, 141(4): 04014085, 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CUMPRIMENTO DA NR-18 PELAS EMPRESAS CONSTRUTORAS DA GRANDE JOÃO PESSOA: UMA REALIDADE POSITIVA[1]

MEDEIROS, Mirela Oliveira (1); SILVA, Meryhelen Rosas da (2); SOUZA, Gabriella Cavalcante de (3); ARAÚJO, Nelma Mirian Chagas de (4)

(1) IFPB-*Campus* João Pessoa, e-mail: mirela.jpa@gmail.com; (2) IFPB-*Campus* João Pessoa, e-mail: meryhelenrosas@hotmail.com; (3) IFPB-*Campus* João Pessoa, e-mail: gabriella.cavalcante@hotmail.com; (4) IFPB-*Campus* João Pessoa, e-mail: nelmamca@gmail.com

RESUMO

O artigo apresenta parte dos resultados de uma pesquisa de iniciação científica, exploratória e descritiva, tendo por objetivo elaborar um diagnóstico quanto ao cumprimento da NR-18 pelas empresas construtoras de João Pessoa, vinte anos após sua revisão. O universo da pesquisa foi composto pelas empresas construtoras de edificações verticais cadastradas junto ao Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa (Sinduscon-JP), já a amostra, por 16 construtoras que possuíam, no momento da pesquisa, canteiros de obras na cidade. Como ferramenta de pesquisa, foi elaborado um *check list* baseado nas disposições contidas na atual NR-18, onde os pesquisadores verificaram a pertinência ou não da disposição (aplicável ou não). Caso essa disposição fosse aplicável ao ambiente de trabalho, era gerada uma nota para cada canteiro. Os resultados revelaram que os canteiros pesquisados possuem notas superiores a 8 (menor nota = 8,45 e maior nota = 9,69) e que a nota média (9,0) está acima da média encontrada em pesquisa semelhante publicada em 2000, que foi de 7,3 para a cidade de João Pessoa. As disposições que obtiveram menor nota (0,0) foram Instalações Sanitárias (18.4.2.8.3) e Cadeiras Suspensas (18.15.51 e 18.15.54). Constata-se ainda, que a interpretação da norma é realizada de forma distinta pela fiscalização e pelos gestores.

Palavras-chave: Construção Civil. Segurança e Saúde do Trabalho. NR-18.

ABSTRACT

The article presents part of the results of a scientific initiation research, exploratory and descriptive, aiming to make a diagnosis regarding compliance with NR-18 by construction companies from Joao Pessoa twenty years after its review. The research universe was composed of construction companies of vertical buildings registered with the Construction Industry Union of João Pessoa (Sinduscon-JP), since the sample, for 16 builders who had, at the time of research, construction sites in the city. As a research tool, we designed a checklist based on the provisions in the current NR-18, where researchers found the relevance or not available (or not applicable). If this provision were applicable to the work environment, a note for each site was generated. The results revealed that the surveyed sites have higher grades to 8 (lowest grade = 8.45 and highest score = 9.69) and the average score (9.0) is above the average found in similar research published in 2000 it was 7.3 for the city of João Pessoa. The provisions had lower score (0.0) were Sanitary Facilities (18.4.2.8.3)

[1] MEDEIROS, Mirela Oliveira; SILVA, Meryhelen Rosas da; SOUZA, Gabriella Cavalcante de; ARAÚJO, Nelma Mirian Chagas de. Cumprimento da NR-18 pelas empresas construtoras da grande João Pessoa: uma realidade positiva. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

and Chairs Hanging (18:15:51 and 18:15:54). It appears also that the interpretation of the rule is performed differently for supervision and managers.

***Keywords**: Construction. Safety and Health at Work. NR-18.*

1 INTRODUÇÃO

A atividade da indústria da construção civil, em todo o mundo, devido às suas características, é considerada perigosa e expõe os trabalhadores a variados riscos ocupacionais, com especificidades e intensidades que dependem do tipo da construção, da etapa da obra e da forma de conduzir os programas e ações de segurança e saúde no trabalho (SESI, 2008).

Devido às características do trabalho dessa indústria, que inclui o caráter temporário do processo, a atuação preventiva requer foco na antecipação e reconhecimento dos riscos, na adoção e manutenção de regras, métodos e procedimentos voltados a garantir a segurança e saúde dos trabalhadores, além de buscar proteger pessoas e patrimônios nas proximidades do canteiro de obra.

No aspecto econômico, ocupa papel de destaque no cenário mundial e nacional por gerar um grande número de empregos diretos e indiretos, absorvendo uma parcela considerável dos trabalhadores envolvidos em atividades industriais. Além disso, tem grande participação na composição do PIB (Produto Interno Bruto) nacional, como mostram as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Dados gerais da Indústria da Construção – Brasil (2011 e 2012)

Ano	Dados gerais da Indústria da Construção								
	Número de empresas ativas	Pessoal ocupado	Salários, retiradas e outras remunerações	Gastos com pessoal	Total dos custos e despesas	Valor das incorporações, obras e serviços	Valor das obras e serviços	Construções para entidades públicas	**Receita operacional líquida**
	1.000		**1.000.000 R$**						
2011	93	2.659	49.742	74.551	242.461	289.695	275.750	105.028	**271.314**
2012	**104**	**2.814**	**60.317**	**90.478**	**278.313**	**336.591**	**326.085**	**114.083**	**312.879**

Fonte: IBGE (2014)

Tabela 2 – Participação das atividades econômicas no Valor Adicionado Bruto – Brasil, 2010-213 – em percentuais

ATIVIDADES ECONÔMICAS	ANOS			
	2010	2011	2012	2013
AGROPECUÁRIA	**4,8**	**5,1**	**4,9**	**5,3**
INDÚSTRIA	**27,4**	**27,2**	**26,1**	**24,9**
Indústria Extrativa	3,3	4,4	4,5	4,2
Indústria de Transformação	15,0	13,8	12,6	12,3
Geração e distribuição de eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	2,8	2,7	2,5	2,0
Construção	**6,3**	**6,3**	**6,5**	**6,4**
SERVIÇOS	**67,8**	**67,7**	**69,0**	**69,8**
TOTAL	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**

Fonte: IBGE (2014)

A Indústria da Construção destaca-se, ainda, por apresentar uma grande diversidade de riscos, os quais têm maior repercussão em virtude das condições de trabalho e dos aspectos específicos que apresenta essa indústria em cada país, região e localidade. Segundo Konig (2015), a construção civil é o quinto setor econômico em número de acidentes e o segundo que mais mata trabalhadores no Brasil. A participação do setor no total de acidentes fatais no país passou de 10%, em 2006, para os atuais 16% e hoje responde por 450 mortes todos os anos, ressaltando que os dados consideram apenas os empregados formais vinculados à CNAE (Classificação Nacional de Atividade Econômica) e os anuários estatísticos de acidentes de trabalho do INSS – Instituto Nacional de Seguridade Social (KONIG, 2015).

Tomando como referência o ano de 2013, essa atividade econômica tem grande impacto tanto em relação à mortalidade quanto à incapacidade permanente relacionadas ao trabalho, conforme constatado na Tabela 3.

Tabela 3 – Taxas de mortalidade e incapacidade permanente por acidente de trabalho em 2013 no Brasil, por atividade econômica

Atividade Econômica	Vínculos	Óbitos	Taxa de Mortalidade (por 100 mil)	Incapacidade Permanente	Taxa de Incapacidade Permanente (por 10 mil)
Indústria Extrativa	254.333	62	24.38	123	4.84
Transporte, Armazenagem e Correios	2.453.188	437	17.81	1409	5.74
Fabricação de Produtos Minerais	456.838	80	17.51	321	7.03
Serviços de Utilidade Pública	441.420	74	16.76	243	5.50
Construção	**3.330.802**	**451**	**13.54**	**1616**	**4.85**
Petróleo, Biocombustíveis e Coque	188.651	24	12.72	92	4.88
Agropecuária	1.553.064	178	11.46	432	2.78
Metalurgia	238.968	26	10.88	124	5.19
Produtos Alimentícios e Bebidas	1.624.004	166	10.22	968	5.96

Fonte: Adaptado de Ministério do Trabalho e Emprego (2015)

A Figura 1 apresenta a quantidade de acidentes de trabalho ocorridos no estado da Paraíba no ano de 2010 a 2012.

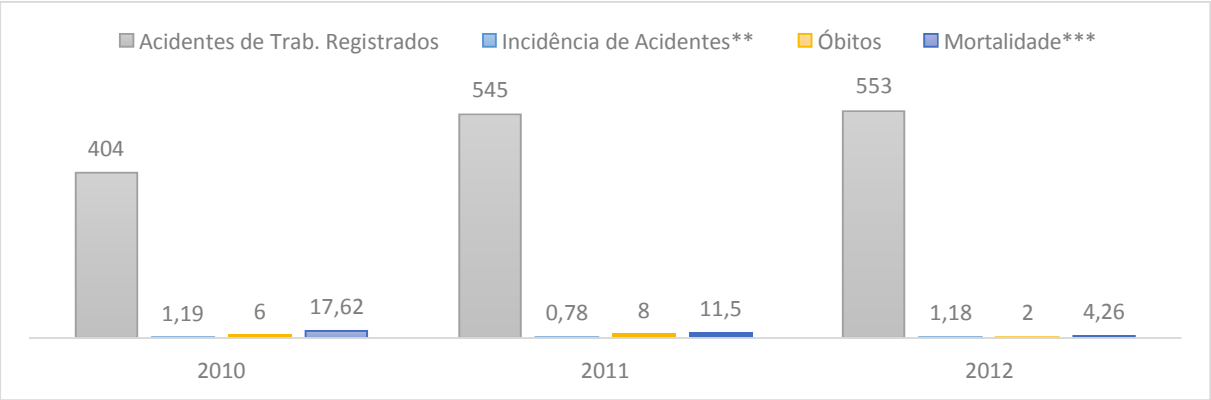


Figura 1 – Acidentes de trabalho ocorridos na Paraíba – 2010 a 2012

Fonte: Adaptado de MTE/RAIS, MPS/AEPS (Adaptado de ANUÁRIO, 2013)

** Incidência – AT Registrados para cada 100 empregados
*** Mortalidade – Óbitos para cada 100.000 empregados

No ano de 2010 o estado possuía 34.051 trabalhadores celetistas, em 2011 (69.575) e 2012 (46.993). Ainda de acordo com os dados do Anuário (2013),

nos últimos 24 anos ocorreram 59.238 acidentes de trabalho na Paraíba, representando uma média de 163,74 acidentes por trabalhador registrado (9.699.799).

Em virtude da situação preocupante apresentada em todo o país há anos, relativa à segurança e saúde no trabalho, e com o intuito de reduzir as elevadas taxas de acidentes de trabalho, foram criadas as Normas Regulamentadoras (NRs), com requisitos e procedimentos relativos à segurança e medicina do trabalho. As NRs foram criadas através da Portaria nº 3.214, aprovada em 08 de junho de 1978 pelo Ministério do Trabalho (MTb, denominação do ministério naquele momento). Na época, foram aprovadas 28 normas regulamentadoras e atualmente são 35 (NR 1 a NR 36, havendo sido revogada a NR 27).

Diante do número cada vez mais elevado de acidentes e doenças do trabalho oriundos na Indústria da Construção, em 1995 foi realizada uma revisão/atualização da NR-18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Industria da Construção), através da Portaria SSST n.º 04, de 04 de julho de 1995. Essa revisão/atualização buscou incentivar as empresas construtoras para a melhoria das condições do meio ambiente do trabalho na construção civil e, por conseguinte, incentivar a prevenção de acidentes e reduzir/eliminar os danos à saúde, advindos/relacionados ao trabalho.

O avanço proporcionado pela NR-18, a partir da versão de 1995 e posteriores revisões, em termos de legislação e em termos de incentivo às empresas construtoras, para melhoria das condições do meio ambiente de trabalho, são reais e inegáveis. Entretanto, ainda persistem diversas dúvidas quanto à interpretação da referida norma e questionamentos a respeito da viabilidade técnica e econômica de algumas das suas exigências, tanto por parte da fiscalização dos auditores das Superintendências Regionais de Trabalho e Emprego (SRTEs) quanto de gestores de obras.

Originário de uma pesquisa de iniciação cientifica, este artigo apresenta parte dos resultados de uma pesquisa que teve como objetivo maior elaborar um diagnóstico do cumprimento da atual NR-18 pelas empresas construtoras da grande João Pessoa, vinte anos após sua maior revisão/atualização (1995). Na elaboração do diagnóstico, foi elaborado e aplicado um *check list* relativo ao cumprimento, ou não, das disposições contidas na atual NR 18, resultando em uma nota para cada empresa pesquisada. Além de apresentar as notas obtidas por cada empresa pesquisada, este artigo também realiza um comparativo da média encontrada na pesquisa em tela com a média encontrada por Saurin *et al.* (2000) para a cidade de João Pessoa e com a média geral (nacional) da referida pesquisa.

2 NORMAS REGULAMENTADORAS E NR 18

Como já colocado anteriormente, atualmente estão em vigor no país 35 NRs, dentre as quais a NR18, que é específica para a indústria da construção.

A NR 18 trata das condições e do meio ambiente de trabalho na indústria da construção civil, estabelecendo parâmetros científicos que devem ser estudados e analisados pelos profissionais dessa atividade. Desde a sua criação em 1978, a referida norma já foi alterada/revisada 21 vezes, tendo ocorrido sua maior revisão em 1995, através do formato tripartite (governo, empregadores ou empresários e empregados ou trabalhadores), através da Portaria SSST n.º 04, de 04 de julho de 1995.

A comissão tripartite que atualizou/revisou a NR-18, deu-lhe um novo texto e um novo título: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. As alterações ocorridas na revisão de 1995 inseriu novos procedimentos técnicos relacionados à prevenção de acidentes de trabalho, tais como: a criação do Comitê Permanente Nacional (CPN) e dos Comitês Permanentes Regionais (CPRs); a introdução do PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção); a criação dos RTPs (Regulamentos Técnicos de Procedimentos); o estabelecimento de parâmetros mínimos para as áreas de vivência (refeitórios, vestiários, alojamentos, instalações sanitárias, cozinhas, lavanderias e áreas de lazer); e a exigência de treinamentos em segurança, admissionais e periódicos.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

A pesquisa que deu origem a este artigo é definida como pesquisa de campo, bibliográfica e participante, com caráter de iniciação científica, e classificada como exploratória e descritiva, quanto aos fins, nos critérios propostos por Vergara (2009).

3.2 Universo e Amostra

O universo da pesquisa foi constituído pelas empresas construtoras de edificações verticais cadastradas junto ao Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa (Sinduscon-JP), atualmente 187 empresas, e a amostra por 16 empresas construtoras que concordaram em participar da pesquisa e que possuíam, no momento da pesquisa, canteiros de obras ativos na cidade.

3.3 Coleta dos dados

A coleta de dados foi realizada através de *check list* elaborado pelas autoras a partir de pesquisa bibliográfica realizada em teses, dissertações, livros e legislações, tomando como referencial maior a atual NR 18. O *check list* possui um total de 356 itens e subitens, que contemplam as disposições contidas na própria norma NR 18. Os itens/subitens receberam os conceitos **atende**, **não atende** e **não se aplica** ("**SIM**", "**NÃO**" e "**NSA**", respectivamente), onde as pesquisadoras verificaram a pertinência ou não da disposição (**aplicável** ou **não**) e o seu atendimento. Caso o item/subitem

fosse aplicável ao ambiente de trabalho, era gerada uma nota para o item e, consequentemente, para cada canteiro pesquisado.

Deve-se ressaltar que antes de chegar a sua versão definitiva, o *check list* passou por testes, com a finalidade de corrigir pequenas deturpações que eventualmente contivesse, visando à melhoria na aplicação e tabulação dos dados. Com a versão final da ferramenta, totalmente em consonância com o conteúdo atual da NR-18, deu-se início às visitas *in loco* aos canteiros de obras, os quais se encontravam em fases distintas de execução, para sua aplicação. As 16 empresas construtoras pesquisadas foram denominadas por letras do alfabeto, "Construtora A, Construtora B, ... Construtora Q".

Além da coleta dos dados através do *check list*, foram efetuados registros fotográficos de frentes de trabalho e áreas de vivência, com o intuito de auxiliar na interpretação dos dados coletados.

3.4 Tratamento dos dados

Após a aplicação do *check list* nos canteiros de obras das 16 empresas pesquisadas, os dados coletados foram migrados para uma planilha construída no software Excel®, da Microsoft®, com o intuito de se obter a nota de cada empresa. Para os cálculo das notas de cada empresa foram considerados apenas os itens/subitens **aplicáveis** (conceitos "**SIM**" e "**NÃO**"), sendo os itens/subitens **não aplicáveis** (conceito "**NSA**") desconsiderados para a cálculo destas. As notas calculadas foram agrupadas em uma escala de 0 a 10. A partir dos resultados gerados pela planilha de cada empresa, foram gerados gráficos, os quais possibilitaram uma melhor interpretação dos dados. A Figura 2 mostra parte do *check list* aplicado.

Figura 2 – Parte do *check list* utilizado na pesquisa

C) ATENDIMENTO A NR 18				
1	**AMBIENTE DE TRABALHO**	SIM	NÃO	NSA[1]
	Há 20 trabalhadores ou mais? Se a resposta for sim, há PCMAT? (18.3.1)			
	Há SESMT? Está dimensionado de acordo com o Quadro II da NR-4?			
	O PCMAT contempla a NR 9 - Programa de Prevenção e Riscos Ambientais ? (18.3.1.1)			
	O PCMAT é mantido no estabelecimento à disposição da fiscalização? (18.3.1.2)			
	O PCMAT foi elaborado e é executado por profissional legalmente habilitado em segurança do trabalho? (18.3.2)			
	A implementação do PCMAT nos estabelecimentos é de responsabilidade do empregador ou condomínio? (18.3.3)			
	Os seguintes documentos integram o PCMAT? (18.3.4)			

Fonte: Dados de pesquisa (2015)

4 PERFIL DAS EMPRESAS CONSTRUTORAS PESQUISADAS

Cada canteiro de obras, das 16 empresas construtoras que concordaram em participar da pesquisa, dispunha de pelo menos um profissional de

segurança. Os canteiros pesquisados encontravam-se em etapas diferentes de execução de suas obras. Todos os profissionais entrevistados se mostraram comprometidos e motivados em orientar e fazer cumprir as normas de segurança nos seus respectivos ambientes laborais. Na maioria das empresas, 81,25% do total, o profissional mais entrevistado foi o Técnico de Segurança do Trabalho. Ressalta-se que na pesquisa foi constatada uma média de dois profissionais de segurança do trabalho por canteiro.

A quantidade e o tipo de profissional de segurança do trabalho que deve estar presente nos canteiros de obras são definidos pela NR-4 (Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho), onde no Quadro II da referida norma consta o dimensionamento dos profissionais de segurança do trabalho obrigatórios, em função do grau de risco da empresa, que depende da atividade econômica da empresa, e da quantidade de trabalhadores que a compõe.

O tempo médio de atuação desses profissionais na empresa ficou em torno de três anos, tempo suficiente para conhecimento e envolvimento com os processos construtivos existentes nos canteiros e para realizar uma boa gestão das disposições contidas nas NRs, em especial na NR 18. O Quadro 1 apesenta as características mais relevantes de cada empresa pesquisada.

Quadro 1 – Características das empresas construtoras pesquisadas

	Empresas Construtoras															
Características	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Tempo de atuação da empresa no mercado (anos)	36	11	25	17	24	2,5	12	2	8	30	7	7	20	18	8	20
Cargo ocupado pelo profissional entrevistado	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Eng. Civil	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. em edificações	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. de Seg. do Trabalho	Téc. em edificações
Tempo de atuação do profissional entrevistado (anos)	7	7	6	2	1	4	4	2	7	3	3	5	5	5	3	3
Tempo de atuação do profissional na empresa (anos)	7	0,16	1	0,08	1	0,41	2	2	8	3,58	3	5	4	1,5	2,5	3
Quantidade de funcionários da construtora na obra	62	86	95	86	322	130	80	210	50	76	111	35	35	140	64	40
Quantidade de funcionários terceirizados na obra	39	0	0	0	70	35	35	90	2	1	2	2	50	30	16	5
Quantidade de Técnico de Segurança do Trabalho na obra	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0
Quantidade de Engenheiro de Segurança do Trabalho na obra	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade de Enfermeiro do Trabalho na obra	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
Quantidade de Médico do Trabalho na obra	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
Quantidade de profissionais de segurança do trabalho	2	2	2	1	4	4	4	4	3	1	3	3	3	1	2	1

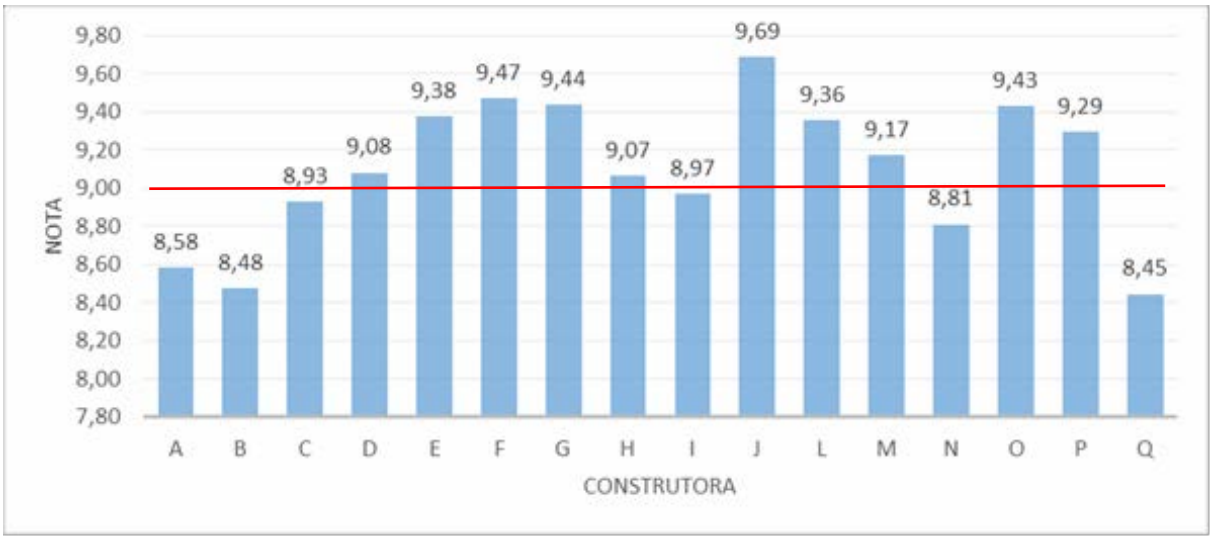
Fonte: Dados de pesquisa (2015)

5 RESULTADOS E DISCURSÕES

A seguir são apresentados os principais resultados da tabulação dos dados coletados através da aplicação do *check list* e observações efetuadas pelas pesquisadoras *in loco*.

As notas atribuídas às empresas, numa escala de 0 a 10, são apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Notas das construtoras de João Pessoa



Fonte: Dados de pesquisa (2015)

A nota média alcançada pelas empresas pesquisadas, quanto ao cumprimento das disposições contidas na NR 18, foi de 9,0 (linha vermelha na Figura 3). Essa média é maior do que a encontrada por Saurin *et al.* (2000), 7,3 para João Pessoa-PB e 5,5 de média geral entre as cidades pesquisadas naquele trabalho (Feira de Santana-BA, Passo Fundo-RS, Santa Maria-RS, Porto Alegre-RS, Salvador-BA, Fortaleza-CE e João Pessoa-PB).

Verifica-se, a partir da Figura 3, que, apesar de nenhuma empresa construtora ter alcançado nota 10, o cumprimento da NR 18 vigente pelas empresas pesquisadas é positivo, havendo sido alcanças notas superiores a 8,45 por todas as empresas pesquisadas: dez empresas (62%) alcançaram notas acima de 9,0 e seis delas (38%) atingiram um resultado inferior à média (9,0).

A Construtora Q, que obteve a menor nota (8,45), teve 193 itens/subitens, de um total de 356, que se aplicavam ao seu canteiro. Desses, 16% tiveram respostas negativas (não atendiam à NR 18) e 84% tiveram respostas positivas (atendiam à NR 18). Os 163 itens que não se aplicavam ao seu canteiro (46% do total de 356 itens) eram relativos a etapas construtivas da obra que não estavam em execução no momento da pesquisa, seja porque já haviam sido concluídas, seja porque não estavam previstas para a obra pesquisada.

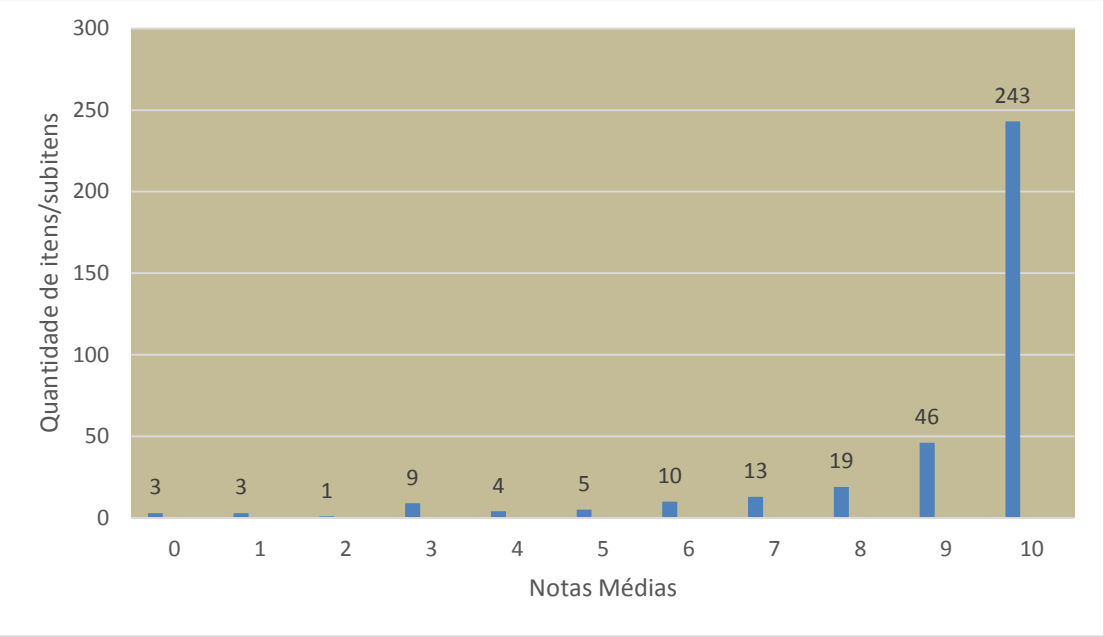
Os principais itens/subitens que não foram cumpridos pela Construtora Q dizem respeito a: ausência de programa educativo contemplando a temática de prevenção de acidentes e doenças do trabalho, integrante no

PCMAT da obra; não possuir a quantidade mínima necessária de lavatórios para o efetivo de trabalhadores da obra; não haver ventilação e iluminação adequadas na instalação sanitária do canteiro de obras utilizada pelos trabalhadores.

Já a Construtora J, que obteve a maior nota (9,69), teve 259 itens/subitens aplicáveis, de um total de 356. Dos itens/subitens aplicáveis, 97% tiveram respostas positivas (atendiam à NR 18) e apenas 3% tiveram respostas negativas (não atendiam à NR 18).

A Figura 4 apresenta a quantidade de itens/subitens por notas obtidas nas 16 empresas pesquisadas. Ou seja, as notas apresentadas são as notas médias encontradas a partir das notas das 16 empresas pesquisadas para os 356 itens/subitens que compõem o *check list* elaborado/aplicado. Assim, ao todo foram analisadas as notas de 5.696 itens/subitens, dos quais 2.222 (39%) não se aplicavam (**NSA**) às situações atuais/reais dos canteiros no momento da pesquisa, 3.172 (91,31% do total de itens/subitens aplicáveis) tiveram resposta positiva (**SIM**) quanto ao cumprimento da NR 18 e 302 (8,69% do total de itens/subitens aplicáveis) tiveram resposta negativa (**NÃO**), ou seja, não cumpriam a NR 18.

Figura 4 – Quantidade de Itens/Subitens x Notas Médias das Empresas



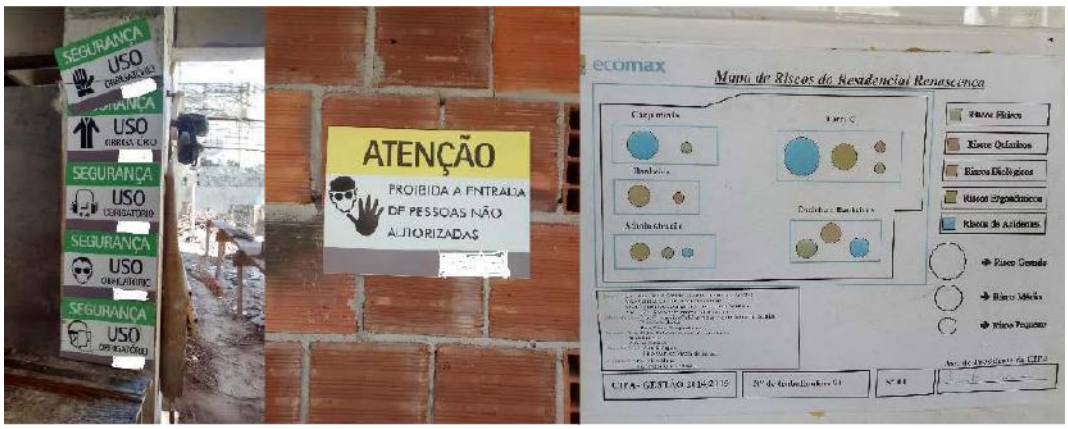
Fonte: Dados de pesquisa (2015)

Ao analisar a Figura 4, percebe-se que três itens/subitens obtiveram a pior nota (0,0), são subitens relativos às Instalações Sanitárias (disposição 18.4.2.8.3) e Cadeiras Suspensas (disposições 18.15.51 e 18.15.54), enquanto que 243 itens/subitens tiveram nota máxima (10,0).

Foram várias as ações positivas observadas nas empresas pesquisadas, as quais resultam em notas médias iguais ou superiores a 8. Essas ações contribuem para a prevenção de acidentes de trabalho e, consequentemente, para a melhoria das condições do ambiente de

trabalho nos canteiros. A Figura 5 apresenta algumas dessas ações: utilização de placas de segurança (a e b); elaboração/divulgação do Mapa de Riscos da Obra (c).

Figura 5 – Ações positivas implantadas nas empresas pesquisadas (placas de sinalização e Mapa de Riscos)



(a) (b) (c)

Fonte: Arquivo pessoal das autoras (2015)

A Figura 6 mostra um treinamento ministrado pela empresa aos seus funcionários (a e b), sobre segurança e saúde no trabalho, e uma ação relativa à política de incentivo ao cumprimento das normas de segurança (c), sejam elas oriundas da própria empresa ou exigidas pela legislação pertinente vigente (NRs, Convenção Coletiva, por exemplo).

Figura 6 – Ações positivas implantadas nas empresas pesquisadas (treinamentos e política de incentivo)



(a) (b) (c)

Fonte: Arquivo pessoal das autoras (2015)

A Figura 7 apresenta itens/subitens atendidos pela Construtora J relativos a: extintores de incêndio (a); armários em quantidade suficiente (b); bebedouros de jato inclinado (c); tomadas principais protegidas (d); elevador com foto do operador (e); rampa com as devidas proteções laterais (f); bancada de carpintaria com coifa protetora de serra (g); proteção bem reforçada do poço do elevador (h).

Figura 7 – Ações positivas implantadas nas empresas pesquisadas (Construtora J)



(a) (b) (c) (d) (e)



(f) (g) (h)

Fonte: Arquivo pessoal das autoras (2015)

Uma constatação *in loco* que chamou a atenção foi a colocação no elevador de cremalheira, em algumas empresas, do nome e de uma foto do trabalhador responsável pela sua operacionalização, permitindo assim aos demais trabalhadores fiscalizarem se o equipamento está sendo operado pelo profissional designado/capacitado.

A Figura 8, mostra algumas ações negativas encontradas durantes as visitas *in loco* nas empresas pesquisadas: andaime simples apoiado, sem apoio no solo e sem tábuas intertravadas (a); andaimes suspensos, sem a tela desde a primeira plataforma de trabalho até, pelo menos, 2 m acima da última plataforma (b).

Figura 8 – Ações negativas encontradas nas empresas pesquisadas



(a) (b)

Fonte: Arquivo pessoal das autoras (2015)

Através da aplicação do *check list* nas 16 empresas, pôde-se constatar que os profissionais de segurança têm interpretações distintas no que diz respeito a alguns itens/subitens, o que gera situações de segurança negativas e deixam os trabalhadores vulneráveis a possíveis riscos existentes. A partir de depoimentos dos profissionais de segurança, constatou-se, ainda, que a atuação dos auditores fiscais, no que se refere à fiscalização do cumprimento da NR 18, também é distinta. Segundo os profissionais de segurança entrevistados, apenas dois auditores, de um total de dez que fiscalizam as atividades da construção na grande João Pessoa, exigem o dimensionamento (projeto) dos equipamentos de proteção coletiva, conforme preconiza à legislação vigente.

A grande maioria das proteções coletivas existentes nos canteiros de obras, quando da realização da pesquisa, não possuía projeto. A execução dessas proteções havia sido realizada a partir da expertise dos profissionais das obras (engenheiros, mestres de obra e carpinteiros), todavia, sem qualquer tipo de cálculo.

Cada canteiro de obras pesquisado dispõe de pelo menos um profissional de segurança. Quando há apenas um profissional, esse profissional é o técnico de segurança do trabalho. Todos os profissionais entrevistados se mostraram comprometidos e motivados em orientar e fazer cumprir as normas de segurança nos seus respectivos canteiros.

6 CONCLUSÕES

Pelo anteriormente exposto, conclui-se que as empresas construtoras atuantes na grande João Pessoa, apesar da constatação de algumas práticas indevidas, têm buscado o efetivo cumprimento das disposições que compõem a NR 18 nos seus canteiros de obras.

A existência de profissionais de segurança comprometidos e motivados nos canteiros se traduz em ponto essencial no bom resultado alcançado pelas empresas pesquisadas, demonstrando, assim, a conscientização das empresas quanto à importância em tornar os canteiros de obras ambientes de trabalho seguros e saudáveis.

A utilização de sinalização de segurança com figuras e pictogramas se constitui em uma forma eficiente para repassar informações relativas à segurança no trabalho e higiene, mesmo para aqueles que não são alfabetizados.

Os resultados alcançados (notas acima de 8,45) pelas empresas construtoras da grande João Pessoa apontam para um cumprimento positivo da NR 18, no entanto, não significa que esses canteiros não tiveram ou não possam vir a ter riscos relativos à segurança e saúde no trabalho. As notas alcançadas são consequência direta da situação encontrada no momento da realização da pesquisa e não devem ser motivo para acomodações por

parte dos gestores de segurança e trabalhadores, devendo existir, sempre, a busca pela melhoria contínua do ambiente de trabalho.

Por fim, conclui-se, ainda, que a atuação distinta dos auditores fiscais, quanto às exigências relativas ao dimensionamento das proteções coletivas, causa dúvidas aos empresários, bem como dificulta o trabalho dos profissionais de segurança.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao IFPB (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba) – *Campus* João Pessoa, pelas bolsas de pesquisa concedidas.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO. **Anuário Brasileiro de Proteção 2013**. Novo Hamburgo: Revista Proteção, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa anual da indústria da construção 2012.** v. 22. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

KONIG, M. Acidentes custaram R$ 70 bilhões em 7 anos. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 06 jul. 2015. Parte 2. Disponível em: http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/especiais/acidentes-de-trabalho-no-brasil/perdas-humanas-em-cifras-bilionarias.jpp. Acesso em: 24 jun. 2016.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Estratégia nacional para redução dos acidentes do trabalho 2015-2016**. Brasília: Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT), 2015.

SAURIN, T. A. et al. Contribuições para revisão da NR-18 – condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. **Relatório de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA (SESI). **Manual de segurança e saúde no trabalho:** indústria da construção civil – edificações. São Paulo: SESI, 2008.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO: ÊNFASE NOS FATORES INFLUENCIADORES[1]

MELO, Roseneia R.S. (1); COSTA, Dayana B. (2)

(1) UFBA, e-mail: roseneia.engcivil@gmail.com; (2) UFBA, e-mail: dayanabcosta@ufba.br;

RESUMO

A construção civil ainda encontra barreiras quanto à medição da produtividade e a inserção desses indicadores nos processos gerenciais. O artigo tem como objetivo apresentar os resultados da medição de produtividade da mão de obra para os processos de forma, armação e concretagem, destacando os principais fatores que influenciaram estes resultados. Esta medição foi realizada a partir de uma metodologia padronizada desenvolvida pelo Projeto de Indicadores de Produtividade da Comunidade da Construção, envolvendo um grupo de 9 obras em Salvador no período de 2011 a 2014, e os resultados obtidos foram compartilhados com as empresas participantes desta iniciativa por meio de Clubes de Benchmarking. As etapas do estudo envolveram (a) desenvolvimento do sistema de indicadores; (b) ciclos de implantação dos indicadores; (c) formação do banco de dados e análise comparativa dos dados. A análise dos dados baseou-se no cálculo da RUP (Razão Unitária de Produção) Cumulativa e Potencial e no estudo comparativo entre as obras, no qual, optou-se pela análise do melhor e pior desempenho por processo, levantando os principais fatores que impactaram nos resultados. As principais contribuições são a apresentação dos principais fatores que influenciaram a produtividade, assim como a criação de base de dados com valores de referência.

Palavras-chave: Indicadores de desempenho, Benchmarking, Produtividade.

ABSTRACT

Labor productivity measurement and its insertion in project management system is a constant and current concern in the construction industry. This paper aims to present the results obtained through implementation of labor productivity indicators to the process of foamwork, rebar and pouring concrete, with a brief discussion of the main factors that influenced these results. This measurement process was developed using a standardized methodology by the Productivity Indicators Project Community Building and through sharing of results involving 9 construction project in Salvador in the period 2011-2014, in which the results were shared with the companies participating in this initiative through Benchmarking Clubs. The main stages of this study involved the (a) development of the productivity measures, (b) implementation cycles of the productivity measures, (c) the creation of database and data comparison. The data analysis was based on the calculation of the RUP (Unit Ratio Production) Cumulative and Potential. In addition, was realized the comparative between the best and worst project productivity performance, highlighting the main factors which influence these results. The main contributions of this study are the presentation of the

[1] MELO, Roseneia. R.S; COSTA, Dayana. B. Produtividade da mão de obra para estrutura de concreto armado: ênfase nos fatores influenciadores. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

main factors that influence the productivity in the processes studied, as well as, the development of data bases with references values.

***Keywords**: Performance indicators, Benchmarking, Productivity.*

1 INTRODUÇÃO

Entre os desafios enfrentados pela indústria da construção, a baixa produtividade do trabalho é alvo de preocupação permanente (MAWDESLEY; AL-JIBOURI, 2010; YEUNG et al., 2013). Todavia, a produtividade apresenta-se como um dos principais elementos utilizados para medir os resultados e a eficiência da produção, podendo ser medido em nível setorial, de projeto ou de atividade (YEUNG et al., 2013).

A primeira vista, as causas da baixa produtividade são quase sempre associadas a falta de qualificação da mão de obra, entretanto, estudos apontam outras causas, tais como, deficiências na tecnologia adotada, a gestão da mão de obra, as atividades gerenciais e os fatores externos (JARKAS e BITAR, 2012).

O presente artigo tem como objetivo apresentar os resultados da medição de produtividade para o processo de execução de estrutura de concreto armado (serviço de forma, armação e concretagem), destacando-se os fatores que influenciaram no desempenho dos processos. O foco no processo de estrutura de concreto armado justifica-se pelo seu impacto no custo total de edificação, que de acordo Araújo (2000) representa cerca 28% do custo total da obra, e desta fração, 44% se relacionam ao serviço de formas, enquanto armação e concretagem.

Diante da necessidade de mensuração da produtividade e identificação de oportunidades de melhorias, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), sob a liderança da Comunidade da Construção, desenvolveu em parceria com grupos de pesquisas na área de medição de desempenho no período de 2011 a 2014 os Projetos Indicadores de Produtividade e Perdas em Processos à Base de Cimento visando desenvolver e implementar um sistema de indicadores de produtividade e perdas para processos construtivos à base de cimento.

É importante contextualizar que quando este projeto foi iniciado em 2011, o setor da construção civil passava por forte ascensão, no entanto, existia ainda uma carência de mão de obra qualificada no setor, problemas significativos de fornecimento de materiais e serviços, e como consequência, as obras estavam sendo entregues com significativos atrasos e com custo acima do previsto. Diante deste contexto, a medição de produtividade mostrou-se de extrema relevância visando o acompanhamento do desempenho dos projetos, e continua sendo um desafio em um período de crise.

2 ESTUDOS DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA CONSTRUÇÃO

Diversos estudos sobre produtividade da mão de obra na construção vêm

sendo publicados, incluindo levantamentos de dados quantitativos e causas da baixa produtividade enfrentada pelo setor. O Quadro 1 apresenta os principais fatores identificados na literatura que influenciam a produtividade, sendo alguns deles discutidos a seguir.

Quadro 1: Fatores identificados na literatura que influenciam a produtividade da mão de obra nos processos de estrutura de concreto armado

Fatores	Referências
Tipologia Estrutural	Araújo (2000)
Clareza das especificações técnicas	Jarkas e Bitar (2012); Araújo (2000); El-Gohary e Aziz (2014)
Uso de inovação tecnológica	Guimarães (2012); El-Gohary e Aziz (2014)
Equipamento utilizado para transporte e lançamento do concreto	Araújo (2000)
Falta de manutenção e baixa qualidade dos equipamentos de transporte e lançamento	Araújo (2000)
Tipo de mão de obra: própria ou terceirizada	El-Gohary e Aziz (2014)
Rotatividade dos funcionários	Lim e Alum (1995)
Qualificação da equipe	Souza (2006);
Dimensionamento da equipe	Jarkas e Bitar (2012); Thomas *et al.* (2003); El-Gohary e Aziz (2014)
Hora extra	Jarkas e Bitar (2012)
Falta de supervisão do trabalho	Jarkas e Bitar (2012); Abdel-Razek *et al.* (2007); El-Gohary e Aziz (2014)
Falta de sistema de incentivos	Jarkas e Bitar. (2012); El-Gohary e Aziz (2014)
Logística e organização do canteiro	Souza (2006); Jarkas e Bitar (2012); Araújo (2000)
Interferência entre as atividades	Jarkas e Bitar (2012)
Escassez de material	Jarkas e Bitar (2012); Araújo (2000)
Planejamento semanal	Abdel-Razek *et al.* (2007); El-Gohary e Aziz (2014)

Para Araújo (2000) os fatores que potencialmente influenciam na produtividade podem ser relacionados ao conteúdo do trabalho (componentes físicos, especificações exigidas, detalhes de projetos, etc.), bem como relacionados ao contexto do trabalho (disponibilidade de materiais, ferramentas e equipamentos, a sequência das atividades, entre outros). Para Thomas et al. (2003) a causa mais expressiva da baixa produtividade está na dificuldade em dimensionar a capacidade de carga de trabalho disponível com a quantidade de serviço.

Jarkas e Bitar (2012) destacaram os principais fatores que afetam a produtividade: (1) clareza das especificações técnicas; (2) mudança durante a execução; (3) nível de coordenação entre as disciplinas de projeto; (4) falta de supervisão de trabalho; (5) proporção de trabalho subcontratado; (6) nível de complexidade do projeto; (7) falta de sistema de incentivos; (8) falta de liderança do gerente de construção; (9) inspeção rigorosa pelo engenheiro; (10) demora nas respostas de pedidos de

informação (JARKAS; BITAR, 2012).

Entendeu-se a partir da revisão da literatura que apesar da identificação e avaliação das causas que afetam a produtividade na construção civil ser tema amplamente estudado nas duas últimas décadas, ainda se observa a necessidade de estudos em nível regional para identificação dos principais problemas em contextos específicos e da identificação de boas práticas que proporcionem a melhoria da produtividade. Além disto, os efeitos destes fatores na produtividade podem variar de atividade para atividade. Embora alguns fatores possam ter influência similar na produtividade de muitas tarefas, a taxa de impacto destas causas na produtividade pode ser bem diferente (YIN; CHAN, 2014).

3 MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa foi desenvolvida por meio das seguintes etapas: (a) desenvolvimento do sistema de indicadores e metodologia padronizada; (b) ciclos de implantação dos indicadores; e (c) formação do banco de dados e (d) análise comparativa dos dados.

O projeto foi desenvolvido em dois ciclos distintos caracterizados como Ciclo I (Setembro/2011 a Agosto/2012) e Ciclo II (Setembro/2013 a Agosto/2014). A pesquisa como um todo foi realizada com a participação de 12 obras e 9 empresas construtoras. Especificamente para o processo de estrutura de concreto armado, participaram 9 obras de 7 empresas construtoras, sendo todas as obras de sistema de estrutura convencional (pilar, viga e laje).

No ciclo I foram realizadas 8 reuniões conjuntas com as obras e 6 reuniões no ciclo II visando discutir o desempenho alcançado pelas obras, as vantagens e desvantagens dos diferentes métodos construtivos adotados e o potencial de melhoria. O Quadro 2 apresenta o resumo da caracterização das obras.

Quadro 2: Caracterização das obras

Obra	Características	Tipologia estrutural	Ciclos de produtividade coletados		
			Forma	Armação	Concretagem
E1	RM, 13 pav. tipo	Reticulada Vigada	11	11	11
E2	RM, 21 pav. tipo	Reticulada Vigada	7	7	5
E3	RM, 22 pav. tipo	Reticulada Vigada	19	15	15
E4	RA	Plana com viga de bordo	5	-	-
E6	RA, 12 pav. tipo	Plana Nervurada sem viga de bordo	8	10	2
E7	RA, 13 pav. tipo	Reticulada Vigada	4	8	7
E8	RA, 32 pav. tipo	Plana Nervurada com viga de bordo	2	2	-
E9	RA, 13 pav. tipo	Reticulada Vigada	12	12	13
E10	RA, 4 pav. tipo	Reticulada Vigada	4	4	4

R- Residencial, M - Médio, A – Alto

A medição foi realizada pelo indicador denominado Razão Unitária de

Produção (RUP) (SOUZA, 2005), que relaciona o esforço dos trabalhadores (medido em homens-hora demandados) pela quantidade de serviço realizado, não sendo computadas as horas-prêmio recebidas pelos operários. Para o serviço de concretagem foi coletada a RUP Global, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3: Indicadores, fórmulas e descrição dos indicadores utilizados

Indicador		
		e o início até o fim da disponibilização da equipe envolvida no serviço (h) QS = Quantidade de serviço realizada (m³)

Fonte: Os autores

Neste trabalho, foi analisada a **RUP por ciclo** que corresponde à quantidade de homens-hora da equipe direta trabalhada em relação à quantidade de serviço do ciclo de coleta, que no presente trabalho corresponde ao pavimento tipo. A **RUP cumulativa** corresponde à produtividade acumulada no período de coleta, enquanto a **RUP potencial** corresponde a mediana dos valores de RUP por ciclo abaixo da RUP cumulativa final dos ciclos analisados. Paliari e Souza (2008) descrevem que os fatores que influenciam na produtividade da mão de obra estão relacionados com a RUP potencial, enquanto as anormalidades que ocorrem ao longo da produção estão relacionadas à diferença entre a RUP cumulativa e a RUP potencial denominado de ΔRUP.

A análise dos dados foi realizada individualmente e para cada obra foram identificados os fatores favoráveis e desfavoráveis que influenciaram a produtividade, tomando como base os fatores identificados na literatura. Estes fatores foram analisados com base nos dados coletados nas planilhas de coleta dos indicadores, nos dados levantados durante as visitas individuais realizadas nas obras, bem como por meio das percepções coletadas nas reuniões conjuntas.

4 RESULTADOS

Este item apresenta os resultados dos indicadores de produtividade para os processos de forma, armação e concretagem, associando a fatores que tenderam a influenciar na produtividade com base na RUP Potencial.

4.1 Forma

A Tabela 1 apresenta os resultados de RUP Cumulativa Global, RUP Potencial Global e ΔRUP para o processo de montagem e desmontagem de forma para carpinteiro e servente.

Tabela 1: Valores de produtividade da mão de obra no serviço de forma em Hh/m²

Obras	RUP Cum Carpinteiro	RUP Pot Carpinteiro	ΔRUP Carpinteiro	RUP Cum Servente	RUP Pot Servente	ΔRUP Servente
E1	0,44	**0,42**	0,02	0,09	**0,08**	0,01
E2	0,80	**0,78**	0,02	0,70	**0,59**	0,11
E3	0,32	**0,34**	0,03	0,30	**0,29**	0,01
E4	0,60	**0,60**	0,00	0,49	**0,47**	0,02
E6	0,67	**0,66**	0,01	0,46	**0,42**	0,04
E7	0,64	**0,63**	0,01	0,55	**0,48**	0,07
E8	0,50	**0,49**	0,02	0,21	**0,21**	0,00
E9	0,36	**0,33**	0,03	0,48	**0,46**	0,02
E10	0,35	**0,32**	0,03	0,10	**0,10**	0,00

A obra E2 obteve o pior desempenho para forma, com RUPpot de 0,78 Hh/m² para carpinteiro e 0,59 Hh/m² para servente. A obra terceirizava o serviço de forma, tendo em média uma equipe com 8 carpinteiros e 9 ajudantes, sendo a quantidade de serviço de forma 662 m²/pavimento, em um tempo de ciclo médio de 10 dias. Dentre os fatores desfavoráveis, observou-se que a subempreiteira realizava a constante relocação da equipe, além disso, o uso do guincho ocasionou atrasos na movimentação, devido à falta de planejamento dos materiais a serem içados, ocasionado ociosidade da equipe por falta de material.

A obra E10 obteve o melhor desempenho, com RUPpot de 0,32 Hh/m² para carpinteiro e 0,10 Hh/m² para servente. A equipe responsável era terceirizada, constituída de 8 carpinteiro e 4 serventes, e a quantidade de serviço foi de 1280m²/pavimento, com um tempo de ciclo médio de 10 dias. Embora o transporte das peças entre pavimentos fosse realizado manualmente, verificou-se nesta obra uma atuação contínua da engenharia na supervisão das atividades da terceirizada, destacando a utilização dos indicadores de produtividade para o dimensionamento das equipes.

4.2 Armação

A obra E6 obteve RUPpot foi de 0,050 Hh/kg para carpinteiro e 0,025 Hh/kg para servente, representando o pior desempenho para armação, apresentado na Tabela 2. A obra utilizava o aço cortado e dobrado. O serviço era realizado por uma equipe própria formada por 14 armadores e 8 serventes, onde a quantidade de serviço por pavimento era de 9.875Kg, com tempo de ciclo médio de 5 dias. O transporte das armaduras até o pavimento era realizado por meio de grua, no entanto, a mesma era responsável pelo transporte de outros materiais ocasionado em esperas pela falta de planejamento das movimentações. Outro fato relevante observado foi à construção de três torres simultaneamente, provocando o deslocamento de equipes entre as torres.

Tabela 2: Valores de produtividade da mão de obra no serviço de armação em Hh/kg

Obras	RUP cum Armador	RUP Pot Armador	ΔRUP Armador	RUP cum Servente	RUP Pot Servente	ΔRUP Servente
E1	0,032	**0,025**	0,001	0,002	**0,007**	0,001
E2	0,073	**0,047**	0,026	0,022	**0,021**	0,001
E3	0,047	**0,041**	0,007	0,011	**0,009**	0,002
E6	0,054	**0,050**	0,004	0,028	**0,025**	0,003
E7	0,019	**0,014**	0,004	0,015	**0,005**	0,010
E8	0,025	**0,021**	0,005	0,004	**0,004**	0,010
E9	0,037	**0,031**	0,006	0,029	**0,022**	0,007
E10	0,022	**0,021**	0,001	0,011	**0,011**	0,000

A obra E7 apresentou o melhor desempenho, RUPpot de 0,014 Hh/kg para carpinteiro e 0,005 Hh/kg para servente. A obra utilizava aço cortado e dobrado, restando apenas a montagem dos elementos. A equipe responsável era terceirizada formada por 6 armadores e 12 serventes, com quantidade de serviço por pavimento de 20.140Kg com tempo de ciclo médio de 9 dias. Apesar da alta rotatividade de mão de obra por parte da terceirizada, o serviço era realizado de forma ágil por profissionais com treinamento específicos. Quanto ao dimensionamento da equipe notou-se um excesso de serventes, que neste caso, colaboravam no processo de montagem da armação, além das atividades de movimentação das armaduras. A movimentação vertical era realizada por grua e guincho, agilizando o transporte em casos de altas demandas de materiais, diminuindo as esperas.

4.3 Concretagem

Os dados foram coletados em separado para pilar e viga + laje, devido às características da mão de obra no serviço de concretagem para cada fase. A Tabela 3 apresenta os valores de produtividade para concretagem.

Tabela 3: Valores de produtividade da mão de obra no serviço de concretagem em Hh/m³

Obras	RUPcum Global Pilar	RUPPot Global Pilar	ΔRUP Global Pilar	RUPcum Global (V+L)	RUP Pot Global (V+L)	ΔRUP Global (V+L)
E1	6,00	**4,95**	1,05	3,08	**2,92**	0,16
E2	-	**-**	-	3,26	**2,48**	0,78
E3	4,09	**3,31**	0,79	4,15	**4,10**	0,05
E6	3,12	**2,59**	0,53	1,20	**1,15**	0,05
E7	3,11	**1,94**	1,17	1,53	**1,28**	0,24
E9	2,62	**2,14**	0,08	1,64	**1,50**	0,14
E10	1,62	**1,37**	0,26	1,47	**1,38**	0,09

Para pilar, a Obra E1 obteve o pior desempenho em concretagem de pilar, sendo a RUPpot de 4,95 Hh/m³. Para este serviço, a obra utilizou mão de obra própria composta de 1 pedreiro e 7 serventes, o transporte e lançamento do concreto foi realizado através de bomba estacionária. Para Viga e Laje, a Obra E3 obteve o pior desempenho, sendo a RUPpot de 4,10 Hh/m³. Nesta obra, este serviço era realizado por equipe de mão de obra terceirizada composta 5 pedreiros e 10 serventes. Para o transporte e lançamento do concreto utilizou-se bomba estacionária. Dentre os fatores destacam-se: excesso de serventes durante o processo, atrasos no recebimento concreto ou mobilização da equipe muito cedo, com tempo de início de 2,5h para E1, e de 1,79h para E3, além da diferença de 0,26Hh/m³ entre a RUP Cumulativa Caminhão e a RUP Cumulativa Descarga nesta obra, indicando o tempo ocioso entre o descarregamento dos caminhões para pilar E1 e de 0,64Hh/m³ para viga e laje E3.

A Obra E10 obteve o melhor desempenho no serviço de concretagem de pilar, sendo a RUPpot de 1,37 Hh/m³, e a obra E6 para viga e laje com RUPpot de 1,15 Hh/m³. Ambos os serviços de concretagem eram realizados com mão de obra própria e com bomba estacionária. Para pilar a equipe era composta por 2 pedreiros e 3 serventes e de viga e laje por 5 pedreiros e 11 serventes. Os principais fatores que afetaram este serviço foram: correto dimensionamento da equipe, baixa rotatividade da mão de obra, movimentação dos materiais e organização do canteiro eficiente. Além disso, ambas as obras realizavam reunião de planejamento semanal junto aos encarregados, e a obra E10 realizava um planejamento do concreto junto à concreteira.

4.4 Fatores que influenciaram na produtividade no processo de estrutura de concreto armado

A partir dos dados de produtividade e das análises realizadas, foi possível identificar um conjunto de fatores e a descrição da possível situação favorável e desfavorável que influenciou na produtividade (Quadro 4).

- *Mão de obra*

Quanto à mão de obra, os fatores que se destacaram no estudo foram: o tipo de mão de obra, corroborando com El-Gohary e Aziz (2014), a rotatividade dos funcionários, corroborando com Lim e Alum (1995), a mobilização da equipe muito antes do início do serviço e a falta de supervisão do trabalho, corroborando com diversos autores (JARKAS e BITAR, 2012; ABDEL-RAZEK et al., 2007; EL-GOHARY e AZIZ, 2014; HAFEZ et al., 2014).

Neste estudo a mão de obra própria se mostrou favorável, principalmente pela maior supervisão da equipe de produção por parte da construtora associado a baixa rotatividade dos funcionários, a mão de obra terceirizada apresentou na maioria dos casos, alta rotatividade. Em alguns casos, o superdimensionamento da equipe, elevada quantidade de serventes, impactou diretamente na diminuição da produtividade. Percebeu-se que a maioria das empresas mobilizavam as equipes muito antes do início do

serviço, principalmente para o processo de concretagem, chegando a alcançar ociosidade de 1,79h para pilar e 1,79 para viga e laje, influenciando no aumento da RUP Global como verificado na obra E3.

Quadro 4: Fatores que influenciam a produtividade do processo de estrutura de concreto armado

Categoria	Fatores Influenciadores	Situação Favorável	Situação Desfavorável
Mão de Obra	Tipo de mão de obra (terceirizada ou própria)	Mão de obra terceirizada tende a ter maior produtividade, devido a sua especialização.	Mão de obra própria tende a ser menos eficiente em relação à equipe terceirizada, na ausência de treinamento específico.
	Rotatividade (alta ou baixa)	A baixa rotatividade tende a aumentar a produtividade, devido a curva de aprendizagem e pela repetitividade.	A alta rotatividade tende a reduzir a produtividade, devido a ausência de curva de aprendizagem e pela falta repetitividade.
	Dimensionamento da equipe de produção	O bom dimensionamento da equipe impacta diretamente na produtividade, devido a adequação da capacidade de carga de trabalho disponível a quantidade de serviço.	O mau dimensionamento da equipe (subdimensionamento ou superdimensionamento) tende a reduzir a produtividade, ocasioando em ociosidade da equipe, ou a não conclusão das atividades nos prazos previstos.
	Mobilização da equipe (tempo hábil ou muito antes do início do serviço)	A mobilização da equipe em tempo hábil reduz a espera da equipe, aumentando a produtividade.	A mobilização da equipe muito antes do início do serviço conduz a esperas da equipe e a redução da produtividade.
	Supervisão do trabalho (ausência ou presença)	A presença de supervisão do trabalho tende a aumentar a produtividade pela identificação mais rápida dos problemas.	A ausência supervisão do trabalho tende a reduzir a produtividade, pois os problemas tendem a não serem observados em tempo real.
Movimenta-ção e armazena-mento de materiais	Espaço necessário para circulação, estocagem e áreas de produção (adequado ou inadequado)	O adequado espaço necessário para circulação, estocagem e áreas de produção tende a aumentar a produtividade devido a um melhor fluxo físico, menores distâncias de transportes e identificação clara dos materiais a serem utilizados.	O inadequado espaço necessário para circulação, estocagem e áreas de produção tende a reduzir a produtividade devido a maiores distâncias de transportes, barreiras ou obstáculos durante o transporte de materiais e perdas de materiais.
	Tipo de equipamentos utilizado para transporte de materiais	O transporte mecanizado de materiais, como gruas, mini gruas e elevadores tende a aumentar a produtividade devido a redução da necessidade de Hh de serventes em transportes.	O transporte manual de materiais tende a reduzir a produtividade, pelo número maior de Hh de serventes em transportes.
	Planejamento da movimentação dos materiais	O planejamento da atividade de movimentação de materiais aumenta a produtividade, devido a redução do tempo de espera dos equipamentos de trasporte, ou seja, controle da demanda.	A falta do planejamento da atividade de movimentação de materiais reduz a produtividades, devido a esperas geradas para o transporte dos materiais, gerando ociosidade das equipes de produção.

Quadro 4: Fatores que influenciam a produtividade do processo de estrutura de concreto armado (cont.)

Categoria	Fatores Influenciadores	Situação Favorável	Situação Desfavorável
Tipologia e Projetos	Geometria da fachada (simples ou complexa)	A geometria simples (quadrada ou retangular sem excessos de recortes) tende a possibilitar maior rapidez na execução das atividades de forma, armação e concretagem.	A geometria complexa (curva ou com muitos recortes) tende a tornar menos eficiente a montagem das formas e armaduras e o adensamento do concreto.
	Nível de racionalização de sub-processos	O uso de formas pré fabricadas e armaduras cortadas, dobradas e pré montadas aumenta a produtividade do processo, pela redução de Hh de trabalho no canteiro.	Corte e montagem de formas e armaduras cortadas, dobradas e pré montadas no canteiro tende a reduzir a produtividade pelo aumento de Hh de trabalho no canteiro, além de aumentar interferências entre as atividades.
Planeja-mento e Controle da Produção	Planejamento semanal com uso dos indicadores de produtividade (adoção ou não adoção)	O planejamento semanal sistematizado e com uso dos indicadores de produtividade para retroalimentação dos processos tende a aumentar a produtividade, devido ao controle em tempo real.	A não adoção de planejamento semanal ou adoção não sistematizada e o não uso dos indicadores de produtividade tende a não identificação dos problemas durante a execução e controle em tempo real.
	Planejamento dos horários de chegada do concreto junto à concreteira (adoção ou não adoção)	O planejamento dos horários de chegada do concreto junto a concreteira tende a reduzir as esperas de tempo de início do processo de concretagem.	O não planejamento dos horários de chegada do concreto junto a concreteira tende a provocar maiores esperas no tempo de início da concretagem.

- *Movimentação e armazenamento dos materiais*

Grande parte das obras estudadas apresentavam canteiros limitados e restritos, em que a falta de planejamento na logística dos materiais no canteiro influenciava negativamente na produtividade, corroborando com os estudos de Souza (2006), Jarkas e Bitar (2012), Araújo (2000) e Hafez et al. (2014).

Ainda em logística, o tipo de equipamentos utilizado para a movimentação dos materiais influenciou de forma positiva ou negativa a produtividade dos processos, visto o maior ou menor tempo do transporte, a interferências entre as atividades devido à alta demanda gerada pela falta de planejamento da movimentação dos materiais, além das esperas provocadas pela quebra e manutenção dos mesmos. Esta questão de equipamento foi ressaltada no estudo de Araújo (2000).

Para os processos de forma e armação observou-se que a fluidez na movimentação está associada ao planejamento do transporte dos materiais, e ao tipo de transporte vertical utilizado. Para obra E6, apenas a movimentação através da grua não foi suficiente para melhorar a RUP potencial armador e servente calculada em 0,050Hh/kg e 0,025Hh/kg.

Enquanto isso, a obra E7 que dispunha de grua e guincho para movimentação do aço, os benefícios quanto à produtividade foram visíveis.

Para o serviço de concretagem constatou-se que a utilização de bomba estacionária ou lança garantiu melhor fluidez e agilidade na movimentação. Embora, para a concretagem de pilar algumas obras (E3 e E7) optaram pela grua, a mesma não parece ser o equipamento ideal para transporte de concreto em grandes quantidades, ocasionando em esperas e ociosidade, devendo ser analisada a relação custo-benefício.

- *Tipologia e projetos*

A geometria simples da fachada influenciou positivamente na produtividade, especialmente para a execução das fôrmas, além de favorecem a produtividade durante o processo de armação e a concretagem, corroborando com Araújo (2000) e Jarkas e Bitar (2012). A tipologia foi desfavorável nas obras E2 e E10 devido à presença de peças curvas, no entanto, E2 obteve baixos índices de produtividade, especialmente para forma e E10 apresentou bons índices, isso se justifica pela interferência dos outros fatores que afetaram a produtividade. Neste sentido, a produtividade deve ser levada em consideração desde a concepção do projeto.

- *Planejamento e Controle da Produção*

É reconhecido que o planejamento exerce influência sobre todas as atividades do canteiro, e neste estudo específico, foi possível destacar-se a importância do planejamento semanal na produtividade, corroborando com Abdel-Razek, Elshakour; Abdel-Hamid (2007) e El-Gohary e Aziz (2014). Apesar da difusão dos conceitos de planejamento, poucas empresas realizavam o planejamento semanal de forma consistente, adequando a carga de trabalho disponível a carga de trabalho necessária a quantidade de serviço.

Apesar da significativa importância, este fator foi observado em apenas 3 obras. Em especial, a obra E10 se destacou pelo planejamento e acompanhamento dos processos, mesmo os serviços realizados por empresas terceirizadas. Dentre as práticas adotadas, destacam-se a reunião do planejamento com todos os envolvidos no processo (planejamento das futuras atividades e feedback) e o planejamento do concreto juntamente com a concreteira, outro fator que colaborou com redução dos atrasos dos caminhões de concreto.

5 CONCLUSÕES

A principal contribuição deste estudo foi a identificação de um conjunto de fatores que influenciam a produtividade, assim como a descrição da possível situação favorável e desfavorável para o processo de estrutura de concreto armado, destacando-se as variáveis: mão de obra, movimentação e armazenamento de materiais, tipologia e projetos e planejamento e controle de obras.

Outra contribuição foi desenvolvimento de uma metodologia padronizada para medição de indicadores de produtividade, tomando como base o reconhecido indicador Razão Unitária de Produção, que pode ser comparado com bases de dados comerciais e públicas. Esta metodologia se diferencia de outras metodologias, pois em sua concepção buscou-se reduzir a complexidade das variáveis a serem coletadas para cálculo dos indicadores, por exemplo, a coleta era por pavimento tipo e não diária ou por área para que a mesma pudesse ser implantada por um número maior de obras. Além disso, o estudo contribuiu para a criação de uma base de dados regional, que servem para fomentar mudanças nos processos de planejamento, orçamentação, contratação e monitoramento da produtividade da obra, associados a fatores específicos.

A representatividade da adesão às iniciativas mostra a necessidade que as empresas construtoras possuem em conhecer o nível de desempenho de suas tecnologias construtivas e o elevado interesse na melhoria contínua de seus processos. Verificou-se um grande potencial de melhoria dos indicadores avaliados, no entanto, é necessária a adoção de medidas de controle, melhores estratégias de produção e gestão dos processos.

REFERÊNCIAS

ABDEL-RAZEK, R. H; ELSHAKOUR, H.A; ABDEL-HAMID, M. Labor productivity: Benchmarking and variability in Egyptian projects. **International Journal of Project Management**, v.25, p. 189-197, 2007.

ARAÚJO, L.O.C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria.** São Paulo, 2000. 385p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

EL-GOHARY, K.M; AZIZ, R. F. Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt. **Journal of Management in Engineering**, v. 30, n. 1, p. 1-9, 2014.

JARKAS, A. M; BITAR, C. G. Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait. **Journal of construction engineering and management,** v. 138, n. 7, 2012.

LIM, E.C; ALUM, J. Construction productivity: issues encountered by contractors in Singapore. **Journal of Project Management**, v. 13, n. 1, p. 51-58, 1995.

MAWDESLEY, M. J.; AL-JIBOURI, S. Modelling construction project productivity using systems dynamics approach. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 59, n.1, p. 18-36, 2010. ISSN 1741-0401

PALIARI, J. C; SOUZA, U. E. L. Método simplificado para prognóstico do consumo unitário de materiais e da produtividade da mão de obra: sistemas prediais hidráulicos. São Paulo: EPUSP, 2008. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP)

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros** - Manual de Gestão do Consumo de Materiais de Construção Civil. São Paulo: Pini, 2005.

SOUZA, U.E.L. **Como Aumentar a Eficiência da mão de obra** - Manual de Gestão da Produtividade na Construção Civil. São Paulo; Editora Pini; 2006. 100p

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 13. ed. São Paulo: Pini, 2008.

THOMAS, H. R; HORMAN, M.J; JR, E.M; CHEN, D ; Improving Labor Flow Reliability for Better Productivity as Lean Construction Principle. **Journal of construction engineering and management,** v.129, n.3, p.251-261, 2003.

YEUNG, J.F.Y; CHAN, A. P.C; CHAN, D.W.M; CHIANG, Y.H; YANG, H. Developing a Benchmarking Model for Construction Projects in Hong Kong. **Journal of Construction Engineering and Management,** v. 139, n. 6, p. 705-716, 2013.

YIN, W; CHAN, A.P.C. Critical Review of Labor Productivity Research in Construction Journals. **Journal of Management in Engineering,** v.30, - 214-225, 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA O ESTUDO DA PRODUTIVIDADE NA MONTAGEM DE ESTRUTURAS DE AÇO PARA EDIFÍCIOS[1]

MINGIONE, Caio Marranghello (1); SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de (2)

(1) USP, e-mail: caiomingione@usp.br; (2) USP, e-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br

RESUMO

O uso de estruturas de aço para construção de edifícios vem se expandindo no país como uma alternativa às tradicionais estruturas em concreto armado. Dessa forma, é fundamental que se estabeleça um método prático e padronizado para o estudo da produtividade da montagem da estrutura de aço, de forma a possibilitar a geração de bancos de dados confiáveis e metodologicamente homogêneos. Esse trabalho tem por objetivo desenvolver um método para coleta, processamento e análise de dados de produtividade da mão de obra e de equipamentos de içamento na montagem de estruturas de aço para edifícios. Esse artigo apresenta-se como um subproduto de pesquisa de mestrado realizada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, sob o título "Produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios". Como método de pesquisa para elaboração desse artigo, utiliza-se de pesquisa bibliográfica e documental para o desenvolvimento do método proposto e aplicação do mesmo em um estudo de caso piloto buscando verificar sua adequabilidade. Como resultado, obtêm-se um método prático e padronizado para o estudo da produtividade da montagem estrutura de aço para edifícios. Considerando sua aplicação ao estudo de caso piloto, conclui-se que o mesmo é adequado e eficiente para o estudo que se propõe.

Palavras-chave: Estrutura de Aço. Produtividade. Método.

ABSTRACT

The use of steel structures for buildings grows in Brazil as an alternative to the traditional use of reinforced concrete. Therefore, it is essential to establish a practical and standardized method to study the productivity in the erection of steel structures, in order to guide the creation of reliable and methodologically homogenous databases. This essay aims to develop a method for collecting, processing and analyzing labor and crane productivity data in the erection of steel structures for buildings. This article is presented as a byproduct of a master's research project held at the Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, under the heading "Productivity in the erection of steel structures for buildings". As research method, it is used bibliographic and documentary research for the development of the proposed method, which is then tested in a pilot case study. As a result, it is presented a practical and standardized method to study the productivity in the erection of steel structures for buildings. Considering its application to the pilot case study, it is concluded the method is appropriate and efficient for its purpose.

Keywords: *Steel Structures. Productivity. Method.*

[1] MINGIONE, Caio Marranghello; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Desenvolvimento de método para estudo da produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Nos anos recentes de 2014 a 2016, O setor da construção civil entrou de forma abrupta em um período de crise, com o mercado imobiliário, em particular, sendo fortemente afetado (EXAME, 2015). Nesse cenário, a busca por melhorias de produtividade tornou-se, mais do que nunca, fundamental para a sobrevivência e retomada da competitividade do setor.

Nesse sentido, o uso de estruturas em aço surge como uma alternativa interessante para a produção de edifícios de múltiplos pavimentos, uma vez que o caráter mais industrializado desse método construtivo tem potencial de permitir ganhos de produtividade na execução do subsistema estrutura, podendo ter impactos na redução dos custos e prazos na construção do edifício (PINHO, 2009).

Apesar deste método construtivo já ser bastante conhecido e utilizado internacionalmente, seu uso na construção de edifícios de múltiplos pavimentos ainda é pouco difundido no Brasil, onde tradicionalmente prevalece o uso de estruturas em concreto armado (TÉCHNE, 2016).

De forma a obter subsídios à discussão sobre o uso de estruturas em aço para empreendimentos de edifícios de múltiplos pavimentos, é fundamental compreender e quantificar a produtividade que pode ser alcançada por meio desse método construtivo. Para isso, faz-se necessária a criação de um método padronizado para mensuração dessa produtividade, de forma a possibilitar a geração de bancos de dados confiáveis e metodologicamente homogêneos.

1.1 Objetivo

O objetivo desse artigo é apresentar o desenvolvimento de um método padronizado e de fácil utilização para estudo – isto é, coleta, processamento e análise de dados - da produtividade da mão de obra e de equipamentos de içamento na montagem de estruturas de aço para edifícios de múltiplos pavimentos.

1.2 Método de pesquisa

Como método de pesquisa para o desenvolvimento desse trabalho utilizou-se basicamente de pesquisa bibliográfica e documental, além da condução de um estudo de caso piloto. Segundo Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, enquanto que a pesquisa documental consiste da obtenção de dados oriundos de fontes primárias, como, nesse caso, projetos, documentos e registros de obra. Um estudo de caso piloto, por sua vez, tem por objetivo testar a adequabilidade de um método de pesquisa antes de sua aplicação extensiva.

Não se pretende aqui determinar valores característicos de indicadores de produtividade na montagem de estruturas de aço, nem verificar a influência de fatores na produtividade desse serviço. Busca-se, entretanto, desenvolver

e testar um método de pesquisa que estabeleça uma base para realização desse tipo de estudo posteriormente.

O método aqui desenvolvido foi baseado no Modelo dos Fatores, conforme proposto por Thomas e Yakoumis (1987). Trata-se de um modelo conceitual amplo, explicativo da variação de produtividade em serviços da construção civil. No entanto, cabe ressaltar que o modelo não é imediatamente aplicável a medição de produtividade, exigindo para isso que seja definido um método para sua operacionalização - isto é, a definição de indicadores, fatores e forma de coleta, processamento e análise de dados. Observa-se ainda que, para cada serviço específico estudado, o método derivado do Modelo dos Fatores pode diferir em detalhes operacionais e analíticos, de forma a melhor se encaixar as características do referido serviço, como observado em trabalhos como Araújo (2005), Reis (2005), e Paliari (2007). É o desenvolvimento desse método, aplicado ao serviço de montagem de estruturas de aço para edifícios, que se propõe esse artigo.

2 DESENVOLVIMENTO

O método aqui desenvolvido constitui-se de quatro etapas:

1. Definição dos indicadores de produtividade
2. Listagem ampla e seleção de fatores potencialmente influenciadores da produtividade
3. Procedimentos de coleta e processamento de dados
4. Procedimentos de análise de dados

Apresenta-se a seguir o desenvolvimento detalhado de cada uma dessas etapas.

2.1 Definição de indicadores

Indicadores de produtividade são relações matemáticas que expressam o quociente entre as entradas e saídas de um processo de produção (SOUZA, 2006). Para o método de estudo do processo de montagem de estruturas de aço para edifícios apresentado nesse trabalho, devem ser considerados como entradas os recursos físicos mão de obra e equipamentos. Como saídas, devem ser consideradas as quantidades de serviço produzidas (QS) ou a área construída da edificação (m^2). No entanto, definir um indicador de produtividade significa determinar de forma precisa como essas entradas e saídas devem ser quantificadas.

Assim, para esse método, quatro tipos de indicadores de produtividade podem ser determinados. Os dois indicadores principais são a RUP – Razão Unitária de Produção, medida em homens-hora por quantidade de serviço (H.h/ QS) - para a produtividade da mão de obra, e a E_fE – Eficiência do Equipamento, medida em horas de equipamento por quantidade de serviço (h.Eq/ QS) - para produtividade dos equipamentos. Esses indicadores balizam as análises de dados previstas no método. Além desses, dois indicadores

com base em área – $MO_{área}$ e $Eq_{área}$ – podem ser calculados de forma complementar, visando permitir comparações posteriores com outros serviços e partidos estruturais. O Quadro 1 apresenta esses indicadores.

Tendo-se definidos os indicadores, é necessário entender de forma clara qual o processo para o qual se deseja medir a produtividade. O conceito de processo pode ser aplicado a diferentes níveis de abrangência (TANGEN, 2002). Assim, de um ponto de vista analítico, processos produtivos podem ser progressivamente agregados, formando processos mais amplos e complexos, ou progressivamente decompostos, gerando subprocessos cada vez menores e mais simples.

Quadro 1 - Definição dos indicadores de produtividade do método

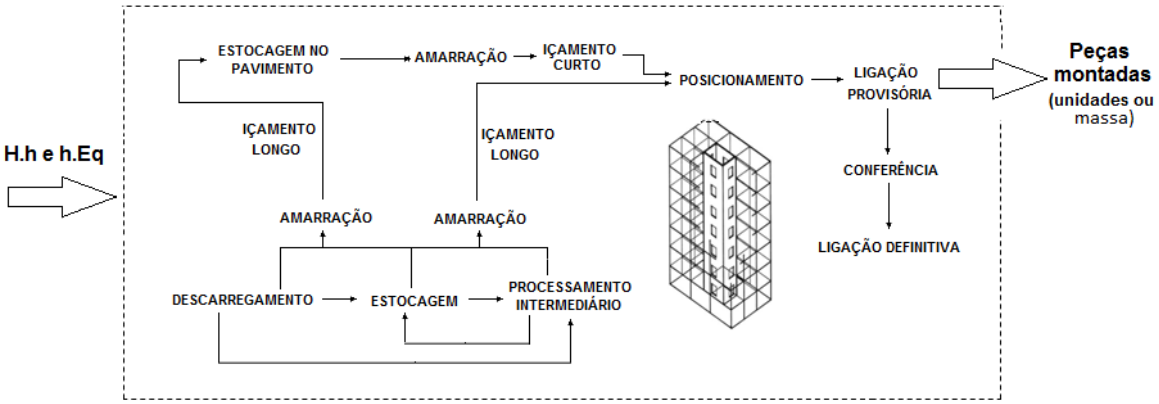
ENTRADA		**SAÍDA**		**INDICADORES**		
TIPO	**UNIDADE**	**TIPO**	**UNIDADE**	**SIGLA**	**NOME**	**REL. MATEMÁTICA**
INDICADORES DE PRODUTIVIDADE FÍSICA						
MÃO DE OBRA	H.h	QS	toneladas, unidades	RUP	Razão Unitária de Produção	H.h/QS
EQUIPAMENTO	h.Eq	QS	toneladas, unidades	E_FE	Eficiência de Equipamento	h.Eq/ QS
INDICADORES POR ÁREA DE PRODUTIVIDADE FÍSICA						
MÃO DE OBRA	H.h	ÁREA	m^2	$MO_{área}$	Consumo de mão de obra por área	H.h/ m^2
EQUIPAMENTO	h.Eq	ÁREA	m^2	$Eq_{área}$	Consumo de equipamento por área	h.Eq/ m^2

Fonte: elaboração do próprio autor

A produção da estrutura de aço de um edifício envolve diferentes serviços, que variam em termos das soluções tecnológicas e construtivas adotadas (BELLEI et al., 2008). Assim, a execução da estrutura pode envolver não apenas a montagem de um reticulado metálico, mas também de elementos de concreto, no caso de se adotarem sistemas estruturais mistos ou híbridos, a execução dos sistemas de laje e a aplicação de pintura anticorrosiva e proteção passiva. O serviço de execução do reticulado metálico é, no entanto, o serviço mais importante e que confere o ritmo de execução da estrutura. Assim, esse método considera apenas a montagem do reticulado como processo cuja produtividade será estudada.

A Figura 1 apresenta de forma sistematizada, as interfaces entre os diferentes subprocessos que constituem esse serviço. Observa-se que, dependendo do projeto e de questões como o arranjo do canteiro, etapa de obra e planejamento de montagem, existe mais de um caminhamento possível para as peças da estrutura, desde o seu descarregamento até a sua ligação definitiva.

Figura 1 - Subprocessos envolvidos no serviço de execução de estruturas de aço para edifícios



Fonte: elaboração do próprio autor

Para mensuração da produtividade no método aqui proposto considera-se como saídas do processo de montagem em um determinado dia a totalidade das peças da estrutura ligadas provisoriamente ao conjunto nesse dia (que serão denominadas "peças montadas"). Com relação às entradas, consideram-se os homens-hora e equipamentos-hora utilizados no serviço como um todo. Essas considerações são convenientes em termos operacionais, pois gera um indicador único representativo do processo.

Deve-se determinar a RUP e a E_fE em base diária (d), cumulativa (cum) e potencial (pot), considerando-se como entrada, respectivamente, as horas disponíveis dos montadores/ oficiais (RUP_{of}) e as horas disponíveis do equipamento de içamento. A quantidade de serviço considerada pode ser tomada como o peso das peças montadas por dia (toneladas) ou a quantidade de peças (vigas+pilares+outros) montadas por dia. Dessa forma, podem-se obter os indicadores: $RUP_{d,of,peso}$, $RUP_{d,of,peça}$, $RUP_{cum,of,peso}$, $RUP_{cum,of,peça}$, $RUP_{pot,of,peso}$, $RUP_{pot,of,peça}$, $E_fE_{d,peso}$, $E_fE_{d,peça}$, $E_fE_{cum,peso}$, $E_fE_{cum,peça}$, $E_fE_{pot,peso}$ e $E_fE_{pot,peça}$. O Quadro 2 sintetiza essas considerações.

Quadro 2 - Definições quanto ao cômputo de entradas e saídas

	ENTRADA		O QUE CONSIDERA	INDICADORES		
				DIÁRIOS	CUMULATIVOS	POTENCIAIS
RUP	MO	homem	Número de montadores	$RUP_{d,of,peso}$ / $RUP_{d,of,peça}$	$RUP_{cum,of,peso}$ / $RUP_{cum,of,peça}$	$RUP_{pot,of,peso}$ / $RUP_{pot,of,peça}$
		hora	Horas disponíveis			
	QS	tonelada	Peso de peças montadas			
		peça	Quantidade de peças (vigas ou pilares) montadas			
E_fE	EQUIP	equipamento	Número de Gruas/ Guindastes	$E_fE_{d,peso}$	$E_fE_{cum,peso}$	$E_fE_{pot,peso}$
		hora	Horas disponíveis			

	QS	tonelada	Peso de peças montadas	$E_fE_{d,peça}$	$E_fE_{cum,peça}$	$E_fE_{pot,peça}$
		peça	Quantidade de peças (vigas ou pilares) montadas			

Fonte: elaboração do próprio autor

Como "horas disponíveis" entende-se o tempo que pode ser utilizado para produção do serviço considerado, isto é, o total de horas úteis e extras subtraídas de horas de férias, faltas, atrasos e saídas (justificadas ou não), afastamentos com atestado, greves, empréstimo para outras tarefas, tempo para treinamentos, horas-prêmio, almoço e lanche.

O cálculo da RUP para outras agregações de mão de obra (global, ajudantes, administrativa) pode ser feito a partir das RUPs cumulativas por meio de relações auxiliares que mostrem a proporção entre as horas-homem computadas para um determinado agrupamento de mão de obra e os homens-hora de oficiais. Os indicadores $MO_{área}$ e $Eq_{área}$ podem ser calculados a partir dos indicadores cumulativos, por meio de relações auxiliares que mostrem a proporção entre o peso ou quantidade média de peças em um pavimento tipo e a área de projeção desse pavimento.

2.2 Listagem ampla e seleção de fatores

Uma segunda etapa para o desenvolvimento do método de estudo da produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios consiste em compreender quais são os fatores que podem potencialmente influenciar na produtividade desse serviço.

Assim, para o método proposto, elabora-se inicialmente uma listagem ampla de fatores que poderiam apresentar este tipo de influência, tomando como base: entrevistas com especialistas; pesquisa bibliográfica em trabalhos correlacionados e manuais de orçamentação; considerações feitas pelo pesquisador com base em sua experiência e conhecimento a respeito do serviço (em especial com base nos diversos aspectos tecnológicos e construtivos das estruturas de aço).

Os fatores que influenciam a produtividade dos processos produtivos em canteiro de obras, em condições normais de trabalho, podem ser divididos em dois grupos (SOUZA, 1996):

- Fatores de CONTEÚDO: dizem respeito às características do produto sendo executado e dos recursos transformados (materiais) utilizados no processo produtivo. Para as estruturas de aço, poder-se-ia tomar como exemplo de fatores de conteúdo potencialmente influenciadores: o peso e dimensões das peças, características das ligações, altura do edifício, tipologia da estrutura, entre outros.
- Fatores de CONTEXTO: associados às condições de contorno do serviço sendo executado e aos recursos de transformação (mão de obra/ equipamentos) utilizados no processo produtivo. Para as estruturas de aço, poder-se-ia tomar como exemplo de fatores de

contexto potencialmente influenciadores: tipo, quantidade e disponibilidade de equipamentos de içamento, capacitação e motivação da equipe, supervisão, entre outros.

Além disso, a produtividade pode ser alterada quando anormalidades acontecem, isso é, quando ocorrem afastamentos acentuados quanto às características regulares de conteúdo e contexto citados.

Tendo-se realizado o levantamento amplo, faz-se necessária a seleção de alguns fatores dentro da listagem para que, efetivamente, sejam considerados na coleta, processamento e análise de dados. Esta seleção se faz necessária pois o grande número de fatores da listagem ampla tornaria a coleta, processamento e análise impraticáveis. A seleção desses fatores deve ser feita com base em critérios como o escopo do estudo, a disponibilidade de informações ou a relevância dos fatores.

2.3 Procedimentos de coleta e processamento de dados

A coleta e processamento de dados devem ser realizados para cada obra participante do estudo, por meio de pesquisa documental em projetos de estrutura dos edifícios, diários de obra, controles de montagem e registros do ritmo de produção elaborados pelas próprias equipes de execução das obras. Adicionalmente, pode-se realizar também pesquisa de campo, com visitas técnicas do pesquisador às obras. Sugere-se que todos os dados sejam coletados e processados por meio de planilhas e gráficos. Os Quadros 3 e 4 mostram exemplos desse tipo de planilha de coleta e processamento.

Quadro 3. Modelo de planilha para coleta de entradas e saídas

PLANILHA DE COLETA DE ENTRADAS E SAÍDAS - OBRA X1														
	MÃO DE OBRA					**EQUIP.**		**QUANTIDADE DE SERVIÇO**					**FATORES**	
	OFICIAL	**AJUDANTE**	**SOLDADOR**	**MO GLOBAL**	**MO ADM**	**GRUA 1**	**GRUA 2**	**PESO**	**PILAR**	**VIGAS**	**OUTROS**	**PEÇAS**	**FATOR 1**	**FATOR 2**
DIAS	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Eqh	Eqh	t	unid	unid	unid	unid	unid	unid
1	A_1	B_1	C_1	$D_1 = A_1+B_1+C_1$	E_1	F_1	G_1	H_1	I_1	J_1	K_1	$L_1 = I_1+J_1+K_1$	$Fat1_1$	$Fat2_1$
2	A_2	B_2	C_2	$D_2 = A_2+B_2+C_2$	E_2	F_2	G_2	H_2	I_2	J_2	K_2	$L_2 = I_2+J_2+K_2$	$Fat1_2$	$Fat2_2$
3	A_3	B_3	C_3	$D_3 = A_3+B_3+C_3$	E_3	F_3	G_3	H_3	I_3	J_3	K_3	$L_3 = I_3+J_3+K_3$	$Fat1_3$	$Fat2_3$
4	A_4	B_4	C_4	$D_4 = A_4+B_4+C_4$	E_4	F_4	G_4	H_4	I_4	J_4	K_4	$L_4 = I_4+J_4+K_4$	$Fat1_4$	$Fat2_4$
5	A_5	B_5	C_5	$D_5 = A_5+B_5+C_5$	E_5	F_5	G_5	H_5	I_5	J_5	K_5	$L_5 = I_5+J_5+K_5$	$Fat1_5$	$Fat2_5$

Fonte: elaboração do próprio autor

Quadro 4. Modelo de planilha de processamento de dados – cálculo de indicadores

PLANILHA DE CÁLCULO DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE FÍSICA - OBRA X1												
DIAS	**$RUP_{of,peso}$**			**$RUP_{of,peça}$**			**E_fE_{peso}**			**$E_fE_{peça}$**		
	DIARIA	**ACUM**	**POT**	**DIARIA**	**ACUM**	**POT**	**DIARIA**	**ACUM**	**POT**	**DIARIA**	**ACUM**	**POT**
1	$M_1 = A_1/H_1$	$N_1 = M_1$	MEDIANA [$M_i > N_5$]	$O_1 = A_1/L_1$	$P_1 = O_1$	MEDIANA [$O_i > P_5$]	$Q_1 = (F_1+G_1)/H_1$	$R_1 = Q_1$	MEDIANA [$Q_i > R_5$]	$S_1 = (F_1+G_1)/L_1$	$T_1 = S_1$	MEDIANA [$Q_i > R_5$]
2	$M_2 = A_2/H_2$	$N_2 = N_1 + M_2$		$O_2 = A_2/L_2$	$P_2 = P_1 + O_2$		$Q_2 = (F_2+G_2)/H_2$	$R_2 = R_1 + Q_2$		$S_2 = (F_2+G_2)/L_2$	$T_2 = T_1 + S_2$	
3	$M_3 = A_3/H_3$	$N_3 = N_2 + M_3$		$O_3 = A_3/L_3$	$P_3 = P_2 + O_3$		$Q_3 = (F_3+G_3)/H_3$	$R_3 = R_2 + Q_3$		$S_3 = (F_3+G_3)/L_3$	$T_3 = T_2 + S_3$	
4	$M_4 = A_4/H_4$	$N_4 = N_3 + M_4$		$O_4 = A_4/L_4$	$P_4 = P_3 + O_4$		$Q_4 = (F_4+G_4)/H_4$	$R_4 = R_3 + Q_4$		$S_4 = (F_4+G_4)/L_4$	$T_4 = T_3 + S_4$	
5	$M_5 = A_5/H_5$	$N_5 = N_4 + M_5$		$O_5 = A_5/L_5$	$P_5 = P_4 + O_5$		$Q_5 = (F_5+G_5)/H_5$	$R_5 = R_4 + Q_5$		$S_5 = (F_5+G_5)/L_5$	$T_5 = T_4 + S_5$	

Fonte: elaboração do próprio autor

Além disso, de forma a embasar ainda mais os resultados do estudo, pode-se realizar coletas de dados complementares, por meio de:

- Pesquisa bibliográfica, em manuais de orçamento e outras publicações que já tenham tratado da produtividade do serviço em estudo anteriormente.
- Uso de técnicas de estudo do trabalho, como os estudos de tempos e de amostragem do trabalho.
- Cálculo de indicadores de ritmo de produção como, por exemplo: número médio de peças montadas por dia, número máximo de peças montadas por dia, entre outros.

2.4 Procedimentos de análise de dados

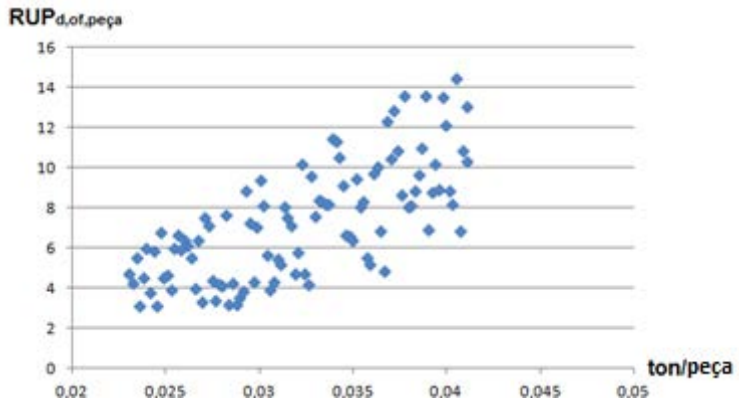
A análise de dados consiste na exploração e interpretação dos dados que foram coletados e convenientemente processados na etapa anterior, buscando extrair deles conclusões relativas aos objetivos da pesquisa. O método proposto prevê a possibilidade de três tipos de análise:

- Análise intraobra;
- Análise interobras;
- Análise comparativa com dados complementares.

A análise intraobra é aquela realizada dentro do conjunto de dados coletados e processados de uma mesma obra, com base na técnica de análise de correlação (LIRA, 2004), aplicada por meio da observação de gráficos de dispersão e/ou de coeficientes de correlação. Assim, verifica-se ou não a variação conjunta entre os valores assumidos pelos indicadores de

produtividade em base diária e pelos fatores potencialmente influenciadores observados a cada dia. Uma questão importante e que deve ser observada é a necessidade de excluir do conjunto de dados os dias nos quais ocorreram anormalidades (*outliers*), de forma a não contaminar a análise. A Figura 2 mostra um gráfico de dispersão hipotético que se poderia obter nesse tipo de análise.

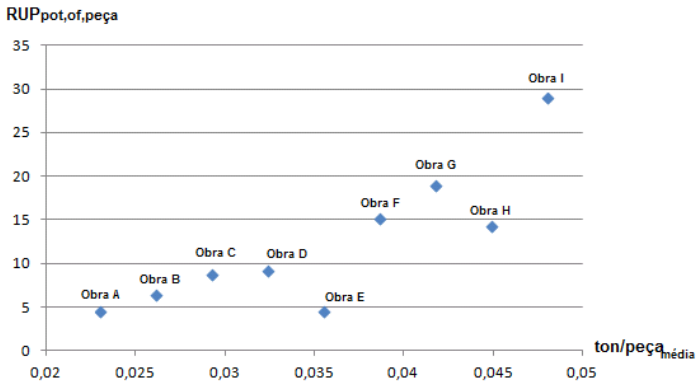
Figura 2 - Gráfico de dispersão hipotético de análise intraobra



Fonte: elaboração do próprio autor

A análise interobras é aquela realizada dentro do banco de dados formado por todas as obras que participam do estudo, também com base na técnica de análise de correlação, aplicada por meio da observação de gráficos de dispersão e/ou de coeficientes de correlação. Nesse caso, verifica-se ou não a ocorrência de correlação entre os valores assumidos pelos indicadores de produtividade potencial obtidos para todo período de estudo de cada obra e pelos fatores potencialmente influenciadores característicos de cada obra. Deve-se tomar como valor de fator característico aquele que melhor representa o fator em questão para a obra em estudo. Por exemplo, se considerado o fator "toneladas por peça", um valor representativo poderia ser tomado como a média aritmética do peso de todas as peças utilizadas na obra. A Figura 3 mostra um gráfico de dispersão hipotético que se espera obter nesse tipo de análise.

Figura 3 - Gráfico de dispersão hipotético de análise interobras



Fonte: elaboração do próprio autor

A análise comparativa com dados complementares deve ser realizada no caso de ter-se realizado uma coleta de dados complementar para maior embasamento do estudo. Trata-se, basicamente, de contrastar os resultados obtidos por dois métodos de coleta distintos, verificando se ocorre ou não aderência entre as diferentes fontes de dados.

3 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO EM ESTUDO DE CASO PILOTO

3.1 Caracterização do caso

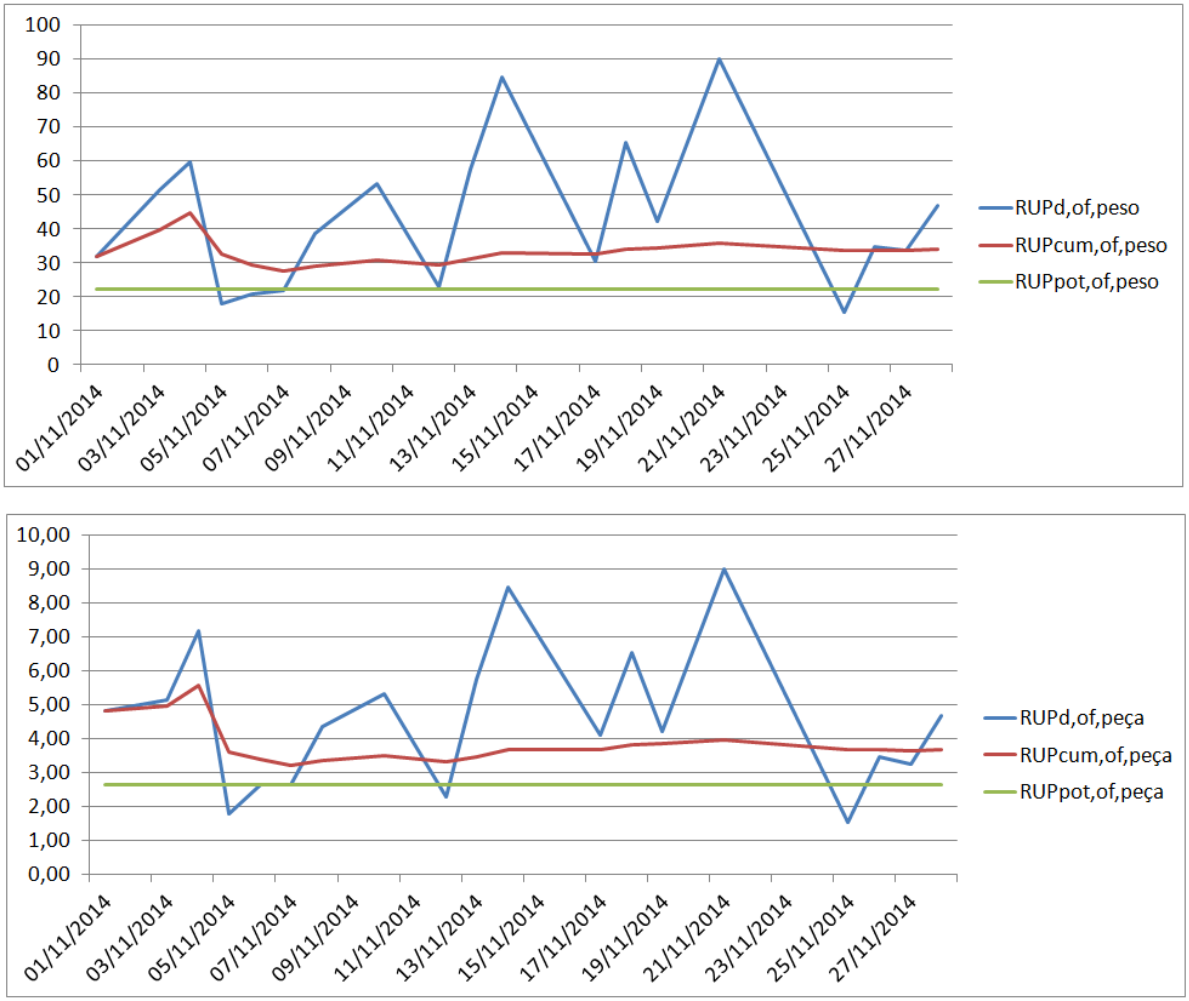
A obra utilizada nesse estudo de caso piloto está localizada na cidade do Rio de Janeiro – RJ e consiste em um hotel composto por um único edifício com cerca de 90 m de altura, sendo 22 pavimentos tipo, 4 atípicos, 5 sobressolos, térreo e 1 subsolo. O pavimento tipo apresenta área projetada de 927 m2, com 3 m de pé direito. A estrutura consiste em três núcleos de concreto circundados por um reticulado metálico em pórtico tridimensional. Foram utilizados dois tipos de pilares: em perfil tubular de seção quadrada e circular, preenchidos com concreto armado, e em perfil I revestido de concreto. Para as vigas utilizaram-se perfis I soldados e laminados de diferentes tamanhos. O sistema de laje utilizado foi o de fôrma de aço aderida (*steel deck*). Duas gruas fixas foram utilizadas como equipamento de içamento para a mesma torre. Para composição dos resultados, foram considerados os dados em base diária para o período de 1/11/2014 a 30/11/2014.

3.2 Coleta, processamento e análise de dados

Apresentam-se a seguir os produtos oriundos da etapa de coleta e processamento de dados para o estudo de caso piloto. Não foi realizada coleta de dados complementar, e será apresentada apenas análise intraobra (uma vez que só se tem dados de uma única obra). Foi selecionado como fator potencialmente influenciador para esse estudo a "Disponibilidade de Equipamento (DispEquip)", definida como sendo a porcentagem de tempo disponível que o equipamento de içamento fica efetivamente engajado na montagem de peças estruturais a cada dia.

As Figuras 4 e 5 apresentam os gráficos de indicador de produtividade por dia de produção, para $RUP_{of,peso}$ (Hh/t), $RUP_{of,peça}$ (Hh/peça), E_fE_{peso} (Eq.h/t) e $E_fE_{peça}$ (Eq.h/peça), em base diária, cumulativa e potencial, conforme coletado e processado segundo o método proposto. O estudo apresentou os indicadores cumulativos de 34,0 Hh/t, 3,7Hh/peça, 4,0 Eq.h/t e 0,44 Eq.h/t. Com relação aos indicadores potenciai, obtiveram-se os valores de 22,4 Hh/t, 2,7 Hh/peça, 2,6 Eq.h/t e 0,29 Eq.h/peça.

Figura 4 - Gráficos do indicador de produtividade – RUP - por dia de produção



Fonte: elaboração do próprio autor

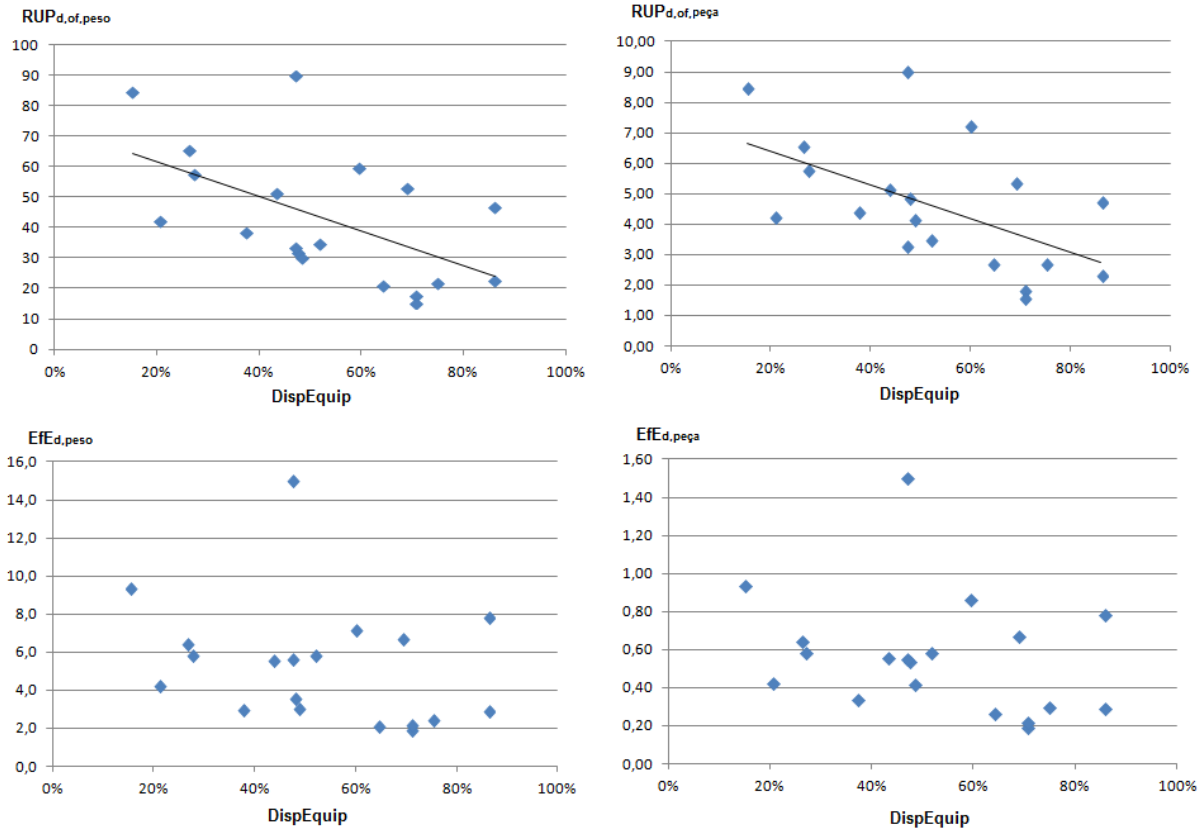
Figura 5 - Gráficos do indicador de produtividade – E_fE - por dia de produção



Fonte: elaboração do próprio autor

A Figura 6 apresenta os gráficos de dispersão para análise de correlação, conforme estabelecido pelo método proposto. Nota-se que pode ser observada certa correlação negativa entre as RUP e a disponibilidade de equipamentos, indicativo de que, quanto mais tempo o equipamento de içamento fica disponível para montagem de peças estruturais, melhor a produtividade da equipe de montagem. Já com relação a E_fE não se verifica uma correlação expressiva com o fator DispEquip.

Figura 6 - Gráficos de dispersão



Fonte: elaboração do próprio autor

4 CONCLUSÕES

Esse artigo apresentou o desenvolvimento de um método para estudo da produtividade da mão de obra e de equipamentos de içamento na montagem de estruturas de aço para edifícios de múltiplos pavimentos.

O método foi apresentado de forma estruturada, permitindo a padronização desse tipo de estudo e, por consequência, possibilitando a geração de bancos de dados confiáveis e metodologicamente homogêneos. Além disso, o método é de fácil aplicação, uma vez que se considera como dados de entrada apenas dados coletados por meio de pesquisa documental, isto é, já existente em projetos, documentos e registros de obra, exigindo menos tempo para a coleta por parte do pesquisador.

A aplicação do método ao estudo de caso piloto obteve resultados válidos e comprovou sua adequabilidade a esse tipo de estudo. Com base no exposto, acredita-se que o método proposto tenha atingido o seu objetivo.

Cabe considerar que o estabelecimento desse método contribui para o desenvolvimento da gestão da produção na construção civil, uma vez que estabelece uma base para o desenvolvimento de estudos quantitativos para definição de indicadores de produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios e a análise da influência de fatores sob essa produtividade.

REFERÊNCIAS

BELLEI, I.H.; PINHO, F.O.; PINHO, M.O.; **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. 559 p.

ARAÚJO, L. O. C.; **Método para a proposição de diretrizes para melhoria da produtividade da mão-de-obra na produção de armaduras**. 2005. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

EXAME. **Construção civil vive crise sem precedentes no Brasil**. Revista Exame. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/109202/noticias/a-crise-e-a-crise-da-construcao>. Acesso em: 12 jul. 2015.

LIRA, A. S.; **Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2004.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.; **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

PALIARI, J. C.; **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais**: sistemas prediais hidráulicos. 2008. 621 p. 2 v. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PINHO, F. O.; **Quando construir em aço?**. Roteiro para escolha do sistema estrutural mais adequado. Revista Engenharia, número 593, 2009.

REIS, F. S. B.; **Produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais no serviço de coberturas com telhado**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SOUZA, U. E. L.; **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra** – manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: PINI, 2006.

SOUZA, U. E. L.; **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de formas para estruturas de concreto armado**. 1996. 280 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

TANGEN, S. **Understanding the concept of productivity**. Proceedings of the 7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS2002), Taipei, 2002.

TÉCHNE**. Logística metálica**. Revista publicada pela Editora PINI, ISSN 0104-1053. Artigo publicado na edição 229, abril de 2016, p. 26 a 33.

THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I**.; Factor Model of Construction Productivity**. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 113, No. 4, December, 1987.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTE DE CANTEIROS DE OBRAS NAS FASES DE CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA E CONCRETO ARMADO[1]

MORAES, Rita J. B. de (1); COSTA, Dayana B. (2); ARAÚJO, Ingrid P. S. (3); JUNIOR, Jair L. S. (4); GOMES, Jaconias C. (5); BARBOSA, Danilo B. (6)

(1) UFBA, e-mail: ritacodesal@gmail.com; (2) UFBA, e-mail: dayanabcosta@ufba.br; (3) UFBA, e-mail: Ingrid_psa@hotmail.com, (4) UFBA, e-mail: jairlsjr@yahoo.com.br; (5) UFBA, e-mail: Jacó.carneiro@hotmail.com; (6) UFBA, e-mail: danilo.bastos.eng@gmail

RESUMO

Este estudo visou determinar a concentração de MP proveniente dos canteiros na fase de construção de estrutura de concreto armado e alvenaria, nas frações PTS (Partículas Totais em Suspensão) e MP10 (Material Particulado 10 µm) e seus elementos químicos, associando estes resultados às varáveis meteorológicas e às atividades construtivas. O estudo experimental foi desenvolvido em cinco canteiros de obra, ao longo de 11 dias de trabalho e um dia de obra parada (domingo), durante 8h diárias. Para coleta do MP foram utilizados amostradores MiniVols, para poeira sedimentável, os Sticky Pads, e para as variáveis meteorológicas, uma estação meteorológica. A variação da média da fração PTS, 8h, foi de 108 a 483 µg/m³ e da fração MP10, 8h, foi de 46 a 214 µg/m³. O estudo contribuiu para entendimento sobre o comportamento do MP, na fase de estrutura e alvenaria, sua composição química, atividades construtivas que mais influenciaram na sua concentração, fatores que interferem nos resultados da coleta e formação de base de dados sobre os níveis de concentração do MP no setor da construção civil. Este artigo fornece um conjunto de dados para várias situações da obra, conduzindo para melhorar a metodologia de coleta de MP em canteiros de obra.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Material particulado. Impactos ambientais. Canteiros de obras. Construção civil.

ABSTRACT

This study aims to determine the concentration of particulate matter (PM) produced from construction sites focusing on concrete and masonry works in terms of the fractions of Total Suspended Particles (TSP) and PM 10 µm (PM10) and their chemical elements. The experimental study was conducted at five building construction sites over a period of 11 work days for 8 hours each day and one day when the sites were inoperative (on Sunday). MiniVols were used to collect the PM, Sticky Pads were used to collect settleable dust, and a portable meteorological station to determine the meteorological variables. The variation of the average for TSP fraction for 8 hours was between 108 and 483 µg/m³, and for PM10 fraction for 8 hours was between 46 and 214 µg/m³. This study contributes for a better understanding of the behavior and composition of PM at construction sites in that particular phase of construction activity, the meteorological variables and the construction activities

[1]MORAES, Rita J. B. de; COSTA, Dayana B.; ARAÚJO, Ingrid P. S.; JUNIOR, Jair L. S.; GOMES, Jaconias C. ; BARBOSA, Danilo B. Concentração de material particulado proveniente de canteiros de obras nas fases de construção de alvenaria e concreto armado**.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

that most influence its concentration, and the factors that interfere with the results of the collection. This paper provides a valuable pool of knowledge for various real situations and cement a basis for improving the methodology of collecting particulate material on construction sites.

***Key Words**: Atmospheric pollution, particulate matter, environmental impacts, construction sites, construction industry.*

1 INTRODUÇÃO

As atividades de construção causam desperdício de recursos, poluição ambiental, afetam as comunidades e até mesmo a saúde pública (USGBC, 2001; HOLTON et al., 2007; SEV, 2009).Um dos principais impactos ambientais causados pelas construções está relacionado à poluição atmosférica por emissão de material particulado (MP).

O MP é um conjunto de poluentes constituídos de material sólido ou líquido que se mantém suspenso na atmosfera (EPA, 1996; BAY AREA AIR QUALITY, 2012). Para se determinar a concentração de MP no ar são adotados os parâmetros de Partículas Totais em Suspensão (PTS), com diâmetro menor que 100 micra; Partículas Inaláveis (MP10), com diâmetro menor que 10 micra; bem como Partículas Inaláveis finas (MP2.5) (CETESB,2004).O monitoramento dos parâmetros meteorológicos é imprescindível para a compreensão do comportamento dos poluentes atmosféricos(OWOADE *et al.*, 2012, TECER *et al.*, 2008).

A construção realiza operações e atividades diferentes, com tempo de duração e geração potencial de MP próprios, esperam-se emissões isoladas em qualquer local dentro de uma construção (MUÑOZ e PALACIOS, 2001).Os efeitos nocivos mais significativos dos canteiros de obra estão limitados ao próprio canteiro, incluindo danos ao funcionamento de máquinas e equipamentos,à saúde, à segurança, aos trabalhadores e à circunvizinhança, visto que a fração grossa do MP gerada tem velocidade de deposição maior, enquanto a fração fina viaja milhares de quilômetros (USEPA, 2004).

A legislação internacional adota valores padrões de qualidade do ar. Relativo aos padrões de MP10, a Organização Mundial de Saúde estabelece padrões de 20 µg/m³ (anual) e 50 µg/m³ (24horas)(PACYNA, 1995). No Reino Unido, a Environmental Protection(2010) estabelece padrões de 40 µg/m³ (anual) e 50 µg/m³ (24horas). A legislação Norte Americana regida pelo Clean Air Act de 1990 estabelece padrões de 150 µg/m³ (24 horas), já o padrão anual foi revogado. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (1990) estabelece valores 50 µg/m³ (anual) e 150 µg/m³ (24horas).Estabelece ainda critérios para episódios agudos da poluição do ar, que definem as providências a serem tomadas a partir da ocorrência destes níveis, tendo como objetivo evitar o atingimento do nível de emergência, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar para MP10 (Resolução Conama Nº 03 de 28/06/90)

Parâmetros	**Atenção**	**Alerta**	**Emergência**
Partículas Inaláveis (MP10) (µg/m³) – 24 h	≥250	≥420	≥500

Fonte: CETESB (2004)

As metas propostas pela OMS são mais restritivas que os padrões brasileiros e propõem padrões para MP2,5, que não são previstos atualmente na legislação nacional. O padrão brasileiro para o MP10 é de 50 µg/m³ (média anual), quando o ideal segundo a OMS é de 20 µg/m³; e para concentração de 24 horas o padrão nacional é de 150 µg/m³, enquanto que o estabelecido pela organização é de 50 µg/m³.

Os valores estabelecidos para concentrações de massa do MP (µg/m³) nas regulamentações não levam em conta fontes, como o canteiro de obras, e suas composições químicas. Neste sentido, este estudo objetiva determinar a concentração de MP proveniente dos canteiros de obras na fase de construção relativa à estrutura de concreto armado e alvenaria nas frações PTS e MP10, e os seus elementos químicos, associando às variáveis meteorológicas, às atividades construtivas e a taxa de poeira sedimentável, além de avaliar comparativamente as concentrações de MP obtidas nos canteiros com o estudo realizado por Araújo, Costa e Moraes (2014) e a correlação entre os dois métodos de coleta adotados, MiniVols e Sticky Pad. Esta pesquisa seguiu o protocolo de medição para coleta do MP estabelecido em Resende *et al.*(2013) e validado por Araújo (2014) e Araújo, Costa e Moraes (2014).

2 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi o experimento de campo, manipulando de forma direta as variáveis.

2.1 Equipamentos utilizados

Para o monitoramento do MP no canteiro de obras foram utilizados amostradores MiniVols com impactador projetado para diâmetros de PTS e 10 µm (Airmetrics 2011). O critério adotado para amostragem foi o de ponto fixo. Foram utilizados filtros de membrana de policarbonato da Whatman para o MP10 e de Teflon da Millipore para PTS, os Sticky pads para avaliar a poeira sedimentável e a estação meteorológica DAVIS Vantage VUE para monitoramento das condições climáticas.

2.2 Seleção dos canteiros de obra

O estudo foi realizado em quatro canteiros de obras que não utilizaram as boas práticas para minimização da emissão do MP, localizados na cidade de Salvador-BA e comparado com o estudo de Araújo (2014), desenvolvido

em um canteiro que adotou as boas práticas, canteiro 5, que utilizou a mesma metodologia em três fases distintas da obra (movimentação de terra, obra bruta e acabamento). Na fase de obra bruta, foram obtidas as maiores concentrações, por isso, no estudo atual foi dada continuidade às medições nesta fase (Tabela 2).

Tabela 2 – Características dos Canteiros de Obras

Canteiro	Tipo de canteiro	Escopo da Obra pavimentos	Área do terreno(m²)	Coordenadas
1	Residencial	20	2.300	12°59'05,4"S 38°28'08,0"W
2	Comercial	40, sendo 10 de garagem	3.230	12°59'14,1"S 38°26'54,6"W
3	Residencial	22	937	12° 59' 16,7"S 38° 27' 17,5"W
4	Residencial	19, sendo 3 de garagem e 1 térreo	701,5	13° 00' 10,0"S 38° 27' 46,1"W
5	Residencial	8 torres com 16 pavimentos cada	32.780	12° 57' 46"S 38° 24' 32"W

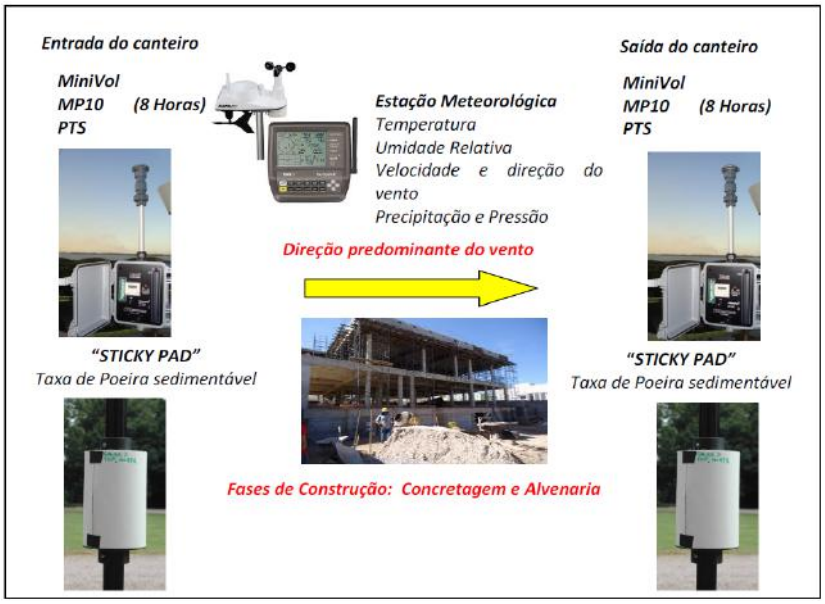
Fonte: Própria

2.3 Estudos Experimentais de Campo

A primeira etapa da coleta de dados nos canteiros visou determinar a direção predominante do vento, pelo menos 8 dias consecutivos.A segunda etapa da coleta visou medir a concentração de MP na fase de estrutura de concreto armado e alvenaria.

Na segunda etapa foram observados importantes requisitos na instalação dos equipamentos, tais como: barreiras físicas, topografia do terreno e contribuição do entorno. Para coleta, foram instalados dois pares de MiniVols (PTS e MP10), um na entrada e outro na saída do canteiro à uma altura entre 2,5-3,0 metros do solo, seguindo a direção predominante do vento (Figura 1).

Figura 1 – Medição do MP no canteiro de obras



Fonte: Própria

As medições ocorreram durante 8 horas diárias, por no mínimo 11 dias em cada canteiro, sendo um dia sem atividades (domingo). Ao longo das medições foram coletadas informações sobre as atividades de construção por meio de diário de campo. Simultaneamente às medições com os MiniVols, foram instaladas no mínimo 4 Sticky Pads próximos aos amostradores, na entrada e saída do canteiro(Tabela 3).

Tabela 3 – Características da Coleta de Dados

Canteiro	Determinação da direção do vento	Direção do vento adotada	Períodos da Medição do MP	Distância entre os aparelhos (m)
1	08/05-22/05/2014	W(70,11%)	11/07-03/08/2014	20,81
2	22/10-29//10/2014	NW(46,09%)	03/11-21/11/2014	53,00
3	10/01-17/01/2015	NNE(49,22%)	23/01-12/02/2015	29,00
4	26/02-05/03/2015	E(53,13%)	26/03-16/04/2015	20,03
5	15/07-19/07/2013	SE(65,95%)	07/01-17/01/2014	*

*Canteiro5 apresentava32.780m², logo não houve a medição das distâncias entre aparelhos.

Fonte: Própria

2.4 Análise das Amostras

A análise física foi realizada através da balança analítica Mettler Toledo do LAPAT (Laboratório de Análise dos Processos Atmosféricos) / IAG (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas)/USP (Universidade de São Paulo), utilizada, a fim de obter a massa do filtro amostrado e a gravimetria. Os resultados obtidos foram convertidos em concentrações pelo programa WinQXAS (Windows Quantitative X-rayAnalysis System).

A análise química foi realizada pelo aparelho de fluorescência de raios X, o modelo de EDX 700 SH "Energy Dispersive X-Ray Spectrometer", do LAPAT.

A análise da taxa de sedimentação, através da leitura dos Sticky Pads,

identificou o percentual da área efetiva coberta (EAC) por dia(HANBY, 2014).

Tabela 4 - Percentual da área efetiva coberta por dia

%EAC/dia	Resposta
0.2	Perceptível
0.5	Possíveis queixas
0.7	Censurável
2.0	Queixas prováveis
5.0	Queixas graves

Fonte: HANBY (2014)

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este item apresenta a análise dos resultados obtidos nos canteiros estudados e os resultados obtidos por Araújo (2014)apenas na fase de obra bruta e para as frações PTS e MP10.

3.1 Fatores Meteorológicos que influenciam a emissão de MP nos canteiros

Analisando as Tabelas 5, 6, 7 e 8 nota-se que nos dias de concentrações máximas houve coincidência das direções do vento adotada no estudo como predominante, e durante o período da coleta, houve pouca variação de temperatura (22,5º-45º), com nenhum ou registros muito baixos de precipitações. Nos dias de concentração mínima, houve uma maior variação entre as direções do vento e da temperatura (22,5º e 90º) durante o período de coleta. Quando havia uma coincidência dessas direções, houve também alta pluviosidade registrada. Para umidade, nota-se que os maiores valores registrados correspondem a concentrações mínimas, enquanto os valores mínimos registrados correspondem a concentrações máximas.

Tabela 5 – Estatística descritiva das concentrações de PTS em µg/m³

Estatística Descritiva	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente de variação
Entrada-1	344,18	465,12	486,01	583,52	89,88	19,32%
Saída-1	339,87	445,51	444,40	534,27	52,54	11,79%
Entrada-2	59,92	123,14	119,67	207,42	41,37	33,60%
Saída-2	138,00	197,30	188,03	284,25	51,76	26,23%
Entrada-3	77,08	145,64	143,75	194,44	34,76	23,87%
Saída-3	82,20	136,18	135,19	218,30	38,43	28,22%
Entrada-4	48,32	107,99	96,64	159,10	33,19	30,74%
Saída-4	119,55	187,32	161,74	321,16	63,81	34,07%
Entrada-5	222,33	287,47	275,11	327,88	37,65	13,10%
Saída-5	307,65	483,12	485,60	664,19	119,17	25%

Fonte: Própria

Tabela 6 - Variáveis meteorológicas dos pontos máximos e mínimos de concentração de PTS

Concentração Mínima PTS	**Data**	**Umida-de (%)**	**Pluviome-tria(mm)**	**Velocidade do vento (m/s)**	**Direção do vento**	**Direção Predominante do vento**
Entrada-1	22/07/2014	86,9	2,54	0,8	WSW (100%)	W
Saída-1	31/07/2014	89,9	8,08	0,6	W (100%)	W
Entrada-2	14/11/2014	78,5	0,25	1,7	ESE (50%)	ESSE
Saída-2	21/11/2014	80,8	0,00	1,2	ESE (56%)	ESSE
Entrada-3	30/01/2015	73,0	0,00	1,5	NNE (67%)	NNE
Saída-3	30/01/2015	73,0	0,00	1,5	NNE (67%)	NNE
Entrada-4	15/04/2015	82,0	0,20	1,2	NE (50%)	E (0%)
Saída-4	08/04/2015	89,0	7,20	2,6	S (63%)	E (0%)
Entrada-5	17/01/2014	86,0	1,80	1,1	SSW e SW (22%)	SE
Saída-5	09/01/2014	82,0	0,20	0,9	NNE e NW (22%)	SE
Concentração Máxima PTS						
Entrada-1	01/08/2015	76,7	10,64	1,5	W (100%)	W
Saída-1	30/07/2015	78,4	5,52	0,9	W (100%)	W
Entrada-2	10/11/2014	73,0	0,00	1,8	NW (31%)	NW
Saída-2	11/11/2014	80,4	0,51	1,2	ESE (44%)	NW (31%)
Entrada-3	06/02/2015	70,8	0,00	1,2	ENE (31%)	NNE (6%)
Saída-3	06/02/2015	70,8	0,00	1,2	ENE (31%)	NNE (6%)
Entrada-4	30/03/2015	70,0	0,00	1,2	SSE (37%)	E (0%)
Saída-4	30/03/2015	70,0	0,00	1,2	SSE (37%)	E (0%)
Entrada-5	15/01/2014	83,0	1,80	1,5	E (66,7%)	SE
Saída-5	13/01/2014	78,0	0,00	1,4	E e ESE (33,33%)	SE

Fonte: Própria

Tabela 7 – Estatística descritiva das concentrações de MP10 em µg/m³

Estatística Descritiva	**Mínimo**	**Média**	**Mediana**	**Máximo**	**Desvio Padrão**	**Coeficiente de Variação**
Entrada-1	80,57	170,54	155,71	264,13	57,16	33,52%
Saída-1	66,25	167,33	150,86	313,87	91,18	54,49%
Entrada-2	40,95	55,19	54,83	66,77	8,28	15,01%
Saída-2	40,17	62,64	62,82	80,84	13,99	22,33%
Entrada-3	24,91	47,69	47,55	72,92	14,73	30,89%
Saída-3	37,96	45,90	45,02	55,79	4,81	10,48%
Entrada-4	32,68	46,43	45,39	60,61	8,85	19,06%
Saída-4	36,41	59,34	53,93	92,09	16,80	28,30%
Entrada-5	60,74	89,31	88,97	108,01	16,00	17,91%
Saída-5	138,28	213,94	215,37	270,70	50,88	24%

Fonte: Própria

Tabela 8 - Variáveis meteorológicas dos pontos máximos e mínimos de concentração de MP10

Concentrações Mínimas MP10	Data	Umidade (%)	Pluviometria (mm)	Velocidade do Vento (m/s)	Direção do Vento	Direção Predominante do Vento
Entrada-1	01/08/2014	76,7	10,64	1,5	W (100%)	W
Saída-1	29/07/2014	73,3	2,96	1,4	W (100%)	W
Entrada-2	21/11/2014	84,5	0,50	0,8	ESE (56%)	NW (25%)
Saída-2	21/11/2014	84,5	0,50	0,8	ESE (56%)	NW (25%)
Entrada-3	29/01/2015	67,7	0,00	1,6	NNE (69%)	NNE
Saída-3	09/02/2015	71,6	0,00	1,7	NNE (56%)	NNE
Entrada-4	26/03/2015	84,00	1,10	1,4	SSW (50%)	E (0%)
Saída-4	26/03/2015	84,00	1,10	1,4	SSW (50%)	E (0%)
Entrada-5	08/01/2014	80,00	0,00	1,8	S	SE
Saída-5	15/01/2014	83,00	1,80	1,5	E	SE
Concentrações Máximas MP10						
Entrada-1	28/07/2014	81,4	5,2	0,7	W (100%)	W
Saída-1	28/07/2014	81,4	5,2	0,7	W (100%)	W
Entrada-2	10/11/2014	75,0	0,0	1,4	E (31%)	NW (31%)
Saída-2	11/11/2014	75,0	0,0	1,3	ESE (44%)	NW (31%)
Entrada-3	06/02/2015	72,9	0,0	1,2	ENE (31%)	NNE (6%)
Saída-3	06/02/2015	72,9	0,0	1,2	ENE (31%)	NNE (6%)
Entrada-4	30/03/2015	70,0	0,0	1,2	SSE (37%)	E (0%)
Saída-4	07/04/2015	69,0	0,0	1,3	N (37%)	E (0%)
Entrada-5	13/01/2014	78,0	0,0	1,4	E e ESE (33,33%)	SE
Saída-5	16/01/2014	73,0	0,0	1,0	SE e SSE (33,33%)	SE

Fonte: Própria

Atividades de construção que influenciam a emissão de MP

Neste estudo, bem como no de Araújo, Costa e Moraes (2014), não foi possível determinar atividade específica que contribuísse com a variação da concentração de MP nos canteiros. Analisando os dados das Tabelas 5, 7e 9 nota-se que nos dias em que foram obtidas as concentrações máximas, houve uma predominância da atividade concretagem (canteiros 2, 3 e 4). Nos demais canteiros (1 e 5), mesmo que não fosse especificamente a concretagem, houve sobreposição de atividades construtivas, incluindo atividades que envolveram o cimento. Para os dias de concentração mínima também houve sobreposição de atividades, inclusive a concretagem (canteiros 2 e 4).

Tabela 9 - Resumo das atividades construtivas e métodos de controle de poeira

Canteiro	Atividade Construtiva		Método de Controle de Poeira
	Pontos de Concentração Mínima	Pontos de Concentração Máxima	
1	Produção de Argamassa Elevação de Alvenaria	Produção de Argamassa Elevação de Alvenaria Reboco	Nenhum
2	Concretagem Desforma	Concretagem	Nenhum
3	Elevação de Alvenaria	Elevação de Alvenaria Concretagem	Nenhum
4	Elevação de Alvenaria Concretagem Montagem de Armadura e Forma	Elevação de Alvenaria Concretagem Montagem de Armadura e Forma	Nenhum
5	Tratamento de Concreto Elevação de Alvenaria Marcação de alvenaria Execução de Contra-piso; Nivelamento do piso e cimentado Massa de Argamassa ; Lavagem dos Pilares / Vigas		Aspersão de água na movimentação de veículos

***Utilização de argamassa rodada em obra e industrializada e predominância de concreto industrializado em todas as obras.**

Fonte: Própria

Analisando a Tabela 10, observou-se que houve a participação do NaCl na composição química da fração MP10 devido a localização dos canteiros em áreas próximas a Orla. Houve também maior participação dos elementos químicos (em porcentagem de massa) Si, Ca, Fe, Al, S e K constituintes dos materiais de construção. Esta análise comprova a contribuição do canteiro e o resultado corrobora com os estudos de Chow (1995) e Chow et al. (2004).

Tabela 10 - Percentuais dos Elementos Químicos nas amostras de MP10

Canteiro	Na	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe	Outros
Entrada-1	13,9	0,7	4,2	8,9	59,1	1,4	8,7	1,8	1,3
Saída-1	8,1	1,6	8,2	7,8	40,2	1,9	27,0	3,6	1,6
Entrada-2	15,0	1,2	5,7	6,5	59,25	1,54	7,13	2,73	0,9
Saída-2	12,4	3,4	8,1	6,6	52,74	1,50	10,18	4,30	0,9
Entrada-3	7,8	2,7	18,0	5,6	33,9	2,3	24,7	3,6	1,4
Saída-3	12,4	2,1	14,8	5,6	36,4	2,0	22,4	3,0	1,4
Entrada-4	12,1	2,8	8,4	5,9	47,2	1,8	13,5	5,7	2,6
Saída-4	9,3	3,6	14,4	4,9	34,2	2,2	21,9	7,0	2,5
Entrada-5	1,9	3,7	14,7	4,9	38,5	3,1	23,1	8,3	1,8
Saída-5	0,7	5,9	20,9	3,1	17,5	3,2	30,9	15,5	2,3

Fonte: Própria

Relação entre os resultados obtidos com o uso dos amostradores MiniVols e dos Sticky Pads

A relação entre os valores de concentração obtidos utilizando os amostradores e as leituras dos Sticky Pads não foi verificada (Tabela 11). No canteiro 5 não foi realizada esta análise.

Tabela 11 – Mínimo e Máximo das leituras dos Sticky Pads - EAC

STICKY PADS	Data	% EAC/Dia	Resposta
Mínimo			
Entrada-1	11/07/14	1,0	Censurável
Saída-1	-	-	-
Entrada-2	04/11/14	1,0	Censurável
Saída-2	04/11/14	0,7	Censurável
Entrada-3	06/02/15	0,5	Possíveis Queixas
Saída-3	06/02/15	0,5	Possíveis Queixas
Entrada-4	12/04/15	0,5	Possíveis Queixas
Saída-4	01/04/15	1,0	Censurável
Máximo			
Entrada-1	30/07/14	9,0	Queixas Graves
Saída-1	-	-	-
Entrada-2	14/11/14	20,0	Queixas Graves
Saída-2	14/11/14	15,0	Queixas Graves
Entrada-3	05/02/15	5,5	Queixas Graves
Saída-3	03/02/15	4,5	Possíveis Queixas
Entrada-4	08/04/15	29,5	Possíveis Queixas
Saída-4	30/03/20	4,0	Possíveis Queixas

Fonte: Própria

Relação entre os níveis de emissão de MP gerados nos diferentes canteiros

As Tabelas 5 e 7 mostram que a fração PTS foi menos homogênea. Os resultados médios da fração variaram de 108–483 μg/m³. A fração PTS apresentou concentrações máximas principalmente na saída do canteiro. A fração MP10 foi mais homogênea. Os resultados médios da fração MP10 variaram de 46–214 μg/m³. Os valores máximos também foram obtidos na saída do canteiro. A variação entre os valores médios de concentração de MP10 em relação à fração PTS foi de 31–45%.

Analisando os resultados apresentados pelos diferentes canteiros, nota-se que não há um padrão no comportamento do MP gerado que possa ser definido. Além da variabilidade meteorológica,outros fatores podem ter influenciado nos resultados obtidos, como o posicionamento dos equipamentos com relação às torres em construção, a proximidade dos pontos de coleta e ainda o pavimento em que estavam sendo desenvolvida a maioria das atividades construtivas. Analisando a variação da fração média do PTS 8 horas (108-483 μg/m³), existiram alguns canteiros de obra que excederam o valor padrão do CONAMA (1990) de 240μg/m³, durante 24 horas. O mesmo ocorreu com a variação da fração média do MP10 durante 8 horas (46-214 μg / m³), por vezes superior ao do padrão estabelecido por CONANA (1990) de150μg/m³ e, muitas vezes da OMS (2006) padrão de 50 μg / m³.

4 CONCLUSÕES

A principal contribuição deste estudo foi uma melhor compreensão do comportamento do MP em canteiros de obra. Além disso, contribui para elaboração de futuras bases de dados sobre a concentração de MP na

construção civil, coletados a partir de uma metodologia desenvolvida e validada para o contexto de canteiros de obras de edificações verticais.

AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Cantechis (Tecnologias para Canteiros de Obras Sustentáveis em Empreendimentos de Habitação de Interesse Social), do Ministério das Ciências, Tecnologia e Inovação, através do FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e do Ministério da Educação, CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro e ao LAPAT/IAG/USP e CETESB.

REFERÊNCIAS

AIRMETRICS.**MinivolOperation Manual.** Eugene, OR, United States, 2011. Disponível em: <http://www.airmetrics.com>. Acesso em: 11mai. 2015.

ARAUJO, I.P.S. **Metodologia para Avaliação e Redução de Impactos Ambientais causados pela emissão de material particulado de canteiros de obras habitacionais com foco no impacto à vizinhança da obra.**Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica de Salvador–Ba, 2014.

ARAÚJO, I.P.S.; COSTA,D.B.; MORAES, R.J.B. **Identification and Characterization of Particulate Matter Concentrations at Construction Jobsites.**Sustainability (Basel), v.6,p. 7666-7688, 2014.

ARAUJO, I. P. S. ; DE, MORAES, R. J. B. ; COSTA, D. B. **Identification and Characterization of Particulate Matter Concentrations on Construction.**Site.In: ZEMCH, 2014, LONDRINA. ZEMCH 2014 International Conference, 2014, 2014. v. 1.

BAY AREA AIR QUALITY. **Vision for Clean Air: A Framework for Air Quality and Climate Planning.** PublicReview Draft. California, USA. 2012.

CETESBCOMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório da qualidade do ar de São Paulo**. 2004. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acessoem: 10 abr. 2015.

CHOW, J. C.; WATSON, J. G.; KUHNS, H.; ETYEMEZIAN, V.; LOWENTHAL, D. H.; CROW, D.; KOHL, S. D.; ENGELBRECHT, J. P.; GREEN, M. C. **Source profiles for industrial, mobile, and area sources in the Big Bend Regional Aerosol Visibility and Observational study.**Chemosphere, v. 54, p. 185-208, 2004.

CHOW, J. C. **Measurement Methods to Determine Compliance with Ambient Air Quality Standards for Suspended Particles**.Journal of the Air & Waste Management Association, v. 45, p. 320-382, 1995.

CONAMA CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.**Resolução Conama nº003**.1990.Disponívelem: <www.mma.conama.gov.br>.Acessoem: 10 abr. 2015.

ENVIRONMENTAL PROTECTION. **The Air Quality Standards Regulations.**2010.Disponívelem: <http://www.legislation.gov.uk/uksi/2010/1001/pdf>. Acessoem: 02 jun. 2014.

EPA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY .**Air Quality Criteria for Particulate Matter.***Volume I of III* (Vol. I). Washington DC, 1996.

___.**Clean Air Act. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS).** Disponível em:<http://www.epa.gov/air/criteria>. Acesso em: 01 dez. 2014.

HANBY. **Airborne Dust Monitoring Equipment.**2014.Disponível em: <http://www.hanby.co.uk>. Acessoem: 04 jul. 2015.

HOLTON, I.; GLASS, I.; PRICE, A. **Developing a successful sector sustainability strategy: six lessons from the UK construction products industry**. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, Vol.15, No. 1, pp. 29–42, 2007.

MUÑOZ, I.S.C.; PALACIOS, J.C.M. **Gestiónen el control de emisionesdifusasenlaactividad de la construcción.** Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería. Santiago. 2001.

OMS ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.**Calidad de lairesalud**. 2006. Disponível em: <http://www.who.int>. Acesso em 28 mar. 2014.

OWOADE O.K.; OLISE F.S.; OGUNDELE L.T.; FAWOLE O.G. **Correlation between particulate matter concentrations and meteorological parameters at a site in Ile-Ife, Nigeria.** Ife Journal of Science vol. 14, no. 1. ObafemiAwolowo University, Ile-Ife, 2012.

PACYNA, J.M. **The origin of artic air pollutants**: lessons learned and future research. Science ofthe Total Environment, v.160-161, p.39-53, 1995.

RESENDE, F.; CARDOSO, F.F.; COSTA, D.B.; MELO, A.; ARAÚJO, I.P.S.; MORAES, R.J.B.; PORFIRO, A.**Metodologia para medição da concentração de material particulado em canteiros de obra.** Proc. 8º Simposio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Salvador, Brasil. 2013.

SEV, A. **How can the construction industry contribute to sustainable development**? A conceptual framework. Sustainable Development, Vol. 7, No. 3, pp 161–173. 2009.

TECER, L. H. et al. **Effect of Meteorological Parameters on Fine and Coarse Particulate Matter Mass Concentration in a Coal-Mining Area in Zonguldak, Turkey, Journal of the Air & Waste Management Association,** 58:4, 543-552. 2008.

USEPA UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Air Quality Criteria for Particulate Matter.**EPA/600/P-99/002aF. 900p. 2004.

USGBC U.S. GREEN BUILDING COUNCIL.**Leadership in Energy and Environmental Design**—Rating System Version 2.0.U.S. Green Building Council. 2001.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

SISTEMÁTICA PARA GESTÃO DAS EXIGÊNCIAS DA NR-18[1]

MOURA, Paola Kelly Curi (1); WEISS JÚNIOR, Paulo Roberto (2); CAMBRAIA, Fabrício Borges (3); LANTELME, Elvira Maria Vieira (4)

(1) UFJF, e-mail: paola.curi@engenharia.ufjf.br; (2) UFJF, e-mail: paulorobertoweiss@bol.com.br; (3) UFJF, e-mail: fabricio.cambraia@engenharia.ufjf.br; (4) IMED, e-mail: elvira.lantelme@imed.edu.br

RESUMO

Diferentes estudos empregaram ferramentas para avaliar o grau de cumprimento dos requisitos da NR-18, que é a principal norma obrigatória para prevenção de acidentes do trabalho na construção civil. Contudo, as ferramentas de avaliação geralmente utilizadas são limitadas, especialmente quanto à abrangência do total de requisitos contidos na NR-18 e por não explicitar as ações gerenciais envolvidas em seu uso. Neste sentido, este estudo propõe uma sistemática de avaliação das exigências da NR-18, que se caracteriza por uma maior abrangência e pela aplicação de processos específicos em execução em um determinado período. Para isso, foi realizado um fracionamento da norma e a construção de 41 planilhas específicas, em formato de lista de verificação, que integram uma ferramenta única. De posse dessa ferramenta, foi realizado um estudo piloto para seu teste, definindo-se uma periodicidade para ciclos de avaliação e o desenvolvimento de rotinas para análise e tratamento das não conformidades. O estudo se mostrou positivo, tanto do ponto de vista da ferramenta desenvolvida, quanto pela introdução de uma sistemática gerencial, que possibilita uma atuação contínua e periódica em relação aos riscos de acidentes. Novos estudos são sugeridos visando facilitar a coleta e análise dos dados e permitir uma melhor atuação gerencial.

Palavras-chave: Segurança. Acidente. NR-18.

ABSTRACT

Different studies have used tools to assess the degree of compliance with NR-18 requirements, which is the main standard mandatory for prevention of occupational accidents in construction. However, the assessment tools used are usually limited, especially on the scope of the total requirements contained in NR-18 and did not explain the management actions involved in their use. Thus, this study proposes a systematic assessment of the requirements of the standard, which is characterized by a greater scope and application of specific processes running in a given period. For this, it performed a fractioning of the standard and the construction of 41 specific spreadsheets, in checklist format, integrating a single tool. Armed with this tool, a pilot study was conducted to test her, setting a basis for evaluation cycles and the development of routines for analysis and treatment of non-conformities. The study proves positive, both from the point of view of tool developed, as by introducing a systematic management, which enables a continuous and regular action in relation to the risk of accidents. Further studies are suggested to facilitate the collection and analysis of data and enable better performance management.

***Keywords**: Safety. Accident. NR-18.*

[1] MOURA, Paola Kelly Curi; WEISS JÚNIOR, Paulo Roberto; CAMBRAIA, Fabrício Borges; LANTELME, Elvira Maria Vieira. Sistemática para gestão das exigências da NR-18. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A natureza e as condições do trabalho na construção civil geralmente expõem os trabalhadores em situações com grande potencial para causar acidentes e doenças ocupacionais, o que, de fato, é demonstrado pelas estatísticas oficiais. Isso resulta, por exemplo, em diversos custos ligados direta ou indiretamente aos acidentes. Atualmente, nos casos de comprovada a culpa, a empresa pode ser condenada a pagar indenizações às vítimas, aos seus familiares nos casos de morte ou até a ressarcir ao INSS os custos dos serviços prestados e pagamentos com benefícios sociais. Esse último caso, em especial, acontece quando a Advocacia Geral da União (AGU) utiliza o recurso das ações regressivas para pleitear o ressarcimento.

Além dos custos originados nos acidentes, podem-se ter ainda os custos decorrentes da falta ou negligência no cumprimento das medidas de Segurança e Saúde do Trabalho (SST) obrigatórias. As ações de fiscalização por parte do poder público, por exemplo, podem acarretar embargos, interdições e multas às empresas. O embargo e interdições, em particular, podem acarretar custos com a paralização das frentes de trabalho e atrasos na entrega dos empreendimentos.

Na tentativa de diminuição dos acidentes e, consequente, redução de custos, algumas empresas têm se esforçado para aprimorar sua gestão de SST, entendendo que a mesma é essencial para que se tenha alta qualidade no processo produtivo, cumprimento de prazos e atendimento das expectativas dos clientes (PEÑALOZA; FORMOSO; SAURIN, 2015; BRIDI et al., 2013). Além disto, Cambraia (2004) ressalta que uma gestão adequada resulta em um melhor estado de espírito dos trabalhadores, em aumento da produtividade e na melhoria da imagem da empresa perante a sociedade e autoridades competentes.

Diversos autores consideram que o atendimento das legislações e normas de SST representa o primeiro passo, como também o esforço mínimo para prevenção de acidentes e doenças ocupacionais, no âmbito de um sistema de gestão de SST (COSTELLA; JUNGES; PILZ, 2014; CAMBRAIA; FORMOSO, 2011; SAURIN, 2002). Porém, há carências de comprovação de que o cumprimento integral das exigências legais seja, isoladamente, suficiente para uma redução duradoura das taxas de acidentes (SAURIN, 2002).

No Brasil, a Norma Regulamentadora 18 (NR-18) é tida como a principal legislação brasileira no que diz respeito à segurança e condições de trabalho na indústria da Construção Civil. Contudo, apesar da NR-18 ser de aplicação obrigatória, diferentes estudos identificam índices de conformidade com suas exigências abaixo do esperado (COSTELLA; JUNGES; PILZ, 2014; CAMBRAIA; FORMOSO, 2011; SAURIN et al., 2000). O estudo de Costella, Jungles e Pilz (2014), em especial, avaliou o atendimento aos requisitos da NR-18 em 115 canteiros de obras, concluindo que as obras de grande porte atendiam em torno de 70%, as de médio porte em torno de 45% e as de pequeno porte cerca de 20% apenas.

Dentre os motivos que explicam esses resultados citam-se o baixo conhecimento por parte dos gerentes em relação ao conteúdo da norma, a inexistência, em muitos canteiros de obras, de profissionais especializados em SST e também a falta ou não utilização de ferramentas para gestão das exigências da NR-18, de forma sistemática e periódica. (COSTELLA; JUNGES; PILZ, 2014; CAMBRAIA; FORMOSO, 2011). Costella, Jungles e Pilz (2014) defendem a utilização de listas de verificação como ferramenta para avaliar do cumprimento da NR-18 nos canteiros de obra, especialmente pela simplicidade de aplicação e por se tratar de uma medida proativa no combate às situações de risco de acidentes.

Contudo, Silva Júnior e Cambraia (2012), após avaliarem listas de verificação com foco nas exigências da NR-18, concluíram que essas ferramentas, por exemplo, apresentam uma baixa abrangência do total de requisitos da NR-18, apresentando índices abaixo de 40%. Além disto, estes autores enfatizam que geralmente as listas não comtemplam serviços de curta duração, como também apresentam carências nas rotinas e sistemáticas para sua utilização. Diante da problemática apresentada, este estudo tem como objetivo propor uma sistemática para gestão das exigências da NR-18 que vença algumas das lacunas identificadas na literatura.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho foi elaborado segundo três etapas: pesquisa bibliográfica, construção de ferramentas e aplicação, em caráter piloto, da sistemática para gestão das exigências da NR-18. A pesquisa bibliográfica aconteceu ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho e foram feitas pesquisas em diferentes fontes. A principal fonte utilizada foi a NR-18, cujo texto foi baixado da *webpage* do Ministério do Trabalho e Previdência Social, considerando as últimas revisões ocorridas em dezembro de 2015.

A construção da ferramenta (segunda etapa) ocorreu em cinco momentos. No primeiro houve a definição de sua estrutura e procedimentos de cálculo, onde se optou por manter a proposta de Saurin et al. (2000), ou seja, avaliar as exigências através de listas de verificação, com opções de resposta do tipo "sim", "não" e "não se aplica", seguindo-se os mesmos procedimentos para determinação do índice de adequação à NR-18 (INR-18). No segundo momento, realizou uma fragmentação da NR-18 em temas específicos (grupos de exigências afins), usando-se para isso as indicações das seções da norma e, posteriormente, o número de exigências contidas em cada tema. Assim, a fragmentação foi sendo aprimorada juntamente com a elaboração das planilhas referentes aos temas específicos.

Já o terceiro momento configurou-se através da elaboração das planilhas individuais para cada tema, sendo empregado um *software* para de elaboração planilhas eletrônicas (Microsoft Excel®) e o recurso de bloco (ou macro) para facilitar a interação e visualização dos usuários. No quarto momento houve a integração das planilhas individuais em uma única ferramenta, onde se agrupou todas as planilhas elaboradas. Por fim, no

quinto momento foi traçado o roteiro de recomendações para funcionamento prático da sistemática. Por exemplo, recomendou-se a definição de um responsável pela aplicação, como também da realização de um planejamento inicial para definição das planilhas individuais que seriam necessárias ao longo do período planejado, para que as mesmas tivessem seu preenchimento gradativo.

A sistemática para gestão das exigências da NR-18 foi testada através da realização de um estudo de caso (terceira etapa da pesquisa), realizado em uma empresa de grande porte, que possui aproximadamente 980 empregados. A empresa estudada adotava um sistema de gestão integrado, possuindo certificação internacional. Além disto, executava obras de diferentes tipologias (infraestrutura, edificações, entre outras) em todo o território nacional.

A obra em que a sistemática foi experimentada tinha como escopo a sinalização de faixas de dutos de gases, com 180 km de extensão, indo da cidade de Duque de Caxias à Macaé (RJ). Era realizada a sinalização de cruzamentos de vias e acessos, como também travessias de rios, córregos e canais, envolvendo a localização dos dutos através de sondagem, a instalação de marcos de concreto e sua pintura, além do posicionamento de placas informativas. A Figura 1 mostra o produto final, ou seja, a instalação dos marcos, exatamente sobre os dutos enterrados, e das placas.

Figura 1 – Visão de um trecho da obra, com instalação de marcos e placas



Fonte: Moura et al. (2016)

Na obra trabalhavam em tempo integral aproximadamente 50 empregados. Sua proprietária era uma empresa subsidiária de uma grande estatal brasileira, sendo que seu canteiro de obras localizava-se na cidade de Cachoeiras de Macacu (RJ). A ferramenta foi aplicada ao longo do mês de janeiro de 2016, com a participação do gerente de contratos e dos dois técnicos de segurança do trabalho ("TST M" e "TST G"), sendo a sistemática de funcionamento testada para o período de um mês.

Cabe destacar que, apesar da NR-18 apresentar um foco especial em obras de edificações, o que, inclusive, é muito explorado nas ferramentas para

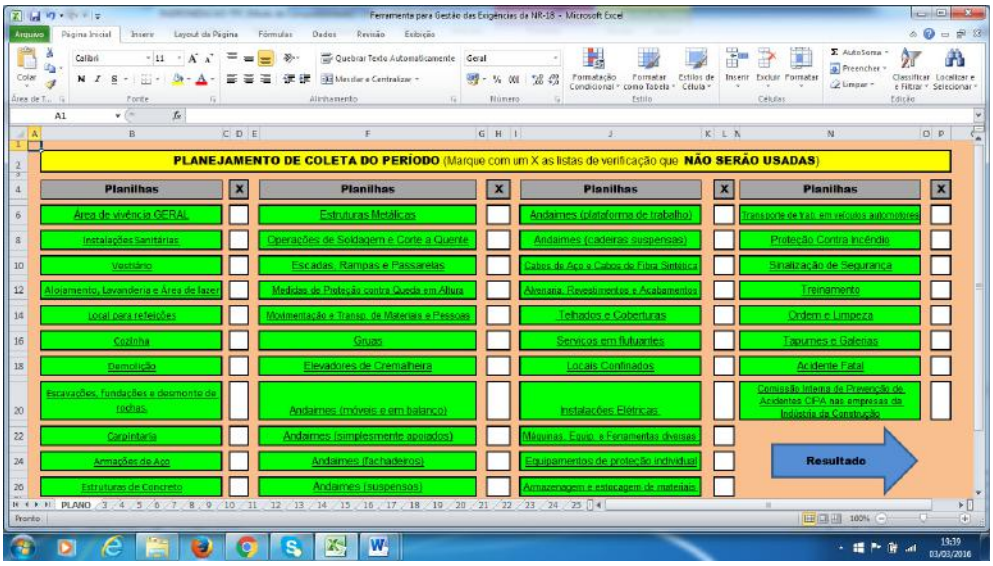
avaliação de adequação às suas exigências (CAMBRAIA; FORMOSO, 2011; COSTELLA; JUNGES; PILZ, 2014; SAURIN et al., 2000), a sistemática proposta, em primeiro momento, apresenta campo de abrangência para todas as atividades da indústria da construção que possuem exigências presentes na norma. Em que pese o fato da obra foco do estudo piloto não ser de edificação, ela se apresenta adequada para o teste da sistemática, embora não seja possível empregar um grande número de planilhas individuais.

3 RESULTADOS

3.1 Descrição da ferramenta

A estrutura da ferramenta pode ser dividida em três partes: planilha de rosto ou planejamento do período, planilhas de avaliação e planilha de resultados. A Figura 2 apresenta uma visão da planilha de planejamento, em que o planejador tem a possibilidade de marcação das planilhas que não se aplicam ao período considerado. Nota-se ainda que foram desenvolvidas 41 planilhas passíveis de utilização e, no canto inferior direito, uma seta indicativa que leva à planilha de resultados.

Figura 2 – Visão da planilha de rosto ou planejamento



Fonte: Moura et al. (2016)

A Quadro 1 apresenta uma totalização do número de exigências contempladas em cada uma das planilhas individuais. Percebe-se que todas as planilhas, com exceção de duas ("Movimentação e transporte de materiais e pessoas" e "Medidas contra queda de altura", com 116 e 62 exigências, respectivamente), contêm um número inferior a 50 exigências para avaliação.

Quadro 1 – Totalização das exigências presentes na ferramenta

PLANILHAS ESPECÍFICAS	TOTAL DE EXIGÊNCIAS	PLANILHAS ESPECÍFICAS	TOTAL DE EXIGÊNCIAS
Áreas de Vivência (Geral)	16	Andaimes Suspensos	45
Instalações Sanitárias	36	Plataformas de Trabalho	40
Vestiário	11	Cadeiras Suspensas	21
Alojamento, Lavanderia e Área de Lazer	22	Cabos de aço e cabos de fibra sintética	18
Local para Refeições	16	Alvenaria, Revestimentos e Acabamentos	38
Cozinha	14	Telhados e Coberturas	08
Demolição	24	Serviços em Flutuantes	16
Escavações, Fundações e Desmonte de Rochas	35	Locais confinados	12
Carpintaria	12	Instalações elétricas	28
Armações de Aço	12	Máquinas, equipamentos e ferramentas	43
Estrutura de concreto	16	Equipamentos de proteção individual	06
Estruturas metálicas	13	Armazenagem e estocagem de materiais	17
Operação de soldagem e corte a quente	12	Transporte com veículos automotores	13
Escadas, rampas e passarelas	37	Proteção contra incêndio	14
Medidas de proteção contra queda em altura	62	Sinalização de segurança	12
Movimentação e transporte de materiais e pessoas	116	Treinamento	10
Gruas	43	Ordem e limpeza	06
Elevadores de cremalheira	12	Tapumes e galerias	11
Andaimes (Geral)	31	Acidente fatal	03
Andaimes Simplesmente Apoiados	09	CIPA na Indústria da Construção	06
Andaimes Fachadeiros	08	**TOTAL GERAL DE EXIGÊNCIAS**	**914**

Fonte: Moura et al. (2016)

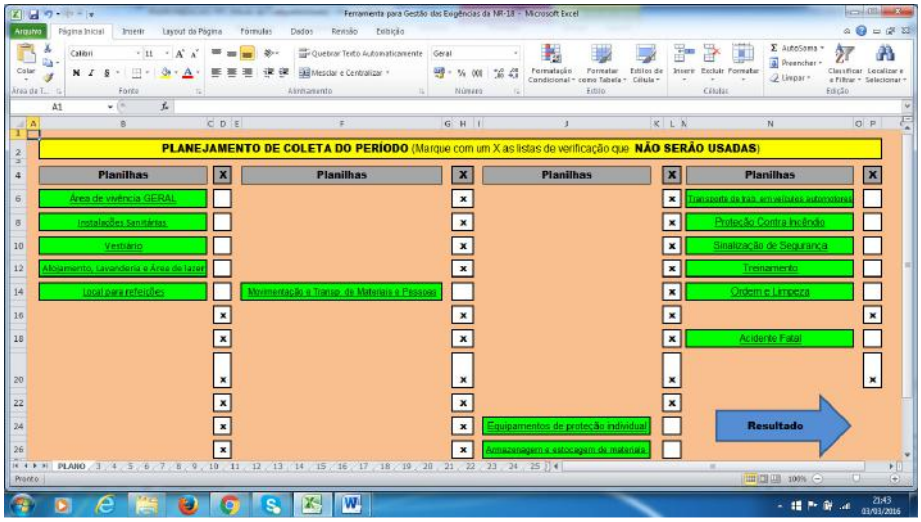
O número total de exigências da NR-18 com possibilidade de gestão pela ferramenta proposta nesse estudo é de 914 (Quadro 1), o que representa 97,23% do conteúdo total da norma. Os demais conteúdos dizem respeito a requisitos descritivos e informações presentes no texto normativo, os quais não se configuram em exigências relativas à prevenção de acidentes. Esse percentual representa uma maior abrangência, em termos de exigências da NR-18, da ferramenta proposta nesse estudo, comparativamente, por exemplo, às ferramentas, com os mesmos objetivos, avaliadas no estudo de Silva Júnior e Cambraia (2012). As duas ferramentas avaliadas pelos citados autores abrangiam apenas 37,45% e 21,81% do total de exigências da NR-18.

3.2 Resultados da aplicação teste

Na aplicação teste, o gerente de contratos foi o responsável pelo planejamento das planilhas aplicáveis ao período, definido como sendo um mês, e as distribuiu a dois técnicos, para que as coletas fossem realizadas individualmente. Isso objetivava avaliar o conteúdo (entendimento das exigências), dificuldades de operacionalização e também discutir com os mesmos sobre a sistemática proposta.

O planejamento mensal levou em consideração as atividades previstas para aquele período, deixando-se em aberto à planilha de acidentes, visto que a mesma só poderá ser fechada ao final do período caso não ocorram sinistros. Conforme mostrado na Figura 3, encontravam-se abertas para avaliação catorze planilhas (treze planejadas para aplicação e a relativa aos acidentes fatais).

Figura 3 – Planejamento das planilhas para período de avaliação na obra piloto



Fonte: Moura et al. (2016)

Durante o mês de janeiro de 2016, os dois técnicos incorporaram a aplicação das planilhas às suas atividades, sendo que os dados foram coletados em paralelo com as tarefas de rotina de cada um. Ao final do período, cada um deles aplicou 13 planilhas, pois não houve necessidade de uso da planilha "acidentes fatal". Ambos profissionais estimaram que o tempo total gasto (avaliação das exigências relacionadas às treze planilhas) foi em torno de 60 minutos.

O preenchimento das planilhas por parte dos TST foi manual, e os resultados finais variaram entre os dois TST. Para a validação dos resultados foi realizada uma reunião entre o gerente de contratos e os dois TST, de forma a discutir os resultados individuais e se chegar ao resultado final com base no consenso entre os envolvidos. Dentre os motivos que explicaram essa diferença de resultados pode-se salientar a necessidade de interpretação de algumas exigências normativas que não são objetivas, incompreensões por problemas de redação de algumas exigências, falta de instrumentos para medição e verificação do atendimento de determinadas exigências e também erros de preenchimento por se tratar da primeira vez que as listas de verificação estavam sendo manuseadas pelos técnicos.

Após isso, chegou-se a uma avaliação de 119 exigências, sendo que 170 foram consideradas não aplicáveis. O resultado final do INR-18 foi de 91,60, sendo que o gerente de projetos foi o responsável pela formalização dos resultados na ferramenta eletrônica.

Na mesma obra foram aplicadas outras ferramentas, também em formato de lista de verificação, tanto pela própria empresa quanto pela contratante, com objetivo de verificar o atendimento aos requisitos de Segurança, Meio Ambiente e Saúde. A ferramenta da própria empresa possuía duas planilhas, uma com 44 itens e a outra com 42, tendo como proposta atender as exigências da NR-18 e também outras exigências relevantes para a empresa, normalmente exigidos pela empresa contratante. Por exemplo, um item de

avaliação era "existe quadro para fixação de folhetos e auxiliar em treinamentos?". Após sua aplicação houve apenas duas não conformidades.

Já a ferramenta da empresa proprietária da obra, que possuía grandes investimentos em SST, também abrangia requisitos não especificados pela NR-18. Após ser aplicado na obra piloto constatou que não havia nenhuma não conformidade, sendo sugerido pela contratante apenas um ponto de melhoria relacionado com a gestão do programa de vacinação.

Após a aplicação, os dois técnicos consideraram que, apesar de suas experiências e de trabalhar diretamente com um cliente exigente em relação à SST, não dispunham de conhecimento de várias exigências que precisavam ser atendidas. Além disso, consideraram que em obras tal como a do caso estudado, com pouca variabilidade nos serviços, o período de aplicação poderia ser maior que o definido. Após o fechamento da avaliação do período, outra atividade da sistemática foi a realização de uma reunião para avaliação dos resultados e tratativa das não conformidades. Os resultados foram analisados e discutidos conjuntamente pelos envolvidos na aplicação teste, sendo o gerente de contratos o intermediador do processo.

4 CONCLUSÕES

Este estudo propõe uma sistemática para gestão das exigências da NR-18 que se difere de estudos e ferramentas anteriores, por exemplo, pela maior abrangência do conteúdo da norma, introdução de mecanismos de análise e discussão de não conformidades e adequação à dinamicidade das obras. Comparando-se a ferramenta usada nesse estudo com outras de estudos anteriores, os resultados indicam que a ferramenta proposta pode ser considerada de maior abrangência em relação ao conteúdo normativo, contemplando aproximadamente 97% do total. Além disso, pode também ser considerada de aplicação mais genérica, visto que as anteriores eram muito focadas em determinadas tipologias de obras, principalmente na de construção de edifícios.

Outro ponto importante é que a ferramenta proposta está inserida em um contexto de gestão das exigências da norma, o que também a torna singular comparativamente aos estudos anteriores. Neste sentido, os resultados alcançados (índice de adequação à NR-18) em si tornam-se coadjuvantes, frente à identificação dos problemas e possibilidades de ações preventivas, em relação aos acidentes e doenças do trabalho, promovidas com a aplicação de todas as etapas da sistemática proposta.

A partir das lições de aprendizagem adquiridas no estudo piloto, realizado em uma obra para sinalização de faixas de dutos, foi possível identificar, através de uma avaliação qualitativa junto aos responsáveis pela aplicação, que os custos decorrentes dessa sistemática são reduzidos, percebendo-se vantagens advindas da antecipação de problemas futuros. Além disto,

levantaram-se pontos possíveis para aprimoramentos e sugestões para estudos futuros.

Por exemplo, percebeu-se a necessidade de revisões, de sintaxe e semântica, nas exigências apresentadas nas planilhas, de forma a facilitar o entendimento e também dividir melhor as exigências, à medida que em uma sentença interrogativa da lista de verificação pode existir duas exigências embutidas. Houve também carências de treinamento inicial, especialmente para os responsáveis diretamente pela coleta em campo, o que pode gerar avaliações incorretas.

Outro ponto verificado diz respeito à possibilidade de introdução de exigências internas da empresa, tornando a sistemática não apenas restrita à NR-18. Neste caso, recomenda-se um cuidado para que as planilhas não fiquem extensas, tornando-as impraticáveis. Embora sejam úteis inicialmente, as planilhas Excel mostraram-se limitadas em alguns pontos, tanto visualmente quanto operacionalmente. Um exemplo refere-se ao fato de não possibilitar notificação ao usuário quando uma mesma exigência recebe duas marcações para a avaliação de conformidade, ou seja, o "sim" e o "não" são marcados em mesma linha. Neste sentido, o emprego de outras tecnologias pode suprir as carências percebidas. Além disto, corre-se o risco de erros na transição dos dados coletados em campo para o arquivo digital, o que acarretaria em resultados não condizentes com a realidade.

Neste contexto, as planilhas impressas de aplicação manual podem ser substituídas por equipamentos portáteis com possibilidade de acesso às planilhas eletrônicas, tal como o uso de *tablets* e até mesmo o desenvolvimento de um aplicativo para telefones móveis. Nesse caso, o preenchimento seria direto nas planilhas (ou aplicativo), e seus resultados poderiam ser enviados em tempo real para os tomadores de decisão, sem a necessidade de duplo trabalho.

Para o sucesso na aplicação da sistemática deve-se levar em conta o comprometimento dos envolvidos na coleta de dados e a real intenção da empresa para com seu uso, visto que pode haver subnotificações e critérios pouco rigorosos pelos avaliadores. Isso pode ocorrer, por exemplo, por medo de punição, especialmente pelos profissionais residentes na obra, que são os últimos responsáveis por garantir o atendimento à norma. Dessa forma, o ideal é que haja um trabalho de conscientização quanto aos reais objetivos e que também sejam envolvidos nas avaliações profissionais externos ao canteiro, de forma a contribuir com outra visão sobre a realidade avaliada.

É importante frisar a necessidade de aplicação da sistemática em novos contextos de construção civil, o que poderá contribuir para ajustes, tanto nas ferramentas de avaliação individuais quanto nas ações gerenciais a ela integradas. As obras de edificações, em especial, precisam ser exploradas em estudos futuros, visto que se constituem no principal foco da NR-18. Por fim, novos estudos são sugeridos visando à introdução de melhorias e teste de novas tecnologias para facilitar a coleta e análise dos dados, como

também para permitir uma atuação gerencial de maior rapidez e com menor consumo de recursos físicos.

REFERÊNCIAS

BRIDI, M. E.; FORMOSO, C. T.; PELLICER, E.; FABRO, F.; VIGUER CASTELLO, M. E.; ECHEVESTE, M. E. S. Identificação de práticas de gestão da segurança e saúde no trabalho em obras de construção civil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p.43-58, jul./set. 2013.

CAMBRAIA, F. B. **Gestão Integrada entre Segurança e Produção: aperfeiçoamentos em um modelo de planejamento e controle**. 2004. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

CAMBRAIA, F. B.; FORMOSO, C. T. Análise de avanços e retrocessos no atendimento às especificações da NR-18 nos últimos dez anos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 7., 2011, Belém. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: ANTAC, 2011.

COSTELLA, M. F.; JUNGES, F. C.; PILZ, S. E. Avaliação do cumprimento da NR-18 em função do porte de obra residencial e proposta de lista de verificação da NR-18. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 87-102, jul./set. 2014.

PEÑALOZA, G. A.; FORMOSO, C. T.; SAURIN, T. A. Avaliação de requisitos de desempenho de Sistemas de Proteção Periférica (SPP). **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 267-289, out./dez. 2015.

SAURIN, T. A. **Segurança e produção:** um modelo para o planejamento e controle integrado. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SAURIN, T. A.; LANTELME, E; FORMOSO, C. T. **Contribuições para Aperfeiçoamento da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 140 p. Relatório de Pesquisa.

SILVA JÚNIOR, D. C.; CAMBRAIA, F. B. Avaliação de ferramentas de gestão de requisitos da nr-18 na perspectiva da prevenção às perdas advindas de ações fiscais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: ANTAC, 2012.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE INDICADORES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO EM OBRAS VERTICAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM-PA[1]

NASCIMENTO, Brisa M.O. (1); MAUÉS, Luiz M.F. (2); CORDEIRO, Luciana N.P. (3); DUARTE, André A.A.M. (4); NEVES, Renato M. (5)

(1) UFPA, e-mail: brisamnascimento@gmail.com; (2) UFPA, e-mail: maues@ufpa.br; (3) UFPA, e-mail: lucianapc@ufpa.br; (4) UFPA, e-mail: amonte@ufpa.br; (5) UFPA, e-mail: neves@ufpa.br

RESUMO

Algumas políticas de gerenciamento e destinação dos resíduos sólidos já foram instituídas no Brasil, e mesmo que outras estejam em processo de implantação, as informações sobre estes termos disponíveis no Estado do Pará ainda são limitadas. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é determinar o indicador volume de resíduo de construção civil relacionado com a área construída, comparar este indicador com os de outros autores da área, além de determinar o percentual financeiro que representa a retirada de entulho. A pesquisa é caracterizada como análise quantitativa, utilizando-se de questionários fechados para obter o volume total de resíduos, os custos gerados pela retirada desse montante e as características físicas de 18 empreendimentos verticais de grande porte, localizados na RMB. Para tratamento dos dados, foram feitas análises das medidas estatísticas de posição. Como contribuição, é relevante destacar a disparidade do volume de resíduos gerado obtido nesta pesquisa quando comparado com o volume de outras regiões, mostrando a necessidade da intervenção de uma política efetiva de gestão com foco na redução da produção de resíduos e na conscientização das partes interessadas.

Palavras-chave: Resíduo de construção. Indicador. Gestão.

ABSTRACT

Some management and disposal of solid waste policies have been established in Brazil, and others are in the implementation process, information on these terms available in the State of Pará are still limited. In this context, the purpose of this article is to determine the volume indicator of construction waste related to the construction area, comparing this indicator with other authors of the field, and to determine the financial percentage that is the removal of debris. The research is characterized as quantitative analysis, using closed questionnaires to obtain the total volume of waste, the costs generated by the withdrawal of that amount and the physical characteristics of 18 large vertical buildings, located in RMB. Data were analyzed using the statistical measures position. As a contribution, it is important to highlight the amount of waste disparity obtained in this study when compared to the volume of other regions, showing the need for intervention of an effective management practices with a focus on reducing waste production and awareness of the stakeholders.

***Keywords**: Construction waste. Indicator. Management.*

---

[1] NASCIMENTO, Brisa M.O.; MAUÉS, Luiz M.F.; CORDEIRO, Luciana N.P.; DUARTE, André A.A.M.; NEVES, Renato M.. Identificação e análise de indicadores de resíduos de construção em obras verticais na região metropolitana de Belém-PA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012) os Resíduos da Construção Civil (RCC) representam um importante problema em várias cidades brasileiras, pois a deposição irregular desses materiais pode gerar problemas ambientais, de saúde pública, e inclusive de ordem estética. E ainda, constitui uma adversidade que se apresenta às municipalidades causando sobrecarga aos sistemas públicos de limpeza.

Apesar das políticas de gerenciamento e destinação dos resíduos sólidos estarem sendo implantadas com certa intensidade em algumas regiões do Brasil, o nível de informações e detalhamento sobre estes termos disponíveis na região ainda é bastante limitado.

Diante dessa problemática, o objetivo deste artigo é determinar o indicador volume de resíduo oriundo da construção civil relacionado com a área construída (m^3/m^2) para a Região Metropolitana de Belém (RMB) e comparar a média deste indicador com outros autores da área que fizeram estudos semelhantes em outras regiões do país e do mundo, além disso, determinar a percentagem representativa do custo da retirada de entulho total para cada empreendimento estudado na região.

A pesquisa caracteriza-se como análise quantitativa e exploratória, através de bibliografia e de levantamento, utilizando-se de questionários fechados online e visitas presenciais, para obter o volume total de resíduos gerado ao final das construções, e o percentual gasto com retirada de resíduo para essas edificações. Para tratamentos dos dados, foram feitas análises das medidas estatísticas de posição.

Como contribuição, é relevante destacar a disparidade do volume de resíduos produzidos encontrados nesta pesquisa quando comparados com o volume de resíduos gerado em outras regiões do Brasil, e em pesquisas de outros países, como Israel e Espanha, demonstrando claramente que se faz urgente a intervenção de uma política com foco na gestão de processo de resíduos e na conscientização das empresas, sobretudo na importância em reduzir esse índice, e também ressaltar que o percentual gasto para a remoção dos resíduos é considerado baixo pelas empresas construtoras, quando comparados com os recursos necessários para a construção dos empreendimentos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contexto dos Resíduos Sólidos da Construção Civil no Brasil e no Mundo

Segundo Llatas (2011) os resíduos de construção e projetos de demolição constituem 35% dos resíduos sólidos do mundo e a maioria é depositada em aterros sanitários, em locais não controlados ou em outros locais inadequados. Esta prática comum provoca uma série de impactos sobre o ambiente, incluindo a poluição do ar, água superficial e água subterrânea, riscos para a saúde pública e perda de recursos naturais.

De uma maneira geral, nas cidades brasileiras os resíduos provenientes de construções e demolições representam de 40 a 70% da massa total dos resíduos sólidos urbanos. Consequentemente, este tipo de resíduo tem recebido grande atenção por parte de prefeituras e de órgãos responsáveis devido aos problemas causados pela sua deposição indevida. (Pinto,1999)

Llatas (2011) também reitera que dada a necessidade de prevenir e gerir resíduos de Construção e Demolição, vários países e seus governos têm desenvolvido e implementado um grande número de regulamentos ambientais, a fim de obter proteção ambiental de longa duração para que as gerações futuras também possam fazer uso dos recursos naturais.

Neste contexto, a quantificação de resíduos de construção sempre foi um desafio e é um tema relevante a ser investigado. No Brasil, essa tarefa é ainda mais difícil, pois diferente de outros países, os geradores informais são uma importante fonte na geração dos RCD, para os quais, dados estatísticos estão indisponíveis e podem representar uma parcela importante dos RCD gerados em um município (PINTO,1999; PINTO *et al.*, 2005; ANGULO *et. al*, 2015).

No Brasil, as principais dificuldades para implantação dos planos de gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, segundo Marques Neto (2009) são: Falta de centrais de deposição de RCD para encaminhamento de resíduos produzidos na obra; falta de operadores de recolha e transporte desse material; altos custos dos operadores de recolha e transporte; falta de qualificação de mão de obra para as atividades de gestão e, resistência por parte da empresa em implantar os dispositivos de acondicionamento em todos os pavimentos.

Neste cenário, é importante conscientizar as empresas da importância e o impacto que os resíduos oriundos da construção geram na sociedade, assim como a implantação de condições de monitoramento desse impacto ao longo do processo produtivo.

2.2 Indicadores de Sustentabilidade na Construção Civil

Os impactos ambientais em edifícios tem sido uma preocupação crescente nas últimas décadas, pois a relação entre os problemas ambientais do planeta e o setor da construção já é comprovada. Neste contexto, há uma crescente demanda por práticas de construções sustentáveis, a fim de minimizar os impactos negativos do setor de construção (Cole, 1999).

Segundo a OECD (1993), um indicador pode ser definido como um parâmetro, ou um valor derivado de parâmetros, que fornece informações sobre um fenômeno. Um indicador possui significado sintético e é desenvolvido para um objetivo específico. Essas duas características fazem com que seu significado transcenda as propriedades diretamente associadas com o valor do parâmetro.

Dessa forma, é necessário destacar que o estabelecimento de metodologias de avaliação de sustentabilidade pressupõe a utilização de indicadores de sustentabilidade confiáveis, representativos, comparáveis e rastreáveis. Para ser útil, um indicador deve, portanto, permitir uma explicação das razões das mudanças em seu valor ao longo do tempo, ser suficientemente simples na maneira com que descreve problemas frequentemente complexos, e usar definições comuns de componentes-chave e normalização para permitir comparações (COLE, 2002).

Araújo *et al.* (2013) selecionou os 19 indicadores signicativos nas três esferas da sustentabilidade: meio ambiente, sociedade e economia. O indicador produção de resíduo está dentre esses e se enquadra na categoria materiais e resíduos e consequentemente na dimensão meio ambiente, conforme Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Indicadores de Sustentabilidade

Dimensão	Categorias	Indicadores Selecionados
Meio Ambiente	Energia e Emissões	Energia Primária Não-renovável
		Energia Primária Renovável
		Emissões de Gases de Efeito Estufa
	Água	Consumo de Água
	Materiais e Resíduos	Materiais de energia incorporada
		Potencial de destruição do Ozônio
		Potencial de Acidificação
		Potencial de Eutrofização
		Potencial de Oxidação Fotoquímica
		Materiais Reutilizados e Reciclados
		Materiais de Fornecimento Responsável
		Produção de Resíduos
Sociedade	Saúde dos usuários e conforto	Qualidade do ar interno
		Relâmpagos
		Conforto térmico
		Conforto acústico
	Processo de qualidade	Projeto de Design Integrado
		Comissionamento
Economia	Economia	Custos do Ciclo de Vida

Fonte: Araújo *et. al* (2013)

Alguns indicadores relacionados a geração de resíduos de construção estão dispostos na literatura como observa-se no Quadro 2, indicando uma diversidade quanto a mensuração dos mesmos.

Quadro 2 - Indicadores geração total de resíduo por unidade de área construída

Autor	Ano	País	Indicador
Dias	2013	Brasil	0,128 m³/m²
Katz e Baum	2010	Israel	0,200 m³/m²
Ortiz *et. al*	2010	Espanha	205,9 kg/m²

Kharrufa	2007	Iraque	2,15 ton/10 m²
Maña I Reixach *et. al*	2000	Espanha	0,118 m³/m²
Pinto	1999	Brasil	150 kg/m²
Picchi	1993	Brasil	0,094 m³/m²

Fonte: Os autores

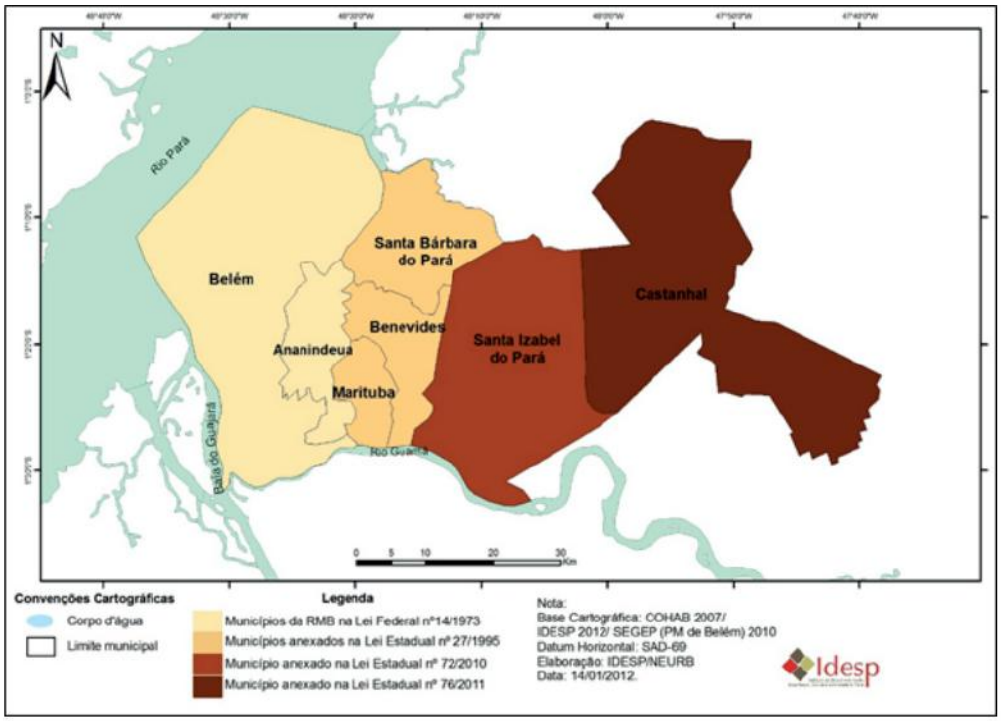
3 SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A cidade de Belém, possui uma área de 1.059,46 km², está localizada as margens do Rio Guamá e da Baía do Guajará, com uma população estimada de 1.439.561 habitantes (IBGE, 2015).

A Região Metropolitana de Belém (RMB) é composta por Belém e mais 6 municípios: Ananindeua, Marituba, Santa Bárbara do Pará, Benevides, Santa Izabel do Pará, e Castanhal (Figura 1), e possui uma extensão aproximada de 4.600 km², e conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística sua densidade demográfica de 5.386,46 hab./km² (IPEA, 2015).

Figura 1 – Região Metropolitana de Belém



Fonte: Idesp (2012)

Todos os resíduos coletados na RMB, eram despejados no Lixão do Aurá, em Ananindeua. Porém, nos lixões não existe controle de entrada dos resíduos depositados, o chamado controle qualitativo, e todos os tipos de resíduos são depositados de forma indiscriminada.

Contudo, uma das principais ações da Lei nº 12.305, Política Nacional de Resíduos Sólidos, que foi estabelecida em 2010, era extinguir os lixões a céu aberto do país até o ano de 2014, bem como a implantação da reciclagem,

reuso, tratamento dos resíduos sólidos e coleta seletiva nos municípios, além de instituir a responsabilidade compartilhada da produção de resíduos aos geradores (MMA, 2016).

A RMB possui uma nova destinação para resíduos, um aterro sanitário localizado no município de Marituba (Figura 2), que foi ativado em junho de 2015, posteriormente a data limite estipulada pela Lei nº 12.305, e ainda está em caráter de implantação. Portanto, até então não existem estudos que fazem referência ao tipo de material acolhido por esse aterro, nem aos números de RCC coletados diariamente.

Figura 2 – Novo Aterro Sanitário em Marituba-PA



Fonte: Diário do Pará (2015)

3.2 Desafios do Gerenciamento de Resíduos

Segundo Maia e Gaia (2012) o estado do Pará se enquadra na problemática nacional, apresentando sérias deficiências no trato com os resíduos sólidos, especialmente na RMB, pois o reaproveitamento de resíduos da construção civil é pouco expressivo.

Estes autores ainda apresentam características específicas sobre a questão dos resíduos sólidos de construção no município de Belém:

a) A educação ambiental histórica do município, o qual pode ser considerado como de urbanização tardia e, dessa maneira, com grande necessidade de orientação para a gestão dos resíduos de construção e demolição de edificações e para a execução de novas obras;
b) Devido à sua condição geográfica, pois está rodeado por grandes porções de rios, áreas de mata e algumas ilhas. Há limitação de locais para a disposição adequada de tais resíduos, e a área existente para tal fim não apresenta plano de gerenciamento de resíduos, estimulando dessa forma deposições clandestinas que reduzem a qualidade de vida da população e aumentam os custos da manutenção e limpeza pública.

4 METODOLOGIA

A metodologia desse estudo foi baseada nas seguintes etapas:

a) Revisão bibliográfica: inicialmente foi realizado o levantamento dos principais autores que estudam o tema e pesquisas que identificam indicadores de resíduos sólidos da construção civil, ou que abordam temas relacionados com quantificação e gestão de RCC;
b) Análise dos dados da revisão bibliográfica: nesta etapa, foram selecionados diversos autores para servir de parâmetro comparativo com os dados a serem coletados na pesquisa (volume de resíduo relacionado com a área construída dos empreendimentos), porém apenas quatro deles foram utilizados, devido a diferença na unidade do volume de RCC, pois nesta pesquisa a unidade está em metros cúbicos enquanto que nos outros artigos a unidade apresentada é relacionada com o peso específico de cada material coletado (toneladas, ou quilograma);
c) Pesquisa aplicada: Utilizando-se de questionários fechados online e visitas presenciais, foram coletadas informações de dezoito empreendimentos verticais de grande porte, finalizados e entregues, sendo estes comerciais e residenciais para obter: o volume total de resíduos, os custos gerados pela retirada do montante de resíduos, o custo de orçamento das edificações e os projetos arquitetônicos dos pavimentos tipo, com os quais foi possível extrair a área construída dos empreendimentos. Visando obter os indicadores volume de resíduo relacionado com área construída (m^3/m^2) e o percentual gasto com retirada de resíduo da obra;
d) Análise dos dados: A pesquisa caracteriza-se como quantitativa, pois foram feitas análises das medidas estatísticas de posição para melhor representar os resultados. O foco deste trabalho será comparar a média aritmética dos indicadores volume de resíduo relacionado com área construída (m^3/m^2) de todas as amostras estudadas com as referências encontradas na bibliografia, e determinar o indicador percentual médio gasto com retirada de resíduo na região, gerando discussões importantes sobre o tema;
e) Conclusões da pesquisa: o artigo encerra-se com as conclusões dos autores, bem como a explanação da sua relevância para o andamento dos estudos sobre o tema na região.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Essa pesquisa foi realizada ao longo do ano de 2015, abrange 18 empreendimentos verticais, residenciais e comerciais localizados na RMB. As edificações apresentadas nesse trabalho apresentam estrutura convencional (forma, armação e concreto), alvenaria em blocos cerâmicos, e acabamento interno em reboco paulista. Esse estudo resultou nas medidas estatísticas apresentadas na Tabela 1.

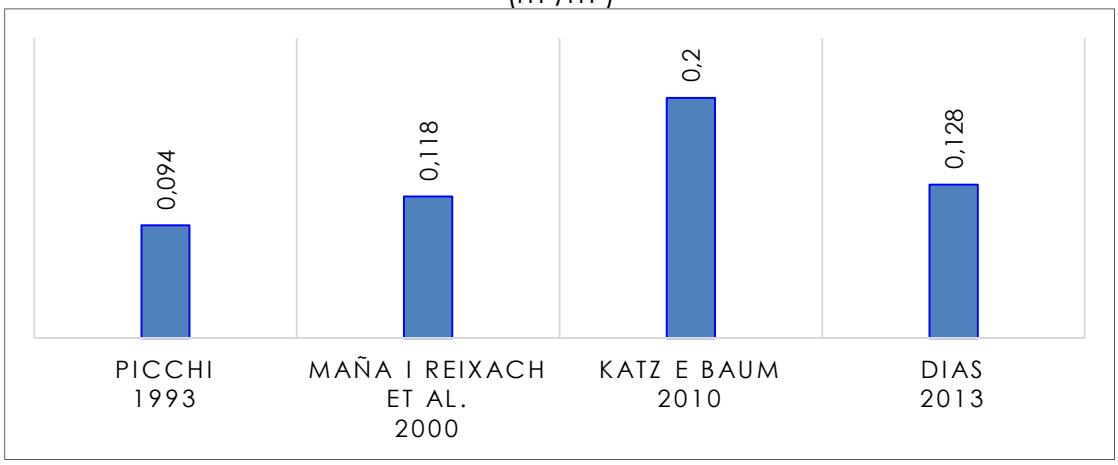
Tabela 1 - Medidas de Posição

Estatística	Vol. Resíduo/ Área Const. (m³/m²)	Gasto Resíduo (%)
Mínimo	0,0773	0,2022%
Média	0,2614	0,5433%
Mediana	0,2698	0,5025%
Máximo	0,4886	1,1188%

Fonte: Os autores

Os indicadores da geração total de resíduos, obtidos na literatura pesquisada, estão representados no Gráfico 1. Esses parâmetros serviram de suporte para comparar os dados obtidos nesta pesquisa com os indicadores presentes na literatura.

Gráfico 1 - Indicadores geração total de resíduo por unidade de área construída (m³/m²)



Fonte: Os autores

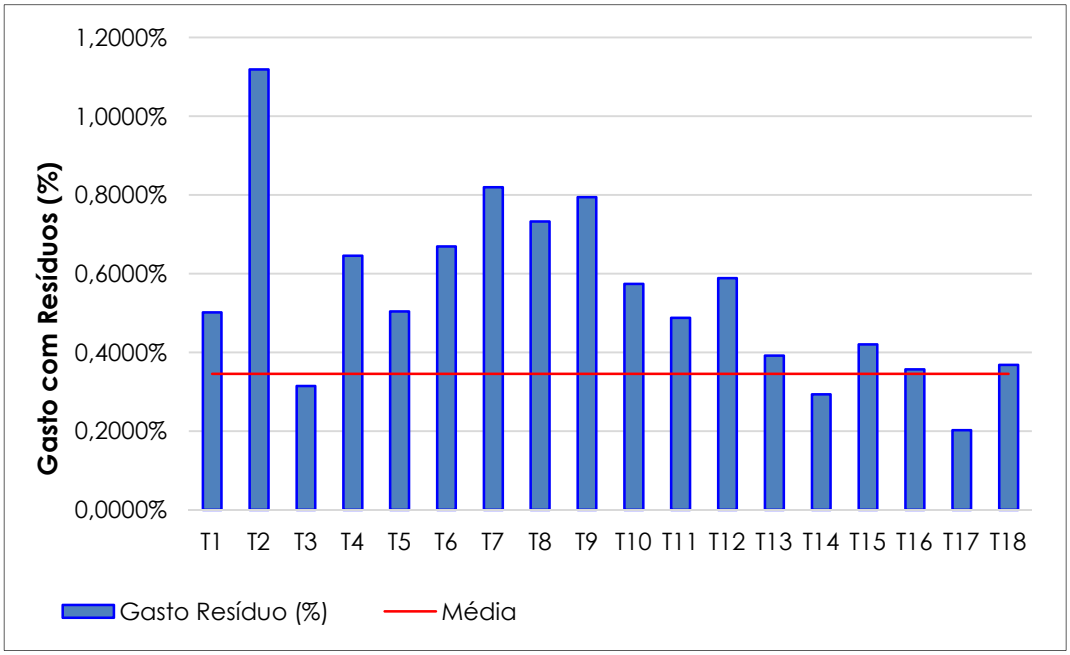
Ao observar o Gráfico 1 é possível visualizar um aumento considerável na geração de resíduos no Brasil em 20 anos, pois Picchi (1993) encontrou um volume médio de produção de resíduo na ordem de 0,094 m³/m², e em um estudo mais recente, Dias (2013) apresentou um indicador de 0,128 m³/m².

Compara-se os indicadores da bibliografia com os dados obtidos na pesquisa e observa-se que a média aritmética do indicador geração de resíduos obtidos na região, 0,2614 m³/m², é maior do que todas as 4 referências apresentadas no Gráfico 1. É importante ressaltar que em virtude da escassez de informação dos dados coletados na RMB, não foi possível comparar o peso específico segregado de cada material considerado resíduo de construção civil, inviabilizando a confrontação com as outras referências bibliográficas pesquisadas, como Pinto (1999), cujos indicadores possuem unidades diferentes de m³/m².

Outro fator que deve ser ressaltado é o percentual financeiro, que relaciona o gasto com retirada de resíduo e custo total da obra. Nos empreendimentos pesquisados esse percentual apresenta um mínimo de 0,2022%, mediana de 0,5025% e máximo de 1,1188%. Uma melhor

distribuição desses dados pode ser visualizada no Gráfico 2. Esse indicador financeiro não foi identificado na bibliografia pesquisada.

Gráfico 2 - Gasto com Resíduo (%)



Fonte: Os autores

Na região, o percentual médio dos gastos orçados com retirada de resíduo é de 0,3454%, enquanto que o percentual médio efetivo com gasto com remoção de resíduos verificado nessa pesquisa é 0,5433%. Essa diferença de quase 0,20% por muitas vezes pode ser considerada insignificante pelas empresas que constroem empreendimentos na região, fato que reforça a mentalidade local de que a produção de resíduos não deve ser quantificada nem controlada, pois o custo associado a esse serviço é diminuto. Para comprovar a contradição desse pensamento é dado como exemplo um empreendimento onde o custo total seja de R$ 43.500.000, a diferença entre custo orçado e custo efetivo de 0,20% representa um gasto aproximado de R$ 88.000,00 com remoção de resíduo que não está previsto pelo orçamento inicial da obra. No entanto, o baixo custo na remoção do resíduo não representa o gasto associado ao desperdício dos recursos (material e mão de obra) na geração dos mesmos.

Assim, pode-se verificar que em virtude das empresas de construção não possuírem necessidade de cobrança e pela fiscalização por parte dos órgãos ambientais competentes ainda não ser efetiva, a quantificação dos resíduos ainda possui graves impedimentos para que aconteça de fato. Durante o processo de aplicação dos questionários, muitas empresas entrevistadas informaram não possuir dados para quantificar o volume de resíduo produzido, o que justifica o fato da amostra utilizada nesse trabalho ser reduzida.

Deve-se destacar que os resultados se aplicam a construções verticais e refletem a cultura de trabalho local, no caso da Região Metropolitana de Belém, visto que os fatores regionais podem influenciar nos resultados.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho expõe dados obtidos em uma pesquisa exploratória através do emprego de questionários para obter o volume de resíduos gerados por obras de edificações verticais até o final da sua construção, bem como sua área construída que pode ser obtida através dos projetos solicitados às empresas, custo total da obra, e custo com retirada de resíduo.

Após a aplicação de questionários online e presenciais, foi possível obter a média de geração de resíduo regional (m^3/m^2), que quando confrontada com a média de outros autores da área, apresentou-se maior, evidenciando a despreocupação regional com o controle de geração de resíduos de construção civil.

Ainda nesse aspecto é relevante destacar, que a prática regional de não separação dos montantes de RCC por tipo de material, inviabilizou a comparação dos dados de quantidade de resíduo gerada na RMB com os de autores de outras regiões, cujas pesquisas apresentaram resultados em unidade de resíduo classificada por peso específico de material, em geral em kg/m^2.

Quanto ao gasto com retirada de resíduos (%) também obtido neste trabalho, evidencia-se a diferença de quase 0,20%, entre custo com retirada de entulho orçada e efetivo. Essa disparidade pode muitas vezes ser considerada ínfima pelas empresas que constroem empreendimentos na região, fato que eventualmente pode reforçar a mentalidade local de que a produção de resíduos não deve ser quantificada nem controlada, pois o custo associado a esse serviço é reduzido. No entanto, o baixo custo da remoção do resíduo não representa o gasto relacionado com o desperdício de material e mão de obra na geração dos mesmos.

Assim, a quantificação dos resíduos ainda possui graves impedimentos para que aconteça em sua totalidade. Pois durante a aplicação de questionários, muitas empresas entrevistadas informaram não possuir dados para quantificar o volume de resíduo produzido. Dessa forma, se faz urgente a intervenção de uma política com foco na gestão de processo de resíduos, e na conscientização das empresas, sobretudo na importância em reduzir a geração de resíduos de construção civil.

REFERÊNCIAS

ANGULO, S. *et. al*. **Resíduos de construção e demolição, avaliação de métodos de quantificação**. In: IV Encontro Nacional Sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção Civil, 2015, São Paulo. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a13.pdf>. Acesso em: 12 out. 2015

ARAÚJO, Catarina; BRAGANÇA, Luís; ALMEIDA, Manuela. **Sustainable Construction Key Indicators**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINEABLE BUILDING, 2013, Portugal. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/28942>. Acesso em: 21 jan. 2015. Acesso em: 21 jan. 2016.

COLE, R;LARSSON, N. **Green Building Challenge: Environmental Performance Indicators**,2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237572733_Green_Building_Challenge_Environmental_Performance_Indicators>. Acesso em: 10 fev. 2016

COLE, Raymond J. **Building environmental assessment methods: clarifying intentions." Building Research & Information,**1999

DIAS, Michele Ferreira. **Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais**. Porto Alegre, 2013. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale o Rio dos Sinos - Programa de pós graduação em engenharia civil, São Leopoldo,RS, 2013.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de informações básicas municipais:** Perfil dos Municípios Brasileiros 2013. Rio de Janeiro: IBGE , 2014. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/munic2013.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2016

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de informações básicas municipais:** Cidades. IBGE, 2015. Disponível em: < http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150140>. Acesso em: 07 fev. 2016.

IDESP – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. **Projeto Governança Metropolitana no Brasil**. Belém, 2012. Disponível em: 11 jan.2016 <http://fapespa2.pa.gov.br/pdf/Projeto-Governanca-Metropolitana-no-Brasil.pdf>

IPEA INSTITUTO DE PESQUISAS APLICADAS. **Relatório de pesquisa.** Caracterização e Quadros de Análise Comparativa da Governança Metropolitana no Brasil: arranjos institucionais de gestão metropolitana (Componente 1), Região Metropolitana de Belém. Rio de Janeiro, 2015

LLATAS, C. A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list. **Waste Management**, Volume 31, Issue 6, June 2011, Pages 1261–1276. ISSN: 0956-053X.

KHARRUFA, Sahar. Reduction of building waste in Baghdad Iraq. **Journal of Building and Environment**, 2007 V. 42, n.º 5, pp. 2053-2061.

MAIA, Eléri Marques; GAIA, Antonio. **Impactos ambientais causados pelos resíduos de construção civil no município de Belém**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade da Amazônia, Centro de Ciências exatas e tecnologia - CCET, Curso de Engenharia Civil, 2012. Belém, 2012. 58 p.

MAÑÀ I REIXACH, F.; SAGRERA I CUSCÓ, A.; GONZÀLEZ I BARROSO, J.M. **Situación actual y perspectivas de futuro de los residuos de la construcción**. Plan de Gestión de Residuos en las Obras de Construcción y Demolición, Programa Life. Cataluña: ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña) Dirección general de Medio ambiente. 2000

MARQUES NETO, José da Costa. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15)**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009. 669 p.

MMA MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos** - Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Prevê a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos sendo o seu processo de construção descrito no Decreto no. 7.404/2010. Brasília, DF, Fev. 2012. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1529/PNRS_consultaspublicas.pdf >. Acesso em: 23 out. 2015.

OECD ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Core set of indicators for environmental performance reviews a synthesis report by the Group on the State of the Environment**. Environment Monographs, n. 83. 1993. 39 f.

ORTIZ, O., PASQUALINO, J.C., CASTELLS, F. Environmental performance of construction waste: Com-paring three scenarios from a case study in Catalonia, 2010. Spain. **Journal of Waste Management**, V. 30, n.º 4, pp. 646-654

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politecnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1999. 189 p.

PINTO, T. P. et al. Ministério das Cidades. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios**. v. 1. 196 p. Brasília: Caixa, 2005. Disponível em: < http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/Manual_RCD_Vol1.pdf>. Acessado em: 10 fev.2016

PICCHI, Flávio Augusto. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. São Paulo, 1993. (TESE) Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DIAGNÓSTICO DA APLICAÇÃO DOS REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE COMPRAS DE EMPRESAS CONSTRUTORAS DE EDIFÍCIOS[1]

NASCIMENTO, Patricia Alves (1); CARDOSO, Francisco Ferreira (2);

(1) POLI-USP, e-mail: patrícia.nascimento@gmail.com; (2) POLI-USP, e-mail: francisco.cardoso@poli.usp.br

RESUMO

No cenário atual na construção civil, assim como no resto das indústrias, a questão da sustentabilidade está muito presente. A escassez de recursos naturais e mudanças climáticas exigem novas formas de organização empresariais e políticas. O foco desse artigo é trazer um cenário atual do alinhamento das questões de sustentabilidade praticadas pelo setor de compras de empresas construtoras de edifícios de São Paulo. O artigo apresenta uma pesquisa, parte de uma dissertação de mestrado, que traz uma avaliação do nível de percepção e de ação das empresas construtoras de edifícios acerca dos temas de sustentabilidade e compras sustentáveis, sob a ótica dos profissionais de compras. O estudo foi realizado por meio de questionário enviado a doze desses profissionais.. Os resultados são, de maneira geral, positivos e demonstram que os requisitos básicos relacionados a um processo de compras sustentáveis estão sendo atendidos.

Palavras-chave: Construção de edifícios. Sustentabilidade. Compras sustentáveis. Requisitos de sustentabilidade.

ABSTRACT

In the present scenario of the construction sector, as in many other industries, the issue of sustainability is timely. The scarcity of natural resources and climate change have called for new forms of business and political organization. The focus of this paper is to bring a current scenario of the alignment of sustainability issues practiced by the procurement department of building contractors. This article presents a search, part of a master's thesis, which brings an assessment of the level of perception and action of building construction companies about sustainability issues and sustainable procurement, from the perspective of purchasing professionals. The search was conducted through a questionnaire sent to twelve of these professionals. The results are generally positive and show that the basic requirements related to a process of sustainable procurement are being achieved.

Keywords: *Building construction, Sustainability. Sustainable procurement. Sustainability requirements.*

1 INTRODUÇÃO

Há mais de 30 anos já se dizia que as empresas estão lidando, além de com as variações econômicas dos mercados, com ameaças de esgotamento de

[1] NASCIMENTO, Patricia Alves; CARDOSO, Francisco Ferreira. Diagnóstico da aplicação dos requisitos de sustentabilidade no processo de compras de empresas construtoras de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

recursos, escassez de matérias primas, turbulências políticas, intensificação da concorrência, interrupção de fornecimento e rapidez nas mudanças tecnológicas (KRALJIC, 1983).

O objetivo deste artigo é apresentar e analisar o nível de percepção das empresas construtoras de edifícios acerca dos temas de sustentabilidade e compras sustentáveis. Esta análise se deu através das respostas obtidas no questionário distribuído aos profissionais de compras (No APÊNDICE A é apresentado parte deste questionário). E o APÊNDICE B apresenta parte da compilação das respostas dos questionários.

2 DIAGNÓSTICO DA APLICAÇÃO DOS REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE COMPRAS DE EMPRESAS CONSTRUTORAS DE EDIFÍCIOS

2.1 Revisão da literatura

Como elo principal entre a empresa construtora contratante (executora do ambiente construído) e seus fornecedores (necessários à materialização do ambiente construído) está o setor de compras, responsável pela gestão da sua cadeia de fornecedores. Em Dias e Costa (2012), o setor de compras é apresentado com o objetivo de adquirir bens e serviços, na qualidade desejada, no momento preciso, pelo menor custo possível e na quantidade solicitada.

A valorização da sustentabilidade na construção civil de forma geral e, em especial, ao longo da cadeia de suprimentos e do processo de compras interno da organização, pode promover os meios para o aumento dos investimentos em produtos ou serviços sustentáveis. Critérios como eficiência energética, respeito ao meio ambiente, respeito aos direitos humanos, sociais, trabalhistas e culturais passam a ganhar valor e poder decisório para compra deste ou daquele produto e, paralelamente, a decisão por este ou aquele fornecedor.

Em UNEP & SETAC (2007) é destacado que a maioria das pequenas e médias empresas não possui departamento de sustentabilidade, departamento de meio ambiente ou qualidade para cuidar de ações sustentáveis internas ou até analisar o ciclo de vida de seus produtos, por exemplo.

Neste período de preocupação ambiental e valorização das certificações de mesma temática, ressalta-se que, tal como evidenciado em Agopyan & John (2011), que é necessário reconhecer que os aspectos ambientais, também chamados de "*green*" ou "verdes", possuem maior repercussão na mídia e em estratégias de promoção, o que é fato preocupante em um país com grandes problemas sociais e econômicos, tal como o Brasil.

Um aspecto importante, ressaltado em Zuccato Junior (2014) é a necessidade da prática de avaliação de fornecedores. A avaliação periódica dos fornecedores é fator importante para manter o controle do desempenho do mesmo, sob vários aspectos, e servir para tomada de decisões para suspensão de parcerias, advertências, correções de

desempenho, entre outros (Zuccato Junior, 2014). Também em Zuccato Junior (2014), o contrato formal entre as partes pode ser considerado como garantia de desempenho. O contrato é um acordo mútuo que gera obrigações entre as partes, e, desta forma, devem nele constar todas as informações, deveres e obrigações das partes previamente negociadas (Zuccato Junior, 2014).

O fornecedor é agente importante de ação para obtenção de processos com resultados sustentáveis. CIC (2008) afirma que é preciso buscar fornecedores formais, que cumpram as diferentes legislações vigentes e que ofertem produtos de qualidade, ou seja, em conformidade com as normas técnicas, tais como as normas ISO, prescritivas ou de desempenho ou programas setoriais de qualidade, tal como o PBQP-H.

Dentro da estrutura organizacional da construtora de edifícios, tem-se a alta diretoria como apoiador necessário à efetivação das mudanças necessárias para uma atuação com foco sustentável. Em CAIXA (2010) é apresentado que as ações sustentáveis exigem altos esforços de implantação das empresas em geral.

Em ISO (2013) é ressaltado que a incorporação da dimensão ambiental à política de compras pode colaborar em limitar o consumo de recursos naturais e mitigar riscos operacionais e financeiros, inclusive acidentes ecológicos e seus impactos sobre a humanidade e ecossistemas.

2.2 Métodos

Devido ao grande número de variáveis envolvidas, bem como limitações de tempo e divulgação de informações das empresas, esta pesquisa de campo não teve o objetivo ser estatística ou quantitativa, mas sim exploratório descritivo, pois pretendeu conhecer e estudar processos praticados por empresas consolidadas em seus ramos de atuação, e procurou identificar aspectos do funcionamento e características destes processos.

Foram fatores importantes que colaboraram diretamente no critério de escolha das empresas respondentes foram: a facilidade de acesso às mesmas, justificada pelo conhecimento do mercado pela pesquisadora da dissertação de mestrado da qual o trabalho se origina; e a disponibilidade dos profissionais do setor de compras, em diversos níveis hierárquicos, de participar de uma investigação sobre a aplicação da sustentabilidade em suas atividades diárias.

O processo de estudo de casos foi escolhido pela sua orientação qualitativa e não quantitativa. O questionário foi enviado e recebido via *e-mail* para os profissionais do setor de compras, visando assim garantir uma taxa de resposta alta – o questionário foi enviado para representantes de 15 empresas, sendo que 12 retornaram preenchidos. Todos os questionários recebidos foram considerados válidos, pois os respondentes preencheram quase a totalidade das questões solicitadas (mais de 90% da totalidade).

O questionário foi dividido em quatro partes:

- Caracterização da empresa e do setor de atuação;
- Práticas de sustentabilidade;
- Caracterização do profissional de compras;
- Caracterização do setor de compras em relação ao tema sustentabilidade.

Após o agrupamento dos dados coletados, os resultados foram evidenciados e tabelados para a execução da análise dos mesmos. De modo a preservar a confidencialidade das informações fornecidas, as empresas respondentes estão identificadas por meio de letras maiúsculas, de "A" a "L", que não apresentam qualquer relação com seus nomes originais.

2.3 Caracterização das empresas e do setor de atuação

A primeira parte do questionário visou caracterizar a empresa construtora em suas generalidades, identificando mercado e regiões de atuação, tipologia dos empreendimentos, porte, quantidade de obras executadas, número de funcionários e tipo de mão de obra empregada nos canteiros de obras.

Julgou-se que estas empresas se constituem casos de sucesso, por conta do longo período de atuação dentro no mercado de construção civil. Como importante característica comum, as empresas respondentes, em sua maioria, possuem tempo de atuação no mercado de 30 anos ou mais – evidenciado pelo conjunto de respostas da parte 1 do questionário. A grande maioria das empresas executou 100 ou mais obras dentro do seu tempo de existência.

Mais da metade das empresas consultadas, num total de sete, fazem parte do Ranking Geral 2014[2] onde são apresentadas as "50 Maiores Construtoras do Brasil" (CBIC DADOS, 2014).

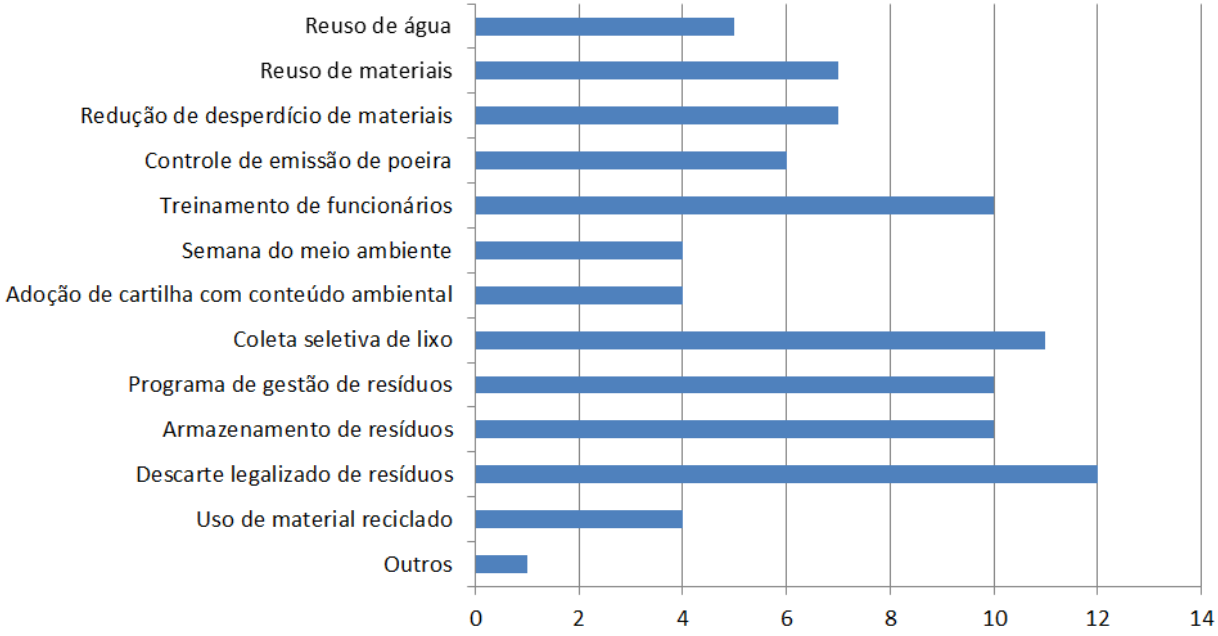
2.4 Práticas de sustentabilidade

Confirmando SEBRAE (2012), as práticas apresentadas nesta pesquisa e que são destaque no ambiente do canteiro de obra foram o "descarte legalizado de resíduos" e a "coleta seletiva de lixo". Estas práticas são realizadas pela quase a totalidade dos respondentes, conforme identificado na Figura 1.

Citando UNEP & SETAC (2007) no que tange à importância de setor específico que atuem sob o tema da sustentabilidade, mais de 75% dos respondentes afirmaram possuir um departamento especializado na temática ambiental. Porém, para 90% dos respondentes, este departamento não age de forma isolada e sim em conjunto com outros, tal como o departamento de Qualidade, por exemplo.

[2] Ranking com as 50 maiores construtoras no Brasil de acordo com a publicação "Os 500 grandes da Construção" da revista "O Empreiteiro". Disponível em http://www.cbicdados.com.br/menu/empresas-de-construcao/maiores-empresas-de-construcao

Figura 1 – Práticas de sustentabilidade adotadas nas obras dos respondentes



Fonte: Os autores

As certificações ISO de gestão da qualidade ISO 9001 (Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos) e SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras) do programa PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat) são amplamente difundidas entre as empresas respondentes. A grande maioria dos respondentes, 75%, possui alguma certificação neste sentido. Dentre os respondentes, a ISO 9001 se apresenta como a certificação mais comum.

Em relação às certificações voltadas às edificações sustentáveis, quase 60% dos respondentes afirmaram que executaram obras com alguma certificação tipo "verde" como meta final. Todos que responderam positivamente a esta questão trabalharam com a certificação tipo LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), a mais comum. Desta forma entende-se que, ao menos, os conceitos básicos da certificação LEED, que abrangem a sustentabilidade dos espaços, uso racional de recursos de água e energia, gestão de resíduos, reuso de materiais e priorização de fornecedores regionais, começam a ser difundidos e assimilados no mercado - o que é fator muito positivo.

Neste cenário de preocupação ambiental, é interessante perceber que a exigência do cliente sobre a necessidade das certificações ambientais é crescente. Cerca de 40% dos respondentes afirmaram que seus clientes têm exigido de suas empresas construtoras a execução de obras com "selo verde".

Ressalta-se, nesta parte do questionário, que questões sustentáveis relacionadas à esfera ambiental são difundidas e bem aceitas, destacando-se principalmente questões relacionadas ao lixo e resíduos de obra.

2.5 Caracterização do setor de compras em relação ao tema sustentabilidade

Nesta parte do questionário pretendeu-se compor um cenário, por meio de percentuais de aderência às questões, da importância relativa aos temas de responsabilidade ambiental e social dentro do setor de compras, expandindo para ações da empresa como um todo. O conteúdo desta parte trata do cumprimento de requerimentos legais, gestão técnica, ambiental e social da empresa construtora e de sua cadeia de fornecimento.

A primeira questão solicitada aos profissionais é a seguinte: "O setor de compras da sua empresa leva em consideração o tema sustentabilidade em suas solicitações de materiais e/ou serviços?". A grande maioria, 75%, respondeu positivamente a esta questão. Porém, na questão seguinte, onde se perguntou se o processo de qualificação de fornecedores inclui requisitos de sustentabilidade, quase 60% dos entrevistados respondeu negativamente.

Em se analisando as questões seguintes, percebe-se que a clareza sobre o que é um processo de compras sustentável ainda não foi absorvida por completo. A grande maioria dos respondentes realiza o processo de solicitação de documentos legais da empresa potencial fornecedora e documentos específicos para determinados tipos de materiais, porém, somente pouco mais da metade dos respondentes informou possuir política de teor ambiental consolidada em sua empresa – quase 60% dos entrevistados. A falta de uma política pode alterar a percepção de que a empresa está conduzindo um processo sustentável.

Mais de 80% dos respondentes afirmaram que dão preferência a fornecedores locais. Isto se torna fator importante, pois, baseado na globalização dos mercados, as empresas construtoras com sede na cidade de São Paulo podem, por exemplo, atender em todo território nacional. Faz-se importante privilegiar fornecedores regionais como fator potencializador de crescimento econômico local.

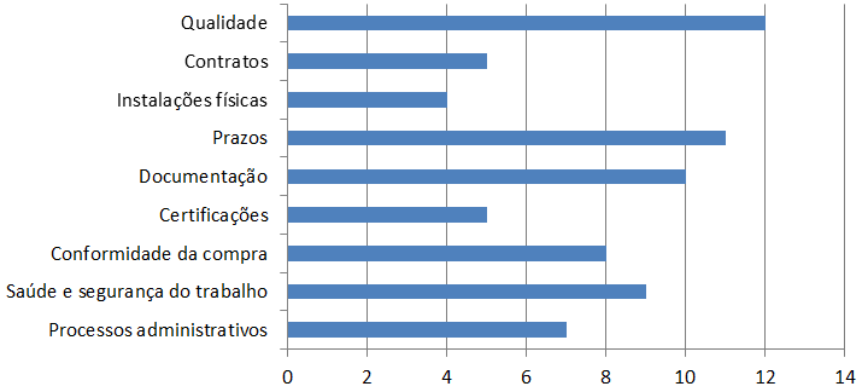
Cerca de 40% dos entrevistados afirmaram possuir parcerias exclusivas para a contratação de materiais e serviços. As parcerias são indicadas para conseguir vantagens competitivas junto aos fornecedores que possuem possibilidade de relacionamento de longo prazo. Do percentual que respondeu positivamente a esta questão, as parcerias mencionadas envolvem: elevadores, cerâmicas, louças e metais, cimento, concreto, aço, tubulações em PVC e locação de equipamentos.

Confirmando Zuccato Junior (2014), a avaliação periódica dos fornecedores é uma prática importante para controlar o desempenho dos mesmos. A totalidade dos respondentes (100%) afirmou realizar avaliações periódicas de seus fornecedores. Os itens "Qualidade" e "Prazos" são os itens mais comumente avaliados, conforme Figura 2.

Desta forma, as empresas construtoras não podem alegar ignorância como desculpas às suas falhas. É preciso conhecer seus fornecedores de modo a

minimizar riscos de uma autuação por condição de trabalho infantil praticada por um fornecedor, por exemplo.

Figura 2 – Principais itens dos fornecedores avaliados periodicamente pelas empresas construtoras



Fonte: Os autores

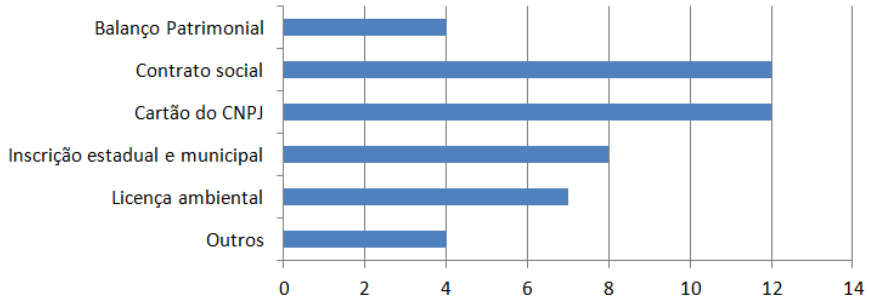
Em se tratando da premissa da corresponsabilidade, é importante ressaltar a compreensão incorreta dos respondentes, já que 40% deles entendem que os processos de extração, fabricação, transporte e distribuição são de inteira e exclusiva responsabilidade do fornecedor. O restante entende que a responsabilidade é dividida entre empresa construtora e o restante dos agentes envolvidos. Como fator positivo, mais de 80% dos respondentes afirmaram se preocupar com o processo de extração, fabricação e distribuição do material que está sendo adquirido.

É indispensável aos setores de compras entenderem qual a quantidade de impacto ambiental e social causada pelo material ou serviço que está sendo adquirido. A geração do impacto não afeta somente o fornecedor isoladamente, pois a empresa construtora pode ser autuada por conta de uma má condução do fornecedor em quaisquer aspectos: social ou ambiental. Evidenciando esta necessidade, 25% dos entrevistados afirmaram terem sido autuados por conta do não cumprimento de alguma questão social por parte do fornecedor.

No processo de cadastro de um fornecedor para atendimento a uma solicitação de compra de materiais e serviços, a totalidade dos respondentes (100%) afirmou solicitar documentos de legalidade e formalidade da empresa fornecedora (Figura 3). Os documentos de Contrato Social e CNPJ (Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica) são, obrigatoriamente, solicitados por todos os respondentes. Estes são documentos simples, de cunho público, que demonstram a formalidade e legalidade da empresa. O Contrato Social é um documento onde os sócios assumem a formação de uma nova sociedade em uma empresa. O CNPJ é um número único que identifica uma pessoa jurídica e outros tipos de arranjo jurídico sem personalidade jurídica (como condomínios, órgãos públicos, fundos) junto à Receita Federal Brasileira (WIKIPÉDIA, 2015). A validade do

número de CNPJ, por exemplo, pode ser confirmada *on line* pelo *site* da Receita Federal do Brasil[3].

Figura 3 – Documentação de legalidade solicitada aos fornecedores



Fonte: Os autores

Na formalização da contratação de um fornecedor, em especial um fornecedor de serviços, é interessante que a empresa construtora se resguarde com algum tipo de documentação ou cláusula contratual que verifique questões sociais do fornecedor contratado. Quase 70% dos entrevistados afirmaram possuir cláusula jurídica que versa sobre a proibição do trabalho infantil, trabalho escravo, trabalho em condições precárias de higiene, jornada excessiva e alimentação inadequada. É importante validar os requisitos solicitados para um determinado material ou serviço, fazendo-os constar em documento de pedido de compra ou contrato firmado entre as partes.

No que tange à compra de materiais e serviços é interessante que os requisitos solicitados e contratados como sustentáveis também constem em documentos de pedido de compra ou contrato formal. Mais de 80% dos entrevistados afirmaram incluir este tipo de requisito em seus documentos jurídicos. No corpo do documento contratual, além de cláusulas especificas sobre o produto adquirido, 75% dos respondentes afirmaram que os documentos de contratação (pedido de compra ou contrato) fazem referência a questões de sustentabilidade ou preservação ambiental.

Quase 80% dos entrevistados afirmaram questionar a gestão dos resíduos dos produtos adquiridos. A destinação do resíduo pós-aplicação do material é somente um aspecto de seu ciclo de vida, porém um aspecto conhecido por seu alto impacto ambiental negativo.

Sobre reciclagem de materiais, mais de 80% dos respondentes afirmaram incentivar a adoção de materiais com conteúdo reciclado. Porém a questão seguinte: "Este tipo de material está sempre presente em suas cotações?" foi respondida de forma positiva por 40% dos entrevistados. Percebe-se uma contradição neste ponto: se há incentivo à adoção deste tipo de material, o mesmo, obrigatoriamente, deveria estar presente nas cotações, seja como opção ao material especificado inicialmente. Neste

3 Disponível em http://www.receita.fazenda.gov.br/PessoaJuridica/CNPJ/cnpjreva/Cnpjreva_Solicitacao.asp

ponto se faz necessário rever a estrutura das cotações junto ao mercado incluindo, obrigatoriamente, fornecedores conhecidos por apresentarem produtos de conteúdo reciclado, sempre que possível.

CIC (2008) afirma que é preciso buscar fornecedores formais, que cumpram as diferentes legislações vigentes e que ofertem produtos de qualidade, ou seja, em conformidade com as normas técnicas, tais como as normas ISO, prescritivas ou de desempenho ou programas setoriais de qualidade, tal como o PBQP-H.

Mais de 80% dos respondentes afirmaram consultar a participação do fornecedor em programas governamentais ou de entidades de classe. Estes programas atestam a qualidade dos fabricantes de diversos materiais quando fazem parte, ou deveriam fazer de Programas Setoriais da Qualidade (PSQs).

As empresas construtoras que desejam implantar uma política de compras orientada pela sustentabilidade podem identificar na ferramenta "6 Passos – Critérios para Responsabilidade Social e Ambiental na seleção de fornecedores", um importante roteiro proposto pelo CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Gratuita e de acesso *on-line*, esta ferramenta[4] pode ser considerada uma importante base para estabelecimento de uma política de compras orientada pela sustentabilidade. A ferramenta é conhecida por 60% dos entrevistados.

Quase 80% dos respondentes afirmaram não realizar pesquisa sobre possíveis reclamações e manifestações da comunidade em relação à empresa a ser contratada. E 75% dos respondentes afirmaram não questionar o fornecedor sobre programas ou investimentos de conservação de energia e recursos naturais no processo de fabricação do produto ofertado. Como fator positivo, mais de 70% dos respondentes afirmaram que no processo de cadastro, o potencial fornecedor é questionado sobre o atendimento aos princípios e direitos fundamentais do trabalho. É interessante reforçar o envolvimento do profissional e de sua empresa nas questões de responsabilidade socioambiental do fornecedor (relacionamento com o meio ambiente, com a comunidade e com a sociedade). Pelos resultados apresentados, este tipo de envolvimento ainda é muito baixo, justificado pelo desconhecimento ou desinteresse do profissional.

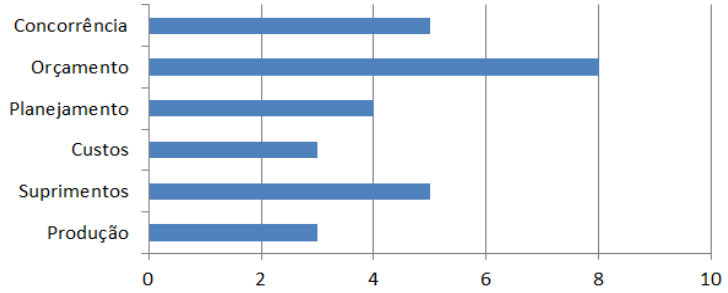
Em ambiente interno da empresa construtora, os resultados são positivos: mais de 80% afirmaram possuir política, ou fazer parte de alguma política interna, questões sobre as práticas de anticorrupção e antipropina. Este tipo de comprometimento demonstra que a empresa está preocupada com o relacionamento empresa-sociedade e com a possibilidade de um *marketing* negativo relacionado a este assunto.

Sobre as questões de sustentabilidade nos processos internos da empresa construtora, o profissional foi questionado sobre em qual fase as questões de sustentabilidade deveriam ser introduzidas no projeto de execução do

[4] Disponível em http://www.cbcs.org.br/selecaoDeFornecedores/

edifício. Mais de 70% afirmaram que a fase de orçamento teria maior responsabilidade, conforme Figura 4.

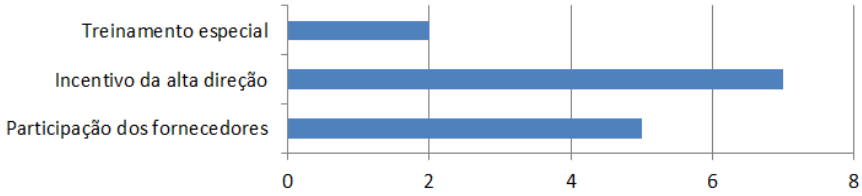
Figura 4 – Melhor fase para introdução das questões de sustentabilidade



Fonte: Os autores

Reforçando o conceito apresentado em CAIXA (2010), as ações sustentáveis exigem altos esforços de implantação das empresas em geral. Os entrevistados, no que se refere à implantação de um setor de compras orientado pela sustentabilidade, classificam como maior gargalo o incentivo da alta direção no que tange a mudança da postura exclusivamente financista para uma orientação pela sustentabilidade, conforme Figura 5. CAIXA (2010) e Agopyan & John (2011) confirmam este gargalo e a importância crucial deste agente.

Figura 5 – Gargalos para implantação de um processo de compras sustentáveis



Fonte: Os autores

O respondente da empresa "H" afirmou que o incentivo da alta direção é essencial, pois a implantação de um novo processo implica em custos e tempo de trabalho.

Em se finalizando o questionário, os respondentes foram assim questionados: "Você crê que a adoção de critérios de sustentabilidade pode ser um diferencial para a sua empresa?". A totalidade dos entrevistados respondeu positivamente, que a sustentabilidade pode ser um diferencial.

Mais de 90% dos respondentes afirmaram que o menor preço possível não é o critério mais adequado para a compra de um determinado material. Esta pergunta demonstra a importância do tema sustentabilidade sobre as compras meramente financistas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em se analisando os resultados do questionário, de forma geral, observa-se que os requisitos de compras sustentáveis estão sendo atendidos, o que é fator positivo.

Porém, mesmo os requisitos básicos, em alguns casos, podem ser considerados uma barreira. Solicitar documentos pode ser um processo mecânico, simplificado e de fácil execução. Mas é importante que os documentos sejam analisados, aprovados e cadastrados, criando um banco de dados de fornecedores. Este repositório necessita de atualização constante, pois algumas licenças, por exemplo, possuem prazo de validade. Isto pode significar, para algumas empresas, mais trabalho para os profissionais do setor de compras. O incentivo dos gestores e da alta direção podem ser cruciais neste processo.

Pelos resultados apresentados na pesquisa e na bibliografia consultada, a alta direção ainda percebe a implantação de qualquer processo orientado pela sustentabilidade somente como aumento de custos e despesas – a possibilidade de ganhos com a sustentabilidade é vista como remota. Este é um mito que necessita ser deixado de lado.

É imperativo destacar que não existe construção sustentável sem o uso de materiais sustentáveis fabricados por fornecedores com responsabilidade ambiental e social comprovadas.

Em virtude de algumas respostas do questionário possuírem baixa taxa de aderência dos respondentes, o desafio é encontrar (ou implantar) meios (ou práticas) para reforçar estas temáticas a cada novo cadastro junto aos potenciais fornecedores, colaborando em identificar previamente potenciais riscos do não atendimento a requisitos ambientais, sociais e econômicos, além do atendimento obrigatório às questões básicas de formalidade e legalidade da empresa do potencial fornecedor.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V., & JOHN, V. M. (2011). O desafio da sustentabilidade na construção civil (Vols. 5 - Série Sustentabilidade). São Paulo: Blucher.

CAIXA. (2010). Boas práticas para habitação mais sustentável. (C. V. Prado, Ed.) São Paulo: Página & Letras.

CARDOSO, F. F. (2014). PCC 5963 - Cadeia produtiva da construção: Tecnologia, Sustentabilidade e Inovação. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CBIC DADOS. (2014). Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Acesso em Março de 2014, disponível em CBIC Dados: http://www.cbicdados.com.br/institucional/

CIC. (2008). Guia de Sustentabilidade na Construção. Belo Horizonte: FIEMG (Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais) e CIC (Câmara da Indústria da Construção).

DIAS, M., & COSTA, R. F. (2012). Manual do Comprador: Conceitos, técnicas e práticas indispensáveis de um departamento de compras (5º ed.). São Paulo: Saraiva.

FREITAS, H., OLIVEIRA, M., SACCOL, A. Z., & MOSCAROLA, J. (2000). O método de pesquisa *survey*. Revista de Administração, v.35 (n.3), p. 105-112.

ISO. (2013). *Sustainable Procurement* - Compras Sustentáveis. ISO/TC 277/SC. França: Norma ISO em fase de aprovação.

KRALJIC, P. (1983). Purchasing must become supply management. Harvard Business Review, Setembro-Outubro, pp. 109-117.

LACIS. (2008). Relatório Ação 06 - Validação dos Critérios de Compra Responsável. Programa de Responsabilidade Ambiental e Social na Cadeia Produtiva da Indústria da Construção - DF (PRAS). Brasília: LACIS

MONTE ALTO, C. F., PINHEIRO, A. M., & ALVES, P. C. (2009). Técnicas de compras (Vol. Série Cademp). Rio de Janeiro: FGV Management.

SEBRAE. (2012). O que pensam as micro e pequenas empresas sobre sustentabilidade (Vol. Série Estudos e Pesquisas). Brasília: Sebrae - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.

UNEP, & SETAC. (2007). Life cycle management: a business guide to sustainability. Paris: UNEP (United Nations Environment Programme); SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry).

WIKIPÉDIA. (2015). Acesso em setembro de 2015, disponível em Wikipédia - A enciclopédia livre: https://pt.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:P%C3%A1gina_principal

ZUCCATTO JUNIOR, F. (2014). Gerenciamento das aquisições em projetos (1 ed. ed., Vol. Grandes Especialistas Brasileiros: Gerenciamento de projetos). Rio de Janeiro: Elsevier.

Apêndice A – Parte do questionário modelo - Identificação da prática dos conceitos de sustentabilidade no setor de compras em empresas construtoras de edifícios

QUESTIONÁRIO

Identificação da prática dos conceitos de sustentabilidade no setor de suprimentos em empresas construtoras de edifícios

Objetivo: O preenchimento deste questionário faz parte de uma tese de mestrado profissional da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, cujo objetivo consiste em discutir alterações em processos chaves de suprimentos em função da instituição de compras sustentáveis em empresas construtoras. Para tal é necessário a contextualização da empresa construtora e do setor de suprimentos no que tange ao atendimento de requisitos de sustentabilidade.

PARTE 1 - Caracterização da empresa e do setor de atuação

1 Razão social

2 Mercado ☐ Público ☐ Privado

3 Tipologia de empreendimentos ☐ Residencial ☐ Hoteleiero ☐ Industrial ☐ Comercial ☐ Serviços ☐ Cultural ☐ Empresarial

4 Mercado de atuação ☐ Outras construtoras ☐ Incorporadoras ☐ Órgãos públicos ☐ Consumidor final ☐ Pessoa jurídica do setor privado

5 Região de atuação ☐ São Paulo - capital ☐ Outros estados - Região Centro-Oeste ☐ São Paulo - interior ☐ Outros estados - Região Sudeste ☐ Outros estados - Região Norte ☐ Outros estados - Região Sul ☐ Outros estados - Região Nordeste ☐ Distrito Federal ☐ Outros países

6 Tempo de atuação _____ anos

7 Quantidade de obras executadas _____ no total

8 Número de funcionários _____ em obra _____ administrativos _____ terceirizados

9 Mão de obra de execução das obras ☐ Própria ☐ Subcontratada ☐ Parcialmente subcontratada

PARTE 2 - Sustentabilidade

10 Existência de departamento especializado na temática ambiental ☐ Sim ☐ Não

11 Caso positivo, age de forma isolada ou em conjunto com outros departamentos ☐ Isolado ☐ Em conjunto

12 Quantidade de funcionários dedicados a esta temática _____ no total

13 Existe alguma política formal de teor ambiental ? ☐ Sim ☐ Não

14 São adotadas medidas de sustentabilidade nas obras? Quais?

☐ Reuso de água
☐ Reuso de materiais
☐ Redução de desperdício de materiais
☐ Controle de emissão de poeira
☐ Treinamento de funcionários
☐ Semana do meio ambiente
☐ Outros. Descrever: _____
☐ Adoção de cartilha com conteúdo ambiental
☐ Coleta seletiva de lixo
☐ Programa de gestão de resíduos
☐ Armazenamento de resíduos
☐ Descarte legalizado de resíduos
☐ Uso de material reciclado
☐ Adoção de cartilha com teor ambiental

15 Os subcontratados são incluídos em programas de treinamentos ambientais? ☐ Sim ☐ Não

16 A empresa divulga e valoriza ações relacionadas à sustentabilidade ? ☐ Sim ☐ Não

17 A empresa possue certificações ISO ou de gestão da qualidade? ☐ Sim ☐ Não

Quais? _____

18 As obras possuem alguma certificação do tipo "verde" ☐ Sim ☐ Não

Quantidade:
_____ LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*)
_____ AQUA (Alta Qualidade Ambiental)
_____ Outros. Descrever: _____

19 Os clientes tem exigido certificações do tipo "verde" ☐ Sim ☐ Não

20 Há sugestão de alteração de especificações de projeto no intuito de adotar produtos sustentáveis? ☐ Sim ☐ Não

Exemplos _____

_____

_____

_____

PARTE 3 - Caracterização do profissional questionado

21 Tempo de experiência no setor de suprimentos _____ anos

22 Formação profissional ☐ Ensino médio ☐ Ensino técnico ☐ Ensino superior

☐ Especialização ☐ Mestrado ☐ Doutorado

23 A sua formação profissional é na área de atuação da empresa ? ☐ Sim ☐ Não

24 Cargo ocupado ☐ Auxiliar de compras ☐ Assist. de compras ☐ Comprador

☐ Engenheiro ou Arquiteto de suprimentos ☐ Coordenador de suprimentos

☐ Gerente de suprimentos ☐ Diretor de Suprimentos

25 Participa de reuniões de resultado da empresa, bem como de seu planejamento estratégico ? ☐ Sim ☐ Não

26 Atua no escritório (de forma centralizada) ou por obra (de forma descentralizada) ? ☐ Obra ☐ Escritório

27 Subordinação direta ☐ Coordenação de suprimentos ☐ Gerencia de suprimentos

☐ Diretoria de suprimentos ☐ Diretoria de obras

☐ Diretoria da empresa

PARTE 4 - Caracterização do setor de suprimentos em relação ao tema sustentabilidade

28 O setor de suprimentos da sua empresa leva em consideração o tema sustentabilidade em suas solicitações de materiais e/ou serviços junto aos fornecedores? ☐ Sim ☐ Não

29 O processo de qualificação de fornecedores inclue requisitos de sustentabilidade? ☐ Sim ☐ Não

Caso positivo, relacionar alguns _____

_____

_____

30 Os requisitos de sustentabilidade vão além da escolha dos materiais. Pode citar exemplos nas esferas sociais e éticas, por exemplo? Por social podemos entender as condições que o produto é produzido e por ético as condições de negociação.

_____

_____

_____

_____

31 A grande maioria das matérias-primas adquiridas tem fornecedores na região de atuação da empresa? ☐ Sim ☐ Não

32 A sua empresa dá preferencia a contratação de fornecedores locais? ☐ Sim ☐ Não

33 Minha empresa consegue influenciar os fornecedores para atender requisitos especificos em função do grande volume de compras de um determinado material? ☐ Sim ☐ Não

34 Nas compras, dou preferência ao fornecedor mais antigo, no qual tenho mais confiança? ☐ Sim ☐ Não

35 Sua empresa possui parcerias exclusivas para contratação de materiais ou serviços? ☐ Sim ☐ Não

Caso positivo, relacionar _____

_____

_____

_____

_____

36 Os requisitos solicitados e contratados como sustentáveis constam em documentos de pedido ou contrato firmados entre comprador e fornecedor ? ☐ Sim ☐ Não

37 Os fornecedores são avaliados periodicamente? ☐ Sim ☐ Não

Apêndice B – Parte da compilação das respostas do questionário do Apêndice A

QUESTIONÁRIO

Identificação da prática dos conceitos de sustentabilidade no setor de suprimentos em empresas construtoras de edifícios

Compilação das respostas

	Empresa construtora		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
PARTE 1 - Caracterização da empresa e do setor de atuação														
1	Solicitado ao respondente informar razão social													
2	Mercado	Público												
		Privado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Tipologia de empreendimentos	Residencial	X		X		X	X		X	X	X		X
		Comercial	X	X	X	X	X		X	X			X	X
		Empresarial				X			X					
		Hoteleiro	X	X		X			X					
		Serviços		X		X							X	
		Industrial		X		X			X				X	
		Cultural				X								
4	Mercado de atuação	Outras construtoras	X		X				X				X	
		Consumidor final				X		X				X	X	
		Incorporadoras			X	X	X			X	X	X	X	X
		Pessoa jurídica do setor privado	X	X		X								
		Órgãos públicos												
5	Região de atuação	São Paulo - Capital	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		São Paulo - Interior		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Outros estados - Região Norte	X	X		X			X	X	X		X	
		Outros estados - Região Nordeste	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
		Outros estados - Região Centro-Oeste	X	X		X			X	X	X	X	X	
		Outros estados - Região Sudeste	X	X		X			X	X	X	X	X	
		Outros estados - Região Sul	X	X		X			X	X	X	X	X	X
		Distrito Federal				X			X	X	X	X	X	
		Outros países											X	
6	Tempo de atuação	Até 10 anos							X					
		Entre 10 e 20 anos			X					X				X
		Entre 21 e 30 anos		X									X	
		Entre 31 e 40 anos						X				X		
		Acima de 40 anos	X			X	X				X			

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

SATISFAÇÃO DOS OPERÁRIOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ[1]

NEVES, Antônio Arthur Fortaleza (1); PINTO, Isabelly Christiny Monteiro De Souza (2); COSTA, Ada Catarina Soares de Sena (3); COMELLI, Mariana Lira (4); CAMPOS, Vanessa Ribeiro (5)

(1) PEC/UFC, e-mail: arthur@artificearquitetura.com.br; (2) PEC/UFC, e-mail: isabellycmsp@gmail.com; (3) PEC/UFC, e-mail: adacsena@hotmail.com; (4) PEC/UFC, e-mail: marianacomelli@yahoo.com.br; (5) PEC/UFC, e-mail: vanessa.campos@ufc.br

RESUMO

Empresas da construção têm buscado formas de adaptação diante de um cenário de mercado cada vez mais competitivo. Por outro lado, o trabalhador é compelido a imprimir um grande esforço para acompanhar o ritmo estabelecido para a produção. O presente trabalho tem como objetivo pesquisar a qualidade de vida dos trabalhadores da indústria da construção civil através de questionário estruturado, considerando, como referencial, a hierarquia das necessidades da teoria de Maslow. O levantamento de dados nas empresas ocorreu em setembro e outubro de 2015 e foi desenvolvida com amostra de 6 empresas com 41 profissionais. Como principal resultado, relativo à necessidade de autorrealização, revela-se que o funcionário não acredita que irá realizar alguma satisfação individual na empresa que trabalha. A partir da discussão e análise dos resultados é possível concluir que falta de lugar adequado para repouso, é um item de insatisfação generalizado, assim como os baixos salários. A partir dos resultados foi possível ainda relacionar os elementos motivadores e desmotivadores. Sendo os elementos motivadores: oportunidade de crescimento; estímulo à criatividade; e amizade entre os colegas. E como elementos desmotivadores: falta de lugar adequado para repouso no canteiro de obra; e sentimento de instabilidade no emprego.

Palavras-chave: Teoria de Maslow; Satisfação do operário; Motivação no ambiente de trabalho.

ABSTRACT

Construction companies have sought ways to adapt on a market scenario increasingly competitive. On the other hand, the worker is compelled to print a lot of effort to keep up with the pace set for production. This study aims to investigate the quality of life for workers in the construction industry through a structured questionnaire, considering, as a reference, the hierarchy of Maslow's theory of needs. Data collection occurred in the companies in September and October 2015 and was developed with a sample of six companies with 41 professionals. The main result on the need for self-realization, it is revealed that the employee does not believe that will do some individual satisfaction in the company working. From the discussion and analysis of the results it can be concluded that lack of proper resting place, is an item of widespread dissatisfaction, and low wages. From the results, it was possible to relate the motivating and demotivating elements. It is the motivating factors: growth

[1]NEVES, A. A. F.; PINTO, I. C. M. de S.; COSTA, A. C. S. de S.; COMELLI, M. L.; CAMPOS, V. R.. Satisfação dos operários da construção civil: um estudo na Universidade Federal do Ceará. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

opportunity; stimulating creativity; and friendship among colleagues. And how demotivating elements: lack of proper resting place on the construction site; and feeling of instability in employment.

***Keywords**: Maslow's theory. Satisfaction of the workers. Motivation in the workplace.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas têm buscado diversas formas pela sobrevivência, considerando um cenário de mercado cada vez mais competitivo. Por outro lado, o trabalhador tem sofrido grande desgaste devido ao elevado ritmo impresso para acompanhar a produção requerida (VASCONCELOS, 2001).

O setor da construção civil apresenta algumas características de organização do trabalho, como a precarização, terceirização, fragilidade dos vínculos empregatícios, alta rotatividade, baixos níveis de escolaridade e baixos salários. Todas essas são consideradas como obstáculos às ações de vigilância em saúde (TAKAHASHI *et al*., 2012).

Processos de mudança estão sendo discutidos sobre a importância da apropriação do funcionário com a responsabilidade na função exercida. Os mesmos devem ser conduzidos pela empresa, promovendo a flexibilidade necessária para o seu desenvolvimento. Essa abordagem deve favorecer ao trabalhador o entendimento de suas funções, facilitando a aceitação do processo hierárquico, a relação cooperativa da equipe e o comprometimento com o objetivo da empresa (SZNELWAR; HUBAULT, 2015).

Devido aos baixos salários e às condições de trabalho, muitos profissionais são desmotivados, pois ainda vêem o trabalho como um castigo (SILVA JUNIOR, 2014). O ato de compreender a motivação humana é de suma importância para as empresas se tornarem competitivas, visto que a falta de motivação tem causado inúmeros problemas às organizações (ALVES *et al.*, 2007).

A motivação é o motor que impulsiona o trabalhador no sentido de atingir o objetivo desejado. Já a satisfação pode ser considerada como o contentamento pela possibilidade de atingir ou de ter atingido o objetivo desejado (SILVA, 2008).

Dessa forma, o homem sempre tem procurado trazer satisfação e bem-estar na execução de suas tarefas. Porém, as melhorias dos métodos de trabalho e especialização da mão de obra, dos aspectos físicos do local de trabalho, sempre tiveram como objetivo o aumento da produtividade e melhoria da qualidade dos produtos (LEITE JÚNIOR, 2012).

A busca pela satisfação e bem-estar do trabalhador é considerada uma preocupação da humanidade, porém a partir do século XX, pesquisadores passaram a contribuir com estudos sobre a satisfação do funcionário. Essas ações culminaram em parâmetros de metas organizacionais voltadas para qualidade de vida do indivíduo no trabalho (VASCONCELOS, 2001).

O autor Abrahan H. Maslow apresentou a teoria da motivação denominada "Hierarquia das Necessidades de Maslow", na qual classifica as necessidades

humanas em ordem hierárquica, composta de cinco níveis em formato de pirâmide (CHIAVENATO, 2011). A teoria estabelece para esses níveis, sendo da mais baixa (base da pirâmide) à mais elevada (topo da pirâmide), as seguintes necessidades: fisiológicas e biológicas; segurança; sociais; estima; e a autorrealização (ROBBINS, 2002).

Alguns aspectos da teoria são fundamentados por Maslow, como: somente quando um nível inferior é satisfeito, o nível imediatamente superior surge no comportamento do indivíduo; a satisfação da necessidade de autorrealização depende da realização de todos os níveis inferiores; o efeito de realização de todas as necessidades é um conjunto sistêmico, que nunca é percebido pelo organismo como níveis isolados (CHIAVENATO, 2011).

A principal motivação da pesquisa é a busca pela lacuna do conhecimento sobre a qualidade de vida dos funcionários da construção civil. Nesse aspecto, a teoria de Maslow é considerada base relevante para a pesquisa, pois relaciona todos os aspectos das necessidades humanas.

O presente trabalho tem como objetivo pesquisar a qualidade de vida dos trabalhadores da indústria da construção civil, com base em questionário estruturado e fundamentado na hierarquia das necessidades da teoria de Maslow, assim como, relacionar elementos motivadores e desmotivadores do ambiente de trabalho a partir dos resultados obtidos.

2 METODOLOGIA

Quanto ao universo da pesquisa, o estudo abordou empresas prestadoras de serviços atuando em obras civis no campus do Pici da Universidade Federal do Ceará.

Como delimitação da pesquisa, foram executadas as seguintes etapas: primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica para definir os conceitos relacionados ao assunto; após a fase anterior, foi definido o universo amostral e realizada uma pesquisa de campo através da aplicação de questionários com a finalidade de analisar os requisitos de satisfação dos operários quanto à sua qualidade de vida no trabalho.

Os dados obtidos para esse trabalho terão validade somente para o grupo de indivíduos estudados, não sendo possível sua generalização.

2.1 Participantes

Foram analisados os trabalhadores de seis empresas de construção civil da cidade Fortaleza/CE. Estes empreendimentos foram visitados no horário escolhido pelas empresas, buscando entrevistar operários de diferentes funções. A presente pesquisa foi desenvolvida com amostra de 41 profissionais, o que retrata todos os trabalhadores presentes no momento das entrevistas. A distribuição dos operários em relação as suas funções são demonstradas no Quadro 1.

Quadro 1 – Distribuição das funções dos operários

Cargo	Quantidade
Pedreiro	11
Servente	11
Eletricista	1
Mestre	3
Encarregado	4
Engenheiro	1
Almoxarife	2
Operador de betoneira	3
Montador de duto industrial	1
Técnico em segurança	1
Motorista	1
Técnico em edificações	1
Auxiliar de ferreiro	1

Fonte: dos autores.

2.2 Instrumento e procedimentos da pesquisa

O instrumento de pesquisa teve estruturação e fundamentação conforme Chiavenato (2011) e Maslow (1962):

- Perfil do operário: dados pessoais e da família, escolaridade, cargo na empresa e renda;
- Necessidades fisiológicas: intervalos de e condições de descanso, conforto físico e horário de trabalho;
- Necessidades de segurança: condições de segurança de trabalho, remuneração, benefícios e estabilidade no emprego;
- Necessidades sociais: amizade dos colegas, interação com os clientes e relação com o gestor;
- Necessidades de estima: responsabilidade por resultados, orgulho, reconhecimento e promoções;
- Necessidades de autorrealização: trabalho criativo e desafiante, diversidade, autonomia e participação nas decisões.

Os requisitos de satisfação dos trabalhadores no seu ambiente de trabalho foram mensurados através da aplicação de questionário estruturado. As respostas foram obtidas mediante entrevista, pois a baixa escolaridade dos operários dificultaria as respostas por escrito. Durante sua aplicação, foram repassadas instruções quanto à exposição do objetivo da pesquisa, solicitação da colaboração do participante e como responder, com a finalidade de facilitar a compreensão.

O levantamento de dados nas empresas ocorreu em setembro e outubro de 2015. Os questionários foram aplicados individualmente, no próprio local de trabalho dos participantes, garantido o anonimato desses, bem como o sigilo das respostas. Quando os participantes respondiam de forma contínua a duração da entrevista variava entre 20 e 40 minutos.

2.3 Análise dos dados

As entrevistas foram tratadas quantitativamente e buscou-se enquadrar as práticas observadas de acordo com a teoria motivacional estudada. A pesquisa realizada se caracteriza por quantificar pensamentos através da coleta de informações e aplicar técnicas estatísticas para medir os eventos estudados.

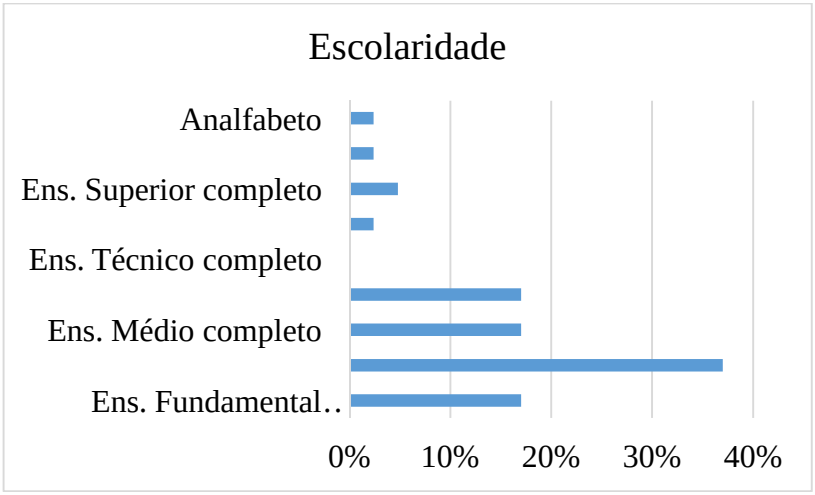
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise dos dados relativos ao perfil dos trabalhadores

A amostra dessa pesquisa foi constituída por 41 (quarenta e um) trabalhadores, sendo todos do sexo masculino.

O Gráfico 1 mostra o nível de escolaridade dos operários. Para análise desses dados se considerou a escolaridade em dois níveis: alto/regular (ensino médio completo e incompleto; ensino superior completo e incompleto; ensino técnico completo e incompleto) e nível baixo (analfabeto; ensino fundamental completo e incompleto).

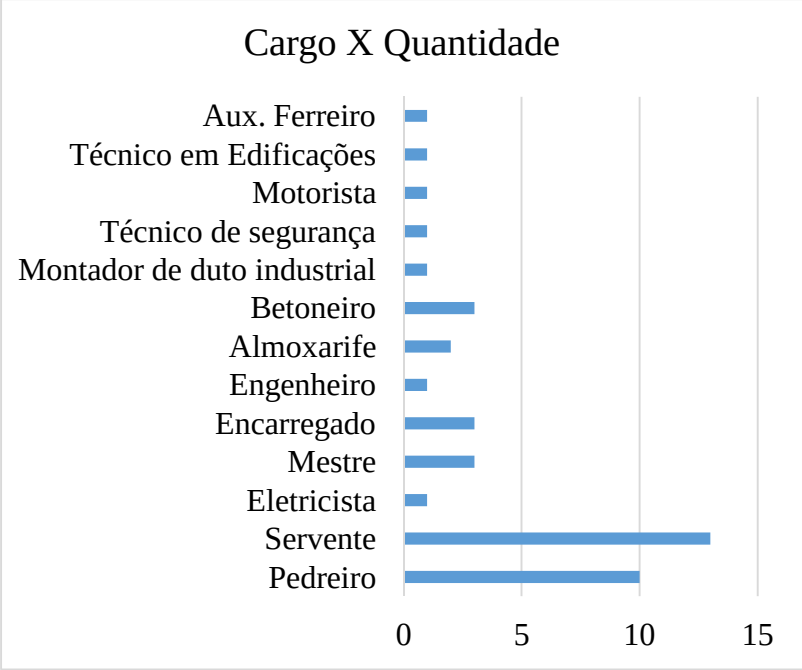
Gráfico 1 – Nível de escolaridade dos trabalhadores entrevistados



Fonte: dos autores.

No Gráfico 2 se expõe a quantidade de cada tipo de cargo. Essa representação é dada da seguinte forma: pedreiro (24,4%); servente (32%); mestre de obras (7,3%); encarregado (7,3%); operador de betoneira (7,3%); almoxarife (4,9%); eletricista (2,4%); engenheiro (2,4%); montador de duto industrial (2,4%); técnico em segurança (2,4%); motorista (2,4%); técnico em edificações (2,4%); auxiliar de ferreiro (2,4%).

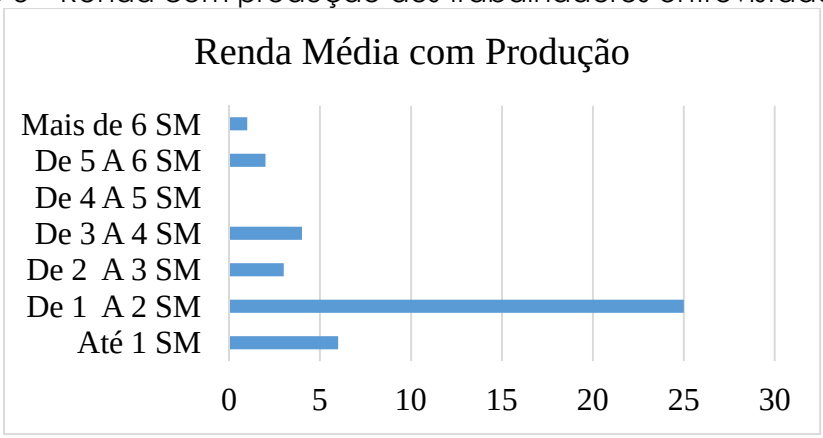
Gráfico 2 – Cargos que os trabalhadores entrevistados exercem na empresa



Fonte: dos autores.

No Gráfico 3 é apresentada a renda média dos funcionários.

Gráfico 3 – Renda com produção dos trabalhadores entrevistados



Fonte: dos autores.

Apesar da falta de oferta do plano de saúde configurar um item de insegurança pelo funcionário, em uma das empresas entrevistadas havia a oferta, porém nenhum dos funcionários aderiu ao plano. Por uma outra ótica, acredita-se que o plano de saúde onera o custo de vida do funcionário, podendo ser o motivo limitante da não adesão.

3.2 Análise dos dados relativos à hierarquia das necessidades humanas da teoria de Maslow

A análise dos dados a seguir tem sua estruturação sequencial a partir das necessidades humanas da teoria de Maslow.

As informações apresentadas nos quadros a seguir e os respectivos percentuais são extraídos de respostas dos entrevistados, considerando a subdivisão por cargo/função. É importante ressaltar que, em alguns casos, havia somente um respondente por cargo/função, conforme pode ser observado no Quadro 1 deste trabalho.

3.2.1 Necessidades Fisiológicas

O Quadro 2 trata das respostas relacionadas às necessidades fisiológicas. Alguns itens resultantes chamam atenção nesse quesito, como: "Falta de lugar adequado para repouso" citado pela maioria das funções; "Nenhum incômodo" citado apenas pelo mestre de obras; e "Pouca reclamação sobre alimentação", item pouco citado pelos respondentes.

Quadro 2 – Questões que causam mais incômodo no trabalho

Função/Cargo	Itens que causam mais incômodo no trabalho	%
Pedreiro	Falta de lugar adequado para repouso	81%
	Alimentação (qualidade)	45%
	Qualidade da água	36%
	Condições inadequadas no alojamento	27%
	Vestiário e instalações de banheiros inadequados	18%
Servente	Falta de lugar adequado para repouso	64%
	Vestiário e instalações de banheiros inadequados	55%
	Tempo de transporte casa/trabalho	45%
	Alimentação (qualidade)	36%
	Qualidade da água	36%
Eletricista	Tempo de transporte casa/trabalho	100%
Mestre de obra	Nenhum incômodo	100%
Encarregado	Falta de lugar adequado para repouso	75%
	Presença de alunos no local de trabalho	25%
Engenheiro	Falta de lugar adequado para repouso	100%
Almoxarife	Falta de lugar adequado para repouso	100%
Operador de betoneira	Falta de lugar adequado para repouso	67%
	Tempo de transporte para trabalho-casa	67%
	Qualidade da água	33%
Montador de duto industrial	Falta de lugar adequado para repouso	100%
Técnico em segurança	Tempo de transporte para trabalho-casa	100%
Motorista	Tempo de transporte casa/trabalho	100%

Quadro 2 – Questões que causam mais incômodo no trabalho

Função/Cargo	Itens que causam mais incômodo no trabalho	%
Motorista	Instalações de banheiros inadequados	100%
	Falta de lugar adequado para repouso	100%
Técnico em edificações	Falta de lugar adequado para repouso	100%

	Tempo de transporte para trabalho-casa	100%
Auxiliar de ferreiro	Vestiário e instalações de banheiros inadequados	100%
	Falta de lugar adequado para repouso	100%

Fonte: dos autores.

3.2.2 Necessidades de segurança

O Quadro 3 aborda respostas relacionadas às necessidades de segurança. Os itens mais citados pelos respondentes são a "Falta de plano de saúde pela empresa" e deficiência quanto à "Estabilidade no emprego".

Quadro 3 – Questões que julgam deficientes no canteiro de obras

Função/Cargo	Itens que julgam deficientes no canteiro de obras	%
Pedreiro	Estabilidade no emprego	64%
	Falta de plano de saúde pela empresa	55%
	Segurança no ambiente de trabalho	45%
	Carga horária	18%
Servente	Quantidade e qualidade das ferramentas de trabalho	81%
	Falta de plano de saúde pela empresa	64%
	Segurança no ambiente de trabalho	18%
Eletricista	Segurança no ambiente de trabalho	100%
Mestre de obra	Falta de plano de saúde pela empresa	67%
Encarregado	Falta de plano de saúde pela empresa	75%
Engenheiro	Estabilidade no emprego	100%
Almoxarife	Estabilidade no emprego	50%
Operador de betoneira	Falta de plano de saúde pela empresa	67%
Montador de duto industrial	Falta de plano de saúde pela empresa	100%
Técnico em segurança	Quantidade e qualidade das ferramentas de trabalho	100%
Motorista	Estabilidade no emprego	100%
Técnico em edificações	Estabilidade no emprego	100%
Auxiliar de ferreiro	Quantidade e qualidade das ferramentas de trabalho	100%
	Segurança no ambiente de trabalho	100%
	Falta de plano de saúde pela empresa	100%

Fonte: dos autores.

3.2.3 Necessidades sociais

As necessidades sociais são tratadas no Quadro 4. Nesse quesito, "Aceitação" e "Comunicação" são os itens mais citados pelos respondentes, sendo entendida como opinião genérica, pois as respostas foram dadas por funcionários que ocupam funções diferentes.

Quadro 4 – Fatores que não percebem no ambiente de trabalho

Função/Cargo	Fatores que não percebem no ambiente de trabalho	%
Pedreiro	Participação	63%
	Comunicação	55%
	Aceitação	45%
Servente	Aceitação	73%
	Participação	55%
	Amizade	27%
Eletricista	Comunicação	100%
Mestre de obra	Amizade	100%
Encarregado	Aceitação	100%
Engenheiro	Produtividade	100%
	Aceitação	100%
Almoxarife	Participação	100%
Operador de betoneira	Comunicação	100%
Montador de duto industrial	Aceitação	100%
Técnico em segurança	Aceitação	100%
Motorista	Comunicação	100%
Técnico em edificações	Aceitação	100%
Auxiliar de ferreiro	Comunicação	100%

Fonte: dos autores.

3.2.4 Necessidades de estima

O Quadro 5 apresenta os resultados de aspectos relacionados à necessidade de estima. Como resultados da aplicação dessa questão, dois pontos podem ser importantes: insatisfação quanto ao "Salário", apontado por níveis hierárquicos operacionais; e "Consideração pelo trabalho realizado", apontado pelos níveis hierárquicos gerenciais.

Quadro 5 – Questões que geram mais insatisfação para execução das tarefas

Função/Cargo	O que gera mais insatisfação para execução das tarefas	%
Pedreiro	Salário (valor)	45%
	Maior respeito por parte dos superiores	55%

Quadro 5 – Questões que geram mais insatisfação para execução das tarefas

Função/Cargo	O que gera mais insatisfação para execução das tarefas	%
Servente	Salário (valor)	55%
	Relacionamento com os superiores	45%
Eletricista	Salário (valor)	100%

Mestre de obra	Consideração pelo trabalho realizado	100%
Encarregado	Salário (valor)	100%
Engenheiro	Consideração pelo trabalho realizado	100%
Almoxarife	Salário (valor)	100%
Operador de betoneira	Relacionamento com os superiores	67%
	Consideração pelo trabalho realizado	33%
Montador de duto industrial	Salário (valor)	100%
Técnico em segurança	Consideração pelo trabalho realizado	100%
Motorista	Salário (valor)	100%
Técnico em edificações	Consideração pelo trabalho realizado	100%
Auxiliar de ferreiro	Salário (valor)	100%

Fonte: dos autores.

Ainda tratando de aspectos relacionados à necessidade de estima, o Quadro 6 apresenta como resultados dois pontos percebidos: de um modo geral, os funcionários julgam a "Oportunidade de crescimento" fator relevante, porém, "Estímulo à criatividade" e "Espaço para treinamento e qualificação dos operários" formam quesitos importantes para níveis hierárquicos gerenciais.

Baixos salários são apontados quanto às questões ligadas à estima, porém nesse mesmo quesito, os níveis hierárquicos gerenciais apontam questões ligadas ao reconhecimento da empresa.

Quadro 6 – Questões que julgam necessário no trabalho

Função/Cargo	O que julga necessário no trabalho	%
Pedreiro	Oportunidade de crescimento	63%
	Maior respeito por parte dos superiores	37%
Servente	Estímulo à criatividade	45%
	Maior respeito por parte dos superiores	36%
	Oportunidade de crescimento	18%
Eletricista	Oportunidade de crescimento	100%
Mestre de obra	Estímulo a criatividade	100%

Quadro 6 – Questões que julgam necessário no trabalho

Função/Cargo	O que julga necessário no trabalho	%
Encarregado	Oportunidade de crescimento	100%
Engenheiro	Espaço para treinamento e qualificação dos operários	100%
Almoxarife	Oportunidade de crescimento	100%

	Abertura para apresentação de ideias e sugestões para resolução de problemas	50%
Operador de betoneira	Maior respeito por parte dos superiores	100%
Montador de duto industrial	Oportunidade de crescimento	100%
Técnico em segurança	Estímulo a criatividade	100%
Motorista	Maior respeito por parte dos superiores	100%
Técnico em edificações	Abertura para apresentação de ideias e sugestões para resolução de problemas	100%
Auxiliar de ferreiro	Oportunidade de crescimento	100%

Fonte: dos autores.

O Quadro 7 apresenta resultados de três questões abertas aplicadas ao final do questionário: a primeira trata das situações em que o funcionário sentiu que seu trabalho foi reconhecido; a segunda trata das situações que deixam os funcionários mais insatisfeitos; e a terceira trata das situações positivas no local de trabalho.

Como resultado da primeira questão, 61% dos funcionários (25 funcionários) citaram que houve reconhecimento, porém não houve relato do momento ou dia do acontecido. Quanto aos resultados da segunda questão, alguns tópicos tiveram destaque através dos respondentes: "excesso de trabalho urgente"; e "salário, por questões ligadas ao baixo valor ou atraso no pagamento". E como resultado da terceira questão, a "amizade entre os colegas" teve destaque entre os respondentes.

Quadro 7 – Questões de satisfação ou insatisfação de forma aberta

Situações em que sentiu que seu trabalho foi reconhecido
Manter a limpeza do ambiente - 66% Durante a execução do trabalho - 39%
Situações que deixam os operários mais insatisfeitos
Salário (valor e atraso) – 92% Excesso de trabalho urgente – 78% Falta de materiais e ferramentas de trabalhos – 66% Realização de trabalhos extra função – 59% Qualidade da alimentação – 41% Saúde dos profissionais – 34% Organização da gestão – 39% Logística da empresa - setor de compras – 34%

Quadro 7 – Questões de satisfação ou insatisfação de forma aberta

Distância dos banheiros – 29% Não receber o total da parcela da produção – 29% Capacitação – 22% Distância dos familiares – 22% Promessas que não são cumpridas pelos superiores (Cesta básica e vale transporte) – 22%

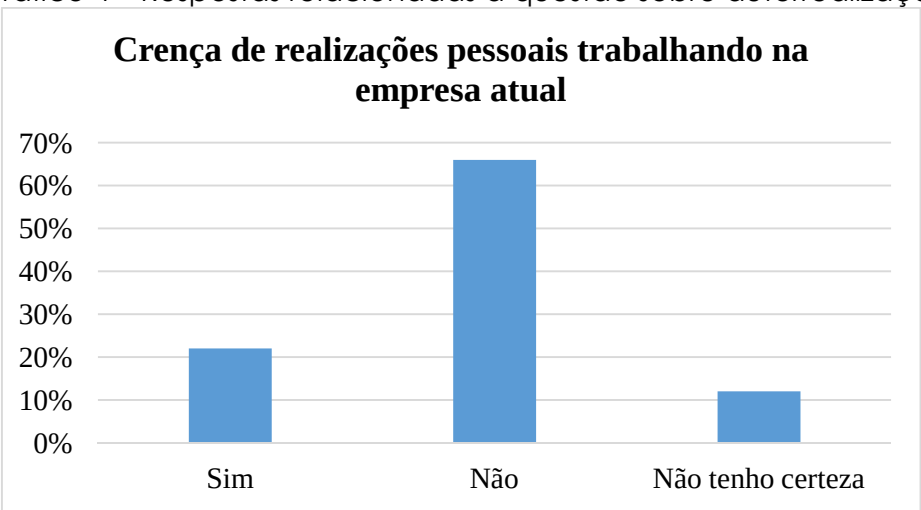
Condições inadequadas no alojamento – 17%
Situações positivas no local de trabalho
Amizade entre os colegas – 88% Salário recebido em dias – 78% Alimentação – 66% Confiança da gestão – 59% Oportunidade de trabalho na área específica – 41% Relação com os superiores – 39% Tipologia da obra que trabalha – 39% Distância de casa – 22% Gratificação para funcionários que não faltam – 17%

Fonte: dos autores.

3.2.5 Necessidades de autorrealização

Uma das questões aborda aspectos relacionados à necessidade de autorrealização do funcionário, estruturada da seguinte forma: "tendo em vista alguma necessidade individual/pessoal ainda não satisfeita, você acredita que poderá satisfazê-la trabalhado nesta empresa?". As alternativas são compostas por "sim", "não" e "não tenho certeza". Conforme o Gráfico 4, com resultado bastante expressivo, 66% dos entrevistados responderam a alternativa "não", outros 22% responderam "sim" e 12% responderam que "não tem certeza".

Gráfico 4 – Respostas relacionadas à questão sobre autorrealização



Fonte: dos autores.

No aspecto de autorrealização, o estudo aponta que nas empresas estudadas existe uma forte tendência de o funcionário desconsiderá-la em seus planos de continuidade profissional, tendo em vista seus objetivos nesse quesito.

4 CONCLUSÃO

A realização deste estudo permitiu a obtenção das seguintes conclusões:

- A falta de lugar adequado para repouso é um item de insatisfação generalizado para o grupo estudado, que compromete a base das **necessidades fisiológicas** e interfere no equilíbrio laboral do próprio funcionário;
- A **necessidade de segurança** do funcionário não é plenamente atendida pela falta de dois itens abordados: o primeiro está relacionado à falta de plano de saúde ofertado pela empresa; e o segundo, diz respeito ao sentimento de instabilidade no emprego percebido pelo funcionário;
- Quanto às **necessidades sociais**, conclui-se que o processo de aceitação do grupo e uma maior proximidade da empresa são de extrema importância para os funcionários entrevistados;
- A possibilidade de crescimento do funcionário e o desejo de melhores salários na empresa são apontados pelos respondentes como itens importantes, estes sendo associados à **necessidade de estima**.
- Quanto à **necessidade de auto realização**, pode-se concluir que o que a teoria confirma, pois conforme o primeiro capítulo desse trabalho, "somente quando um nível inferior é satisfeito, o nível imediatamente superior surge no comportamento do indivíduo". Os resultados indicam que somente na esfera da gestão essa necessidade pode ser alcançada, pois o estímulo à criatividade e a qualificação dos operários fazem parte de suas necessidades pessoais. Ainda nesse quesito é possível citar que os funcionários não acreditam poderem realizar suas maiores metas pessoais nas empresas que trabalham atualmente.

A partir dos resultados foi possível relacionar os elementos motivadores e desmotivadores dos trabalhadores estudados:

- Elementos Motivadores: "Oportunidade de crescimento"; "Estímulo à criatividade"; e "Amizade entre os colegas".
- Elementos Desmotivadores: "Falta de lugar adequado para repouso no canteiro de obra"; "Falta de plano de saúde ofertado pela empresa"; "Sentimento de instabilidade no emprego"; "Falta de percepção de aceitação por parte da empresa"; "Falta de comunicação por parte da empresa"; "Baixo salário"; e "Falta de consideração pelo trabalho realizado".

As conclusões obtidas para esse trabalho terão validade somente para o grupo de indivíduos estudados, não sendo possível sua generalização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os operários que colaboraram para a realização desta pesquisa. Agradecem ainda a CAPES e à FUNCAP pelo suporte financeiro prestado para a realização dos estudos.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. C. L.; BARROS NETO, J. P.; HEINECK, L. F. M.; AZEVEDO, A. K. S. **Sistemas de Remuneração e Incentivos da Mão-de-obra na Construção Civil e a Implementação de Novas Filosofias de Produção: Um Estudo Exploratório**. In: I Encontro de Gestão de Pessoas e Relações de Trabalho. Anais... Natal: ENGPR, 2007.

Chiavenato, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. 8a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

LEITE JÚNIOR, J. A. P.; PICCHI, F. A.; CAMARINI, G.; CHAMON, E. M. Q. O. **Aplicabilidade de instrumento para avaliação da Qualidade de vida no trabalho em um canteiro de Obra**. In: XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais... Juiz de Fora: ENTAC, 2012.

MASLOW, Abraham H. **Introducao a psicologia do ser**. 2a ed. Rio de Janeiro: Eldorado, 1962.

ROBBINS, S. **Comportamento organizacional**. 8a ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

SZNELWAR, Laerte Idal; HUBAULT, François. Subjectivity in ergonomics, a new start to the dialogue regarding the psychodynamics of work. **Production,** v. 25, n. 2, p. 354-361, 2015.

SILVA, A. R. P. **Perfil dos operários da construção civil na cidade do rio de janeiro (avaliação do nível de satisfação dos operários)**. In: IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Anais... Niteroi: CNEG, 2008.

SILVA JÚNIOR, J. Ações essenciais para desenvolvimento motivacional no professor de língua portuguesa que trabalha em cursos preparatórios para concurso. **Revista Philologus**, Ano 20, N° 60 Supl. 1: Anais da IX JNLFLP. Rio de Janeiro, 2014.

TAKAHASHI, M. A. B. C.; SILVA, R. C.; LACORTE, L. E. C.; CEVERNY, G. C. O.; VILELA, R. A. G. Precarização do Trabalho e Risco de Acidentes na construção civil: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT). **Saúde Soc.** São Paulo, v.21, n.4, p.976-988, 2012.

VASCONCELOS, Anselmo Ferreira. Qualidade de vida no trabalho: origem, evolução e perspectivas. **Caderno de pesquisas em Administração**, v. 8, n. 1, p. 23-35, 2001.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ORÇAMENTO NA FASE DA VIABILIDADE: COMPARATIVO DOS PARÂMETROS CUSTO UNITÁRIO BÁSICO E CUSTO UNITÁRIO GEOMÉTRICO[1]

LIMA, Marcilon F. de (1); NÓBREGA, Tacná C. S. (2); PEREIRA, Thays M. (3); RODRIGUES, Priscilla B. de F. (4)

(1) PUC-GO, e-mail: marcilon.professor@gmail.com; (2) INCURSOS, e-mail: engtacnacatenassi@gmail.com; (3) PUC-GO, e-mail: thays.magalhaes.pereira@gmail.com; (4) PUC-GO, e-mail: prisbf@hotmail.com

RESUMO

No estudo da viabilidade econômica, o parâmetro mais utilizado para realizar os orçamentos iniciais é o cálculo da área equivalente de construção x custo do metro quadrado. Este método emprega o Custo Unitário Básico (CUB) como parâmetro. Um novo parâmetro para se calcular o custo por metro quadrado do empreendimento é o CUG (Custo Unitário Geométrico), que leva em consideração quatro variáveis, aumentando assim a precisão do orçamento. Este trabalho apresenta uma comparação através desses dois parâmetros de orçamento, CUB e CUG, para 16 Agências e Centros de Distribuição Domiciliar dos Correios, disponibilizados pela regional do Estado de Goiás. A metodologia utilizada é estudo de caso, na qual, na primeira etapa, houve o levantamento bibliográfico e a coleta de dados. Após a análise dos projetos, percebe-se que o CUG foi o parâmetro que mais se aproximou do orçamento executivo, variando de 9% a 23% em relação ao custo executivo, enquanto o CUB apresentou variação de 31% a 45% também em relação ao custo executivo. Conclui-se que o Custo Unitário Geométrico tem mais variáveis de comparação, diminuindo assim as incertezas e aumentando o percentual de confiabilidade do custo do projeto.

Palavras-chave: CUB. CUG. Orçamento. Planejamento. Viabilidade.

ABSTRACT

In the study of the economic viability of the most commonly used parameter to perform the initial budget is the calculation of equivalent construction area x cost of square meter. This method employs the Basic Unit Cost (CUB) as a parameter. A new parameter to calculate the cost per square meter of the project is the CUG (Geometrical Unit Cost), which takes into account four variables, thereby increasing the accuracy of the budget. This paper presents a comparison through these two budget parameters, CUB and CUG to 22 agencies and Home Distribution Centers Post Office, made available by the regional state of Goiás. The methodology is case study, which in the first stage was the literature and data collection. After analysis of the projects it is clear that the CUG was the parameter that is closer to the achievement budget, ranging from 9% to 23% over the executive cost, while the CUB changed by 31% to 45% also in relation to the achievement cost. It is concluded that the unit

[1] LIMA, Marcilon F. de; NÓBREGA, Tacná C. S.; PEREIRA, Thays M.; RODRIGUES, Priscilla B. de F. Orçamento na fase da viabilidade: comparativo dos parâmetros Custo Unitário Básico e Custo Unitário Geométrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**. Porto Alegre: ANTAC, 2016.

cost has more geometric variables of comparison, thus reducing the uncertainties and increasing the reliability percentage of the project cost.

***Keywords**: CUB. CUG. Budget. Plainning. Reliability.*

1 INTRODUÇÃO

No estudo de viabilidade econômica, o parâmetro mais utilizado para realizar os orçamentos iniciais é o cálculo da área equivalente de construção x custo do metro quadrado, método que emprega o Custo Unitário Básico (CUB) como parâmetro. Segundo Ceotto (2014), a utilização do CUB possui uma única variável, a área equivalente, o que não é muito confiável.

Um novo parâmetro para se calcular o custo por metro quadrado do empreendimento é o Custo Unitário Geométrico (CUG), que leva em consideração quatro variáveis, aumentando assim a precisão do orçamento.

Este trabalho apresenta uma comparação através desses dois parâmetros de orçamentação, CUB e CUG, para 22 Agências e Centros de Distribuição Domiciliar dos Correios, disponibilizados pela regional do Estado de Goiás. Tem-se por objetivo verificar a variação do custo de cada agência ou centro de distribuição para o mesmo projeto, através dos parâmetros apresentados. Ainda serão analisadas as variáveis que mais impactaram individualmente o custo final de cada projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Planejamento

Para Mattos (2010), a deficiência do planejamento pode trazer consequências desastrosas para uma obra e, por extensão, para a empresa que executa, colocando assim em risco o sucesso do empreendimento.

Devido à necessidade de minimizar os erros, na busca por ótimos resultados, surge o setor de planejamento técnico com a responsabilidade primordial de estudar a viabilidade técnico-econômica da obra.

O orçamento por estimativas é um instrumento que proporciona o conhecimento dos custos do projeto com rapidez, de modo a atender as necessidades dos investidores, pois almejam o conhecimento prévio do valor do custo do projeto.

Esse instrumento nada mais é que um orçamento simplificado da obra. Sua finalidade é conhecer o custo de construção, levando em conta apenas os dados técnicos de que o empreendimento dispõe, assim como obter os resultados em tempo consideravelmente inferior em comparação com o prazo que seria gasto no orçamento detalhado. (GOLDMAN, 2004, p. 105)

Por outro lado, no orçamento por estimativa existem incertezas, visto que na sua concepção há falta de alguns dados técnicos, e isto deve ser levado

em consideração na análise da viabilidade técnico-financeira.

Para Mattos (2006), a estimativa de custo tem como única finalidade apontar a ordem de grandeza do empreendimento em estudo, porque o orçamento propriamente dito requer um estudo mais aprofundado, como o levantamento de quantitativo de materiais e composição de preços unitários dos serviços, gerando assim um produto mais completo e confiável.

Assim o método de comparação surge como uma alternativa para estimar os custos na fase de viabilidade econômica, quando o grau de detalhamento é baixo. Essas composições são realizadas por tipologia, na procura da redução de incertezas dos quantitativos apontados. "Essa lógica é a estabelecida pelo parâmetro do Custo Unitário Básico (CUB) e pelo sistema SINAPI[2]." (LIMA, 2013)

Existem vários parâmetros em que as empresas podem se embasar, porém grande parte está na busca de um parâmetro que lhes traga o menor erro na fase da viabilidade financeira do empreendimento. O mais utilizado no mercado da construção civil é o CUB.

Surge um novo parâmetro, o CUG (Custo Unitário Geométrico) com a finalidade de minimizar os erros nesta fase de estudo. Ele se desenvolve com base no CUB e ambos serão detalhados e comparados entre si no desenvolver deste estudo.

2.2 Custo Unitário Básico (CUB)

O CUB teve origem através da Lei Federal 4.591, de 16 de dezembro de 1964. O artigo 53 determinou à ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - e ao Banco Nacional de Habitação que estabelecesse uma norma que padronizasse o cálculo do custo unitário da construção, levando em consideração fatores como o padrão e também o número de pavimentos.

A ABNT (2006) conceitua Custo Unitário Básico como custo por metro quadrado de construção de projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil.

De acordo com MATTOS (2006), o Custo Unitário Básico(CUB) representa o custo da construção, por m², de cada um dos padrões de imóvel estabelecidos. Entretanto, não contempla custos tais como fundação, rebaixamento do lençol freático, instalações de ar condicionado, recreações urbanísticas, impostos, projetos, entre outros.

A ABNT (2006) especifica o padrão de acabamento dos projetos residenciais, comerciais, galpões industriais e residências populares, como baixo, médio ou alto. Para cada projeto padrão, foi definida uma planilha com os tipos de

[2] SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil é indicado pelo Decreto 7983/2013, que estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, para obtenção de referência de custo.

acabamento.

Para a utilização, basta buscar, na tabela da região específica ao projeto, o valor do CUB correspondente ao padrão e multiplicá-lo pela área equivalente, sendo área equivalente à área virtual correspondente ao padrão adotado, e se multiplica um coeficiente de equivalência (tabela 1) pela área real.

Tabela 1 – Coeficientes médios

Ambiente	Coeficiente
a) garagem	0,50 a 0,75
b) área privativa (unidade autônoma padrão)	1,00
c) área privativa salas com acabamento	1,00
d) área privativa salas sem acabamento	0,75 a 0,90
e) área de loja sem acabamento	0,40 a 0,60
f) varandas	0,75 a 1,00
g) terraços ou áreas descobertas sobre lajes	0,30 a 0,60
h) estacionamento sobre terreno	0,05 a 0,10
i) área de projeção do terreno sem benfeitoria	0,00
j) área de serviço – residência unifamiliar padrão baixo (aberta)	0,50
k) barrilete	0,50 a 0,75
l) caixa d'água	0,50 a 0,75
m) piscinas, quintais, etc.	0,50 a 0,75

Fonte: ABNT (2006)

2.3 Custo Unitário Geométrico (CUG)

Lima (2013) diz que diferenças na forma arquitetônica, na altura, no número de paredes internas dos edifícios, fazem com que haja diferentes proporções entre a área de construção e as áreas de outras superfícies (exemplo paredes, pisos, coberturas, contenções), implicando na alteração do custo por área de construção.

O Custo Unitário Geométrico foi uma modelagem desenvolvida por Lima (2013) em sua Dissertação de Mestrado da UFRJ. "Especificamente para a estimativa de custos na fase inicial do desenvolvimento de produtos imobiliários" (LIMA, 2013). O modelo piloto deste novo parâmetro teve como base os projetos e orçamentos do CUB.

Apesar da dificuldade enfrentada na fase inicial da obra, pela falta de detalhamento do projeto, é possível verificar as proporções de forma, altura e compartimentação interna já definidas.

Compreende-se melhor essas variações quando o projeto é dividido em dois grupos: planos horizontais (lajes, revestimento de piso, forro etc.) e planos verticais (revestimento de parede, compartimentação, esquadrias etc.).

MASCARÓ (2010) relata um estudo em que a proporção direta é encontrada entre os planos horizontais e a área construída, que concentram 25% do custo do projeto, enquanto os planos verticais concentram 45% do custo, visto que não há nenhuma relação com a área construída por possuir

relação direta com a altura e o perímetro da edificação.

Para que esse método comparativo possa ser utilizado mais facilmente nos estudos preliminares do projeto, a autora do método CUG, Lima (2013), desenvolveu uma calculadora em formato de planilha do Excel.

Para utilizar a ferramenta, é necessário que tenha em mãos alguns dados, como área total construída, área de parede externa e interna, área molhada, área privativa e o padrão de construção do projeto.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada é o estudo de casos. Segundo Araújo et al. (2008), o estudo de caso é uma abordagem metodológica de investigação especialmente adequada quando procuramos compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos, nos quais estão simultaneamente envolvidos diversos fatores. Inicialmente, para que se pudesse desenvolver o estudo de caso, realizou-se o levantamento bibliográfico e coleta de dados.

O levantamento bibliográfico tem a finalidade de obter embasamento teórico para aplicação dos conceitos.

Foi coletada na Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (Correios) uma amostragem inicial de 22 projetos de Agências e Centro de Distribuição Domiciliar. Todos estes projetos foram submetidos aos dois parâmetros de orçamento por estimativa, CUB e CUG.

O levantamento de dados foi feito através do software Auto Cad. Por meio desse realizou-se o levantamento de todos os dados necessários para a execução dos cálculos.

Outro ponto que pode ser abordado foi o fato de a calculadora do CUG estar disponível gratuitamente apenas com os dados do Sinduscon (Sindicato da Indústria da Construção Civil) dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Adotaram-se os valores do estado de São Paulo, por mais se aproximar da realidade do Estado de Goiás, com variação média entre estados de 12,22%, enquanto para o estado do Rio de Janeiro é de 18,60%.

De acordo com a NBR 12721/2006, os diferentes tipos de edificações são classificados segundo os projetos, conforme suas características principais e acabamento. Podem ser classificados por padrão de acabamento, área, tipo e ainda por características como quantidade de banheiros, andares, entre outras.

As agências selecionadas são em sua maioria, cerca de 82%, salas comerciais térreas, tipo de edificação não disponível como projeto padrão para construção comercial na NBR 12721/2006. Adotou-se, por conseguinte, o enquadramento por área do projeto, pois, segundo Goldman (2004), deve-se basear nos projetos padrões que mais se assemelham ao seu objeto de estudo, conforme tabela 2.

Goldman (2004) completa dizendo que, para os projetos-padrão com 8 e 12

pavimentos, poderão ser adotados os mesmos custos unitários básicos calculados para os projetos-padrão de quatro pavimentos.

Tabela 2 – Projetos padrões adotados

Agências/ CDDs	Área Equivalente (m²)	Projeto Padrão (CUB)
Aruanã	107,90	R-1A
Central	6163,25	R-16N
Ceres	481,05	PIS
Catalão	866,91	PP-4B
Damolândia	73,23	R-1N
Flamboyant	90,58	R-1A
Garavelo	273,31	PIS
Goianésia	434,08	PIS
Goianira	681,12	PIS
Itaberaí	155,45	R-1A
Itumbiara	976,13	PP-4N
Jaraguá	533,34	PIS
Jataí	935,04	PP-4N
Mineiros	433,57	PIS
Montividiu	108,47	R-1A
Santa Luzia	263,86	PIS
Santa Rita do Araguaia	154,47	PIS
São Simão	304,15	PIS
Senador Canedo	487,60	PIS
Terezópolis	114,22	R-1A
Turvelândia	110,25	R-1A
Vera Cruz	686,57	PP-4B

Fonte: Os autores

As agências foram classificadas nos seguintes padrões: R1-A (Residência unifamiliar, padrão alto); R-16N (Residência multifamiliar, padrão normal); PIS (Residência multifamiliar, projeto de interesse social); PP-4B (Prédio popular, padrão normal) R-1N (Residência unifamiliar, padrão normal).

Para fazer a tabulação dos dados coletados, utilizou-se o *software* da Microsoft, o Excel, necessário para realizar os cálculos e as devidas comparações entre os dois parâmetros CUB e CUG.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise e o enquadramento das 22 agências e centros de distribuição domiciliar (CDD's) dos Correios/Goiás em seu respectivo projeto padrão do CUB, nota-se que algumas agências e CDD's obtiveram uma maior repetição de projetos padrões, com isso adotaram-se para estudo apenas 16 agências para possíveis conclusões, por terem um maior número de amostragem, os padrões PIS e R1-A, de acordo com a tabela 3.

Tabela 3 – Frequência de projeto padrão

Projeto Padrão	Frequência
PIS	10

PP-4B	2
PP-4N	2
R-1N	1
R-16N	1
R-1A	6

Fonte: Os autores

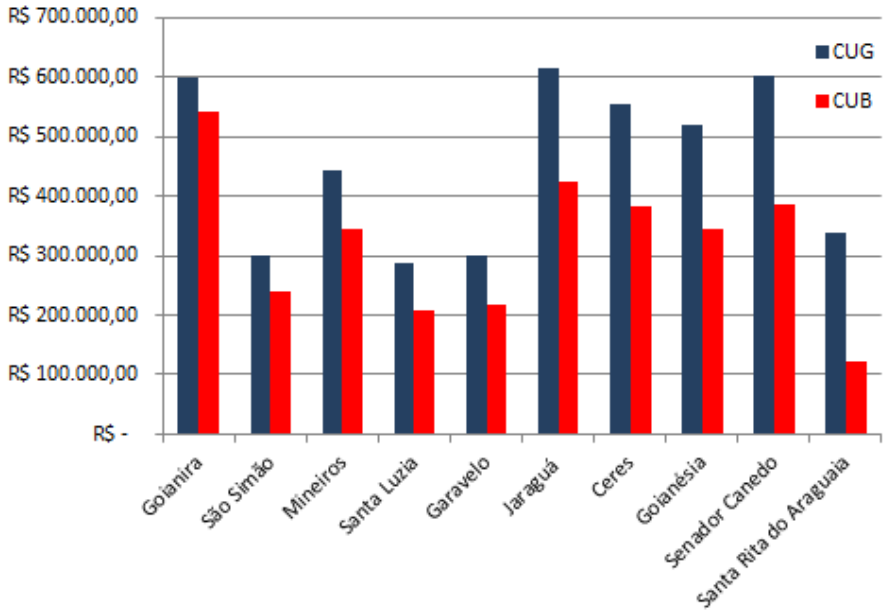
O estudo foi realizado inicialmente pelos 10 projetos do PIS (Projeto de Interesse Social). Ao analisar a tabela 4, dados do CUB, pode-se perceber que a relação percentual entre a área construída e a área equivalente é alta, a qual tem uma variação entre o valor mínimo de 1,18 e o valor máximo de 3,41, sendo assim uma possível variável que interfere na diferença entre o custo do empreendimento, pelos parâmetros CUB e CUG, como se observa no gráfico 1, já que o parâmetro CUB utiliza a área equivalente, enquanto o CUG, a área construída.

Tabela 4 – Dados CUB – Projeto PIS

Agências/ CDDs	**Área Equivalente (m²)**	**Área Construída (m²)**	**Área Construída/ Área Equivalente**
Ceres	481,05	806,69	1,68
Garavelo	273,31	420,76	1,54
Goianésia	434,08	882,42	2,03
Goianira	681,12	920,11	1,35
Jaraguá	533,34	976,45	1,83
Mineiros	433,57	808,82	1,87
Santa Luzia	263,86	311,80	1,18
Santa Rita do Araguaia	154,47	526,94	3,41
São Simão	304,15	473,22	1,56
Senador Canedo	487,60	885,70	1,82

Fonte: Os autores

Gráfico 1 – CUGxCUB – Projeto PIS



Fonte: Os autores

Na tabela 5, são apresentados os dados utilizados como variáveis para o cálculo do CUG, de todas as agências do padrão PIS, gerando os valores apresentados no gráfico 1.

Tabela 5 – Dados CUG – Projeto PIS

Agências/ CDDs	Área Construída (m²)	Área de parede externa (m²)	Área de parede interna (m²)	Área molhada (m²)
Ceres	806,69	577,71	345,22	47,38
Garavelo	420,76	304,14	189,19	51,59
Goianésia	882,42	473,34	285,42	68,80
Goianira	920,11	581,77	578,17	46,06
Jaraguá	976,45	592,74	309,69	89,71
Mineiros	808,82	381,75	208,93	59,41
Santa Luzia	311,80	320,25	124,28	30,26
Santa Rita do Araguaia	526,94	379,05	90,37	19,75
São Simão	473,22	340,50	121,82	14,09
Senador Canedo	885,70	616,11	250,90	99,70

Fonte: Os autores

Segundo a análise do gráfico 1, observa-se que na agência de Santa Rita do Araguaia a diferença entre CUB e CUG chega a 177%, atribui-se essa grande diferença a razão entre área construída e área equivalente que é de 3,41. Encontra-se nesta agência uma área total construída de estacionamento, carga e descarga e calçada igual a 370,78m². Quando calculado a sua área equivalente, resulta o valor total de 34,96m².

Estas áreas de estacionamento, carga e descarga, calçadas e jardins estão ligadas diretamente à área construída, área equivalente, e à área de parede externa, vista assim a importância de analisar não somente a área construída como também os fatores apresentados por Lima (2013) no parâmetro CUG.

A análise é prosseguida com os 6 projetos do padrão R1-A, residência unifamiliar padrão alto. Nota-se que nesse padrão a razão entre área construída e área equivalente se equilibraram, conforme tabela 6, apresentando valores máximo e mínimo de 1,42 e 1,10, respectivamente; diferente das razões apresentadas para o padrão PIS, conforme tabela 4, que apresenta valor máximo de 3,41 e mínimo de 1,18.

Tabela 6 – Dados CUB – Projeto R1-A

Agências/ CDDs	Área Equivalente (m²)	Área Construída (m²)	Área Construída/ Área Equivalente
Aruanã	107,90	139,59	1,29
Flamboyant	90,58	122,40	1,35
Itaberaí	155,45	175,82	1,13
Montividiu	108,47	118,99	1,10
Terezópolis	114,22	140,25	1,23

Turvelândia	110,25	156,55	1,42

Fonte: Os autores

Na tabela 7, tem-se as variáveis para o cálculo do CUG para as 6 agências do padrão R1-A, para posterior apresentação, no gráfico 2, do custo das agências.

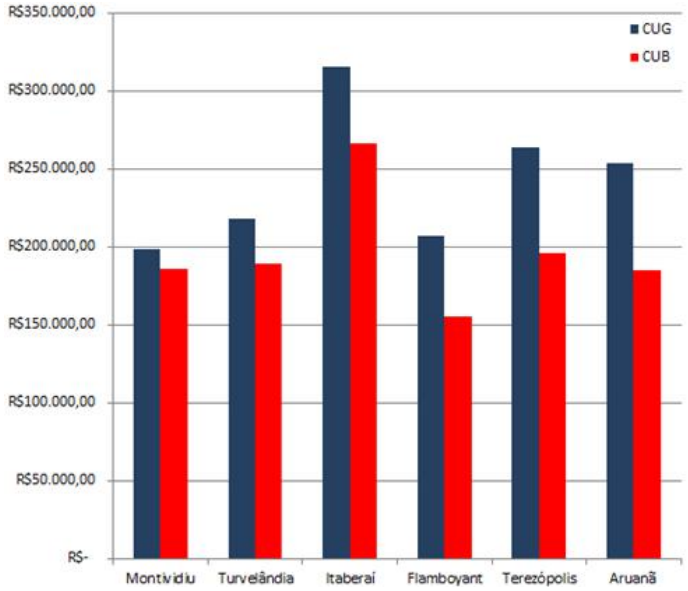
Tabela 7 – Dados CUG – Projeto R1-A

Agências/ CDDs	Área Construída (m²)	Área de parede externa (m²)	Área de parede interna (m²)	Área molhada (m²)
Aruanã	139,59	149,66	109,14	12,56
Flamboyant	122,40	136,40	67,51	3,65
Itaberaí	175,82	186,30	158,84	10,69
Montividiu	118,99	122,85	93,54	5,10
Terezópolis	140,25	153,85	103,98	23,67
Turvelândia	156,55	131,04	87,45	7,78

Fonte: Os autores

Quanto às variações dos custos pelos parâmetros CUG e CUB para o padrão R1-A, ficaram entre 7% e 37%, como pode ser observado no gráfico 2. Já para o padrão PIS, essa variação foi ente 11% e 177%. Portanto percebe-se que existe uma variação do custo de acordo com o tipo do projeto padrão.

Gráfico 2 – CUGxCUB – Projeto R1-A

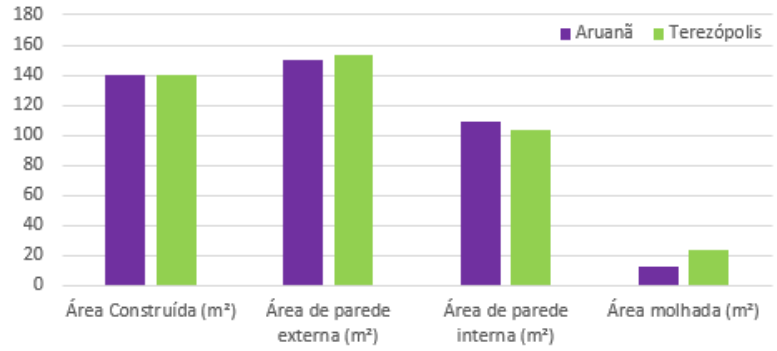


Fonte: Os autores

Nesses projetos, a razão entre área construída e área equivalente não é o ponto primordial para a diferença de valor dos parâmetros, pois estas agências menores não possuem ou têm, em menor proporção que as agências maiores, as área de carga e descarga, jardins, estacionamento, pois em muitas das agências maiores há os Centros de Distribuição Domiciliar (CDD's) acoplados aos imóveis das mesmas.

No gráfico 3, há a comparação entre as agências de Terezópolis e Aruanã, que possuem quase a mesma metragem quadrada, de 140,25m² e 139,59m², respectivamente. Calculando os custos das agências pelo CUG, chegou-se a um valor total de R$ 263.706,00 para Terezópolis e R$ 253.680,37 para Aruanã. Percebe-se uma diferença no custo das duas agências de R$ 10.025,63 em menos de 1m² de área construída. Comprovando o que diz Lima (2013), que projetos com o mesmo padrão de acabamento, mesma área construída podem apresentar custos diferentes. Ainda no gráfico, verifica-se que as variáveis, área de parede externa e área molhada foram as que mais impactaram essa variação do custo.

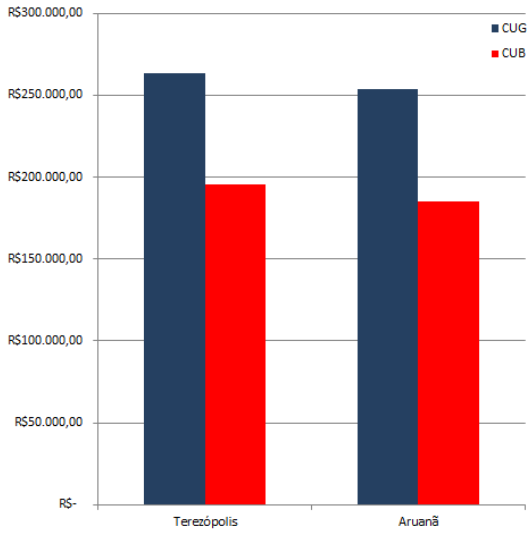
Gráfico 3 – Variáveis parâmetro CUG



Fonte: Os autores

Pode-se notar, quando analisados o gráfico 3 e 4 simultaneamente, que a área de parede teve uma grande influência para a composição do custo total do empreendimento, assim confirmando a pesquisa de Mascaró (2010), o qual relata que os planos verticais são responsáveis por 45% do custo do projeto.

Gráfico 4 – Custo total do projeto CUGxCUB



Fonte: Os autores

A diferença percentual dos parâmetros CUG e CUB das agências de

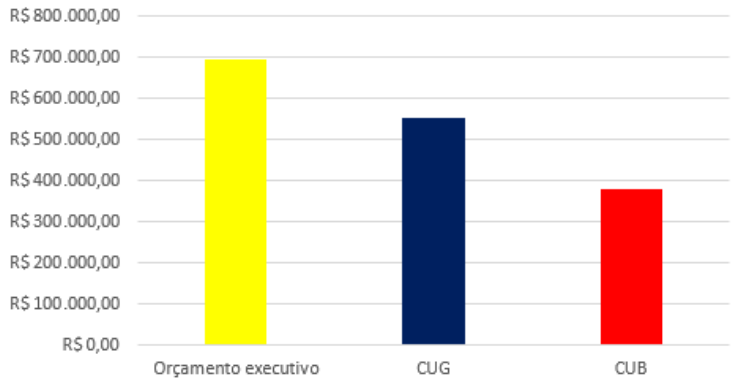
Terezópolis e Aruanã é de 35% e 37%, respectivamente. Mostra que, ao considerar as áreas de paredes das agências, resulta em um aumento, em média, de R$ 72.550,83, isto é, mais de R$ 70.000,00 que não foram levados em consideração no orçamento inicial.

Para melhor compreender o estudo, foi feita uma comparação entre o orçamento executivo, parâmetro CUG e CUB, somente de quatro agências das 16 analisadas, pelo fato de o acesso ao orçamento executivo ser limitado.

Nakamura (2014) diz que a margem de erro de mais ou menos 20% no orçamento por estimativa é aceitável, mas o desejável pelos investidores é que esta margem não ultrapasse os 10%.

Ao analisar o gráfico 5, notam-se valores do orçamento executivo de R$ 697.168,50, parâmetro CUG R$ 554.045,99 e o parâmetro CUB R$ 381.522,19, com isso obtendo uma diferença percentual do orçamento executivo para o CUG de 21% e 45% para o CUB.

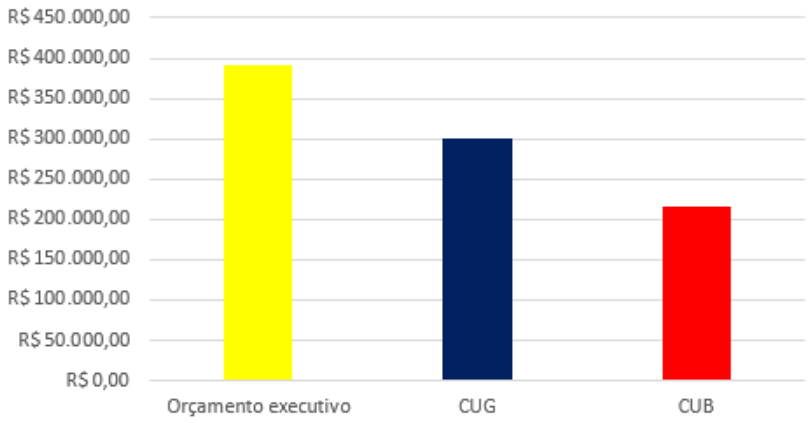
Gráfico 5 – Custo total – Agência Ceres



Fonte: Os autores

Ao realizar esta mesma análise no gráfico 6, os percentuais de diferença, Agência Garavelo, entre o orçamento executivo e o CUG, são de 23% e CUB, de 44%. Nestas duas análises o parâmetro CUG chega próximo à margem aceitável pelo mercado imobiliário.

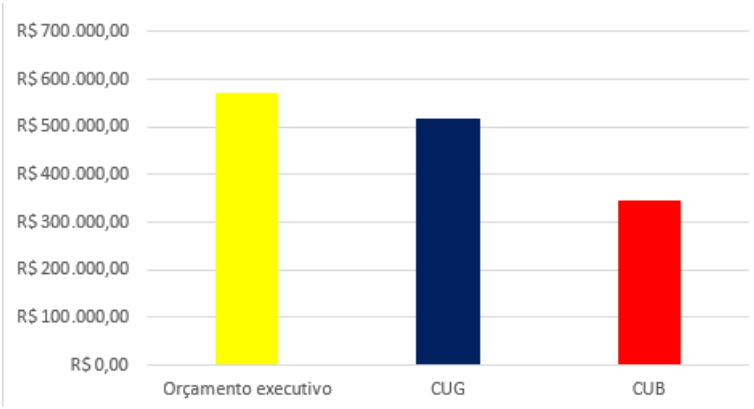
Gráfico 6 – Custo total – Agência Garavelo



Fonte: Os autores

Já na agência de Goianésia, no comparativo entre o orçamento executivo e os parâmetros, nota-se que no CUG essa diferença é 9%, enquanto no parâmetro CUB fica na casa dos 40%, conforme demonstrado no gráfico 7.

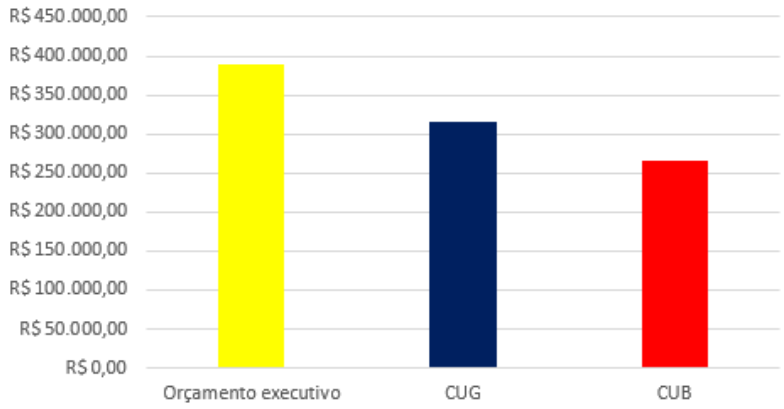
Gráfico 7 – Custo total – Agência Goianésia



Fonte: Os autores

No gráfico 8, tem-se a comparação da agência de Itaberaí. O percentual de diferença entre orçamento executivo e o parâmetro CUG é de 18%, e para o parâmetro CUB é de 31%. Os dados obtidos em relação ao CUG no gráfico 7, estão dentro do erro percentual desejável e no gráfico 8 estão dentro do erro percentual aceitável pelos investidores do mercado imobiliário, enquanto o parâmetro CUB dos dois comparativos está bem acima do aceitável.

Gráfico 8 – Custo total – Agência Itaberaí



Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

Após a comparação CUB e CUG, para 16 Agências do Correios do Estado de Goiás, verificou-se a variação do custo de cada agência para o mesmo projeto, através dos parâmetros apresentados.

Analisando os projetos e os gráficos 5 a 8, percebe-se que em todas os comparativos o parâmetro CUG foi o que mais se aproximou do orçamento

executivo: nas agências de Ceres, Garavelo, Goianésia e Itaberaí esta variação do CUG com o orçamento executivo foi de 21%, 23%, 9% e 18%, respectivamente. Conclui-se que por possuir mais variáveis de comparação, o CUG diminui a margem de erro e aumenta o percentual de acerto do custo do projeto, podendo assim atender as expectativas dos investidores. Como foi visto o orçamento executivo é o valor real de gasto dos projetos, e os parâmetros CUB e CUG são utilizados na fase da viabilidade econômica do empreendimento.

O CUG foi baseado no CUB e herdou algumas carências do parâmetro que não estão inclusas em sua composição, tais como: fundações, elevadores, equipamentos e instalações, *playgrounds*, despesas indiretas, impostos e outros. Na planilha orçamentária dos projetos executivos, esses equipamentos tiveram que ser suprimidos para uma comparação mais real entre os parâmetros e o executivo.

Para que a viabilidade econômica seja bem realizada, é necessário que após a análise orçamentária paramétrica seja incorporada a análise desses itens que não estejam inclusos, pois com isso pode-se reduzir ainda mais a margem de erro com o custo executado.

Outro fator a ser observado é que o parâmetro CUG foi desenvolvido e criado em paralelo à atual Norma de Desempenho, a NBR 15575, portanto também não estão agregados em seu custo os novos critérios de durabilidade e desempenho exigidos pela norma.

É de fundamental importância o desenvolvimento de pesquisas nesta área de gestão e planejamento da construção civil com o intuito de diminuir incertezas e custos. O desenvolvimento do CUG foi um salto para a área, porém ainda há necessidade de criar novos parâmetros ainda mais precisos que reduzam ainda mais os erros.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Cidália et al. **Estudo de Caso. Métodos de Investigação em Educação.** Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho. 2008. Disponível em http://grupo4te.com.sapo.pt/estudo_ caso.pdf. Acesso em 10/11/2015.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 12721:** Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio - Procedimento. Rio de Janeiro,2006.

_____. **NBR 14653-2:** Avaliação de bens - Parte 2: Imóveis urbanos. Rio de Janeiro, 2011.

CEOTTO, Luiz Henrique. Entrevista: Orçamento confiável. **Revista Construção Mercado.** São Paulo: Editora Pini, Edição 160, p. 42, nov. 2014.

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira.** 4. ed. atual. São Paulo: Pini, 2004.

LIMA, Flávia Schmidt de Andrade. **Custo Unitário Geométrico: Uma Proposta de Método de Estimativa de Custos na Fase Preliminar do Projeto de Edificações.** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

MASCARÓ, J. **O custo das decisões arquitetônicas.** 5ª ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos.** São Paulo: Editora Pini, 2006.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo: Pini, 2010.

NAKAMURA, Juliana. Baixa precisão de estimativas de custo e orçamento compromete a rentabilidade e a viabilidade dos negócios imobiliários. Metodologias e práticas capazes de reduzir riscos são fundamentais para manter desvios controlados. **Revista Construção Mercado.** São Paulo: Editora Pini, Edição 160, p. 40 a 45, nov. 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

USO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS APLICADOS À EXECUÇÃO DE ALVENARIA DE BLOCO[1]

SANTANA, Carla Oliveira de (1); ALBERTE, Elaine Pinto Varela (2)

(1) UFBA, e-mail: carla.os@hotmail.com; (2) UFBA, e-mail: elaine.varela@ufba.br

RESUMO

A Construção Civil destaca-se como responsável por significativos impactos ambientais, seja pelo relevante consumo de recursos naturais ou pela importante geração de resíduos de construção e demolição. Ações que promovam o uso consciente e otimizado desses recursos possuem grande importância no fomento de uma gestão mais sustentável da construção. O objetivo deste trabalho é avaliar o uso de indicadores de sustentabilidade para a seleção de blocos para alvenaria interna de um edifício, de modo a proporcionar a solução mais sustentável e menos impactante ao projeto. O trabalho consistiu inicialmente numa revisão bibliográfica para escolha dos indicadores passíveis de aplicação à seleção de blocos. Em seguida, os indicadores selecionadosforam aplicados ao contexto de um empreendimento residencial de padrão médio, escolhido pelo fato do projeto prever o uso de três tipos de blocos: de concreto, de gesso e cerâmico. Na aplicação dos indicadores foram simulados três cenários para execução da vedação interna, um para cada tipo de bloco. Como dados de entrada, adotaram-se dados do fabricante, registros históricos da obra e dados existentes na bibliografia. Os resultados indicam obloco de concreto como o material mais sustentável dentre os cenários analisados e os indicadores apresentaram-se validados ao processo de seleção.

Palavras-chave: Indicadores. Sustentabilidade. Seleção. Materiais. Alvenaria.

ABSTRACT

The Civil Construction stands out as responsible for significant environmental impacts, either by the relevant consumption of natural resources or the generation important of solid waste and demolition. Actions that promote the conscious use and optimal of these resources have great importance in the promotion of a more sustainable construction management. The objective of this study is to evaluate the use of sustainability indicators for selection blocks for intern masonry walls, so as to provide the most sustainable and less impactful solution to the project. This work began initially with a literature review to choice indicators that could be applied for blocksselection. Then, selected indicators have been applied to the context of a medium standard residential project, chosen because it predicts the use of three types of blocks: concrete, gypsum and ceramic. In indicators application, three scenarios for internalwalls implementation were simulated, one for each type of block. As input data, the work adopted manufacturer's data, historical records of the work site and existing literature data. The results indicate that the concrete block was the most sustainable material from the scenarios analyzed, and the indicators were presented validated for selection process.

***Keywords**: Indicators. Sustainability. Selection. Materials. Masonry.*

[1]SANTANA, C. O. de; ALBERTE, E. P. V. Uso de indicadores de sustentabilidade para a seleção de materiais aplicados à execução de alvenaria de bloco. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil é usualmente relacionada com grandes impactos ambientais, má gestão de recursos e elevado desperdício econômico.

No Brasil, aproximadamente 40% dos resíduos gerados na economia, 75% de todo o resíduo sólido produzido e 20% a 50% dos recursos naturais extraídos do planeta estão relacionados a atividades da construção civil (CARVALHO e OLIVEIRA, 2014).

Entende-se que a seleção de materiais com maior durabilidade e qualidade, e cujas fabricas situam-se em locais mais próximos ao canteiro de obras, pode contribuir para maior economia, menor geração de resíduos e menor impacto de uma construção.

Nesse sentido, o uso de indicadores de sustentabilidade pode ser de grande valia para a busca de soluções mais sustentáveis e menos impactantes ao projeto na etapa de seleção de materiais de construção.

Na atualidade, os selos de certificação ambiental tem-se destacado como importantes bases para orientação do processo de busca pela sustentabilidade de uma construção. Cada vez mais, as empresas do setor de construção tem buscado a adequação de suas atividades às normas e instruções propostas por estes selos, para produzir uma construção sustentável e comprovar sua sustentabilidade.

Por outra parte, é importante ressaltar o papel que a NBR 15.575:2013 tem tido nesta mudança dos parâmetros de qualidade adotados na concepção e construção de edificações residenciais. A Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais estabelece exigências de conforto e segurança em imóveis residenciais, associando claramente a qualidade desses produtos ao resultado que eles conferem ao usuário. A questão da sustentabilidade da edificação é preconizada tanto pelo uso de conceitos de durabilidade e vida útil, quanto pelas premissas de otimização de recursos naturais utilizados pela edificação (CBIC, 2013).

No Brasil, destacam-se três certificações expandidas no setor da construção civil, quais sejam: *LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)*, primeira certificação ocorrida no país em 2007;AQUA (Certificação Alta Qualidade Ambiental), surgida em 2010 devido às restrições encontradas no certificado anterior; Selo Azul Caixa, criado pela Caixa Econômica Federal em 2010a fim de promover a inovação e produção de habitações mais sustentáveis, tornando-se um selo desenvolvido para a realidade nacional (LACERDA, 2014).

A maioria desses sistemas de avaliação ambiental é baseada em indicadores de desempenho que refletem os principais problemas ambientais locais, podendo ter ou não ponderações explicitas.

Bragança e Mateus (2006) propõem uma metodologia de comparação da sustentabilidade de soluções construtivas a partir de indicadores de

sustentabilidade e pesos atribuídos a estes. Na aplicação da metodologia, os autores indicam, dentre outras conclusões, que a utilização mais racional de materiais foi fator determinante para a sustentabilidade de um processo construtivo.

Oliveira (2012), por sua vez, avaliou o processo de seleção de materiais e componentes sob a ótica da sustentabilidade. A autora sinaliza a falta de um pensamento mais sistêmico e de maiores estudos neste campo como causas para a geração de ferramentas ainda restritas e ineficientes. Por outro lado, ressalta que uma análise mais sistêmica poderia tornar a prática inviável, devido à necessidade de grande levantamento de informações.

Em contrapartida, Zhao et al. (2016) apresenta uma metodologia para selecionar materiais através de indicadores e método computacional. A metodologia baseia-se em vários atributos para tomada de decisão entre dois ou mais materiais semelhantes, sendo integrada com duas ferramentas computacionais: uma para atribuir valores de ponderação para cada indicador, examinando a importância relativa deles segundo a preferência do usuário e; classificar os materiais analisados com base em suas performances.

Percebe-se, assim, que o uso de indicadores de sustentabilidade para seleção de materiais de construção deve ser adequadamente avaliado. Para Wallbaum (2008) *apud* Carvalho e Sposto (2012), os indicadores de sustentabilidade têm de abranger todas as dimensões da sustentabilidade e do ciclo de vida da edificação. Necessitam ter precisão científica e clareza na comunicação das suas informações (rastreabilidade e transparência); devem estar integrados às condições locais; e serem práticos.

Através do presente trabalho, identificaram-se/criaram-se 8 indicadores de sustentabilidade aplicáveis à seleção de blocos de alvenaria para edificações. Este processo baseou-se essencialmente no conteúdo exigido pelas certificações ambientais de construções sustentáveis mais usuais e atuantes no mercado brasileiro (AQUA e o Selo Azul Caixa).

A qualidade desses indicadores foi avaliada a partir de critérios de validade, confiabilidade, especificidade, sensibilidade, mensurabilidade, relevância e custo-efetividade. Esta avaliação foi feita através da aplicação dos indicadores selecionados ao contexto de um empreendimento residencial de padrão médio, simulando-se três cenários para execução da vedação interna, um para cada tipo de bloco: de concreto, de gesso e cerâmico.

Esta aplicação apresentou limitações quanto à possibilidade de coleta dos dados, pois a maioria dos dados de entrada compreendeu de registros históricos da obra e dados fornecidos pelos fabricantes.

Espera-se, contudo, que este estudo contribua para fomentar práticas de seleção de materiais de construção mais comprometidas com a sustentabilidade do empreendimento, motivando a realização de estudos complementares voltados a este e outros tipos de processos construtivos.

2 OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar o uso de indicadores de sustentabilidade no processo de seleção de blocos de alvenaria interna de um empreendimento residencial de padrão médio.

O foco do trabalho centrou-se na seleção de blocos para alvenaria interna, tendo em vista que o serviço de alvenaria define uma boa parte da sequência executiva da obra e representa um dos maiores volumes de materiais e serviços (ANDRADE, 2011)**.**

Segundo Pinho e Lordsleem Jr. (2009), o processo de execução de alvenaria de bloco em construções residenciais,produz em média 113% e 17% de perdas de argamassa e tijolos/blocos, respectivamente.

Além disso, com relação aos custos do sistema de vedação de um empreendimento, cabe destacar que este representa de 4% a 6% no orçamento total de um edifício convencional, não considerando gastos oriundos da interface com outros subsistemas, como as instalações elétricas e hidráulicas embutidas e; o mau desempenho do subsistema alvenaria, como problemas patológicos devido a descuidos na execução do serviço e imperfeições do bloco utilizado. Conjecturando as questões citadas, retrabalhos e a existência de várias perdas com desperdício de materiais e mão-de-obra, a vedação vertical pode influenciar até 40% do custo da edificação (ANDRADE, 2011).

3 METODOLOGIA DO ESTUDO

Como estrutura metológica deste estudo, foram realizadas 3 etapas: revisão bibliográfica, seleção dos indicadores e avaliação dos indicadores.

Na primeira etapa, realizou-se revisão bibliográfica acerca de indicadores de sustentabilidade para a seleção de materiais de construção civil, com base em artigos, revistas, sites, jornais e livros, e tendo especial atenção ao conteúdo das certificações ambientais mais difundidas em território nacional (AQUA e Selo Casa Azul). O objetivo desta etapa foi reunir o conhecimento sobre o tema e definir as variáveis de análise a serem utilizadas nas etapas posteriores.

Na segunda etapa, identificaram-se indicadores de sustentabilidade aplicáveis à seleção de blocos de alvenaria para edificações. Em seguida, realizou-se o fichamento desses indicadores, onde os mesmos foram adaptados ao contexto de uma análise comparativa com base em registros históricos de projeto e controle de qualidade em obra. O objetivo foi viabilizar o uso desses indicadores em simulações numa obra, para avaliar a qualidade dos mesmos.

Finalmente na terceira etapa, realizou-se a avaliação dos indicadores selecionados e fichados. Esta etapa compreendeu em uma análise qualitativa do processo de aplicação desses indicadores em uma obra de edificação residencial padrão.

Para avaliação qualitativa dos indicadores selecionados foram considerados os seguintes critérios (UNITED NATIONS, 1999):

- Validade: competência de medir o que é necessário;
- Confiabilidade: a partir de medições repetidas sob as mesmas condições, são capazes de fornecer resultados consistentes e equivalentes;
- Sensibilidade: pode realizar medidas que apresentam possíveis mudanças no projeto em análise;
- Relevância: ser capaz de originar resultados claros e representativos sobre o assunto em análise;
- Especificidade: capacidade de aferir somente o evento que necessita ser aferido;
- Mensurabilidade: obtenção de dados de medição com facilidade e;
- Custo efetividade: competência de entregar resultados que justifiquem o investimento em tempo e outros recursos.

O projeto escolhido foi um empreendimento residencial de médio padrão com área construída de 20.337,36 m² e estrutura de uma torre com 4 pavimentos de garagem, 1 pavimento para lazer e 20 pavimentos tipos, sendo 10 apartamentos por pavimento tipo (total de 200 apartamentos).

Este projeto foi escolhido devido a sua tipologia padrão e pelo fato de haver utilizado os três tipos de blocos aqui estudados simultaneamente: blocos cerâmicos, de gesso e de concreto. No projeto original toda a alvenaria da periferia e as divisórias entre um apartamento e outro deveriam ser feitas com blocos cerâmicos. Contudo, durante a etapa de construção, a gerência optou por utilizar blocos de gesso nas divisórias internas dos apartamentos e blocos de concretos na periferia da região da escada e no suporte para o reservatório na cobertura.

Para o estudo, simularam-se três situações: uso integral de bloco cerâmico, de bloco de concreto e de bloco de gessoem todas as vedações internas do pavimento tipo do referido empreendimento.

As dimensões e descrição dos tipos de blocos adotados na obra são indicados a seguir:

- Bloco Cerâmico: modelo reto prismático com 8 furos, com dimensões de 9x19x19 cm, usados em ambientes suscetíveis ou não a umidade, sem finalidade estrutural.
- Bloco de Concreto: modelo vazado com dimensões de 14x19x39 cm, usados em ambientes suscetíveis ou não a umidade, passiveis de finalidade estrutural.
- Bloco de Gesso: modelo vazado standard com dimensões de 7x68x50cm, utilizado apenas em ambientes secos, e modelo maciço hidrófugo com dimensões de 10x68x50cm, utilizado em ambientes úmidos e/ou secos.

A Figura 1ilustra os modelos dos blocos descritos acima, bloco cerâmico, de concreto e de gesso respectivamente.

Figura 1 – Modelos dos blocos



Fonte: Os autores.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente, foram selecionados/criados oito indicadores de sustentabilidade aplicáveis à seleção de blocos de alvenaria para edificações e passiveis de aplicação ao contexto proposto para este estudo.

O Quadro 1 apresenta uma síntese do fichamento de cada indicador selecionado, constando apenas os principais tópicos para entendimento e cálculo dos mesmos.

Do total, dois indicadores relacionam-se com a geração de resíduos no canteiro (Perdas no fluxo de produção e Embalagens dos materiais), dois indicadores tem foco na dimensão econômica do processo (Custos de execução do serviço e Custo com as perdas), três indicadores tem relação com a qualidade /especificidade do produto (Qualidade dos materiais e componentes, Coordenação modular e Vida útil/ durabilidade), e um indicador relaciona-se com a situação geográfica do canteiro(Distância do transporte dos materiais ao canteiro).

Quadro 1 – Síntese dos indicadores selecionados

Indicadores	Descrição	Pilar da sustenta-bilidade	Fórmula de cálculo	Uni-dade	Procedência da coleta dos dados
Perdas no fluxo de produção	Indica a quantidade total de material perdido durante o processo de transporte do produto até a obra, e do transporte, manuseio e execução do serviço no canteiro	Ambiental, econômico	RCD Gerado(Kg) / Material (Kg) x 100	%	Registros de compra e de descarte de materiais da empresa
Custos de execução do serviço	Indica o custo de mão de obra e materiais gastos diretamente na execução do serviço em um pavimento	Econômico	Soma dos custos de execução / área de alvenaria	R$/m² /pav	Registros de descarte de materiais e pagamentos da empresa

Fonte: Os autores

Quadro 1 – Síntese dos indicadores selecionados (continuação)

Indicadores	Descrição	Pilar da sustenta-bilidade	Fórmula de cálculo	Uni-dade	Procedência da coleta dos dados
Custo com as perdas	Indica o custo médio da terceirizada que coleta os resíduos da obra e perdas dos materiais num período de tempo de 2 meses	Econômico	Soma de todos os custos de perdas / quilo de material	R$/kg	Registros de compra e de descarte de materiais da empresa
Qualidade dos materiais e compo-nentes	Indica a incidência de produtos entregues na obra em não conformidade com às Normas Técnicas de qualidade de fabricação do produto	Ambiental, econômico	Reprovações de produtos entregues (m²)/ Total de produtos entregues (m²)	%	Registros da empresa
Coordena-ção modular	Indica a possibilidade de aplicação de coordenação modular na execução do serviço dos produtos disponibilizados pelo fabricante.	Ambiental, econômico	Sim / Não	Não se apli-ca	Dados do fabricante
Distância do transporte dos materiais ao canteiro	Indica a distância entre o local de fabricação dos materiais até o canteiro de obras	Ambiental, econômico e social	Total de quilômetros entre fabrica e canteiro	Km	Google maps
Embalagens dos materiais	Indica a quantidade de RCD relacionado ao descarte de embalagens plásticas utilizadas para unitização dos blocos.	Ambiental, econômico	RCD Gerado (Kg) /Material (m2)	kg/m²	Registros de compra e de descarte de materiais da empresa
Vida útil/ durabilidade	Indica qual bloco é mais durável exercendo sua função na alvenaria de vedação, sendo aplicados sob as mesmas condições de uso	Ambiental	Valor de vida útil de projeto	Anos	Revisão bibliografica

Fonte: Os autores

A Tabela 1 informa um comparativo entre os três tipos de blocos simulados na obra, considerando um quantitativo de 892,95m² de alvenaria interna para um pavimento.

Tabela 1 – Comparativo entre os tipos de bloco

Indicadores	Bloco cerâmico	Bloco de concreto	Bloco de gesso
Perdas no fluxo de produção	25,81%	-	23,49%
Custos de execução do serviço	43,9 $/m²	59,8 $/m²	55,7 $/m²
Custo com as perdas	0,28 $/kg	-	0,32 $/kg
Qualidade dos materiais e componentes	7,71%	0,00%	5,76%
Coordenação modular	Sim	Sim	Não
Distância do transporte dos materiais ao canteiro	62,7 km	25,3 km	782 km
Embalagens dos materiais	0,042 kg/m²	0,094 kg/m²	0 kg/m²
Vida útil/ durabilidade	25 a 30 anos	25 a 30 anos	25 a 30 anos

Fonte: Os autores

A partir de sua análise, é possível perceber a tendência do bloco de concreto ser a solução mais sustentável para o projeto avaliado, visto que:

- é o produto cuja fabrica encontra-se mais próxima ao canteiro,
- não foram sinalizados defeitos no material entregue para gerar sua reprovação / devolução, diferente do evidenciado para as outras tipologias de blocos.
- o produto possui características que permitem a realização de coordenação modular;

Além disso, não foi possível coletar dados referentes as perdas do bloco de concreto, visto que os registros da obra de quantificação dos resíduos gerados incluíam a quantificação de todo resíduo Classe A produzido no canteiro de obras.Contudo, foi possível observar que não havia perdas de materiais no transporte da fábrica até a obra e na logística interna do canteiro, devido a paletização do produto.

O uso de bloco cerâmico apresenta-se benéfico principalmente no aspecto econômico, visto ser o bloco mais barato das opções analisadas.

Já o uso de bloco de gesso somente destaca-se por não gerar resíduos classe B oriundos do descarte das embalagens de material, já que não é entregue paletizado.

Ao se analisar a qualidade de cada indicador, observou-se que:

- O indicador de perdas atende positivamente a boa parte dos critérios de análise adotados neste estudo. A exceção é dada aos critérios de validade e mensurabilidade, visto que o empreendimento analisado não quantificava os resíduos por processo, e sim por classe de resíduo, o que é natural num processo convencional de gestão de RCD em canteiro de obras. Além disso, a confiabilidade do indicador também foi questionada visto que a gestão de RCD no canteiro não foi considerada totalmente efetiva. Muitas vezes os resíduos classe A eram misturados com resíduos de outras classes, sendo, para este estudo, necessário analisar os períodos de coleta de RCD mais confiáveis;
- Os indicadores de custos de execução e de distância do transporte dos materiais ao canteiro foram considerados excelentes indicadores, atendendo a todos os critérios de qualidade, sem maiores restrições;
- O indicador de custos com as perdas, para o empreendimento estudado, só atendeu aos critérios de validade, sensibilidade, relevância e especificidade, pois é um indicador que depende diretamente dos dados de perdas, os quais houve dificuldades na coleta com base nos registros de gestão da obra;
- O indicador de qualidade dos materiais e componentes atende positivamente a quase todos os critérios de análise adotados neste estudo, a exceção do critério de confiabilidade, já que a gestão do empreendimento não possuía comprometimento no registro de todas as reprovações de materiais entregues;

- O indicador de coordenação modular não apresentou-se tão relevante. O uso de coordenação modular influencia positivamente na produtividade do canteiro, redução de perdas de material e desperdício de recursos. Contudo, o fato do produto em si possuir características que permitam realizá-la não influi na sustentabilidade do processo, se efetivamente o projeto não for desenvolvido pensando nesta possibilidade;
- O indicador de embalagem dos materiais, para o empreendimento estudado, só atendeu aos critérios de validade, relevância e especificidade, visto a dificuldade de obtenção de dados de entrada fiáveis para aplicação do mesmo no referido empreendimento;
- O indicador de vida útil/durabilidade, apesar de estar relacionado a uma característica de extrema relevância à sustentabilidade de um material, foi formatado num contexto muito simplificado, com foco na mensurabilidade e no custo efetividade da sua aplicação. Sendo assim, não atendeu a critérios de validade, confiabilidade, sensibilidade, relevância e especificidade. Sua revisão deve considerar a durabilidade do sistema de vedação e dados fiáveis, obtidos a partir de ensaios e não dados do fabricante.

5 CONCLUSÕES

O bloco de concreto foi considerado como opção mais sustentável para o empreendimento analisado neste estudo. Apesar de haver apresentado alguns indicadores com resultados inferiores às demais tipologias, o bloco de concreto apresentou melhor indicador de perdas, melhor qualidade dos materiais e maior proximidade com a referida obra.

De modo geral, os indicadores apresentaram-se satisfatórios para a comparação da sustentabilidade dos materiais na referida obra:

- Os indicadores de custos de execução e de distância do transporte dos materiais ao canteiro foram os indicadores que se apresentaram mais eficientes, devido à sua praticidade e clareza na comunicação.
- Os indicadores de perdas no fluxo de produção, de custos com as perdas e de qualidade dos materiais e componentes apresentaram grande potencial de uso. Sua melhoria depende, contudo, de um comprometimento / direcionamento maior por parte da gestão do empreendimento nos registros de produtividade, perdas e inspeções de materiais, para obter uma melhor confiabilidade dos resultados.
- Os indicadores de coordenação modular, de embalagem dos materiais e de vida útil/durabilidade devem ser revistos, para verificar a possibilidade de uso num contexto mais eficiente.

Contudo, percebe-se que uma analise mais completa desses materiais deve considerar avaliações mais amplas, incluindo a aplicação de mais indicadores sociais e de indicadores relacionados com o desempenho do sistema de vedação durante sua vida útil (a exemplo do desempenho térmico e acústico, entre outros).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Guilherme Coelho de. **Sistema de Vedação Racionalizada**. In: CONCRETE SHOW, 5., ABCP, 2011. São Paulo: Gama Filho, 2011.

BRAGANÇA, Luís; MATEUS, Ricardo. **Sustentabilidade de Soluções Construtivas.** Braga, Portugal: Universidade do Minho, 2006.

CARVALHO, Matheus Costa; OLIVEIRA, Kelly Cristina da Cunha. **Reutilização de resíduos liberados nas construções civil.** São Paulo, 2014.

CARVALHO, Michele Tereza Marques; SPOSTO, Rosa Maria. Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (Rio Grande do Sul) (Org.). **Ambiente Construído.** 12. ed. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012. p. 207-225

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

LACERDA, Juliana Ferreira Santos Bastos de. **Avaliação da Sustentabilidade na Construção Civil dos Sistemas Construtivos Convencional e Industrializado no Brasil.** 2014. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

OLIVEIRA, Carine Nath de. **O Paradigma da Sustentabilidade na Seleção de Materiais e Componentes para Edificações.** 2009. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PINHO, Suenne Andressa Correia; LORDSLEEM JR., Alberto Casado. **O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação: estudo de caso na construção civil.** In: CongressoBrasileiro de Custos, 16. Fortaleza, 2009.

UNITED NATIONS. **Integrated and coordinated implementation and follow-up of major United Nations on ferences and summits**. A critical review of the development of indicators in the context of conference follow-up, Report of the Secretary-General, Anexo 3.New York: UN, 1999. Disponível em: <http://www.un.org/documents/ecosoc/docs/1999/e1999-11>. Acesso em: 15 jul. 2010.

ZHAO, Rui et al. Commercially Available Materials Selection in Sustainable Design: An Integrated Multi-Attribute Decision Making Approach. **Sustainability,** [s.l.], v. 8, n. 1, p.79-[s.l.], 16 jan. 2016. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/su8010079.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CARACTERIZAÇÃO DA ATUAÇÃO DE CONSTRUTORAS E INCORPORADORAS DE GOIÂNIA-GO FRENTE ÀS NORMAS DE DESEMPENHO ABNT NBR 15575:2013[1]

OTERO, Juliano Araújo (1); SPOSTO, Rosa Maria (2)

(1) UnB PECC, e-mail: juliano.otero@gmail.com; (2) UnB PECC, e-mail: rmsposto@unb.br

RESUMO

A última versão das normas NBR 15575 entrou em vigor em julho de 2013, com a determinação de requisitos e critérios de desempenho para edificações habitacionais brasileiras. Desde então, o setor de construção tem buscado sua implementação e, neste processo, empresas construtoras e incorporadoras representam um papel fundamental. Este artigo apresenta pesquisa baseada na aplicação de questionário estruturado com o objetivo de caracterizar o nível de informação, comportamento e visão de tais empresas quanto às normas de desempenho, após dois de sua vigência. São colocadas questões sobre fontes de informações sobre desempenho; níveis de preocupação e conhecimento quanto aos diferentes requisitos; processos utilizados para caracterização do desempenho de obras; relações com projetistas, fornecedores de materiais e componentes, laboratórios e outros profissionais envolvidos; e sobre adoção de inovações tecnológicas e mudanças em processos construtivos para melhoria do desempenho. Entre os resultados identificados, tem-se que a maior preocupação destas empresas se encontra no desempenho acústico, para o qual se aponta baixo nível de conhecimento concomitantemente à implementação de avaliações e soluções construtivas; as falhas de desempenho mais significativas se referem à estanqueidade, tanto em quantidade como em relevância; as empresas entendem que atualmente atendem à maior parte dos requisitos de desempenho.

Palavras-chave: Desempenho de edificações habitacionais. ABNT NBR 15575:2013. Atuação de construtoras e incorporadoras.

ABSTRACT

The most recent version of Brazilian standards ABNT NBR 15575 became valid in July 2013, determining performance requirements and criteria for residential buildings. Since then, construction sector works in its implementation and construction and developers companies represent a key role in this process. Two years later, this article presents research based on the application of a structured questionnaire to characterize the level of information, behavior and vision of such companies about the performance standards. There are questions about performance information sources; levels of concern and knowledge about different requirements; processes used to characterize building performance data; relationships with designers, materials and components suppliers, laboratories and other involved professionals; and about adoption of technological innovations and changes in construction processes. Among the identified results: the main concern of companies refers to acoustic performance;

[1] OTERO, Juliano Araújo; SPOSTO, Rosa Maria. Caracterização da atuação de construtoras e incorporadoras de Goiânia-GO frente às normas de desempenho ABNT NBR 15575:2013. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

the most significant performance failures refer to watertightness; companies understand that their buildings currently meet most performance requirements.

***Keywords**: Residential building performance. Brazilian standard ABNT NBR 15575:2013. Building constructors and developers practices.*

1 INTRODUÇÃO

As normas ABNT NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho entraram em vigor em julho de 2013, estabelecendo requisitos e critérios de desempenho para edificações habitacionais brasileiras, baseados nas necessidades de seus usuários (ABNT, 2013).

Baseadas em bibliografia brasileira e internacional e buscando englobar diferentes tipos de edificações habitacionais e diferentes exigências de usuários, com a necessidade de sua compatibilização com o arcabouço normativo existente, as normas NBR 15575:2013 apresentam-se extensas e complexas. Sua implementação efetiva depende de mudanças significativas nas atividades do setor de construção habitacional relacionadas a concepção do empreendimento, contratação, desenvolvimento de projetos, execução de obras e manutenção das edificações (BORGES, 2008).

Desde sua publicação, o setor de construção tem buscado a implementação das normas NBR 15575:2013 e, neste processo, empresas construtoras e incorporadoras representam um papel fundamental, seja de modo direto, em função de suas incumbências descritas nestas normas e das responsabilidades legais vigentes, seja indiretamente, ao compartilharem das responsabilidades de projetistas, fornecedores de materiais e componentes e outros intervenientes do processo construtivo.

Este artigo tem por objetivo apresentar uma pesquisa de caracterização, com base em um questionário estruturado, do nível de informação, do comportamento e da visão de empresas construtoras e incorporadoras a respeito da implantação das normas NBR 15575:2013, levando em consideração o período de dois anos desde sua vigência. Esta pesquisa envolve empresas que fazem uso de processos construtivos tradicionais, com uma base técnica mais normatizada.

Os resultados deste artigo caracterizam estrato utilizado em pesquisa de doutorado sobre a implantação das normas de desempenho em empresas construtoras e incorporadoras em desenvolvimento no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília – UnB PECC.

2 NORMAS DE DESEMPENHO NBR 15575:2013

A série de normas NBR 15575:2013 compreende seis partes, sendo a primeira relativa a requisitos gerais e as demais referentes a sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais, sistemas de coberturas e sistemas hidrossanitários. Além destes, outros sistemas construtivos, como

sistemas de fundações, instalações elétricas, instalações de gás e de proteção contra descargas atmosféricas, apesar de não se apresentarem como partes desta série de normas, são englobadas por meio de referências a normas prescritivas específicas sobre tais sistemas (ABNT, 2013).

Os requisitos e critérios definidos pelas normas NBR 15575:2013 se desdobram a partir de treze aspectos diferenciados e tecnicamente especializados, incluindo segurança estrutural, segurança em situações de incêndio, segurança no uso e operação, estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico, durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental (ABNT, 2013).

A primeira parte da NBR 15575:2013 define responsabilidades a cargo dos diferentes intervenientes relacionados à construção de edifícios habitacionais, definindo como incumbência de construtores e incorporadores a elaboração do manual de uso operação e manutenção da edificação habitacional. Também define como responsabilidade do incorporador, compartilhada com projetistas, a identificação dos riscos previsíveis na época da elaboração dos projetos, incluindo presença de aterros sanitários na área da construção, contaminação de lençol freático, presente de agentes agressivos no solo, entre outros, com a realização dos estudos técnicos necessários para gerar informações apropriadas (ABNT, 2013).

Além disso, ao tratar da questão da durabilidade, a NBR 15575:2013 acrescenta ao construtor de maneira implícita uma atribuição: o cumprimento integral dos projetos. De acordo com esta norma, o atendimento pela edificação dos prazos de vida útil de projetos seria resultado da adequação dos projetos na previsão de desempenhos planejados para a edificação, somada à execução efetiva da obra respeitando integralmente tais projetos, envolvendo processos construtivos e uso de materiais e componentes conforme especificados (ABNT, 2013a).

Embora normas técnicas não possuam caráter compulsório, algumas leis lhes tornam obrigatórias ou estabelecem consequências por seu descumprimento. Tal circunstância ocorre com as normas NBR 15575:2013 (CBIC, 2013). Neste sentido, o Código de Defesa do Consumidor, Lei nº 8078 de 11/9/1990, em seu artigo 39, inciso VIII, veda que o fornecedor coloque no mercado "qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial", o que seria considerado prática abusiva (BRASIL, 1990).

Além disto, o Código de Defesa do Consumidor, em seu artigo 12, estabelece que o construtor responda, "independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus

produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos", assim como, em seu artigo 18, determina que o incorporador, enquanto fornecedor de produtos de consumo duráveis, responda "solidariamente pelos vícios de qualidade ou quantidade que os tornem impróprios ou inadequados ao consumo a que se destinam ou lhes diminuam o valor" (BRASIL, 1990).

Deste modo, empresas construtoras e incorporadoras mantêm uma posição central na implementação das normas de desempenho NBR 15575:2013, seja de modo direto, em função de suas incumbências determinadas nestas normas e de requisitos legais, seja indiretamente, ao compartilharem responsabilidades de projetistas, fornecedores de materiais e componentes e outros intervenientes. Esta pesquisa busca caracterizar como tais empresas têm atuado neste sentido.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta pesquisa se fundamenta na aplicação de um questionário estruturado em perguntas de múltipla escolha, com espaços para exemplos e justificativas de respostas, enviado por *e-mail*, em setembro de 2015, para um grupo de 12 empresas com sede na região metropolitana de Goiânia-GO, com retorno de 7 respostas.

As empresas construtoras e incorporadoras participantes da pesquisa foram selecionadas com base no seguinte perfil: atuação no mercado de edifícios de múltiplos pavimentos, aplicação de tecnologias construtivas tradicionais, capacidade técnica e de gestão reconhecidas, representatividade no mercado habitacional local, participação em eventos e grupos de trabalho sobre desempenho de edificações. Por hipótese, tais empresas, *a priori*, seriam aquelas com melhor potencial para implantação das normas NBR 15575:2013, tendo em vista sua capacidade técnica, econômica e de gestão.

Todas as empresas pesquisadas apresentam mais de 20 anos de estabelecimento; atuam na construção de edificações verticais com mais de 15 pavimentos, com pelo menos duas obras em execução concomitantemente; com uma exceção, são responsáveis por pelo menos 100.000 m² de obras entregues nos últimos 3 anos; empregam pelo menos 100 trabalhadores, e; possuem sistemas de gestão da qualidade certificados na NBR ISO 9001:2008 e no PBQP-H SiAC nível A. Os responsáveis pelas respostas aos questionários se identificaram como engenheiros, arquitetos, coordenadores técnicos e responsáveis pela gestão da qualidade destas empresas.

O questionário utilizado na pesquisa envolve aspectos relativos a fontes de informações para entendimento dos requisitos de desempenho; níveis de preocupação e conhecimento quanto aos diferentes requisitos; processos utilizados para caracterização do desempenho de suas obras, incluindo avaliações realizadas, pesquisas bibliográficas, pesquisas junto a clientes, assim como vistorias e assistência técnica pós-entrega; relações com

projetistas, fornecedores de materiais e componentes, laboratórios e outros profissionais envolvidos, incluindo avaliação de competências, e; adoção de inovações tecnológicas e mudanças em processos para melhoria do desempenho. O questionário aplicado pode ser obtido por meio dos *e-mails* dos autores.

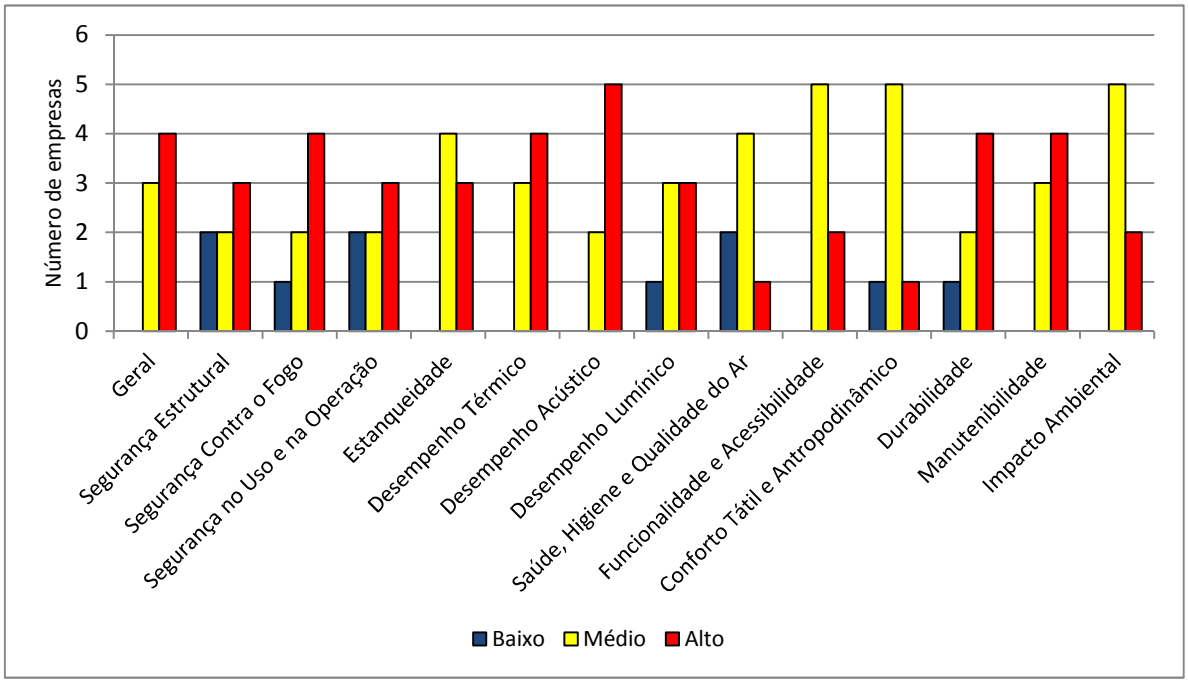
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados da pesquisa realizada são apresentados a seguir, sendo que sua análise tem caráter descritivo. Em função da amostra, são realizados cálculos de índices relacionados aos diferentes aspectos tratados, cujos valores apresentados carecem de tratamento estatístico, sendo utilizados apenas como referência para esta avaliação. Todos os índices variam em uma escala de 0 a 10.

4.1 Sobre as preocupações com as normas NBR 15575:2013

Ao serem questionadas sobre o nível de preocupação das empresas com relação às normas NBR 15575:2013 e os diferentes requisitos de desempenho estabelecidos, as empresas pesquisadas apontaram uma maior preocupação com relação a desempenho acústico (com índice em 8,57), desempenho térmico e manutenibilidade (com índice em 7,86) e segurança contra fogo, estanqueidade e durabilidade (com índices em 7,14). Com a norma NBR 15575:2013, em termos gerais, o índice do nível de preocupação ficou em 7,86. Estes resultados são apresentados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Níveis de preocupação geral e com requisitos da NBR 15575:2013



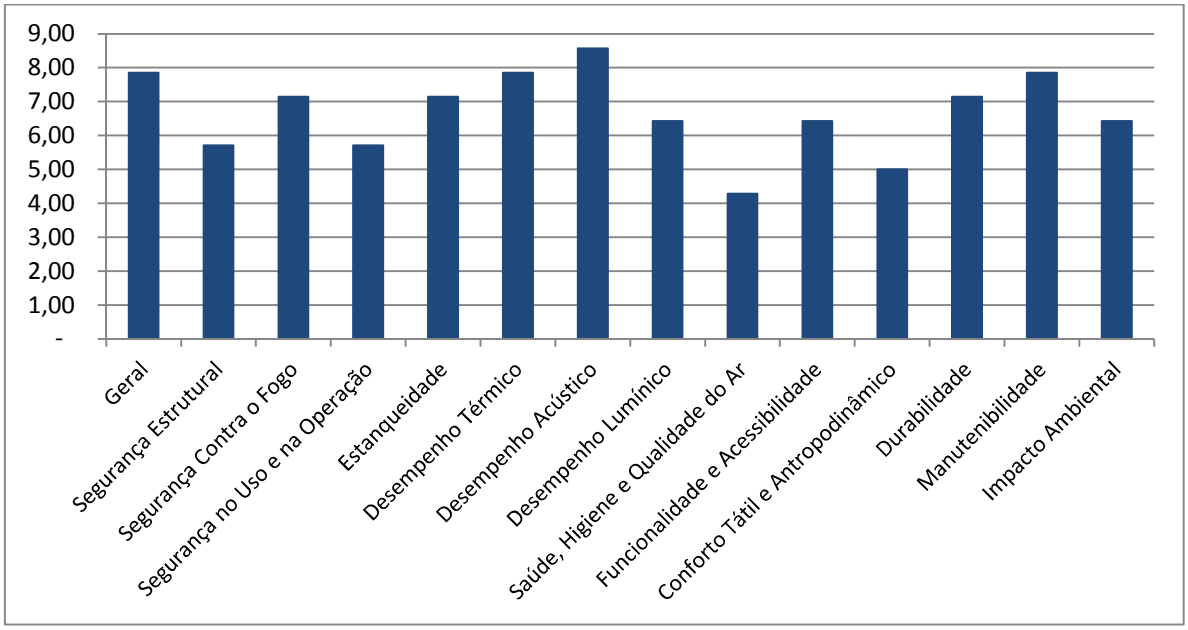
Fonte: Os autores

Os índices relativos ao nível de preocupação são calculados pela expressão:

Índice sobre Nível de Preocupação = (NB x 0 + NM x 5 + NA x 10) / NT (1)

, onde NB = número de respostas apontando nível de conhecimento baixo
NM = número de respostas apontando nível de conhecimento médio
NA = número de respostas apontando nível de conhecimento alto
e NT = número total de respostas

Figura 2 – Índices calculados para níveis de preocupação geral e com requisitos específicos da NBR 15575:2013



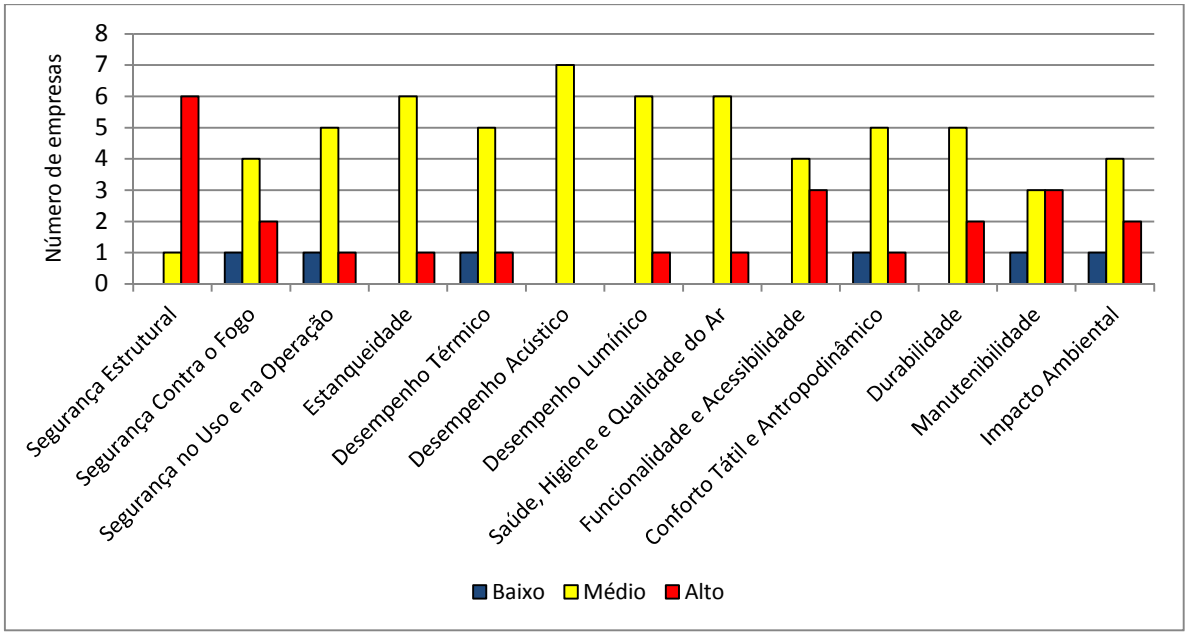
Fonte: Os autores

Quando questionadas sobre se, em sua opinião, de modo geral, as obras executadas pela empresa cumprem os requisitos estabelecidos nas normas NBR 15575:2013, representantes de seis empresas responderam atender à maior parte dos requisitos, enquanto apenas um respondeu a alternativa "alguns requisitos". Não houve respostas relacionadas às posições extremas, colocando que todos os requisitos ou nenhum deles sejam atendidos.

4.2 Sobre o nível de conhecimento e a busca de informações

Quanto ao nível de conhecimento relativo aos aspectos de desempenho, as empresas apontam um menor conhecimento sobre segurança no uso e operação e conforto tátil antropodinâmico, os quais refletem conceitos abertos e difusos, em conjunto do desempenho térmico e desempenho acústico (todos com índice 5,00). Estes dois últimos coincidem com aspectos de maior preocupação, o que é um indício de uma relação inversa entre o nível de conhecimento e a preocupação que determinado fator gera. Os resultados sobre nível de conhecimento estão presentes nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Níveis de conhecimento apontados com relação a requisitos específicos da NBR 15575:2013



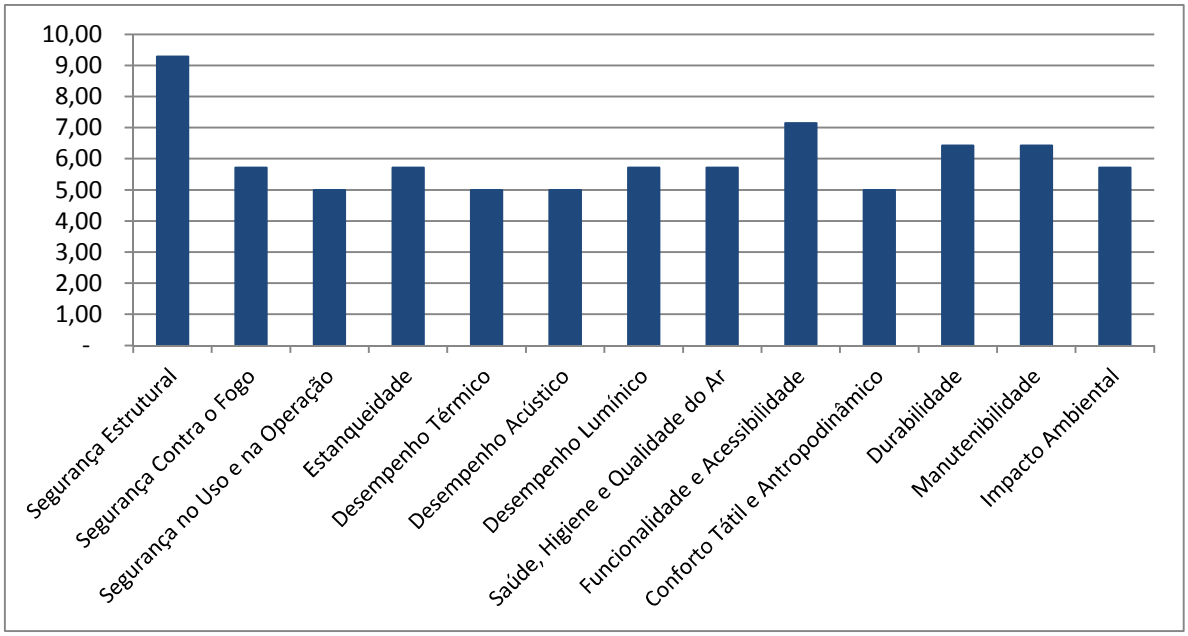
Fonte: Os autores

Os índices relativos ao nível de conhecimento são calculados por:

$$\text{Índice sobre Nível de Conhecimento} = (NB \times 0 + NM \times 5 + NA \times 10) / NT \quad (2)$$

, onde NB = número de respostas apontando nível de conhecimento baixo
NM = número de respostas apontando nível de conhecimento médio
NA = número de respostas apontando nível de conhecimento alto
e NT = número total de respostas

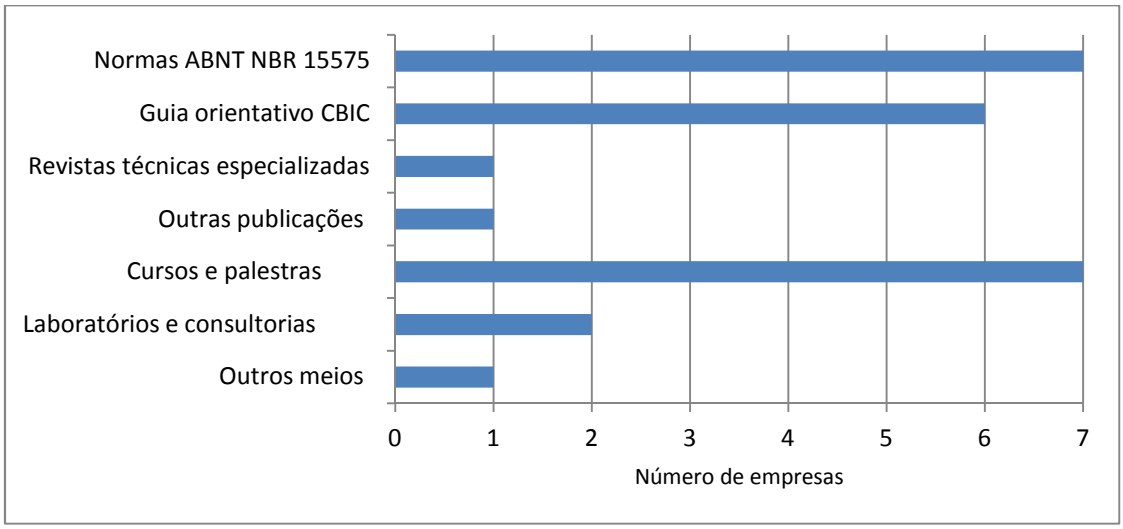
Figura 4 – Índices calculados para níveis de conhecimento com relação a requisitos específicos da NBR 15575:2013



Fonte: Os autores

Questionadas sobre os meios utilizados para se obter informações sobre as normas de desempenho NBR 15575:2013, as principais fontes citadas foram os textos da própria norma, cursos e palestras e o guia orientativo sobre as normas de desempenho publicado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (CBIC 2013). Resultados apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Resultados sobre meios de informação e consulta sobre as normas NBR 15575:2013



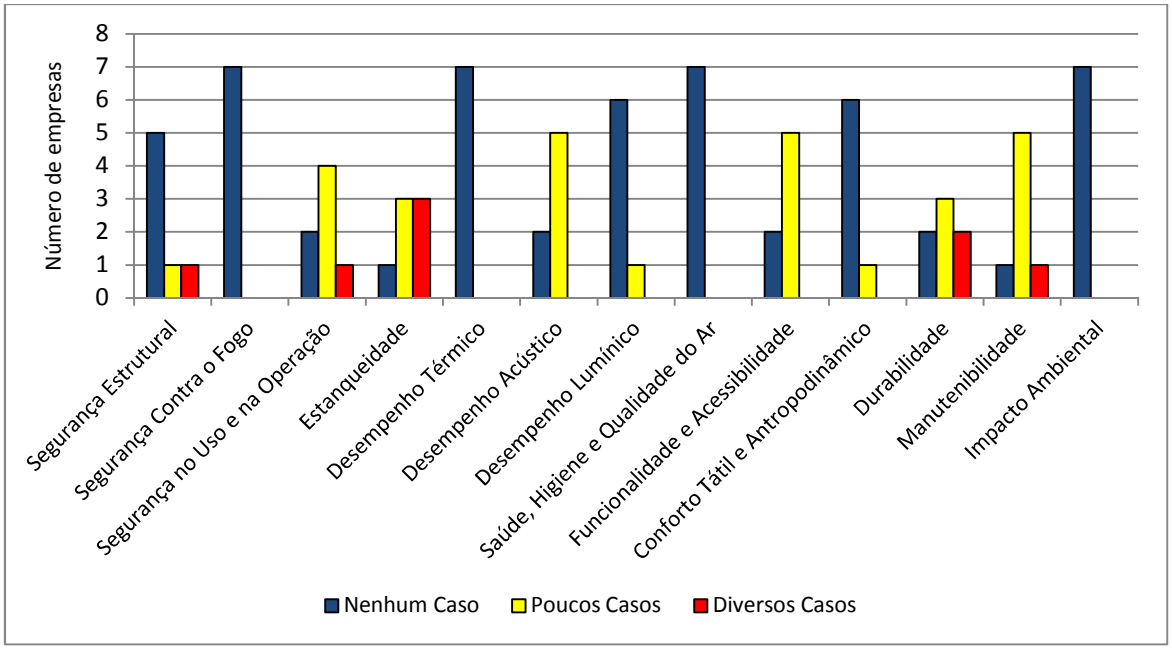
Fonte: Os autores

4.3 Sobre o histórico de desempenho de obras

Das empresas pesquisadas, quatro citaram terem sido acionadas judicialmente em função de falhas no desempenho de obras entregues. Uma das empresas não respondeu a esta questão e as demais informaram não ter passado por tal situação. Embora não tenha sido arguido sobre o mérito e o resultado final destas ações, mostra-se relevante a informação de que dois terços das empresas que responderam terem sido questionadas judicialmente com relação ao desempenho de suas obras, especialmente quando se coloca em perspectiva um aumento das demandas judiciais em consequência da NBR 15575:2013.

Quando questionadas sobre falhas de desempenho de edificações executadas anteriormente, tendo por base informações de clientes e avaliações técnicas realizadas, foi apontado que os maiores números de casos estavam relacionados à estanqueidade (índice em 6,43), seguida por durabilidade e manutenibilidade (com índices em 5,00). Sobre o desempenho acústico, cinco empresas citaram terem identificado poucos casos de falhas relativas a tal aspecto (índice em 3,57). Nenhuma das empresas pesquisadas citou casos de falhas relativas a desempenho térmico, segurança contra fogo, saúde, higiene e qualidade do ar e impacto ambiental (índice em 0,00). Resultados citados nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Número de casos de falhas relacionados a requisitos específicos da NBR 15575:2013



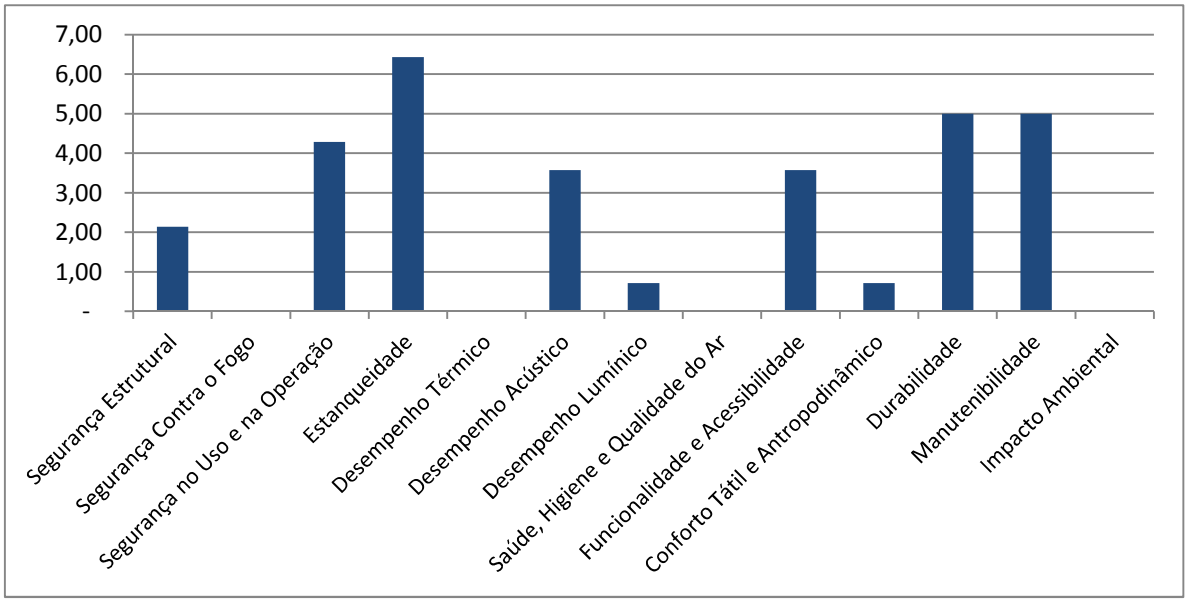
Fonte: Os autores

Índices relativos ao número de falhas calculados por:

Índice sobre Número de Falhas = (NN x 0 + NP x 5 + ND x 10) / NT (3)

, onde NN = número de respostas apontando nenhum caso de falha
NP = número de respostas apontando poucos casos de falha
ND = número de respostas apontando diversos casos de falha
e NT = número total de respostas

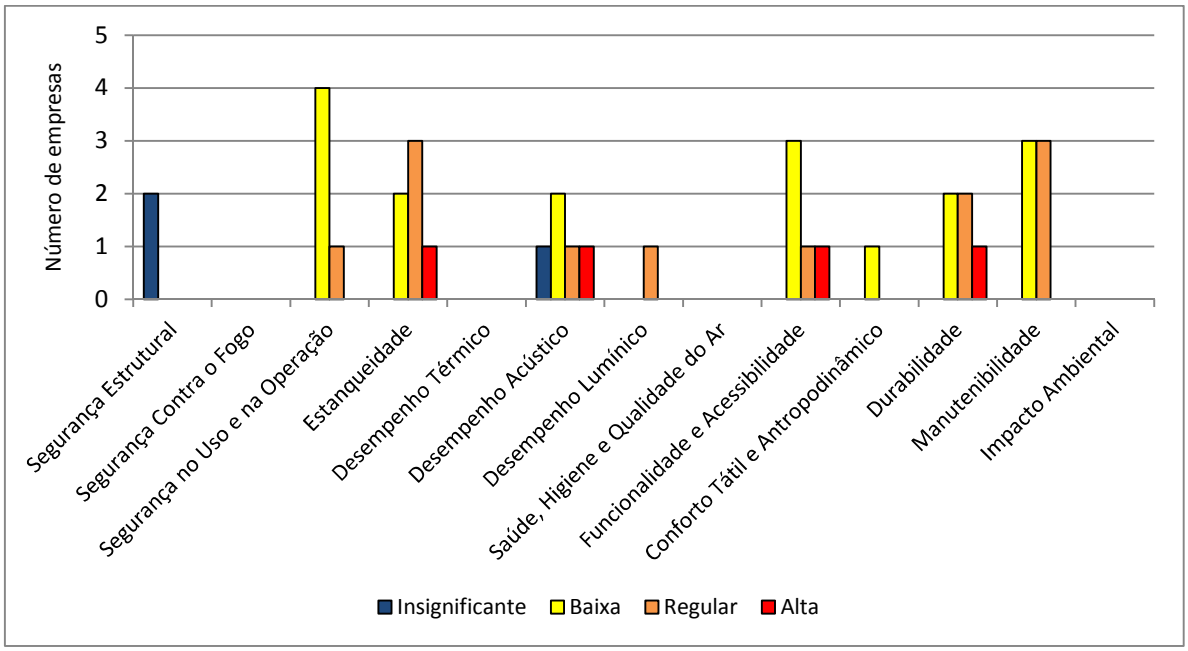
Figura 7 – Índices calculados sobre números de casos de falhas relacionados a requisitos específicos da NBR 15575:2013



Fonte: Os autores

Já com relação à relevância identificada para estas falhas, o aspecto mais significativo citado pelas empresas pesquisadas também é o da estanqueidade (índice de 4,43), seguida pela durabilidade (com índice em 3,71). Para o desempenho acústico, uma das empresas caracterizou casos de falha com alta relevância (índice 3,14). Os resultados desta questão são apresentados nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Relevância de casos de falhas relacionados a requisitos específicos da NBR 15575:2013



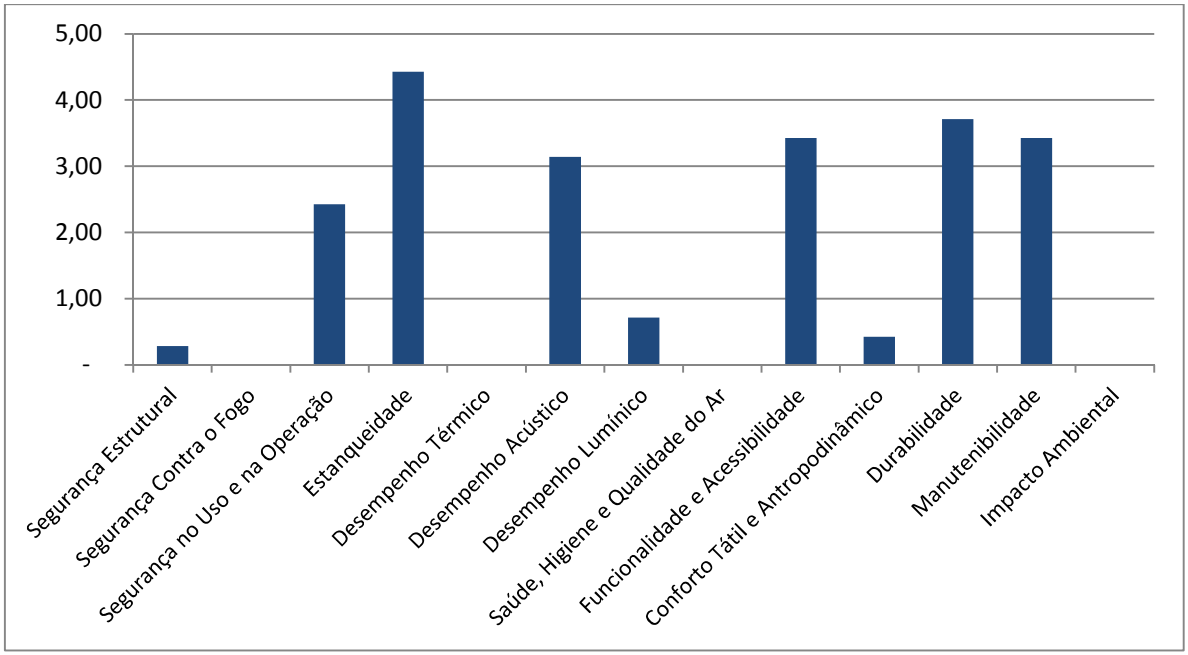
Fonte: Os autores

O índice relativo à relevância das falhas identificadas é calculado pela seguinte expressão:

$$\text{Índice sobre Relevância de Falhas} = (NN \times 0 + NI \times 1 + NB \times 3 + NR \times 5 + NA \times 10) / NT \quad (4)$$

, onde NN = número de respostas apontando nenhum caso de falha
NI = número de respostas apontando falhas insignificantes
NB = número de respostas apontando falhas de relevância baixa
NR = número de respostas apontando falhas de relevância regular
NA = número de respostas apontando falhas de relevância alta
e NT = número total de respostas

Figura 9 – Índice calculado para relevância de casos de falhas relacionados a requisitos específicos da NBR 15575:2013



Fonte: Os autores

Questionadas sobre a realização de vistorias técnicas em obras entregues, duas empresas informaram realizar tais avaliações, com apenas uma delas formalizando em registros tais vistorias. Tais vistorias técnicas teriam por finalidade a identificação de informações sobre o desempenho do edifício e suas partes e sobre padrões de uso, operação e manutenção adotados pelos usuários. As demais empresas citaram não realizar tais vistorias.

Quanto à realização de ensaios, inspeções ou avaliações de desempenho de algum dos sistemas construtivos utilizados em obras das empresas com relação aos requisitos das normas NBR 15575:2013, cinco delas citaram a realização de avaliações de conforto acústico, o que confirma o maior índice de preocupação identificado na pesquisa com relação ao desempenho acústico, e duas informaram que foram executados ensaios para avaliação de guarda-corpos.

Uma das respostas a esta questão aponta um dado interessante: um dos ensaios, inspeções ou avaliações de desempenho identificados foi a realização de ensaios de controle tecnológico do concreto. Adequadamente enquadrada como controle do desempenho estrutural, estes ensaios apresentam-se tão naturais às rotinas construtivas que nas demais empresas não foram citadas como algo relacionado à NBR 15575:2013. Talvez no futuro, esta situação se repita para diversos outros ensaios.

Sobre a realização de pesquisas bibliográficas e consulta a especialistas questionando a conformidade dos sistemas construtivos empregados, uma das empresas citou o levantamento de informações sobre desempenho térmico, enquanto outra empresa apontou o uso de dados apresentados no

guia CBIC (CBIC, 2013) e de material de referência apresentado por consultores.

4.4 Sobre inovações tecnológicas e mudanças em processos

Solicitadas a identificar inovações tecnológicas e mudanças em processos desenvolvidos a partir de 2010, as empresas pesquisadas relataram as situações sinteticamente descritas na Figura 10.

Figura 10 – Relato sobre inovações tecnológicas e mudanças em processos adotadas em função da NBR 15575:2013



Fonte: Os autores

Nota-se que as soluções abordadas ocorrem de modo pulverizado, não havendo modificações incorporadas em todas as empresas em um só momento. Chamam a atenção a preocupação com a revisão de manuais de uso e operação de edifícios, com reflexos na durabilidade e manutenibilidade; a adoção de projetos de guarda-corpos; o uso de mantas acústicas em laje, visando a melhoria do conforto acústico; a adequação dos edifícios à norma de acessibilidade; e a alteração do processo de execução da impermeabilização em lajes descobertas, relativa à questão da estanqueidade. Houve uma única ação apontada com relação à

estanqueidade de fachadas, relativa à adoção de silicone na montagem de esquadrias de janelas.

Algumas questões surgem a partir destes dados, que podem ser objeto de investigações futuras:

- Tais mudanças nos processos construtivos eram realmente necessárias, ou foram resposta a um receio infundado ou a uma solução colocada no mercado, sem necessariamente ter havido uma avaliação do desempenho da solução construtiva anteriormente adotada?
- Não haveria outros aspectos que deveriam ser priorizados, quanto à adoção de soluções de desempenho (por exemplo, relativas à estanqueidade de fachadas)?
- Até que ponto a adoção de inovações tecnológicas e mudanças em processos construtivos têm sido implementadas com base em uma visão sistêmica do processo construtivo, com a avaliação do desempenho das soluções propostas e suas interações com os demais elementos construtivos relacionados e buscando evitar novas patologias originadas na adoção destas soluções?

4.5 Sobre projetistas, laboratórios e fornecedores de materiais

Ao serem questionadas sobre a comunicação formal de requisitos de desempenho a projetistas e sobre a necessidade de cumprimentos de normas técnicas relacionadas a cada especialidade técnica, as empresas pesquisadas não apresentaram respostas homogêneas. Duas delas citaram que não há esta comunicação formal; enquanto outras três citaram que há sempre menção a normas técnicas, porém sem a caracterização de requisitos de desempenho; e outras duas apontaram não haver uniformidade nesta comunicação.

Foi questionado se as empresas tinham convicção e confiavam que os projetos utilizados para execução de suas obras atendem às normas técnicas aplicáveis a cada especialidade técnica, cinco empresas responderam que sim, enquanto duas informaram confiar parcialmente.

Este nível de confiança vai de encontro às respostas ao ponto seguinte: questionados com relação à qualificação dos projetistas atuantes no mercado local no sentido de incorporar em seus projetos os requisitos definidos nas normas NBR 15575:2013, todas as empresas responderam que esta situação é atendida apenas parcialmente.

Quando questionadas sobre a qualificação de laboratórios e profissionais disponíveis no mercado local para a realização de ensaios e análises relacionados aos requisitos de desempenho definidos nas normas NBR 15575:2013, cinco empresas responderam que tais empresas estão apenas parcialmente qualificadas. Outras duas empresas disseram não saber informar.

O mesmo ocorre quando questionadas sobre a qualificação de empresas e profissionais disponíveis no mercado local para assessoria na busca de

soluções gerenciais e tecnológicas relacionadas aos requisitos definidos nas normas, sendo que seis empresas citaram que esta qualificação é parcial, enquanto a sétima empresa negou que haja empresas qualificadas.

Deste modo, evidencia-se que, do ponto de vista das empresas pesquisadas, há carência em nível local de projetistas, laboratórios e consultores qualificados para atuar na implementação da NBR 15575:2013.

Quanto a fornecedores de materiais e componentes, a comunicação formal sobre a necessidade de cumprimento de normas técnicas pertinentes foi citado como um processo rotineiro, com uma única exceção, sendo tal situação esperada em virtude dos sistemas de gestão da qualidade certificados.

Por outro lado, todas as empresas citaram que apenas alguns dos fornecedores de materiais e componentes atuantes no mercado local podem informar as características de desempenho de seus produtos, o que reflete sua incapacidade de atender às normas NBR 15575:2013.

5 CONCLUSÕES

Consolidando os resultados identificados na realização desta pesquisa, consideradas as limitações em termos de amostragem e abrangência geográfica das empresas pesquisadas, tem-se que:

- A maior preocupação das empresas construtoras e incorporadoras pesquisadas repousa sobre o desempenho acústico das edificações, no qual se alcança o maior índice de preocupação, ao mesmo tempo em que se aponta um baixo nível de conhecimento e se identifica a implementação de avaliações e soluções construtivas;
- As falhas de desempenho mais significativas se referem à estanqueidade, tanto em termos de quantidade de casos identificados como em relevância;
- Na visão das empresas pesquisadas, os projetistas, fornecedores de materiais, laboratórios e consultores atuantes no mercado local não se encontram plenamente qualificados para atuar e auxiliar na implementação das normas NBR 15575:2013;
- As empresas pesquisadas entendem que atualmente atendem à maior parte dos requisitos de desempenho, refletida na confiança na qualidade dos projetos utilizados.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações habitacionais: desempenho** (coletânea eletrônica). Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 4 fev. 2014.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**, dissertação de mestrado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

BRASIL. **Lei nº 8.078**, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078.htm>. Acesso em: 28 fev. 2015. Set. 1990.

CBIC, CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**, 2ª. ed. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MODELO DE ANÁLISE DE RISCOS BASEADA EM MATEMÁTICA FUZZY PARA SUPORTE À GESTÃO DO DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS[1]

OTERO, Juliano Araújo (1); SPOSTO, Rosa Maria (2)

(1) UnB PECC, e-mail: juliano.otero@gmail.com; (2) UnB PECC, e-mail: rmsposto@unb.br

RESUMO

As normas brasileiras ABNT NBR 15575:2013 definem as características que edificações habitacionais devem apresentar para atender adequadamente às necessidades de seus usuários. Em função da extensão e da complexidade dos assuntos tratados, assim como dos custos envolvidos em sua aplicação, a correta implementação destas normas tem sido fator preocupante para empresas construtoras e incorporadoras. Com o objetivo de dar suporte a uma abordagem sistêmica e objetiva das normas de desempenho, este artigo apresenta um modelo de análise de riscos voltado para a tomada de decisões sobre aspectos que devem ser considerados prioritários, fundamentada na avaliação dos níveis de risco correlatos, e da definição de ações para garantia do desempenho, considerando o equilíbrio entre efetividade e custos destas ações. Este modelo fundamenta-se no processo de gestão de riscos definido pela norma NBR ISO 31000:2009, com uso da técnica de Análise de Árvore de Falhas e, em função da escassez de dados históricos e do caráter variável do desempenho das edificações, de informações processadas a partir da Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*.

Palavras-chave: Desempenho de edificações habitacionais. Análise de riscos. Matemática *fuzzy*.

ABSTRACT

Brazilian standards NBR 15575:2013 define the characteristics that residential buildings must provide to meet adequately the needs of its users. Given the extent and complexity of the issues dealt with, as well as involved costs, the correct implementation of these standards has been worrisome for construction and developers companies. Aiming to support a systematic and objective approach to performance standards, this article presents a risk analysis model focused on decision-making on priority issues, based on an evaluation of related risk levels, and about determining actions for performance guarantee, considering the balance between of these actions effectiveness and costs. This model is based on the risk management process defined by the standard ISO 31000:2009, using Fault Tree Analysis technique and, due to the lack of historical data and the variable nature of the performance of buildings, information processed by Fuzzy Sets Theory.

***Keywords**: Residential building performance. Risk analysis. Fuzzy mathematics.*

[1] OTERO, Juliano Araújo; SPOSTO, Rosa Maria. Modelo de análise de riscos baseada em matemática *fuzzy* para suporte à gestão do desempenho de edificações habitacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

As normas NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho estabelecem requisitos e critérios para o desempenho das edificações habitacionais brasileiras, baseados nas necessidades de seus usuários, aplicadas independentemente das dimensões do edifício ou dos sistemas construtivos e materiais que o constituem (ABNT, 2013). Sua implementação efetiva envolve mudanças significativas nas atividades do setor de construção habitacional relacionadas a concepção do empreendimento, contratação, desenvolvimento de projetos, execução de obras e manutenção das edificações (BORGES, 2008).

Tendo em vista a quantidade, abrangência e complexidade das ações relacionadas à garantia do desempenho das edificações habitacionais, assim como as limitações de recursos disponíveis, empresas construtoras e incorporadoras devem utilizar uma abordagem sistêmica e objetiva dos processos envolvidos na implantação das normas NBR 15575:2013, com a identificação de aspectos prioritários e gerenciamento das ações definidas. Neste sentido, este artigo descreve as principais características de um modelo de análise de riscos desenvolvido com o objetivo de subsidiar tal abordagem.

As informações apresentadas neste artigo são parte dos resultados finais de pesquisa de doutorado em desenvolvimento no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília – UnB PECC.

2 IMPLANTAÇÃO DAS NORMAS DE DESEMPENHO NBR 15575:2013

As normas NBR 15575:2013 estruturam-se em seis partes, sendo uma primeira relativa a requisitos gerais e as demais envolvendo sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais, sistemas de coberturas e sistemas hidrossanitários. Além destes, outros sistemas construtivos, como sistemas de fundações, instalações elétricas, instalações de gás e de proteção contra descargas atmosféricas, apesar de não se apresentarem como partes específicas destas normas, são referenciadas por meio de normas prescritivas correlatas (ABNT, 2013).

Nelas são estabelecidos requisitos e critérios para o desempenho de edificações habitacionais, baseados nas necessidades de usuários, incluindo aspectos relacionados a segurança estrutural, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação, estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico, durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental. Cada um destes aspectos de desempenho é desdobrado em requisitos, expressos qualitativamente, que por sua vez são especificados em termos objetivos como critérios para fundamentar sua avaliação (ABNT, 2013).

Em função das características da obra em análise e do contexto envolvido,

requisitos distintos apresentam probabilidades diferentes de não serem atendidos. Obras executadas com base em projetos fundamentados, com informações de desempenho conhecidos, assim como materiais e métodos de execução adequados, possuem uma menor probabilidade de apresentar falhas, enquanto processos inadequados ou mesmo com falta de informações podem elevar a probabilidade de falhas.

Em outro sentido, há aspectos de desempenho cujo não atendimento representa consequências muito mais severas que outras, por exemplo, comparando falhas relativas a segurança estrutural e ao conforto térmico.

A combinação da probabilidade do não atendimento de determinado requisito com suas consequências representa seu nível de risco. Como diferentes requisitos de desempenho representam diferentes níveis de risco, esta variável pode ser utilizada como referência durante a implementação das normas NBR 15575:2013, contribuindo tanto na tomada de decisões sobre aspectos prioritários como na análise do equilíbrio técnico-econômico das ações a serem desenvolvidas.

3 GESTÃO DE RISCOS

O planejamento de determinado processo raramente engloba todos os eventos que podem afetar seus resultados. Em seu transcorrer, podem surgir situações desconhecidas, eventos sobre os quais não se possui pleno entendimento ou mesmo eventos cujas informações intrínsecas não são conhecidas ou acessíveis, provocando alterações nos resultados do processo. A ocorrência destes eventos e sua influência sobre os objetivos da atividade estão relacionadas ao conceito de risco.

De acordo com a NBR ISO 31000:2009, risco é definido como o efeito, positivo ou negativo, das incertezas sobre um objetivo, sendo que incertezas correspondem a situações de deficiências nas informações sobre determinado evento, em sua compreensão e no próprio conhecimento, em termos de probabilidade e de consequências, deste evento (ABNT, 2009).

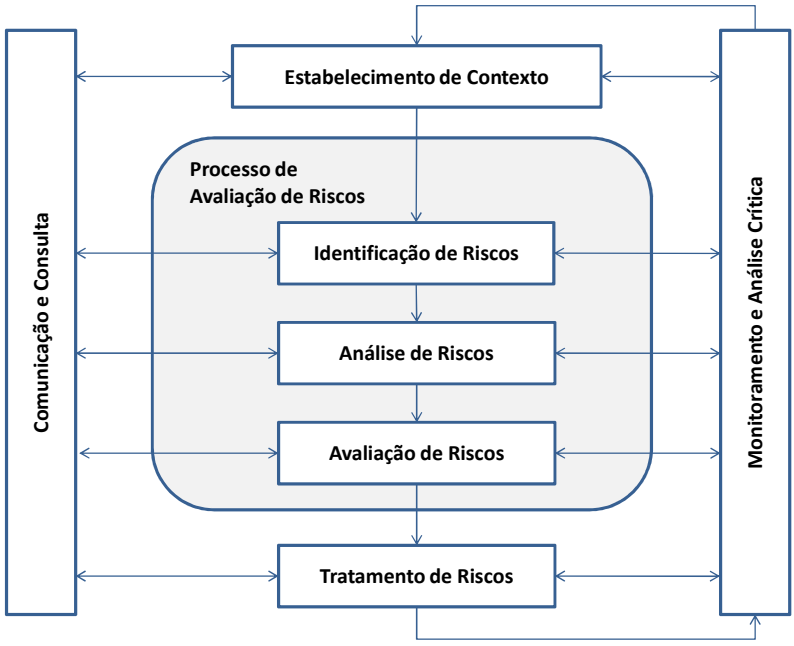
O risco tem sua dimensão caracterizada pelo nível de risco, que por sua vez é definida pela combinação entre as probabilidades e consequências associadas ao risco (ABNT, 2009). Normalmente o nível de risco é definido pelo produto entre probabilidade e consequências, no entanto, dependendo da aplicação e da técnica de análise, pode envolver outros parâmetros como base para a avaliação dos riscos (TAROUN, 2014).

Cada processo possui um nível de risco diferente e este valor pode ser utilizado para comparação entre diferentes riscos, definindo aqueles prioritários. Além disso, cada organização pode definir critérios distintos para avaliação dos riscos, incluindo, por exemplos, limites para níveis de risco aceitáveis ou consequências admissíveis, além dos quais se tornaria obrigatória a adoção de ações para tratamento.

3.1 Gestão de riscos segundo a NBR ISO 31000:2009

A NBR ISO 31000:2009 descreve a gestão de risco como uma sequência de processos envolvendo a caracterização do contexto pertinente, a identificação dos riscos correlatos, a análise, a avaliação e o tratamento destes riscos, continuamente retroalimentados por informações em comunicações e consultas e por decisões originadas em monitoramento e análise crítica. A Figura 1 descreve graficamente este modelo.

Figura 1 – Processo de gestão de riscos segundo a NBR ISO 31000:2009



Fonte: ABNT (2009)

As etapas deste processo são assim descritas:

- Estabelecimento de contexto – Identificação de informações referentes ao contexto interno e externo associado aos riscos;
- Identificação de riscos – Caracterização de riscos, com a identificação de fontes de risco, de eventos de origem, assim como suas causas e consequências potenciais, envolvendo dados históricos, análises teóricas e opiniões de profissionais e especialistas;
- Análise de riscos – Compreensão da natureza do risco e caracterização do nível de risco envolvido, fornecendo a base para avaliação dos riscos e decisões para tratamento dos riscos;
- Avaliação de riscos – Comparação dos resultados do processo de análise de riscos com os critérios definidos pela organização para definir níveis de risco toleráveis ou não, com a identificação da necessidade de tratamento dos riscos;
- Tratamento de riscos – Modificação dos riscos, envolvendo a eliminação, prevenção, mitigação e redução de riscos;
- Monitoramento e análise crítica – Determinação da adequação,

suficiência e eficácia do processo de avaliação de riscos, executadas continuamente;

- Comunicação e consulta – Obtenção, fornecimento e compartilhamento de informações com outras organizações e partes interessadas com relação ao gerenciamento de riscos (ABNT, 2009).

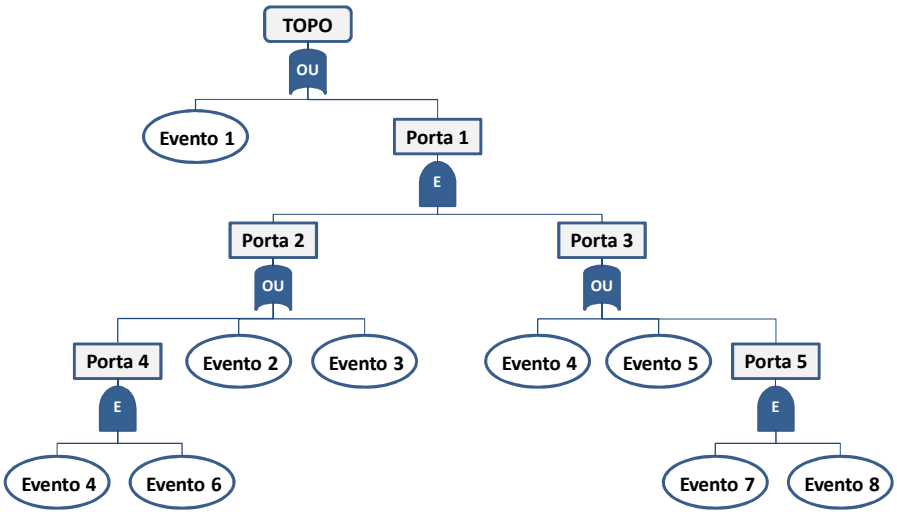
As consequências relacionadas a determinado risco podem trazer em si algum grau de incerteza, não sendo definitiva sua ocorrência quando o risco surge (ABNT, 2009). Em sua caracterização, pode ser utilizado o conceito de probabilidade condicional, que se lê como a probabilidade da consequência ocorrer quando o risco se confirma.

A definição de ações adequadas para tratamento de riscos envolve o equilíbrio entre seus custos e esforços de implementação e seus resultados. Por outro lado, devem ser considerados de forma diferenciada riscos que demandam tratamento economicamente não justificável, como no caso de riscos relacionados a consequências extremamente severas com baixíssima probabilidade de ocorrência (ABNT, 2009).

3.2 Análise de Árvore de Falhas

A Análise de Árvore de Falhas, reconhecida pela sigla FTA, se apresenta como um método lógico baseado em diagramas para avaliação da probabilidade de ocorrência de um evento final, evento de topo, como resultado de sequências e combinações da ocorrência de falhas relacionadas a eventos básicos de origem (ver Figura 2). O método faz uso de informações sobre probabilidades relacionadas a cada um destes eventos básicos e, por meio de operadores lógicos, realiza a propagação destas incertezas para definição da probabilidade do evento final (SURESH *et al.*, 1996; PAN & YUN, 1997).

Figura 2 – Exemplo de estrutura de Análise de Árvore de Falhas



Fonte: adaptado de SURESH *et al.* (1996)

Três operadores lógicos são utilizados em análises de árvores de falhas: operador "E", que indica que todos os eventos ligados devem ocorrer para que o resultado seja estabelecido; operador "OU", no qual a ocorrência de qualquer dos eventos ligados gera o resultado; e operador "NEG", de negativo, que define que o resultado só surgirá se os eventos ligados a ele não ocorrerem. Sendo p_i a probabilidade relacionada a cada evento básico ligado ao operador, a probabilidade P do evento resultante se fundamenta nas seguintes expressões (SINGER, 1990)[2]:

$$P^{e} = \prod_{i} p_i \tag{1}$$

$$P^{ou} = 1 - \prod_{i} (1 - p_i) \tag{2}$$

$$P^{neg} = 1 - p_i \tag{3}$$

4 TEORIA DOS CONJUNTOS *FUZZY*

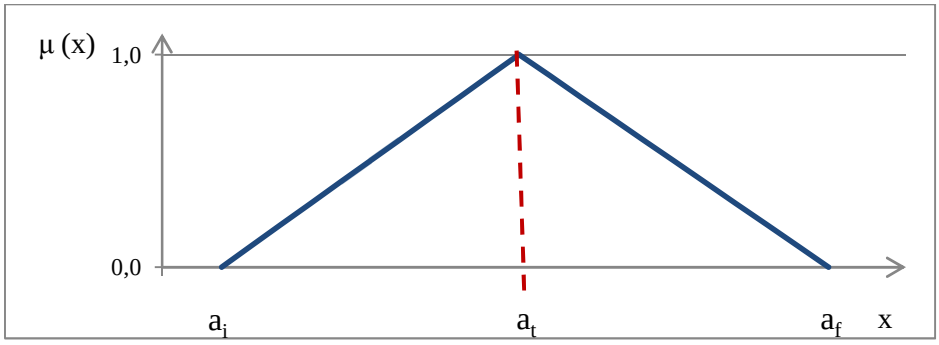
Ao se trabalhar com questões de alta complexidade ou com deficiências em termos de definição, nos quais se acaba por dar à precisão uma posição secundária frente a seu entendimento, torna-se natural o uso de variáveis linguísticas, cujos valores não são números, mas sim palavras ou sentenças. Isto acaba por dar às informações envolvidas um caráter menos específico, ao mesmo tempo em que menos preciso, porém mais coerente e adequado na caracterização aproximada desta situação complexa ou pouco conhecida (ZADEH, 1975).

A teoria dos conjuntos *fuzzy* provê uma série de ferramentas teóricas para lidar com conceitos expressos por meio da linguagem. Conjuntos *fuzzy* permitem a representação de conceitos vagos ou inexatos expressos em termos linguísticos por meio de números *fuzzy*, dando-lhes uma representação matemática quantitativa dentro de determinado contexto, denominada função de pertinência, que permite a realização de operações matemáticas e fundamenta diversas aplicações (KLIR &YUAN, 1995).

Números *fuzzy* triangulares, ao lado dos números *fuzzy* trapezoidais, são aqueles mais comumente utilizados, sendo denominados assim pela forma da função de pertinência associada (KLIR &YUAN, 1995). A Figura 3 apresenta um número fuzzy triangular expresso por A (a_i,a_t,a_f).

[2] O pi maiúsculo Π representa o operador matemático "produtório", que estabelece a multiplicação de todos os termos envolvidos na expressão, semelhante ao que o operador "somatório", representado pelo sigma maiúsculo Σ, faz em relação à adição.

Figura 3 – Representação de um número fuzzy triangular A (a_i,a_t,a_f)



Fonte: Adaptado de KLIR &YUAN (1995)

As operações matemáticas[3] de adição e subtração de números *fuzzy* triangulares A (a_i,a_t,a_f) e *B* (b_i,b_t,b_f) são bastante simples, resultando em novos números *fuzzy* triangulares e sendo assim descritas (CHEN, 1994):

$$A \oplus B = (a_i+b_i, a_t+b_t, a_f+b_f) \quad (4)$$

$$A \ominus B = (a_i-b_f, a_t-b_t, a_f-b_i) \quad (5)$$

A multiplicação se mostra como uma operação mais complexa, no entanto pode ser reduzida a uma aproximação linear, que define a multiplicação dos números *fuzzy* triangulares por (CHEN, 1994):

$$A \otimes B = (a_i \times b_i, a_t \times b_t, a_f \times b_f) \quad (6)$$

Após a realização de todas as operações com números *fuzzy*, o resultado, que se apresenta como um número *fuzzy* resultante, normalmente tem que ser sintetizado e expresso por um valor único que o melhor represente, a fim de fundamentar determinada ação ou a tomada de decisões, num processo de decodificação denominado defuzzificação.

4.1 Probabilidade condicional *fuzzy*

A notação para probabilidade condicional é P(A | B), lida como a probabilidade de A dado B, ou, a probabilidade de A ocorrer se B tiver ocorrido. No modelo proposto, faz-se uso da probabilidade condicional na caracterização das incertezas relacionadas às consequências do risco. A probabilidade condicional *fuzzy* é calculada segundo a seguinte expressão (ZADEH,1984):

$$\mathrm{FP}\{X = A, Y = B\} = \mathrm{FP}\{Y = B\} \otimes \mathrm{FP}\{X = A \mid Y = B\} \quad (7)$$

[3] $\oplus$, $\ominus$ e $\otimes$representam os operadores de adição, subtração e multiplicação aplicados a números *fuzzy*.

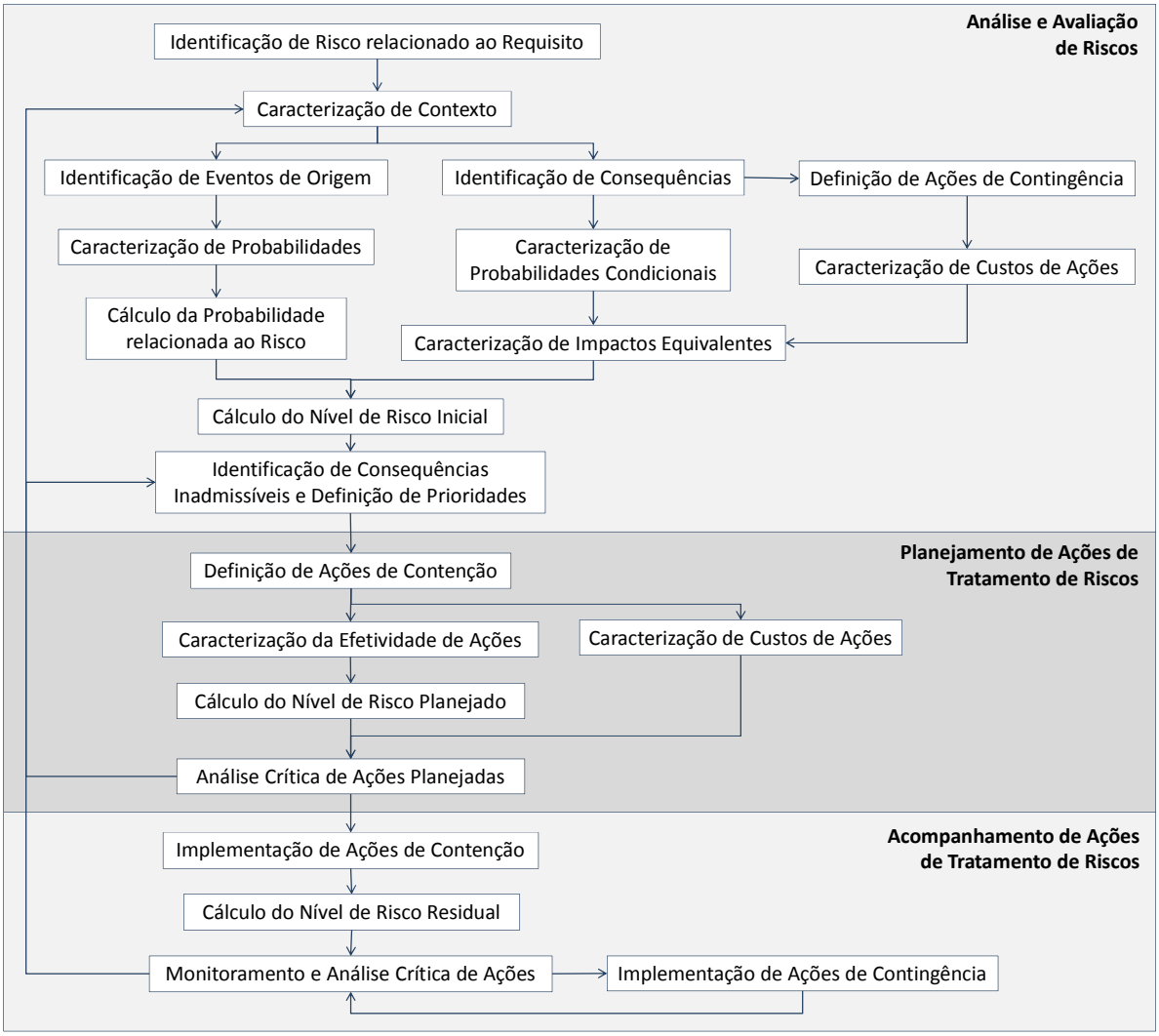
5 CARACTERIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

No âmbito da pesquisa desenvolvida, os riscos estão relacionados ao não cumprimento dos requisitos de desempenho das normas NBR 15575:2013.

Em razão da indisponibilidade de dados históricos significativos, informações sobre probabilidades e consequências associadas aos diferentes riscos, assim como aquelas sobre custos e efetividade das ações propostas, são caracterizadas e processadas como números *fuzzy*, definidos com base em conhecimentos de profissionais de engenharia, informações bibliográficas e dados históricos disponíveis.

O modelo desenvolvido fundamenta-se no processo de gestão de riscos definido pela NBR ISO 31000:2009 e apresenta três etapas distintas, cíclicas e relacionadas entre si (ver Figura 4).

Figura 4 – Fluxo de processos para fundamentação do modelo de análise de riscos desenvolvido



Fonte: Os autores

A primeira etapa corresponde à definição dos riscos relacionados a

determinado requisito de desempenho e do contexto em que se insere e à identificação, análise e avaliação destes riscos, desde o levantamento das probabilidades relacionadas a eventos de origem e das consequências associadas, com o cálculo dos níveis de risco correlatos a partir da técnica de Análise de Árvore de Falhas e com a definição de prioridades entre os riscos avaliados. Os quadros 1 e 2 exemplificam a aplicação destes processos sobre um requisito de desempenho.

Quadro 1 – Identificação de riscos e contextualização (exemplo)

1 – CARACTERIZAÇÃO DO RISCO	
1.1 – Requisito Normativo	
NBR 15575-4 - Item 10.1 - Para esquadrias externas, devem ser atendidas as especificações constante na norma NBR 10821-2 - Esquadrias externas para edificações - Parte 2: Requisitos e classificação.	
1.2 – Descrição do Risco	
Esquadrias utilizadas em obra não atenderem a NBR 10821-2	
2 – CONTEXTUALIZAÇÃO	
2.1 – Caracterização de Sistema Construtivo	
Uso de esquadrias de alumínio, adquiridas junto a fornecedores reconhecidos, fixado a partir de contramarco, com parede em alvenaria com reboco em argamassa de cimento nas duas faces.	
2.1.1 - Materiais e Componentes	Materiais comprados diretamente de fabricantes, com marcas reconhecidas no mercado. Atualmente não há relatório setorial disponível para este material no site do PBQP-H SiMaC.
2.1.2 - Recursos Humanos	Pessoal selecionado e treinado com base no sistema de gestão da qualidade.
2.1.3 - Máquinas e Equipamentos	-
2.1.4 - Projetos e Informações de Referência	Especificações estabelecidas por projetistas de arquitetura. Não há contratação de projetos específicos de esquadrias.
2.1.5 - Métodos Executivos e Operacionais	Setor de suprimentos tem acesso a informações de projeto por meio do orçamento executivo, sendo que na especificação de esquadrias de alumínio não há referência à norma NBR 10821-2.
2.1.6 - Medição e Controle	Esquadrias verificadas de acordo com critérios estabelecidos no âmbito do sistema de gestão da qualidade. Não há previsão específica da verificação do cumprimento da NBR 10821-2.
2.1.7 - Fatores Ambientais	-
2.1.8 - Manutenção	-

No Quadro 2, as consequências são identificadas por valores financeiros equivalentes, definido a partir de valores mínimo e máximo previstos, acompanhados de uma tendência de viés e correspondente ao número *fuzzy* triangular VFE definido por:

$$\mathrm{VFE} = (\min, [f \times (\max - \min) + \min], \max) \quad (8)$$

, onde min e max são os valores mínimo e máximo previstos e *f* assume valor igual a 0,2 para tendência ao menor valor, 0,8 para tendência ao maior valor ou 0,5 para tendência regular.

Quadro 2 – Definição de consequências e probabilidades associadas ao risco (exemplo)

3 - CONSEQUÊNCIAS RELACIONADAS AO RISCO						
Item	Descrição	Tipo de Impacto	Probabilidade Condicionada ao Risco	Impacto Financeiro Equivalente		
				Mínimo	Máximo	Tendência
C01	Substituição pontual de esquadria	Contingência	Baixa	1.200,00	10.000,00	Menor Valor
C02	Substituição de esquadrias em toda a obra	Contingência	Praticamente Nula	168.000,00	1.400.000,00	Menor Valor
C03	Deterioração de imagem da empresa	Institucional	Praticamente Nula	168.000,00	1.400.000,00	Menor Valor

4 - EVENTOS DE ORIGEM DO RISCO				
Item	Descrição	Conector	Tipo de Origem	Probabilidade
E01	Projetos com especificação de esquadrias em desacordo com NBR 10821-2	E1	Projeto e Informações	Baixa
E02	Aquisição não intencional de esquadrias em desacordo com NBR 10821-2	E1	Operações e Métodos	Regular
E03	Projetos com especificação de esquadrias conforme NBR 10821-2	E2	Projeto e Informações	NEG(E01)
E04	Equipe de compras não ter acesso a especificações de projeto para esquadrias	E2	Operações e Métodos	Alta
E05	Aquisição não intencional de esquadrias em desacordo com NBR 10821-2	E2	Operações e Métodos	Regular

As probabilidades condicionais associadas às consequências devem ser caracterizadas por expressões linguísticas relativas aos números *fuzzy* triangulares arbitrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Números fuzzy triangulares correspondentes às probabilidades condicionais para consequências dada a ocorrência do risco

Valor Linguístico	**Número Fuzzy PC**
Praticamente Nula	(0%,1%,2%)
Extremamente Baixa	(1%,5%,9%)
Muito Baixa	(5%,10%,15%)
Baixa	(10%,25%,40%)
Regular	(25%,50%,75%)
Alta	(60%,75%,90%)
Muito Alta	(85%,90%,95%)
Extremamente Alta	(90%,95%,100%)
Praticamente Certa	(98%,99%,100%)

A expectativa de consequências associadas ao risco deve ser calculada por meio da seguinte expressão:

$$\mathrm{EC} = \sum \mathrm{PC_i} \otimes \mathrm{VFE_i} \tag{9}$$

, onde i representa cada uma das consequências e ações de contingência relacionadas ao risco.

As probabilidades associadas são calculadas a partir da Análise de Árvore de Falhas, para a qual, com números *fuzzy* triangulares $P_i(p_{ii},p_{ti},p_{fi})$ caracterizando as probabilidades associadas a cada evento i, são definidas as seguintes expressões para operadores lógicos "E" e "OU" (CHEN, 1994):

$$\mathrm{FP^{e}}(p_i, p_t, p_f) = \left(\prod\nolimits_i p_{ii}\,, \prod\nolimits_i p_{ti}\,, \prod\nolimits_i p_{fi}\right) \tag{10}$$

$$\mathrm{FP^{ou}}(p_i, p_t, p_f) = \left(1 - \prod\nolimits_i (1 - p_{fi})\,, 1 - \prod\nolimits_i (1 - p_{ti})\,, 1 - \prod\nolimits_i (1 - p_{ii})\right) \tag{11}$$

Para o operador "NEG", utiliza-se a seguinte expressão:

$$\mathrm{FP^{neg}}(p_i, p_t, p_f) = (1 - p_f, 1 - p_t, 1 - p_i) \tag{12}$$

As probabilidades associadas aos eventos de origem são caracterizadas por expressões linguísticas relativas aos números *fuzzy* triangulares arbitrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Números *fuzzy* triangulares correspondentes às probabilidades associadas a eventos de origem do risco

Valor Linguístico	Número FuzzyP
Praticamente Nula	(0%,0,01%,0,02%)
Extremamente Baixa	(0,05%,0,1%,0,15%)
Muito Baixa	(0,5%,1%,1,5%)
Baixa	(2,5%,5%,7,5%)
Regular	(5%,10%,15%)
Alta	(10%,20%,30%)
Muito Alta	(15%,30%,45%)
Extremamente Alta	(25%,50%,75%)
Praticamente Certa	(80%,90%,100%)

O nível de risco é definido pelo produto fuzzy entre a probabilidade resultante da Análise da Árvore de Falhas e a expectativa de consequências relativas ao risco, nesta primeira etapa correspondente ao nível de risco original citado no Quadro 4.

Nesta pesquisa, a defuzzificação dos resultados utiliza o conceito do centro geométrico do triângulo definido pelo número *fuzzy* $A(a_i,a_t,a_f)$, expresso por:

$$\mathrm{A_{defuzz}} = \frac{a_i + a_t + a_f}{3} \tag{13}$$

A avaliação dos riscos, com a definição daqueles considerados prioritários, fundamenta-se no níveis de risco identificado para os diferentes requisitos de desempenho e em situações em que são identificadas consequências inadmissíveis, que devem ser ponderadas por cada organização.

A segunda etapa envolve o planejamento de ações para redução das probabilidades relativas aos eventos de origem dos riscos priorizados, com a previsão de seus custos e sua efetividade, definida pela redução da probabilidade de falha relacionada a determinado evento de origem, com reflexos na probabilidade resultante associada ao risco. A seleção destas ações deve considerar o balanceamento entre estes termos, com uso de indicadores relativos à razão e à diferença entre a redução do nível de risco alcançada e os custos das ações envolvidas.

Na terceira etapa, realiza-se o acompanhamento da implantação e efetividade das ações planejadas, com a alteração de sua situação de planejamento e implantação e realimentação das etapas anteriores, especialmente com relação à efetividade e custos das ações implantadas.

O quadro 3 exemplifica a aplicação destas etapas, devendo ser ressaltada a redução das probabilidades planejadas e executadas dos eventos de origem envolvidos.

Quadro 3 – Definição de ações para tratamento do risco (exemplo)

6 - AÇÕES DE CONTENÇÃO PARA EVENTOS DE ORIGEM						
E01	Projetos com especificação de esquadrias em desacordo com NBR 10821-2.		Probabilidade Original	Probabilidade Planejada		Probabilidade Alcançada
			5,00%	0,58%		5,00%
Item	Descrição	Efetividade Esperada	Custo Esperado			Situação de Planejamento e Implantação
			Mínimo	Máximo	Tendência	
PA 01	Elaboração de lista de verificação para projetos de esquadrias	Muito Efetivo	100,00	166,67	Menor Valor	Planejado, Não Executado
E02/ E05	Aquisição não intencional de esquadrias em desacordo com NBR 10821-2.		Probabilidade Original	Probabilidade Planejada		Probabilidade Alcançada
			10,00%	0,72%		1,17%
Item	Descrição	Efetividade Esperada	Custo Esperado			Situação de Planejamento e Implantação
			Mínimo	Máximo	Tendência	
PA 03	Atualização da base de dados para compras incluindo normas técnicas pertinentes a todos os materiais	Efetividade Regular	250,00	500,00	Menor Valor	Planejado, Não Executado
PA 02	Alteração de Ficha de Verificação de Material para esquadrias	Muito Efetivo	50,00	75,00	Menor Valor	Execução Concluída

O Quadro 4 apresenta resultados sobre probabilidades, consequências e níveis de riscos calculados nestas três etapas, devendo ser ressaltados os reflexos das ações nas probabilidades e os índices "saldo" e "relação" utilizados para balanceamento entre custos de ações e redução do nível de risco.

Quadro 4 – Resultados de análise do risco associado ao requisito de desempenho (exemplo)

5 - NÍVEIS DE RISCO	
Nível de Risco Original	**1.164,80**
Probabilidade Original	**2,81%**
Consequências (condicionado ao risco)	23.049,33
Nível de Risco Planejado	**100,98**
Redução Planejada do Nível de Risco	1.063,82
Probabilidade Planejada	0,20%
Custo de Ações de Contenção Planejadas	536,67
Saldo entre Redução do Nível de Risco e Custo de Ações	527,15
Relação entre Redução do Nível de Risco e Custos de Ações	1,98
Nível de Risco Alcançado	**172,38**
Redução Alcançada do Nível de Risco	992,42
Probabilidade Alcançada	0,37%
Custo de Ações de Contenção Executadas	60,00
Saldo entre Redução do Nível de Risco e Custo de Ações	932,42
Relação entre Redução do Nível de Risco e Custos de Ações	16,54

Para fins de aplicação, o modelo de análise de risco foi estruturado em uma planilha eletrônica, elaborada com o *software* Microsoft Office Excel 2007.

6 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou, em linhas gerais, um modelo desenvolvido para análise de riscos relacionados ao desempenho de edificações habitacionais, permitindo a caracterização destes riscos e a definição de prioridades e ações voltadas para o desempenho a partir de uma base formal de análise. Neste sentido, a aplicação da Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*, ao traduzir conhecimentos subjetivos em funções matemáticas que podem ser processadas e gerar dados concretos para avaliação, se mostra como alternativa importante num cenário com poucas referências históricas sobre a questão do desempenho.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000**: Gestão de riscos – Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR ISO 31010**: Gestão de riscos – Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **Edificações habitacionais: desempenho** (coletânea eletrônica). Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 4 fev. 2014.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**, dissertação de mestrado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

CHEN, Shyi-Ming. Fuzzy system reliability analysis using fuzzy number arithmetic operations. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 64, p. 31-38. Elservier Science, 1994.

KLIR, George J. & YUAN, Bo. **Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications**. New Jersey (USA): Prentice Hall, 1995.

PAN, Han Suk & YUN, Won Young. Fault tree analysis with fuzzy gates. **Computers & Industrial Engineering**, proceedings of 1996 ICC&IC, v. 33, n. 3-4, p. 569-572. Elsevier Science, 1997.

SINGER, D. A fuzzy set approach to fault tree and reliability analysis. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 34, p. 145-155. Elsevier Science, 1990.

SURESH, P.V.; BABAR, A.K. & VENKAT RAJ, V. Uncertainty in fault tree analysis: A fuzzy approach. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 83, p. 135-141. Elsevier Science, 1996.

TAROUN, Abdulmaten. Towards a better modelling and assessment of construction risk: Insights from a literature review. **International Journal of Project Management**, v. 32, p. 101-115. Elsevier, 2014.

ZADEH, Lofti A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I. **Information Sciences**, v. 8, p. 199-249. American Elsevier, 1975.

_____. Fuzzy probabilities. **Information Processing & Management**, v. 20, n. 3, p. 363-372. Pergamon Press, 1984.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ACONDICIONAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

OVIEDO HAITO, Ricardo Juan José (1); CARDOSO, Francisco Ferreira (2)

(1) USP, e-mail: mltca1@yahoo.com; (2) USP, e-mail: francisco.cardoso@poli.usp.br

RESUMO

As empresas executoras de serviços de obras (EES), ou subempreiteiras, têm consolidado a sua participação nas operações nos canteiros de obras. Diversos estudos discutem que os resultados das EES, no geral, não são os melhores que se poderiam alcançar. Isto, por um lado, porque algumas EES carecem de recursos e competências necessários. Por outro lado, não obstante existirem EES que os possuem, pouco se sabe das razões que dificultam estas últimas alcançar melhores resultados. Este artigo resulta de uma tese de doutorado. Seu objetivo é explicar algumas das causas das dificuldades que as EES enfrentam a partir da definição e caracterização do processo de acondicionamento de sistemas de produção na construção civil. O método de pesquisa usado foi a forma clássica de teoria fundamentada em dados, realizando entrevistas em Brasil, Cingapura, Espanha, França e Peru. O principal resultado discutido no artigo trata do processo de acondicionamento. Com tal processo se busca garantir a existência de ativos e condições adequadas para se alcançar o melhor resultado. Com tal teoria se contribui para o conhecimento das razões pelas quais EES com recursos e competências adequados para desempenhar suas atividades têm dificuldades para alcançar melhores resultados em sistemas de produção na construção civil.

Palavras-chave: competitividade. empresas executoras de serviços de obras. Subempreiteiras. acondicionamento de sistemas de produção. construção civil.

ABSTRACT

Specialty and Trade contractors (EES), also known as subcontractors, have consolidated their participation in operations at construction sites. Several studies argue that the results of the EES, in general, are not the best that could be achieved. This, on the one hand, because some EES lack necessary resources and skills. Moreover, notwithstanding the fact that some EES have those necessary assets, little is known of the reasons hindering the latter achieve better results. This article is one result of a doctoral thesis. Its goal is to explain some of the causes of the difficulties faced EES from the definition and characterization of the process of conditioning production systems in construction. The research method used was the classic form of grounded theory, conducting interviews in Brazil, Singapore, Spain, France, and Peru. The main results discussed deals with the conditioning process. Conditioning process seeks to ensure that adequate assets and conditions exist, in order to achieve the best result. This theory contributes to the knowledge of why EES with adequate resources and skills to perform their activities have difficulties to achieve better results in production systems in construction.

Keywords: *Competitiveness. Specialty and Trade Contractors. Conditioning of production systems. Construction industry.*

[1] OVIEDO HAITO, R.J.J.; CARDOSO, F.F. Acondicionamento de sistemas de produção na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

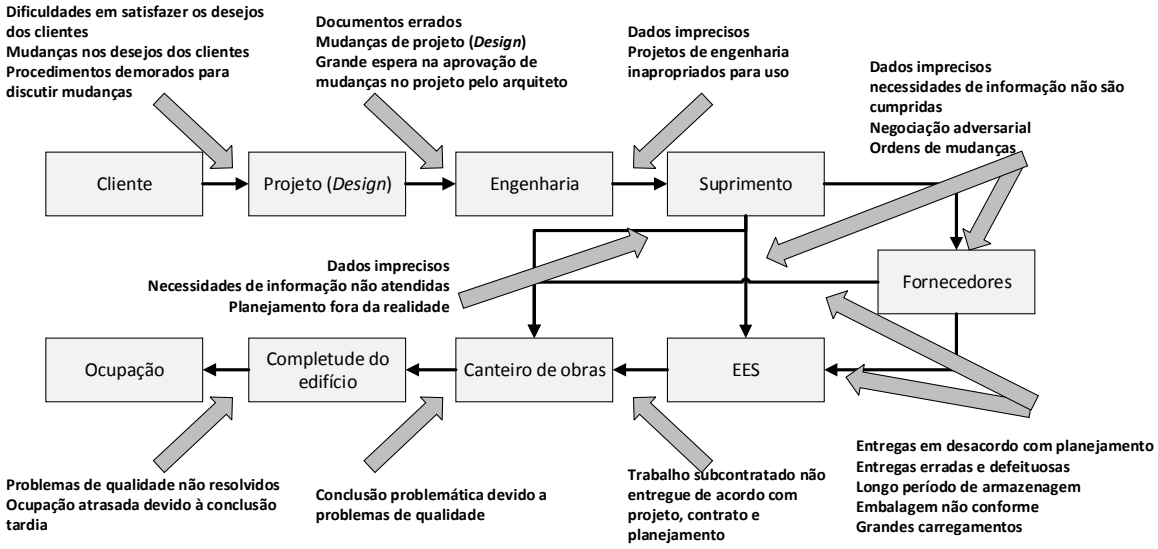
Tradicionalmente, na construção civil, a materialização das operações nos canteiros de obras é de reponsabilidade das construtoras. Fatores como o aumento da complexidade e a rotatividade da mão de obra fizeram que, em alguns países e regiões do Brasil, as operações passassem a depender cada vez mais de outros agentes, que compartilham parcialmente a responsabilidade pela execução de serviços de obras. Nesta posição atuam diferentes tipos de empresas (HUGHES e MURDOCH, 2001). Para Oviedo Haito (2010), são "...*empresas de naturezas similares e compartilham por função a execução de uma parte da obra, mas que apresentam características que diferenciam fortemente os produtos e serviços por elas comercializados, as suas formas organizacionais e qualificações profissionais, os seus resultados e as suas chances de sobrevivência*". Porém, na literatura específica, estas empresas "...*são denominadas em função das características do serviço que executam, ou da forma em que são contratadas, denominações que falham em descrever a totalidade de empresas que atuam nesta posição*" (OVIEDO HAITO, 2010), sendo comumente denominadas de subempreiteiras. Por razões como essas, Oviedo Haito (2010) propôs uma denominação genérica, comum às diferentes empresas atuantes nessa posição nos sistemas de produção, denominando-as empresas executoras de serviços de obras (EES), "*de forma tal que adjetivos como subempreitada, subcontratada, especializada, qualificada possam ser utilizados para distinguir determinados grupos específicos dentro deste universo de EES*" (OVIEDO HAITO, 2010).

Existem diferentes visões para entender a atuação das EES, considerando, entre outros, sua participação em: cadeias de suprimentos (CARDOSO, 2003), no processo de construção (VRIJHOEF, KOSKELA e HOWELL, 2001), em alianças estratégicas (ECCLES, 1981), em parcerias (KUMARASWAMY e MATTHEWS, 2000), e como parte de redes de empresas (PRYKE, 2012).

Analisando a construção como uma rede de empresas, para Pryke (2012), a gestão das inter-relações entre os agentes da construção e as suas interfaces (p.ex. atividades, processos, funções, fluxos de recursos, etc.) tem sido estudada sob a ótica da gestão de cadeias de suprimentos. Porém, tal autor critica que esta postura não explica nem o surgimento, nem as soluções de problemas decorrentes da atuação dos agentes nelas atuantes. Na Figura 1 podem ser observadas as diversas interfaces entre as EES, as etapas do processo de construção, os agentes que nele atuam e os problemas gerados nas diferentes interfaces (setas cinzas largas).

Tal literatura indica que os problemas gerados nas interfaces entre os agentes podem ser resolvidos mediante a melhoria dos seus relacionamentos (PRYKE, 2012). Sob outra perspectiva, Oviedo Haito (2010) discutiu que, para alcançarem seus resultados, as EES dependem dos seus recursos e competências, ou ativos estratégicos.

Figura 1 – Problemas genéricos nas interfaces do processo de construção



Fonte: adaptado de VRIJHOEF, KOSKELA e HOWELL, 2001

Não obstante tal constatação, a literatura não explica quais fatores presentes nas interfaces entre os agentes promovem ou dificultam melhores resultados para as EES. Tal lacuna se acentua ao se tentar explicar, por exemplo, as razões pelas quais EES que possuem características necessárias para desempenhar os seus serviços (p.ex. mão de obra qualificada, experiência em serviços similares, ferramentas especializadas, etc.) não conseguem alcançar seu potencial, e qual a influência nesta problemática das interfaces de atuação das EES com os demais agentes.

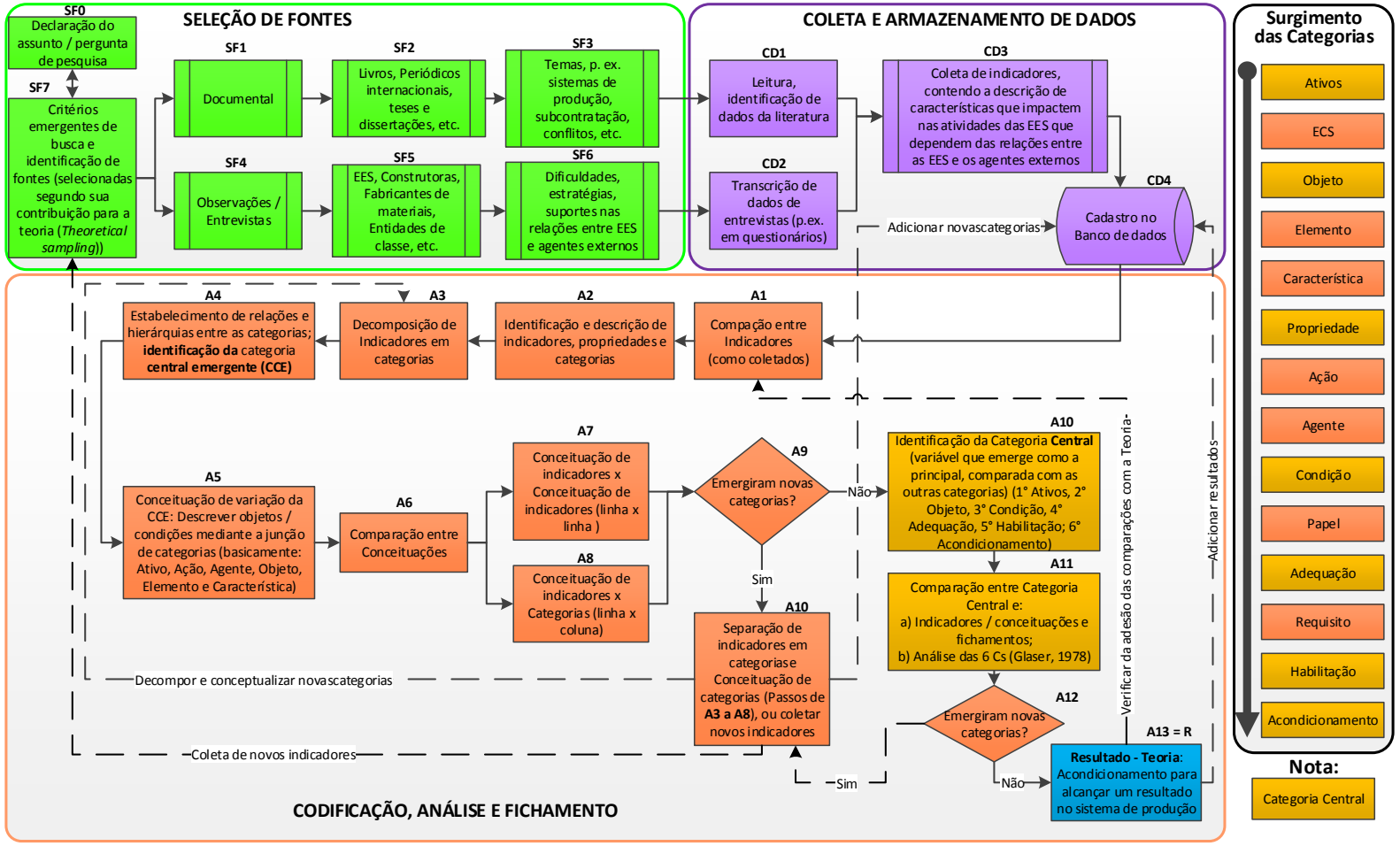
2 OBJETIVO

Explicar algumas das causas das dificuldades que as empresas executoras de serviços de obras enfrentam tomando como base a definição e caracterização do processo de acondicionamento de sistemas de produção na construção civil.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa utilizou a forma clássica do método de teoria fundamentada em dados – GT (*Grounded Theory*), considerada "*um método geral, transversal, entre métodos de pesquisa*" que produz conceitos abstratos do tempo, lugar e pessoas baseados em qualquer dado produzido em pesquisas sociais (GLASER, 2002). Enquanto uma pesquisa qualitativa está focada na descrição das histórias dos participantes, na forma clássica de GT foca-se nos fatores que estão por trás dessas histórias (SUDDABY, 2006). Os principais procedimentos realizados se resumem na Figura 2.

Figura 2 – Sequência do método de pesquisa utilizado



Fonte: Adaptado de Oviedo Haito (2015)

A Figura 2 resume o processo de pesquisa, pelo qual foram identificadas as categorias que produziram a teoria do acondicionamento (14 delas listadas na Figura). Complementarmente, as etapas deste método incluíram:

3.1 Dados

Esta pesquisa utilizou dados obtidos a partir da literatura relacionada aos temas subcontratação e sistemas de produção, e, empiricamente, a partir de 56 entrevistas com 18 especialidades técnicas de EES e outros agentes, resumidas na Tabela 1. Os critérios da escolha dos dados, mediante amostragem, foram estabelecidos conforme a teoria foi surgindo (vide item 4). Por exemplo, ao se detectar problemas com o fornecimento de materiais, foram entrevistados representantes de construtoras e de fornecedores de materiais e pesquisada literatura sobre a problemática. Na GT, o processo de amostragem é simultâneo ao de análise, e os dados coletados são registrados em indicadores, discutidos no item seguinte.

Tabela 1 – Resumo dos entrevistados para a elaboração da pesquisa

N°	Agente	País	Período	Tema
1	39 EES (12 na Espanha, 1 na França)	Brasil, França, Espanha	2009 - 2012	Recursos, competências (Ativos) e relações com seu ambiente externo
2	4 Construtoras + 2 Construtoras – Incorporadoras	Brasil, Peru, Cingapura	2008 - 2013	Interesses pelas EES e suportes dados para desenvolvimento
3	4 Entidades de classe	Brasil, França, Cingapura	2009, 2010, 2011 e 2013	Interesses pelas EES e suportes dados para desenvolvimento
4	2 Fabricantes de materiais	Brasil	2009, 2010	Interesses pelas EES e suportes dados para desenvolvimento
5	1 Especialista em redes de empresas	Espanha	2012	Orientação sobre análise de redes de empresas
6	1 Instituição de melhoria da construção	Espanha	2012	Experiência de cooperação entre redes de empresas construtoras

Fonte: Adaptado de Oviedo Haito (2015)

3.2 Codificação

Os dados dos problemas identificados foram registrados como indicadores, que são trechos transcritos das observações que contêm características dos problemas (KELLE, 2010). Posteriormente, os indicadores são classificados em um tipo especial de categorias, os conceitos, que contêm a denominação dada aos padrões emergentes nos dados (GLASER, 2002). Na codificação se fragmentam os dados e se conceituam padrões em grupos de indicadores até obter uma teoria que explique o que está acontecendo com os dados (HOLTON, 2010). Um fragmento comum detectado foi a falta de condições.

3.3 Delimitação

Após a identificação de possíveis candidatas a categorias centrais, começa a codificação seletiva, pela a qual se procura relacionar as categorias, e fundamentar a categoria central (GLASER e HOLTON, 2004). A partir da sua identificação começa a codificação para teoria (KELLE, 2010). Nesta se conceituam hipóteses sobre como as categorias se relacionam com a categoria central. A delimitação das categorias se desenvolve até alcançar a saturação teórica das categorias principais e das suas propriedades, fato alcançado quando não emergem novas propriedades da análise e, portanto, se suspende a coleta de mais dados (HOLTON, 2010).

3.4 Fichamento

Para Glaser e Holton (2004), o analista deve continuamente interromper as análises com o objetivo de capturar as ideias sobre os dados e sobre as conexões conceituais entre os dados e as categorias. Nesses momentos, as hipóteses emergentes são registradas, permitindo ao analista decidir quais dados procurar para desenvolver a teoria. Este processo acontece de forma paralela à codificação (HOLTON, 2010). As ideias são registradas em instrumentos chamados fichas ou fichamentos (*Memos*).

3.5 Ordenação e redação

A redação da teoria surge a partir da reorganização das ideias registradas nos fichamentos, recombinando-se os dados fragmentados nos conceitos que constroem a teoria (GLASER e HOLTON, 2004). Ordenar significa tomar a decisão de vincular os indicadores, segundo a sua relação com os conceitos e a categoria central que produz a teoria. É nesta etapa que se incorpora a literatura na conceituação construída. Cabe destacar que a GT produz teorias de médio alcance. Para os resultados serem generalizáveis, ou formais, precisa-se comparar a categoria central em outros contextos.

4 RESULTADOS

Os resultados da pesquisa ajudam a entender processos que facilitam ou dificultam a atuação das EES. Estes foram descobertos a partir do levantamento sistemático de problemas das EES para alcançar seus resultados, e de problemas dos outros agentes do setor para lidar com elas. A coleta de tais problemas em indicadores e posterior fragmentação e comparação constante dos seus dados, utilizando os procedimentos da GT, permitiu identificar processos que estão por traz dos problemas identificados: habilitação e acondicionamento de sistemas de produção na construção.

A descoberta se originou de indicadores como o seguinte: "*...nós assumimos todas as ineficiências da gestão da construção da construtora. Não temos como nos proteger, por exemplo, da falta de material, já que não temos poder para modificar os contratos, cujas condições padrões são impostas pelas construtoras* (Entrevistado EBSP02, 2009)".

Neste exemplo, as ineficiências que o entrevistado alude afetarão seus resultados apesar de, hipoteticamente, a EES estar pronta e preparada para executar o seu serviço. Assim, estar internamente pronta e preparada significa que a EES conta com os **ativos** necessários para executar seus serviços. Tais ativos possuem **propriedades**, como o planejamento da entrega dos materiais, que, se não forem atendidas, inibem o uso dos ativos. Circunstâncias provocadas por outros agentes, como imposições das construtoras ou falta de materiais provocadas por omissões das construtoras ou fornecedores de materiais (agentes), se configuram como as **condições** nas quais o serviço será realizado. Condições que possibilitam ou impedem o uso dos ativos e, portanto, a execução dos serviços, indicam a sua **adequação**. Quando as condições e os ativos são adequados, **habilitam** a EES para executar determinado papel e, portanto, alcançar seu potencial na execução do serviço. Estes conceitos se especificam no Quadro 1.

Quadro 1 – Conceitos que compõem o processo de acondicionamento

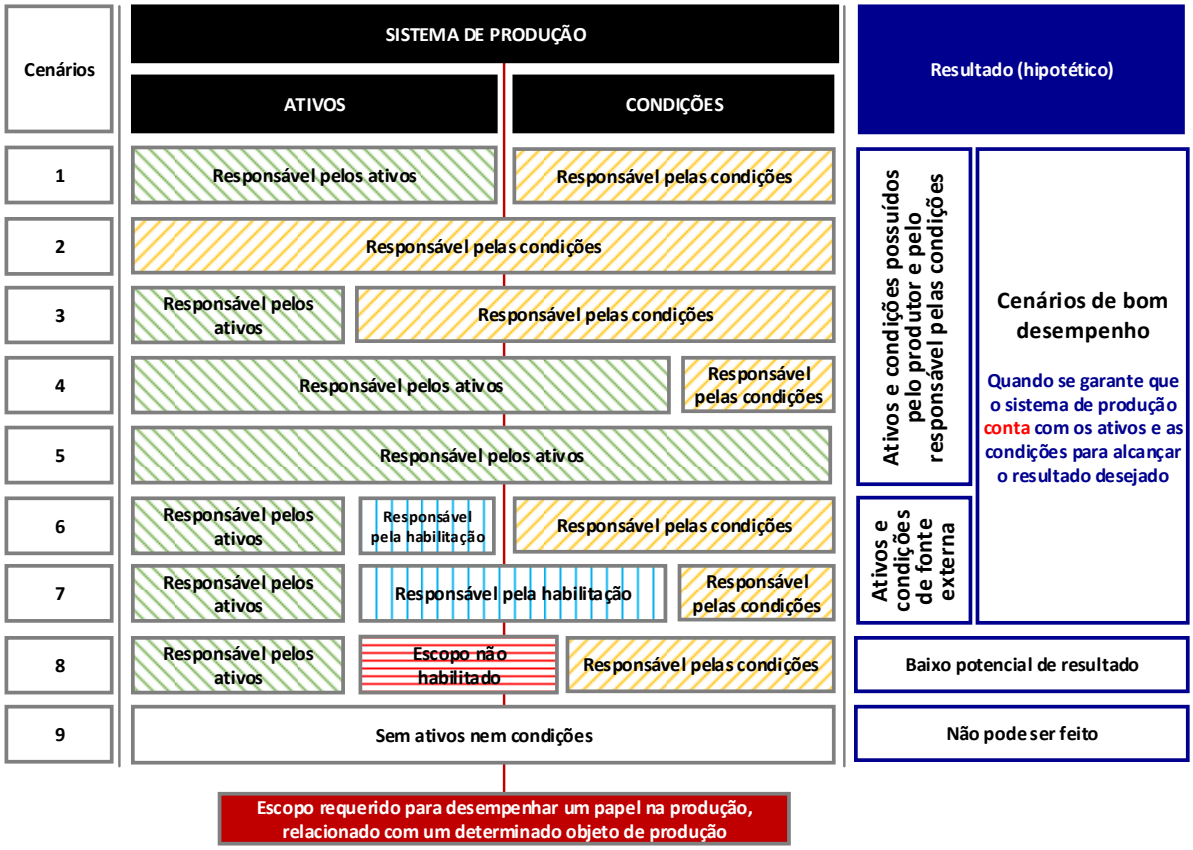
Conceito	**Especificação conceitual**
Ativos	Representam o conjunto de recursos e de competências que as EES têm para produzir seus serviços. Desde o ponto de vista da produção, tudo aquilo para alcançar um resultado são ativos
Propriedade dos ativos	Aspectos dos ativos que os vinculam aos agentes, relacionados ao uso de tais ativos
Ação / uso	Realizadas por algum agente, permitem ou impedem pôr em prática as propriedades dos ativos. O uso está relacionado com as atividades que podem ser produzidas com o ativo.
Agente	Responsável por contribuir (ou negligenciar) com ativos, suas propriedades, ou condições para o sistema alcançar determinado resultado
Condição	Circunstâncias caracterizadas como ações aplicadas (por agentes) às propriedades de ativos, que permitem ou restringem seu uso no sistema de produção.
Adequação	Eficácia na implementação de condições e ativos. Está relacionado com 8 atributos: Negligência, Exatidão / precisão, Qualidade, Extemporaneidade, Disponibilidade, Alteração, Imprevisibilidade, Vinculação
Papel	Função que um agente desempenha dentro de um conjunto (empreendimento, cadeia de suprimentos, sistema de produção, etapas do ciclo de vida, etc.). Está relacionado com o escopo comercializado no serviço - ECS. São 6 papéis na produção: Fornecimento, Montagem, Fabricação, Manutenção, Gerenciamento e Engenharia
Habilitação	É um processo relacionado com disponibilizar, acessar, conseguir ou complementar as condições e ativos adequados para alcançar um determinado resultado no sistema de produção. A habilitação interna é aquela dada por e para um produtor desempenhar um determinado ECS (ou papel). A habilitação externa, com respeito ao objeto de produção, é dada por aquele que pode, mesmo que de forma limitada, influenciar as condições nas quais o papel (ECS) será desenvolvido
Resultado	Efeito buscado do uso de um produto ou serviço

Fonte: Adaptado de Oviedo Haito (2015)

Outra forma de entender os conceitos de habilitação e acondicionamento pode se observar na Figura 3, que contém três cenários genéricos, que vão desde o bom desempenho até a impossibilidade de produzir um resultado.

Esses cenários são construídos sobre o escopo necessário para executar um papel em um sistema de produção. Este escopo produz dois principais responsáveis pelos resultados: um produtor (geralmente responsável pelos ativos) e um responsável pelo desenvolvimento das condições. Quando o sistema de produção tem ativos e condições, sem importar a quem eles pertencem, o bom desempenho pode ser alcançado. Qualquer lacuna entre ativos e condições ameaça o bom desempenho. A habilitação e o acondicionamento são desempenhados para preencher essas lacunas.

Figura 3 – Cenários de combinações de ativos e condições com relação aos resultados do sistema de produção da construção



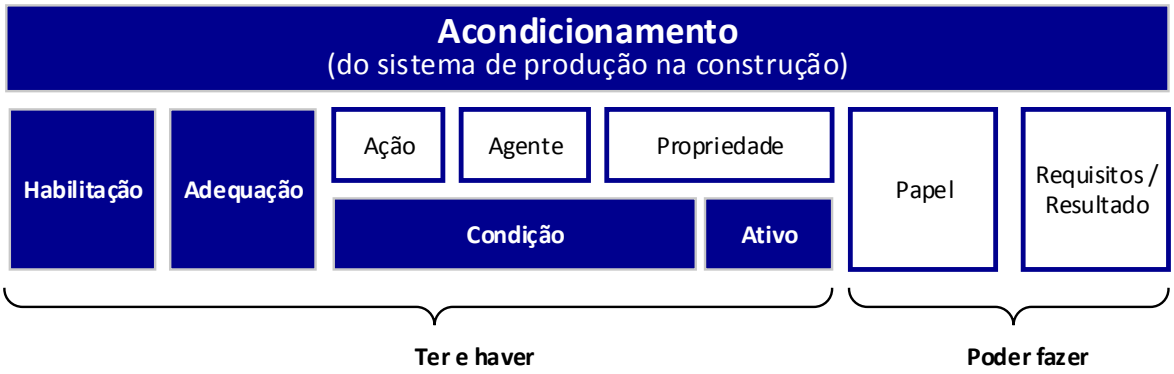
Fonte: Oviedo Haito (2015)

A habilitação pode ser dividida em três tipos. A habilitação interna é aquela dada por e para um produtor realizar seu papel no sistema de produção (p.ex. capacitar mão de obra). Esta habilitação é interna com respeito ao objeto de produção, e lida com aquilo necessário para o produtor cumprir o seu papel. O segundo tipo diz respeito da capacidade de, mesmo de forma limitada, influenciar nas condições em que o serviço será realizado (p.ex. garantir a precisão geométrica de um vão para instalar uma esquadria).

Não obstante, a necessidade de coordenação entre as atividades e papéis das diferentes EES que participam na produção das obras exige um tipo distinto de habilitação. Tome-se como exemplo o seguinte: "*a maior dificuldade é das nossas contratantes respeitarem a trajetória da obra.*

Quando chegamos, os serviços prévios não estão prontos, ou não estão na qualidade especificada, o problema está em que as contratantes querem que nós cheguemos a resolver os problemas ocasionados por elas, mas não querem reconhecer ou pagar por isso, mesmo elas estando cientes das consequências disso na nossa atividade. Outro grande fator também é a organização e condições do canteiro, nem todas as construtoras são boas nisso; pior ainda, os problemas ali gerados dificilmente são assumidos por eles (Entrevistado EBSP24, 2009)". O terceiro tipo está assim relacionado com a garantia de que todas as interfaces do sistema de produção estejam coordenadas para alcançar melhores resultados. Isso caracteriza o processo de acondicionamento, cujos componentes se observam na Figura 4.

Figura 4 – Conceitos que compõem o processo de acondicionamento



Fonte: Oviedo Haito (2015)

O acondicionamento pode ser definido como o processo, adequado ou negligenciado, de se habilitar, por e para um conjunto de agentes (e papéis), os ativos e as condições necessárias para alcançar determinado resultado em um sistema de produção. Ele acontece quando existe a capacidade de poder pôr em prática recursos e competências para alcançar o máximo potencial possível. Esta situação é alcançada quando se garante a eficácia da habilitação em relação a uma determinada frente de trabalho / serviço. Quando não é realizado no tempo certo e por um agente qualificado, cria-se o cenário da improvisação, com consequências imprevisíveis, ou resultados previsivelmente pobres.

Dos conceitos principais, os conceitos de ativos, escopo comercializado no serviço, ação / uso, agente, adequação, resultado, papel, encontro, relação e relacionamento podem ser encontrados na literatura (OVIEDO HAITO, 2015). O conceito de propriedade de um ativo é relevante para entender atributos dos ativos que podem ser usados por agentes. Comparado com o conceito de restrições (BALLARD, 2000; BLACKMON, SAXENA e SONG, 2011), com os fluxos básicos de insumos (MACHADO, 2004), com as classificações de atividades facilitadoras (SANTOS, 2004) e com os tipos de perdas por improvisação (SOMMER, 2010), o conceito de propriedades é mais específico, ao detalhar o componente básico de uma condição. Esta condição, por sua vez, se diferencia daquele de restrição ao

incorporar a noção de uma ação exercida por um agente. Fato similar acontece, como decorrência, no conceito de habilitação, que contém, também, a noção de adequação.

Complementarmente, importante contribuição teórica é a do conceito de acondicionamento dos sistemas de produção. É comparável com o conceito de antecipação (MACHADO, 2003) que visa a gerar ações gerenciais para proteger um determinado resultado almejado. É similar ao conceito de remoção de restrições (BALLARD, 2000; BLACKMON, SAXENA e SONG, 2011), no sentido de se ter tudo pronto para poder executar o serviço, e ao de atividades facilitadoras (SANTOS, 2004), no sentido de minimizar interrupções no fluxo dos processos produtivos. Também é similar ao conceito de "*Making-do*" de Koskela (2004), o oitavo fluxo, no sentido de começar alguma atividade com (ou sem) o "kit completo". **Porém, o entendimento das condições, e a consequente implementação do acondicionamento, lida com a determinação dos resultados do conjunto dos envolvidos, dos seus papéis no sistema de produção, envolvendo não só a fase de execução, como outras como projeto, definição de alternativas tecnológicas e projeto para a produção**. O acondicionamento também é similar ao conceito de encaixe de práticas (*Practice-matching*) de Grönroos e Helle (2012), no sentido de equacionar recursos, competências e processos relevantes entre os agentes; não obstante, este conceito se diferencia por não incorporar a noção de condições, fundamental na discussão do acondicionamento.

Além de integrar vários componentes dos conceitos da literatura, o acondicionamento se diferencia na sua relação com os papéis desempenhados nos sistemas de produção, na sua característica de "poder desempenhar" um papel ou alcançar um resultado (bom), adequado às circunstâncias da obra ou de parte dela. Também se diferencia pois lida com a resolução de interfaces produzidas em escopos não habilitados por outros agentes, sendo, em outras palavras, um processo de gestão e de coordenação de componentes e das suas interfaces.

5 CONCLUSÕES

Neste artigo se discutem dois processos para as EES alcançarem melhores resultados na construção civil: habilitação e acondicionamento de sistemas de produção. Ambos visam a garantir ao sistema a existência dos ativos e condições necessários para alcançar um resultado visado. Quando a responsabilidade pelo resultado é dividida entre vários agentes, se definem papéis no sistema de produção (p.ex. executor, projetista, supervisor, etc.) vinculados, principalmente, a ser produtor e a ser responsável pelas condições segundo as quais o serviço será produzido. Tais processos ajudam a entender o potencial do sistema para alcançar o resultado. Por exemplo, ao se examinar as condições em que o serviço será executado, o agente produtor - no caso a EES - poderá determinar se seu papel no sistema de produção será somente de execução de serviços de obra ou se, para garantir o resultado, deverá habilitar ou acondicionar ECS ou papéis adicionais à sua produção, por exemplo, sendo igualmente projetista.

Enquanto a habilitação é um processo genérico, o acondicionamento é específico, e diz respeito à eficácia da habilitação em relação a um determinado objeto. No caso das EES, para produzir seus serviços de obras, o objeto a ser acondicionado gira em torno da resolução de interfaces que permitam exercer seu papel perante os serviços de obras precedentes e as frentes de serviço. Quando se pensa no acondicionamento como um processo transversal à gestão do sistema de produção, se contribui para a definição e determinação do resultado potencial que poderá ser alcançado na relação produtor – responsável pelas condições.

Outra contribuição do processo de acondicionamento é ajudar a explicar por que EES com recursos e competências adequados para desempenhar as suas atividades têm dificuldades para alcançar melhores resultados em sistemas de produção na construção civil: uma vez que há condições e ativos importantes que não dependem das EES, sua ausência, ou disponibilização inadequada, afeta diretamente a forma em que a EES desempenhará o seu serviço. Portanto, se o serviço de obras da EES contratada não for acondicionado, negligenciando escopos não habilitados, o potencial resultado da EES na obra será diminuído. Sendo o acondicionamento uma teoria de médio alcance, para a sua generalização e produção de uma teoria de longo alcance, se recomenda replicar a pesquisa com EES na atuação de outros agentes do setor: em construtoras, projetistas e fornecedores de materiais, etc. Propostas de aplicações práticas do acondicionamento podem ser encontradas em Oviedo Haito (2015). Porém, se recomenda a sua exploração e detalhamento em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

BALLARD, H. G. **The last planner system of production control**. PhD Thesis. The University of Birmingham, 2000.

BLACKMON, T.; SAXENA, R.; SONG, L. A Conceptual Framework for Total Constraint Management in Construction. **Proceedings of the 28th ISARC**, p. 419-424, 2011.

CARDOSO, F. F. **Certificações 'setoriais' da qualidade e microempresas. O caso das empresas especializadas de construção civil**. 2003. Tese (Livre-docência), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003.

ECCLES, R. **The quasifirm in the construction industry**, Journal of Economic Behavior & Organization, Volume 2, Issue 4, December 1981, Pages 335-357.

GLASER, B. Conceptualization: On Theory and Theorizing Using Grounded theory. International Journal of Qualitative Methods, v.1, n.2, p. 23 – 38. 2002.

_____. **Doing formal theory**. In: The Sage handbook of grounded theory, Bryant, A.; Charmaz, K. (Eds), The SAGE Handbook of Grounded Theory, Sage, London., Part II: 97-113, 2010.

GLASER, B.; HOLTON, J. **Remodelling Grounded Theory**, [80 paragraphs]. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, 5(2), Art. 4, http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs040245. [On-line Journal], 5(2), 2004. Disp. em: <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/2-04/2-04glaser-e.htm>.

GRÖNROOS, C.; HELLE P. **Return on relationships**: conceptual understanding and measurement of mutual gains from relational business engagements. Journal of Business & Industrial Marketing, Vol. 27 ISS 5 pp. 344 – 359, 2012.

HOLTON, J. A. **The coding process and its challenges**. In A. Bryant, & K. Charmaz (Eds.), The Sage handbook of grounded theory. (pp.265-289). Thousand Oaks, CA: Sage. 2002.

HUGHES, W.; MURDOCH, J. R. **Roles in construction projects: analysis and terminology**. Construction Industry Publications, Birmingham, pp176. ISBN 1852638982. 2001.

KELLE, U. **The development of categories**: Different approaches in grounded theory. In A. Bryant, & K. Charmaz (Eds.), The Sage handbook of grounded theory. (pp.191-213). Thousand Oaks, CA: Sage, 2010.

KOSKELA, L. J. **Making do** - the eighth category of waste, in: 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 3-5 August 2004, Helsingor, Denmark, 2004.

KUMARASWAMY, M. M.; MATTHEWS, J. D. **Improved subcontractor selection employing partnering principles**. Journal of Management in Engineering, v. 16, n. 3, p. 47 – 56, 2000.

MACHADO, R. L. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil**. Tese (doutorado). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2003.

OVIEDO HAITO, R. J. J. **Caracterização das empresas executoras de serviços de obras baseada nos seus ativos estratégicos**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

OVIEDO HAITO, R. J. J. **Estratégias para desenvolver empresas de execução especializada de serviços de obra**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. 188p.

PRYKE, S. **Social Network Analysis in Construction**. Wiley-Blackwell, London. 288 pp, ISBN 978-1-1183-4391-3, 2012.

SANTOS, D. DE G. **Modelo de gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras**. Tese (doutorado). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2004.

SOMMER, L. **Contribuições para um método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010. 128 p.

SUDDABY, R. **From the editors: What grounded theory is not**. Academy of management journal, vol. 49, no 4, p. 633-642, 2006.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. J.; HOWELL, G. **Understanding construction supply chains**: an alternative interpretation. En Proceedings of 9th International Group for Lean Construction Conference. p. 185-199, 2001.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

REDUÇÃO DE VARIABILIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO DE ELEVAÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ATITUDES GERENCIAIS[1]

SANTOS, Paulo Ricardo Ramos (1); SANTOS, Débora de Gois (2)

(1) UFS, e-mail: paulo_ricardo.rs@hotmail.com; (2) UFS, e-mail: deboragois@yahoo.com.br

RESUMO

A presente pesquisa objetiva identificar no processo produtivo de elevação de alvenaria estrutural atitudes gerenciais que contribuem para a redução de variabilidade. O estudo apresentado é de iniciação científica e traz os produtos finais da pesquisa. O método de investigação foi dividido em três etapas e aplicado em três estudos de caso. A primeira etapa constituiu a base de informações para o estudo e contemplou a aplicação das ferramentas: observação direta, entrevistas não estruturadas com os engenheiros, registros fotográficos, consulta a documentos e elaboração de fluxograma. A segunda etapa serviu para identificar os pontos fortes e pontos frágeis (conforme literatura) relacionados às atitudes gerenciais. Nessa etapa houve correlação entre as atividades encontradas com a classificação de variabilidade apresentada na literatura e inserção dessas atividades (boas práticas e pontos frágeis) no fluxograma. A terceira etapa contemplou a inserção dos pontos frágeis no Diagrama de Ishikawa. Após a análise dos dados concluiu-se que as atitudes gerenciais relacionadas com as atividades de boas práticas estavam incorporadas ao processo de elevação da alvenaria estrutural. Por outro lado, os pontos frágeis corresponderam a atividades que estavam contidas nos procedimentos operacionais da qualidade, mas não foram executadas em campo, em sua maioria.

Palavras-chave: Variabilidade. Atitudes gerenciais. Boas práticas.

ABSTRACT

This research aims to identify in production process of structural masonry layering managing approaches that contribute to variability reduction. The present study is a scientific initiation research type and brings the survey results. The research was conducted in three stages and applied in three different study cases. The first stage stablishes the basis of information for the study and includes the application of the following tools: direct observation, unstructured interviews with engineers, photographic records, documents consulting and flowchart preparation. The second stage identifies good practices and weak spots (as literature) related to managing actions. At this stage, took place the identified correlation among the activities classified in literature as variability followed by the insertion of these activities (good practices and weak spots) in the flowchart. In the third stage occurs the insertion of weak spots into the Ishikawa Diagram. After data analysis, the conclusion was that the managing action related to good practices activities were incorporated in the process of structural masonry layering. On the other hand, weak spots corresponded to activities contained in the quality operational procedures however mostly not implemented in practice.

***Keywords**: Variability. Managing actions. Good practices.*

---

[1] SANTOS, Paulo Ricardo Ramos; SANTOS, Débora de Gois. Redução de variabilidade no processo construtivo de elevação de alvenaria estrutural: atitudes gerenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A Construção Enxuta (*Lean Construction*) vem contrapor-se ao conceito convencional de construção, adaptando para a construção civil ideias e filosofias da produção enxuta (SHINGO, 1996).

A eliminação de perdas consiste na palavra chave para as empresas que adotaram a Construção Enxuta. Estudos realizados em diferentes países confirmaram que as perdas representam uma porcentagem relativamente grande dos custos de produção (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012).

Koskela (1992) lançou onze princípios da Construção Enxuta, dos quais se destaca para a presente pesquisa o princípio de redução de variabilidade. A variabilidade representa perda para qualquer processo, tendo em vista a flutuação no atendimento dos clientes internos ou externos (ISATTO et al., 2000).

A pesquisa investigou a existência em campo, no processo produtivo de elevação de alvenaria estrutural, de atitudes gerenciais que contribuem para a redução da variabilidade, aqui discriminadas em boas práticas. Buscou-se identificar também atividades que contribuem para a ocorrência de variabilidade, tratadas como pontos frágeis (MESQUITA, 2014).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Variabilidade

Segundo Isatto et al. (2000), a variabilidade está ligada à flutuação do atendimento das necessidades do cliente, tanto para a satisfação, como para a frustração. Para os autores, três tipos de variabilidade ocorrem em um processo de produção: variabilidade nos processos anteriores, que se relaciona com os fornecedores do processo; variabilidade no próprio processo, que ocorre durante o processo de produção; e variabilidade na demanda, sendo dependentes dos desejos dos clientes, tanto internos como os externos.

Na pesquisa de Nascimento e Santos (2013), foram identificados exemplos de variabilidade provocada por variações no próprio processo e no fluxo de processos anteriores. A variabilidade no fluxo nasce da instabilidade entre postos de trabalho, causada por um posto de trabalho defeituoso. Neste caso, é criado um gargalo, que limita o processo de produção e a saída de outros processos.

Para Koskela (1992), existem duas razões para a redução da variabilidade. Primeiramente, um produto uniforme em geral traz mais satisfação para o cliente, pois a qualidade do produto corresponde às especificações previamente estabelecidas. Em segundo lugar, a variabilidade tende a aumentar o tempo do processo e a parcela de atividades que não agregam valor (FORMOSO, 2002).

Conforme Heineck et al. (2009), a orientação é diminuir a variabilidade através da prevenção, antes do início do processo, com projetos padronizados, mão de obra homogênea e qualificada, e pelo oferecimento de condições de trabalhos estáveis.

2.2 Atividades que contribuem para a redução da variabilidade nos processos

Machado (2003) estudou o uso sistemático de antecipações gerenciais no planejamento da produção. Para esse autor, tais antecipações seriam fruto da experiência de projetos anteriores, visando o provimento dos recursos necessários para a execução dos serviços (MACHADO, 2003).

Entende-se por restrições, os elementos que impedem a execução de atividades nas condições adequadas. A restrição vem de fatores que são disponibilizados de forma incorreta no tempo, na quantidade e na qualidade (CODINHOTO et al., 2003).

As boas práticas são ações de melhorias adotadas em determinado setor para auferir à atividade produtiva mais eficácia e eficiência, por meio da realização de tarefas (TREVILLE; ANTONAKIS, 2006).

Quando as boas práticas contribuem para evitar interrupções no processo são chamadas de atividades facilitadoras[2]. Essas ocorrem por meio de remoções de restrições e através de antecipações de atividades (SANTOS, 2004).

Por outro lado, a atividade tida como ponto frágil se contrapõe à atividade facilitadora e às boas práticas, ameaçando o fluxo de produção. A fragilidade imposta por ela se apresenta na forma de perdas e de variabilidade no processo (MESQUITA, 2014).

As boas práticas, as atividades facilitadoras e os pontos frágeis decorrem da tomada de atitudes gerenciais, corretas ou equivocadas. Essas atitudes, por sua vez, se embasam na competência gerencial dos gestores, desenvolvida através da integração entre o conhecimento formal (obtido através de treinamentos, cursos, leitura, experiência prática), conhecimento tácito (obtido com a prática) e a capacidade da cada gerente de questionar e utilizar os conhecimentos adquiridos (HIROTA; FORMOSO, 2000; MESQUITA, 2014; SANTOS, 2004).

Observa-se que, ao analisar situações que levam à interrupção no trabalho, Santos (2004) sugere categorias de atividades facilitadoras (Quadro 1) para eliminar ou minimizar esse efeito.

Situação semelhante ocorre com diversos autores, a exemplo de Sommer (2010), Formoso et al. (2011) e Fireman et al. (2013) que criaram ou

[2] Santos (2004) define atividades facilitadoras (AF's) como aquelas que impedem ou minimizam as interrupções ao longo do processo produtivo. As AF's podem ser originadas pelas ações gerenciais que objetivem remover restrições ou pelas antecipações das atividades nos planos de trabalho.

aperfeiçoaram categorias de perdas por *making-do,* também objetivando efeitos como a interrupção do trabalho, a improvisação, dentre outros, conforme Quadro 2.

Quadro 1 – Categoria de atividades facilitadoras, adaptado de Santos (2004)

Categoria	**Descrição**
(1) Acesso	Relaciona-se com o acesso de recursos humanos e materiais aos locais de trabalho.
(2) Projeto	São as características do projeto que possibilitam a sua construtibilidade.
(3) Preparação do trabalho	É a disponibilização no posto de trabalho dos recursos de produção, necessários ao início dos processos (entradas).
(4) Conferência do trabalho	Está relacionada com as medidas de desempenho do processo.
(5) Conflito espacial	Relaciona-se com o confronto no espaço de elementos de construção ou de categorias de mão de obra, para a realização de processos diferentes, em um mesmo ambiente de trabalho.
(6) Sequenciamento	Está relacionada com a ordem de produção de determinado processo.
(7) Proteção dos operários	Trata-se da preocupação com a disponibilização em canteiro de equipamentos de proteção coletivos e individuais.
(8) Proteção dos processos	Observa-se a proteção do serviço de construção já concluído em relação a outros a serem executados no mesmo ambiente
(9) Programação de obra	Esta categoria está relacionada com exigências de clientes fora de hora, desrespeito a planos, definição de pacotes de trabalho, pedido de material, relação com fornecedores e interferência do cliente.

Fonte: Santos (2004)

Quadro 2 – Correlação entre categorias de atividades facilitadoras e making-do

Categorias de atividades facilitadoras	**Categorias de *making-do***
Acesso	Acesso/ circulação
Preparação do trabalho	Estoque de materiais ou componentes Equipamentos/Ferramentas Suprimento de água e eletricidade
Conflito espacial	Área de trabalho
Sequenciamento	Sequenciamento
Proteção dos operários	Proteção
Proteção dos processos	Ajuste de componentes

Fonte: Santos (2004), Sommer (2010) e Fireman (2012)

3 MÉTODO

A metodologia utilizada na pesquisa baseou-se no Modelo de Integração de Santos (2004). Embora o Modelo de Integração tenha sido proposto para identificar AF's, o mesmo pode ser utilizado também para identificar atividades de boas práticas e de pontos frágeis (Mesquita, 2014) e agrupá-las em categorias.

A pesquisa foi realizada em estudos de caso, envolvendo acompanhamento das atividades desenvolvidas em três canteiros de obras.

O modelo de integração é dividido em três macro etapas: Base, Identificação e Ação, precedidas da etapa preliminar, onde se procede a seleção da empresa e do empreendimento de análise.

Na etapa preliminar, o universo da pesquisa compreendeu os canteiros da Grande Aracaju, Sergipe. Foram escolhidos três empreendimentos de empresas distintas para investigação e coleta de dados.

Por sua vez, na etapa Base – para construir a base de informações para o estudo – cada canteiro foi observado diretamente e realizaram-se entrevistas não estruturadas com os engenheiros da obra e estagiários. Utilizou-se, para o auxílio de coleta e análise de dados, ferramentas, como: registros fotográficos; consulta a projetos, procedimentos, cronogramas e uso de questionário auxiliar para coleta de informações da obra. Com os dados coletados foram elaborados fluxogramas do processo de elevação de alvenaria estrutural.

Na etapa Identificação, a partir da análise de documentos reunidos na etapa anterior e acompanhamento em campo do processo, foi possível distinguir os pontos fortes (as boas práticas e as AF's), dos pontos frágeis (as falhas no canteiro analisado). Em seguida, classificou-se o que foi distinguido através de esquemas de cores Quadro 3.

Quadro 3 – Esquema de cores para classificação das atividades identificadas

Cor	Descrição da atividade
	Facilitadora formalizada e incorporada ao processo
	Facilitadora incorporada, mas não formalizada
	Não faz parte do processo, mas o interrompe
	Incorporada ao processo, mas na prática não é realizada

Fonte: Santos (2004)

Foi adotado o Quadro 01 para a categorização das atividades, a partir da classificação criada inicialmente para as AF's. Nesta pesquisa foi adotada esta categorização para as atividades facilitadoras, as boas práticas e os pontos frágeis, inseridos no fluxograma. Os pontos fortes e frágeis foram inseridos no fluxograma através de setas.

Inicialmente foi elaborado um fluxograma, baseado nas observações e no procedimento operacional da empresa apenas com as atividades constituintes do processo. Somente depois é que as atividades investigadas foram incluídas.

Nas setas também foi utilizada uma classificação de tipo de variabilidade, de acordo com Isatto et al. (2000). A variabilidade nos processos anteriores foi chamada de tipo (I); a variabilidade no próprio processo foi chamada de tipo (II); a variabilidade na demanda foi chamada de tipo (III).

A terceira e última etapa, denominada de Ação foi a inserção no Diagrama de Ishikawa das restrições e gargalos do processo na visão dos engenheiros de cada obra (SANTOS, 2004).

O Diagrama de Ishikawa utilizado foi uma adaptação de Santos (2004), em que as causas de interrupção do trabalho são as categorias de AF's listadas no tópico 2.2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrições dos objetos de estudo

A obra "A" tratava-se de um canteiro que apresentava um grande volume de produção, compreendendo a construção de dois empreendimentos residenciais com prédios de oito e quatro pavimentos, totalizando trinta e uma torres e 1352 unidades residenciais.

O estudo de caso "B" consistia na construção de 112 unidades residenciais distribuídas em duas torres de oito pavimentos. O canteiro "C" apresentava seis torres de quatro pavimentos com um total de 192 unidades residenciais em construção (Quadro 4).

Quadro 4 – Características construtivas dos estudos de caso

	ESTUDO DE CASO "A"	ESTUDO DE CASO "B"	ESTUDO DE CASO "C"
Tipo de bloco estrutural	Bloco de concreto	Bloco cerâmico	Bloco de concreto
Argamassa	Produzida na obra	Industrializada (ensacada)	Produzida na obra
Graute	Produzido na obra	Produzido na obra	Produzido na obra
Projetos de modulação e paginação?	Sim, a obra apresentou projeto de modulação e paginação	Apenas de modulação, que acabou não sendo seguido	Sim, a obra apresentou projeto de modulação e paginação
Uso de paredes de vedação?	Não	Sim, nas paredes das cozinhas e banheiros	Sim, nas paredes das cozinhas, banheiros e varandas
Ferramenta para aplicação de argamassa	Colher de pedreiro, bisnaga e colher tipo palheta	Colher de pedreiro	Colher de pedreiro
Pré-montagem de kits hidráulicos?	Sim	Não	Sim
Tipo de laje	Laje treliçada e laje do tipo painel (pré-moldada)	Maciça, concretada *in loco*	Maciça, concretada in loco
Contrapiso	A obra fez uso de laje (sem contrapiso)	Executado antes da alvenaria	Executado após a alvenaria
Gabaritos de portas e de janelas?	Não, a obra não utilizou nenhuma das duas ferramentas	Sim, a obra fez uso das duas ferramentas	Não, a obra não utilizou nenhuma das duas ferramentas

Fonte: Autores

4.2 Atividades Facilitadoras e Boas Práticas

No Quadro 5 encontram-se as Atividades Facilitadoras (AF's) e Boas Práticas (BP's) identificadas nos estudos de caso. Nota-se que todas as AF's estavam formalizadas ao processo (cor azul). Tal fato revela que as empresas estudadas procuram reduzir variabilidade nos seus empreendimentos de forma sistemática.

Dentre as AF's destacam-se a utilização de laje zero pela obra "A" e o contrapiso antes da alvenaria na obra "B", por reduzirem a variabilidade nos

processos anteriores ao de elevação de alvenaria. As categorias (8) Proteção de processos e (6) Sequenciamento foram associadas pela proteção contra a variabilidade do processo posterior e pela mudança da sequência das atividades visando padronização, respectivamente.

Quadro 5 – Atividades facilitadoras e Boas práticas identificadas

	Atividade	Categoria	Cor	Presente no estudo de			Tipo de variabilidade relacionada
				A	B	C	
Atividades Facilitadoras	Uso de blocos de vedação em paredes hidráulicas	(2) Projeto			✓	✓	II
	Utilização de laje zero (não execução de contrapiso)	(8) Proteção dos processos		✓			I
	Uso de gabaritos de portas e janelas	(3) Preparação do trabalho			✓		II
	Contrapiso feito antes da elevação de alvenaria	(6) Sequenciamento			✓		I
Boas práticas	Paletização de blocos e/ou argamassa ensacada	(3) Preparação do trabalho		✓	✓		I
	Pré-montagem de kits hidráulicos	(3) Preparação do trabalho		✓		✓	I
	Adoção de caixinha elétrica que evita variabilidade	(2) Projeto		✓		✓	II
	Conferência da alvenaria em todas as etapas de execução	(4) Conferência do trabalho				✓	II
	Laje falsa após radier (fundação)	(2) Projeto				✓	I
	Mesma equipe para todos os serviços de alvenaria	(8) Proteção dos processos			✓		II
	Tratamento de vias para a circulação de máquinas	(3) Preparação do trabalho		✓			I
	Embutimento de caixas de passagem elétrica na laje treliçada	(3) Preparação do trabalho		✓			I
	Uso de argamasadeiras nos pavimentos	(3) Preparação do trabalho			✓		II
	Padronização de padiolas de acordo o traço	(3) Preparação do trabalho				✓	III

Fonte: Autores

A presença de pelo menos uma AF em cada estudo de caso também demonstra a preocupação das empresas com a remoção de restrição do processo de elevação de alvenaria estrutural.

A maioria das boas práticas identificadas relacionou-se à categoria (3) Preparação do trabalho. Isso demonstra que atitudes gerenciais foram tomadas para garantir a redução de variabilidade no abastecimento do posto de trabalho. Como exemplo de Boa Prática, na obra "A", a laje do tipo treliçada era fabricada *in loco*, onde eram embutidas as caixas de passagem de tubulação elétrica (Figura 1).

No canteiro "B" o nível da laje era conferido através do encaixe de peças padronizadas, no caso, pequenas tábuas e escoras. Isso foi possível porque o contrapiso foi executado antes da alvenaria e serviu de referência de nível. Desse modo, cada escora deveria ter apenas um calço. Quando o conjunto encaixava perfeitamente, a laje estava nivelada (Figura 2).

Tratando-se de padronização, também vale destacar as padiolas utilizadas da obra "C" (Figura 3). Essa foi a única atividade que reduziu a variabilidade na demanda (tipo de variabilidade III). Como as padiolas estavam

adaptadas para dosar areia/brita/cimento para cada tipo de traço, só era possível fazer um traço inteiro de cada vez na betoneira.

Figura 1 – Caixas elétricas montadas nas peças de laje treliçada (Obra"A")



Fonte: Os autores

Figura 2 – Modelo de calço para escoramento da laje(Obra "B")



Fonte: Os autores

Figura 3 – Padronização de padiola (Obra "C")



Fonte: Os autores

As obras "A" e "C" apresentaram um bom número de BP's. A obra "B" apresentou um número menor. Contudo, A BP de designar somente uma equipe para todas as etapas do processo, incluindo a marcação e a laje, contribuiu sensivelmente para a redução de variabilidade e do tempo de ciclo (*lead time*) no canteiro "B".

A existência de AF e de BP's relacionadas à categoria (2) Projeto aponta que os construtores vêm se preocupando cada vez mais com a qualidade dos projetos. Isso ocorre pelo fato de um projeto padronizado (racionalizado) ser uma das bases para redução de custos das obras, principalmente porque reduz a variabilidade na execução.

De maneira geral, as atividades desempenhadas para melhoria dos processos ocorreram equitativamente para reduzir variabilidade antes (tipo I) e durante o processo (tipo II) de elevação de alvenaria estrutural.

4.3 Pontos Frágeis

No Quadro 6 encontram-se os Pontos frágeis (PF's) identificadas nos estudos de caso. Os pontos frágeis em sua maioria se enquadraram na categoria (3) Preparação do trabalho, mostrando que mesmo com o bom número de BP's nessa categoria, ainda existem pontos a serem melhorados para um abastecimento do posto de trabalho satisfatório.

Destacou-se a falta de compatibilização de projetos, que ocorreu nas três obras. Em todos os casos, existiu discordância entre os projetos arquitetônico e estrutural. Esse ponto frágil frequentemente não recebe a devida importância nos planejamentos das obras. Neste caso, os gestores dos canteiros precisam utilizar de improvisações para conseguir concluir o produto, que, com isso, perde em qualidade.

Falhas graves foram identificadas, sobretudo por se tratar de obras em alvenaria estrutural. A ausência de gabaritos de portas e janelas (Obras "A" e "C"), prejudica a precisão dimensional (ABNT, 2011). Já a falta de projeto modulação e paginação, ocorrida na obra "B", vai de encontro à racionalização e à modulação exigida pelo sistema construtivo empregado.

A falta de rastreabilidade e a falta de Ficha de Verificação de Material (FVM) dos blocos, ocorridas na obra "C", comprometem a verificação da segurança estrutural pela falta controle do principal elemento construtivo.

Quadro 6 – Pontos frágeis identificados

	Atividade	Categoria	Cor	Presente no estudo de caso			Tipo de variabilidade relacionada
				A	B	C	
Pontos frágeis	Ausência de gabaritos de portas e janelas	(3) Preparação do trabalho		✓		✓	II
	Falta de projeto de modulação e/ou paginação	(2) Projeto			✓		II
	Falta de quadro de traços nas centrais de argamassa	(3) Preparação do trabalho				✓	I
	Ausência de kit hidráulicos pré-montados	(3) Preparação do trabalho			✓		II
	Variabilidade de quanto a ferramenta de aplicação de argamassa	(3) Preparação do trabalho		✓			II
	Falta de rastreabilidade dos blocos	(8) Proteção dos processos				✓	I
	Falta de FVM para os blocos	(3) Preparação do trabalho				✓	I
	Falta de compatibilização de projetos	(2) Projeto		✓	✓	✓	II
	Não utilização *in loco* de projeto de modulação	(4) Conferência do trabalho				✓	II

Fonte: Autores

Destacou-se, também na Obra "C", a não utilização do projeto de modulação in loco, motivando a interrupção do trabalho. Aliás, o canteiro citado foi o que mais apresentou PF's, se comparado com os demais estudos de caso.

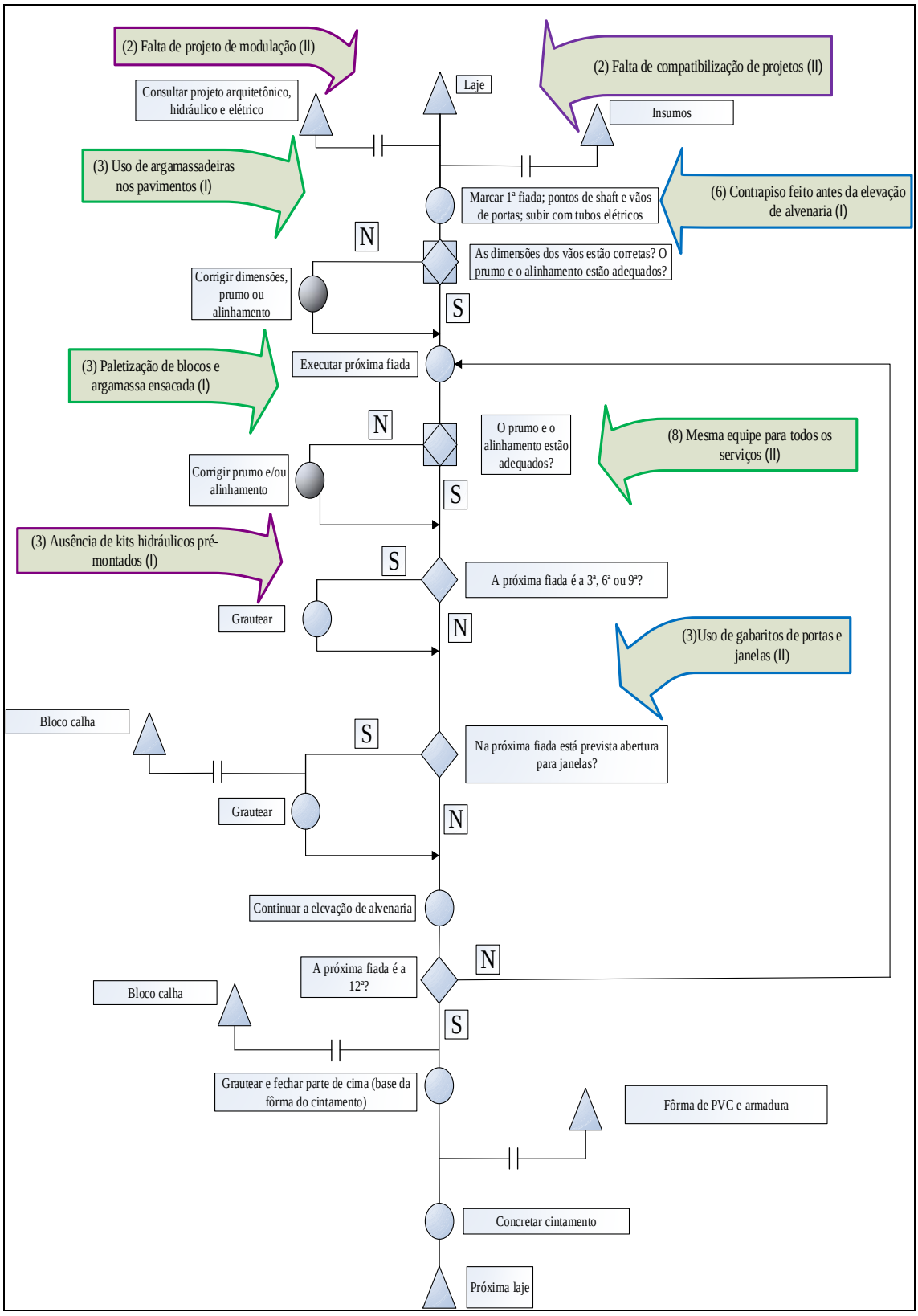
Quanto ao tipo de variabilidade promovida pelos pontos frágeis, a variabilidade no próprio processo (tipo II) foi a que se sobressaiu, sendo encontrada o dobro da variabilidade nos processos anteriores (tipo I).

4.4 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa unificado contém causas de descontinuidades no processo de elevação de alvenaria das três obras. As restrições e gargalos inseridos nele foram relatados pelos engenheiros das obras, de acordo com a visão que cada um tinha do processo.

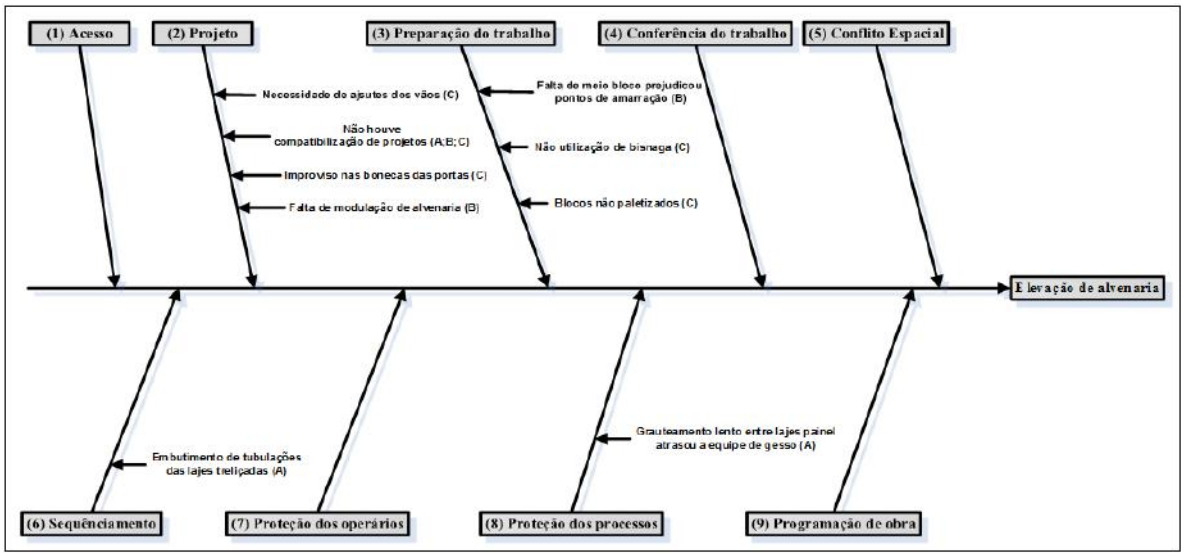
As Figuras 4 e 5 trazem um dos fluxogramas obtidos, fruto da metodologia aplicada (obra "B"), e o Digrama de Ishikawa. O Diagrama contempla os desdobramentos dos prontos frágeis dos fluxogramas dos três estudos de caso.

Figura04 – Fluxograma do processo de elevação de alvenaria estrutural da obra "B" com AF's, Boas Práticas e Pontos Frágeis inseridos



Fonte: Autores

Figura 5 – Diagrama de Ishikawa com causas de descontinuidades no processo de elevação de alvenaria das três obras (“A”, ”B” e ”C”)



Fonte: Autores

Na obra “A” foram identificadas três causas de descontinuidade dos trabalhos ligados às categorias: (2) Projeto, (6) Sequenciamento e (8) Proteção dos processos. Na categoria Projeto, a falha identificada foi a falta de compatibilização de projetos. Em consequência, identificou-se queda de qualidade da alvenaria, que em alguns pontos apresentou rasgos incomuns para o sistema construtivo, implicando na necessidade de reforço em locais mais críticos.

O Sequenciamento do processo foi prejudicado na atividade de embutimento de tubulações das lajes treliçadas. O entrave ocorreu devido ao tamanho das tubulações não permitir passagem por entre os espaços das treliças. A solução foi alcançada com a mudança de algumas bitolas, algumas passando sob as treliças e outras não. Assim, a laje ficou um pouco mais espessa, porém dentro da margem permitida pelo calculista, pois existia uma folga por não se adotar contrapiso (laje zero). Embora o problema tenha sido resolvido, a produção sofreu um aumento de tempo de ciclo (*Lead time*).

Na categoria Proteção dos processos foi identificada uma causa de interrupção. O grauteamento demorado entre as lajes painel atrasou o cronograma de trabalho da equipe de gesso.

Na obra “B” verificou-se que foram relatados problemas de continuidade no processo de elevação da alvenaria nas categorias (2) Projeto e (3) Preparação do trabalho. Na categoria (2) Projeto, a falta de projeto de modulação foi destacada como causadora de danos ao processo. As consequências foram notadas na queda da padronização e na quantidade de perdas, observada pelo índice de resíduos encontrado.

Mais uma causa de descontinuidade foi a falta de compatibilização de projetos, no caso entre o arquitetônico e o estrutural – categoria (2) Projeto. Todas as unidades adaptadas para portadores de necessidades especiais apresentaram incompatibilidade de espessura dos blocos de um dos caixões de porta. O resultado foi a inserção de mais atividades. A solução adotada pelo engenheiro foi encher o bloco de menor espessura até alcançar a espessura do maior. O processo foi penalizado com mais tempo de mão de obra e mais gasto de material.

A impossibilidade do uso do meio bloco interferiu na categoria (3) Preparação do trabalho. O fato ocorreu porque o meio bloco estava sendo fornecido fora das dimensões desejadas. O gerente da obra então decidiu por utilizar somente o bloco inteiro, quebrando-o quando necessário. Os efeitos negativos foram ainda maiores, pois não se tinha outros itens da família de blocos como compensadores. As operações de amarração foram as mais impactadas. Nelas as quebras do bloco inteiro eram inevitáveis.

Na obra "C", as descontinuidades foram relatadas nas categorias (2) Projeto e (3) Preparação do trabalho, assim como na obra "A". Na categoria (2) Projeto, a falta de compatibilização levou à improvisação na execução das "bonecas" das portas, adicionando a atividade de corte dos blocos ao processo. A restrição também levou a mais produção de resíduos e acréscimo de tempo a essa etapa do processo. A terminalidade dos serviços também foi prejudicada por haver a necessidade de ajustes dos vãos após a execução do pavimento. Um desdobramento da falta de compatibilização que gerou retrabalhos.

Na categoria (3) Preparação do trabalho, o uso da colher de pedreiro pelos operários, embora tenha sido um ponto de redução de variabilidade, não contribuiu para a produtividade. O engenheiro relatou que a produtividade seria mais alta se a mão de obra estivesse acostumada com a bisnaga e a empregasse na produção.

A falta de paletização dos blocos, assim como a falta de rastreabilidade dos mesmos, também se associou a essa categoria por dificultar o transporte, tornando obrigatório o transporte manual dos blocos, que é mais oneroso e demanda mais tempo. Além disso, pode-se citar a ausência de gabaritos para as esquadrias, falha grave para o sistema construtivo de alvenaria estrutural.

5 CONCLUSÕES

Ao analisar o processo de produção pode-se explicitar como atitudes gerenciais puderam contribuir para reduzir a variabilidade no processo de elevação de alvenaria estrutural. Percebeu-se que ações tomadas pelos gerentes, por meio do trabalho desenvolvido pela equipe de produção, tiveram um bom impacto na padronização da produção. Embora seja

necessário ressaltar a presença de pontos frágeis críticos, principalmente, por se tratar de obras em alvenaria estrutural.

Observou-se que as atividades facilitadoras estavam formalizadas no processo e os exemplos ocorreram nas categorias (2) Projeto, (8) Proteção dos processos, (3) Preparação do trabalho e (6) Sequenciamento, destacando-se a Obra "B". Em termos das boas práticas, foram evidenciados mais exemplos nas obras "A" e "C". As categorias onde foram identificados exemplos foram: (3) Preparação do trabalho, (2) Projeto, (4) Conferência do trabalho e (8) Proteção dos processos.

Quanto ao tipo de variabilidade, foram identificados exemplos que evidenciam a atuação das atitudes gerenciais, sendo sete exemplos para variabilidade nos processos anteriores, seis exemplos para variabilidade no próprio processo e um exemplo para a variabilidade na demanda.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-2: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras. 2011. Rio de Janeiro. 2011. 35 p.

CODINHOTO, R. et al. Análise de restrições: Definição e Indicador de Desempenho. In: III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, SIBRAGEC, 2003. **Anais**... São Carlos, 2003.

FIREMAN, M. C. T. **Proposta de método de controle integrado da produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por *making-do* e retrabalho**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.

FIREMAN, M. C. T. et al. Integrating Production and Quality Control: Monitoring Making-Do and Unfinished Work. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21th, 2013, Fortaleza, Brazil. **Proceedings**… Fortaleza, 2013. pp 515-525.

FORMOSO, C. T. ***Lean Construction***: Princípios Básicos e Exemplos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2002.

FORMOSO, C. T.; SOMMER, L.; KOSKELA, L.; ISATTO, E. L. An exploratory study on the measurement and analysis of making-do in construction sites. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 19th, 2011, Lima, Peru. **Proceedings**… Lima, 2011.

HEINECK, L., F., H. et al. **Coletânea Edificar *Lean***: Construindo com *Lean Management*, v.1. Fortaleza: Expressão gráfica Editora, 2009.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C. T. O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8º, Salvador, 2000. **Anais**... Salvador, 2000. v.1 p.572-579.

ISATTO, E. L. et al. ***Lean Construction***: Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Technical Report nº. 72.** Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992, 87p.

MACHADO, R. L. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MESQUITA, V. F. **Desenvolvimento de jogo didático para tornar prático o uso das atividades que contribuem para a melhoria de processo: elevação da alvenaria estrutural**. 2014. 174p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. 2014.

NASCIMENTO, R. S.; SANTOS, D. G. A amostragem do trabalho como ferramenta de diagnóstico para a aplicação dos conceitos da construção enxuta In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 8º, Salvador, 2013. **Anais**... Salvador, 2013, 14p.

SANTOS, D. de G. **Modelo de gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras**. 2004, 219p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 1996, 291p.

SOMMER, L. **Contribuições para um método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. 2010. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.

TREVILLE, S.; ANTONAKIS, J. Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. **Journal of Operations Management**, v. 24 n. 2, p. 99-123, 2006.

VIANA, D. D.; FORMOSO, C. F.; KALSAAS, B. T. Waste in Construction: a systematic literature review on empirical studies. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20th, San Diego, 2012. **Proceedings**… San Diego: State University of San Diego, 2012. 10p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DE ATRASOS DE OBRAS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM[1]

REIS, Caio José L. (1); SEIXAS, Renato De M. (2); SILVA, Gilmar B. Da (3); MAUÉS, Luiz Maurício F. (4); DUARTE, André Augusto A. M. (5)

(1) UFPA, e-mail: caiojlreis@gmail.com; (2) UFPA, e-mail: seixasrenato@hotmail.com; (3) UFPA, e-mail: gilmarbrasil83@gmail.com; (4) UFPA, e-mail: maues@ufpa.br; (5) UFPA, e-mail: amonte@ufpa.br

RESUMO

A ocorrência de atraso em obras de construção civil é um problema frequente em países em desenvolvimento. No Brasil essa realidade é presente em praticamente todas as construções. Os atrasos são influenciados por vários fatores que atuam de maneira diferenciada conforme as etapas da obra. Visando preencher essa lacuna, o objetivo deste trabalho é identificar os principais fatores causadores de atraso em obras de construções, com foco na região metropolitana de Belém. Foram identificados inicialmente, na literatura, quais os principais fatores causadores de atraso. Foram coletados dados, por meio de entrevistas, identificando os fatores que, na visão dos entrevistados (profissionais da construção civil), contribuem para os atrasos. Segundo esses dados, fatores como, o retrabalho devido a erros durante a construção, a entrega de materiais fora do prazo, assim como o baixo compromisso e produtividade da mão de obra são os que mais influenciam para o atraso das obras. Mostrando que a maioria dos fatores mais preponderantes estão ligados a gestão da obra, o que serve de indicativo para as empresas na elaboração de programas mais consistentes nesta área, visando a médio e longo prazo minimizar a ocorrência dos fatores que aumentam o risco de atraso nas obras.

Palavras-chave: Atraso. Gestão. Risco.

ABSTRACT

The occurrence of delay in construction works is a common problem in developing countries. In Brazil this reality is present in virtually all buildings. The delays are influenced by several factors that act differently according to the steps of the work. Aiming to fill this gap, the aim of this study is to identify the main factors causing delay in construction works, focusing on the metropolitan area of Belém. It was first identified in the literature, which are the main factors causing delay. Data were collected through interviews, identifying the factors that, in the view of respondents (professional construction), contributing to the delays. According to these data, factors such as rework due to errors during construction, delivery of materials out of time, as well as the low commitment and labor productivity are the most influence to delay the works. Showing that most of the most important factors are linked to the work management, which serves as an indicator for companies in developing more consistent programs in this area, aimed at medium and long term to minimize the occurrence of factors that increase the risk of delay in construction.

[1] REIS, Caio J. L.; SEIXAS, Renato M.; SILVA, Gilmar B.; MAUÉS, Luiz M. F.; DUARTE, André A. A. M. Identificação das causas de atrasos de obras: um estudo de caso na região metropolitana de Belém. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Delay. Managemet. Risk.*

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade do setor da construção civil, a necessidade de diminuição dos preços de venda, e crescente exigência por parte do consumidor em relação à qualidade e valor do produto final, aumenta cada vez mais o dever da melhoria continua do todos os processos que envolvem a construção de um novo empreendimento.

De acordo com MAJID, (2006), um projeto de construção bem-sucedido é um projeto concluído a tempo, dentro do orçamento, em conformidade com as especificações e a satisfação de todas as partes envolvidas. Os atrasos são comuns em vários projetos de construção e causam perdas consideráveis para as partes do projeto. Infelizmente no cenário da construção civil brasileira o atraso é um problema rotineiro.

Com o intuito de contribuir para trabalhos futuros, o objetivo deste trabalho é identificar os principais fatores causadores de atraso em obras de construções na região metropolitana de Belém. A pesquisa se caracteriza por uma experimentação prática, onde se procurou através de uma revisão bibliográfica e pesquisa de campo (entrevistas como coletas de dados), realizar de maneira descritiva e quantitativa, a identificação dos fatores que causam atrasos nas obras. Os resultados gerados são considerados parciais, sendo os mesmos integrantes de uma pesquisa mais ampla e em andamento de mestrado e doutorado. Com o resultado da pesquisa, espera-se estabelecer um filtro, onde de todos os fatores de atraso de obras analisados, quais os que mais influenciam para o atraso e, portanto, necessitam de uma maior atenção para diminuição constante de ocorrência do mesmo.

2 ATRASO DE OBRAS

Para SWEIS (2008), COUTO (2006), o Atraso de obras, é definido como um ato ou evento que estende o tempo necessário para executar as tarefas no âmbito de um contrato. Os mesmos acarretam repercussões negativas para o desenvolvimento e desempenho da obra. A ausência de ser atingido as metas em relação ao prazo é um dos motivos frequentemente apontados para a falta de competitividade na construção.

De acordo com Alaghbari, Kadir e Ernawati (2007), o atraso é um dos maiores problemas da indústria da construção, ocorrendo em empreendimentos de todas as magnitudes. Alguns projetos podem atrasar alguns dias, outros alguns meses e até anos, tornando-se essencial definir as causas que originam estes atrasos.

Segundo SWEIS (2008), RESENDE (2013), AL-MOMANI (2000), eles podem ocorrer principalmente por falta de planejamento, perda de produtividade, tecnologias construtivas altamente dependentes de mão de obra e deficiência na gestão da produção, assim como outros que independem

dos responsáveis pela obra, como: greves, falha do equipamento, pedidos de alteração de projeto, entre outros. Além disso, os fatores que levam aos atrasos nos canteiros são muitas vezes interligados, tornando a situação ainda mais complexa de ser analisada e mitigada.

2.1 Caracterização de atrasos

O atraso dentro de um canteiro pode ser causado por um fator ou por vários associados, que é o mais comum e mais difícil de ser minimizado. Ele pode ter vários responsáveis em diferentes níveis hierárquicos. De acordo com Chan e Kumaraswamy (1997), a atribuição de responsabilidades por atrasos ocorridos em uma obra é um assunto que sempre causa desacordo entre as partes envolvidas.

Na investigação sobre as causas dos atrasos e seus responsáveis, é notável observar que, desde o início dos estudos existem divergências de opiniões entre as diferentes partes envolvidas na área da construção.

De acordo com Alaghbari, Kadir e Ernawati (2007), os atrasos podem ser decorrentes das causas externas e internas. As causas internas são provenientes das quatro partes envolvidas: proprietários, projetistas, construtores/empreiteiros e consultores. As causas que não são provocadas pelas quatro partes envolvidas, são consideradas externas, como atrasos relacionados ao clima, ao governo, entre outros fatores.

Segundo KRAIEM ET DIECKMANN'S (1988), os atrasos de obras primeiramente foram divididos em: atrasos desculpáveis e não desculpáveis.

Porém, de acordo com TRAUNER (1990), o aumento do interesse e estudos sobre os atrasos, adicionou-se mais quatro categorias, classificando-os, portanto, em: compensável e não compensável; concorrente e não concorrente; e crítico e não crítico.

a) Atraso compensável/ Não compensável: Uma vez classificado como compensável o atraso dá direito ao empreiteiro e construtor o direito de receber uma compensação monetária e/ou prorrogação do prazo de entrega da obra.

B) Atraso concorrente/ Não concorrente: A divisão entre atraso concorrente e não concorrente está delimitada pela simultaneidade das atividades com atrasos onde, individualmente, cada atividade vai afetar ou não afetar a data de conclusão da obra

c) Atraso crítico / não crítico: As atividades caracterizadas com atraso crítico são definidas como atividades críticas para o cronograma da obra, onde o atraso impactará diretamente no prazo final da obra. Já as atividades não críticas possuem folgas durante a sua execução, sem afetar o prazo final da obra.

3 CONSEQUÊNCIAS DO ATRASO EM OBRAS

Segundo RESENDE (2013) e OWOLABI ET AL (2014), os atrasos muitas vezes

levam a impactos negativos no controle de custos, uma vez que provocam a extensão dos trabalhos ou a sua aceleração através da de mais recursos, perda de produtividade e receita, além de poder gerar ações judiciais entre os proprietários e as construtoras que podem levar a multas que prejudicam seriamente a imagem da empresa no mercado.

Segundo Cabrita (2008), os principais efeitos dos atrasos durante a obra são aumento dos custos da obra, aumento da duração da obra, desentendimento entre as partes interessadas, má imagem do empreiteiro e aplicação de multas.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste trabalho utilizou-se o método de pesquisa survey, utilizando um questionário aplicado ao público alvo, que segundo Mello (2013), é um método de coleta de informações diretamente de pessoas a respeito de suas ideias. O questionário deve ser administrado pelo pesquisador, que pode envia-lo aos entrevistados, por meio impresso ou eletrônico, sendo possível oferecer assistência ou não para o preenchimento ou fazer a pesquisa presencialmente ou ainda via telefone.

A metodologia da pesquisa se dá inicialmente pela coleta dos principais fatores de atraso de obras em bibliografias nacionais e internacionais. Foram estudados uma série de trabalhos que tiveram o mesmo objetivo. Na tabela 1, estão apresentados os autores estudados assim como o ano de publicação dos seus trabalhos.

Tabela 1 – Autores utilizados na coleta bibliográfica e anos de publicação das suas obras

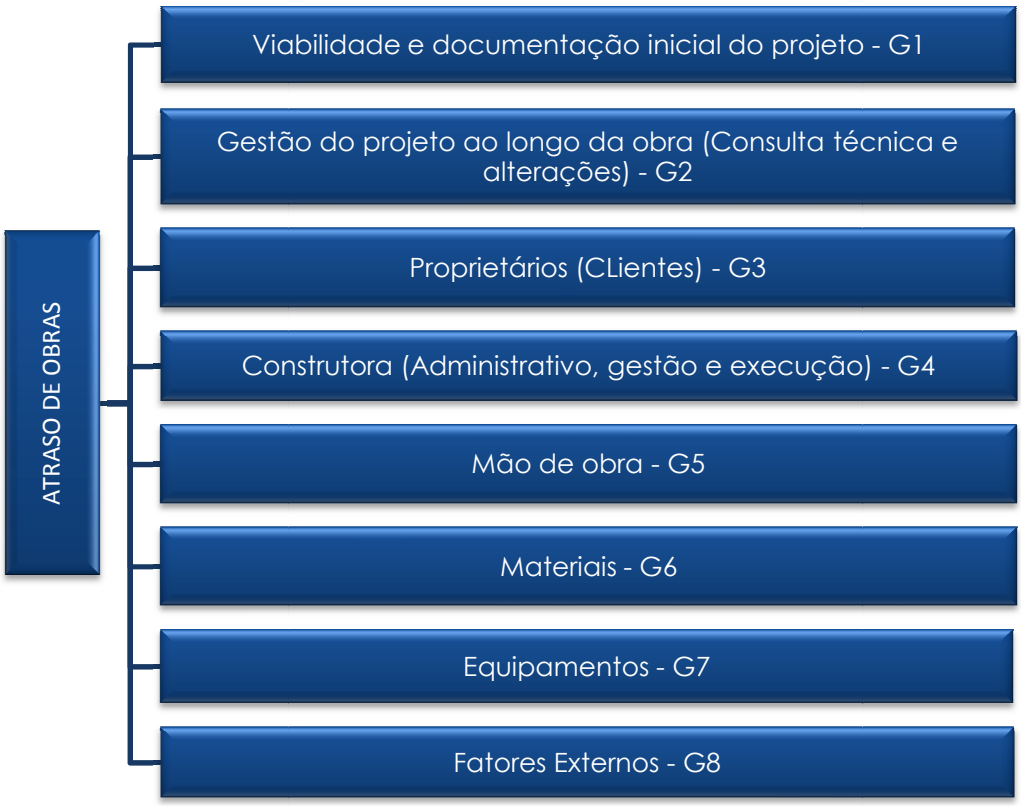
AUTORES	ANO DE PUBLICAÇÃO
DE FILIPPI, G. A.; MELHADO, S. B	2015
MARZOUK, M., AND T. EL-RASAS	2014
MYDIN, M. O., SANI, N. M., SALIM, N. A., & ALIAS, N. M.	2014
ALSEHAIMI, A., KOSKELA, L., AND TZORTZOPOULOS, P.	2013
GÜNDUZ, M.; NIELSEN, Y.; ÖZDEMIR, M.	2013
R.-K. T. M. AKOGBE, X. FENG, AND J. ZHOU	2013
DOLOI, H., SAWHNEY, A., IYER, K.C., RENTALA, S.	2012
WAMBEKE, B., HSIANG, S., AND LIU, M.	2011
FUGAR, F. D. K.; AGYAKWAH-BAAH, A. B.	2010
DAI, J., GOODRUM P.M., MALONEY W.F.	2009
SWEIS, G., SWEIS, R., ABU HAMMAD, A. AND SHBOUL, A.	2008
SAMBASIVAN, M AND SOON, Y. W.	2007
COUTO, J. P.	2007
DOLOI, H.	2007
WA'EL ALAGHBARI, MOHD. RAZALI A. KADIR, AZIZAH SALIM, ERNAWATI	2007
A. ASSAF AND S. AL-HEJJI	2006

ODEH A.M AND BATTAINEH H.T.	2002
AL-MOMANI, A.H.	2000
MEZHER, T. M.; TAWIL, W.	1998
CHAN, D.W.M.; KUMARASWAMY, M.M.	1997

Os fatores selecionados, de cada literatura, são aqueles que estão presentes nos dados conclusivos das pesquisas, ou seja, os que mais influenciam no atraso de obras. Foram identificados 56 diferentes principais fatores.

Notou-se que esses fatores englobam várias origens em diferentes etapas, antes e durante a obra. Por isso constatou-se a necessidade de agrupa-los, como realizado em algumas bibliografias estudadas. A figura 1 mostra, os grupos criados de acordo com a natureza e a fase onde os atrasos ocorreram.

Figura 1 - Grupos de fatores de atrasos de obras



Fonte: Autores (2016)

Posteriormente foi elaborado o questionário para avaliar a percepção dos entrevistados, sendo estes profissionais da área gerencial da construção.

O questionário contém os 56 fatores pré-identificados, onde o entrevistado avaliará, quais fatores, influenciam ou não no atraso de obras, para a realidade da região estudada. Os dados coletados foram analisados e classificando como os que mais contribuem para os atrasos. O ranking dos fatores foi feito de acordo com o percentual do fator que influenciam o

atraso (FIA). Este percentual é calculado pela divisão entre o número de respostas afirmativas (Ra) para o fator e o número total de entrevistados da amostra (N), como demonstra a equação 1.

$$FIA = Ra/N\ (\%) \quad (1)$$

Após a coleta de dados será realizado um comparativo entre os principais fatores, classificados para a Região Metropolitana de Belém, com os encontrados na literatura, em outros estados do Brasil e em outros países ao redor do mundo.

5 RESULTADOS

O questionário foi aplicado a 61 profissionais da construção civil (resultado parcial, parte integrante da dissertação de mestrado), dentre eles estão 11 diretores, 35 engenherios de obra, 4 engenheiros de planejamento, 7 técnicos em edificações e 4 mestres de obra. A partir da coleta de dados, o resultado foi ranqueamento e está demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 - Ranking de fatores de atrasos de obras

Grupos	Fatores de Atraso	Resposta Sim
G6	Atraso na entrega de materiais	91,80%
G4	Retrabalho devido a erros durante a construção	90,16%
G5	Falta de Compromisso da mão de obra	90,16%
G4	Atraso na entrega de materiais, ineficiência do setor de compra	88,52%
G5	Baixo nível de produtividade da mão de obra	88,52%
G8	Tempo/Condição meteorológicas (calor, chuva, etc.)	88,52%
G5	Atrasos nos trabalhos da mão de obra	83,61%
G1	Recebimento de projetos incompletos	81,97%
G3	Atraso nos pagamentos ao longo da obra, dificuldade financeira do cliente	81,97%
G6	Atraso na fabricação de materiais	81,97%
G5	Interferência da mão de obra ou trabalho inadequado	78,69%
G2	Tempo de retorno dos engenheiros quando há uma questão a ser resolvida sobre o projeto	75,41%
G2	Aumento de serviços (alteração de projetos)	75,41%
G4	Má gestão ou supervisão (organização da equipe) no canteiro	75,41%
G6	Escassez de materiais de construção	75,41%
G8	Problemas com vizinhos	75,41%
G5	Escassez de mão de obra	73,77%
G2	Erro e atrasos na produção de projetos	72,13%
G4	Falta de comunicação entre as partes (gestão e construtora)	72,13%
G4	Conflito nas programações da mão de obra	72,13%

G2	Falta de clareza no escopo do projeto	70,49%
G4	Falta de experiência por parte da equipe responsável pela gestão	70,49%
G4	Planejamento do projeto malfeito ou programações ineficazes	70,49%
G6	Mudanças nos tipos de materiais e Especificações durante a construção	70,49%
G5	Pressão de iniciar as operações e alcançar progressos a curto prazo deixa pouco tempo para rever operações.	68,85%
G1	Atraso na aprovação dos projetos	67,21%
G1	Dificuldades de obtenção de financiamento para o projeto	67,21%
G3	Alteração no projeto pelo proprietário durante a construção	67,21%
G4	Gerenciamento de projeto inadequado	67,21%
G5	Subestimação do prazo de execução dos projetos pela mão de obra	67,21%
G6	Qualidade dos materiais	67,21%
G8	Efeitos das condições do subsolo (por exemplo, solo, lençol freático alto, etc.)	67,21%
G1	A obtenção de licenças necessárias	65,57%
G1	A qualidade dos documentos (erros na concepção e / ou desenhos)	65,57%
G5	Atraso ou baixa mobilização da mão de obra no canteiro	63,93%
G3	Lentidão na tomada de decisões pelo proprietário	62,30%
G7	Mobilização lenta de equipamento	62,30%
G3	Finanças e pagamentos do cliente inadequada para o trabalho concluído (Valor a ser pago pelo cliente durante a construção)	60,66%
G6	Flutuação dos preços / aumento dos custos de materiais no mercado	60,66%
G4	Falta de comunicação entre as partes (mão de obra e engenheiro)	49,18%
G1	Subestimação dos custos de projetos	47,54%
G7	Escassez de equipamentos	47,54%
G1	Subestimação da complexidade dos projetos	45,90%
G5	Contratos não lucrativos de emprego (mão de obra)	45,90%
G7	Equipamento inadequado	45,90%
G1	Aprovação legal dos projetos	44,26%
G4	Revisão do progresso físico inadequado	44,26%
G4	Inexperiência do empreendedor como contratante	42,62%
G2	A complexidade do projeto	40,98%
G5	Ambiente de trabalho desfavorável (mão de obra)	40,98%
G4	Meios inadequados de contratação	39,34%
G3	Atraso na aprovação de projeto documentos pelo proprietário	36,07%
G3	Má concepção e negligência do proprietário	29,51%
G3	O tempo de espera para a aprovação de testes e inspeções	29,51%

G1	Atraso na execução de inspeção e testes	27,87%
G2	Definição inadequada de substancial realização	27,87%

Fonte: Autores (2016)

Com o ranking foi possível extrair os 10 (dez) principais fatores causadores de atraso em obras na região metropolitana de Belém e compará-los com outras localidades, tanto outros estados do Brasil quanto outros países, como apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Comparativo da pesquisa com países da América, Europa, África e Oceania.

AMÉRICA			**EUROPA**		**ÁFRICA**	**ÁSIA**
Belém	**São Paulo[2]**	**EUA[3]**	**Portugal[4]**	**Turquia[5]**	**Benin[6]**	**Malásia[7]**
Atraso na entrega de materiais	✓	✗	✗	✓	✗	✗
Retrabalho devido a erros durante a construção	✓	✓	✗	✗	✗	✓
Falta de Compromisso da mão de obra	✗	✓	✗	✓	✗	✗
Atraso na entrega de materiais, ineficiência do setor de compra	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Baixo nível de produtividade da mão de obra	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Tempo / Condição meteorológicas (calor, chuva, etc.)	✓	✓	✗	✗	✗	✓
Atrasos nos trabalhos da mão de obra	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Recebimento de projetos incompletos	✗	✓	✓	✗	✗	✗
Atraso nos pagamentos ao longo da obra, dificuldade financeira do cliente	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Atraso na fabricação de materiais	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Fonte: Autores (2016)

No quadro verifica-se que dentre os fatores, os que mais foram constatados (com 3 ou mais incidência nos locais mencionados) foram, retrabalho devido a erros durante a construção com 3 incidências (São Paulo, Estados Unidos e

[2] DE FILIPPI, G. A.; MELHADO, S. B.

[3] WAMBEKE, B. W.; HSIANG, S.M.; LIU, M.

[4] COUTO, J. P.

[5] GÜNDUZ, M.; NIELSEN, Y.; ÖZDEMIR, M.

[6] AKOGBE, R. T. M.; FENG, X.; ZHOU J.

[7] MYDIN, O. M. A. et al.

Malásia), baixo nível de produtividade da mão de obra com 5 incidências (todos os locais, exceto na Malásia) e tempo/condição meteorológicas (calor, chuva, etc.) com 3 incidências (São Paulo, Estados Unidos e Malásia).

Ao analisarmos especificamente o Brasil, notou-se que dos 10 (dez) fatores que mais influenciam no atraso de obras na região Metropolitana de Belém, 5 (cinco) também se encontravam dentre os principias na região metropolitana de São Paulo, como o atraso na entrega de materiais, retrabalho, baixo nível de produtividade e atraso no trabalho da mão de obra, e condições meteorológicas.

6 CONCLUSÕES

O objetivo principal do trabalho era identificar os principais fatores que causam atraso em obras na região metropolitana de Belém, por meio de entrevistas com profissionais da construção civil.

De acordo com os dados gerados concluiu-se que, dentre os vários fatores causadores de atraso os que mais se destacaram na pesquisa foram, a entrega de materiais fora do prazo, o retrabalho devido a erros durante a construção, o baixo compromisso e produtividade da mão de obra.

Nota-se que estes fatores são classificados como não compensáveis, concorrentes e críticos, ou seja são fatores de atraso que não justificam o empreenteiro reinvidicar aditivo de custo e prazo, assim como são fatores que afetam diretamento no prazo final da obra.

Observa-se ainda que estes fatores estão relacionados a gestão da obra, o que serve de indicativo para as empresas para uma maior preocupação nas atividades e tomadas de decisões das equipes envolvidas nessa área de gestão, tornando necessária a constante qualificação dos engenheiros residentes, equipe de apoio e de produção, para que assim, o risco do atraso de obras seja minimizado ao longo do tempo.

Realizou-se um comparativo entre o resultado desta amostra e de outras pesquisas publicadas nas literaturas nos últimos 20 anos. Dentre os fatores, os que mais foram constatados foram, retrabalho devido a erros durante a construção, baixo nível de produtividade da mão de obra e tempo/condição meteorológicas. Demonstram que são fatores mais comuns em várias localidades ao redor do mundo, podendo assim servirem de indicativos para fatores de atraso de obras com uma visão mais global.

Notou-se fatores em comum quando comparada a região metropolitana de Belém com a região metropolitana de São Paulo. Ressaltando assim que existem mesmos fatores que podem ser identificados em regiões distintas do Brasil, apesar da existência de metodologias, de gestão e construtivas, diferenciadas.

As causas dos fatores é um item ainda não abordado neste trabalho, porém fica como sugestão para trabalhos futuros, uma análise sobre essas causas e de que forma elas podem ser previnidas.

REFERÊNCIAS

A. ASSAF and S. AL-HEJJI. **Causes of Delay in Large Construction Projects**. International Journal of Project Management, Vol. 24, 2006, pp. 349-357.

AKOGBE, R. T. M.; FENG, X.; ZHOU J. **Importance and Ranking Evaluation of Delay Factors for Development Construction Projects in Benin**. KSCE Journal of Civil Engineering, vol. 17, no. 6, pp. 1213-1222, 2013.

ALAGHBARI, W; KADIR; R.M.A; ERNAWATI, A.S. **The significant factors causing delay of building construction projects in Malaysia**. Engineering, Construction and Architectural Management, v.14, n. 2: p.192-206, 2007

ALSEHAIMI, A., KOSKELA, L., AND TZORTZOPOULOS, P. **Need for Alternative Research Approaches in Construction Management: Case of Delay Studies.** J. Manage. Eng., 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000148, 407-413. 2013

AL-MOMANI, A. H. **Construction delay: a quantitative analysis**. International Journal of Project Management, v.18, n.1, p. 51-59, 2000.

CABRITA, A. F. N. **Atrasos na construção: causas, efeitos e medidas de mitigação**. IST, Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

CHAN, D. W. M.; KUMARASWAMY M. M. **A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects**. International Journal of Project Management, v.15, n.1, 1997.

COUTO, J. P. **Incumprimento dos Prazos na Construção**. Braga, 2007. 486 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2007.

COUTO, J. P. **Influência dos Atrasos na Competitividade da Indústria de Construção Portuguesa**. Inquérito nacional sobre o incumprimento dos prazos–LNEC, 2006.

COUTO, J. P. **Influência dos atrasos na competitividade**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE E INOVAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, 1., Lisboa, 2006. Anais... Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia, 2006.

DAI J., GOODRUM P.M., MALONEY W.F. **Construction craft workers' perceptions of the factors affecting their productivity**. Journal of Construction Engineering and Management 2009, 135(3):217–226. 10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:3(217)

DE BRUM, T. C. **Avaliação crítica dos principais problemas de gestão de obras no Rio Grande do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. 2015.

DE FILIPPI, G. A.; MELHADO, S. B. **Um estudo sobre as causas de atrasos de obras de empreendimentos imobiliários na região Metropolitana de São Paulo**. Ambiente Construído, Porto Alegre,v. 15, n. 3, p. 161-173, jul./set. 2015.

DE RESENDE, C. C. R. **Atrasos de obra devido a problemas no Gerenciamento**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

DOLOI, H. **Twinning Motivation, Productivity and Management Strategy in Construction Projects**, Engineering Management Journal, 19 (3), 30-40. 2007

DOLOI, H. et al. **Analysing Factors Affecting Delays in Indian Construction Projects**. International Journal of Project Management, v. 30, n. 4, p. 479-489, 2012.

FUGAR, F. D. K.; AGYAKWAH-BAAH, A. B. **Delays in Building Construction Projects in Ghana**. Australasian Journal of Construction Economics and Building, v. 10, n. 1-2, p. 128-141, 2010.

GÜNDUZ, M.; NIELSEN, Y.; ÖZDEMIR, M. **Quantification of Delay Factors Using the Relative Importance Index Method For Construction Projects in Turkey**. Journal of Management in Engineering, v. 29, n. 2. p. 133-139, 2013.

KRAIEM, Z., DIEKMANN, J. **Discussion of Kraiem and Dieckmann.** Journal of Construction Engineering and Management, 1988, p. 114-337.

MAJID, I. A. **Causes and effect of delays in Aceh construction industry**. Master's thesis, Univ. of Technology Malaysia, Johor Bahru, Malaysia. 2006.

MARZOUK, M., AND T. EL-RASAS. **Analyzing Delay Causes in Egyptian Construction Projects**, Journal of Advanced Research, vol. 5, issue 1, pp. 49-55, 2014.

MEZHER, T. M.; TAWIL, W. **Causes of Delays in the Construction Industry in Lebanon**. Engineering, Construction and Architectural Management, v. 5, n. 3, p. 252-260, 1998.

MELLO, Carlos (Org.). **Métodos quantitativos: pesquisa, levantamento ou survey.** Aula 09 da disciplina de metodologia de pesquisa na UNIFEI. Disponível em: <http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/Mestrado/PCM-10/Slides-Mestrado/Metodologia_Pesquisa_2012-Slide_Aula_9_Mestrado.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2016 q1.

MYDIN, O. M. A. et al. **Assessment of Influential Causes of Construction Project Delay in Malaysian Private Housing From Developer's Viewpoint**. In: EMERGING TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONGRESS, Bangi, 2014. Proceedings... Bangi, 2014.

ODEH A.M AND BATTAINEH H.T., **Causes of construction delay: traditional contracts**, Int J Project Manage 20 (1) (2002): 67±73.

OWOLABI, J. D. et al. **Causes and effect of delay on Project construction delivery time**. International Journal of Education and Research, v. 2, n. 4, p. 197-208, 2014.

R.-K. T. M. AKOGBE, X. FENG, AND J. ZHOU. **Importance and ranking evaluation of delay factors for development construction projects in Benin**, KSCE J. Civ. Eng., vol.17, no. 6, pp. 1213– 1222, Aug. 2013.

SAMBASIVAN, M AND SOON, Y. W. **Causes and effects of delays in Malaysian construction industry**. International Journal of Project Management 25 (2007) 517–526.

SWEIS, Ghaleb et al. **Delays in construction projects: The case of Jordan**. International Journal of Project Management, v. 26, n. 6, p. 665-674, 2008.

TRAUNER, T. **Construction Delays: documenting causes, winning claims, recovering costs, Means**, USA: R.S, 1990.

WA'EL ALAGHBARI, MOHD. RAZALI A. KADIR, AZIZAH SALIM, ERNAWATI. **The significant factors causing delay of building construction projects in Malaysia,** Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 14 Iss: 2, pp.192 - 206

WAMBEKE, B. W.; HSIANG, S.M.; LIU, M. **Causes of Variation in Construction Project Task Starting Times and Duration**. Journal of Construction Engineering and Management, v.137, n.9, p.663-677, 2011.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO PARA SERVIÇOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

ROCHA, Gabriela Sitja (1); SILVA JÚNIOR, Carlos André Vieira (2); FORMOSO, Carlos Torres (3)

(1) UFRGS, email: gabisitja@gmail.com; (2) UFAL, email: cavsjunior94@gmail.com; (3) UFRGS, email: formoso@ufrgs.br

RESUMO

A construção civil é cada vez mais exigida em relação à gestão da qualidade. Nesse sentido, as empresas têm buscado adequar-se a programas de certificação da qualidade, mas ainda possuem dificuldades em relação ao controle de qualidade dos serviços executados, pois não existem indicações claras de como a inspeção deve ser conduzida. Nesse contexto, o objetivo do trabalho é definir diretrizes para concepção e implantação de procedimentos de inspeção da qualidade e apontar seus benefícios em um empreendimento na região metropolitana de Porto Alegre/RS. A presente pesquisa adotou a pesquisa construtiva como estratégia em que, inicialmente, foi realizado estudo empírico, no qual foram acompanhadas as inspeções realizadas e identificados os principais problemas, foram elaboradas diretrizes para a concepção e implantação dos procedimentos de inspeção nas atividades críticas da obra, e elaborados os procedimentos, que foram analisados pela gerente de qualidade da empresa. Foi constatado que os PIQs contribuem para a padronização do processo de inspeção, no aumento da integração entre produção e qualidade, na diminuição do tempo de inspeção e no aumento do nível de confiabilidade dos dados coletados. Além de contribuir com a verificação de itens que não são rotineiramente inspecionados e facilitar o treinamento dos inspetores.

Palavras-chave: Procedimentos de inspeção de qualidade. Diretrizes. Otimização.

ABSTRACT

The building industry is increasingly required in relation to quality management. In this sense, companies have sought to adapt quality certification programs, but still have difficulties in relation to the quality control of the services provided, because there are no clear indications of how the inspection has to be conducted. In this context, this work aims to define guidelines for the design and implementation of quality inspection procedures and point its benefits in a undertake inserted in the metropolitan region of Porto Alegre/RS. The present research adopted constructive research as a strategy that, initially, was carried through empirical study, inspections were carried out accompanied and the main problems were identified, afterwards, guidelines were elaborated for the design and implementation of inspection procedures in the critical activities of the venture, and elaborate procedures, which were analyzed by the company quality manager. It has been found that the QIPs contribute to the standardization of the inspection process, the increased integration between production and

[1] ROCHA, G.S; JUNIOR, C.A.V.S.; FORMOSO, C.T.. Proposta de diretrizes para a produção de procedimentos de inspeção para serviços da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. **Anais**. Porto Alegre: ENTAC, 2016.

quality, decreased inspection time and increase in the level of reliability of the data collected. In addition to contributing with verification of items that are not routinely inspected and facilitate the training of inspectors.

Keywords : *Quality inspection procedures. Guidelines. Optimization.*

1 INTRODUÇÃO

As abordagens atuais de controle de qualidade em canteiros de obra não são eficazes na identificação de defeitos em uma fase adiantada do processo de construção (AKINCI ET AL., 2006). Akinci et al. (2006) explicam que, como resultado, os defeitos podem não ser detectados até fases tardias da construção ou até a fase de manutenção da edificação, podendo ter consequências custosas. A inspeção minuciosa durante a construção é um dos fatores mais importantes na prevenção de falhas durante essa etapa, uma vez que a inspeção permite a identificação e reparo de falhas no momento adequado, evitando problemas posteriores (YATES; LOCKLEY, 2002).

Constata-se que as empresas possuem procedimentos de verificação de qualidade e checklists, entretanto não há informações claras que conduzam a inspeções satisfatórias e padronizadas. Por isso, essa pesquisa visa definir diretrizes para concepção e implantação de procedimentos de inspeção de qualidade (PIQ) e apontar os benefícios decorrentes dessa implantação em um empreendimento vertical na região metropolitana de Porto Alegre/RS.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A necessidade por uma inspeção da qualidade formal surgiu a partir da introdução dos modelos de produção em massa, por meio de métodos estatísticos que utilizavam técnicas de amostragem para impedir que produtos com defeitos chegassem ao consumidor (BARTZ, 2007; GARVIN, 2002). Dale, Wiele e Iwaarden (2007) explicam que a inspeção envolve o teste dos componentes após a instalação, na maioria das vezes por pessoas diferentes das que executaram o trabalho. Os referidos autores salientam que a inspeção é um passo importante no processo de qualidade, que garante que o equipamento está apto a trabalhar nas tolerâncias exigidas.

A partir da década de 50 foi desenvolvido o conceito de garantia da qualidade, o qual fornece a confiança de que os requisitos de qualidade serão preenchidos, especificando os procedimentos para o controle de qualidade e para as inspeções (DALE; WIELE; IWAARDEN, 2007), assim como a demonstração de que todos os procedimentos planejados foram postos em prática, por meio de documentação (PICCHI, 1993).

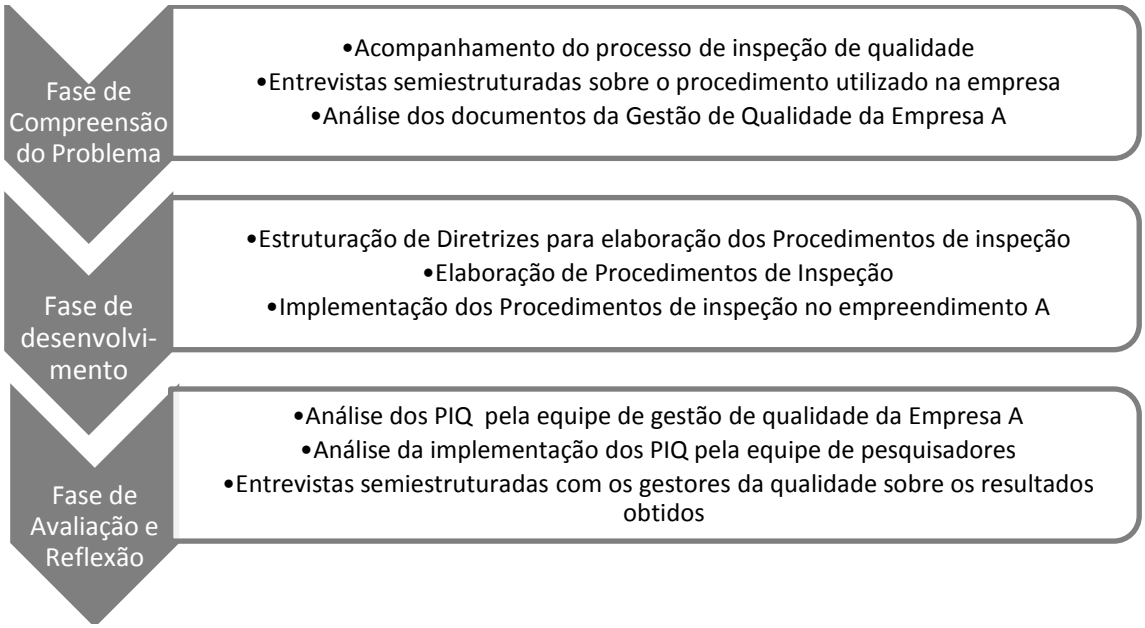
Técnicas de gestão da qualidade em projetos da construção podem ser classificadas como reativas ou proativas (WINCH, 2012). O gerenciamento da qualidade proativo, o qual planeja ações preventivas, pode ser visto como um investimento que poupa o custo da correção (HEINLOTH, 2000). Devido à importância da gestão da qualidade nas mais diversas áreas, este é um campo rico em pesquisas, em diferentes aspectos e teorias, dados

empíricos de campo e elaborações teóricas (INGASON, 2015).

3 MÉTODO

A pesquisa apresentada nesse artigo é parte de uma dissertação de mestrado e foi adotada a pesquisa construtiva como estratégia de trabalho. A pesquisa construtiva pode ser definida como um modo de produção de conhecimento científico que envolve o desenvolvimento de construções inovadoras, que visam a resolver problemas do mundo real e, simultaneamente, fazer uma contribuição teórica à área em que é aplicado (LUKKA, 2003). Van Aken (2004) diz que esta abordagem visa ao desenvolvimento do conhecimento tanto pela concepção e criação de artefatos quanto pelo aperfeiçoamento de artefatos já existentes. A figura 1 mostra as etapas da pesquisa, bem como sua sequência.

Figura 1 – Delineamento da pesquisa



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2016

3.1 Descrição da Empresa A

A empresa A, na qual o estudo foi desenvolvido, é uma empresa construtora de porte médio localizada na cidade de Porto Alegre, que surgiu a partir da fusão de um grupo de empresas que atuam no mercado da construção há, aproximadamente, 30 anos. A empresa possui empreendimentos na Região Metropolitana de Porto Alegre e no interior do Rio Grande do Sul e em segmentos de mercado variados, tais como empreendimentos pertencentes ao Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), empreendimentos de alto padrão, condomínios verticais e horizontais fechados e será chamada nesse estudo de Empresa A.

3.2 Descrição do empreendimento A

O empreendimento A localiza-se na cidade de Canoas, na Região Metropolitana de Porto Alegre, e consiste em 10 torres compostas por térreo mais oito pavimentos e por cento e sessenta e seis casas térreas, totalizando oitocentos e seis UHs. Apesar de o empreendimento contemplar tanto as casas quanto as torres, a construção foi executada como se fossem dois empreendimentos distintos. Havia uma equipe de engenharia específica para as torres e uma para as casas, sendo o planejamento e controle da produção independentes. Eram discutidas em conjunto apenas questões comuns referentes à logística.
Para essa pesquisa foram consideradas somente as torres, uma vez que já haviam sido desenvolvidos estudos exploratórios em condomínios horizontais. As torres totalizam 640 UHs, sendo utilizado o sistema construtivo em alvenaria estrutural e lajes maciças pré-moldadas. Os prédios possuem 8 unidades por pavimento, sendo 4 unidades de 3 dormitórios, com área de 61,68 m², e 4 unidades de 2 dormitórios, com área de 48,88 m² a 49,4 m².
As unidades de 2 dormitórios foram comercializadas por meio do programa MCMV, devido ao seu valor de venda. A infraestrutura condominial oferece salão de festas, quiosques com churrasqueira, piscinas adulto e infantil, playground, mini-campo de futebol gramado e vagas de estacionamento. A obra começou a ser acompanhada no início da execução, nas semanas em que o contrapiso das torres A, B, C e D estava sendo executado. Devido à extensão do empreendimento, e a sua característica repetitiva, ficou definido que os dados coletados e analisados nessa pesquisa se restringiriam a essas 4 torres. O prazo de entrega previsto para a obra era abril de 2017.

3.3 Estudo Empírico

Para o desenvolvimento da pesquisa construtiva é necessário que se conheça os aspectos inerentes ao ambiente no qual a intervenção será implementada. Por isso, inicialmente, os pesquisadores acompanharam as inspeções produzidas pelos estagiários e pelo mestre de obras durante três semanas. Também foram acompanhados os treinamentos ministrados pela equipe de gestão da qualidade (GQ) da Empresa A, que acontecia periodicamente com o objetivo de melhorar o alinhamento da produção com os critérios de qualidade da empresa. Em paralelo a esses acompanhamentos foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os envolvidos na gestão de qualidade (engenheiro gestor da obra, estagiários, mestre-de-obras, encarregado) e análise de documentos da GQ da Empresa A (engenheira de qualidade) com o objetivo de identificar as principais dificuldades e oportunidades de melhoria sob o ponto de vista de quem aplica os PIQs na obra estudada, essas entrevistas foram realizadas em paralelo ao acompanhamento das inspeções.
Os documentos de GQ também foram analisados pelos pesquisadores para que se tivesse um panorama comparativo entre o que deveria ser realizado com o que realmente era executado nas inspeções de qualidade do

empreendimento A. Os documentos de GQ existentes na Empresa A são divididos em planilhas de verificação da qualidade (PVQs) e Procedimentos de execução de serviços (PES), as PES são focados na visão de quem efetivamente executa o serviço, que materiais e técnicas e os passos para a execução. Já as PVQs são um checklist com todos os critérios que devem ter a qualidade verificada.

Devido à grande quantidade de pacotes de trabalho que ocorriam simultaneamente no canteiro de obras, seria impossível desenvolver um PIQ para cada um deles. Assim, foram desenvolvidos procedimentos de inspeção para os pacotes de trabalho considerados mais importantes no empreendimento A. Os pacotes selecionados foram aqueles relacionados à alvenaria estrutural, por ser uma atividade repetitiva que frequentemente necessitava de inspeções, recebendo este também a indicação dos gestores da empresa.

Assim, foram analisadas as condições de início determinadas nas PVQs e nos PES da Empresa A. Além dos critérios de condições de início indicados na documentação de GQ da empresa, foram consideradas que as condições referentes à logística, disponibilidade do material necessário para a execução do pacote de trabalho, assim como dos equipamentos, informações e documentos deveriam ser aprovadas para início da execução do pacote de trabalho, o que também pode ser encarado como a liberação das tarefas definidas no plano de médio prazo para o curto prazo, no sistema *last planner* de produção (Ballard, 2000). Também foram consideradas a conclusão dos serviços executados anteriormente e o funcionamento das instalações provisórias, quando necessário. Com essas informações, foram listadas todas as condições de início necessárias para liberar a execução dos pacotes de trabalho planejados. Essa verificação separada tem por objetivo impedir que atividades sem todos os pré-requisitos necessários iniciem, evitando, assim, o *making-do*.

Como propõe a pesquisa construtiva, em paralelo à identificação de dificuldades nas inspeções de qualidade, os pesquisadores realizaram uma revisão teórica aprofundada sobre o tema para que fosse possível a construção de solução viável e eficaz. Ao final de ambas as etapas, os dados coletados foram avaliados criticamente e junto com as dificuldades identificadas, foram analisadas suas possíveis causas e definidas estratégias para mitigá-las. A fase de compreensão do problema teve duração de cinco semanas.

Em posse do diagnóstico do processo de inspeção do empreendimento A foram elaboradas diretrizes para a produção dos PIQs baseadas em critérios que, segundo os pesquisadores, iriam otimizar o processo de inspeção de qualidade e contribuir para a diminuição de sua variabilidade e aumento de sua confiabilidade. Uma vez definidas as diretrizes, os PIQs foram elaborados, e enviados para a equipe de GQ da Empresa A, para que fossem avaliados quanto a sua adequação aos padrões da empresa, e possibilidade de uso no canteiro de obras. Após análise dos PIQ pelo gerente da qualidade da empresa A, esses obtiveram total aprovação e passaram a ser utilizados na

fase de implantação. A etapa de desenvolvimento durou cerca de três semanas.

A implantação foi realizada pelos pesquisadores através de *workshop* realizado com a equipe responsável pela GQ da obra (engenheiro gestor, estagiário, mestre-de-obras, engenheira de qualidade da construtora) onde os PIQs foram apresentados. Na oportunidade foram discutidos seus principais aspectos e principais modificações em relação às PVQs até então adotados na empresa, e realizado treinamento com os dispositivos móveis a serem utilizados para instruir os futuros usuários quanto ao seu funcionamento. Nessa etapa foi possível perceber o potencial de adesão dos PIQs pelos responsáveis pela inspeção e oportunidades de melhorias do modelo proposto.

Após o workshop, a aplicação dos PIQS passou a ser acompanhada pelos pesquisadores e pela engenheira da qualidade no qual foi avaliado o potencial de aplicação dos mesmos na obra estudada, essa fase durou duas semanas. Quando os PIQS estavam sendo preenchidos sem maiores dúvidas e dificuldades os pesquisadores iniciaram a avaliação do impacto proporcionado pela utilização dos PIQS no procedimento de inspeção da obra A, bem como as oportunidades de otimização do modelo proposto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados do estudo empírico

No acompanhamento dos responsáveis pelas inspeções foi percebido que a maior dificuldade na realização da sua atividade se dava, principalmente, pela falta de informações básicas de como a inspeção de determinada atividade deveria ser conduzida. Foi observado que as principais dúvidas em relação à falta de informação eram: a) Correto momento para realização da inspeção; b) Equipamentos a serem utilizados (trenas, esquadros, nível bolha, etc.); c) Técnicas de inspeção; d) Tolerâncias e parâmetros de aceitação do serviço. Devido, principalmente, a esse fator, constatou-se que a inspeção realizada no empreendimento não era padronizada, o que gera prejuízo em relação ao seu grau de confiabilidade. Constatou-se também que a inspeção realizada era pouco eficiente, uma vez que não era realizada nos momentos adequados. Esse problema acontece devido à falta de integração entre planejamento da produção e controle de qualidade. Essa falta de integração dificulta a verificação das condições de início, permitindo o início de atividades sem que todas as condições necessárias sejam atendidas, causando problemas de segurança, que resultaram, inclusive, no embargo da obra por um período, ocorrências de making-do, e atividades de retrabalho. A falta de integração também resulta na impossibilidade de verificação de qualidade de alguns serviços. Como as inspeções não são realizadas conforme as atividades vão sendo liberadas pela produção, alguns serviços não podem ser verificados, pois uma atividade posterior já executada impossibilita essa verificação, como, por

exemplo, a impossibilidade de verificar as taliscas após a execução do reboco.
Foi notado que os treinamentos realizados pela equipe de GQ embora sejam tidos como periódicos, não são executado nos prazos planejados. Ainda foi observado que estes se limitam ao treinamento no nível tático, não sendo realizados, também, no nível estratégico, o que contribuiria para o entendimento da atividade de inspeção para os objetivos gerais da Empresa A.
As verificações de qualidade são realizadas em campo pelos responsáveis (estagiários, mestre-de-obras e encarregados) que não estão, muitas vezes, munidos de qualquer procedimento ou planilha de verificação, anotando os itens dos quais se recordam, preenchendo as planilhas de qualidade da empresa somente quando retornam ao escritório da obra, gerando perda de informações que comprometem a qualidade da inspeção.

4.2 Elaboração das diretrizes para concepção dos Procedimentos de inspeção da qualidade

Com o diagnóstico do processo de inspeção de qualidade produzido no estudo empírico foram estabelecidos critérios e diretrizes para a elaboração das PIQS, são eles:

a) Qualidade da informação: As informações a serem preenchidas devem conter baixo grau de incerteza, e informações simples e diretas;

b) Tempo de inspeção: Para reduzir o tempo gasto na inspeção de qualidade os PIQS possuem todas as informações necessárias para que não haja retrabalho ou tempo improdutivo para sua realização. Sugere-se também, que os PIQS possam ser preenchidos em dispositivos móveis, por meio de aplicativos em tablets ou smartphones, otimizando o processo de preenchimento destes.

c) Divisão dos PIQs por serviço: Deve-se ter procedimento para cada atividade ou parte dela de forma clara, com informações específicas, bem como com parâmetros de aceitação e tolerância das atividades;

d) Equipamentos a serem utilizados: Para otimizar a inspeção, o PIQ deve mostrar todos os equipamentos que serão utilizados na inspeção;

e) Informação Visual: Deve-se, sempre que possível, complementar as informações textuais com representações gráficas simples, que auxiliem o entendimento do serviço a ser realizado, como ilustrações, esquemas ou sequência de fotos.

Após a definição desses critérios, os pesquisadores produziram os PIQs para que estes fossem analisados pela GQ do empreendimento A. Nos PIQs foram definidas categorias padronizadas para a condução da inspeção, são elas: a) Pacote genérico de trabalho em que o critério se insere; b) Critério de inspeção; c) Fase da inspeção; d) Equipamentos a serem utilizados na inspeção; e) Método da inspeção (contêm parâmetros e tolerâncias da atividade); f) Documentação da atividade (como projetos de fôrmas e

ferragens, caso necessário); g) Figuras que ilustram o procedimento de inspeção. A figura 2 mostra um PIQ desenvolvido pelos pesquisadores.

Figura 2 – Procedimento de inspeção de qualidade desenvolvido para o critério esquadro

Pacote Genérico: Alvenaria Estrutural

Fase: Execução

Critério: Esquadro

Equipamentos: Esquadro metálico devidamente aferido, trena.

MÉTODO DE INSPEÇÃO:

O esquadro deve ser encaixado nas quinas de paredes para ser verificado em 3 alturas: na marcação (1ª fiada), na 2ª fiada e na 8ª fiada. O vão entre o esquadro e a parede não de ser maior do que 0,5cm. A elevação é dividida em 2 partes: 2ª a 7ª fiada e 8ª a 13ª fiada, por isso a necessidade de conferência entre esses pontos.



Imagem: Verificação de esquadro na marcação, 2ª e 8ª fiada, respectivamente.

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2016

Figura 3 – Procedimento de inspeção de qualidade desenvolvido para o critério juntas verticais

Pacote Genérico: Alvenaria Estrutural

Fase: Pós execução

Critério: Juntas verticais

Equipamentos: Inspeção visual

MÉTODO DE INSPEÇÃO:

A argamassa deve estar uniforme, preenchendo toda a junta, não deve haver nenhum buraco na argamassa, nem a passagem de luminosidade pelas juntas.

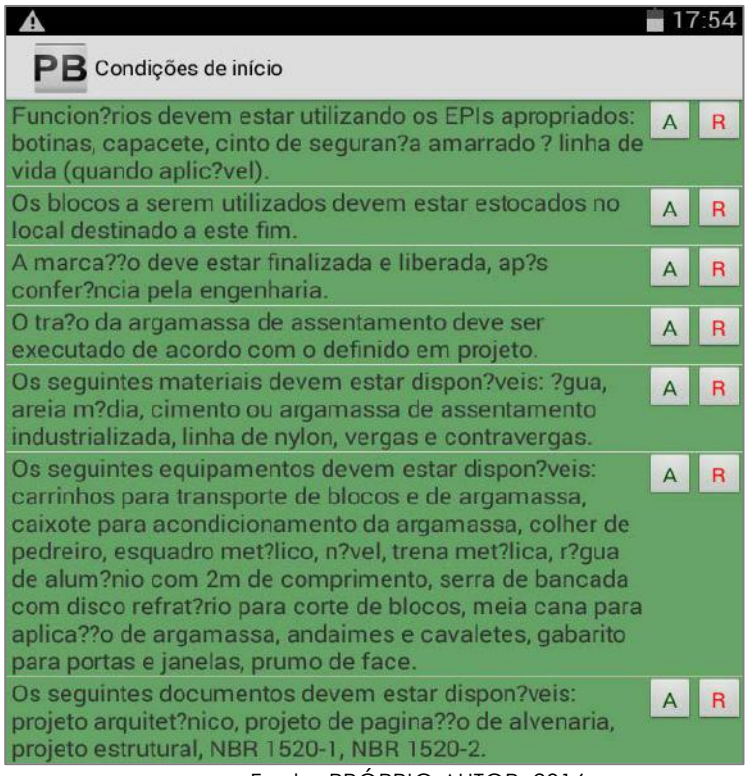


Imagem: Juntas verticais aprovadas, reprovadas por furo, e reprovadas por fresta, respectivamente.

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2016

A partir da implantação dos PIQs na rotina de trabalho dos responsáveis pelas inspeções foi constatada a diminuição do tempo dos mesmos em relação ao método utilizado anteriormente. Essa melhoria está relacionada ao fato destes já saírem do escritório com os equipamentos necessários, e a possibilidade de coleta, consulta e preenchimento de informações diretamente em dispositivo móvel (*tablet*) através de aplicativo desenvolvido para a dissertação de mestrado de um dos pesquisadores, o que mitigava o tempo de preenchimento de dados no escritório.

Figura 3 – Tela de aprovação de condições de início em dispositivo móvel (*tablet*)



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2016

Outro ponto destacado pelos responsáveis pela inspeção, bem como pelos gestores de qualidade da obra, foi a melhoria da padronização das inspeções. Esse fato otimizou a confiabilidade dos dados, o que possibilita ao gestor uma tomada de ação eficaz na resolução das não-conformidades, uma vez que essa maior confiabilidade dos dados contribui com o planejamento, que não precisará lidar com atividades de retrabalho posteriormente, oriundas de problemas de qualidade tardiamente identificados.

Os PIQS também contribuíram na integração entre a produção e qualidade, uma vez que impedem que a inspeção necessária não seja realizada no momento adequado, por eventuais dúvidas de como realizar a inspeção, ou por falta de informação. Essa integração, ainda, contribui para que as não conformidades detectadas sejam consertadas antes da etapa seguinte, evitando gastos maiores no futuro.

A equipe responsável pela GQ da obra destacou que os PIQS contribuem de forma efetiva para a inspeção de procedimentos não rotineiros na obra e que o fato de possuírem informações necessárias e claras faz com que o procedimento de inspeção seja mais fácil e rápido, proporcionando maior eficiência ao processo.

5 CONCLUSÕES

Diante do exposto, pode-se afirmar que o objetivo do trabalho foi alcançado, tendo em vista que foram propostas diretrizes para a elaboração de PIQ que pode ser utilizado para controle de diversas atividades no setor da construção civil. Entretanto, vale salientar que para a presente pesquisa, o PIQ desenvolvido foi aplicado apenas em uma obra vertical com dez torres.

Foi percebido que o processo de inspeção de qualidade adotado na obra anteriormente gerava muita variabilidade das informações, demandava mais tempo para sua realização, carecia de informações mais específicas para cada atividade a ser inspecionada e sua execução estava pouco alinhado com o manual de qualidade da obra. Baseado nisso, os pesquisadores propuseram critérios para a produção de PIQs.

Com a implantação dos PIQs foi constatada otimização do processo de inspeção, com diminuição do tempo da verificação, diminuição do retrabalho e diminuição de tempo de preenchimento de dados. Outro benefício notado foi a melhora na confiabilidade dos dados que passou a indicar não-conformidades antes não identificadas. Os resultados indicam que a utilização de procedimentos de inspeção auxilia, principalmente, na inspeção de critérios de qualidades que não são verificados rotineiramente. A utilização dos procedimentos de inspeção também assegura que a qualidade seja avaliada de forma padronizada, e com as mesmas técnicas por todos os inspetores, assegurando que as exigências estabelecidas pela empresa sejam atendidas.

Como sugestões para trabalhos futuros, indica-se o desenvolvimento de PIQs com as diretrizes apresentadas no presente trabalho, mas que estas sejam adaptadas à outras tipologias construtivas, bem como a outras construtoras de diferentes públicos-alvo e porte.

REFERÊNCIAS

AKINCI, B. et al. **A formalism for utilization of sensor systems and integrated project models for active construction quality control**. Automation in Construction, v. 15, n. 2, p. 124–138, 2006.

ALEXANDRE, I. F. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural : uma análise da relação de causa e efeito.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control.** Thesis (Ph.D) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering: University of Birmingham, Birmingham, 2000

BARTZ, C. F. **Identificação de melhorias no processo de controle da qualidade em empreendimentos habitacionais de baixa renda.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BERR, L. R. **Proposta de um método para coleta, processamento e análise de dados da qualidade em obras de habitação de interesse social por parte de um agente externo à produção.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRITO, J. N. D. S**. Retroalimentação do processo de desenvolvimento de empreendimentos de habitação de interesse social a partir de reclamações de usuários: estudo no Programa de Arrendamento Residencial.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

DALE, B. G.; WIELE, T. VAN DER; IWAARDEN, J. VAN. **Managing Quality**. 5. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

HEINLOTH, S. **Measuring Quality's Return on Investment - Is your quality system earning its keep?** Quality digest, v. 20, n. 2, p. 26–29, 2000.

INGASON, H. T. **Best Project Management Practices in the Implementation of an ISO 9001 Quality Management System.** Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 194, p. 192– 200, 2 jul. 2015.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil.** [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PICCHI, F. A. **Sistemas de Qualidade: uso em empresas de construção.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil): Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.

SANTOS, L. A. DOS. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil.** Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2003.

SUKSTER, R. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Trabalho de Conclusão (mestrado profissional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia: Curso de Mestrado Profissionalizante em Engeharial, Porto Alegre, 2005.

WINCH, G. M. **Managing construction projects**. 2nd. ed. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2012.

YATES, J. K.; LOCKLEY, E. E. **Documenting and Analyzing Construction Failures.** Journal of Construction Engineering and Management, v. 128, n. 1, p. 8–17, 2002.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DAS INTER-RELAÇÕES ORGANIZACIONAIS[1]

ALENCAR, Angela Rosi Docena (1); IAROZINSKI NETO, Alfredo (2)

(1) UNIGUAÇU, e-mail: angelalencar08@gmail.com; (2) UTFPR, e-mail: iarozinski@utfpr.edu.br

RESUMO

A maneira como se organiza uma empresa é determinante para a eficiência de seu funcionamento. O presente trabalho apresenta uma análise das principais características organizacionais das empresas do setor da construção civil. Em função da necessidade da coleta de informações de uma amostra representativa da população escolheu-se o método *Survey* como procedimento de base para esta pesquisa. Para a coleta de dados foi utilizado um questionário estruturado em duas partes: a identificação do perfil da organização e do entrevistado e as características organizacionais. A coleta de dados foi realizada no período entre Novembro de 2013 e Julho de 2014. O questionário foi aplicado em um universo de 125 empresas de construção civil que atuam em Curitiba e região. A análise dos dados, foi fundamentada na correlação de *Spearman*, onde os dados foram relacionados em 23 variáveis divididas em 7 categorias. Os resultados mostraram um setor caracterizado por uma estrutura centralizada e níveis de formalização elevados. O nível de integração dos processos está associado à formalização de cargos e funções e a formalização de atividades e processos. A integração reduz o tempo de resposta em relação as demandas de mercado refletindo em uma atuação tímida e pouco flexível.

Palavras-chave: Características organizacionais. Gestão da construção. Estrutura organizacional

ABSTRACT

The way you organize a company is determinant for the efficiency of its operation. In this sense, this paper presents an analysis of the main organizational characteristics of the civil construction sector companies. Due to the necessity of collecting information from a representative sample of the population was chosen the Survey method as the basis of procedure for this research. For data collection was used a structured questionnaire in two parts: the identification of the organization's profile and interviewed and organizational characteristics. Data collection was conducted in the period between November 2013 and July 2014. The questionnaire was applied to a universe of 125 construction companies working in Curitiba and in its region. Data analysis was based on the Spearman correlation, where the data were related in 23 variables divided into 7 categories. The results showed a sector characterized by a centralized structure and high levels of formalization. The level of integration of processes is associated with the formalization of roles and functions and the formalization of activities and processes. The integration reduces response time over the market demands reflecting a shy and somewhat flexible performance.

***Keywords**: Organizational characteristics. Construction management. Organizational structure*

[1] ALENCAR01, Angela Rosi Docena; IAROZINSKI NETO02, Alfredo. Análise das inter-relações organizacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Impulsionado pela necessidade de mudanças no ambiente empresarial, o mercado vem exigindo que as empresas desenvolvam uma estrutura organizacional mais ágil e flexível, garantindo desta forma a sobrevivência e a competitividade. Segundo Smith (2003), a busca pela competividade em ambientes de negócios, tem demandado maior capacidade de lidar com as mudanças. Baseado nesse contexto, é necessário inovar, ter agilidade nas transformações, ser flexível e reinventar (GARTNER, 2008). Para isso, as empresas precisam conhecer bem seus processos e explorar as interdependências de seus subsistemas. Esse conhecimento é necessário para que possam efetuar a aferição de suas práticas de forma estruturada e progressiva.

Os estudos referentes à organização das empresas da construção civil começaram a ser publicados em meados dos anos 1980. Entre eles, o mais relevante é o trabalho de Chang e Choi (1988) que relaciona o impacto da estratégia adotada e os tipos de estruturas organizacionais no desempenho de empresas Coreanas do setor da construção.

Durante os anos 1990 e início dos anos 2000 houve um aprofundamento das pesquisas com foco em temas específicos relacionados à Teoria das Organizações. O trabalho de Lansley (1994) é um dos primeiros a se destacar na aplicação dos conceitos da Teoria das Organizações, no entendimento e na análise do funcionamento de empresas da construção civil. O autor aborda o impacto dos estilos de liderança e da estrutura organizacional no desempenho global da empresa.

Kim (1997) apresenta um estudo que mostra a necessidade de descentralização e flexibilização das estruturas organizacionais das empresas de construção em face da complexidade dos projetos e exigências do ambiente concorrencial. Na pesquisa desenvolvida por Kiziltas et al. (2003), os autores fazem uma tentativa para explorar o estado atual do conhecimento sobre a eficácia organizacional e aplicabilidade dos modelos propostos, principalmente com base em metas, sistemas, valores concorrentes e na indústria da construção. Parâmetros foram definidos para medir a eficácia organizacional a partir de múltiplas perspectivas baseadas na ideia de que organizações que utilizam as estratégias adequadas, estrutura, estilo de gestão, cultura e recursos mais apropriados para a organização, são capazes de atingir os seus objetivos em longo prazo.

Outro estudo de destaque neste tema é o apresentado por Dikmen et al. (2005). Esta pesquisa, fundamentada em dados coletados em 116 empresas de construção localizadas na Turquia, a partir de uma pesquisa *Survey*, a qual procura identificar a eficácia organizacional como a seleção e utilização de estratégias, estrutura organizacional, cultura, recursos e capacidades mais adequadas para o organismo ser capaz de chegar aos seus objetivos a longo prazo, considerando a existência da força do macro ambiente, forças e grupos que influenciam atuando no ambiente competitivo.

Na pesquisa de Lim et al. (2012) foram identificados em empresas da construção civil de pequeno e médio porte, as principais dimensões e fatores fundamentais da flexibilidade organizacional, assim como os efeitos das inter-relações entre os determinantes organizacionais. Os resultados finais apontam que, a flexibilidade organizacional é um conceito multidimensional que compreendem; flexibilidade operacional, flexibilidade tática e Flexibilidade estratégica. Para flexibilidade operacional, os resultados do estudo sugerem que as empresas precisam ter poder de decisão para resolverem situações não rotineiras e integrar as suas funções internas com empresas externas. Para flexibilidade tática, os resultados do estudo sugerem que os funcionários devem ser capazes de lidar com múltiplas responsabilidades e a empresa deve dar apoio logístico a essas ações. Para a flexibilidade estratégica, a conclusão é de que as empresas precisam ser capazes de operar de forma eficaz e rentável em diferentes condições de mercado.

O trabalho de Zayed *et al*. (2012) analisa, através de redes neurais artificias, o desempenho das organizações de construção civil através de um conjunto de 18 fatores, que vão além dos aspectos financeiros. Listados por ordem de significância, os dez primeiros fatores, considerados críticos de sucesso são: disponibilidade de conhecimento, clareza da visão, missão e objetivos, estrutura organizacional, avaliação de feedback, experiência no negócio, condições políticas, pesquisa e desenvolvimento, cultura dos funcionários e estratégia de competição.

A análise da literatura acerca do tema mostra que o aspecto comum a estas publicações é a clara relação existente entre as variáveis organizacionais e o desempenho das empresas de construção civil.

2 OBJETIVOS

Este artigo tem como objetivo verificar como estão correlacionadas as variáveis que descrevem o comportamento das organizações da construção civil assim como verificar o grau de associação entre elas.

3 MÉTODO

3.1 Metodologia para coleta dos dados

A base metodológica da pesquisa é o *Survey,* o qual visa a obtenção de dados primários sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população alvo, por meio de um instrumento de pesquisa, pré-definido, normalmente um questionário (HAIR JR. et al., 2005). O quadro 1 apresenta as principais etapas da estratégia metodológica adotada assim como, as variáveis mais relevantes que melhor representam as caracteristicas da organização. O desenvolvimento do Método *Survey* e os procedimentos de análise dos dados são descritos a seguir.

O planejamento do *Survey* foi dividido em cinco etapas: a definição das necessidades de informação; a identificação das variáveis; a definição da população alvo e amostra; a seleção do método para coleta dos dados e o desenvolvimento do instrumento de coleta e mensuração de dados. Desta forma, foi possível identificar as principais variáveis relacionadas as características organizacionais de uma empresa. Essas variáveis foram divididas em 2 grupos homogêneos e 6 fatores para facilitar a análise. O primeiro grupo de variáveis é formado pelas variáveis independentes. Neste grupo o "valor" das variáveis é resultado de uma escolha feita pelos que possuem poder dentro das empresas. Este grupo é formado pela estrutura, forma de gestão e formação de pessoal. O segundo grupo, o das variáveis dependentes, é formado por características que supostamente são resultado de uma configuração organizacional anteriormente definida. Este grupo é formado pelos seguintes fatores: relações humanas, crescimento e flexibilidade.

Quadro 1 – Variáveis relacionadas as características da organização

Grupo	Fator	Variável
Variáveis independentes	Estrutura organizacional	Nível de centralização da estrutura organizacional Nível de formalização dos cargos e funções. Nível de formalização das atividades e processos. Nível de hierarquização.
	Forma de Gestão	Estilo de gestão da empresa. Nível de Integração entre os processos. Nível de controle exercido sobre as atividades e funcionários. Grau de autonomia dos funcionários.
	Formação de pessoal	Média de horas de treinamento/ano. Nível de formação dos funcionários. Nível de polivalência dos funcionários.
Variáveis dependentes	Relações humanas	Nível de cooperação entre os funcionários. Nível de interação entre os funcionários (troca de informações). As relações entre funcionários formais/informais
	Crescimento	Quadro de funcionários nos últimos 3 anos. Nível de investimento em tecnologias e equipamentos nos últimos 3 anos. Taxa de crescimento da empresa nos últimos três anos.
	Flexibilidade	Capacidade da empresa em se adaptar as mudanças do seu mercado. Protagonismo em relação a seguir as tendências de mercado ou antecipar-se as mudanças. Tempo de resposta da empresa as demandas de mercado.

Fonte: Os autores (2015)

A definição da população alvo desta pesquisa foi constituída por 125 empresas com atividades vinculadas a construção civil, localizadas na região metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná. A coleta de dados realizada através de um questionário impresso e um questionário eletrônico desenvolvido no *google docs*, perdurou oito meses, no período compreendido entre novembro de 2013 e julho de 2014. O mesmo foi estruturado em duas partes: perfil das empresas e do entrevistado e características organizacionais.

A parte relacionada com o perfil das empresas e do entrevistado é composta por questões discursivas e de múltipla escolha, compreende a identificação do perfil da organização e do entrevistado, com destaque para o setor de atividade principal, o ano de fundação da empresa, a região de atuação, o número de funcionários, a forma de constituição e de administração, o número de certificações, a produção anual, assim como a área de formação do respondente e o seu tempo de atuação profissional na empresa avaliada.

A parte relativa às características organizacionais é composta por 20 questões fechadas relacionadas às variáveis apresentadas no Quadro 1. Cada questão foi associada a uma variável identificada a partir do estudo da Teoria das Organizações. Estas variáveis procuraram refletir o nível de centralização e formalização, o estilo de liderança, o grau de autonomia, os critérios de departamentalização, o número anual de horas de treinamento, dentre outras características.

A mensuração quantitativa destas características se deu através da adoção de uma escala de diferencial semântico de sete pontos. Elas são representadas por números que representam uma ordem de importância subjacente às características da variável. A escala adotada nesta pesquisa, exemplificada na tabela 1, é composta por sete graus, postos entre dois adjetivos ou frases descritivas antônimas em que o respondente deve escolher o grau que melhor representa sua opinião.

Tabela 1 – Exemplo da escala de diferencial semântico

Sem autonomia	1	2	3	4	5	6	7	Autonomia total
Realiza uma única atividade	1	2	3	4	5	6	7	Multi-atividades
Sem hierarquia	1	2	3	4	5	6	7	Muito Hierarquizada
Baixo	1	2	3	4	5	6	7	Muito alto
Zero	1	2	3	4	5	6	7	> 20 % ao ano
Autocrática	1	2	3	4	5	6	7	Democrática

Fonte: Autores (2015)

É importante destacar que, em função da forma de mensuração, o emprego de escalas acrescenta um caráter subjetivo às análises (SAMARTINI, 2006). Portanto, os resultados finais obtidos devem ser analisados como tendências e não como valores absolutos.

3.2 Metodologia para análise entre as variáveis organizacionais

A adoção de uma escala ordinal requer a utilização do coeficiente de correlação de *Spearman* para avaliar as relações entre as características organizacionais das empresas do setor da construção civil. A correlação entre duas variáveis é denominada pela letra grega ρ (rho) e não requer a suposição que a relação entre as variáveis seja linear e nenhum pressuposto que a distribuição dos dados seja normal. Este coeficiente apresenta uma

variação entre -1 e +1. O valor 0 (zero) significa que não há relação, o valor 1 indica um índice de relação perfeita e o valor -1 também indica uma relação perfeita, mas de ordem inversa (neste caso quando uma das variáveis apresenta índices de crescimento, a outra diminui). Quanto mais próximo estiver de +1 ou -1, mais forte é a associação entre as duas variáveis.

Como base nas recomendações para análise do valor dos coeficientes de correlação proposta por Hair et al. (2005), a análise da intensidade das correlações neste trabalho será baseada nos seguintes critérios:

1. Correlação de ± 0,01 até ± 0,20 – força de associação leve quase imperceptível (representada pela cor branca);
2. Correlação de ± 0,21 até ± 0,40 – força de associação pequena, porém definida (representada pela cor verde claro até ± 0,34 e verde escuro acima deste valor);
3. Correlação de ± 0,41 até ± 0,70 – força de associação moderada (representada pela cor amarela e laranja para valores maiores que ± 0,5);
4. Correlação de ± 0,71 até ± 0,90 – força de associação alta (representada pela cor vermelha).

A correlação com significância de P = 0,05 e P = 0,01, ou seja, 5% e 1%, são representadas por um ou dois asteriscos respectivamente após cada coeficiente de correlação da tabela. A significância reflete a confiabilidade dos resultados e será o primeiro requisito para qualificar as correlações.

Para análises das características organizacionais versus ela mesma, se têm os seguintes resultados conforme a tabela 2: das 253 interações entre as variáveis verifica-se que 97 (38 %) são consideradas força de associação leve, quase imperceptível, 136 (54%) são consideradas força de associação pequena, porém definida, 19 (8%) são consideradas força de associação moderada e apenas 1 (0,4%) é considerada de associação alta. Desta forma, verifica-se uma correlação predominantemente pequena, porém definida entre as características organizacionais.

Tabela 2: Correlação de *Spearman* entre as variáveis organizacionais

***0,06 - 99% *0,05 - 95%**	Nível de centralização	Nível de formalização Cargos e funções	Nível de formalização das atividades e processos	Nível de hierarquização	Estilo de gestão	Nível de controle sob os funcionários	Nível de integração dos processos	Grau de autonomia dos funcionários	Quantidade de horas de treinamento	Nível de formação dos funcionários	Nível de polivalência dos funcionários	Nível de cooperação dos funcionários	Nível de interação dos funcionários	Modo de relações entre funcionários	Crescimento do quadro de funcionários	Nível de investimentos em tecnologias e equipamentos	Taxa de crescimento da empresa	Capacidade da empresa a se adaptar as mudanças	Protagonismo em relação ao mercado	Tempo de resposta as demandas de mercado	Quantidade de clientes	Taxa de retorno dos clientes	Importância da marca
Nível de centralização	1,00	-,279**	-,245**	-,053	-,483**	-,056	-,099	-,319**	-,267**	-,045	-,060	-,033	-,077	,086	-,095	-,139	-,036	-,237**	-,142	-,221*	-,080	-,019	-,037
Nível de formalização Cargos e funções	-,279**	1,00	,479**	,487**	,258**	,304**	,364**	,278**	,391**	,287**	,004	,127	,242**	-,233**	,266**	,299**	,252**	,366**	,259**	,431**	,212*	,144	,300**
Nível de formalização das atividades e processos	-,245**	,479**	1,00	,290**	,344**	,456**	,339**	,179*	,384**	,215*	-,126	,326**	,392**	-,299**	,133	,391**	,345**	,388**	,225*	,384**	,374**	,095	,277**
Nível de Hierarquização	-,053	,487**	,290**	1,00	,053	,210*	,270**	-,072	,212*	,084	-,107	,011	,140	-,109	,081	,209*	,064	,312**	,121	,290**	,051	,228*	,349**
Estilo de gestão	-,483**	,258**	,344**	,053	1,00	,284**	,190*	,339**	,306**	,100	,031	,344**	,350**	-,141	,058	,261**	,253**	,469**	,154	,349**	,203*	,111	,152
Nível de controle sob os funcionários	-,056	,304**	,456**	,210*	,284**	1,00	,324**	,066	,235**	,030	-,158	,403**	,459**	,007	,113	,360**	,225*	,444**	,125	,309**	,200*	,232*	,225*
Nível de integração dos processos	-,099	,364**	,339**	,270**	,190*	,324**	1,00	,227*	,333**	,290**	-,008	,287**	,294**	-,113	,113	,191*	,192*	,283**	,329**	,388**	,199*	,216*	,182*
Grau de autonomia dos funcionários	-,319**	,278**	,179*	-,072	,339**	,066	,227*	1,00	,202*	,366**	,246**	,378**	,209*	-,140	,101	,127	,201*	,206*	,077	,201*	,126	,036	-,026
Quantidade de horas de treinamento	-,267**	,391**	,384**	,212*	,306**	,235**	,333**	,202*	1,00	,099	-,099	,078	,192*	-,040	,226*	,313**	,204*	,376**	,209*	,381**	,179*	,114	,199*
Nível de formação dos funcionários	-,045	,287**	,215*	,084	,100	,030	,290**	,366**	,099	1,00	,258**	,298**	,187*	-,157	,249**	,161	,272**	,142	,199*	,378**	,229*	,172	,121
Nível de polivalência dos funcionários	-,060	,004	-,126	-,107	,031	-,158	-,008	,246**	-,099	,258**	1,00	,143	,078	,275**	,005	-,148	,001	-,048	-,126	,022	-,008	-,116	-,104
Nível de cooperação dos funcionários	-,033	,127	,326**	,011	,344**	,403**	,287**	,378**	,078	,298**	,143	1,00	,712**	,006	,135	,331**	,326**	,288**	,171	,302**	,201*	,099	,156
Nível de interação dos funcionários	-,077	,242**	,392**	,140	,350**	,459**	,294**	,209*	,192*	,187*	,078	,712**	1,00	-,005	,100	,308**	,287**	,305**	,141	,360**	,146	,141	,137
Modo de relações entre funcionários	,086	-,233**	-,299**	-,109	-,141	,007	-,113	-,140	-,040	-,157	,275**	,006	-,005	1,00	-,013	-,182*	-,037	-,177	-,260**	-,225*	-,162	-,115	-,031
Crescimento do quadro de funcionários	-,095	,266**	,133	,081	,058	,113	,113	,101	,226*	,249**	,005	,135	,100	-,013	1,00	,227*	,376**	,273**	,350**	,234**	,303**	,195*	,183*
Nível de investimentos em tecnologias e equipamentos	-,139	,299**	,391**	,209*	,261**	,360**	,191*	,127	,313**	,161	-,148	,331**	,308**	-,182*	,227*	1,00	,488**	,424**	,329**	,469**	,418**	,221*	,340**
Taxa de crescimento da empresa	-,036	,252**	,345**	,064	,253**	,225*	,192*	,201*	,204*	,272**	,001	,326**	,287**	-,037	,376**	,488**	1,00	,393**	,323**	,398**	,455**	,131	,226*
Capacidade da empresa a se adaptar as mudanças	-,237**	,366**	,388**	,312**	,469**	,444**	,283**	,206*	,376**	,142	-,048	,288**	,305**	-,177	,273**	,424**	,393**	1,00	,440**	,569**	,397**	,311**	,273**
Protagonismo em relação ao mercado	-,142	,259**	,225*	,121	,154	,125	,329**	,077	,209*	,199*	-,126	,171	,141	-,260**	,350**	,329**	,323**	,440**	1,00	,305**	,326**	,205*	,418**
Tempo de resposta as demandas de mercado	-,221*	,431**	,384**	,290**	,349**	,309**	,388**	,201*	,381**	,378**	,022	,302**	,360**	-,225*	,234**	,469**	,398**	,569**	,305**	1,00	,455**	,288**	,291**

Fonte: Os autores (2015)

4 RESULTADOS

A partir das análises da correlação de *Spearman* foi possível verificar o grau de relação entre as variáveis. O destaque negativo é a centralização. Seu efeito é negativo sobre praticamente todas as variáveis relacionadas as características organizacionais, pois promove pouca autonomia dos funcionários e está associada a um estilo de gestão mais autocrático.

O nível de formalização de cargos e funções apresenta um efeito positivo sobre a estrutura de gestão, pois aumenta a demanda por treinamentos a integração entre os processos e exige maior hierarquização.

O nível de formalização das atividades e processos está associado a um maior nível de controle sobre os funcionários gerando a necessidade de mais horas de treinamento, investimento em tecnologias e assim promovendo a interação entre os colaboradores.

O nível de hierarquização está associado diretamente a formalização de cargos e funções o que possibilita determinar os níveis de autoridade de cada indivíduo dentro da empresa. A importância da marca também é relevante nesta análise devido a caracterização de setores com atividades voltadas ao marketing e atendimento a clientes.

O estilo de gestão está fortemente associado a centralização, resultando em um estilo autocrático. No entanto, também apresenta um estilo mais democrático, o que estimula a cooperação entre os funcionários e possibilita a empresa a se adaptar as mudanças.

O nível de integração dos processos está associado à formalização de cargos e funções e a formalização de atividades e processos. A integração conduz a organização em reduzir o tempo de resposta em relação as demandas de mercado.

A autonomia está alinhada a um estilo de gestão mais democrático devido a um maior nível de formação dos funcionários. Esta característica contribui na cooperação entre os mesmos.

A quantidade de horas de treinamento está relacionada a um maior nível de organização da empresa, isto contribui diretamente na redução do tempo de resposta da empresa em relação as demandas de mercado. Funcionários com maior nível de formação tendem a serem mais autônomos e mais polivalentes.

O nível de cooperação está diretamente associado ao nível de interação entre os funcionários, ambos apresentam valores iguais na análise. Esse comportamento define um estilo de gestão mais democrático.

As formas de relações dentro da organização variam de formais para informais. A formalização das relações impacta de forma negativa sobre o protagonismo da empresa e o seu tempo de resposta.

O crescimento do quadro de funcionários é consequência da taxa de crescimento da empresa em virtude do aumento do número de clientes. Caracterizando uma posição de adequação as necessidades do mercado.

O nível de investimento em tecnologias e equipamentos tem forte associação a taxa de crescimento (e vice-versa) da empresa em consequência ao atendimento as demandas de mercado.

A capacidade da empresa em se adaptar está fortemente relacionada ao tempo de resposta as demandas de mercado e a um estilo de gestão mais democrático o qual reflete em um controle moderado sob os funcionários.

O protagonismo da empresa tem forte correlação a capacidade da empresa em se adaptar as mudanças e a importância da marca.

O tempo de resposta a demanda de mercado reflete diretamente na capacidade da empresa em se adaptar a mudanças. Isto promove a reestruturação da equipe para a adequação a nova situação.

5 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram um setor caracterizado por uma estrutura centralizada e níveis de formalização elevados. O nível de integração dos processos está associado à formalização de cargos e funções e a formalização de atividades e processos. A integração reduz o tempo de resposta em relação as demandas de mercado refletindo em uma atuação tímida e pouco flexível.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, B.; CORREIA, W.; CAMPOS, F. **Uso da Escala de Diferencial Semântico na Análise de Jogos**. Universidade Federal de Pernambuco. Salvador, 2011.

CHANG, S. J.; CHOI, U. **Strategy, Structure and Performance of Korean Business Groups: A Transactions Cost Approach**. The Journal of Industrial Economics. P. 141-158, 1988.

CHEUNG, S. O.; WONG, P.; LAM, A.L. **An investigation of the relationship between organizational culture and the performance of construction organizations**. Journal of Business Economics and Management, v. 13, n. 4, p. 688-704, 2012.

DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T.; KIZILTAS, S. **Prediction of Organizational Effectiveness in Construction Companies. Journal of Construction engineering and Management**. Feb. 2005. 131:252-261, 2005.

GARTNER, I. A. O. **Research Agenda for Application Leaders.** Relatório. Publicação em: 17 March 2008. ID Number : G00155550, 2008.

GONÇALVES, José E. L**. As Empresas são Grandes Coleções de Processos**. RAE-Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v. 40, N. 1, p. 6-16, 2000.

HAIR, JR., J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H.; SAMOUEL, P. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HATCH, Nile; DYER, Jeffrey H. **Relation-specific capabilities and barriers to knowledge transfers: creating advantage through network relationships**. Strategic Management Journal. Volume 27, Issue 8, pages 701–719, August 2006.

HALL, R. H. **Organizações. Estruturas, processos e resultados.** 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

KIM, S. **Organization and Managerial Environment of the Korean Construction Industry**. Construction Management & Economics. V. 15, n. 5, p. 409-419, 1997.

KIZILTAS, Semitha., DIKMEN, Irem and BIRGONUL, M T. **Organizational effectiveness in construction: a conceptual framework.** *In:* Greenwood, D J (Ed.), 19th Annual Arcom Conference, 3-5 September 2003, University of Brighton. Association of Researchers in Construction Management, Vol. 2, 523-32.

LANSLEY, P. **Analysing construction organizations.** Construction Management and Economics. v. 12, n. 4, p. 337-348, 1994.

LIM , BensonT. H.; LING Y. Florence ; IBBS C. William.; ASCE M.; BENNY Raphael; and OFORI, George. **Mathematical Models for Predicting Organizational Flexibility of Construction Firms in Singapore.** Journal of construction engineering and management © asce / march 2012 / 361

SMITH, H. **Business Process Management – The Third Wave: Business Process Modeling Language (BPML) and its pi-Calculus Foundations.** Information and Software Technology, v.45, n.15, p. 1065-1069, 2003.

YOUNG, N. K. **Key trends in the European and US construction marketplace. Smart Market report. Design and construction intelligence.** Supported by CIOB, in Partnership with University of Reading and CRC; 2008.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

REPERCUSSÃO DE DECISÕES GERENCIAIS NO PRAZO DE EXECUÇÃO DE EMPREENDIMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

SAFFARO, Fernanda A (1); FAZINGA, Wanessa R (2); SANTANA, Vinicius A (3)

(1) DCCI/UEL, email: saffaro@uel.br; (2) DCCI/UEL, email: wanessa@uel.br; (3) UEL, email: viniciussantana0493@gmail.com

RESUMO

A presença de variabilidade no processo produtivo da construção civil implica dificuldades para cumprir metas de planejamento e pode induzir a tomadas de decisão sem embasamento. Muitas dessas decisões ocorrem durante a execução das obras e exigem do gestor capacidade de articular variáveis diversas como tempo, custo, suprimentos, equipes e técnicas construtivas. Há, entretanto, pouca clareza sobre a repercussão das decisões no desempenho da produção. Este artigo tem como objetivo discutir a repercussão das decisões gerenciais no prazo de execução de um empreendimento. Foi realizado um estudo de caso em canteiro de edifício residencial, utilizando a técnica da linha de balanço para representar o planejamento da obra e registrar sua evolução real. A produção foi acompanhada por dezesseis semanas e os resultados evidenciaram que o planejamento de longo prazo era elaborado sem considerar a interface entre serviços subsequentes e decisões durante a execução também priorizavam cada serviço de maneira isolada. Além disso, houve tempos de ciclo variáveis e os dias em situação de espera no processo foram superiores aos dias de trabalho, causando atraso no conjunto de serviços observados. Esta espera foi superior a trinta dias na maioria dos pavimentos monitorados e os níveis de trabalho em progresso oscilaram fortemente.

Palavras-chave: Planejamento. *Lead time*. Linha de balanço.

ABSTRACT

The variability in the production process of construction implies difficulties to meet the goals scheduled and can also induce decision-making without foundation. Many of the decisions take place during the production phase and require the capacity to manage several variables such as time, cost, supplies, crews and construction techniques. Although, the impacts of the decisions taken on the performance are not so clear. The aim of this paper is to discuss the impacts of the management decisions on the delivery time of the project. A case study was carried out in a residential building site and the line of balance was the toll adopted to plan the production and also to register the actual progress of the tasks done. The production was monitored for sixteen weeks and the results pointed out that the master plan did not consider the interface between subsequent tasks, In the production phase, the decision taken also prioritise each task in isolation. In addition, there were variables cycle times and waiting days in the process causing delay in the set of tasks monitored. In most of

[1] SAFFARO, Fernanda A; FAZINGA, Wanessa R; SANTANA, Vinicius A. Repercussão de decisões gerenciais no prazo de execução de empreendimentos da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

the units (floors) monitored, this wait in the process was more than thirty days and work in progress levels fluctuated strongly.

***Keywords**: Planning. Lead time. Line of Balance*

1 INTRODUÇÃO

As dificuldades impostas pela alta variabilidade nos processos produtivos na construção civil, bem como a falta de práticas formais de planejamento e controle da produção (PCP) são apontadas há bastante tempo na literatura (FORMOSO, 1991; BERNARDES, 2001; COELHO, 2003). Problemas relacionados ao cumprimento de prazos, custos e requisitos de qualidade persistem em decorrência de planos elaborados com base em informações pouco confiáveis, provenientes apenas da experiência dos gestores, da falta de retroalimentação dos planos com dados mensurados nos canteiros de obras e da postura dos profissionais em tomar decisões rapidamente no ambiente da obra, sem avaliação criteriosa ou contraste com os documentos de planejamento (BERNARDES, 2001).

A tomada de decisões está fortemente relacionada ao conceito de planejar e controlar a produção, porém, como citam Kim e Ballard (2000), previsões ou controle feitos sem reconhecer as relações de dependência entre atividades produzem resultados pouco confiáveis.

Tradicionalmente, a execução das obras tem início com o apoio de documentos como o orçamento e cronograma físico-financeiro, resultado de decisões iniciais que traduzem a expectativa da empresa em relação ao empreendimento. No entanto, Duarte e Cordeiro (2000) mencionam que pensar a fase de execução da obra apenas como assegurar a conformidade às decisões anteriores é um entendimento reducionista sobre a atuação do gestor do canteiro. Ao contrário, há diversas decisões ao longo da execução da obra, acerca de técnicas construtivas, uso do espaço físico, suprimentos e coordenação de equipes, sempre permeadas por limitações financeiras ou de tempo.

Há, portanto, uma problemática relacionada à necessidade de avaliar de maneira ampla a repercussão de decisões tomadas no decorrer da obra, especialmente nos aspectos de custos e prazos. Neste artigo, o objetivo é apontar a repercussão das decisões gerenciais no prazo de execução de uma edificação residencial de múltiplos pavimentos.

2 GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO

A partir da publicação de Koskela (2000), as práticas de gestão nas empresas e canteiros de obras passaram a ser mais fortemente discutidas. Desde então, fica evidente a necessidade de um novo olhar sobre os processos produtivos na construção, abandonando o foco excessivo nas atividades de processamento e passando a avaliar com maior cuidado as ocorrências de transportes, inspeções e esperas durante a evolução da obra (ALVES, 2000; BERNARDES, 2001). Trata-se de compreender o Mecanismo da

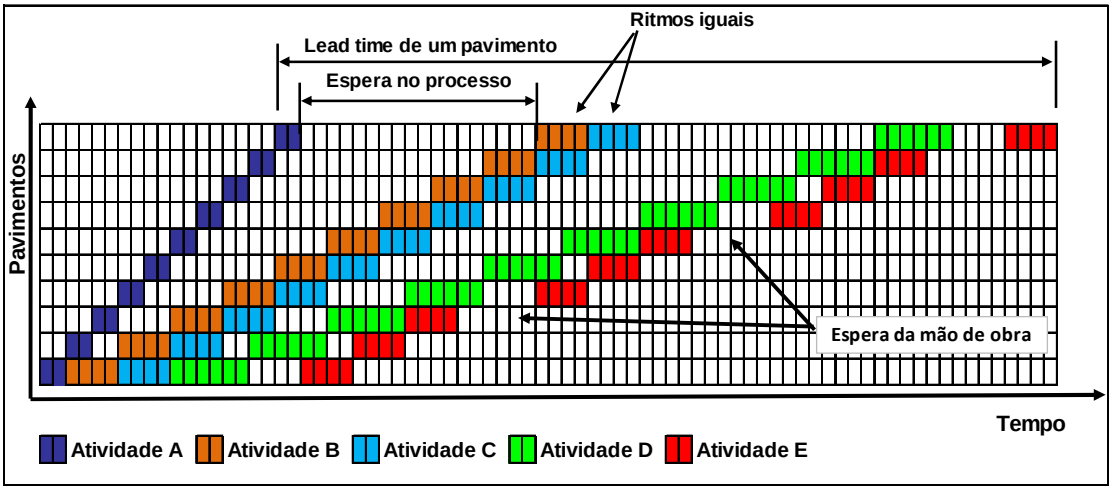
Função Produção (MFP), proposto por Shingo (1996) no contexto da produção enxuta e que poderia ser mais intensamente aproveitado na construção.

Entende-se que compreender corretamente o MFP é uma exigência para a tomada de decisões acertadas. Neste sentido, a existência de planos formais no início da obra pode facilitar a atuação dos gestores, tendo, ainda, maior efetividade quando os planos forem estruturados em função da hierarquia de longo, médio e curto prazo.

No planejamento de longo prazo, é delineado o cronograma da obra (sem grande detalhamento), identificadas parcerias comerciais, simulado o fluxo de caixa e programados os recursos de longo tempo de aquisição. Ao nível de médio prazo, são identificados os pré-requisitos para os serviços que serão executados no horizonte delimitado, providenciadas aquisições e contratações e organizados os fluxos de materiais e mão de obra pelo canteiro. Todas as atividades sem restrições para início poderão ser programadas no plano de curto prazo, definido semanalmente durante a evolução da obra e no qual cabe controle de cumprimento dos pacotes de trabalho planejados (BALLARD, 2000; BERNARDES, 2001; COELHO, 2003).

À sistemática de elaboração dos planos, diversos conceitos advindos da produção enxuta podem ser agregados, como produzir em pequenos lotes, manter ritmos sincronizados e constantes entre serviços e reduzir o *lead time* de produção (KOSKELA, 2000). Para Moura e Heineck (2014), a ferramenta de planejamento que melhor incorpora os conceitos de produção enxuta é a linha de balanço (LB), ilustrada na Figura 1. A LB representa graficamente a sequência de atividades de uma obra, em função do tempo e das unidades de repetição da edificação (pavimentos, casas).

Figura 1: Exemplo de linha de balanço



Fonte: adaptado de Moura e Heineck (2014)

A figura 1 ilustra que cada atividade é produzida segundo um determinado tempo de ciclo, que se refere à frequência com que sua parte do produto é entregue (ALVAREZ e ANTUNES JR, 2001). Como exemplo, a equipe

desenvolvendo a atividade "A" entrega seu produto (pavimento) a um tempo de ciclo de dois dias, sendo este o ritmo desta atividade. Exercer controle sobre o tempo de ciclo durante a execução visa reduzir os efeitos negativos da variabilidade.

A existência de tempos de ciclo naturalmente diferentes ou a variabilidade nestes tempos leva a produtos semiprocessados, ou trabalho em progresso (*WIP*), parados na linha de produção. Estes devem ser reduzidos, uma vez que consomem parte do *lead time*. O *lead time* é definido por Koskela (2000) como o tempo de atravessamento, ou seja, a soma dos tempos de processamento, transporte, inspeção e espera (produtos semi processados parados na linha).

Em uma situação ideal, denominada de fluxo contínuo de produção, todas as equipes responsáveis pelas atividades deveriam entregar seus produtos semiprocessados em ritmos constantes e iguais às equipes de produção à jusante (LIKER, 2005). Kim e Ballard (2000) afirmam que não considerar as necessidades à jusante e avaliar as atividades isoladamente resulta em um fluxo de produção não confiável, embora seja uma prática comum.

Frequentemente, o controle da produção nos canteiros tem foco nas variações de custo ou de prazo de cada atividade vista de maneira isolada. Kim e Ballard (2000) apontam que estes dois parâmetros conduzem as decisões dos gestores sobre a sequência entre atividades e alterações de ritmo. Pode haver, por exemplo, redução da capacidade de produção de uma equipe (alteração de ritmo) apenas para proporcionar aderência ao custo previsto, ou o gestor pode manipular a sequência entre atividades, autorizando início daquelas que tornem melhor seu desempenho imediato em relação a um cronograma, sem levar em conta o fluxo de produção à frente.

Em virtude da variabilidade nos ritmos ao longo da produção, é necessário o emprego de *buffers* que, segundo Gonzáles e Allarcón (2009), correspondem a folgas intencionais de tempo entre atividades. Durante este período de tempo, os produtos semiprocessados, denominados de trabalho em progresso (*WIP*), se acumularão na linha de produção e permitirão que as equipes se mantenham ativas (SHINGO, 1996). Entende-se que esta prioridade em manter a atuação contínua das equipes conduz a níveis mais altos de *WIP*, sendo esta uma característica dos planos traçados com a LB.

No entanto, conforme destacam Gonzáles e Allarcón (2009), *buffers* devem ser reduzidos à medida que se reduz a variabilidade, uma vez que durante este período não há agregação de valor ao produto. O desafio, conforme mencionam Isatto e Zuchetti (2014), em termos de gestão da produção é reduzir desperdícios em ambos os eixos do MFP (processos e operações). Para tanto, é preciso conciliar fluxo contínuo de produção, caracterizado pela baixa incidência de *WIP*, e continuidade no fluxo de trabalho das equipes (inexistência de ociosidade da mão de obra).

3 MÉTODO DA PESQUISA

A pesquisa se desenvolveu com um estudo de caso em canteiro de um edifício residencial de 18 pavimentos tipo na cidade de Londrina, PR.

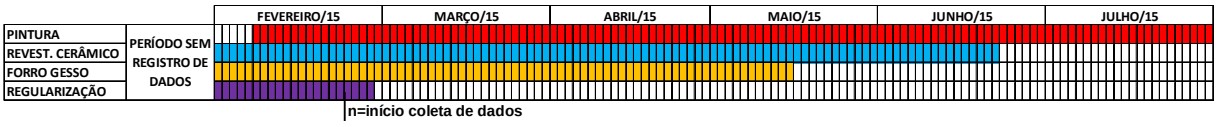
O primeiro procedimento de pesquisa foi analisar o cronograma de longo prazo da obra, elaborado com a técnica de Gantt, e transformar as informações de sequência e durações das atividades em uma LB, chamada então, de LB planejada. Em seguida, a produção no canteiro foi observada diariamente por, aproximadamente, 16 semanas, com o objetivo de registrar a sequência real de evolução das atividades, durações e decisões do gestor com relação à produção. Os serviços escolhidos foram: regularização de piso com argamassa, revestimentos cerâmicos de piso e parede, forro de gesso e pintura interna.

Com os dados da observação, foi elaborada a LB que traduzia a situação real, considerando que esta técnica de planejamento evidencia de maneira clara a dependência entre serviços, seus ritmos de execução e o trabalho em progresso (WIP). O contraste entre as duas linhas permitiu avaliar o impacto das decisões gerenciais no prazo dos serviços em questão.

4 ESTUDO DE CASO

Houve uma reunião inicial com o gestor do canteiro para apresentação dos conceitos envolvidos na pesquisa, uma vez que a técnica da LB não era utilizada na empresa. No canteiro havia apenas o cronograma de longo prazo traçado com a técnica de Gantt. A Figura 2 é um recorte deste cronograma para demonstrar somente os serviços investigados nesta pesquisa.

Figura 2: Cronograma de Gantt conforme documentos da empresa



Fonte: os autores

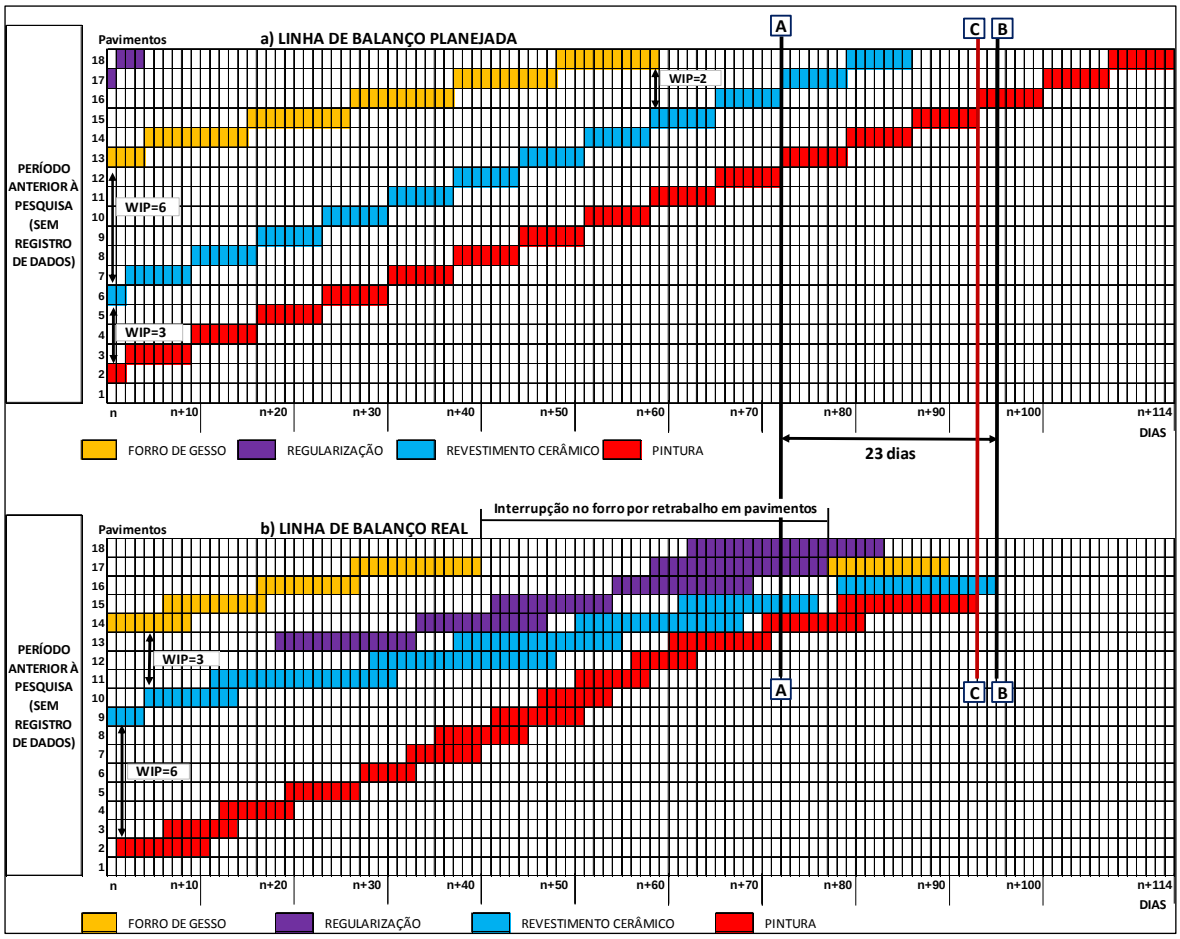
Como este gráfico não indica os pavimentos em execução, para encontrar o tempo de ciclo de cada serviço foi feito o seguinte raciocínio: se há 126 dias previstos para execução da pintura em 18 pavimentos, então o tempo de ciclo deve ser de 7 dias por pavimento, tendo início e fim conforme os limites indicados pela empresa no cronograma.

Seguindo este raciocínio para os 4 serviços investigados, as informações foram convertidas para um gráfico de LB, que passou a ser chamado de linha planeada. O primeiro dia do gráfico não se refere ao início do conjunto de serviços analisados, mas ao primeiro dia de observação dos pesquisadores no canteiro, sendo assim chamado de dia "n". Houve uma tentativa de resgatar informações anteriores no diário de obras, mas não

foram encontrados registros de início, tamanho da equipe ou durações para os serviços em questão. Assim, a linha de balanço da evolução real (Figura 3b) contém apenas informações efetivamente resultantes da observação dos pesquisadores no canteiro.

A LB planejada (Figura 3a) explicita que cada um dos serviços foi planejado com tempo de ciclo constante e com uma equipe alocada, ou seja, com um pavimento sendo totalmente concluído para dar início ao próximo. Para revestimento cerâmico e pintura, observa-se um mesmo tempo de ciclo, de sete dias, enquanto o forro de gesso teria um ciclo de onze dias. Quanto à regularização de piso, a previsão era de que ao iniciar o estudo, a mesma já estivesse praticamente concluída. Destacam-se, também, os valores elevados de *buffer* de tempo entre os serviços, como por exemplo, 40 dias entre o término do forro e início da cerâmica no 13º pavimento, ou, 21 dias entre o término da cerâmica e início da pintura no 6º pavimento. O gestor do canteiro não soube explicitar as premissas adotadas pela empresa ao elaborar o cronograma da obra, mas reconheceu que era uma prática frequente adotar *buffers* entre atividades para se proteger quanto ao atraso na compra de materiais que costumava acontecer. Sobre os valores dos *buffers* serem elevados, o gestor disse não ter um claro posicionamento a respeito.

Figura 3: Linha de balanço planejada versus real



Fonte: os autores

Sobre o trabalho em progresso (*WIP*), nota-se um número constante planejado de três pavimentos de cerâmica à frente da pintura. Já com relação aos serviços de forro e cerâmica a quantidade de *WIP* seria variável, de seis a dois pavimentos, em função dos ritmos também diferentes de cada serviço.

Na LB real, a primeira constatação é de que os tempos de ciclo foram variáveis. O forro de gesso não permite uma análise fiel, pois no 14º pavimento não houve coleta completa do ciclo e no 17º pavimento houve um período de paralização, em decorrência de retrabalho em pavimentos anteriormente executados. Cabe apenas observar que o forro foi executado antes da regularização de piso, em sequência contrária à planejada. Quando questionado sobre esta inversão, o gestor relatou que ambos os serviços eram terceirizados a empresas empreiteiras. A empreiteira responsável pela regularização atendia outros canteiros e alegava, por um período, indisponibilidade de mão de obra. Por sua vez, a empreiteira responsável pelo forro estava disponível quando requisitada e, assim, o engenheiro decidiu autorizar o início do forro anteriormente à regularização. Entende-se que este comportamento confirma os apontamentos de Kim e Ballard (2000) sobre a manipulação de sequência e deliberações dos gestores sem análise do fluxo à jusante.

A regularização teve sua evolução bastante diferente da situação planejada, com tempos de ciclo até seis vezes superior. Não havia na obra uma programação formal para o tamanho da equipe alocada no serviço, tampouco estava registrado o número de trabalhadores previsto no planejamento, por isso a causa do desvio significativo no tempo de ciclo não foi compreendida. Ao negociar com a empresa empreiteira na ocasião do início da regularização, o gestor decidiu pela alocação de pedreiros em pavimentos simultâneos e chegou a ter 3 pavimentos em execução paralela. Mesmo com aumento do efetivo, a regularização terminou 79 dias após o planejado.

Os revestimentos cerâmicos tiveram início antecipado em relação ao planejado. No início da coleta de dados, a execução deveria estar no 6º pavimento, mas na realidade estava no 9º. O gestor argumentou que a equipe terceirizada estava disponível e que julgou ser vantajoso antecipar o início. Porém, o tempo de ciclo foi significativamente maior que o planejado, além de variável, de 10 a 20 dias. A mão de obra se sobrepôs em alguns pavimentos, não porque a equipe foi duplicada, mas porque alguns trabalhadores ficaram dedicados aos revestimentos de paredes e mudavam de pavimento antes dos demais que trabalhavam no piso.

A pintura estava ligeiramente atrasada quando o estudo iniciou. O 2º pavimento, por exemplo, deveria ser concluído no dia "n+2", mas terminou nove dias mais tarde. Os pintores trabalhavam simultaneamente em dois pavimentos e os tempos de ciclo foram bastante variáveis, porém menores que os ciclos de cerâmica (serviço precedente). Como consequência, o

buffer de tempo entre pintura e cerâmica foi sendo gradativamente consumido e os serviços se cruzariam em um mesmo pavimento. A partir do 13º pavimento, o gestor determinou a redução da equipe de pintura para evitar a sobreposição dos serviços. Esta foi uma decisão em resposta ao problema iminente, pois a diferença de ritmo não foi avaliada de maneira antecipada.

Entende-se que o excesso de WIP, de 6 pavimentos de cerâmica à frente da pintura (no período inicial deste estudo) pode ter levado a uma conclusão precipitada de que havia muita frente de trabalho a ser vencida pela pintura, incentivando a alocação de equipes em simultaneidade.

Estes relatos demonstram a evolução da produção de maneira bastante diversa em relação ao plano da obra e sem alcance de benefícios. É relevante destacar que, a partir do início da pesquisa, esperava-se que o gestor adotasse a LB como parâmetro de controle, mas este permaneceu utilizando o cronograma de Gantt.

O Quadro 1 ilustra os atrasos percebidos nos quatro serviços acompanhados, considerando sempre o último pavimento em que cada serviço foi concluído durante a coleta.

Quadro 1: Atraso nos serviços executados

Serviço	Último pavimento concluído durante o estudo	Término planejado	Término Real	Dias de atraso
REGULARIZAÇÃO	18º	Dia n + 4	Dia n + 83	79
FORRO	17º	Dia n + 48	Dia n + 90	32
CERÂMICA	16º	Dia n + 72	Dia n + 95	23
PINTURA	15º	Dia n + 93	Dia n + 93	0

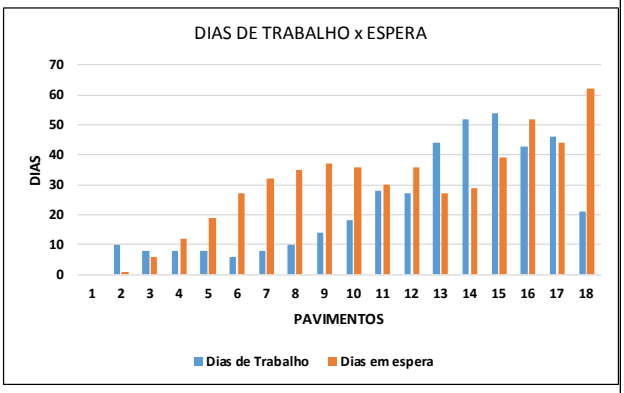
Fonte: os autores

Os revestimentos cerâmicos, por exemplo, tiveram início antecipado, mas quando concluídos no 16º pavimento (último pavimento registrado na coleta) já acumulavam um atraso de 23 dias, perceptível pelo contraste entre as barras "A" na Figura 3a e "B" na Figura 3b. Por sua vez, a pintura, quando concluída no 15º pavimento, estava compatível com o planejado em termos de prazo, como indica a barra "C" na Figura 3, porém, havia sido executada com equipe dupla de trabalhadores. Considerando que a partir da redução desta equipe de pintura no 13º pavimento, os ciclos se alongaram por volta de 11 dias, é razoável prever que a pintura também seria concluída com atraso em relação ao planejado.

Outro aspecto a considerar como consequência da negligência da interface entre os serviços foi a quantidade significativa de dias em que cada pavimento ficou em situação de espera, sem qualquer atividade em execução, como demonstra a Figura 4.

Figura 4: Relação entre dias de trabalho e de espera nos pavimentos

Pav.	Serviços	Dias de Trabalho	Dias em espera
1	Todos os serviços concluídos	0	0
2	Pintura	10	1
3	Pintura	8	6
4	Pintura	8	12
5	Pintura	8	19
6	Pintura	6	27
7	Pintura	8	32
8	Pintura	10	35
9	Cerâmica / Pintura	14	37
10	Cerâmica / Pintura	18	36
11	Cerâmica / Pintura	28	30
12	Cerâmica / Pintura	27	36
13	Regularização / Cerâmica / Pintura	44	27
14	Forro / Regularização / Cerâmica / Pintura	52	29
15	Forro / Regularização / Cerâmica / Pintura	54	39
16	Forro / Regularização / Cerâmica / Pintura	43	52
17	Forro / Regularização / Cerâmica / Pintura	46	44
18	Forro / Regularização / Cerâmica / Pintura	21	62



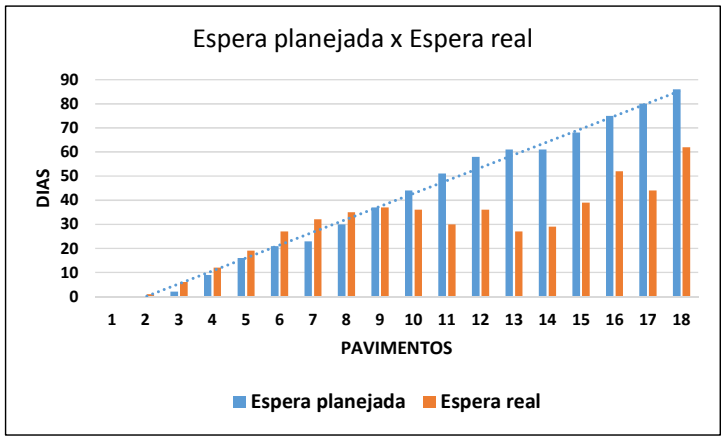
Fonte: os autores

Não é possível mensurar o *lead time* de cada pavimento porque em poucos deles houve a execução completa dos quatro serviços monitorados. No entanto, é relevante apontar que no período de 114 dias de observação, 11 pavimentos tiveram dias de espera em quantidade superior aos dias em que houve trabalho executado, conforme Figura 4. O descontrole sobre o ritmo de cada serviço na situação real da obra fez com que a maioria dos pavimentos, do 2º ao 12º, tivesse apenas um ou dois serviços em execução, apresentando a maior quantidade de espera. Em termos quantitativos, metade dos pavimentos apresentou espera real superior a 30 dias.

O planejamento feito com a técnica de Gantt não favorece a visualização da interferência que um serviço causa em seu predecessor em um mesmo pavimento. Já foi mencionado que o gestor reconhecia o *buffer* de tempo entre os serviços, mas não avaliava se os números eram exagerados. Por outro lado, não foi percebido um empenho em controlar os tempos de ciclo em favor das atividades à jusante, como recomenda Liker (2005).

A Figura 5 demonstra que a LB planejada previa quantidade ainda maior de dias de espera, sem que essa situação estivesse clara para o gestor da produção.

Figura 5: Relação entre dias de espera na situação planejada e real



Fonte: os autores

Em síntese, tanto as decisões de planejamento anteriores ao início da obra, quanto as decisões tomadas no decorrer da execução evidenciam pouco entendimento sobre o MFP ou sobre princípios voltados à redução de variabilidade.

5 CONCLUSÕES

Atendendo ao objetivo de apontar as repercussões de decisões gerenciais no prazo de execução da edificação, aponta-se os seguintes aspectos:

- Variabilidade generalizada, manifestando-se em termos de datas aleatórias de início dos serviços, tamanho das equipes e tempos de ciclo variáveis;
- Atrasos relevantes em pelo menos três dos quatro serviços observados;
- Dias de espera superiores aos dias de trabalho efetivo na maioria dos pavimentos da edificação;
- Esperas superiores a trinta dias na metade dos pavimentos observados.

Um maior conhecimento dos gestores sobre os conceitos de tempo de ciclo e fluxo contínuo de produção levaria a decisões mais assertivas, contrariando a percepção de que o início antecipado de um serviço ou sua execução em equipes duplicadas repercute em benefícios ao prazo da obra, pois este estudo evidenciou que esta percepção é equivocada.

Em função da forma de contratação praticada por esta empresa, remunerando empreiteiros por quantidade de serviço concluído, não havia preocupação com o aumento no número de trabalhadores alocados no canteiro. Este comportamento reflete decisões focadas apenas na adesão ao custo previsto, mas que negligenciam os demais impactos de um canteiro com grande efetivo de mão de obra.

Cabe destacar, ainda, que as decisões tomadas ao longo da obra eram reações imediatas às circunstâncias do canteiro, mas não pareciam ser decisões fundamentadas em conceitos de gestão. A empresa não praticava a hierarquia de planos, o que permitiria tratar, por exemplo, da indisponibilidade de empreiteiros desde o planejamento de médio prazo, visando proteger a produção das incertezas.

O gestor explicitava foco no controle de prazos, porém, mesmo tendo discutido a LB real com os pesquisadores não a inseriu em sua rotina. O conjunto de decisões tomadas no período da pesquisa não teve efetividade em reduzir a variabilidade dos ciclos de produção, reduzir WIP e garantir aderência aos prazos planejados.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R.R; ANTUNES JUNIOR, J.A.V. **Takt-time:** conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. Gestão & Produção. São Carlos. v.8, n.1, p. 1-18, 2001.

ALVES,T.C.L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras:** proposta baseada em estudos de caso. 2000. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

BALLARD. G. **The last planner system of production control.** 2000. Tese de doutorado. Birminghan: School of Civil Engineering. Faculty of Engineering. University of Birminghan. 2000.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** 2001. 291 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

COELHO, H.O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil.** 2003. 134 p. Dissertação (Progama de Pós Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: PPGEC, 2003.

DUARTE, F.G.C.M; CORDEIRO,C.V.V. **A etapa de execução da obra:** um momento de decisões. Produção, Rio de Janeiro. n.especial, p. 5-27, 2000.

FORMOSO,C.T. **A knowledge based framework for planning house building projects.** 1991. 341 f. Thesis (Ph.D) – Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford. Salford, 1991.

GONZALÉZ, V.; ALARCÓN, L.F. **A methodology for integrated buffer design and management in repetitive construction projects.** In: Conferecne of the International Group for Lean Construction, 17., Taipei. Taiwan, 2009. Proceedings … Taiwan, 2009. Disponível em <http://www.iglc.net/>. Acesso em: 19/04/16

ISATTO, E.L.; ZUCHETTI, M. Aplicação do mecanismo da função produção ao planejamento da produção seriada na construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2014.

KIM, Y; BALLARD, G. **Is the earned-value method an enemy of work flow?** In: Conferecne of the International Group for Lean Construction, 8. Brighton, UK, 2000. Proceedings … Brighton, 2009. Disponível em <http://www.iglc.net/>. Acesso em: 19/04/16

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** 2000. 298 p. Tese (Doctor of Philosophy) - VTTTechnical Research Centre of Finland. Helsinki University of Technology, Espoo, 2000.

LIKER, J.K. **O modelo Toyota** – 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman. 2005

MOURAR.S.L.M.; HEINECK, L. F. M. **Linha de balanço:** síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras? In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2014.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção.** 2ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DE MATURIDADE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA EM CONSTRUTORAS DE PEQUENO PORTE[1]

SANTANA,Gilielle(1); COUTINHO, Sandra(2); SAUER, Aline(3); REMBISKI, Fabrícia(4)

(1) UFES, e-mail: giliellessantana@gmail.com; (2) Faculdade Brasileira, e-mail: sandramoscon@gmail.com; (3) Faculdade Brasileira, e-mail: alinesisa@hotmail.com; (4) Faculdade Brasileira, e-mail: prof.fabriciadr@gmail.com

RESUMO

Nos últimos anos, as empresas construtoras vêm buscando a obtenção de maior quantidade de produtos finais com menor tempo e custo de produção. A Engenharia Simultânea (ES) é vista como uma forma de reorganizar a empresa para explorar de forma mais eficiente suas potencialidades e alcançar o desenvolvimento dos seus produtos e processos. Dessa forma, o trabalho final de curso que originou este artigo, objetiva identificar o nível de maturidade em relação à ES em 5 construtoras de pequeno porte, situadas na Região Metropolitana da Grande Vitória (Espírito Santo). A metodologia utilizada nos questionários, objetiva caracterizar as construtoras e avaliar o seu nível de maturidade, baseado nos cinco elementos da ES. As empresas analisadas obtiveram, em geral, o nível de maturidade gerenciado, ou seja, considerado positivo, apesar dos elementos investigados referentes à multidisciplinaridade e à integração dos intervenientes terem apresentado alguns resultados negativos. Percebe-se então que, apesar dos resultados positivos obtidos, essas empresas ainda possuem dificuldades de alcançar ambientes ideais para o desenvolvimento da ES. Ao final é apresentada uma matriz com sugestões de melhorias, e uma matriz composta de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças.

Palavras-chave: Maturidade. Engenharia Simultânea. Gerenciamento de empreendimentos.

ABSTRACT

In recent years, construction companies are seeking to develop a greater quantity of final products with less time and cost of production. Concurrent Engineering (CE) is seen as a way to reorganize company to explore more efficiently their potential and achieve better development of their products and processes. So, the final year project that originated this article aims to identify the level of maturity in relation to the CE in 5 small construction companies in the metropolitan region of Vitória (Espírito Santo - Brazil). The methodology used in questionnaires, aimed to characterize the construction and assess their level of maturity, based on the five elements of CE. The analyzed companies in this research obtained generally managed maturity level, that is considered positive, despite the elements investigated regarding the multidisciplinary approach and the integration of stakeholders have brought some negative results. We realize that, despite the positive results, these companies still have difficulties to achieve ideal environments for a better development of CE. At the end it is presented a matrix with suggestions for improvements, and a composite matrix of strengths, weaknesses, opportunities and threats.

***Keywords**: Maturity. Concurrent Engineering. Management developments*

[1]SANTANA, Gilielle; COUTINHO, Sandra; SAUER, Aline; REMBISKI, Fabrícia. Análise de maturidade de engenharia simultânea em construtoras de pequeno porte. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, devido ao desenvolvimento tecnológico e novas exigências do mercado consumidor, a Indústria da Construção Civil (ICC) vem sofrendo pressões, "para a melhoria de desempenho do processo de desenvolvimento do produto, pela necessidade de redução de prazos e pela demanda de produtos de melhor qualidade" (FORMOSO, TRESCASTRO, CODINHOTO, p.2, 2006; PRETTI, 2013).

Devido a essa necessidade, surgem os primeiros estudos sobre a Engenharia Simultânea (ES) no século passado (FABRICIO, 2002). Navarre (1993 *apud* Jouini; Midler, 1996, p.8) define que:

> A Engenharia Simultânea consiste em conceber de forma sistemática, integrada e simultânea os produtos e os processos que lhes são ligados. Este método conduz os desenvolvedores a considerar todos os elementos do ciclo de vida do projeto, da concepção à disposição aos usuários, e compreende a qualidade, os custos, a programação e a satisfação das necessidades e requerimentos dos usuários.

A ES apresenta algumas características para alcançar seus três objetivos: redução de tempo de desenvolvimento; redução de custos e aumento da qualidade do produto, e possui 5 elementos principais (FABRICIO, 2002):

- **Antecipação de fases e decisões**: o objetivo é "trazer as tomadas de decisões para as fases iniciais de concepção da edificação" (PRETTI, 2013, p. 45).
- **Simultaneidade das atividades**: realização em paralelo de várias atividades, cujo objetivo é "reduzir o tempo e ampliar a integração entre as interfaces de projetos" (FABRICIO, 2002, p.160).
- **Multidisciplinaridade**: integração de equipes multidisciplinares e multifuncionais que operam desde a concepção do produto até o desempenho do produto (FABRICIO, 2002; PRETTI, 2013).
- **Integração dos Intervenientes**: quando ocorre de forma simultânea fica assegurada a participação de todos no processo (BRASILIANO, 2000).
- **Busca e inserção de qualidade**: fator de grande importância para a "competitividade das empresas e para a sociedade" (FABRICIO, 2002, p.145).

Aplicando o conceito de maturidade a uma organização, entende-se que a mesma se encontra em perfeito estado para atingir seus objetivos (BOUER e CARVALHO, 2005). Para avaliar o nível de crescimento de uma organização, identificá-las e estabelecer planos de desenvolvimento, utiliza-se modelos de maturidade, que através de análises de certas características e circunstâncias classifica-se o seu nível de maturidade (SANTOS, 2009; PRETTI, 2013).

Apesar da ES ser uma estratégia que oferece vantagens competitivas, cujas ferramentas já foram desenvolvidas, testadas e validadas, a bibliografia aponta que esta ainda sofre resistência no setor, o que denuncia um conservadorismo injustificado. Dessa forma, o objetivo do artigo é apontar

como esta estratégia vem sendo aplicada em 5 empresas de pequeno porte, localizadas na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), no Espírito Santo, identificando com isso o nível de maturidade em relação à ES.

2 METODOLOGIA

Este trabalho é uma extensão da pesquisa realizada por Pretti (2013), aplicando a metodologia utilizada pela autora. As 5 empresas construtoras analisadas nessa pesquisa são afiliadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo (SINDUSCON-ES), sendo que uma delas, foi analisada por Pretti (2013), aqui denominada empresa E. A amostragem da pesquisa foi não probabilística intencional, onde a seleção das empresas para compor, depende do julgamento do pesquisador (MARCONI; LAKATOS, 2002), e por ser uma amostra pequena, não se podem generalizar os resultados desta pesquisa.

Foram realizadas entrevistas com aplicação de questionário nas 5 empresas analisadas, sendo que uma delas foi analisada por Pretti (2013). As outras 4 ocorreram durante os meses de agosto a outubro de 2015, onde 1 delas foi realizado de forma presencial, e as outras 3 restantes foram realizadas por correspondência eletrônica. A primeira parte da entrevista objetivava caracterizar o entrevistado e a empresa construtora em relação às atividades realizadas, seu processo de projeto e organização em geral. A segunda parte, avaliou o nível de maturidade, através das perguntas que abrangem os 5 elementos principais da ES. Para cada pergunta atribuiu-se um valor diferenciado, e através dos resultados obtidos, realizou-se a classificação da maturidade.

Para essa avaliação deve-se primeiramente calcular a pontuação que cada elemento obtém, e depois realizar o cálculo geral de maturidade (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de perguntas *versus* máximo de pontos possíveis

	Antecipação de fases e decisões (a)	**Simultaneidade das atividades (b)**	**Multiscipli-naridade (c)**	**Integração dos intervenientes (d)**	**Busca e inserção da qualidade (e)**
Nº Perguntas	17	9	11	16	26
Máximo de pontos possíveis (tp)	85	45	55	80	130
Maturidade por elemento (Me)	Me=(pe/tp)x100				

Nota: Me = Maturidade por elemento; pe = somatório dos pontos obtidos no elemento; tp = total de pontos possíveis no elemento
Fonte: Pretti (2013, p. 86)

Segundo Pretti (2013), esse cálculo baseia-se na fórmula de Silva (2010), onde o nível de maturidade do elemento (Me) equivale ao somatório dos pontos de cada elemento (pe), dividido pelo máximo de pontos possíveis de cada elemento (tp), sendo o resultado multiplicado por 100 (valor em percentual)

A partir do cálculo de maturidade por elemento (Me), calcula-se a maturidade geral (Mg), onde cada elemento possui o mesmo peso, por terem a mesma importância no processo. Assim, a somatória dos resultados da maturidade é dividida pelo número de elementos (5), obtendo o resultado geral da maturidade da empresa, como na fórmula a seguir (PRETTI, 2013):

$$Mg = \frac{\sum_1^5 Me}{5}$$

Onde,

Mg = maturidade geral da empresa (%);

$\sum_1^5$ = somátoria dos 5 elementos

Me = maturidade obtida em cada elemento pela empresa.

Assim, a pontuação obtida em percentual é avaliada com base em uma escala de valores em 5 níveis, sendo cada nível associado a uma letra de **A** a **E**, como pode ser analisado no Quadro 1 (PRETTI, 2013).

Quadro 1 – Escala de maturidade

Pontuação obtida (%)	**Nível de maturidade**	**Classifi-cação**	**Descrição**
Até 20	**Ad-hoc**	**E**	Não há o entendimento e uso sistemático da ES na empresa. Processos e comunicações são em grande parte informais, as tecnologias e ferramentas são ultrapassadas e sem planejamento e há desorganização entre os intervenientes
20 -- 40	**Repetitivo**	**D**	Procedimentos e métodos padronizados são utilizados e o processo é repetitivo. A comunicação e interação entre as equipes encontra barreiras
40 -- 60	**Caracteri-zado**	**C**	O processo de desenvolvimento do empreendimento é caracterizado e conhecido. Os intervenientes entendem o programa e as necessidades dos clientes. Ainda não há a participação de todos os envolvidos no desenvolvimento dos projetos e planejamento
60 -- 80	**Gerencia-do**	**B**	Processo de desenvolvimento do empreendimento é caracterizado, conhecido, compreendido, planejado e acompanhado. Os diversos intervenientes são envolvidos durante quase todo o processo e há boa comunicação entre eles
80 -- 100	**Otimizado**	**A**	Alto controle do processo de desenvolvimento do empreendimento. Avaliação do desempenho dos intervenientes e das decisões tomadas. Há comunicação contínua e sem barreiras e as decisões baseiam-se em um banco de dados, considerando as necessidades de todos os clientes

Fonte: Adaptado Khalfan (2001) e Graaf, Sol (1994 *apud* PRETTI,2013, p.90)

Através da avaliação de maturidade, realizaram-se as análises individuais dos resultados de cada empresa, indicando o nível de maturidade, o percentual por elemento, os pontos fortes e fracos de cada empresa. Em seguida, apresenta-se uma análise cruzada dos resultados obtidos nas empresas pesquisadas, destacando-se pontos em comum, conforme os piores e melhores elementos, incluindo as necessidades de melhorias.

Por fim, são apresentadas propostas de melhorias através de uma matriz de

elementos da ES X propostas de melhorias, e ainda uma matriz FOFA (forças, oportunidades, fraquezas e ameaças), objetivando demonstrar um parâmetro geral de estratégias da ES, e possíveis benefícios a partir das recomendações sugeridas.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados completos obtidos nessa pesquisa podem ser encontrados em Santana (2015), aqui estão apresentados de forma sintetizada devido a limitação do artigo.

3.1 Caracterização das empresas

As 5 empresas analisadas foram identificadas pelas letras (de **A** até **E**), para manter seu anonimato. O Quadro 2 apresenta as suas características gerais.

Observa-se que a Empresa C possui uma abrangência maior em relação às demais, sendo que, todas realizam construções de padrão médio, e nenhuma realiza construções de alto padrão.

Apenas a Empresa B possui a certificação PBQP-H. Percebe-se que a maioria dos empreendimentos realizados pelas construtoras analizadas é residencial multifamiliar.

Quadro 2 – Características gerais das empresas

Empresa		**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
Tempo de mercado(anos)		2	8	6	10	31
Porte (nº funcionários) (SEBRAE, 2016)		Pequeno(35)	Pequeno(50)	Pequeno(36)	Pequeno(60)	Médio (145)
Origem		Vitória	Vitória	Vitória	Vila Velha	Vitória
Abrangência Geográfica		Vitória/ Colatina	Vitória/Vila Velha	Cariacica, Santa Teresa, Jaguare, Santa Leopoldina, Vila Velha e Vitória	Vila Velha, Vitória e Colatina	Vitória
Padrão	**A**					
	M	X	X	X	X	X
	B	X			X	
Certificação		-	PBQP-H nível A	-	-	-
Tipologias Executadas	**RU**	X			X	
	RM	X	X	X	X	X
	CO		X			X
	O			X	X	X
Desenvolvimento de projetos	**IN**	X				

	E	X	X	X	X	X
Compatibilização de projetos	**IN**		X		X	X
	E					
	NR	X		X		

LEGENDA: A= alto padrão de construção, M= médio padrão e B= baixo padrão;
RU= Residencial unifamiliar, RM= residencial multifamiliar; CO= Comercial, O= outros; IN= Interno, E= Externo, NP= Não Realiza.
Fonte: Resultados do autor na tabela adaptada de Pretti (2013)

A contratação de projetos terceirizados é uma unanimidade, entretanto, somente a empresa A, realiza alguns projetos internos. Por sua vez, a compatibilização de projetos, quando realizada, é desenvolvida internamente.

3.2 Caracterização e análise individual de maturidade das empresas

3.2.1 Empresa A

A empresa A na avaliação de maturidade alcançou um (Mg) de 79,30% (tabela 2) conferindo a empresa o nível gerenciado (B)(Quadro 1).

Tabela 2 – Resultados percentuais por elemento – Empresa A

	(a)	**(b)**	**(c)**	**(d)**	**(e)**
Pontos obtidos (pe)/ Pontuação máxima (tp)	73/85	41/45	43/55	54/80	96/130
Nível de maturidade	85,88%	**91,11%**	78,18%	**67,50%**	73,84%

Fonte: Resultados do autor na tabela adaptada de Pretti (2013)

Pelos dados analisados, o elemento mais desenvolvido foi a simultaneidade das atividades (b) e o menos desenvolvido a integração dos intervenientes (d). A menor pontuação nesse elemento indica que a empresa apresenta dificuldades na comunicação e no relacionamento entre os participantes envolvidos no empreendimento.

3.2.2 Empresa B

A empresa B obteve na avaliação de maturidade o nível gerenciado (B), com o resultado de 78,38% (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados percentuais por elemento – Empresa B

	(a)	**(b)**	**(c)**	**(d)**	**(e)**
Pontos	70/85	35/45	42/55	59/80	106/130

obtidos (pe)/ Pontuação máxima (tp)					
Nível de maturidade	**82,35%**	77,77%	76,36%	**73,75%**	81,53%

Fonte: Resultados do autor na tabela adaptada de Pretti (2013)

Segundo os dados obtidos, o elemento mais desenvolvido foi a antecipação de fases e decisões (a) e o menos desenvolvido a integração dos intervenientes (d). Os itens com menor pontuação demonstram a falta de integração, principalmente, entre a equipe de projeto em relação aos demais membros.

3.2.3 Empresa C

A empresa C obteve o resultado geral de maturidade (Mg) de 75,47%, garantindo-lhe o nível de gerenciado (B) (Tabela 4).

Tabela 4 – Resultados percentuais por elemento – Empresa C

	(a)	**(b)**	**(c)**	**(d)**	**(e)**
Pontos obtidos (pe)/ Pontuação máxima (tp)	58/85	33/45	36/55	64/80	111/130
Nível de maturidade	68,23%	73,33%	**65,45%**	80%	**85,38%**

Fonte: Resultados do autor na tabela adaptada de Pretti (2013)

O elemento que obteve a maior pontuação foi: busca e inserção de qualidade (e), e com menores, a multidisciplinaridade (c) e antecipação de fases e decisões (a). Problemas no elemento (a) podem refletir em todo o processo, pois, é nessa fase onde são tomadas decisões que direcionam o desenvolvimento do empreendimento, e quando realizada corretamente, evitam-se problemas e retrabalhos.

3.2.4 Empresa D

Na avaliação de maturidade, a Empresa D, alcançou o nível gerenciado (B) com 70,04% (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados percentuais por elemento – Empresa D

	(a)	**(b)**	**(c)**	**(d)**	**(e)**
Pontos obtidos (pe)/ Pontuação máxima (tp)	62/85	30/45	38/55	48/80	106/130
Nível de maturidade	72,94%	66,66%	69,09%	**60%**	**81,53%**

Fonte: Resultados do autor na tabela adaptada de Pretti (2013)

Pelos dados analisados, o elemento mais desenvolvido foi busca e inserção de qualidade (e) e o menos desenvolvido, integração com os intervenientes (d), que evidencia problemas de comunicação.

3.2.5 Empresa E

A empresa E obteve o nível de maturidade caracterizado (C) com 55,55% (Tabela 6), sendo o menor entre as avaliadas da pesquisa.

Tabela 6 – Resultados percentuais por elemento – Empresa E

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Pontos obtidos (pe)/ Pontuação máxima (tp)	46/85	30/45	27/55	42/80	72/130
Nível de maturidade	54,12%	**66,67%**	**49,09%**	52,5%	55,38%

Fonte: Resultados do autor na tabela adaptada de Pretti (2013)

O elemento que obteve a menor pontuação foi a multidisciplinaridade (c), podendo ser uma das consequências da centralização das decisões pela diretoria nas etapas do empreendimento, inviabilizando a formação de equipes multidisciplinares, e o mais desenvolvido foi a simultaneidade das atividades (b).

3.3 Análises cruzada dos resultados

No cruzamento dos dados obtidos, observa-se o nível geral das empresas (Tabela 7), e os percentuais alcançados em cada elemento e sua classificação do melhor (em azul) ao pior desempenho (em laranja).

Tabela 7- Resultado geral por elemento analisado

	EMPRESAS					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**Média por elemento**
(a)	85,88% (2º)	82,35% (1º)	68,23% (4º)	72,94% (2º)	54,12% (3º)	72,70% (3º)
(b)	91,11% (1º)	77,77% (3º)	73,33% (3º)	66,66% (4º)	66,67% (1º)	75,10% (2º)
(c)	78,18% (3º)	76,36% (4º)	65,45% (5º)	69,09% (3º)	49,09% (5º)	67,63% (4º)
(d)	67,5% (5º)	73,75% (5º)	80% (2º)	60% (5º)	52,5% (4º)	66,75% (5º)
(e)	73,84% (4º)	81,53% (2º)	85,38% (1º)	81,53% (1º)	55,38% (2º)	75,53% (1º)
(Mg)	79,30%	78,38%	75,47%	70,04%	55,55%	
Nível	Gerenciado	Gerenciado	Gerenciado	Gerenciado	Caracteri-zado	

Fonte: Arquivo pessoal

Observando-se que o elemento que obteve o maior desempenho foi a busca e inserção da qualidade (e), o que surpreendeu, pois as empresas analisadas não possuem certificações. O elemento com menor desempenho foi a integração de intervenientes (d), e o penúltimo elemento foi a multidisciplinaridade (c), sendo esperado, pois esses dois elementos possuem grande ligação.

Os elementos multidisciplinaridade (c) e integração de intervenientes (d) em geral, influenciam no bom funcionamento da empresa, pois equipes multidisciplinares devem permanecer unidas durante toda a execução do empreendimento, reduzindo-se erros, aumentando a qualidade e eficiência de todo o projeto (FABRICIO, 2002; CORRÊA, 2006). Exceto a empresa E que alcançou o nível caracterizado, as demais empresas analisadas alcançaram o nível gerenciado (B), um resultado considerado positivo, apesar de todas as empresas afirmarem não conhecer as características da ES.

Não se pode ignorar que a concentração das tomadas de decisões e a fragmentação do processo entre projetos (terceirizado) e as demais atividades gerenciais prejudicam a integração dos processos. Essa fragmentação não é apenas uma falha comunicativa, mas implica numa deficiência organizacional.

O fato de as empresas analisadas terem obtido melhor resultado na busca e inserção da qualidade provavelmente tem relação direta com o fato de, em geral, as empresas construtoras terem como foco principal a produção. Esta característica pode ter influenciado no baixo desempenho na integração e multidisciplinaridade da equipe, comprometida organizacionalmente já que os projetos são terceirizados.

3.4 Propostas de melhorias

Com o objetivo de propor sugestões passíveis de implantação, o Quadro 3 apresenta uma matriz de elementos da ES *versus* propostas de melhorias. Essas propostas foram pensadas de acordo com os itens de cada elemento que obtiveram pontuações negativas. Cada proposta está marcada por elemento, de acordo com a necessidade de cada item. O elemento que possui maior número de propostas é integração dos intervenientes (d), confirmando o seu resultado negativo na amostra estudada.

Quadro 3: Matriz Elementos da ES *versus* Propostas de Melhorias

ELEMENTOS / **PROPOSTAS DE MELHORIAS**	**(a)**	**(b)**	**(c)**	**(d)**	**(e)**
Estabelecer um planejamento geral do empreendimento de forma eficiente	**X**				
Estabelecer organogramas e fluxogramas visando a organização e simultaneidade de cada atividade	**X**	**X**			
Estabelecer estratégias e objetivos a cada função	**X**				
Criar banco de dados contendo toda a produção de cada empreendimento dividido por setores	**X**			**X**	
Criar um plano de gerenciamento de comunicações	**X**			**X**	
Criar equipes multidisciplinares por setor			**X**		
Estabelecer representantes por equipe			**X**		
Análisar semanalmente erros ocorridos			**X**		**X**
Estabelecer cronograma de reuniões a cada início de etapas importantes com objetivo de retroalimentação de informações	**X**			**X**	**X**
Estabelecer número mínimo de visitas para acompanhamento da obra				**X**	

Implantar um sistema de Tecnologia da Informação integrado com organização eficiente				**X**	
Estabelecer sistema de avaliação dos intervenientes a cada etapa finalizada				**X**	**X**
Realizar treinamentos para desenvolver a conscientização de trabalho coletivo		**X**		**X**	
Descentralizar as tomadas de decisões, fornecer autonomia as equipes	**X**			**X**	

Fonte: Arquivo pessoal

A integração dos intervenientes tem influência em toda a dinâmica da ES. Uma das propostas mais relevantes é a necessidade de reuniões tendo em vista que, de acordo com Kruglianskas (1993, p. 109), "reuniões periódicas e sistemáticas [..] são práticas reveladas como muito úteis para o sucesso da ES". Ao atender essas propostas, as empresas poderão alcançar um meio ideal para o melhor desenvolvimento da ES e usufruir dos benefícios que esse método pode proporcionar.

A fim de demonstrar um parâmetro geral de estratégias da ES e os possíveis benefícios com a adoção das propostas de melhorias, o Quadro 4 apresenta uma matriz de Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças (FOFA) da ES. Os quadrantes apresentam-se separados por análise interna (forças e fraquezas) e análise externa (oportunidades e ameaças). Essa disposição permite uma visão de elementos que ajudam (forças e oportunidades) e aqueles que atrapalham (ameaças e fraquezas), permitindo assim uma análise a ser aplicada em qualquer processo de planejamento estratégico.

Quadro 4 – Matriz FOFA da ES

	FORÇAS	**FRAQUEZAS**
ANÁLISE INTERNA	Desenvolvimento de mercado Desenvolvimento de capacidades Alcançar maior estabilidade Visão aberta para inovações Aumento de qualidade do produto, com foco no cliente Diminuição do ciclo de desenvolvimento Diminuição de custos	Adaptação de equipes Falta de pessoal especializado
	OPORTUNIDADES	**AMEAÇAS**
ANÁLISE EXTERNA	Inovação Parcerias Aumento de lucros Desenvolvimento de competitividade com o mercado	Concorrência Baixa conscientização Cultura organizacional: falta de adaptação da separação tradicional de funções, já que a ES trabalha com poder descentralizado

Fonte: Arquivo pessoal

Nos itens citados, percebe-se que apesar das empresas possuírem ameaças e fraquezas, as forças e as oportunidades são de grande relevância para o sucesso de um empreendimento. Muniz (1995, *apud* FABRICIO, 2002, p.157-158), afirma que a ES é a "[...] melhor combinação entre as metas de qualidade, custo e prazo", dessa forma ela pode ser um grande aliado na

gestão.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As empresas estudadas obtiveram, em geral, o nível de maturidade gerenciado (B) e média de 71,74%, resultado considerado positivo. Os elementos que obtiveram os menores desempenhos foram integração dos intervenientes (d) e multidisciplinaridade (c), o que sugere falta de comunicação e integração entre os agentes intervenientes no empreendimento. Isso pode aumentar a probabilidade de erros, por falta de retroalimentação de informações, item necessário no processo de projeto.

A falta de comunicação e de organização estratégica são os problemas centrais, pois os itens com menor pontuação são relacionados ou conseqüência dos mesmos. Neste contexto, as propostas de melhorias são, em sua maioria, sugestões de organização e melhor integração entre os setores, o que reafirma os resultados negativos da amostra.

Mais pesquisas nessa área são importantes, pois estudos demonstram que a ES pode trazer diversos benefícios para o setor da construção civil, dentre eles melhores resultados financeiros. No atual momento de recessão econômica, esse pode ser um caminho para que as empresas construtoras venham alcançar melhores índices de estabilidade.

REFERÊNCIAS

BOUER, R.; CARVALHO, M. M. Metodologia singular de gestão de projetos: condição suficiente para a maturidade em gestão de projetos. **Revista Produção**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 347-361, 2005.

BRASILIANO, A. E. **Gestão do desenvolvimento de projetos das edificações públicas:** um modelo segundo os princípios da engenharia simultânea. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.

CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DE EMPRESAS: MEI - ME – EPP. Disponível em: http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154. Acesso em: 20 de junho de 2016.

CORRÊA, C. V. **A aplicação da engenharia simultânea na dinâmica de elaboração e implantação de projetos para produção de alvenaria de vedação na construção civil.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FORMOSO, C. T., TRESCASTRO, M., CODINHOTO, R. **Planejamento e controle integrado do projeto e da produção em ambientes simultâneos na construção**

civil. NUTAU: Arquitetura e Urbanismo–Inovações tecnológicas e sustentabilidade, São Paulo, Brazil, 2006.

JOUINI, S.; MILDLER C. **L'ingénierie concourant edansle bâtiment**. Paris, Plan Construction et Architeture / GREMAP, 1996.

KRUGLIANSKAS, I. Engenharia simultânea e técnicas associadas em empresas tecnologicamente dinâmicas. **Revista de Administração**, São Paulo, v.30, n.2, p.2538, 1995.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002

PRETTI, S. M. **Engenharia Simultânea e construtoras-incorporadoras**: uma análise de maturidade. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

SANTANA, G. S. **Análise de maturidade de engenharia simultânea em construtoras de pequeno porte sem ISO 9001**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). 110 f, Faculdade Brasileira-MULTIVIX, Vitória. 2015.

SANTOS, L. G. de C. **Análise da influência da evolução na maturidade em gerenciamento de projetos no desempenho dos projetos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SILVA, A. T. S. P. **Maturidade do processo de planejamento e controle da produção baseada nos princípios da construção enxuta**: caso de uma empresa construtora capixaba. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MFV COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DO FLUXO DE INFORMAÇÕES EM UM ESCRITÓRIO DE ENGENHARIA[1]

SILVA, Camila (1); SERRA, Sheyla (2); LORENZON, Itamar (3)

(1) UFSCar, e-mail: cssilveirasilva@gmail.com; (2) UFSCar, e-mail: sheylabs@ufscar.br;
(3) UFSCar, e-mail: itamar@ufscar.br

RESUMO

Os conceitos advindos da filosofia enxuta, com origem na manufatura, tem se disseminado em diferentes setores, inclusive na construção civil em várias vertentes. O gerenciamento de processos, a otimização dos parâmetros básicos de controle e o atendimento às necessidades do cliente fazem parte da perspectiva e estratégia de melhoria contínua. O Lean Office aplica os princípios aos processos administrativos, compostos por operações e técnicas que os colocam como elo entre os recursos de uma organização e o alcance dos objetivos traçados. Destaca-se a necessidade de adequada gestão das empresas de micro e pequeno porte atuantes na construção civil, sendo elas parte representativa desta indústria, principalmente na execução de edificações habitacionais. Assim, o artigo apresenta o mapeamento de fluxo de valor (MFV) com o objetivo de representar o fluxo de informações em escritório de engenharia atuante na cidade de São Carlos – SP, por meio de estudo de caso. A análise permitiu a identificação de falhas e interrupções desnecessárias ao processo, caracterizando atividades que não agregam valor. O resultado final foi o apontamento das principais iniciativas a serem implantadas na empresa, almejando fluxo mais enxuto e a melhoria contínua, como a introdução de novas atividades e a redistribuição de funções.

Palavras-chave: Construção Enxuta. Lean Office. Mapeamento de Fluxo de Valor. Melhoria contínua.

ABSTRACT

The concepts arising from the lean philosophy, originated in manufacturing, it has spread in different sectors, including the construction of several aspects. The management processes, optimization of basic parameters of control and customer service needs to form part of the perspective and continuous improvement strategy. Lean Office applies the principles of administrative procedures, composed of operations and techniques that put as a link between the resources of an organization and the achievement of planned objectives. It highlights the need for proper management of micro and small companies working in construction, and they representative of this industry, especially in the execution of residential buildings. Thus, the article presents value stream mapping (VSM) in order to represent the flow of information in active engineering office in São Carlos - SP, through case study. The analysis allowed the identification of faults and unnecessary interruptions to the process, featuring activities that do not add value. The end result was the appointment of the main initiatives to be implemented in the company, targeting more streamlined flow and continuous improvement, the introduction of new activities and the redistribution of functions.

***Keywords**: Lean Construction. Lean Office. Value Stream Mapping. Kaizen.*

[1] SILVA, Camila; SERRA, Sheyla e LORENZON, Itamar. MFV como Ferramenta para Análise do Fluxo de Informações em um Escritório de Engenharia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A situação de alta concorrência no mercado da construção civil e a conjuntura atual levam as empresas à busca de diferenciais para se tornarem mais competitivas. Tanto o gerenciamento de processos, como a otimização dos parâmetros básicos de controle - custos, prazos, qualidade, produtividade, lucros - e o atendimento às necessidades do cliente fazem parte da perspectiva de melhoria.

O elevado número de agentes envolvidos no processo de produção na construção civil torna essencial o ato administrar adequadamente o fluxo de informações entre os mesmos e internamente às empresas. O uso de procedimentos eficazes de gestão facilita o alcance do desempenho almejado pelos empresários do setor.

Com intuito de aumentar a produtividade e a qualidade dos serviços, o interesse pelos princípios *Lean Manufacturing* ou Produção Enxuta se mostram mais acentuados pelos agentes da construção, visto que um dos objetivos principais também é a redução dos desperdícios. Dessa forma, torna-se importante estudar alternativas que facilitam a gestão do fluxo de informações e ferramentas para melhor visualização dos processos envolvidos.

Neste contexto, este artigo foi elaborado sob a luz da filosofia enxuta, com intuito de mostrar aplicações do *Lean Office* na administração em escritórios de engenharia civil, a partir de um estudo de caso.

2 O LEAN OFFICE

A partir da publicação Womack *et al.* (1990) os conceitos advindos da filosofia enxuta - *Lean Manufacturing* - começaram a se disseminar para as demais indústrias. Ohno (1997) complementa que a ideia básica está na redução de sete tipos de desperdícios: defeitos nos produtos; superprodução; estoques de mercadorias à espera de processamento ou de consumo; processamento desnecessário; movimento desnecessário de pessoas; transporte desnecessário de mercadorias; e esperas.

Na construção civil, a publicação de Koskela (1992) trouxe a adaptação da nova filosofia de produção para a construção. Os cinco princípios enxutos vinculados à eliminação dos sete desperdícios se transformaram, no *Lean Construction* em onze princípios, os quais vinculados às ferramentas corretamente conferem um bom desempenho ao desenvolvimento da construção civil, não só na execução, mas também seu gerenciamento e administração (PICCHI, 2003).

Entre as aplicações, o *Lean Office* ou Escritório Enxuto visa também atingir qualidade, eficiência e produtividade nos serviços, com redução de custos e aumento da flexibilidade. Segundo Greef *et al.* (2012), diferencia-se do *Lean Manufacturing*, à medida que, o foco não é mais voltado para o planejamento produtivo, e sim nos processos administrativos. Tendo em vista essa diferenciação, os recursos (valor) para o *Lean Office* são: os insumos ou

produtos necessários para as atividades administrativas de escritório e a informação, seja ela na forma digital, impressa, eletrônica, oral ou gráfica (LAGOS *et al.*, 2008).

Assim, diferentemente do que ocorre na aplicação nas fábricas ou em canteiros de obras, a aplicação dos conceitos *Lean* em escritório se mostra mais complexa devido à dificuldade de identificar os desperdícios de serviço e retrabalho, por não serem fisicamente visíveis. Como exemplo de falhas recorrentes nas áreas administrativas: interrupção de tarefas, pessoas se mostram excessivamente atarefadas, atraso na expedição de relatórios e/ou na compra de materiais, presença de burocracias inapropriadas, falta de comunicação entre os trabalhadores, uso de documentos e assinaturas desprezíveis, entre outros que podem classificar-se como desperdícios administrativos (KEMMER et al., 2009).

A aplicação do pensamento enxuto nas fábricas supera a aplicação nos escritórios por motivos como: a inexistência e/ou dificuldade de medição dos 'lead time', ou tempos de espera, dos processos administrativos; a análise de custos é feita tendo por base o trabalho direto; a falta de visão dos benefícios atrelados à redução do lead time dos processos administrativos; e, por fim, a falta de conhecimento sobre como aplicar as técnicas do pensamento enxuto nos fluxos administrativos e de serviços (SURI, 1998).

3 O MAPA DE FLUXO DE VALOR

O principal referencial para análise do fluxo de informações interno ao escritório é a publicação "Oito passos para planejar, mapear e sustentar melhorias Lean nas áreas administrativas" (Tapping e Shuker, 2010), a saber:

1) Comprometer-se com o Lean;
2) Escolher o Fluxo de Valor;
3) Aprender sobre o Lean;
4) Mapear o Estado Atual;
5) Identificar Métricas Lean;
6) Mapear Estado Futuro;
7) Criar Planos Kaizen;
8) Implementar Planos Kaizen.

Para esses autores, a principal ferramenta para enxergar os desperdícios administrativos é o Mapa de Fluxo de Valor (MFV) devido à representação visual de fatores relevantes por meio dos ciclos de trabalho ou processos produtivos de determinado ambiente. São esquematizados os fluxos de materiais e de informações necessários para a consecução do ciclo ou processo em questão, bem como as pessoas atuantes nas atividades, os tempos de ciclos e os tempos de agregação de valor de cada atividade (TAPPING e SHUKER, 2010).

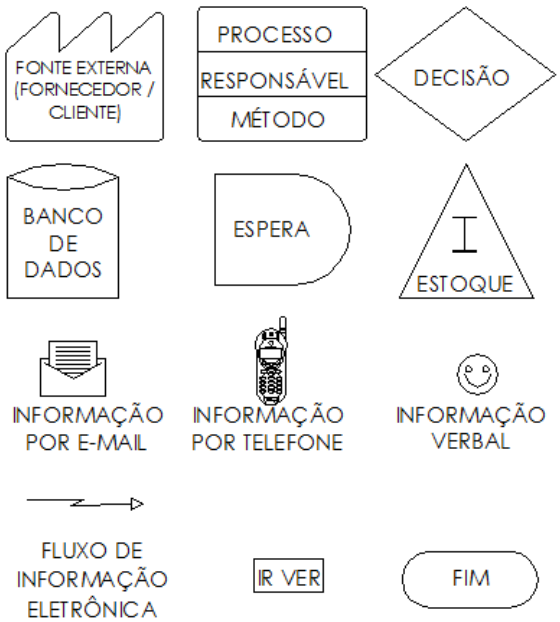
Com o uso correto do MFV é possível simplificar a visualização do estado

atual do processo analisado, permitindo ainda o mapeamento desejado para o estado futuro, implantando as melhorias a partir da análise dos problemas identificados (GREEF, 2010).

Algumas dificuldades de utilização do MFV são a identificação dos fluxos de valor no ambiente dos escritórios, a limitação de dados a serem coletados, a dificuldade de compreensão e identificação entre desperdícios e atividades que não geram valor (TURATI, 2007).

A estratégia inicial para o desenho do MFV é a definição dos processos a serem estudados e os correspondentes ícones a serem utilizados, pois existe grande variedade. Os ícones utilizados neste trabalho podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1 – Ícones para Mapa de Fluxo de Valor Atual



Fonte: adaptado do site Lucidchart (2016)

Em seguida, é necessário fazer a identificação dos principais processos envolvidos apontando a forma de comunicação entre os mesmos. Por fim, os dados levantados devem ser esquematicamente desenhados e após ajustes dá-se origem ao MFV Atual a ser estudado.

4 ESTUDO DE CASO

Foi adotado o método de estudo de caso como forma de auxiliar na melhor compreensão da aplicabilidade do *Lean Office* em escritórios de engenharia e seus processos organizacionais, dentro do contexto natural em que ocorre.

Para elaboração do estudo de caso foi selecionada empresa que se dispusesse a fornecer dados e que pudesse favorecer o acesso da seguinte forma: localização da sede, facilidade de contato, permissão para visitas e acompanhamento de atividades rotineiras.

Para representação do MFV foi adotado o software de desenho auxiliado por computador, Autocad® Educacional. Sabe-se da existência de aplicativos específicos, mas aqueles que se encontram no formato gratuito tem limitação quantitativa na inserção de dados e ícones. Dessa forma, a partir da adaptação dos ícones do software Lucidchart, criador de fluxogramas e diagramas, a criação do MFV foi feita no Autocad® Educacional, que permitiu desenho e criação livre.

A pesquisa seguiu a estrutura apresentada por Tapping e Shuker (2010) para análise do fluxo de informações na empresa. Como limitação, entretanto, ainda está em fase de desenvolvimento e a pesquisa encontra-se concluída até o quarto passo – "Mapear o Estado Atual".

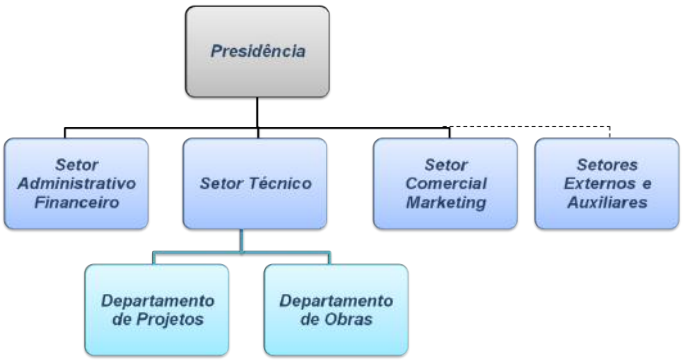
4.1 Descrição da Empresa

Para preservação dos dados empresariais, o nome fictício utilizado será SS Job. A SS Job foi fundada em 2001, na cidade de São Carlos, SP. O portfólio da empresa abrange construção e elaboração de projetos para obras residenciais e comerciais, em sua maioria de médio ou alto padrão. E algumas participações em obras públicas.

Em um primeiro momento, a elaboração de projetos arquitetônicos não fazia parte das áreas de atuação da empresa, que se destinava apenas a controle e acompanhamento da execução e administração de obras. Porém, a demanda por parte dos clientes fez com que esse cenário mudasse, passando a empresa a atuar também na elaboração de projetos, incluindo estruturais, arquitetônicos e de paisagismo.

Atualmente, a SS Job pode ser configurada como uma empresa de engenharia civil de pequeno porte, contando com seis profissionais. A estrutura organizacional pode ser visualizada na Figura 2, onde se pode observar o nível intermediário composto pelos setores técnico, comercial/marketing, administrativo e financeiro.

Figura 2 – Estrutura organizacional da empresa SS Job



Fonte: própria (2016)

Apesar dessa representação, a distribuição dos recursos humanos não é tão delineada, ou seja, uma mesma pessoa atua ao mesmo tempo em setores

diferentes. O corpo de funcionários da empresa é composto por:

a) Engenheira P (Presidência): proprietária da empresa e responsável pelas decisões estratégicas da empresa. Coordena e supervisiona os três setores. Além de dar suporte a Engenheira S nas decisões táticas. Também é responsável pelo setor de Marketing que conta com auxílio externo para manutenção do site e de páginas nas redes sociais.

b) Engenheira S (Setor Técnico – Dep. Obras): responsável pela execução das obras, também pela programação de suprimentos e contratações de subempreiteiros, gestão dos prestadores de serviço, realização das medições e garantia da qualidade dos serviços executados.

c) Arquiteta Administrativa (Setor Administrativo Financeiro e Técnico – Dep. Obras): é responsável pelo pagamento de fornecedores e controle de custos da produção e administração. Coordena os processos de compras, identifica fornecedores e estabelece as prioridades.

d) Assistente (Setor Técnico – Dep. Obras): acompanha as atividades do setor financeiro tendo também o contato direto com a execução. Inspeciona alguns serviços ou acompanha inspeções.

e) Estagiária de Arquitetura (Setor Técnico – Dep. Projetos): realiza levantamento de quantitativos, detalhamentos, digitalização de projetos, elaboração de maquete 3D.

f) Auxiliar de Informática (Setor auxiliar): mantém os programas, computadores e rede de internet em funcionamento.

g) Contabilidade: setor externo à empresa.

A empresa não conta com mão-de-obra própria para a execução das obras, sendo estas executadas por subempreitada, o que reduz a quantidade de contratação de pessoal.

4.2 Mapeamento do Fluxo de Valor

Após a escolha da empresa, é preciso atentar-se ao processo, visto que para elaboração do MFV Atual o fluxo selecionado deve ser relacionado ao cliente final e entre os limites da instalação da organização para que sejam seguidos os oito passos propostos por Tapping e Shuker (2010).

O segundo passo proposto, após o Comprometimento Lean, a escolha do fluxo de valor a ser mapeado é, em alguns casos, facilitada pela demanda do cliente externo que pede a melhoria em determinado fluxo. No estudo de caso, esse fato não ocorreu e a escolha do fluxo mapeado se deu pelas atividades que estavam sendo processadas no escritório no momento do estudo. Assim, o Fluxo de Valor escolhido foi a Execução das Estacas de Fundação, desde a fase de projetos até o pagamento do serviço, em determinado empreendimento.

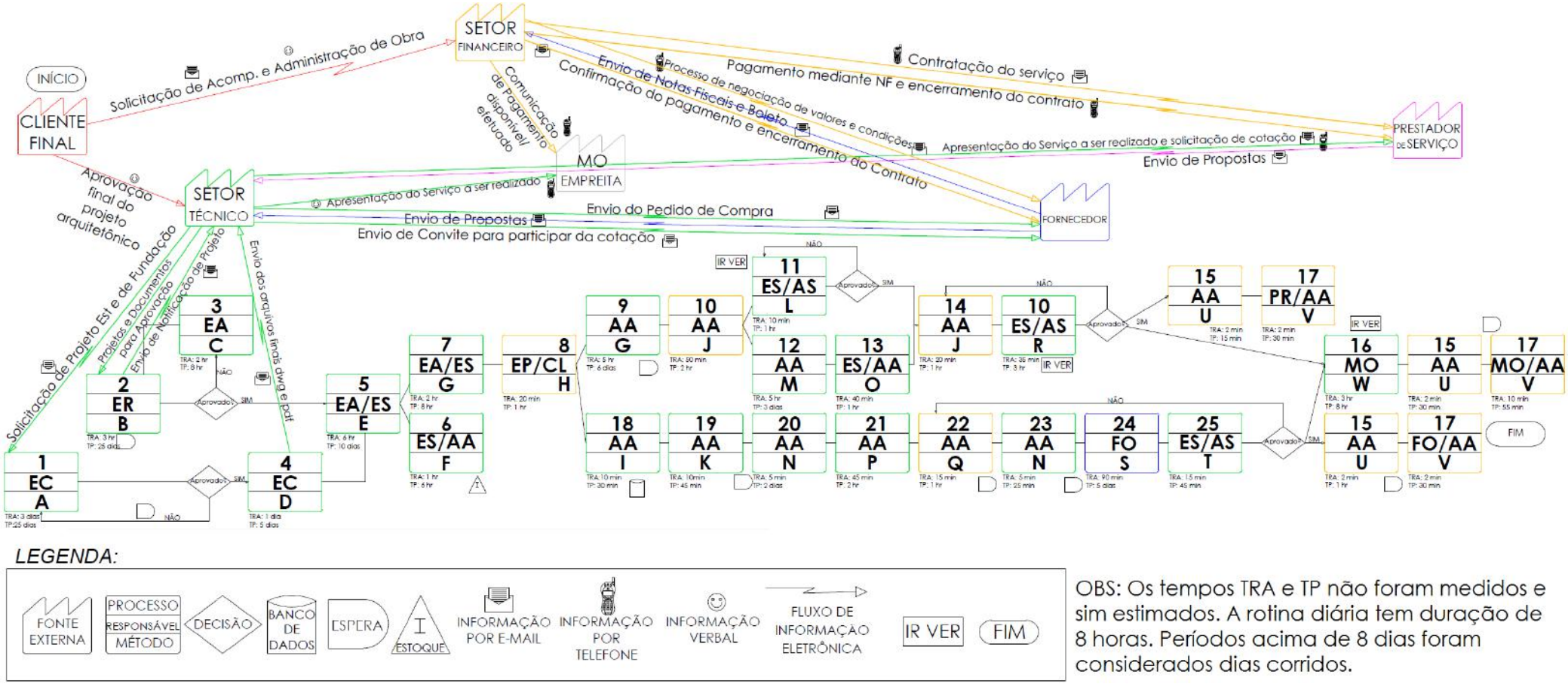
Assim a identificação dos principais processos envolvidos, a saber:

1. Aprovação do Projeto Arquitetônico

2. Aprovação na Prefeitura
3. Solicitação de Projeto Estrutural e Fundações
4. Compatibilização de Projetos
5. Elaboração do Projeto Executivo
6. Quantitativo de Materiais
7. Contrato de Administração de Obra
8. Execução de Serviços Preliminares
9. Cotação e Contratação de Prestação de Serviço
10. Compra de Materiais
    a. Cotação
    b. Propostas
    c. Avaliação
    d. Seleção
    e. Negociação
    f. Pedido de Compra
    g. Entrega
    h. Conferência do material
    i. Documentação
    j. Pagamento
11. Medição e Inspeção
12. Pagamento
13. Encerramento do Contrato

Iniciou-se então o desenho do MFV como pode ser visto na Figura 3, com descrição a seguir. Para facilitar a visualização do mapa foi criada uma identificação para cada processo, responsável e método, apresentada no Quadro 1.

Figura 3 – MFV atual do processo: do projeto à execução de estacas de fundação



Fonte: própria (2016)

Quadro 1 – Legenda de Identificação para Processos, Responsáveis e Métodos

PROCESSO		MÉTODO	
1	Projeto Estrutural e Fundação	A	Software Cálculo
2	Aprovação na Prefeitura e	B	Análise do Cumprimento as Normas e Requisitos
3	Adequações a Notificação	C	Alteração no Projeto Através dos Softwares
4	Descrição e Detalhes de Projeto	D	Memoriais e Anexos
5	Compatibilização de Projetos	E	Uso de Softwares de Desenho 2D e 3D
6	Quantitativo de Materiais	F	Leitura de Projeto e Elaboração de Planilhas
7	Elaboração de Projeto Executivo	G	Projetos, Especificações e Quantitativos
8	Contrato de Administração de Obra	H	Definição de Necessidades e Cláusulas
9	Cotação de Serviço de Empreita	I	Banco de Dados e Internet
10	Contratação de Serviço de Empreita	J	Contrato (Prazo, Custo e Forma de Pagamento)
11	Conferência dos Serviços Executados	K	Planilha de Quantitativos
12	Cotação de Prestação de Serviço (Perfuração)	L	Verificação de Serviços Preliminares
13	Análise das Propostas Recebidas	M	Proposta com Descrição do Serviço
14	Contratação da Perfuração de Estacas	N	Planilhas
15	Agendamento do Pagamento	O	Comparação Custo e Serviço
16	Concretagem das Estacas	P	Avaliação Comparativa
17	Encerramento do Contato (Parcial ou Totalmente)	Q	Reserva do Material e Previsão de Entregas
18	Busca de Fornecedores	R	Medir Profundidade, Diâmetro e Locação
19	Pedido de Cotação de Material (aço)	S	Transporte da Mercadoria
20	Recebimento das Propostas	T	Pedido/NF/Entrega
21	Seleção do Melhor Fornecedor/Proposta	U	Planilha de Lançamento
22	Negociação e Contrato	V	Comprovante de Pagamento
23	Preparação do Pedido de Compra	W	Serviços Manuais
24	Entrega do Material e NF		
25	Recebimento e Conferência		
RESPONSÁVEL			
EC	Engenheiro Calculista	CL	Cliente Final
ER	Engenheiro Responsável	AS	Assistente
EA	Estagiária de Arquitetura	FO	Fornecedor
EP	Engenheira P	PR	Prestador
ES	Engenheira S	MO	Mão de Obra Empreita
AA	Arquitetura ADM		

Fonte: própria (2016)

O início do fluxo se dá com a aprovação do projeto arquitetônico elaborado pela SS Job, a aprovação é feita pessoalmente em reunião após a apresentação dos projetos iniciais. A informação é transferida ao setor técnico, que é responsável pelo contato com o engenheiro calculista solicitando o projeto estrutural e de fundação. A maior parcela de tempo é gasta para elaboração dos projetos e com a conferência dos mesmos. O tempo médio estimado é de 15 a 30 dias para entrega de projetos detalhados, memoriais e anexos.

Simultaneamente, os documentos são entregues na prefeitura e/ou condomínio, o tempo para aprovação varia em decorrência do nível de maturidade do projeto desenvolvido e ao atendimento às normas técnicas e regulamentadoras. Em caso de seja inconformidade é preciso corrigir e reenviar os projetos. Após aprovação é feita a compatibilização dos demais projetos.

O desperdício de "espera" pode ser notado nas etapas de aprovação na prefeitura e elaboração do projeto estrutural, onde a disponibilidade não depende internamente da SS Job e sim de órgãos aos quais a empresa não tem influência direta.

O desperdício no "transporte", citado na aprovação perante aos órgãos competentes, é devido ao fato de que não aceitam o envio digital de arquivos, aumentando o tempo de processamento das atividades.

Quanto trata-se de "estoque", a informação, dado ou arquivo que é armazenado aguardando seu processamento. O quantitativo de materiais elaborado juntamente com a compatibilização de projetos, sendo um exemplo. Caso o cliente optasse por não seguir com a administração de obra seriam dados sem finalidade.

A contratação dos serviços de administração e acompanhamento da obra ocorre quando avalia se continuará com a empresa SS Job ou dará continuidade a sua obra de forma independente. Optando pela administração, a SS Job se torna responsável por manter a obra em funcionamento, elaborando seu planejamento e execução, como também pelas contratações e compras.

Com o contrato assinado, é feito contato com os subempreiteiros de confiança para solicitação de orçamento referente a: serviços preliminares, fundação, estrutura, vedação, chapisco e reboco, impermeabilização e cobertura.

Como os níveis de instrução dos subempreiteiros são diferentes, a apresentação da proposta costuma ser divergente, enquanto uns passam o valor por metro quadrado da construção, até mesmo por telefone, outros enviam por e-mail orçamentos detalhados com preço de cada item descrito incluindo a metragem retirada do projeto. Dessa forma, a Arquiteta Administrativa é responsável pela padronização para apresentar à Engenheira P. Onde observa-se mais um desperdício, pois se fosse seguido um modelo padrão de pedido de orçamento poderia ser eliminada essa função da Arquiteta.

Após a escolha do subempreiteiro, os serviços preliminares são executados e então conferidos, autorizando o início da perfuração das estacas. Este serviço foi também cotado pela Arquiteta Administrativa e após análise das propostas foi feita a contratação e execução do serviço, seguindo o mesmo processo anterior. Após a conferência e aprovação dos serviços é autorizado ao setor financeiro o agendamento do pagamento com posterior encerramento total ou parcial do contrato.

Simultaneamente ao contato com os subempreiteiros ocorre a cotação dos materiais para as estacas de fundação em vários fornecedores. Além de acesso ao banco de dados da empresa é feita a busca na internet por novos fornecedores. Assim, a planilha de quantitativos é utilizada para elaboração dos pedidos de cotação a ser enviado e preenchido pelos fornecedores. Alguns fornecedores apesar de receberem a solicitação não

enviam a confirmação de recebimento do e-mail ocasionando espera.

No pedido constam: logo da empresa, dados do cliente, endereço da obra, etapa de obra, responsável pela solicitação, nome do correspondente na empresa fornecedora e data de envio. Infelizmente, os dados dos pedidos não são utilizados para estimativas de tempo, em melhoraria do planejamento e do contato com os fornecedores. Sendo esses dados apenas geram informação não processada, que não agregam valor ao cliente ou a empresa.

As propostas são analisadas e padronizadas para apresentação a Engenheira P e ao cliente final na prestação de contas para transparência no processo de administração. A seleção da melhor proposta compara os materiais oferecidos, as formas de pagamento e credibilidade do fornecedor, porém esses dados não entram no banco de dados, sendo apenas de conhecimento dos funcionários. Após a negociação é preparada e enviada a solicitação de compra onde constam as informações de entrega e de pagamento.

O fornecedor agenda a entrega, o material é levado até a obra juntamente com a nota fiscal para conferência, que também é recebida por e-mail pela Arquiteta Administrativa. Se houver inconformidade ao pedido é feito o contato com o fornecedor a fim de trocar ou reparar o produto, sendo aprovado o material, é liberada a concretagem das estacas e o agendamento do pagamento do fornecedor, encerrando assim o contrato e as atividades do fluxo.

Como segunda etapa da elaboração do mapeamento devem ser medidos os tempos de duração das atividades individualmente. A duração das atividades foi dividida em TRA (Tempo Real da Atividade) e TP (Tempo de Permanência), ou seja, TRA é o tempo correspondente ao que a pessoa necessita para executar a tarefa propriamente dita sem considerar as atividades que não agregam valor no decorrer dela, enquanto TP representa o tempo de ciclo total da atividade. Abaixo de cada caixa de processo no MFV foram inseridos o TRA e TP estimado das atividades.

5 ANÁLISE DOS DADOS

Recomendou-se a SSJob que após inserção do aprendizado a respeito da mentalidade enxuta na empresa, desde a alta gerência à mão de obra, fosse feito o conhecimento e a compreensão do MFV atual elaborado possibilitando o estabelecimento do MFV futuro.

Entretanto, para que esses passos fossem eficazes na empresa alguns fatores deveriam estar claros, sendo a principal consideração diz respeito às diferenças entre a indústria da construção civil e os outros ramos como a manufatura – como a forma de contato com o fornecedor, que não é constante devido à sequência de etapas de obras.

A heterogeneidade dos componentes em cada serviço faz com que sejam estabelecidos contatos com um alto número de fornecedores, porém esses

contratos se tornam espaçados ao longo do tempo. Esta situação faz com que as parcerias ocorram em momentos diferentes e de forma recorrente. A não ser que a empresa tenha muitas obras simultâneas em diferentes etapas, os fornecedores são normalmente contatados com certos intervalos de tempo.

A classificação dos fornecedores com requisitos além dos custos e a padronização das propostas, possibilita criar um banco de dados com controle do tempo de resposta que permitirá visualizar o desempenho em contratos anteriores. Essa análise facilitará o *feedback* que cria relação de confiança e pode trazer benefícios a ambos.

O controle do tempo poderia ser aplicado também internamente à empresa no caso de análise de propostas, elaboração de planilhas de custo, medição dos serviços, controle de pedidos, entre outros. Para este controle a sugestão foi estabelecer metas aos funcionários.

Como falha na administração, foi citada a concentração de atividades em alguns funcionários, a empresa poderia se organizar com o rearranjo das atividades, podendo ser feita com o estabelecimento formal de funções ou contratação de novos funcionários. Poder-se-ia adotar o uso da ferramenta 5S que faz com que o ambiente de trabalho se torne mais agradável, baseando-se em medidas simples.

Por fim, devem ser seguidos os preceitos básicos do pensamento enxuto:

- Definição de valor sob a perspectiva do cliente(final ou interno);
- Eliminar os sete tipos de desperdícios;
- Puxar o fluxo contínuo de trabalho;
- Continuar o processo de melhoria contínua.

6 CONCLUSÕES

O estudo de caso elaborado a respeito do fluxo de valor relacionado à execução das estacas de fundação teve resultados preliminares, mas promissores, pois mostraram a possibilidade de uma melhoria nos serviços administrativos.

A inserção dessa mentalidade no ambiente administrativo das empresas de construção civil é ainda inicial, sendo indispensáveis maiores estudos relativos ao tema. A principal premissa identificada para que fosse seguida pelas áreas administrativas foi a criação de padrão em fluxos e processos, pois permitiriam um maior controle e visualização clara das ações.

O esforço necessário à redução de desperdícios nos ambientes administrativos não é direto e requer dedicação, mas com o MFV atual foi possível perceber os principais desperdícios são as esperas. Essa identificação facilita o estabelecimento de possíveis soluções. Uma vez que o setor da construção civil é composto, em grande parte, por pequenas e médias construtoras, e uma variedade de fornecedores de materiais e

serviços, torna-se necessária a coordenação do fluxo de aquisições. Além da dependência do fornecimento, o setor é principalmente dependente da produtividade dos operários. E esta característica pode ser considerada a que mais diferencia a construção civil de outras.

Por fim, o maior desafio se centraliza na definição de valor pela perspectiva do cliente, tendo suas preferências por preço, conforto, durabilidade, funcionalidade, estética, variando assim desde a concepção até a finalização do produto.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de mestrado e à empresa SS Job.

REFERÊNCIAS

GREEF, A.C. **Fluxo enxuto de informação**. 144f. Trabalho de conclusão de curso (Gestão da Informação), Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2010.

GREEF, A. C.; FREITAS, M. C. D.; ROMANEL, F. B. ***Lean Office***: operação, gerenciamento e tecnologias. São Paulo: Atlas ED. 2012, 224f.

KEMMER, S. L.; ALVES, T. C. L; BARROS NETO, J. P.; MACEDO, M. Implantação do *Lean Office* em uma empresa construtora. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC), 6., 2009, João Pessoa, PB. **Anais...** Porto Alegre, 2009.

LAGO, N.; CARVALHO, D.; RIBEIRO, L. M.M. *Lean Office*. **Revista Fundição,** n.248/249, p.6-8, 2008. Disponível em: ttp://lean.dps.uminho.pt/ArtigosRevistas/LeanOffice.pdf.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção:** além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PICCHI, F.A. Oportunidades de aplicação do *Lean Thinking* na construção. **Ambiente Construído**, v.3, n.1, p.7-23, 2003.

SURI, R. **Quick Response Manufacturing**: a companywide approach to reducing lead times. Portland: Productivity Press, 1998.

TAPPING, D.; SHUKER, T. **Lean Office:** gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas. São Paulo: Editora Leopardo, 2010.

TURATI, R.C. **Aplicação do Lean Office no setor administrativo público**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D.; CARPENTER, D. **A máquina que mudou o mundo**. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 1992.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES[1]

SILVA, Daniela (1); REMBISKI, Fabrícia (2); COUTINHO, Sandra (3); RADINZ, Gabriela (4)

(1) MULTIVIX, e-mail: danipeterle@hotmail.com; (2) MULTIVIX, e-mail: frembiski@gmail.com; (3) MULTIVIX, e-mail: sandramoscon@gmail.com; (4) MULTIVIX, e-mail: gabrielaradinz@gmail.com

RESUMO

A construção civil está relacionada ao desenvolvimento econômico, social, ambiental e sustentável do país, devido à abrangência de suas atividades. Esse setor gera diversos impactos ambientais, relacionados à emissão de poluições e resíduos. Para mitigar esses impactos, a Resolução CONAMA nº 307 fornece diretrizes para o gerenciamento dos resíduos originados nos canteiros. Diante disso, o artigo tem como objetivo analisar as práticas de gerenciamento de resíduos em dois canteiros de conjuntos residenciais unifamiliares. A pesquisa apresenta os resultados finais de um trabalho de conclusão de curso em Arquitetura e Urbanismo. Os procedimentos metodológicos contemplaram revisão de literatura; identificação e seleção das construtoras com estágio de obras similares; elaboração dos instrumentos (questionário estruturado e roteiro de observação); estudo de caso em duas construtoras; pesquisa de campo; registros fotográficos e análise dos resultados. Todavia, mesmo com a disponibilidade de área para armazenamento de resíduos temporário, identificação e separação adequada; profissionais com experiência em gerenciamento de obras; treinamento periódico dos funcionários sobre o tema; ambos os canteiros analisados apresentavam deficiências no gerenciamento de resíduos. Como contribuição, foram propostas recomendações específicas para os canteiros, visando à melhoria da forma de gerenciamento dos resíduos.

Palavras-chave: Resíduos de Construção Civil. Gerenciamento. Canteiro de obra.

ABSTRACT

The civil construction is related to economic, social, environmental and sustainable development, because of their activities. This generates several environmental impacts, related to the issue of pollution and waste. To mitigate them, CONAMA Resolution no. 307 provides guidelines for the management of waste generated at construction sites. This article aims to analyze the waste management practices in two constructions sites from single-families residential. This research shows the results of a final work degree in Architecture and Urbanism course. The methodology covers literature review; selections of construction companies with construction sites in similar steps; elaboration instruments of collect (questionnaire and observation script); case study in two construction companies; field research; photographic records and analysis of results. However even with available area for temporary storage of waste, identification and appropriate separation; employees with experience in construction management; recurrent training; the construction sites visited had

[1] SILVA, Daniela; REMBISKI, Fabrícia; COUTINHO, Sandra; RADINZ, Gabriela. Análise do gerenciamento de resíduos de construção civil em condomínios residenciais unifamiliares. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

deficiencies in waste management. In contribution were proposed recommendations for improving the management of waste.

***Keywords**: Waste Construction. Management. Construction site.*

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem relação direta com o desenvolvimento econômico e social do Brasil e influencia o Produto Interno Bruto (PIB), uma vez que é responsável dentre outras coisas, pela geração de empregos diretos e indiretos (ARAÚJO, 2009).

Por outro lado, o setor causa vários impactos ambientais, desde a implantação do canteiro de obras até a conclusão do projeto. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) estima que, de 50 a 70% dos resíduos sólidos gerados no país são originados das atividades da construção civil.

Atualmente, as cidades enfrentam uma intensa crise no setor ambiental. A crise hídrica e energética, devido ao extenso período sem chuva, que atinge inúmeras regiões do país, vem demostrando para a sociedade brasileira o quão é necessário adequar-se as questões da sustentabilidade.

O desenvolvimento sustentável compreende a utilização de novas técnicas voltadas para a proteção do meio ambiente. Essas técnicas visam suprir as necessidades do presente, sem prejudicar as futuras gerações, por meio da junção do sistema social, econômico e cultural (BRASIL, 2013).

Inserida nesse contexto, verifica-se que a construção civil é responsável por impactos consideráveis ao meio ambiente. Por isso, pode e deve contribuir para sua redução, através da utilização de produtos sustentáveis, da redução dos resíduos gerados na obra e, também, do desperdício de recursos naturais, dentre outros (JOHN, 2000).

No que diz respeito aos resíduos de construção civil (RCC), a Resolução Federal nº 307 (BRASIL, 2002), do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil e visa à redução dos impactos ambientais por eles gerados. A Resolução indica, também, que os resíduos devem ser armazenados, transportados e destinados para reciclagem ou para locais onde possam ser depositados corretamente (BRASIL, 2002).

Diante disso, esse trabalho tem como objetivo analisar as práticas de gerenciamento de resíduos em dois canteiros de obras de condomínios residenciais unifamiliares, com vistas a recomendar sugestões para melhoria do atual sistema de gestão de resíduos das empresas construtoras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil, o gerenciamento municipal de RCC ainda está na etapa inicial, pois existem poucas políticas públicas e investimentos para o

desenvolvimento sustentável e o saneamento básico, quando comparado aos países desenvolvidos (REMBISKI, 2012).

A Resolução CONAMA Nº 307 (BRASIL, 2002, 2004, 2011, 2014, 2015), classifica os diferentes tipos de resíduos gerados e determina, conforme disposto no art. 10o, que os resíduos da construção civil, após a triagem, tenham uma destinação diferenciada. Os resíduos são divididos em quatro classes: Classe A - resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados; Classe B - resíduos recicláveis para outras destinações; Classe C - resíduos não recicláveis e Classe D - resíduos perigosos.

De acordo com Brasil (2010), a Lei nº 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, um conjunto de diretrizes e ações adotadas pelo Governo Federal, abordando os princípios, objetivos e as diretrizes para o gerenciamento de resíduos, a responsabilidade dos geradores e do poder público.

Para cada tipo de resíduo existe uma forma adequada de descarte e destinação final. O descarte incorreto dos mesmos causa, entre outros problemas, a poluição dos rios e a criação de lixões. A Resolução Nº 307 (BRASIL, 2002) foi criada exatamente para minimizar o impacto gerado por esses resíduos (VENTURINI, 2011).

Para realizar a segregação de RCC nos canteiros de obras, pode-se utilizar a mão de obra que deve ser previamente treinada. Além de a triagem auxiliar a reciclagem dos resíduos, também, contribui para a organização e limpeza do canteiro, o que beneficia a redução de acidentes de trabalho causados pela desordem dos canteiros de obras (CABRAL, MOREIRA, 2011).

O uso de recipiente de coleta para os diferentes tipos de resíduos e, também para o seu armazenamento durante a construção, viabiliza a triagem para posterior classificação e distribuição. Embora a triagem de RCC na própria obra demande mais trabalho dos operários, resulta em eficiência e benefício financeiro (KEELER; BURKE, 2010).

Por sua vez, a contaminação do resíduo compromete sua reutilização, e em alguns casos, até inviabiliza a sua utilização, dificultando o gerenciamento de RCC. Por isso, os resíduos devem ser segregados de forma correta para que não haja a contaminação do mesmo por impurezas (LIMA; LIMA, 2010).

Os resíduos devem ser aproveitados no próprio canteiro de obras. Para que esse reaproveitamento aconteça, é necessário um local para armazenamento temporário, tomando cuidado com a limpeza e organização (NAGALLI, 2014).

As empresas de construção civil controlam os custos dos materiais e as despesas com a remoção dos resíduos gerados em suas obras. Os empreiteiros são os responsáveis por administrarem os RCC e, para isso, geralmente necessitam elaborar um plano de gerenciamento dos resíduos da obra, que determina o tratamento dos resíduos gerados durante o processo da construção (KEELER; BURKE, 2010).

Rembiski (2012) aponta que o gerenciamento de RCC em canteiros de obras está ligado à elaboração do projeto, a mão de obra que muitas vezes não é qualificada gerando o desperdício de materiais, dentre outros. Araújo; Cardoso (2007) descrevem que, a gestão de resíduos deve conter diretrizes tecnológicas: utilizar demolição seletiva, armazenar adequadamente os materiais, consumir recursos de forma sustentável, entre outros.

3 MÉTODO

Para a seleção das edificações utilizadas para pesquisa de campo foi realizada uma pesquisa em *sites* das construtoras do município de Vitória (Espírito Santo), para verificar aquelas com maior quantidade de obras em andamento. Posteriormente, realizou-se uma pesquisa para verificar a etapa de obra dos empreendimentos de cada construtora, selecionado dentre essas duas possíveis obras para análise.

Por intermédio dos *sites*, que fornecem a ficha técnica e as características da obra, incluindo sua etapa foi possível escolher dois canteiros para o estudo. A escolha baseou-se em canteiros de obra de condomínios residenciais unifamiliares e na etapa de construção na qual a obra se encontrava, ou seja, 40% de obra concluída. As demais obras foram descartadas, já que as mesmas estavam em etapa final de construção, com aproximadamente 80% da obra finalizada ou na etapa inicial (20%). Após isso, foi realizada a visita nos dois canteiros escolhidos, o Canteiro de obras A, localizado em Vitória (Capital do Estado), e o Canteiro de obras B, em Colatina (Região Noroeste do Estado).

Nas entrevistas com os profissionais, durante as visitas aos canteiros, utilizou-se um questionário (Quadro 01) que foi baseado em Rembiski (2012), Coutinho; Calmon (2014) e em informações da revisão de literatura. O questionário estava dividido em 5 agrupamentos e possuía 40 perguntas.

Quadro 01–Agrupamentos do questionário

Agrupamento	Tema	Nº de questões
Agrupamento 1	Identificação da empresa	3
Agrupamento 2	Identificação do entrevistado	4
Agrupamento3	Gestão do resíduo da construção	8
Agrupamento 4	Resíduos de construção	14
Agrupamento 5	Certificações ambientais	11

Fonte: Arquivo pessoal

Em relação ao agrupamento 3, foram realizadas perguntas relacionadas à gestão dos resíduos, como exemplo: a) se a empresa utiliza e promove treinamento sobre coleta seletiva; b) se possui um projeto de gerenciamento de resíduos, entre outros.

Sobre o agrupamento 4, as perguntas foram direcionadas ao resíduo de construção civil, como: a) se a empresa já reutilizou RCC em alguma etapa da obra; b) quais medidas deveriam ser adotadas para evitar a geração de RCC; c)qual foi o tratamento do resíduo quando retirado da obra e sua destinação final, dentre outros.

Para visita a obra A, realizou-se contato direto com a Técnica responsável pela obra. Após a visita ao canteiro A, realizou-se uma entrevista com a Engenheira Ambiental responsável pela obra (Engenheira A). No canteiro B, a visita foi guiada pela Técnica em Segurança do Trabalho (Técnica B), responsável pela obra.

A Técnica A é responsável pelos projetos executivos da obra A. A técnica B possui curso Técnico em Segurança do Trabalho e Meio Ambiente, sendo responsável pelo gerenciamento dos resíduos no canteiro, bem como pela segurança dos funcionários, da obra B.

Para visita aos canteiros de obras e realização da pesquisa de observação utilizou-se o roteiro de Rembiski (2012), com os seguintes itens: data, horário, identificação da construtora e do entrevistado, características do empreendimento e do local da entrevista e por fim, aspectos observados durante a entrevista e os aspectos observados nos canteiros de obras. Tal roteiro possibilitou a ampliação da análise dos estudos de casos.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em relação às construtoras analisadas possuem mais de vinte anos de mercado, sendo que a obra B é um consórcio entre duas construtoras. Os entrevistados possuem, em média, nove anos de experiência no mercado da construção civil, sendo considerado adequado para essa função.

Os canteiros de obras visitados são de construções residenciais unifamiliares e estavam na mesma etapa de construção (vedação interna e externa). Tanto a obra A quanto a obra B possuem, aproximadamente, a mesma quantidade de funcionários, sendo no total 128 funcionários no canteiro A e 150 no canteiro B(Quadro 02).

As duas construtoras promovem treinamentos periódicos sobre a coleta seletiva de RCC no canteiro de obras. Sendo esse um importante passo para a conscientização dos trabalhadores do canteiro. As ações relativas ao gerenciamento dos resíduos gerados são de responsabilidade da Engenheira A (obra A) e da Técnica B (obra B).

Quadro 02 – Caracterização dos canteiros de obras

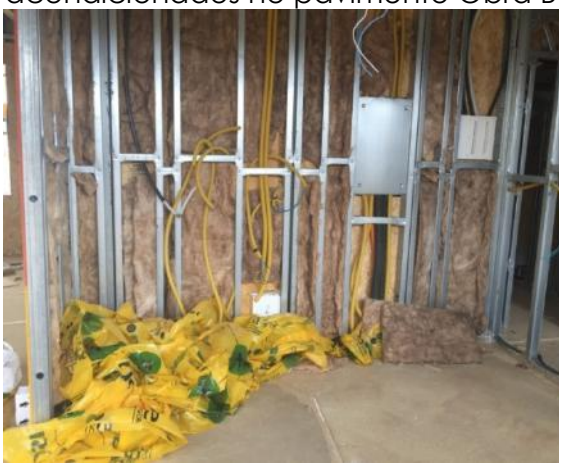
Canteiro	Local	Área do terreno	Unidades	Área das residências
A	Vitória - ES	5.865,51m²	22 casas	314,67 a 449,73m²
B	Colatina - ES	26.944,48 m²	80 casas	214,48 a 352,83 m²

Fonte: Arquivo pessoal

Ambas entrevistadas concordam que um dos principais objetivos originados da coleta seletiva do RCC é a limpeza e organização do canteiro de obras. Consequentemente, a obra limpa, possibilita a redução do número de acidentes e o aumento do reaproveitamento de parte do resíduo.

Nos canteiros de obras analisados, os resíduos gerados nos pavimentos da edificação são acondicionados por um determinado tempo no mesmo local (Figuras 01 e 02) e, posteriormente, são transferidos para o armazenamento pelos funcionários através do carrinho de mão. Isso ocorre, pois as obras são unifamiliares, sendo assim, o descarte pelo tubo da fachada não se faz necessário. Porém, em visita a obra A, foi observado à utilização do tubo pela fachada, porém, apenas na etapa inicial da construção.

Figura 01 - Resíduos classe B acondicionados no pavimento Obra B



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 02 – Resídua de gesso nas elevações Obra A



Fonte: Arquivo pessoal

Tanto no canteiro de obra A, quanto no B, os recipientes para armazenar os resíduos são locados de forma itinerante. Na Obra A isso ocorre devido à reduzida área disponível no canteiro. Já na Obra B isso acontece, pois o canteiro de obras é grande, sendo assim as caçambas são locadas na frente das unidades em construção (Figuras 03 e 04).

Figura 03 - Caçambas situadas em frente às unidades na Obra B



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 04 – Caçamba localizada em local temporário na Obra A



Fonte: Arquivo pessoal

Na visita a Obra A foi observada a utilização de lona nas caçambas para evitar a emissão de material particulado, porém, na Obra B isso não foi observado, pois não havia nenhuma caçamba estacionada durante a visita.

Em relação ao armazenamento dos materiais, ambas as obras executam essa tarefa de forma adequada (Figura 05). Por possuir um canteiro de obras maior, a Obra B tem um local onde ficam armazenadas as ferragens (Figura 06), uma central de armação, carpintaria, almoxarifado, além de outros depósitos de materiais e áreas operacionais.

Figura 05 – Depósito de cimento na Obra B



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 06 – Depósito de aço na Obra B



Fonte: Arquivo pessoal

Em relação às etapas da obra que geram maior quantidade de resíduo, a Engenheira A e a Técnica B são unânimes em afirmar que é a etapa de alvenaria. Além dessa etapa, a Engenheira A também atribui a geração às etapas de estrutura, pintura, piso e pavimentação. Já na opinião da Técnica B, as etapas de revestimento e de limpeza final influenciam na geração.

Em visita aos canteiros, foi detectado que ambos estavam relativamente limpos, inclusive o da obra B, pelo fato de ser uma obra em *steel frame*, gerando menos resíduos, quando comparada a uma obra convencional. Porém, em relação ao gerenciamento dos resíduos, a obra A apresentou-se mais organizada do que a obra B. Os resíduos são destinados de forma correta em suas respectivas baias, com a redução de erros de destinação segundo a classificação, diferenciando-se da obra B.

5 RECOMENDAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS DAS CONSTRUTORAS

A revisão de literatura e a pesquisa de campo possibilitaram a elaboração de uma lista com 23 recomendações para a melhoria do sistema de gestão de resíduos nos canteiros analisados (Quadro 03). As recomendações emergiram a partir da observação de estudos realizados nos canteiros de obras. Porém, devido ao formato do questionário utilizado e ao tipo de pesquisa, não foi possível obter um retorno e não houve nenhuma discussão a respeito das recomendações junto aos representantes das construtoras.

O item de número 2 foi recomendado, pois durante a visita a obra, observou-se que, apesar das construtoras utilizarem a coleta seletiva, a mesma não é realizada de forma adequada pelos funcionários, havendo resíduos de classes diferentes na mesma caçamba. Quanto ao item 4, as construtoras reutilizam muito pouco os resíduos gerados na obra, o que implica na destinação de um maior volume para os aterros. Por isso, as construtoras devem investir mais em sua reciclagem ou reutilização no próprio canteiro.

Quadro 03 - Recomendações para melhoria da gestão de resíduos nos canteiros analisados na pesquisa

Recomendações	Construtoras	
	A	B
1 - Ampliar e melhorar o treinamento sobre coleta seletiva de RCC	x	x
2 - Fiscalizar no canteiro de obras a coleta seletiva de RCC	x	x
3 - Adotar práticas de logística no canteiro de obras	x	x
4 - Ampliar a reutilização de RCC como material de construção	x	x
5 - Proteger as caçambas com lonas para evitar a emissão de material particulado		x
6 - Utilizar a demolição seletiva, quando possível no canteiro		x
7 - Pesquisar e implantar uma certificação de desempenho ambiental das edificações, como diferencial em relação às outras construtoras.		x
8 - Contratar um profissional da área ambiental para gerir, apenas, com o gerenciamento de RCC	x	x
9 - Conscientizar os funcionários sobre a importância da redução de RCC nos canteiros	x	x
10 - Promover treinamentos para os funcionários em relação à triagem	x	x
11 - Acondicionar os resíduos em locais cobertos e longe da umidade	x	x
12 - Sinalizar resíduos segundo a resolução CONAMA nº 307 e nº 275	x	x
13 - Realizar treinamentos sobre o reaproveitamento de RCC na obra	x	x
14 - Planejar a disposição de recipientes (próximos ao local de geração), conforme o fluxo de resíduos		x
15 - Destinar para aterro apenas os resíduos impossíveis de reciclagem e reaproveitamento	x	x
16 - Treinar a mão de obra para evitar desperdício de materiais	x	x
17 - Construir e utilizar o lava rodas	x	x
18 - Inserir no gerenciamento da obra os requisitos das certificações ambientais sobre RCC	x	x
19 - Criar benefícios dentro da empresa que incentivem os funcionários a praticarem o gerenciamento de RCC de maneira correta	x	x

20 - Utilizar materiais com conteúdo reciclado	**x**	**x**
21 - Usar madeira certificada, ou seja, madeira de reflorestamento	**x**	**x**
22 - Utilizar materiais com conteúdo reciclado	**x**	**x**
23 - Usar madeira certificada ou madeira de reflorestamento	**x**	**x**

Fonte: Arquivo pessoal

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse atual cenário, de forte crise econômica e degradação do meio ambiente, o desenvolvimento sustentável é muito importante, pois dessa forma a sociedade pode ajudar a combater esse problema, com vistas à melhoria na qualidade de vida atual e das futuras gerações.

A geração de resíduos em excesso relaciona-se a falta de treinamento da equipe, uma vez que se origina de erros ocorridos em diversas etapas da construção durante a execução da edificação. Além disso, pelo armazenamento inadequado dos materiais, pela falta de planejamento e gerenciamento dos RCC, dentre outros fatores.

A Resolução Nº 307 foi criada para classificar os tipos de resíduos existentes e indicação de destinação correta para cada tipo. Apesar disso, muitas construtoras ainda não promovem a coleta seletiva de acordo com essa resolução dentro dos canteiros de obras.

Nas visitas realizadas em dois canteiros de obras de construtoras diferentes, observou-se que ambas possuem o gerenciamento de RCC, porém, o mesmo não é feito da maneira adequada. Falta ainda uma fiscalização junto aos funcionários para realizarem a segregação dos resíduos corretamente, pois desse modo, possibilitará seu reaproveitamento e, consequentes, redução da quantidade destinada aos aterros sanitários.

Por fim, conclui-se que ainda falta conscientização por parte das construtoras em relação à sustentabilidade no canteiro de obras, principalmente no que diz respeito aos RCC. Diante desse cenário de crise econômica e ambiental, é de extrema importância à utilização de novos hábitos sustentáveis pelas empresas de construção, além, da maior fiscalização do governo junto às construtoras.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V.M. **Práticas recomendadas para gestão mais sustentável de canteiros de obras.** Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ARAÚJO, V.M.; CARDOSO, F. F. **Diretrizes para gestão ambiental em canteiros de obras**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 5, 2007, Campinas. Anais... Campinas: ANTAC, UNICAMP, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre. cfm?codlegi=307 >. Acesso em: 20 maio 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 348, de 16 de agosto de 2004**. 2011. Incluiu o amianto na classe de resíduos perigosos na Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http:// www. mma.gov.br/port/ conama /legiabre. cfm?codlegi=649>. Acesso em: 20 maio. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. 2011**. Altera o art. 3º da Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, estabelecendo nova classificação para o gesso. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/ port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649 >. Acesso em: 20 maio. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 448, de 19 de janeiro de 2012**. Altera os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º e revoga os artigos 7º, 12º, 13º da Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www. mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>. Acesso em: 20 julho. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 469, de 30 de julho de 2015**. Altera o artigo 3ºda Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, incluindo embalagens vazias de tintas imobiliárias na classe B Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714>. Acesso em: 20 ago 2015.

COUTINHO, S.M; CALMON, J.L. – Avaliação de sustentabilidade em canteiros de obras. **Revista Científica Esfera Acadêmica** – Volume 5, número 2, ano 2014. Vitória.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnósticos dos resíduos sólidos**. Brasília, 2012. Disponível em <http://www.ipea. gov.br/agencia/images/stories/PDFs/ relatoriopesquisa/ 120911_relatório_ construcao_civil.pdf>. Acesso em: 4 de Maio 2015.

JOHN, V.M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.

KEELLER M.; BURKE B. **Fundamentos de Projetos de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010. 362 p.

LIMA, R.S.; LIMA, R.R.R. **Guia para elaboração de projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. 2010. Séries de Publicações Temáticas do CREA-PR.

NAGALLI A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 176 p.

REMBISKI, F. D. **Análise multimétodo de percepções de agentes intervenientes na pesquisa e no gerenciamento de agregados reciclados de resíduos da construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

VENTURINI, J. Planejamento: Classificação de resíduos. PINI. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcaoereforma /37/ artigo220705-1.aspx>. Acesso em 25 maio 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CUSTOS ATUAIS DA IMPLANTAÇÃO DO PCMAT EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES VERTICAIS[1]

SILVA, Meryhelen Rosas da (1); MEDEIROS, Mirela Oliveira (2); SOUZA, Gabriella Cavalcante de (3); ARAÚJO, Nelma Mirian Chagas de (4)

(1) IFPB-*Campus* João Pessoa, e-mail: meryhelenrosas@hotmail.com ; (2) IFPB-*Campus* João Pessoa, e-mail: mirela.jpa@gmail.com; (3) IFPB-*Campus* João Pessoa, e-mail: gabriella.cavalcante@hotmail.com; (4) IFPB-*Campus* João Pessoa, e-mail: nelmamca@gmail.com

RESUMO

Uma das disposições que compõem a NR 18 é o PCMAT – Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (disposição 18.3), que torna obrigatórios a elaboração e o cumprimento desse programa nos estabelecimentos (canteiros de obras) com vinte trabalhadores ou mais. Muitas empresas construtoras afirmam que não implementam o PCMAT em suas obras porque essa ação aumenta consideravelmente os custos destas. Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa de iniciação científica, classificada como exploratória e descritiva, relativa aos custos da implantação do PCMAT em obras de edificações verticais. O universo da pesquisa foi composto pelas empresas construtoras de edificações verticais cadastradas junto ao Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa (SINDUSCON-JP), enquanto que a amostra foi composta por dezesseis empresas construtoras que aceitaram participar da pesquisa e que possuíam, no momento da pesquisa, canteiros de obras na grande João Pessoa. Como ferramenta de coleta de dados, foram utilizadas a Planilha Orçamentária e as Composições de Preço Unitário elaboradas por Araújo (1998). Além da elaboração de um novo orçamento, foram realizadas comparações entre os valores encontrados por Araújo (1998), os quais foram reajustados para a data-base do novo orçamento (set/2015), os valores resultantes da utilização dos preços de insumos contidos na base de dados do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), relativos a set/2015, e os valores resultantes dos preços de insumos coletados pelas empresas construtoras, através de cotação de preços em set/2015. Os resultados revelam que o valor dos custos encontrados por Araújo (1998), devidamente reajustados pelo INCC (Índice Nacional de Custo da Construção), estão abaixo dos encontrados atualmente, tomando como base o SINAPI e a cotação de preços realizada pelas empresas pesquisadas, sendo o valor mais elevado o do SINAPI. Constata-se, ainda, que o custo para a implantação do PCMAT é da ordem de R$ 19,72/m2 (1,79% do custo total da obra), valor este muito próximo do encontrado por Araújo (1998), devidamente reajustado para set/2015.

Palavras-chave*:* Construção civil. PCMAT. Custos.

ABSTRACT

Environment in the Construction Industry (provision 18.3), which makes mandatory the

1 SILVA, Meryhelen Rosas da; MEDEIROS, Mirela Oliveira; SOUZA, Gabriella Cavalcante de; ARAÚJO, Nelma Mirian Chagas de. Custos atuais da implantação do PCMAT em obras de edificações verticais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

development and implementation of that program in the establishments (construction sites) with twenty employees or more. Many construction companies say they do not implement the PCMAT in his works because this action greatly increases the costs of these. This article presents the results of a scientific initiation research, classified as exploratory and descriptive on the costs of implementation of PCMAT in works of vertical buildings. The research universe was composed of vertical buildings construction companies registered with the Construction Industry Union of João Pessoa (SINDUSCON-JP), while the sample was composed of sixteen construction companies that agreed to participate and who had, in time of the survey, construction sites in the great Joao Pessoa. As data collection tool were used to Budget Worksheet and Unit Price compositions prepared by Araújo (1998). In addition to the development of a new budget, comparisons were made between the values found by Araújo (1998), which were adjusted to the base date of the new budget (sep/2015), the values resulting from the use of input prices contained in SINAPI database (National costs Survey and Indexes of Construction System) related to Sep/2015 and the resulting values of input prices collected by construction companies, through price quotation in Sep/2015. The results show that the value of the cost found by Araújo (1998), duly adjusted by the INCC (National Index of Construction Cost), are below those currently found, based on the SINAPI and price quote made by the companies surveyed, and the highest the SINAPI. It appears also that the cost for the implementation of PCMAT is of R $ 19,72 / m² (1.79% of the total cost of the project), a value very close to the one found by Araújo (1998), duly readjusted to Sep/2015.

***Keywords**: Building Construction. PCMAT. Costs.*

1 INTRODUÇÃO

As condições de segurança e saúde no trabalho são muito diferentes entre os países, setores econômicos e grupos sociais. Segundo o Programa Nacional de Prevenção de Acidentes de Trabalho (TST, 2016), todos os dias 6.300 pessoas morrem, no mundo, em consequência de acidentes de trabalho ou doenças relacionadas ao trabalho - mais de 2,3 milhões de mortes por ano, sendo que mais de 337 milhões de acidentes ocorrem no local de trabalho.

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) afirma que a cada 15 segundos um trabalhador morre em razão de acidente ou doença do trabalho, a cada 15 segundos, 160 trabalhadores são vítimas de acidentes relacionados ao trabalho (TST, 2016).

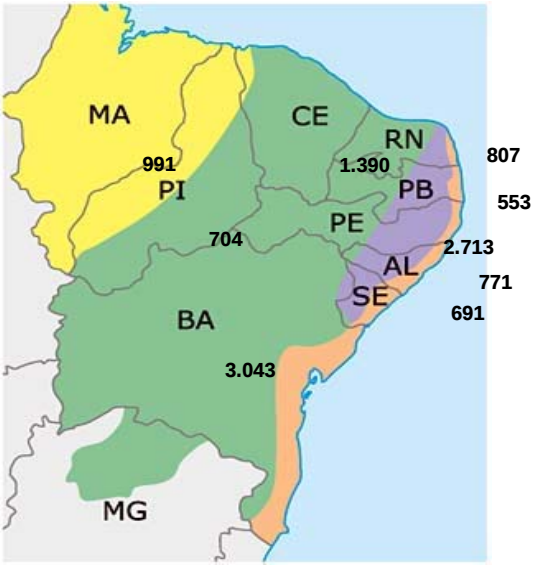
No Brasil, as estatísticas dos acidentes de trabalho também representam uma grande preocupação há anos. Com o intuito de minimizar as altas taxas de acidentes, doenças e mortalidade no país, o Ministério do Trabalho (MTb), em 1978, criou as Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho (NRs) com vigência em todo o território federal. Todas as empresas brasileiras regidas pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) devem cumprir as disposições contidas nas NRs e, inclusive, observar periodicamente as revisões dessas normas, as quais são realizadas pelo Ministério do Trabalho (atual denominação do ministério, que até pouco tempo era denominado de Ministério do Trabalho e Previdência Social e anteriormente Ministério do Trabalho e Emprego).

A indústria da construção civil (ICC) é caracterizada por ser um setor de grande empregabilidade, apresentando também altos índices de acidades

de trabalho. Araújo (2008) afirma que nessa indústria existe uma multiplicidade de fatores que predispõem o trabalhador aos riscos de acidentes, tais como instalações provisórias inadequadas, jornadas de trabalho prolongadas, serviço noturno, a falta de uso ou uso de maneira incorreta do equipamento de proteção individual (EPI) e a falta do equipamento de proteção coletiva (EPC).

A Figura 1 apresenta dados fornecidos pelos Ministérios do Trabalho e Emprego (MTE) e da Previdência Social (MPS) e divulgados no Anuário Brasileiro de Proteção (ANUÁRIO, 2013), relativos aos acidentes de trabalho registrados em 2012 na Indústria da Construção nordestina.

Figura 1 – Mapa de acidentes de trabalho na Indústria da Construção, registrados em 2012 na região Nordeste



Fonte: MTE/RAIS, MPS/AEAT (Adaptado de ANUÁRIO, 2013)
Nota: Dados preliminares, sujeitos a alterações

Através dos dados constantes na Figura 1, constata-se que o Nordeste registrou, em 2012, 11.663 acidentes de trabalho na Indústria da Construção, sendo a Paraíba (PB) responsável por 4,74% do total de acidentes registrados.

As NRs apresentam um conjunto de procedimentos e requisitos que tratam sobre à segurança e medicina do trabalho. Ao todo, existem atualmente 36 NRs, dentre elas, a NR 18, que é voltada especificamente para o setor da construção. Essa norma, desde a sua criação em 1978, vem sendo revisada/atualizada. Em 1995 ocorreu a sua maior revisão/atualização, com a introdução do PCMAT – Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (disposição 18.3). A inclusão desse programa visa formalizar as medidas de segurança que devem ser obrigatoriamente implantadas nos canteiros de obras com vinte ou mais trabalhadores (empregados e terceirizados). Entretanto, em João Pessoa-PB, essa obrigatoriedade abrange todos os canteiros de obras,

independentemente do número de trabalhadores que possuam.

Segundo a NR 18, o PCMAT deve ser elaborado por profissional legalmente habilitado na área de segurança e saúde no trabalho e deve atender, ainda, as disposições presentes na NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Além das disposições contidas na NR 9, a NR 18 estabelece o que deve integrar o PCMAT, a saber:

- Memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho nas atividades e operações, levando-se em consideração riscos de acidentes e de doenças do trabalho e suas respectivas medidas preventivas;
- Projeto de execução das proteções coletivas em conformidade com as etapas de execução da obra;
- Especificação técnica das proteções coletivas e individuais a serem utilizadas;
- Cronograma de implantação das medidas preventivas definidas no PCMAT em conformidade com as etapas de execução da obra;
- *Layout* inicial e atualizado do canteiro de obras e/ou frente de trabalho, contemplando, inclusive, previsão de dimensionamento das áreas de vivência;
- Programa educativo contemplando a temática de prevenção de acidentes e doenças do trabalho, com sua carga horária.

Apesar das empresas construtoras possuírem o programa para os seus canteiros, pois o responsável pela obra se obriga a apresentar o referido programa à fiscalização do Ministério do Trabalho e Previdência Social, sempre que solicitado pelos auditores fiscais do trabalho, muitas afirmam que não implementam o PCMAT em suas obras porque essa ação aumenta consideravelmente os custos do empreendimento (obra).

Araújo (1996) afirma que as empresas construtoras na cidade se João Pessoa desconheciam, na época do seu estudo, os custos oriundos da implantação de programas de segurança, embora alegassem que esses programas encareciam os empreendimentos. Em 1998, Araújo (1998) apresentou os resultados de um novo estudo, onde afirma que os custos de implantação do PCMAT são da ordem de 1,49% do custo total de uma obra.

No intuito de constatar o baixo custo da implantação do PCMAT nos canteiros de obras da cidade de João Pessoa, passados quase vinte anos das pesquisas iniciais realizadas por Araújo(1998), foi realizada uma nova pesquisa, na modalidade de iniciação científica. Este artigo apresenta parte dos resultados encontrados em uma pesquisa que buscou, como objetivo maior, quantificar os custos relativos à implantação do PCMAT nos canteiros de obras de edificações verticais com mais de quatro pavimentos. Os resultados encontrados reafirmam que a implantação do PCMAT não é tão onerosa quanto pensam muitos empresários, bem como ressaltam a importância do programa na prevenção dos riscos ambientais e na qualidade/segurança do ambiente de trabalho dos canteiros de obras.

2 METODOLOGIA

2.1 Classificação

Considerando o critério de classificação de pesquisa proposto por Vergara (2009), a pesquisa que deu origem a este artigo classifica-se como exploratória e descritiva, quanto aos fins, e de campo, bibliográfica e participante, quanto aos meios de investigação.

2.2 Universo e Amostra

Como universo de pesquisa, foram consideradas as empresas construtoras cadastradas junto ao Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa (Sinduscon-JP), que atualmente totalizam 187 empresas.

Já a amostra, foi composta por cinco empresas construtoras que aceitaram participar da pesquisa e que possuíam canteiros de obras em atividade, na grande João Pessoa, no momento da pesquisa.

A participação das empresas se limitou a levantarem os custos dos insumos para a elaboração do orçamento de implantação do PCMAT, utilizando as CPUs e a Planilha Orçamentária desenvolvida por Araújo (1998).

Essa limitação se deve ao fato de que possuíam gestões distintas e PCMATs não implantados, ou seja, existiam apenas no papel, e ao objetivo da pesquisa se limitar, naquele momento, à uma comparação de custos.

2.3 Ferramentas Metodológicas

Como ferramentas de coleta de dados, foram utilizadas a planilha orçamentária e as composições de preço unitário elaboradas por Araújo (1998), as quais permanecem adequadas para a implantação do PCMAT nos dias atuais. As Figuras 2, 3 e 4 apresentam três CPUs elaboradas por Araújo (1998), de um total de 23.

Figura 2 – CPU Confecção e montagem de guarda-corpo perímetro de pavimento

Serviço: Confecção e montagem de guarda-corpo perímetro de pavimento				**Unidade:** m
INSUMOS	**UNIDADE**	**QUANTIDADE**	**P. UNITÁRIO (R$)**	**P. TOTAL (R$)**
Barrote de madeira 3" x 3"	m	2,717		
Sarrafo de madeira com 7 cm (1" x 3")	m	2,040		
Tábua de madeira com 20 cm (1" x 8")	m	1,050		
Prego	kg	0,100		
Carpinteiro	h	0,589		
Ajudante	h	0,589		
Leis Sociais	%	120,000		
			Total de Materiais (R$)	
			Total de Mão de Obra (R$)	
			Custo Unitário Total (R$)	

Fonte: Araújo (1998)

Figura 3 – CPU Confecção e montagem de conjunto guarda-corpo para andaimes suspensos mecânicos

Serviço: Confecção e montagem de conjunto guarda-corpo para andaimes suspensos mecânicos				**Unidade:** m
INSUMOS	**UNIDADE**	**QUANTIDADE**	**P. UNITÁRIO (R$)**	**P. TOTAL (R$)**
Barrote de madeira 3" x 3"	m	1,050		
Sarrafo de madeira com 7 cm (1" x 3")	m	2,100		
Tábua de madeira com 20 cm (1" x 8")	m	1,050		
Prego	kg	0,200		
Tela de nylon	m²	1,500		
Carpinteiro	h	1,500		
Ajudante	h	1,500		
Leis Sociais	%	120,000		
			Total de Materiais (R$)	
			Total de Mão de Obra (R$)	
			Custo Unitário Total (R$)	

Fonte: Araújo (1998)

Figura 4 – CPU Placas de sinalização

Serviço: Colocação de placas de sinalização				**Unidade:** un
INSUMOS	**UNIDADE**	**QUANTIDADE**	**P. UNITÁRIO (R$)**	**P. TOTAL (R$)**
Placas de sinalização (60 x 15 cm)	un	1,000		
Prego	kg	0,010		
Ajudante	h	0,167		
Leis Sociais	%	120,000		
			Total de Materiais (R$)	
			Total de Mão de Obra (R$)	
			Custo Unitário Total (R$)	

Fonte: Araújo (1998)

Além da elaboração de um novo orçamento relativo à implantação do PCMAT, também foram realizadas comparações entre os valores encontrados por Araújo (1998), os quais foram reajustados para a data-base do novo orçamento (set/2015), os valores resultantes da utilização dos preços de insumos contidos na base de dados do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), relativos a set/2015, e os valores resultantes dos preços de insumos coletados pelas empresas construtoras, através de cotação de preços em set/2015.

Ressalta-se que no cálculo do valor total da obra, atualizado para set/2015, tomou-se como referência a área da obra do estudo de Araújo (1998), que é de 6.175 m², e o valor do CUB (Custo Unitário de Construção) Desonerado para residências multifamiliares de padrão alto (R-16), o qual é fornecido mensalmente pelo Sinduscon-JP, que foi de R$ 1.099,77/m².

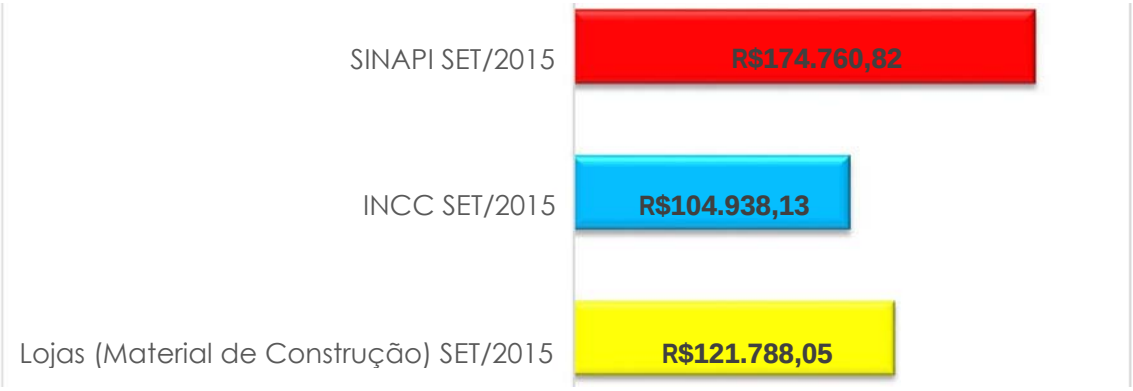
2.4 Tratamento dos Dados

Através da planilha orçamentária, foram obtidos e analisados os dados relativos ao levantamento dos custos atuais da implantação do PCMAT em obras de edificações verticais. A planilha orçamentária teve como objetivo identificar, quantificar e mensurar, monetariamente, as atividades e insumos que compõem os custos da implantação do PCMAT. Com esses dados, foram elaboradas três planilhas: a primeira, referente à cotação com preços obtidos em empresas especializadas na venda de material de construção, com data base em set/2015, pelas empresas pesquisadas; a segunda, com os preços dos insumos obtidos no SINAPI, tendo como mês de referência set/2015; e a terceira, com os preços obtidos na pesquisa de Araújo (1998), que têm como data base mar/1998, reajustados pelo INCC (Índice Nacional de Custo da Construção) para set/2015.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos através dos levantamentos e cotações realizadas para determinar os custos atuais da implantação do PCMAT em obras de edificações verticais revelam que os custos encontrados por Araújo (1998), reajustados pelo INCC para set/2015, totalizam R$ 104.938,13, que resulta em R$ 16,99/m^2, valor esse abaixo dos valores encontrados em setembro/2015, tomando como fonte de insumos a base de dados do SINAPI (R$ 174.760,82 – R$ 28,30/m^2) e a cotação de preços realizada em empresas especializadas na venda de materiais de construção (R$ 121.788,05 – R$ 19,72/m^2), como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Comparativo dos custos totais de implantação do PCMAT (R$)



Fonte: Dados de pesquisa (2015)

O valor mais elevado é o do SINAPI (R$ 174.760,82 – R$ 28,30/m^2), que se deve, provavelmente devido à base do referido sistema não ser oriunda da região da pesquisa (João Pessoa-PB), diferentemente dos custos obtidos em empresas especializadas na venda de materiais de construção, que estão localizadas na cidade onde foi realizada a pesquisa em tela. Outro fator que pode ter influenciado nos resultados é a instabilidade econômica pela qual tem passado a economia brasileira nos últimos tempos.

Assim, os valores dos custos encontrados através das pesquisas em

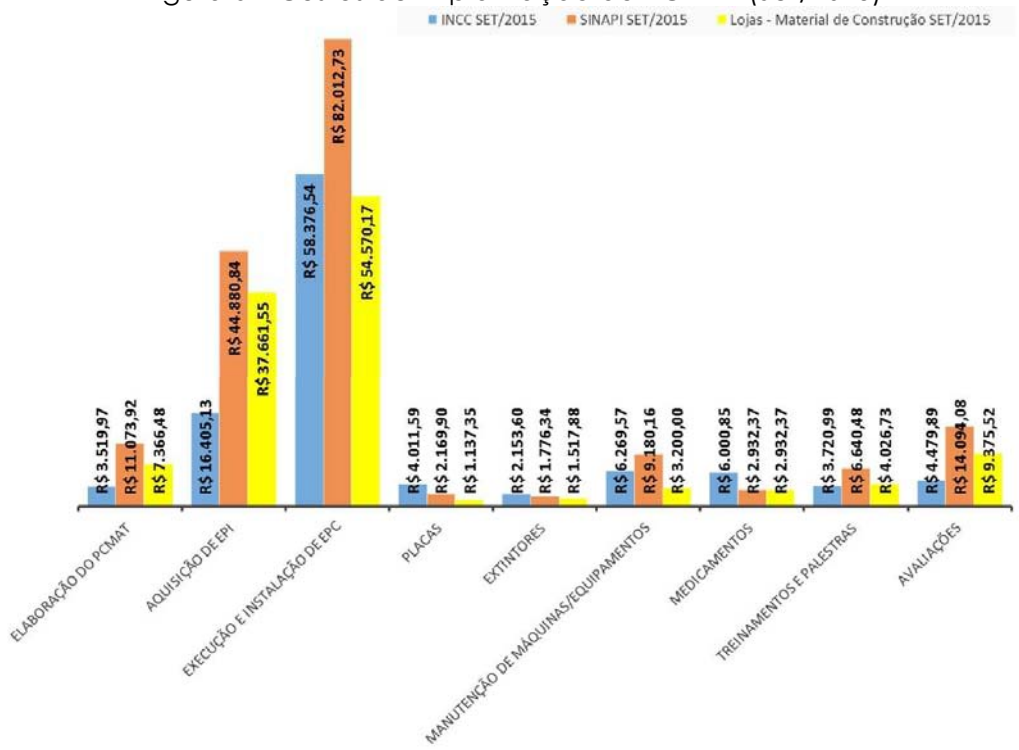
empresas especializadas na venda de materiais de construção representam de forma mais apropriada os custos relativos à implantação do PCMAT, em obras de edificações verticais.

Destaca-se que os custos encontrados por Araújo (1998) há dezessete anos atrás, comparados com os da pesquisa em questão, possuem valores muito próximos aos valores oriundos das pesquisas em empresas especializadas na venda materiais de construção, quando reajustados (R$ 16,99/m^2 e R$ 19,72/m^2, respectivamente).

Os custos da implantação do PCMAT em obras de edificações verticais, do tipo residencial e com mais de quatro pavimentos, consoante Araújo (1998), decompõem-se nos seguintes custos: implantação do programa (elaboração do PCMAT; aquisição de EPI; execução e instalação de EPC; aquisição e instalação de placas de identificação e de sinalização; aquisição de medicamentos; e aquisição de extintores); manutenção do programa (manutenção de máquinas e equipamentos; treinamentos; palestras; reposição de medicamentos; recarga de extintores); e avaliação do programa (mensal e trimestral).

Através da Figura 3 é possível comparar os custos obtidos por Araújo (1998), reajustados através do INCC para set/2015, em relação aos custos obtidos através dos insumos do banco de dados do SINAPI, referência set/2015, e os custos relativos às pesquisas de mercado em empresas especializadas na venda de materiais de construção, efetuadas pelas empresas pesquisadas em set/2015.

Figura 6 – Custos de implantação do PCMAT (Set/2015)



Fonte: Dados de pesquisa (2015)

Confrontando os custos encontrados por Araújo (1998), reajustados através do INCC para set/2015 (R$ 104.938,13), com os dados obtidos através da cotação em empresas especializadas na venda de materiais de construção (R$ 121.788,05), observa-se uma diferença de 16,06% do total geral dos custos de implantação do PCMAT.

Em relação aos custos obtidos com os insumos do banco de dados do SINAPI (R$ 174.760,82), relativos a set/2015, observa-se uma variação de 66,54% em relação aos custos encontrados por Araújo (R$ 104.938,13).

O Quadro 1 apresenta os percentuais dos custos que compõem os custos da implantação do PCMAT, adotando como referencial os valores encontrados por Araújo (1998), devidamente reajustados pelo INCC para set/2015.

Quadro 1 – Representatividade dos custos de implantação do PCMAT (Setembro/2015), em percentuais

Planilhas	Custos de implantação do PCMAT								
	Execução e instalação de EPC	Aquisição de EPI	Avaliações	Elaboração do PCMAT	Medicamen-tos	Treinamentos e palestras	Manutenção de máquinas e equipamen-tos	Extintores	Placas
Lojas Mat. Construção	44,81	30,92	7,70	6,05	2,41	3,31	2,63	1,25	0,93
SINAPI	46,93	25,68	8,06	6,34	1,68	3,80	5,25	1,02	1,24
Araújo (1998) reaj. INCC	55,63	15,63	4,27	3,35	5,72	3,55	5,97	2,05	3,82

Fonte: Dados de pesquisa (2015)

Constata-se que a maior variação de percentual entre os custos se ocorreu nos seguintes custos:

- **Aquisição de EPI:** esse custo representa 15,63% na planilha elaborada por Araújo (1998), 30,92% na planilha com os valores obtidos através de cotações em lojas especializadas na venda de materiais de construção e 25,68% na planilha construída com os dados oriundos da base de dados do SINAPI. Percebe-se que houve um aumento nos percentuais das planilhas com os valores obtidos através de cotações em lojas especializadas na venda de materiais de construção e da base de dados do SINAPI (97,82% e 64,30%, respectivamente);
- **Execução e Instalação de EPC:** esse custo representa 55,63% na planilha elaborada por Araújo (1998), 44,81% na planilha com os valores obtidos através de cotações em lojas especializadas na venda de materiais de construção e 25,68% na planilha construída com os dados oriundos da base de dados do SINAPI. Há uma diminuição de percentual considerável entre os valores obtidos por Araújo (1998) e os obtidos através de cotações em lojas especializadas na venda de materiais de construção e através da base de dados do SINAPI (19,45% e 15,64%, respectivamente);
- **Avaliações:** esse custo representa 4,27% na planilha elaborada por Araújo (1998), 7,70% na planilha com os valores obtidos através de cotações em lojas especializadas na venda de materiais de construção

e 8,06% na planilha construída com os dados oriundos da base de dados do SINAPI. Evidencia-se nesse custo também um aumento considerável de percentual entre os valores obtidos por Araújo (1998) e os obtidos através de cotações em lojas especializadas na venda de materiais de construção e através da base de dados do SINAPI (80,33% e 88,76%, respectivamente);

4 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados comprovam que as empresas construtoras estão equivocadas quando afirmam que não implementam o PCMAT em suas obras porque essa ação aumenta consideravelmente os custos dos seus respectivos empreendimentos (obras).

Apesar de um pequeno aumento nos custos da implantação do PCMAT em obras de edificações verticais, tomando como referencial o percentual encontrado por Araújo (1998), que foi de 1,49% do custo total de construção, o percentual encontrado nesta pesquisa foi de 1,79% (R$ 121.788,05, para um custo total de construção = R$ 6.791.079,75, tomando-se como base a mesma área de construção utilizada por ARAÚJO, 1998, que foi de 6.175 m²). Esse valor corresponde a R$ 19,72/m².

O custo que possui a maior representatividade nos custos para implantação do PCMAT, em termos percentuais, é o de "Execução e Instalação de EPC", seguido de perto pelo custo "Aquisição de EPI".

Enquanto no estudo de Araújo (1998) apenas um custo (Execução e Instalação de EPC) correspondia a mais de 50% dos custos (55,63%), nas planilhas elaboradas com os insumos do banco de dados do SINAPI e com os valores obtidos através de cotações em lojas especializadas na venda de materiais de construção, nenhum custo é representa 50% do custo total de implantação.

Os resultados apontam que o custo para implantação do PCMAT encontrado nessa pesquisa é muito próximo do obtido por Araújo (1998), resultando em uma diferença percentual de 0,50%, e que apesar das características distintas de cada empreendimento (obra), o valor encontrado pode ser utilizado como referencial no cálculo de viabilidade econômica de um empreendimento do tipo residencial multifamiliar padrão alto.

Por fim, deve-se enfatizar que as vantagens decorrentes da elaboração/implementação do PCMAT, resulta em, além da garantia da melhoria do ambiente de trabalho, trabalhadores mais motivados (pelo sentimento de segurança gerado), e mais produtivos. Assim, os custos oriundos da implantação do PCMAT devem ser, na realidade, definidos como investimento (despesa com retorno) e não como um custo negativo (despesa sem retorno).

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao IFPB (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba) – Campus João Pessoa pelas bolsas de pesquisa concedidas.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO. **Anuário Brasileiro de Proteção 2013**. Novo Hamburgo: Revista Proteção, 2013.

ARAÚJO, N. M. C. **Custos da implantação do PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) em obras de edificações verticais – um estudo de caso**. 1998. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1998.

ARAÚJO, N. M. C. **Custos da implantação do PCMAT na ponta do lápis**. 2. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 2008.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080814295F16D0142ED4E86CE4DCB/NR-18%20(atualizada%202013)%20(sem%2024%20meses).pdf>. Acesso em: 23 jan. 2015

TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO. **Acidentes de trabalho no mundo**. Disponível em: <http://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/acidentes-de-trabalho-no-mundo>. Acesso em: 24 jun. 2016.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA GESTÃO DA PRODUTIVIDADE E RETROALIMENTAÇÃO ORÇAMENTÁRIA[1]

SOARES, George Nunes (1); BARROS NETO, José de Paula (2); ANDRADE, Artemária Coelho de (3)

(1) UFC, e-mail: georgesoaresthe@gmail.com; (2) UFC, e-mail: barrosneto@gercon.ufc.br; (3) UESPI, e-mail: artemaria.andrade@gmail.com

RESUMO

A mensuração do índice de produtividade nas empresas cearenses é aplicada apenas por gestores com apreciação ao tema ou durante implementação de novos métodos executivos. Este artigo objetiva a proposição de um modelo para gestão do índice de produtividade e retroalimentação orçamentária a partir dos dados contidos nas medições dos serviços. O estudo foi desenvolvido por uma dissertação de mestrado, pertencente ao GERCON, em parceria com a Coopercon-CE através do INOVACON. A pesquisa possui duas etapas, sendo a primeira com a geração das RUP´s cumulativas médias em cada serviço, e a segunda com a retroalimentação dos índices de produtividade orçados com os índices reais de obra, obtidos na primeira etapa. Nos resultados, observou-se desvios da produtividade real (medida em obra) superior a orçada na ordem de 110% e 27% para o serviço de alvenaria de bloco cerâmico e de 25% no serviço de bloco de gesso. Os desvios encontrados nesses serviços evidenciam o uso de índices de produtividade orçados em um nível alto de eficiência, que as equipes de execução não os conseguem cumprir. Assim, com o modelo proposto, gera-se índices de produtividade de modo frequente e facilitado, o que proporciona o desenvolvimento orçamentário e do controle da produção.

Palavras-chave: Modelo. Gestão. Retroalimentação orçamentária. Produtividade

ABSTRACT

The measurement of productivity indices in Ceará`s companies is applied only by managers with discretion regarding the subject or during the implementation of new businesses methods. The purpose of this article is to propose a model to menagement the productivity index and budget feedback from the services' measurement data. The study was developed in a dissertation belonging to GERCON, in partnership with Coopercon-CE through the INOVACON. The research has two stages: The first one is the generation of the average productivity indices in each service while the second one is the feedback of budget productivity indices with these results. As a result, it was observed deviations of actual productivity around over 110% when compared to the budgeted one, 27% for ceramic block masonry service and 25% for plaster block services. The deviations found corroborate the use of budgeted productivity indices in a high level of efficiency, which cannot be accomplished by the execution teams. Therefore, through the model it is possible to obtain productivity indices in a facilitated and frequently manner, which provides the development of budget and management actions regarding the production.

---

[1] Soares, G. N.; Barros Neto, J. de P.; Andrade, A. C. de. Proposição de um modelo para gestão da produtividade e retroalimentação orçamentária. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Model. Management. Budget feedback. Productivity.*

1 INTRODUÇÃO

O crescimento econômico de um país pode ser mensurado, dentre outros fatores, pela produtividade de suas indústrias, tendo em vista que a elevada produtividade é traduzida em bons salários, lucros, boas receitas fiscais, produtos com menor preço e com qualidade, bons serviços para os clientes e de forma geral benefício para a sociedade (VOGL; ABDEL-WAHAB, 2015).

Além da importância para um país, o indicador de produtividade é um fator chave, que as empresas deveriam medir, para alcançarem sua permanência no mercado. De fato, a produtividade é um processo gerador de vantagem competitiva (HWANG; SOH, 2013). Entretanto, a quantificação do trabalho, para a obtenção do indicador de produtividade durante a etapa de construção é uma das mais difíceis e controversas áreas da construção civil (ZHAO; DUNGAN, 2014).

O objetivo deste artigo é a proposição de um modelo para gestão dos índices de produtividade e, com esses, retroalimentar os índices de orçamento, através dos dados contidos nas planilhas de medições das empresas.

2 MENSURAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E O PROCESSO DE RETROALIMENTAÇÃO

De acordo com Machado (2013), a retroalimentação é o processo de comunicação que reage a cada informação de entrada e incorpora o resultado da "ação resposta" desencadeada por meio de uma nova informação, a qual afeta o comportamento subsequente, e assim sucessivamente em um processo cíclico.

Para Machado (2013) o processo de retroalimentação corrobora com as principais razões para aplicação de um processo de medição de desempenho. Segundo Pinto *et al.* (2012) essas principais razões para aplicação do sistema de desempenho são: assegurar o atendimento ao requisito dos clientes, capacidade de estabelecer objetivos e respeita-los, prover padrões para comparação, promover a visibilidade para o monitoramento, destacar os problemas e identificar as áreas prioritárias e promover a retroalimentação para a melhoria dos esforços aplicados.

A medição de desempenho é um a importante ferramenta para direcionar as ações estratégicas. A mensuração dos dados de produtividade pode ser usado como informação para o processo de tomada de decisão (NEELY, 1998 apud PINTO *et al.*, 2012).

Para Souza (2006), o processo de mensuração tem que avaliar a eficiência na transformação de entradas em saídas que cumpram os objetivos previstos para tal processo. De acordo com Han, Lee e Peña-Mora (2012) e Thomas e Yiakoumis (1987), existem diversos fatores que afetam a produtividade. Logo, os autores introduziram um modelo considerando estes

fatores, no qual faz-se a mensuração e previsão da produtividade de forma matemática considerando estatisticamente esses impactos.

No Brasil, esse é o modelo mais difundido em pesquisas, o qual foi introduzido no cenário nacional por Souza (2000). Na sua aplicação, a produtividade é denominada de RUP (Razão Unitária de Produção), sendo essa uma proporção de entradas sobre saídas. O autor considera essa relação de entradas/saídas como sendo homem-hora pela quantidade de serviço executado, mostrada na Equação 1.

$$Rup = \frac{Entradas}{Saídas} = \frac{Homem{-}hora}{Quantidade\ de\ serviço\ (m^2, m^3 \ldots)} \quad (1)$$

Fonte: Souza (2000)

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada pelo Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento da Construção Civil (GERCON)e financiado pelo programa de Inovação Tecnológica da Indústria da Construção Civil do Estado do Ceará (INOVACON), pertencente a COOPERCON-CE. Teve-se a participação de 15 empresas no processo, e dessas, 2 foram utilizadas para a descrição e aplicação prática do modelo proposto neste artigo. Neste trabalho aborda-se uma parte dos resultados obtidos na pesquisa e descreve o modelo de gestão da produtividade e retroalimentação orçamentária utilizados no estudo.

Para a formatação do processo, foram analisadas três planilhas de medições dos serviços, fornecidas por três empresas distintas. Dessas, avaliou-se os dados de entrada das planilhas e quais incrementos seriam necessários para a obtenção de um indicador de produtividade confiável.

Na análise das planilhas, identificou-se que essas continham os dados de entrada necessários a geração de um índice de produtividade, e que, o incremento da análise das faltas, que não existia nas planilhas, possibilitariam a geração de um índice confiável. Assim, Realizou-se um projeto piloto nas duas empresas, utilizadas neste artigo, e junto aos diretores técnicos dessas e das demais empresas, concluiu-se que os índices gerados pelo modelo eram reais e confiáveis. Após essa constatação, deu-se continuidade a pesquisa nas demais empresas.

O paradigma da pesquisa caracteriza-se como funcionalista e a sua natureza é quantitativa. Quanto ao tipo essa é descritiva. A estratégia de pesquisa utilizada é o *design science* e a coleta dos dados foi realizada com a ajuda das equipes técnicas de cada obra pesquisada, sendo esses engenheiros, técnicos e estagiários de engenharia civil.

4 DESCRIÇÃO DO MODELO

Na descrição do modelo serão apresentadas duas planilhas eletrônicas, a primeira para a mensuração dos índices de produtividade e a segunda a retroalimentação orçamentária. As planilhas foram formuladas de modo simples e quantificadas em duas, para melhor visualização do processo de funcionamento do modelo proposto.

A pesquisa foi dividida em duas etapas, sendo cada planilha pertencente a uma delas. A planilha da primeira etapa consiste na mensuração dos índices de produtividade do oficial, sendo essa, através das RUP´s cumulativas médias de cada pacote de execução, para redução dos impactos dos fatores diários que afetam a produtividade. A planilha da segunda etapa consiste no na retroalimentação, dos índices de orçamento, com os resultados da primeira etapa.

Para a melhor representação do processo, o modelo será descrito de forma teórica e em seguida aplicado de forma prática em duas empresas participantes da pesquisa.

4.1 Mensuração da Produtividade

A primeira etapa da pesquisa é a obtenção dos índices de produtividade. A Figura 1 representa a planilha de mensuração com suas colunas numeradas, para melhor descrição do seu processo de funcionamento.

Figura 1 Planilha de mensuração dos índices de produtividade

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5			Coluna 6		Coluna 7		Coluna 8	Coluna 9
Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais

Fonte: Os autores

No início da mensuração dos índices, identifica-se nas colunas 1, 2 e 3 o serviço a ser executado, a identificação da equipe de execução e a unidade na qual o serviço será medido, respectivamente.

Na coluna 4, informa-se o quantitativo executado pela equipe, em seguida, na coluna 5, identifica-se a duração da execução do pacote de serviço, com a entrada das datas de início e término; essa identificação pode gerar durações em horas ou dias, de acordo com o método de controle utilizado. Nas colunas 6 e 7 identifica-se a equipe direta e as faltas ocorridas no período de execução. As faltas têm influência importante na precisão do resultado e impactam na formação do homem-hora contido na coluna 8. A coluna 8 é o resultado da multiplicação da coluna 6 (número de homens) com a coluna 5 (duração da execução). Assim, com a união dessas informações e utilização da formula para o cálculo da RUP, gera-se a RUP cumulativa relativa aos oficiais que executaram o pacote de serviço, aplicado na coluna 9.

De acordo com a escolha do gestor, o modelo permite a mensuração do índice de produtividade da equipe direta, do oficial e do servente. Nesse

artigo, será mensurada a produtividade do oficial para a descrição do modelo.

4.2 Retroalimentação Orçamentária

A segunda etapa do modelo é a operacionalização da retroalimentação orçamentária com os índices gerados na primeira etapa da pesquisa.

A Figura 2 representa a planilha de retroalimentação, com suas colunas numeradas para melhor descrição do seu processo operacional. Os ciclos de medição estão representados na forma de meses, sendo esse, o intervalo de tempo normalmente utilizado pelas empresas de construção civil. A planilha apresenta o total de cinco ciclos ou meses, no entanto, essa quantidade é ilustrativa; pois a quantidade de ciclos dependerá do tipo de serviço e de obra a ser avaliada.

Figura 2 planilha de retroalimentação orçamentária

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10	Coluna 11	Coluna 12	Coluna 13	Coluna 14	Coluna 15
Serviço	Unid.	Produtividade Orçada	Mês 1	Δ 1	Mês 2	Δ 2	Mês 3	Δ 3	Mês 4	Δ 4	Mês 5	Δ 5	Produtividade Real Média	Δ Total

Fonte: Os autores

A operacionalização da planilha, tem início nas colunas 1 e 2 com a identificação do serviço a ser avaliado e a sua referida unidade para mensuração, respectivamente. A coluna 3 refere-se ao índice de produtividade previsto em orçamento, contido nas composições de custo dos serviços.

As colunas 4, 6, 8, 10 e 12 indicam o intervalo de tempo entre os ciclos de medição, neste caso, os meses. Nessas colunas são informadas as RUP´s cumulativas de cada serviço pertencente aos ciclos de medição.

As colunas 5, 7, 9, 11 e 13 indicam os desvios nos índices de produtividade. A coluna 5 mensura o desvio da produtividade real do primeiro mês de execução em relação a produtividade orçada; as colunas 7, 9, 11 e 13 mensuram o desvio da produtividade do mês atual em relação ao mês anterior. Esse processo gera informações para atualização dos índices previstos em orçamento e a análise do andamento da produção ao término de cada ciclo de medição dos serviços.

A coluna 14 mensura a RUP real cumulativa média de cada serviço em todos os ciclos de medição, nos quais ele venha a ocorrer. Na coluna 15 tem-se o desvio total da produtividade real cumulativa média, da coluna 14, comparada com a produtividade orçada, da coluna 3. Assim, ao término de cada serviço obtém-se a caracterização da produtividade dos operários da empresa, em cada serviço, e a avaliação do processo de orçamentação.

Após a descrição teórica do funcionamento do modelo será demonstrada a sua aplicação prática em duas empresas da construção civil da cidade de Fortaleza.

5 APLICAÇÃO DO MODELO

Na aplicação prática do modelo, foram escolhidas duas empresas participantes da pesquisa para a simulação do funcionamento do modelo. Os resultados obtidos foram apresentados aos engenheiros das empresas para suas avaliações dos dados gerados a viabilidade de implantação. Assim, escolheu-se as empresas B e M para essa simulação, por serem as empresas com maior participação no processo da pesquisa.

5.1 Empresa B

A obra pesquisada na empresa B continha um percentual de aproximadamente 50 % da sua execução concluída. Essa obteve investimentos para análise da sua produtividade, para isso foi contratado um profissional, exclusivamente, para cronometrar os tempos destinados a execução dos seus serviços. Nessa obra, foram avaliados os serviços de alvenaria de bloco cerâmico e alvenaria em bloco de gesso, descritos nos itens seguintes.

5.1.1 Mensuração da Produtividade

As equipes de execução de alvenaria em bloco cerâmico e bloco de gesso foram formadas, de modo que, cada uma seria responsável pela execução de um pacote, com quantitativo fixo, e dedicadas somente a execução desse serviço.

A Tabela 1 contém os serviços coletados no primeiro ciclo de medição, nesse período, os dois serviços pesquisados estavam em execução, sendo coletados 3 amostras das equipes de alvenaria de bloco cerâmico e duas de bloco de gesso.

Tabela 1 Planilha do 1º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (horas)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	3º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	08/04/2015	22/04/2015	142,00	2	1	0	0	**142,00**	**1,15**
Alvcer	3º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	08/04/2015	20/04/2015	135,70	2	1	0	0	**135,70**	**1,10**
Alvcer	4º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	14/04/2015	30/04/2015	197,13	2	1	0	0	**197,13**	**1,60**
Blocgess	2º Pav tipo	m²	94,59	08/04/2015	20/04/2015	42,48	1	1	0	0	**42,48**	**0,45**
Blocgess	3º Pav tipo	m²	94,59	08/04/2015	16/04/2015	44,61	1	1	0	0	**44,61**	**0,47**

Fonte: Os autores

As equipes de bloco cerâmico todas têm a composição de 2 pedreiros e 1 servente (2:1) e em bloco de gesso 1:1. A RUP cumulativa média do bloco cerâmico nessa medição foi de 1,28 Hh/m² e a RUP de bloco de gesso de 0,46 Hh/m².

A Tabela 2 contém a execução dos dois serviços, com 7 amostras de equipes de bloco cerâmico e 3 de bloco de gesso. A RUP cumulativa média observada nesse ciclo de medição foi de 0,95 Hh/m² no bloco cerâmico e 0,44 Hh/m² no bloco de gesso.

Tabela 2 Planilha do 2º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (horas)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	4º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	22/04/2015	04/05/2015	129,40	2	1	0	0	**129,40**	**1,05**
Alvcer	5º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	24/04/2015	07/05/2015	105,74	2	1	0	0	**105,74**	**0,86**
Alvcer	5º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	24/04/2015	06/05/2015	129,70	2	1	0	0	**129,70**	**1,05**
Alvcer	6º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	04/05/2015	13/05/2015	121,40	2	1	0	0	**121,40**	**0,99**
Alvcer	6º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	04/05/2015	14/05/2015	121,60	2	1	0	0	**121,60**	**0,99**
Alvcer	7º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	07/05/2015	18/05/2015	114,30	2	1	0	0	**114,30**	**0,93**
Alvcer	7º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	07/05/2015	25/05/2015	94,81	1	1	0	0	**94,81**	**0,77**
Blocgess	4º Pav tipo	m²	94,59	28/04/2015	04/05/2015	47,08	1	1	0	0	**47,08**	**0,50**
Blocgess	5º Pav tipo	m²	94,59	14/05/2015	20/05/2015	37,85	1	1	0	0	**37,85**	**0,40**
Blocgess	6º Pav tipo	m²	94,59	20/05/2015	26/05/2015	39,86	1	1	0	0	**39,86**	**0,42**

Fonte: Os autores

Na Tabela 3 tem-se os dados de 8 amostras de bloco cerâmico e 4 de bloco de gesso. A RUP cumulativa média obsevada nesse ciclo foi de 1,49 Hh/m² no bloco cerâmico e 0,50 Hh/m² no bloco de gesso.

Tabela 3 Planilha do 3º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (horas)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	8º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	15/05/2015	02/06/2015	192,63	2	1	0	0	**192,63**	**1,56**
Alvcer	8º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	15/05/2015	02/06/2015	189,96	2	1	0	0	**189,96**	**1,54**
Alvcer	9º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	22/05/2015	10/06/2015	194,9	2	1	0	0	**194,90**	**1,58**
Alvcer	9º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	03/06/2015	18/06/2015	175,9	2	1	0	0	**175,90**	**1,43**
Alvcer	10º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	03/06/2015	18/06/2015	194,63	2	1	0	0	**194,63**	**1,58**
Alvcer	10º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	08/06/2015	26/06/2015	236,56	2	1	0	0	**236,56**	**1,92**
Alvcer	11º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	11/06/2015	24/06/2015	160,26	2	1	0	0	**160,26**	**1,30**
Alvcer	11º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	19/06/2015	30/06/2015	126,6	2	1	0	0	**126,60**	**1,03**
Blocgess	7º Pav tipo	m²	94,59	27/05/2015	05/06/2015	51,06	1	1			**51,06**	**0,54**
Blocgess	8º Pav tipo	m²	94,59	09/06/2015	12/06/2015	62,73	1	1			**39,00**	**0,41**
Blocgess	9º Pav tipo	m²	94,59	15/06/2015	19/06/2015	36,31	1	1			**62,73**	**0,66**
Blocgess	10º Pav tipo	m²	94,59	22/06/2015	26/06/2015	36,03	1	1			**36,31**	**0,38**

Fonte: Os autores

A Tabela 4 contém 6 amostras de bloco cerâmico e 3 em bloco de gesso. A RUP cumulativa média observada foi de 1,40 Hh/m² no bloco cerâmico e 0,45 Hh/m² no bloco de gesso.

Tabela 4 Planilha do 4º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (horas)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	12º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	19/06/2015	10/07/2015	206,10	2	1	0	0	**206,10**	**1,67**
Alvcer	12º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	25/06/2015	13/07/2015	159,73	2	1	0	0	**159,73**	**1,30**
Alvcer	13º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	30/06/2015	29/07/2015	224,50	2	1	0	0	**224,50**	**1,82**
Alvcer	13º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	30/06/2015	16/07/2015	148,83	2	1	0	0	**148,83**	**1,21**
Alvcer	14º PAV TIPO C1 E C2	m²	123,18	14/07/2015	22/07/2015	117,06	2	1	0	0	**117,06**	**0,95**
Alvcer	14º PAV TIPO C3 E C4	m²	123,18	13/07/2015	27/07/2015	178,26	2	1	0	0	**178,26**	**1,45**
Blocgess	11º Pav tipo	m²	94,59	15/07/2015	24/07/2015	50,01	1	1	0	0	**36,03**	**0,38**
Blocgess	12º Pav tipo	m²	94,59	20/07/2015	24/07/2015	42,38	1	1	0	0	**50,01**	**0,53**
Blocgess	13º Pav tipo	m²	94,59	24/07/2015	30/07/2015	33,02	1	1	0	0	**42,38**	**0,45**

Fonte: Os autores

Observa-se que durante todos os ciclos de execução avaliados, não foram observadas faltas dos componentes das equipes diretas avaliadas.

5.1.2 Retroalimentação Orçamentária

A Tabela 5 mostra o processo de retroalimentação das RUP´s cumulativas médias dos oficiais nos serviços coletados na empresa B. Na primeira etapa foram avaliados quatro ciclos de medição, representados por quatro meses.

Tabela 5 Planilha de retroalimentação da empresa B

Serviço	Unid.	Produção Orçada	Mês 1	Δ 1	Mês 2	Δ 2	Mês 3	Δ 3	Mês 4	Δ 4	Produção Real Média (m²/Hh)	Δ Total
Alvcer	m²/(H.h)	0,61	1,28	111%	0,95	-26%	1,49	58%	1,40	-6%	**1,28**	**110%**
Blocgess	m²/(H.h)	0,37	0,46	24%	0,44	-4%	0,50	14%	0,45	-9%	**0,46**	**25%**

Fonte: Os autores

Na planilha de retroalimentação fez-se a avaliação das produtividades obtidas no primeiro mês comparadas as de orçamento (Δ1) e, nos meses seguintes (Δ2, Δ3 e Δ4), a comparação da produtividade foi realizada avaliando o mês atual com o mês anterior.

Observa-se não existe repetição de nenhum índice mês a mês, sempre ocorrendo variações, sendo essas "negativas" ou "positivas". Os desvios máximo, em cada serviço, foram mensurados no primeiro mês, o que demonstrou de inicio um erro de previsão no processo de orçamentação. No serviço de alvenaria de bloco cerâmico o desvio foi da produtividade real 111% superior a orçada e no bloco de gesso 24% superior.

Na análise do andamento da produção mês a mês através dos índices medidos, observa-se a melhor produtividade das equipes no mês 2 e a pior no mês 3. Com esses resultados e a análise do processo de execução em cada mês o gestor ter um maior controle do seu processo operacional.

Na conclusão dos quatros ciclos de medição, o serviço de alvenaria de bloco cerâmico teve uma RUP cumulativa real média de 1,28 Hh/m², sendo essa 110% superior a orçada (0,61 Hh/m²) e o bloco de gesso teve uma RUP cumulativa real média de 0,46 Hh/m², sendo essa 25% superior a orçada (0,37 Hh/m²).

5.2 Empresa M

A empresa M participou da pesquisa com uma obra constituinte de duas torres, denominadas TA e TM. O serviço avaliado nessa empresa foi a Alvenaria em bloco cerâmico. No dimensionamento dos pacotes de execução, definiu como o quantitativo a ser executado pelas equipes, o total relativo a um apartamento.

5.2.1 Mensuração da Produtividade

A Tabela 6 contém os dados das equipes na execução dos primeiros pavimentos das duas torres TA e TM. Na execução do serviço identificou-se 6 amostras das equipes diretas. A RUP cumulativa média das equipes nessa medição foi de 0,67 Hh/m².

Tabela 6 Planilha do 1º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (dias)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	1.1 TA (Torre Aldeota)	m²	180,55	25/09/2014	02/10/2014	6	2	1	0	0	103,00	0,57
Alvcer	1.2 TA	m²	180,55	26/09/2014	03/10/2014	6	2	1	0	0	101,00	0,56
Alvcer	2.1 TA	m²	180,55	08/10/2014	15/10/2014	6	2	1	0	0	103,00	0,57
Alvcer	2.2 TA	m²	180,55	14/10/2014	22/10/2014	7	2	1	0	0	120,50	0,67
Alvcer	1.1 TM (Torre Meireles)	m²	180,55	08/10/2014	15/10/2014	6	2	1	0	0	103,00	0,57
Alvcer	1.2 TM	m²	180,55	20/10/2014	31/10/2014	10	2	1	0	0	171,00	0,95

Fonte: Os autores

A Tabela 7 representa o segundo ciclo de medição, nesse ciclo, o total de 14 amostras de equipes foram mensuradas. A RUP cumulativa média das equipes nessa medição foi de 0,69 Hh/m².

Tabela 7 Planilha do 2º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (dias)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	3.1 TA	m²	180,55	24/10/2014	03/11/2014	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	3.2 TA	m²	180,55	28/10/2014	02/11/2014	4	2	1			68,00	0,38
Alvcer	4.1 TA	m²	180,55	04/11/2014	10/11/2014	5	2	1			85,50	0,47
Alvcer	4.2 TA	m²	180,55	05/11/2014	10/11/2014	4	2	1			68,00	0,38
Alvcer	5.1 TA	m²	180,55	06/11/2014	14/11/2014	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	5.2 TA	m²	180,55	07/11/2014	13/11/2014	5	2	1			85,50	0,47
Alvcer	6.1 TA	m²	180,55	11/11/2014	19/11/2014	7	2	1			120,50	0,67
Alvcer	6.2 TA	m²	180,55	12/11/2014	20/11/2014	7	2	1			120,50	0,67
Alvcer	2.1 TM	m²	180,55	03/11/2014	12/11/2014	8	2	1			138,00	0,76
Alvcer	2.2 TM	m²	180,55	03/11/2014	12/11/2014	8	2	1			138,00	0,76
Alvcer	3.1 TM	m²	180,55	12/11/2014	21/11/2014	8	2	1			136,00	0,75
Alvcer	3.2 TM	m²	180,55	12/11/2014	24/11/2014	9	2	1			153,50	0,85
Alvcer	4.1 TM	m²	180,55	13/11/2014	25/11/2014	9	2	1			153,50	0,85
Alvcer	4.2 TM	m²	180,55	17/11/2014	28/11/2014	10	2	1			171,00	0,95

Fonte: Os autores

A Tabela 8 representa o terceiro ciclo de medição,o total de 18 amostras de equipes tiveram suas produtividades mensuradas nesse ciclo. A RUP cumulativa média das equipes nessa medição foi de 0,76 Hh/m².

Tabela 8 Planilha do 3º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (dias)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	7.1 TA	m²	180,55	21/11/2014	02/12/2014	8	2	1			136,00	0,75
Alvcer	7.2 TA	m²	180,55	21/11/2014	04/12/2014	10	2	1			171,00	0,95
Alvcer	8.1 TA	m²	180,55	21/11/2014	03/12/2014	9	2	1			153,50	0,85
Alvcer	8.2 TA	m²	180,55	21/11/2014	04/12/2014	10	2	1			171,00	0,95
Alvcer	9.1 TA	m²	180,55	04/12/2014	11/12/2014	6	2	1			103,00	0,57
Alvcer	9.2 TA	m²	180,55	03/12/2014	12/12/2014	8	2	1			136,00	0,75
Alvcer	10.1 TA	m²	180,55	12/12/2014	19/12/2014	6	2	1			101,00	0,56
Alvcer	10.2 TA	m²	180,55	15/12/2014	19/12/2014	5	2	1			85,50	0,47
Alvcer	5.1 TM	m²	180,55	24/11/2014	01/12/2014	6	2	1			103,00	0,57
Alvcer	5.2 TM	m²	180,55	24/11/2014	04/12/2014	9	2	1			155,50	0,86
Alvcer	6.1 TM	m²	180,55	26/11/2014	09/12/2014	10	2	1			171,00	0,95
Alvcer	6.2 TM	m²	180,55	01/12/2014	12/12/2014	10	2	1			171,00	0,95
Alvcer	7.1 TM	m²	180,55	02/12/2014	10/12/2014	7	2	1			120,50	0,67
Alvcer	7.2 TM	m²	180,55	05/12/2014	11/12/2014	5	2	1			85,50	0,47
Alvcer	8.1 TM	m²	180,55	10/12/2014	19/12/2014	8	2	1			136,00	0,75
Alvcer	8.2 TM	m²	180,55	13/12/2014	29/12/2014	10	2	1			171,00	0,95
Alvcer	9.1 TM	m²	180,55	11/12/2014	19/12/2014	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	9.2 TM	m²	180,55	12/12/2014	19/12/2014	6	2	1			101,00	0,56

Fonte: Os autores

A Tabela 9 representa o quarto ciclo de medição, o total de 14 amostras de equipes foram avaliadas. A RUP cumulativa média das equipes nessa medição foi de 0,98 Hh/m².

Tabela 9 Planilha do 4º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (dias)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	11.1 TA	m²	180,55	16/12/2014	06/01/2015	14	2	1			206,00	1,14
Alvcer	11.2 TA	m²	180,55	16/12/2014	06/01/2015	14	2	1			206,00	1,14
Alvcer	12.1 TA	m²	180,55	20/12/2014	29/01/2015	27	2	1			171,00	0,95
Alvcer	12.2 TA	m²	180,55	20/12/2014	22/01/2015	22	2	1			171,00	0,95
Alvcer	13.1 TA	m²	180,55	07/01/2015	22/01/2015	12	2	1			206,00	1,14
Alvcer	13.2 TA	m²	180,55	07/01/2015	22/01/2015	12	2	1			206,00	1,14
Alvcer	14.1 TA	m²	180,55	16/01/2015	28/01/2015	9	2	1			153,50	0,85
Alvcer	14.2 TA	m²	180,55	21/01/2015	29/01/2015	7	2	1			120,50	0,67
Alvcer	10.2 TM	m²	180,55	30/12/2014	16/01/2015	13	2	1			206,00	1,14
Alvcer	11.1 TM	m²	180,55	24/12/2014	09/01/2015	11	2	1			206,00	1,14
Alvcer	11.2 TM	m²	180,55	29/12/2014	13/01/2015	11	2	1			206,00	1,14
Alvcer	12.1 TM	m²	180,55	09/01/2015	19/01/2015	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	12.2 TM	m²	180,55	18/01/2015	28/01/2015	8	2	1			138,00	0,76
Alvcer	13.1 TM	m²	180,55	20/01/2015	28/01/2015	7	2	1			120,50	0,67

Fonte: Os autores

A Tabela 10 representa o quinto ciclo de medição, o total de 14 amostras de equipes foram coletadas. A RUP cumulativa média das equipes nessa medição foi de 0,78 Hh/m².

Tabela 10 Planilha do 5º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (dias)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	15.1 TA	m²	180,55	29/01/2015	09/02/2015	8	2	1			136,00	0,75
Alvcer	15.2 TA	m²	180,55	30/01/2015	12/02/2015	10	2	1			171,00	0,95
Alvcer	16.1 TA	m²	180,55	30/01/2015	09/02/2015	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	16.2 TA	m²	180,55	10/02/2015	20/02/2015	7	2	1			153,50	0,85
Alvcer	17.1 TA	m²	180,55	10/02/2015	24/02/2015	9	2	1			188,50	1,04
Alvcer	17.2 TA	m²	180,55	13/02/2015	26/02/2015	8	2	1			171,00	0,95
Alvcer	18.1 TA	m²	180,55	23/02/2015	26/02/2015	4	2	1			70,00	0,39
Alvcer	18.2 TA	m²	180,55	21/02/2015	27/02/2015	5	2	1			85,50	0,47
Alvcer	13.2 TM	m²	180,55	28/01/2015	05/02/2015	7	2	1			120,50	0,67
Alvcer	14.1 TM	m²	180,55	28/01/2015	05/02/2015	7	2	1			120,50	0,67
Alvcer	14.2 TM	m²	180,55	05/02/2015	19/02/2015	9	2	1			188,50	1,04
Alvcer	15.1 TM	m²	180,55	05/02/2015	13/02/2015	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	15.2 TM	m²	180,55	19/02/2015	27/02/2015	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	16.1 TM	m²	180,55	13/02/2015	26/02/2015	8	2	1			171,00	0,95

Fonte: Os autores

A Tabela 11 representa o sexto ciclo de medição, o total de 13 amostras da produtividade de equipes diretas foram obtidas. A RUP cumulativa média das equipes nessa medição foi de 0,69 Hh/m².

Tabela 11 Planilha do 6º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (dias)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	19.1 TA	m²	180,55	24/02/2015	03/03/2015	6	2	1			103,00	0,57
Alvcer	19.2 TA	m²	180,55	27/02/2015	09/03/2015	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	20.1 TA	m²	180,55	04/03/2015	13/03/2015	8	2	1			136,00	0,75
Alvcer	20.2 TA	m²	180,55	02/03/2015	09/03/2015	6	2	1			103,00	0,57
Alvcer	21.1 TA	m²	180,55	11/03/2015	20/03/2015	7	2	1			136,00	0,75
Alvcer	21.2 TA	m²	180,55	09/03/2015	20/03/2015	9	2	1			171,00	0,95
Alvcer	16.2 TM	m²	180,55	27/02/2015	09/03/2015	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	17.1 TM	m²	180,55	27/02/2015	06/03/2015	6	2	1			101,00	0,56
Alvcer	17.2 TM	m²	180,55	09/03/2015	16/03/2015	6	2	1			103,00	0,57
Alvcer	18.1 TM	m²	180,55	06/03/2015	16/03/2015	7	2	1			118,50	0,66
Alvcer	18.2 TM	m²	180,55	17/03/2015	25/03/2015	5	2	1			120,50	0,67
Alvcer	19.1 TM	m²	180,55	17/03/2015	25/03/2015	5	2	1			120,50	0,67
Alvcer	19.2 TM	m²	180,55	19/03/2015	27/03/2015	5	2	1			118,50	0,66

Fonte: Os autores

A Tabela 12 contém as equipes em execução final do serviço de alvenaria, o total de 6 amostras de equipes de alvenaria foram coletadas. A RUP cumulativa média das equipes nessa medição foi de 1,03 Hh/m².

Tabela 12 Planilha do 7º ciclo de medição

Item	Equipe	Unid.	Quantitativo executado	DATA			Equipe		Faltas		Homem-hora	Rup
				Início	Término	Duração (dias)	Oficiais	Aux.	Oficiais	Aux.	Oficiais	Oficiais
Alvcer	22.1 TA	m²	180,55	25/03/2015	06/04/2015	7	2	1			153,50	0,85
Alvcer	22.2 TA	m²	180,55	24/03/2015	06/04/2015	8	2	1			171,00	0,95
Alvcer	20.1 TM	m²	180,55	20/03/2015	07/04/2015	11	2	1			186,50	1,03
Alvcer	20.2 TM	m²	180,55	30/03/2015	10/04/2015	9	2	1			171,00	0,95
Alvcer	21.1 TM	m²	180,55	26/03/2015	14/04/2015	12	2	1			204,00	1,13
Alvcer	21.2 TM	m²	180,55	08/04/2015	22/04/2015	9	2	1			188,50	1,04

Fonte: Os autores

Observa-se durante os ciclos de medição que não foram observadas faltas nas equipes de execução e a essa mantém-se constante na sua composição.

5.2.2 Retroalimentação Orçamentária

As Tabela 13 e 14 mostram a retroalimentação orçamentária da empresa M no serviço avaliado. O bom controle da empresa nesse serviço permitiu a obtenção de 7 ciclos de medição e esses com um grande número de equipes analisadas.

Tabela 13 Planilha de retroalimentação da empresa M (cont.)

Serviço	Unid.	Produção Orçada	Mês 1	Δ 1	Mês 2	Δ 2	Mês 3	Δ 3	Mês 4	Δ 4	Mês 5	Δ 5
Alvcer	m²/(H.h)	0,63	0,67	6%	0,69	3%	0,76	10%	0,98	29%	0,78	-20%

Fonte: Os autores

Tabela 14 Planilha de retroalimentação da empresa M

Serviço	Unid.	Mês 6	Δ 6	Mês 7	Δ 7	Produção Real Média (m²/Hh)	Δ Total
Alvcer	m²/(H.h)	0,69	-12%	1,03	49%	**0,80**	**27%**

Fonte: Os autores

Na análise do seu primeiro índice real mensurado com o orçado, observa-se uma variação da RUP de apenas 6%, com a RUP real superior. No entanto, no decorrer da execução o índice real sobe aumentando o seu desvio em relação a orçada como em relação as medições anteriores. Essas variações demonstram uma instabilidade durante o período de execução, sendo essa acentuada a partir do terceiro ciclo.

No decorrer dos ciclos de medição, observa-se a maior variação obtida no ultimo mês de medição, que é explicada pelo processo lento de execução na finalização de um serviço, pela checagem dos seus detalhes.

Em suma, o serviço de alvenaria de bloco cerâmico teve uma RUP cumulativa real média de 0,80 Hh/m², sendo essa 27% superior a orçada de 0,63 Hh/m².

5.3 Viabilidade de implantação do modelo

Nas avaliações do modelo serão descritas as considerações de engenheiros civis das empresas participantes sobre o modelo proposto. Estes profissionais participaram do processo de planejamento e controle das empresas e foram escolhidos pela experiência dentro desse processo, como também pela participação na pesquisa desde o seu estágio inicial.

5.3.1 Empresa B

De acordo com a obra, no processo de medição dos serviços, o foco da empresa é a mensuração do quantitativo executado e qual equipe realizou a execução. A empresa tentou implantar um sistema de medição que pudesse agregar a produtividade, no entanto, há mais de um programa computacional envolvidos nesse processo e a comunicação dos dados entre eles impossibilitou o desenvolvimento da proposta. A equipe da obra tem como fator adverso principal, a implantação do modelo proposto nesta pesquisa, a falta de comunicação entre os diferentes programas computacionais utilizados dentro do processo de medição da empresa. No entanto, foi consenso, que com esse fator solucionado a obtenção dos índices de produtividade e retroalimentação dos serviços iria agregar muito as empresas.

5.3.2 Empresa M

Na opinião do engenheiro de planejamento da empresa M a coluna 7 da planilha de obtenção e geração dos índices de produtividade, que trata das faltas, poderia ser retirada do modelo, pois as faltas implicam na baixa quantidade de serviço executada. Para a empresa, interessa saber o quantitativo executado, os funcionários envolvidos e o período em que foi executado. A empresa paga o funcionário pelo quantitativo executado dentro do ciclo de medição, logo, se o funcionário faltar, já estaria embutida na diminuição da produção.

A empresa possui uma planilha padrão para as obras informarem as medições dos serviços, no entanto, essa planilha pode ser alterada por cada obra, ou seja, o seu padrão não é fixado e exigido plenamente pela empresa. As informações base, que não podem deixar de ser preenchidas, são os quantitativos e o percentual de andamento do serviço.

6 CONCLUSÕES

Com a formulação das planilhas eletrônicas foi possível gerar índices de produtividade confiáveis e utilizar esses para retroalimentação orçamentária. Na etapa de retroalimentação foram observados altos desvios das produtividades reais e orçadas, o que demonstra necessidade de desenvolvimento do processo orçamentário.

O controle mensal das equipes de execução gera aos gestores a observação sistemática do seu processo produtivo com a possibilidade de detecção das falhas e maior precisão nas estimativas de custo e prazo dos empreendimentos de construção civil.

O engajamento dos gestores das obras e das empresas de tecnologia, que desenvolvem os programas para o processo de planejamento e controle, é fundamental para a aplicação do modelo. A falta de comunicação entre os programas utilizados é uma barreira para o desenvolvimento do processo de controle de produção.

Em trabalhos futuros pode-se determinar um *framework* dos processos necessários ao controle de produção das obras, isso para o desenvolvimento de um único programa que possa conter todo esse processo.

AGRADECIMENTOS

Pelo apoio ao processo de realização e viabilização da pesquisa, cita-se a FUNCAP e INOVACON – CE através da COOPERCON-CE.

REFERÊNCIAS

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HAN, S.; LEE, S.; PEÑA-MORA, F. Identification and Quantification of Non-Value-Adding Effort from Errors and Changes in Design and Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138 n.1, p. 98–109, 2012.

Hwang, B.; Soh, C. "Trade-Level Productivity Measurement: Critical Challenges and Solutions." **Journal of Construction Engineering and Management**, 139(11), 04013013, 2013.

MACHADO, L. et al. A Design Research como método de pesquisa de Administração: Aplicações práticas e lições aprendidas. **Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Administração (ENANPAD)**. Rio de Janeiro, p. 1-16. set. 2013.

PINTO, A. D. *et al.* Melhoria do processo de retroalimentação da informação em ambientes fabris: um estudo de caso em empresa do setor automotivo. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção.** Bento Gonçalves, p. 1-14. out. 2012.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra**. São Paulo: Pini, 2006.
SOUZA, U. E. L. Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil. **Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído**, Nº 8, Salvador, 2000.

THOMAS, H., YIAKOUMIS, I. "Factor Model of Construction Productivity." **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 4), p. 623–639, 1987.

Vogl, B.; Abdel-Wahab, M. "Measuring the Construction Industry's Productivity Performance: Critique of International Productivity Comparisons at Industry Level." **Journal of Construction Engineering and Management**, 141(4), 04014085, 2015.

Zhao, T.; Dungan, J. "Improved Baseline Method to Calculate Lost Construction Productivity." **Journal of Construction Engineering and Management**, 140(2), 06013006, 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

GESTÃO DE PROJETOS E DE OBRAS EM CONSTRUTORAS – AVANÇOS E DESAFIOS PARA ATUAÇÃO DE ARQUITETOS E URBANISTAS[1]

SORTE, Suelen (1); REMBISKI, Fabrícia (2); SAUER, Aline. (3); RADINZ, Gabriela (4)

(1) Multivix, e-mail: suelen.bayer@gmail.com; (2) Multivix, e-mail: prof.fabriciadr@gmail.com; (3) Multivix, e-mail: alinesisa@hotmail.com; (4) Multivix, e-mail: gabrieladinz@gmail.com

RESUMO

A construção civil atua em um mercado competitivo, exigindo das empresas a busca contínua por inovações, visando à redução do custo final e o cumprimento de prazos. Diante disso, as empresas desenvolvem estratégias estabelecendo um diferencial para sua permanência no mercado, destacando-se o gerenciamento de projetos e de obras. Neste contexto, o artigo analisa os avanços e as limitações referentes à atuação do Arquiteto e Urbanista na gestão de projetos e gestão de obras, em construtoras na Região Metropolitana da Grande Vitória, considerado um profissional relevante, dada suas atribuições, capaz de elaborar, executar, propor e gerenciar as etapas de construção de um empreendimento. A metodologia compreendeu pesquisa bibliográfica, que embasou o referencial teórico, a elaboração dos questionários, o estudo de caso e a análise dos resultados. Como contribuição, a pesquisa propõe recomendações nas áreas de desenvolvimento pessoal, formação e capacitação profissional, visando ampliar a atuação profissional do Arquiteto e Urbanista, na área de gestão de projetos e de obras.

Palavras-chave: Gestão de projetos. Gestão de obras. Arquiteto e Urbanista.

ABSTRACT

The construction industry operates in a competitive market, requiring companies to continuously search for innovations aimed at reducing the final cost and compliance with deadlines. Therefore, companies develop strategies establishing a differential for their stay in the market, especially the project management and works. In this context, the article analyzes the advances and limitations relating to the actions of the Architect and Urbanist in project management and construction management in construction in the metropolitan area of the Great Victory, considered a relevant professional, given its tasks, able to develop, implement propose and manage the stages of construction of a project. The methodology included literature, that based the theoretical framework, the development of questionnaires, the case study and the analysis of results. As a contribution, the research proposes recommendations in the areas of personal development, education and professional training, aimed at increasing the professional performance of the Architect and Urbanist, project management area and works.

***Keywords**: Project management. Management works. Architect and urbanist.*

[1]SORTE, Suelen N. P. B.; REMBISKI, Fabricia D; SAUER, Aline S.; RADINZ, Gabriela A. M. D. Gestão de projetos e de obras em construtoras – Avanços e desafios para atuação de arquitetos e urbanistas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil, por ter um contexto competitivo, vem exigindo cada vez mais que as empresas invistam em tecnologias e mão de obra qualificada para exercer suas funções, destacando-se dentre eles o setor de gerenciamento de projetos.

Nesse contexto está o Arquiteto e Urbanista, diferente da sua formação na década de 30, em que era conhecido como um artista plástico de um projeto arquitetônico, bem como na década de 90, em que esse profissional estava presente apenas na fase dos projetos nas empresas.

O Arquiteto e Urbanista nas construtoras atua em equipes de elaboração, análise, desenvolvimento, compatibilização, custos, gerenciamento de obras e projetos, desenvolvendo várias atividades, até a entrega de empreendimentos (SILVA; SOUZA, 2003).

O presente artigo analisa os avanços e as limitações referentes à atuação do Arquiteto e Urbanista nos setores de gestão de projetos e gestão de obras, em construtoras na Região Metropolitana da Grande Vitória, considerado um profissional relevante, dada à necessidade de suas atribuições, capaz de elaborar, executar, propor e gerenciar as etapas de construção de um empreendimento. Para isso realizou-se um diagnóstico e estudos de casos junto a profissionais atuantes como coordenadores nos setores de gerenciamento de projetos e obras em construtoras da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

2 REVISAO BIBLIOGRÁFICA

Segnini (2002) afirma que a diversidade entre os conceitos técnicos, artísticos e práticos do Arquiteto Urbanista representam um marco da profissão desde o Renascimento, que simboliza a concepção moderna da profissão, visto que na Idade Média não diferença entre os projetistas e os construtores.

O reconhecimento das habilitações técnicas da profissão foi demonstrado na Lei nº 12.378 (BRASIL, 2010) que regulamenta o exercício profissional, complementada pelo artigo 2º, Item I, da Resolução do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil nº 21 (BRASIL, 2012, p.1), que descreve a habilitação do Arquiteto e Urbanista para a "Supervisão, Coordenação, Gestão e Orientação Técnica" de projetos e obras.

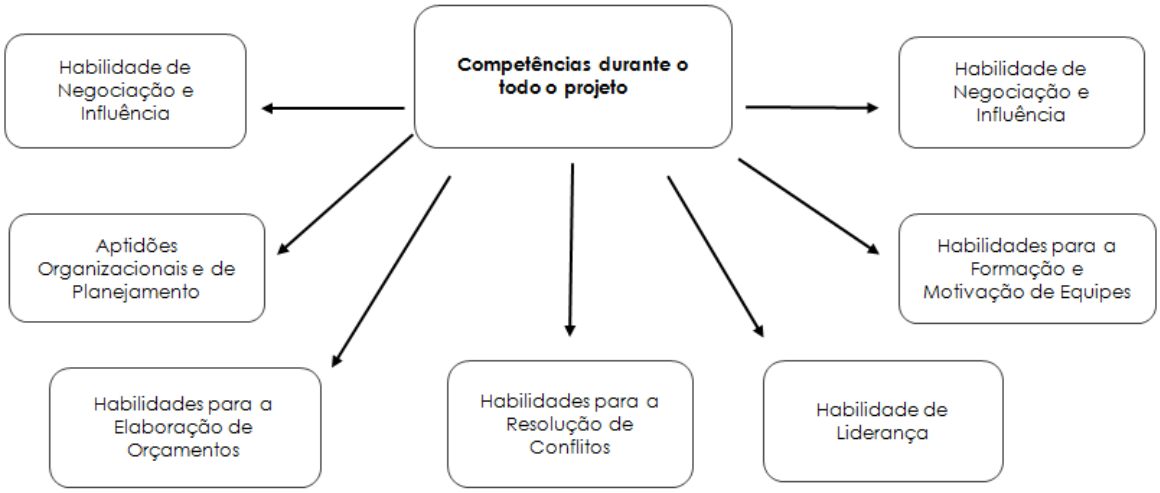
A atuação do Arquiteto e Urbanista em equipe com outros profissionais é uma prática comum, conforme Lawson (2011) apesar de alguns profissionais trabalharem de maneira independente. Para o autor, na atividade em grupo exercida de acordo com as habilidades individuais torna o projeto competitivo e integrado. Isso ocorre em construtoras, onde o gerenciamento de projetos não somente arquitetônicos, mas os complementares e executivos, é uma atividade complexa e, por esse motivo, são desenvolvidos por equipes multidisciplinares.

De acordo com Limmer (1997), o gerenciamento de projetos na construção civil é o controle produtivo de vários campos tais como: materiais,

financeiros, políticos, equipamentos, recursos humanos, a fim de unir uma diretriz básica em atividades diferentes com o mesmo propósito atendendo os parâmetros de custos, riscos, qualidade e prazo.

Para Nogueira (2007), o gerente deve possuir conhecimentos além do âmbito do projeto de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, em campos tais como: contabilidade, administração, recursos humanos e planejamento estratégico. Esses conhecimentos são aplicados durante todo o processo projetual e executivo, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Competências durante o todo o projeto



Fonte: Adaptado de Heldman (2005); Rabechini (2005); Crawford e Cabanis-Brewin (2006); PMI (2004) apud Nogueira (2007).

Conforme citado por Nóbrega e Melhado (2013), no setor da construção civil o coordenador de projetos, também denominado gestor de projetos ou ainda administrador de projetos, é encarregado pelo planejamento das etapas, prazos e custos de todo o processo do projeto tanto na elaboração quanto na execução, e ainda afirma que o gestor de projetos possui grande relevância para o sucesso do empreendimento.

Gutschow (1999) define que o gerente da obra tem como funções: planejar, definir métodos construtivos e o caminho crítico, estimar recursos, orientar e interligar as equipes de produção, detectando os pontos negativos e as dificuldades existentes na obra.

A interdisciplinaridade de todos os itens citados com relação ao gestor de obras, se implantados e aprimorados ou até mesmo adaptados, tendem a agregar qualidade e redução de custos e prazos para o empresário da construção civil. Além disso, podem prover uma melhor relação entre os profissionais envolvidos, evitando a separação desses profissionais dos setores de gerenciamento, na execução de um determinado empreendimento.

3 MÉTODO

No desenvolvimento dos instrumentos de pesquisa, a partir do referencial teórico, para averiguação das atividades do Arquiteto e Urbanista em

construtoras, optou-se por entrevistas do tipo semiestruturada Gil (2002). As perguntas foram elaboradas a partir de pesquisa bibliográfica e da experiência profissional da autora, que atuou como Técnica em Edificações em algumas construtoras, em equipes responsáveis pela concepção e execução de obras.

Uma pesquisa cientifica necessita de procedimentos e análises técnicas, resultando os métodos científicos (GIL,1999). Para o desenvolvimento deste trabalho empregou-se a pesquisa descritiva, afim de investigar a função do Arquiteto e Urbanismo dentro das construtoras, por meio de coleta de dados e análises.

Para apresentação dos resultados adotou-se o anonimato no nome dos funcionários e nas empresas. A identificação da construtora será por meio de letras (A, B, C...) e dos funcionários identificados como Engenheiro Civil A, Arquiteto e Urbanista A, por exemplo, pertencentes a empresa A. . Sendo assim, para melhores resultados durante o processo, adotou-se a aplicação dos questionários em entrevistas in loco.

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas. Na primeira etapa, durante a pesquisa exploratória (diagnóstico) aplicou-se um questionário com 10 perguntas em 5 construtoras, junto ao setor de gestão de projetos e obras que tivessem um Arquiteto e Urbanista na equipe. As perguntas objetivaram conhecer os setores e os profissionais da construção civil que atuam em cada uma das empresas.

Em relação à análise dos resultados, o método adotado foi o qualitativo junto a percepção da autora, buscou-se organizar as entrevistas de acordo com os cargos, Gestor de Obras e Gestor de Projetos, para então assim interpretar e comparar as informações de acordo com as bases teóricas e a prática.

Após a observação de que os profissionais da construção civil que ocupavam cargos de gestão possuíam formações distintas, na segunda etapa, na condução da pesquisa de campo (estudo de caso) foi aplicado um questionário com 20 perguntas em 3 construtoras, direcionado aos gestores de projeto e de obra. Os principais objetivos eram conhecer as suas atribuições, o perfil do gestor e sua formação, finalizando com uma crítica das vantagens e desvantagens quando o cargo assumido por Arquitetos e Urbanistas.

As análises dos resultados em campo foram realizadas por meio de questões abertas e fechadas, em arquivo impresso para assim facilitar a comparação entre as entrevistas de acordo com o cargo ocupado e a formação do Gestor de Obras e Projetos objetos da pesquisa. Paralelamente buscou-se entender junto as bases teóricas as metodologias aplicadas na função, e a partir dessas bases foi possível obter o resultado pontuando as práticas positivas e negativas. Para complementação após os resultados foram listadas algumas recomendações para a aplicabilidade nessas construtoras ou para futuras pesquisas.

3.1 Critérios para seleção das construtoras

Na primeira etapa da pesquisa foram selecionadas cinco construtoras atuantes na RMGV, que se prontificaram em contribuir com a pesquisa. O agendamento ocorreu por meio de contatos telefônicos e e-mails direcionados às equipes de projeto, entre os meses de maio e julho de 2015. Um fator que contribuiu para a escolha das respectivas construtoras foi a existência de um setor de gestão de projetos e obras integrados.

Mediante os resultados obtidos e receptividade dos profissionais entrevistados na primeira amostra e interesse em uma contribuição maior com relação ao assunto em pesquisa, foram escolhidas três construtoras, dentre as analisadas, que pudessem colaborar para a segunda etapa do trabalho.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização das construtoras

Numa análise qualitativa dos dados, observou-se as construtoras, geralmente, possuem Arquitetos e Urbanistas em seu quadro para a compatibilização dos projetos, porém o Arquiteto e Urbanista não atua como o gestor, e sim, como membro das equipes, seja de projetos e ou de obras. O Quadro 1 apresenta a caracterização sucinta das empresas construtoras analisados nesta etapa da pesquisa.

Quadro 1 - Breve caracterização das empresas construtoras e incorporadoras analisadas

Construtora	Caracterização	Profissional
A	34 anos de mercado, atuante nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro no segmento residencial e hoteleiro.	Gestor A
B	40 anos de mercado, atuante no Estado do Espírito Santo no segmento residencial e empresarial.	Gestor B
C	35 anos de mercado, atuante no Estado do Espírito Santo no segmento residencial e empresarial.	Gestor C
D	40 anos de mercado atuante nos estados do Brasília e Espírito Santo no segmento residencial, empresarial e obras	Gestor D
E	20 anos de mercado atuante no estado do Espírito Santo no segmento comercial, residencial, corporativa e	Gestor E

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na primeira etapa da pesquisa não foi abordado à importância do Arquiteto e Urbanista como gestor, porque o objetivo era conhecer as construtoras da RMGV, o tempo de atuação no mercado, o segmento das obras e a existência de certificações. Para que, a partir desse perfil, obtivesse a análise dos cargos de Gestores de Projetos e Obras.

4.2 Análise das construtoras

Neste item serão apresentados os principais resultados da pesquisa, devido a limitação de páginas adotado para o presente artigo.

Para realização do estudo de caso foram selecionadas três construtoras, com o corpo técnico de Engenheiros e Arquitetos e Urbanistas, assumindo a função de gestor de projetos e obras, em vários tipos de obras, exigindo assim maior conhecimento gerencial e administrativo. A análise adotada foi estatística descritiva a partir da coleta de dados.

Os Gestores de Obras entrevistados possuem, em média, entre 21 e 25 anos de experiência na função. Sua formação varia entre Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil. Os Gestores mostraram desenvoltura e domínio para o cargo, fator que pode considerar o tempo de experiência de mercado, comparado aos gestores de projetos entrevistados, com no máximo 10 anos de experiência.

Em todas as entrevistas os gestores de obras abordaram que o maior desafio é o gerenciamento de pessoas, pois não se constrói sem pessoas e onde existem pessoas existem conflitos. O gestor com visão motivacional conseguirá conduzir essas equipes e poderá chegar ao sucesso. Quanto à capacidade e formação, acredita-se que tanto o Engenheiro Civil quanto o Arquiteto e Urbanista possuem desenvoltura e capacidade técnica e legal para o cargo. Para a autora, falta ao Arquiteto e Urbanista valorizar-se, especializar-se e aceitar o desafio em administrar uma obra, visto as características da cultura do setor da construção civil local.

Os Gestores de Projetos entrevistados possuem em média, entre 8 e 10 anos de experiência na função e a formação varia entre Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil. A autora observou que a Gestora de Projetos desempenha suas atividades de forma integrada com as equipes internas e externas da empresa, tem fluidez para com os Gerentes de Obras. O fator relevante foi a questão da grade curricular quesito, que foi bastante frisado como pouco abordado tanto o gerenciamento de negócios quanto de pessoas durante a faculdade.

Existe a transmissão de informações entre os gestores de obras e setores internos tais como: planejamento, suprimentos, orçamentos. Para isso, os Gestores de Projetos realizam reuniões periodicamente, além de e-mails internos.

Durante a pesquisa em campo percebeu-se que uma das causas da falta desse profissional em assumir esses cargos são as grades curriculares. É complexo discutir o processo de aprendizagem muitas vezes esta ocorre de maneira tardia, mais precisamente em relação as disciplinas de gestão de projetos e obras.

O Arquiteto e Urbanista é um profissional extremamente versátil e está habilitado a atuar em todas as etapas da construção, como aborda Oliveira (2012) e vai muito além da estética. Dessa forma a autora acredita que junto

a legislação, a capacidade e habilitação dos profissionais, e que os bons profissionais Arquitetos e Urbanista tem a possibilidade de reconhecimento quanto a função de Gestor de Projetos e obras.

5 RECOMENDAÇÕES

A indústria da construção civil inclui-se em um contexto altamente competitivo, pois movimenta a economia com empregos diretos e indiretos. Para isso, essa indústria atualiza-se constantemente e se adequa as novas tendências tecnológicas e qualificação de mão de obra. Para uma construtora permanecer nesse mercado faz-se necessário a inclusão de gestores com a capacidade de desenvolverem metodologias para cada vez mais a empresa se destacar em qualidade, curtos prazos e obter lucros.

A partir das análises teóricas do problema estabelecido nesta pesquisa, foi possível elaborar algumas recomendações, visando ampliar e aprimorar a função do profissional Arquiteto e Urbanista dentro do universo pesquisado, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Recomendações para inserção dos Arquitetos e Urbanistas na função de gestores de obras e projetos

Item	**Recomendações**
1	Elevar a autoconfiança no desempenho das atribuições profissionais.
2	Buscar a capacitação, por meio de cursos ou treinamentos, em temas que possuam deficiência e que são necessários para a gestão de obras e projetos.
3	Quebrar o paradigma dos empreendedores com relação a contratação de Arquitetos e Urbanistas para o cargo de gestores.
4	Estabelecer diálogo de proximidade com as equipes envolvidas nas atividades que estão sendo construídas.
5	Desenvolver ligação de credibilidade e comunicação entre os gestores de obras e projetos.
6	Rever a grade curricular dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, incluindo disciplinas relacionadas a gestão de projetos e gestão de obras.
7	Buscar atualizações constantes em especializações voltadas para os cargos de gestores que vão além do profissional Arquiteto e Urbanista.
8	Realizar especialização especifica para gestão de pessoas.
9	Elevar as habilidades de negociações, coordenação e solução de conflitos internos para lidar com as equipes colaboradoras.
10	Participar das assembleias do CAU, afim de propor melhorias e também apresentar os desafios profissionais
11	Interagir de forma proativa, apresentando a construtora o quanto pode ser vantajoso ter um Arquiteto e Urbanista gestor de projetos e obras.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas recomendações foram listadas tendo em vista a experiência vivenciada pela autora, juntamente com o embasamento teórico a partir das pesquisas bibliográficas além dos resultados alcançados com a análise

estatística descritiva. Nesse panorama embora as recomendações e opiniões apresentadas sejam relevantes, representam uma pequena amostra bem como um indicativo de um possível problema e com isso não pode ser considerada uma amostra representativa de fato. Mas tem o intuito de fomentar indicações, de forma a futuramente incentivar a linhas de pesquisas nessa área promovendo assim mudanças, e a valorização do Arquiteto e Urbanista.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo buscou analisar os setores de gestão de projetos e obras em construtoras na Região Metropolitana da Grande Vitória e a atuação do profissional Arquiteto e Urbanista nesses cargos.

Inicialmente levantou-se com base nos referenciais teóricos junto a legislação, as atribuições do Arquiteto e Urbanista, profissional multidisciplinar, e dentre as possibilidades a de assumir a função de gestor é uma delas. O Arquiteto e Urbanista como gestor é uma possibilidade vantajosa ao construtor, uma vez que o profissional ao assumir a função possui a capacidade em permanecer com a concepção inicial do projeto quanto à forma, a funcionalidade entre outros aspectos em todas as etapas da construção.

Durante a pesquisa em campo percebeu-se que uma das causas da falta desse profissional em assumir esses cargos são as grades curriculares. É complexo discutir o processo de aprendizagem muitas vezes esta ocorre de maneira tardia, mais precisamente em relação as disciplinas de gestão de projetos e obras.

Com isso o profissional ao assumir a função tem que aprender com a prática, o que não é o correto pois aumentam as chances de erros, que correspondem a queda na qualidade, baixa produtividade, fatores que representam altos custos a construtora. As entrevistas confirmam a capacidade e evidenciam o interesse dos Arquitetos e Urbanistas em assumir o cargo de Gestor.

Quanto a formação, os gestores A, B e C explanaram que não tiveram durante a graduação disciplinas sobre gestão de projetos e obras. Os Gestores com formação em Engenharia Civil ainda obtiveram um contato com o canteiro. Por sua vez, a gestora com formação em Arquitetura e Urbanismo relatou que o enfoque do curso na época foi somente projeto e não a construção.

Para a autora discutir a respeito da formação é complexo, mais precisamente quando se refere as disciplinas associadas a gestão de projetos e obras. As grades curriculares devem passar constantemente por um processo de atualizações, visto que os profissionais acabam por aprender na prática, tardiamente. Podendo assim trazer prejuízos aos construtores. Abordou-se também durante a pesquisa a importância do gerenciamento de projetos e obras para o bom desempenho das atividades na construtora.

Os Gestores entrevistados, são profissionais com formação em Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, possuem experiências exigidas ao cargo e são profissionais com experiência. Esses profissionais não iniciaram como Gestores e que foi um processo natural dentro das construtoras. O que pode ser constatado, durante as análises das entrevistas e bibliografias, é que pode caracterizar um avanço o Arquiteto e Urbanista como Gestor, uma das limitações é que ainda hoje esse profissional não assume essa função por questões culturais tanto do profissional quanto do empregador, e não por falta de capacidade técnica.

Apesar de não possuir uma amostra representativa neste estudo, sobre a discussão quanto o profissional Arquiteto e Urbanista em assumir o cargo de Gestor de Obras e Projetos, espera-se que esse indicativo não se encerre nesta pesquisa, que teve como propósito fomentar o debate sobre a temática. Além de levantar que Arquiteto e Urbanista por conhecer patologias e as técnicas construtivas tanto quanto a elaboração do projeto em si, existe a possibilidade vantajosa ao empreendedor ter esse profissional atuando com interface direta a equipe de engenharia civil, essa interdisciplinaridade será positiva para ambas as partes.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.378 de 31 de dezembro de 2010. Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo; cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - CAU/BR e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos Estados e do Distrito Federal - CAUs; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 jan. 2011. 2011.

BRASIL. Resolução do Conselho De Arquitetura E Urbanismo do Brasil nº 21, de 05 de abril de 2012. Dispõe sobre as atividades e atribuições profissionais do arquiteto e urbanista e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 abr. 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 1 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUTSCHOW, C. A. A qualidade na construção. A formação e hierarquização dos profissionais da construção civil: Desafio e Compromisso. In: I Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho I SIBRAGEQ. 1999, Recife. **Anais...** Recife, PE: GEQUACIL - Núcleo de Gestão na Qualidade na Construção Civil, 1999. p. 177-184.

LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam.** Tradução: Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A., 1997.

MACHADO, C. A. F. PMBOK - Corpo de Conhecimento em Gerência de Projetos. **Batebyt.** 2015. Disponível em: < http://www.batebyte.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo. php? conteudo=1557> Acesso em: 16 set. 2015.

NÓBREGA, C. L., JR.; MELHADO, S. B. **Boletim Técnico**. São Paulo, SP: Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2013. 28 p.

NOGUEIRA, R. M. C. **Diagnóstico do Gerenciamento de Projetos nas construções da cidade de Recife**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. 94 p.

OLIVEIRA, A. F. Exercício profissional em Arquitetura. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ARQUITETURA E URBANISMO, 2012, Brasília. **Resumos...** Brasília, DF: CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL, 2012. p. 91-103.

PILAR, F. E. N. **A Prática da Gestão de Projectos na Gestão de Obras das Empresas de Construção.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 2009. 93 p.

SEGNINI, F., JR. **A prática profissional do arquiteto em discussão.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SILVA, M. A. C.; SOUZA, R. **Gestão do processo de projeto de edificações**. São Paulo: Editora O Nome da Rosa, 2003.

SILVA, D. C. M. **Arquitetura de matemática? Formação e atuação do arquiteto na contemporaneidade.** Dissertação (Mestrado em Educação, Arte e História da Cultura) - Programa de pós Graduação em Educação, Arte e História da Cultura , Universidade Makenzie, São Paulo, 2013. 116 p.

SINDUSCON-ES SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **28º Censo Imobiliário**. Vitória: SINDUSCON/ES, 2015. 41p. Disponível em: <http:// www.sinduscon-es.com.br/v2/upload/682015110453_Apresentacao_Censo_ Abril_ 2015_ Atual.pdf> Acesso em: 14 set. 2015.

VOLKMER, J. A. Opinião: Muito além da prancheta eletrônica. **Revista Arqtexto**, primeiro semestre 2005, p. 96 a 98, 2005.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A.; REIS, C. F. B. Prospecção estratégica para 2003 com a utilização do Método Delphi. **Fundação Fia.** 2015. Disponível em: < http://www.fundacaofia. com.br /profuturo/Uploads/Documents/Artigos/art52.htm> Acesso em: 16 set. 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

IMPACTOS DA GESTÃO DE SEGURANÇA OCUPACIONAL NO CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO DE OBRAS DE EDIFÍCIOS[1]

HUDSON, Elienay (1); SANTANA, Wylliam (2); MAUÉS, Luiz (3)

(1) UFPA, e-mail: elienayh@hotmail.com; (2) UFPA/NUHAM, e-mail: wyll_santana@hotmail.com; (3) UFPA/NUHAM, e-mail: maues@ufpa.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo identificar a influência da ausência de implementação dos requisitos mínimos de Segurança do Trabalho em uma obra vertical, mostrando, através de um estudo de caso de um empreendimento, que foi embargado, as consequências deste embargo no orçamento, planejamento e execução de uma obra. O trabalho mostra quais os motivos para que a obra fosse paralisada e analisa os custos oriundos, o comportamento da gerência da obra e diretoria da empresa diante da gestão de Segurança do Trabalho. A referida obra trata-se de uma obra de edifício comercial de 19 pavimentos, estrutura de concreto armado e fachada em pele de vidro em 80% de sua vedação. Seu embargo ocasionou 15 dias corridos de paralização, atraso de 45 dias corridos na atividade de estrutura, resultando em atraso do cronograma e seis autos de infração. O impacto no orçamento, em função da paralisação da obra, foi contabilizado em R$ 143.723,21.

Palavras-chave: Segurança no trabalho. Orçamento de obras. Cronograma de obras

ABSTRACT

This study aims to identify the influence of the absence of implementation of the minimum requirements of Work Safety in a vertical work, showing through a case study of a project, which was embargoed, the consequences of this embargo in the budget, planning and execution of a work. The work shows that the reasons for the work to be paralyzed and analyzes the costs arising, the work management behavior and management the company before the Occupational Safety management. That work it is a work of commercial building of 19 floors, reinforced concrete structure and glass façade skin in 80% of your fence. His embargo caused fifteen days of stoppage, delay of 45 days in the structure of activity, resulting in delay of schedule and six tax assessments. The impact on the budget, due to the stoppage of work was recorded at R $ 143,723.21.

***Keywords**: Occupational Safety. Budget works. Schedule of works*

1 INTRODUÇÃO

Segundo Araújo (2006), as organizações devem garantir que suas operações e atividades sejam realizadas de maneira segura e saudável para os seus empregados. Assim o sistema de gestão atua no comprometimento e atendimento aos requisitos legais e regulatórios, podendo trazer inúmeros

[1] HUDSON, Elienay; SANTANA, Wylliam; MAUÉS, Luiz. Impactos da gestão de segurança ocupacional no cronograma físico-financeiro de obras de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

benefícios tanto do ponto de vista financeiro quanto do ponto de vista motivacional.

Para Mohamed (1999), a indústria da construção parece sofrer de uma incapacidade geral de gestão do local de trabalho saúde e de segurança para um nível em que uma melhoria no desempenho de segurança possa ser conseguida por meio de medidas pró-ativas que possam resultar em acidentes zero.

Deve-se destacar que o custo total da não-segurança para as empresas, trabalhadores, famílias, sociedade e governo é de difícil mensuração. Reativamente, os custos decorrentes da falta de segurança estão ligados ao tratamento das consequências dos acidentes e as subsequentes ações corretivas. Já, os custos da segurança estão relacionados com todo o tempo e recursos utilizados no planejamento da prevenção de acidentes e nos controles implementados nos locais de trabalho. ARAÚJO (2006).

O presente trabalho procura identificar o impacto da ausência de implementação dos requisitos mínimos de Segurança do Trabalho, no custo e cronograma físico e financeiro, de uma obra vertical que foi embargada.

3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A metodologia utilizada é classificada como uma pesquisa bibliográfica, descritiva de estudo de caso quantitativo, sendo estabelecido as seguintes etapas:

a) Revisão bibliográfica visando tratar temas relativos à Saúde e Segurança no Trabalho de forma geral e também Saúde e Segurança Ocupacional na indústria da construção civil, apresentando o número de acidentes ocorridos no setor da construção civil.

b) A escolha da obra do estudo de caso se deu em vista da construtora adotar técnica de gerenciamento de obras baseadas em benchmark, permitindo o acesso e análise dos dados e informações que embasaram esta pesquisa.

c) Levantamento de dados na própria obra através de documentos de segurança do trabalho tais como: laudo de embargo, autos de infração, folhas de pagamento dos meses de duração da atividade de estrutura e entrevistas com o técnico de segurança do trabalho, engenheiro da obra e o analista de planejamento e controle da produção. Os documentos acima citados permitiram identificar os custos e os efeitos gerados pelo embargo no sistema de produção.

d) Realização de entrevistas com 50% dos funcionários divididos entre as funções da obra com intuito de levantar dados da formação dos mesmos nas questões relacionadas à segurança e saúde do trabalho.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 O que é segurança do trabalho

Segundo a Organização Internacional do Trabalho, o objetivo da Segurança e Saúde no Trabalho é: "promover e manter um elevado grau de bem-estar físico, mental e social dos trabalhadores em todas suas atividades, impedir qualquer dano causado pelas condições de trabalho e proteger contra os riscos da presença de agentes prejudiciais à saúde.

Para FRANZ (2009 apud Lima, 2013), Segurança no trabalho trata de um conjunto de ciências e tecnologias que buscam a proteção do trabalhador em seu local de trabalho, no que se refere à questão da segurança e da higiene do trabalho. Seu objetivo básico envolve a prevenção de riscos e de acidentes nas atividades a dispersão durante o processo produtivo, mas também auxilia na parte de gestão, atribuindo responsabilidades, desdobrando indicadores e organizando equipes.

4.2 A segurança no trabalho na indústria da construção civil

Segundo Pereira (2014), o setor da construção civil tem uma elevada importância econômica, cuja relevância se manifesta também no grande número de trabalhadores que exercem suas atividades no setor, que tradicionalmente é intensivo em mão de obra. O setor é muito heterogêneo em termos de tamanho das empresas e do seu nível tecnológico, havendo muitas empresas pequenas, de baixa tecnologia e com métodos de trabalho antiquados.

Por ser um setor que depende muito do trabalho físico, braçal, acolhe muitos trabalhadores com menor nível de instrução, que passam a desempenhar atividades desgastantes e perigosas (MEDEIROS, 2002). Nesse contexto a ocorrência de acidentes do trabalho não é incomum. Pelo contrário, esse setor é um nos quais mais ocorrem acidentes que resultam em lesões temporárias e permanentes, eventualmente levando ao óbito de trabalhadores (PEREIRA, 2014; SANTOS e CATAI, 2014).

Segundo Gambatese *et al.* (2008), a combinação das características de alto risco de acidentes e baixo nível educacional dos trabalhadores da construção necessita o estabelecimento de medidas preventivas que minimizem esses fatores, antes que os acidentes ocorram.

No Brasil, a legislação que visa prevenir os acidentes na construção tem como armas principais a Norma Regulamentadora (NR) nº 18 (BRASIL, 2013), que estabelece as diretrizes mínimas para as condições de trabalho no meio ambiente da construção civil, e a NR-35 (BRASIL, 2012), que estabelece diretrizes mínimas para trabalho em altura.

A referida NR-35, traz ao subsetor de construções de edifícios novidades na gestão de segurança, levando os gerentes de obras a adaptar-se à nova realidade, articulando as ações preventivas ao Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT) e ao

Programa de Controle Medico e Saúde Ocupacional (PCMSO), tendo como consequência aquisição de equipamentos de proteção individual e coletivo adequados, bem como um melhor monitoramento da saúde ocupacional do empregados envolvidos, isso impacta diretamente na produtividade e no orçamento de obras e portanto, devem ser previsto e aplicados nas obras.

4.3 Estatísticas de Acidentes do trabalho na construção civil no Brasil

O artigo 19 da Lei nº 8.213 (BRASIL, 1991), diz que acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do artigo 11 desta lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho".

De acordo com Pereira (2014), a indústria da construção civil amarga altos índices de acidentes do trabalho estando, muitas vezes, entre as primeiras colocações no ranking das indústrias produtoras de acidentes do trabalho, enquanto de 2008 a 2012 o número de acidentes do trabalho caiu cerca de 6,7 %, na construção civil essa variação foi de 19% para mais, ou seja, o setor foi na contramão na queda dos índices de acidentes e doenças ocupacionais.

Comparando os dados divulgados nod informes da previdência social dos períodos de 2008 à 2012, todos os números aumentaram, indicando o que seria uma piora nas condições de saúde e segurança no setor. A tabela 1 apresenta a quantidade de acidentes do trabalho no setor da construção civil.

De acordo com os Anuários Estatísticos da Previdência Social de 2008 a 2012, houve uma variação de 28,9% no índice de acidentes da construção de edifícios em relação ao total de acidentes de trabalho, relacionados ao macrosetor da construção civil, documentados no período.

Tabela 01 - Quantidade de acidentes do trabalho por divisão do CNAE 2.0 2008/2012

ANO	DIVISÃO CNAE					
	41		42		43	
	Construção de edifícios		Obras de Infraestrutura		Serviços especializados para construção	
	ABSOLUTO	%	ABSOLUTO	%	ABSOLUTO	%
2008	20.891	39,5	22.472	42,5	9.467	17,9
2009	21.959	39,4	22.961	41,2	10.750	19,3
2010	22.928	41	21.871	39,1	11.121	19,9
2011	25.509	42,7	22.471	37,6	11.828	19,8
2012	26.934	51,8	23.967	38,1	11.973	19
Variação 2008/2012	28,90%		6,70%		26,50%	

Fonte: Anuário Estatístico da Previdência Social de 2008 a 2012.

5 ESTUDO DE CASO

A obra pesquisada localiza-se na cidade de Belém, bairro Batista Campos. Constitui-se de uma obra de edifício comercial com 19 pavimentos tipos, três pavimentos de garagem e um térreo. O trabalho de pesquisa limitou-se a atividade de estrutura da referida obra. O início da sua fase de construção da estrutura de concreto armado ocorreu em maio de 2014. Nesta fase possuía média de 53 empregados, sendo 08 da equipe de administração e apoio.

A célula de produção de estrutura possuía 10 carpinteiros e 9 ferreiros armador além de 12 serventes, número médio, tendo em vista o tempo de execução desta fase e uma pequena rotatividade de funcionários, fator inerente ao setor de construção civil.

A equipe de administração e apoio da obra possuía dois mestres de obra, dois estagiários, um técnico de segurança do trabalho, um técnico de qualidade, um almoxarife e um engenheiro residente. A obra foi estudada na fase de construção de sua estrutura.

Quanto à equipe de segurança do trabalho, a obra possuía, um técnico, dois estagiários, e um engenheiro consultor. Esta equipe era responsável por implementar fermentas tais como: treinamentos periódicos de segurança do trabalho (de acordo com o planejamento do PCMAT e demais treinamentos oriundos das necessidades encontradas), inspeção de campo com *check-list* da NR 18 com relatório fotográfico, e análises preliminar de riscos.

O ciclo de aprendizagem ocorria através de reuniões entre a equipe de segurança no trabalho, da administração (da obra e da empresa construtora) e dos operários.

5 LEVANTAMENTO DOS DADOS

A fase de execução da estrutura da obra durou de maio de 2014 a fevereiro de 2015, três meses além do planejado, devido ao embrago e a redução do número de funcionários da célula de produção da estrutura já programada para acontecer, antes mesmo da auditoria. Durante esse período foram realizadas três inspeções de campo com uma metodologia de verificação de uma lista de itens aplicáveis a fase da obra, em todos os relatórios foram observados cerca de 35% de não conformidades correspondentes a um número entre 46 e 31 itens não-conformes por relatório.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 Perfil da equipe de produção

Foram realizadas duas pesquisas de campo com os operários em duas fases distintas da obra. O questionário tem como objetivo identificar os operários no tocante a capacitação, escolaridade, transporte, orçamento familiar e percepção dos requisitos de segurança do trabalho.

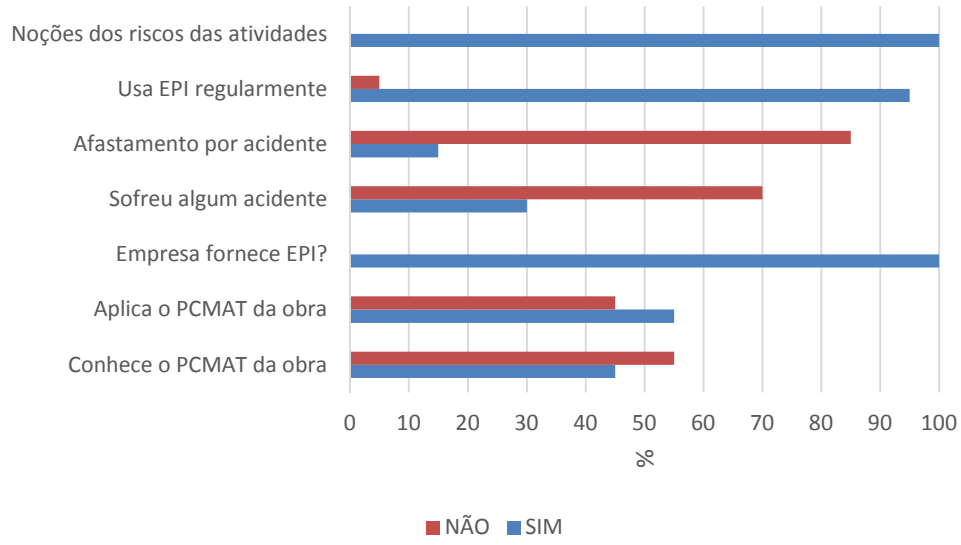
Os resultados dos questionários mostrraram que 15% dos entrevistados já foram afastados por acidentes, 85% destes possuem mais de dois anos de experiência, sendo 50% acima de cinco anos.

Dentre os operários afastados, um teve como causa um acidente de moto ao ir para o trabalho, no entanto, o risco de acidentes de trabalho resultantes da mobilização dos operários para a obra não parece preocupante, pois 85% dos entrevistados utilizam ônibus como meio de transporte para o trabalho, reduzindo o risco deste tipo de acidente.

Outra característica desta obra é o cumprimento da jornada de trabalho pelos operários, fruto da política de premiação por metas da empresa, que propicia o aumento da produtividade, redução do tempo de serviço, e permite que não seja utilizada uma quantidade exagerada de horas extras, propícias a ocorrências de acidentes de trabalho.

Quanto a percepção de segurança do trabalho, o gráfico 1 demostra a percepção e experiência dos operários.

Gráfico 1 - Percepção da equipe de produção a respeito da segurança ocupacional no canteiro



Fonte: O autor

Os resultados apresentados no gráfico 1 demonstram que os operários conhecem alguns procedimentos e requisitos de segurança ocupacional, o que segundo estes relataram, se deve não só pelos treinamentos realizados na empresa em questão mas também às suas experiências em empresas que possuíam gestão de saúde e segurança do trabalho. E que há falhas na disseminação dos programas e procedimentos de segurança da obra, pois, embora a obra possua um PCMAT, uma parte significativa dos operários não o aplicam por desconhecer os procedimentos.

6.2 Irregularidades encontradas na auditoria

Durante a auditoria da Superintendência Regional do Trabalho e Emprego (SRTE), constatou inúmeras irregularidades e procedeu-se imediato embargo a todas atividades da obra. O serviço de estrutura do edifício encontrava-se confeccionando o 17º pavimento Tipo.

Foram lavrados seis autos de infração, totalizando R$ 23.430,52 em multas. O quadro 1 abaixo, relata as irregularidades que constam os autos, as ações necessárias para corrigir estas irregularidades e o valor das multas obtidas de acordo com NR-28.

Segundo o termo de embargo e interdição constatou-se as seguintes irregularidades: falta de rede de proteções no perímetro de diverços pavimentos; abertura nas lajes sem proteção; falta de plataformas secundarias de proteção; falta de limpeza; plataforma primaria de proteção incompleta; falta de telas entre plataformas de proteção; elevador cremalheira em funcionamento sem que tenha sido instalada cancelas nas lajes do 11º, 12º, e 13º pavimentos Tipos.

Estes resultados enfatizam a necessidade das construtoras adotarem as medidas de proteção contra quedas em altura previstos na NR-18 de maneira preventiva, pois das 6 irregularidades encontradas, 4 são deste tipo. Corrobora com esta afirmativa o trabalho de Bridi *et al.* (2013, p. 54), que destacou as medidas de proteção contra quedas em altura como um dos 6 itens NR-18 que mais geram multas às construtoras brasileiras.

Quadro 1 - Irregularidades autuadas

AUTO (ITEM)	MOTIVO	CORREÇÕES	CUSTO
NR 18, item 18.29.1. Infração 3	Falta de ordem e limpeza	Manter a área limpa e desobstruída as vias de circulação, passagens e escadarias	R$ 3.048,12
NR 18, item 18.13.3. Infração 4	Falta de guarda corpo instalado no fosso do elevador	Enquanto não for instalado portas definitivas, deve-se ser instalado guarda corpo constituído de material resistente	R$ 4.076,48
NR 18, item 18.14.21.13. Infração 4	Falta de barreira ao lado do elevador de 1.8m de altura	Instalar barreira de 1,8m nas laterais da cancela do elevador	R$ 4.076,48
NR 18, item 18.13.9. Infração 4	Tela de proteção do perímetro da área do prédio	Quando subir a estrutura e alvenaria deve-se instalar rede de proteção em todo seu perímetro	R$ 4.076,48
NR 18, item 18.13.7. Infração 4	Falta de plataforma principal	Instalar uma plataforma principal na 1ª laje medindo 2,50 de comprimento, inclinada 0,80 cm, com angulação de 45°	R$ 4.076,48

NR 18, item 18.13.2. Infração 4	Falta de fechamento provisório resistente no piso	Fechar abertiuras nos pisos provisoriamente com material resistente	R$ 4.076,48
TOTAL DAS MULTAS			R$ 23.430,52

Fonte: O autor

6.3 Impacto no cronograma da obra

O embargo durou 15 dias corridos no período compreendido entre os dias 2 e 17de dezembro de 2014.

No referido momento a célula de produção da estrutura contava com 9 carpinteiros, 7 ferreiros e 12 serventes entre ajudantes de carpinteiros e montadores dos equipamentos de escoramento metálico. Deste número, 3 carpinteiros, 3 ferreiros e 7 serventes estavam cumprido aviso prévio, uma vez que a atividade de estrutura terminaria antes da data de término destes avisos. Restavam dois pavimentos para serem construídos, além da caixa de água, barrilete e um pórtico para fins arquitetônicos.

Devido ao embargo concomitante com a redução do quadro já prevista (mantida por motivos gerenciais com o intuíto de regularizar o fluxo de caixa, afetado com os dispendios resultantes do embargo), houve desmotivação dos operários e diminuição nos índices de produtividade (segundo os relatos da administração e dos operários entrevistados), resultando em atraso da atividade de construção da estrutura da torre em 45 dias corridos.

Por outro lado, o serviço de alvenaria externa, previsto no cronograma para o mesmo período, não sofreu atraso decorrente do atraso do serviço de estrutura, sendo executado em seu prazo planejado com porejuízo apenas dos 15 dias de embargo mencionados.

6.4 Impacto no orçamento da obra

A Tabela 2 apresenta os custos resultantes do embargo à obra, em consequência do não cumprimento aos requistos de segurança no trabalho exigidos na NR-18.

Os custos na folha de pagamento em decorrência dos 15 dias corridos com a obra paralisada somam o valor de R$ 74.612,42, já contabilizando 125% de encargos sociais.

O atraso do serviço de estrutura, de 45 dias corridos, resultou no custo de R$ 45.765,34, decorrentes do custo com a folha de pagamento e descontando-se o custo médio de mão-de-obra obtido nos 16 outros pavimentos Tipo.

O pagamento das multas cálculadas segundo a NR-18 resultantes do não cumprimento das exigências da referida norma (ver quadro 2) totalizam R$ 22.430,52.

Os valores acima são relativos a mão de obra e multas, entretanto, não foram computados os custos referentes aos materiais utilizados para correção das irregularidades, pois, entendeu-se que obter este valor não

jusitificava os esforços necessários para obtê-lo, visto que naturalmente o embargo não era previsto e, por este motivo, foram utilizados os materiais disponíveis para a correção das irregularidades, cujo rastreio é dificultado

Constam ainda na somatória os custos com água e luz (R$ 568,18) e segurança (R$ 346,75) durante os 15 dias de embargo.

Quadro 2 - Resumo do impacto financeiro em decorrência do embargo

ITEM	SITUAÇÃO	VALOR
Paralisação em decorrência do embargo	15 dias de atividades paralisada para adequação às normas	R$ 74.612,42
Atraso no cronograma na atividade de estrutura	45 dias de atraso	R$ 45.765,34
Multas	Multas devido a seis autos de infração	R$ 22.430,52
Custo com água e luz do mês de dezembro 2014	Quinze dias corridos	R$ 568,18
Segurança patrimonial	Quinze dias corridos	R$ 346,75
TOTAL		R$ 143.723,21

Fonte: O autor

6 CONCLUSÕES

É notório o avanço das melhorias em Segurança Ocupacional, principalmente nas empresas de médio e grande porte do município de Belém, porém ainda há um cenário preocupante refletido pelo número de acidentes do trabalho no setor e pelo número de embargos de obras nos últimos anos na cidade.

Para uma eficaz aplicação de ferramentas de gestão de obras, a gestão de Saúde e Segurança Ocupacional deve estar presente no dia a dia da obra e enraizada em toda hierarquia da empresa, desta forma evitar-se-á dias parados e desperdícios de tempo devido a acidentes de trabalho ou embargos de obra.

É importante uma previsão orçamentária para a aplicação de requisitos mínimos de Segurança da obra, uma vez que a obra deve ser munida de equipamentos de proteção coletiva, equipamentos de proteção individual, laudos técnicos de engenharia de segurança para maquinas e equipamentos e treinamentos de qualificação em segurança para os empregados.

No que se refere a segurança do trabalho na construção civil a Norma NR-18, é o principal instrumento legal para a aplicação dos requisitos mínimos de segurança do trabalho. Determinando para cada setor de um canteiro de

obras o mínimo necessário, solicita projetos e memoriais de cálculos das proteções coletivas e fornece as características mínimas para essas proteções.

É importante frisar que a fiscalização por parte do Ministério do Trabalho em Belém, tem se mostrado rigorosa, principalmente depois do registro de acidentes fatais na construção civil da cidade nos últimos anos, não permitindo assim desídia em relação a aplicação do mínimo legal exigido pelas normas regulamentadoras. Multas embargos tornaram-se comuns nas primeiras auditorias do órgão no município que no ano de 2014 e início de 2015.

O presente trabalho concluiu que não é viável a desídia aos requisitos de saúde e segurança ocupacional em detrimento de economia, prazo ou produtividade em um canteiro de obras de edifício. Ao tentar economizar parte dos R$ 45.000,00 previstos no orçamento para o funcionamento do PCMAT, gerou-se um prejuízo de R$ 143.723,21 e um atraso de 45 dias no cronograma da atividade de estrutura.

A paralisação devida a embargos geram atrasos no cronograma, aumento de despesas indiretas com administração da obra, desmotivação dos operários, diminuição nos índices de produtividade e consequente influencia no orçamento da obra, onerando o mesmo de forma evidente prejuízo a integridade e a vida humana.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, R. P. **Sistemas de gestão em segurança e saúde no trabalho:** uma ferramenta organizacional. Santa Catarina, Joinville: UDESC 2006. Originalmente apresentada como monografia de especialista em Segurança do Trabalho, Universidade de Santa Catarina, 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-18**: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Brasília: MTE, 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-35**: trabalho em altura. Portaria SIT n.º 313, de 23 de março de 2012. Brasília: MTE, 2012.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. **Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991**. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Brasília, DF, 24 de jul. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm>. Acesso em: 15/04/2016.

BRIDI, M. E.; FORMOSO, C. T.; PELLICER, E.; FABRO, F.; VIGUER CASTELLO, M. E.; ECHEVESTE, M. E. S. Identificação de práticas de gestão da segurança e saúde no trabalho em obras de construção civil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p.43-58, 2013.

GAMBATESE, J.; BEHM, M.; RAJENDRAN, S. Design's Role in Construction Accident Causality and Prevention: perspectives from an expect panel. **Safety Science**, v. 46, n. 4, p. 675-691, 2008.

PEREIRA, Eduardo da Silva. **Análise das estatísticas de acidentes do trabalho na construção civil.** v. 26, n. 07, 2014

LIMA, Luciana Belo de. *Et al*. A relação entre segurança no trabalho e produtividade dos funcionários de um canteiro de obras em João Pessoa/PB. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 22, p.51-60, Outubro, 2013

MEDEIROS, E. G. **Análise da qualidade de vida no trabalho:** um estudo de caso na área da construção civil. Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS 2002. 138 p. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

MOHAMED, S. Empirical investigation of construction safety management activities and performance in Australia. **Safety Science**, v. 3, n. 33, p. 129-142, Dezembro, 1999.

SANTOS, Bruna Leal; CATAI, Rodrigo Eduardo. Análise dos acidentes do trabalho ocorridos na construção civil no estado do paraná no período de janeiro à setembro de 2013. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15. 2014, Alagoas. **Anais eletrônicos...** Maceió: ANTAC, 2014. p. 1277-1286. Doi: http://doi.org/10.17012/entac2014.413

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO **–** CBIC. Disponível em: <www.cbic.org.br>. Acesso em 19 de novembro de 2012>. Acesso em: 15/04/2016.

Informativo econômico: Brasília: CBIC, 2011. Disponível em: <www.abicdados.com.br/file/textos/064.pdf Acesso em: 04 de agosto de 2012>. Acesso em: 15/04/2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO EM AUXÍLIO ÀS INSPEÇÕES DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO[1]

SOUZA, José Roberto de Farias (1); OLIVEIRA, Andrey Palmeira (2); PALMEIRA, Heitor (3); WEBER, Adriana de Oliveira Santos (4)

(1) UFAL, e-mail: fsjoseroberto@gmail.com; (2) UFAL, e-mail: andrey.palmeira@gmail.com; (3) UFAL, e-mail: heitorbpp@gmail.com; (4) UFAL, e-mail: os.adriana@gmail.com

RESUMO

A utilização dos VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) tem se apresentando benéfica nas mais diferentes atividades industriais que envolvem inspeção e acompanhamento de atividades de campo. Dessa forma, tendo em vista o alto índice de acidentes trabalhistas na indústria da construção civil, esta pesquisa tem por objetivo analisar como um VANT pode auxiliar na execução de inspeções de Saúde e Segurança do Trabalho (SST), focando em sua melhoria. Caracterizado por ser um projeto de experimentação prática, este foi desenvolvido com base na metodologia científica, considerando a sequência do seguinte procedimento: (a) identificação da atividade a ser melhorada, (b) revisão literária, (c) desenvolvimento de hipóteses, (d) coleta e análise de dados e, por fim, (e) verificação da consistência das hipóteses. O equipamento utilizado para captura de fotografias e produção de vídeos foi o *DJI Phantom 2 Vision Quadcopter*. A partir da análise de dados coletados em uma obra vertical de duas torres e em uma obra horizontal de loteamento, pôde-se constatar que o tempo de inspeção de SST pode ser reduzido, bem como o risco a que os responsáveis por esta atividade estão submetidos.

Palavras-chave: SST. VANT. Acidentes. Melhoria.

ABSTRACT

The use of UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) has been beneficial in different industrial activities that are related to inspection and monitoring of field activities. Thus, considering the high rate of labor accidents in the construction industry, this research aims to analyze as a UAV can assist in the execution of the Health and Safety inspections (SST), focusing on its improvement. Characterized by being a project of practical experimentation, it was developed based on scientific methodology, considering the sequence of the following: (a) identification of the activity to be improved, (b) literature review, (c) development of hypotheses, (d) data collection and analysis and, finally, (e) verification of the consistency of assumptions. The equipment used to capture photographs and produce videos was the DJI Phantom 2 Vision Quadcopter. From the analysis of data collected at a vertical construction zone of two towers and a horizontal construction zone of land allotment, it could be verified that the OSH inspection time can be reduced as well as the risk that the responsible for this activity are submitted.

[1] SOUZA, José Roberto de Farias; OLIVEIRA, Andrey Palmeira; PALMEIRA, Heitor; WEBER, Adriana de Oliveira Santos. Análise da Aplicação de Veículo Aéreo não Tripulado em auxílio às inspeções de saúde e segurança do trabalho. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: OHS. UAV. Accidents. Improvement.*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades econômicas de maior expressão no Produto Interno Bruto (PIB) em âmbito nacional e global. Contudo, os altos índices de retrabalho e desperdício são alarmantes, tornando este cenário rudimentar passível de melhoria.

Além de deter alarmantes índices de retrabalho e desperdício, a indústria da construção civil vem dividindo as primeiras posições do ranking de acidentes trabalhistas devido, principalmente, às questões gerenciais que estão ligadas ao descumprimento de legislações trabalhistas como forma de aumento da margem de lucro da atividade de construção. A baixíssima frequência de fiscalização também permite que tal ato ocorra.

Os VANTs, que têm se mostrando significativamente empregáveis na melhoria de diversas atividades civis, principalmente aquelas relacionadas às inspeções nos setores industriais, vêm ganhando bastante espaço no mercado da tecnologia e conquistando a confiança dos usuários. Suas características, tais como câmera de alta resolução, GPS integrado, relevante alcance e autonomia de bateria, transmissão de vídeo ao vivo etc., têm ajudado bastante em sua popularização para fins comerciais.

Frequentemente, as atividades de inspeção se mostram cansativas e de alto risco para os profissionais da SST que às executam. Diariamente, técnicos de segurança realizam inspeções em canteiros de obras extensos, focando seu tempo, principalmente, na detecção de não conformidades. Contudo, seria bastante interessante se a atividade de inspeção pudesse ser realizada de forma mais efetiva e mais rápida, permitindo que tais profissionais possam dedicar mais tempo na conscientização dos colaboradores à respeito de questões da SST e no reparo e prevenção de não conformidades.

Devido à expressiva potencialidade de aplicação de VANTs em serviços de inspeção, este trabalho tem por objetivo analisar, através de experimentos em campo, a viabilidade da utilização de VANTS em auxílio às inspeções de SST, levando em consideração a agilidade e a eficiência com que tais inspeções podem ser executadas com o auxílio de VANTs.

2 SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

No Brasil, milhões de trabalhadores sofrem acidentes ou adoecem anualmente em decorrência do seu trabalho. Apenas os casos apurados pelo Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS) têm totalizado mais de 700 mil infortúnios a cada ano. Contudo, esse indicador está muito distante do número efetivo de vítimas (FILGUEIRAS *et al.*, 2015).

Desde 1978, através da Portaria n. 3.214, do Ministério do Trabalho, o Brasil dispõe de um conjunto de Normas Regulamentadoras (NR) relativas à segurança e medicina do trabalho. Contudo, apesar das legislações em vigência, as estatísticas oficiais ainda registram índices elevados de

acidentes do trabalho (ALVARENGA, 2009).

Esse cenário de riscos e acidentalidade verificados no conjunto da economia brasileira parece ser ainda pior na construção civil. Segundo os indicadores oficiais disponíveis, a construção civil é a atividade econômica que mais mata trabalhadores no Brasil. Considerando apenas os empregados formalmente vinculados aos CNAES (Classificação Nacional de Atividade Econômica) que integram a Construção (Setor F) e os dados dos últimos Anuários Estatísticos de Acidentes de Trabalho (AEAT, 2010, 2011, 2012, 2013) do INSS, morrem mais de 450 trabalhadores no setor, a cada ano, no país (FILGUEIRAS *et al*., 2015).

Foi observado que a maioria desses acidentes em canteiros de obras são motivados por falhas administrativas (gerenciamento) e não de origem operacional (MENEZES; SERRA, 2003). O que ocorre é que muitos gestores não compreendem que o cumprimento das normas relativas à Saúde e Segurança do Trabalho agrega valor ao produto final. Por vezes, não incluem os custos de EPIs e EPCs no orçamento da obra e, quando o fazem, têm por objetivo evitar multas e processos judiciais provenientes, respectivamente, de órgãos competentes de fiscalização do trabalho e de representação da classe trabalhista, e não visando melhorar as condições de trabalho de seus clientes internos (colaboradores). Como alguns profissionais do setor não percebem o impacto da segurança do trabalho na produtividade da empresa, com frequência ela é deixada para um segundo plano (ROCHA; SAURIN; FORMOSO, 2000). O desconhecimento pelo meio técnico, a falta de conscientização dos operários e a pouca fiscalização por parte dos órgãos governamentais competentes também têm dificultado a aplicação da norma (MUTTI; OLIVEIRA; CASCAES, 2000).

O atendimento aos requisitos da NR-18 e demais exigências legais deve representar apenas o primeiro passo para se atingir melhor desempenho da gestão de segurança. Em que pese à importância da norma e da ação fiscalizadora, estudos que priorizem estratégias além das requisições normativas são necessários como meio complementar e auxiliar no atendimento da norma. Dentre esses estudos pode-se citar, por exemplo, o desenvolvimento de ferramentas de planejamento e controle da segurança em tempo real que considere os aspectos sistêmicos e complexos da segurança na construção (MALLMANN *et al*., 2009).

3 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) é um termo genérico que identifica uma aeronave que pode voar sem tripulação, normalmente projetada para operar em situações perigosas e repetitivas em regiões consideradas hostis ou de difícil acesso. Existe uma grande diversidade de tipos de VANTs, muitos deles ganhando ênfase na esfera civil e tornando-se uma opção válida no cenário comercial atual (FURTADO *et al*., 2008).

No Brasil, a Instrução Suplementar - IS Nº 21-002A da Agencia Nacional de Aviação Civil (ANAC), publicada em outubro de 2012, define VANT como:

> Aeronave projetada para operar sem piloto a bordo, que possua uma carga útil embarcada e que não seja utilizado para fins meramente recreativos. Nesta definição incluem-se todos os aviões, helicópteros e dirigíveis controláveis nos três eixos, excluindo-se, portanto, os balões tradicionais e aeromodelos (ANAC, 2012, p. 03).

Mesmo ganhando destaque na mídia por aspectos negativos, tais como a possibilidade de invasão de privacidade alheia, promoção de acidentes devido manipulação errônea etc., a utilização dos VANTs ainda permanece extremamente viável devido a alguns fatos apresentados por Irizarry e Costa (2016):

> Estes veículos aéreos não comportam um piloto, podem voar autonomamente ou ser pilotados remotamente. O conjunto de componentes necessários para realizar quaisquer atividades com a utilização de VANTs inclui uma estação de controle portátil para o operador e um ou mais deste veículo aéreo. Este conjunto possibilita a coleta e o processamento de dados através de vários sensores ou dispositivos de comunicação especializados. A maioria dos VANTs são capazes de transferir dados em tempo real para uma estação de controle; alguns têm capacidades adicionais a bordo de armazenamento de dados para tarefas avançadas de coleta de dados.

Segundo Melo e Costa (2015), atualmente no mercado existem dois tipos de VANTs, a diferença entre eles é basicamente o sistema aerodinâmico, podendo ser em asa fixa ou rotativa (como os quadricópteros).

Figura 1 – VANT com asa fixa



Fonte: Website da empresa Trimble

Figura 2 – VANT com asa rotativa



Fonte: Hallermann, Morgenthal e Rodehorst (2014)

Quadricópteros tem vantagens distintas em comparação com outros tipos de VANTs. Algumas das vantagens são o seu baixo custo de aquisição, operação e custos de manutenção, a sua flexibilidade para operar em pequenos trabalhos de topografia e a facilidade de operá-lo de forma confiável em modo autônomo e manual, e de mantê-lo sob controle em ambientes mais severos, onde o vento é bem mais forte, por exemplo (SIEBERT; TEIZER, 2014). Contudo, normalmente os modelos mais baratos, que podem ser encontrados por menos de $ 600,00 (seiscentos dólares) em sites como amazon.com e ebay.com, apresentam desvantagens extremamente relevantes que podem impedir a realização de uma atividade que exija

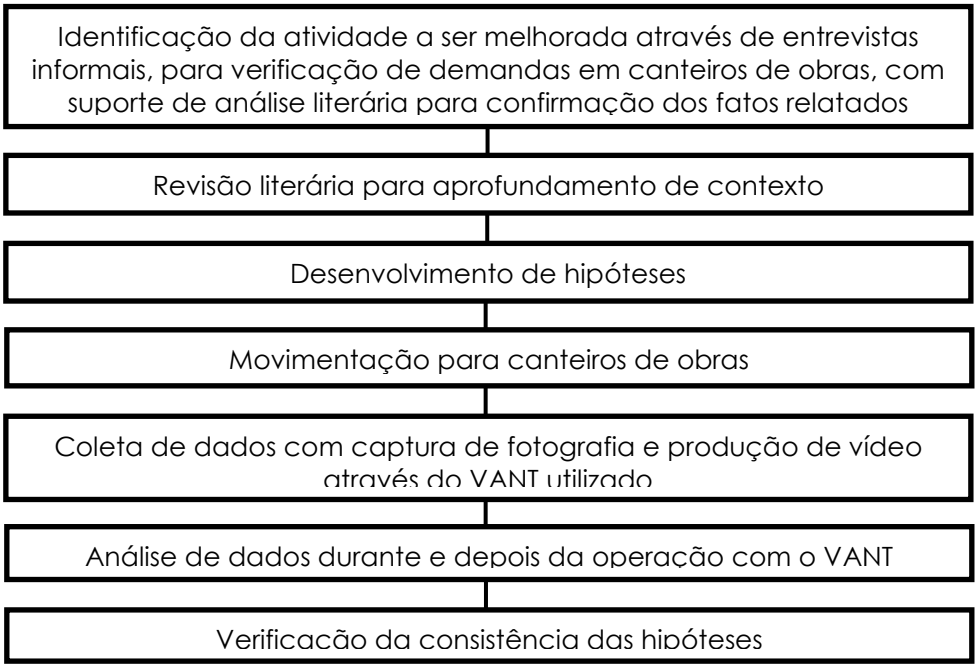
tempo de voo superior a 15 min e alcance superior a 500m, por exemplo. Neste caso, é comum que os operadores destes quadricópteros façam algum tipo de alteração nos mesmos, potencializando suas funções.

A aplicação deste equipamento está presente nas mais diversas atividades econômicos. Conforme Furtado *et al*. (2008) salienta, além de controlar queimadas, identificando-as e combatendo-as, essas aeronaves podem auxiliar no combate ao tráfico de drogas, ao desmatamento etc. Pode-se encontrar uma grande utilização de VANTs também nas atividades de inspeção de linhas elétricas, de tubulação de gás, de patologia em obras de arte da construção civil, entre outras.

4 METODOLOGIA

Uma vez que há a necessidade da confirmação da consistência de algumas hipóteses formuladas a partir do contexto que envolve atividades de inspeção de SST e VANTs, este projeto foi desenvolvido com base na metodologia científica, especialmente no método hipotético-dedutivo que, segundo Prodanov e Freitas (2013), tem início com problema ou lacuna no conhecimento científico, passando pela formulação de hipóteses e por um processo de inferência dedutiva, o qual testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela referida hipótese. A Figura 3 apresenta o procedimento metodológico base para desenvolvimento deste trabalho.

Figura 3 – Procedimento metodológico



As seguintes hipóteses foram formuladas a partir da experiência dos pesquisadores na operação de VANTs e da análise literária realizada:

1. os VANTS de baixo custo podem auxiliar na redução do tempo de inspeção periférica;

2. por motivos de segurança, inspeções no interior de construções não podem ser realizadas;
3. os itens das Normas Regulamentadores, localizados na periferia de um edifício em construção, a ser inspecionados podem ser visualizados através da transmissão de vídeo ao vivo em dispositivo móvel ou de fotos/ vídeos em desktops.

A partir de observações realizadas em canteiros de obras e da literatura analisada que trata de problemas de informalidade e inutilização de ferramentas para realização de uma inspeção mais precisa e mais eficiente, a atividade de inspeção de SST foi selecionada para este estudo.

Uma vez identificada a atividade para ser melhorada, a temática acerca da mesma foi contextualizada e tal atividade caracterizada, visando compreender melhor o objeto em estudo.

Sabendo do impacto positivo de VANTs em serviços de inspeção, hipóteses foram desenvolvidas, considerando que o mesmo equipamento pode melhorar a atividade em estudo.

Posteriormente, dados (como fotografias e vídeos aéreos) foram coletados e o desenrolar do processo de experimentação foi registrado para futura análise.

Finalmente, analisados todos os dados levantados, foi possível verificar a veracidade das hipóteses sobre a melhoria da inspeção de SST através da avaliação de itens como agilidade e eficiência da execução deste tipo de inspeção com e sem o auxílio de um VANT.

A obra (doravante denominada de X) utilizada para realização da fase de coleta de dados se encontra na cidade de Maceió-AL, está sendo desenvolvida por uma construtora de médio porte e possui duas torres. No entanto, houve a necessidade de realizar experimentações em uma obra (doravante denominada de Y) horizontal situada no município de Barra de São Miguel-AL, para discutir afirmações de que VANTs são empregáveis mais facilmente em obras horizontais do que em verticais.

O VANT utilizado nas experimentações é denominado *DJI Phantom Vision Quadcopter*. Considerado como VANT de baixo custo (seiscentos dólares), possui câmera de alta resolução (14 megapixel), transmissão ao vivo de vídeo, GPS integrado, alcance de 500m e autonomia de voo de 25 min. Foram necessários somente um operador e um ajudante para realizar a captura de imagens e produção de vídeos com tal veículo.

O software *Adobe Lightroom* foi utilizado para remover a distorção de lente presente nas imagens.

Fatores como agilidade na produção de imagens e vídeos, bem como a qualidade das mesmas, custo de equipamento e mão de obra, tempo de operação de VANT e eficiência deste processo, em geral, foram levados em consideração nas conclusões deste trabalho.

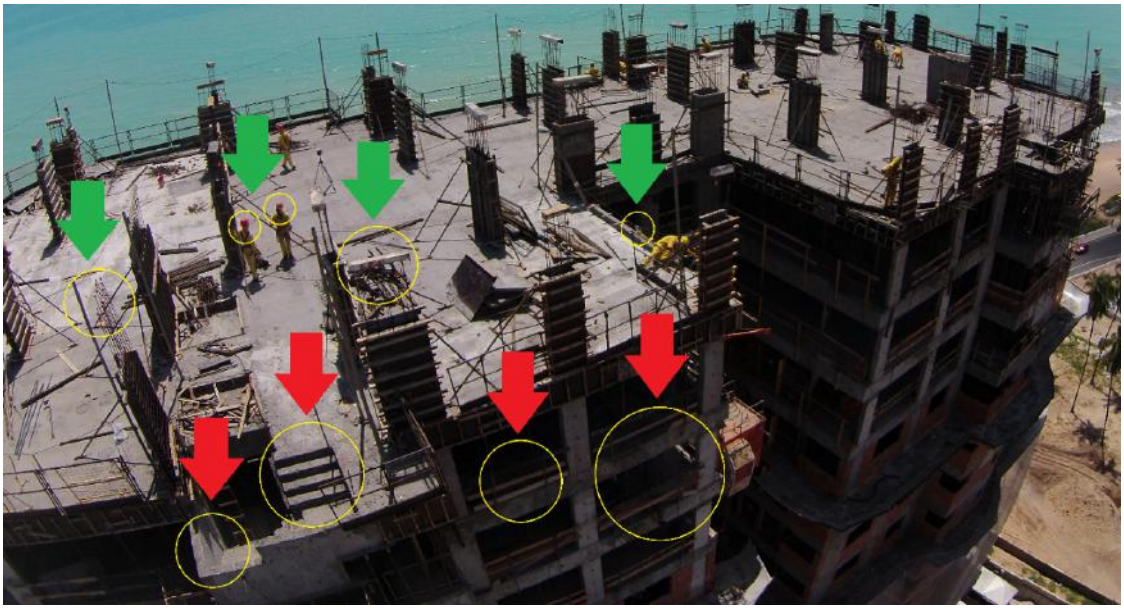
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma vez analisada a execução da inspeção de SST sem utilização de VANT, foi constatado que o técnico de segurança levou muito tempo para realizar uma inspeção no canteiro inteiro: ficou sujeito à disponibilidade do elevador cremalheira para ascender na construção; empregou significativa quantidade de tempo inspecionando a periferia de cada pavimento, pois é uma localidade de alto risco de acidente, mesmo encontrando dificuldades para observar elevadores, telas, bandejas e outros elementos encontrados na periferia das construções verticais; por vezes, colocou-se em risco elevado ao realizar inspeções na periferia da última laje, onde a adequação à NR-18 se encontrava mais precária.

De fato, ainda não existe VANTs que realizem mapeamento fotográfico manual ou automático com segurança dentro das construções: há muitos obstáculos em seu interior, a autonomia de voo dos VANTs mais populares ainda é relativamente baixa e descontinuidades na conexão podem ocorrer. Dessa forma, somente a periferia de uma das torres da obra X foi considerada na inspeção.

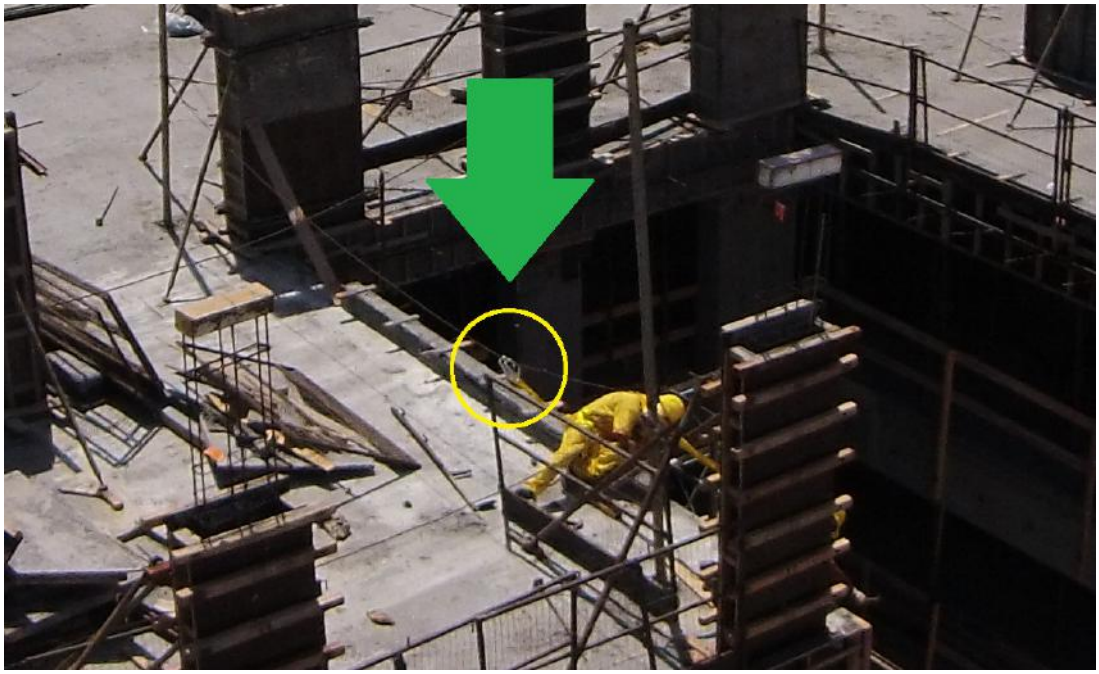
A Figura 4 se apresenta como elemento determinante na análise da consistência de hipóteses acima citadas. É possível identificar, através da mesma, diversas conformidades e não conformidades que estão destacadas com setas verdes e vermelhas, respectivamente. Não conformidades, tais como ausência de guarda-corpo na escada permanente, ausência de bandeja e de tela entre bandejas, de guarda-corpo periférico, foram algumas das detectadas destacadas. Também é possível observar a adequação a alguns itens da NR-18, tais como utilização de cinta de amarração, utilização de capacete, de fardamento, emprego de protetor de vergalhão etc.

Figura 4 – Conformidades e não conformidades identificadas através de fotografia capturada com VANT



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Figura 5 – Conformidade ampliada em fotografia



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Considerando que foi necessária a utilização de uma bateria, que proporcionou tempo de autonomia de voo de aproximadamente 22 minutos, para inspecionar a periferia e a última laje de uma das torres e identificar as não conformidades, é possível afirmar que a primeira hipótese é verdadeira: uma inspeção realizada por um técnico de segurança em quase todas as localidades de cada pavimento da mesma torre da Figura 4 durou cerca de uma hora e meia. Certamente, a quantidade de itens das Normas Regulamentadoras inspecionadas sem o auxílio do VANT foi bem maior, pois o técnico pôde observar cada pavimento em sua totalidade, porém o tempo de inspeção na periferia através da transmissão de vídeo ao vivo com captura de imagens e produção de vídeos levou um tempo significativamente mais baixo. O fato é: se a mesma inspeção periférica for executada por um técnico com um VANT e outro sem o auxílio de um VANT, o primeiro levaria menos tempo para completar a atividade. É de exaltar-se também que grande quantidade dos itens de peso 4 (alto risco ou importância para saúde e segurança do colaborador) podem ser inspecionados a partir da periferia das construções.

Durante a execução da inspeção com o auxílio do VANT, houve alguns problemas de falha de conexão, onde a transmissão de vídeo foi cessada por alguns pequenos intervalos de tempo. Sem dúvida, os VANTs mais baratos possuem capacidade de alcance menor e são mais suscetíveis a falhas. É indicado que seja feito um upgrade no VANT utilizado: aumento de ganho através da utilização de antenas mais potentes.

Como já explanado acima, não foi possível realizar inspeções dentro dos

apartamentos, indicando que a segunda hipótese é verdadeira.

As Figuras 4 e 5 deixam claro que é possível detectar a presença ou não de conformidades, tornando a terceira hipótese verdadeira. Contudo, é indicado que o operador do VANT faça uso de um *iPad* ou *tablet* de tamanho similar ao que Irizarry, Gheisari e Walker (2012) sugerem, principalmente quando se trata de transmissão de vídeo ao vivo.

A partir dos experimentos realizados na obra horizontal Y foi possível confirmar que quanto maior é a área da obra, mais vantajoso é o uso de VANTs. No entanto, é extremamente necessário verificar o alcance máximo do equipamento para que nenhum evento inesperado ocorra.

6 CONCLUSÕES

Os VANTs podem ser empregados em auxílio à execução da inspeção de SST. Contudo, o técnico de segurança não deve se privar de inspecionar as localidades internas das edificações. Foi possível identificar não conformidades e conformidades através de imagens capturadas por um VANT considerado de baixo custo, o que significa que as construtoras podem investir nesse tipo de equipamento para aprimorar sua gestão de SST, atentando para a melhoria das condições de trabalho de seus clientes internos e evitando a ocorrência de multas.

Uma vez que este trabalho lida com uma linha de pesquisa relativamente nova e carente de literatura, tal estudo promove fortalecimento literário do contexto apresentado.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). 2012A. Instrução Suplementar - **IS Nº 21-002 Revisão A**, 4 OUT 2012 (ANAC). Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2012/IS%2021-002A.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2016.

ALVARENGA, F. C. **Verificação da Aplicação da NR 18 nos Canteiros de Obra da Cidade de Belém/PA. 2009**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, UFPA, Belém - PA.

FILGUEIRAS, Vitor Araújo *et al.* **Saúde e segurança do trabalho na construção civil brasileira**. Aracaju: J. Andrade, 2015. 192p.

FURTADO, V. H.; GIMENES, R. A. V.; CAMARGO JÚNIOR, J. B.; ALMEIDA JÚNIOR, J. R. Aspectos de segurança na integração de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no espaço aéreo brasileiro. In: SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO, 7., 2008, Rio de Janeiro. **Anais…** Rio de Janeiro, 2008. p. 506-517.

HALLERMANN, N.; MORGENTHAL, G; RODEHORST, V. Vision-based deformation monitoring of large scale structures using Unmanned Aerial Systems. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BRIDGE AND STRUCTURAL ENGINEERING, 37., 2014, Madrid. **Anais…** Madrid, 2014.

IRIZARRY, J.; COSTA, D. B. **Potential Applications of Unmanned Aerial Systems for Construction Management Tasks**. Disponível em: < http://www.ieci.org/newsroom-and-insights/potential-applications-of-unmanned-aerial-systems-for-construction-management-tasks> Acesso em: 10 mar. 2016.

IRIZARRY, J.; GHEISARI, M.; WALKER, B.N. Usability Assessment of Drone Technology as Safety Inspection Tools. **Journal of Information Technology in Construction**. v.17, p. 194 -212. 2012

MALLMANN, B. S.; CAMBRAIA, F. B.; FORMOSO, C. T.; SAURIN, T. A. Avaliação do atendimento aos requisitos da NR-18 em canteiros de obra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 6., 2009, João Pessoa. **Anais**... João Pessoa: CEFET-PB, 2009.

MELO, R. R. S.; COSTA, D. B. Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para inspeção de logística em canteiros de obra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 9.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 6., 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2015. p. 674-681.

MENEZES, G. S.; SERRA, S. M. B. Evaluation of work conditions in the Brazilian civil construction industry. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT SYSTEMS: the challenge of integration, 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CII, 2003.

MUTTI, C. N.; OLIVEIRA, P. V. H.; CASCAES, L. F. **Segurança em canteiros de obras: Estudo comparativo entres as normas brasileiras e europeias e benefícios atingidos na sua implementação**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2000_E0025.PDF>. Acesso em: 11 mar. 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico**: **métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed., Novo Hamburgo - RS, Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo - ASPEUR Universidade Feevale, 2013. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book %20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2016.

ROCHA, C. A.; SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Avaliação da aplicação da NR-18 em canteiros de obras**. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/arquivos/E0013_00.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2016.

SIEBERT, S; TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. **Automation in Construction**. v.41, p. 1-14. 2014.

TRIMBLE. **Trimble UX5 Unmanned Aircraft System**. Disponível em: <http://www.trimble.com/Survey/ux5.aspx>. Acesso em: 12 jun. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSTA DE MELHORIA DO PROCESSO DE TRANSPORTE VERTICAL DE COMPONENTES DA FACHADA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS ATRAVÉS DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR: UM ESTUDO DE CASO[1]

MAIA, Alessandra Tourinho(1); DAVET, André (2); FENILI, Bruno Moreira (3); TEZIN, Yuri de Paula (4)

(1) UP, e-mail: alessandra.tourinho@up.edu.com; (2) UP, e-mail: davet.eng@hotmail.com; (3) UP, e-mail: bmfenili@hotmail.com; (4) UP, e-mail: yuritezin89@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem como objeto de estudo o processo de transporte vertical de componentes da fachada de um edifício residencial de múltiplos pavimentos, localizado na cidade de Curitiba/PR. O elevador cremalheira foi utilizado como principal meio de transporte de materiais, e, por diversas vezes identificou-se um conflito entre as atividades de movimentação vertical gerado pelo atraso no abastecimento de materiais aos diferentes pavimentos. Diante do exposto, apresenta uma proposta para a melhoria do transporte vertical dos componentes da fachada, por meio da utilização de ferramentas da qualidade e da aplicação dos princípios da filosofia *Lean Construction*, destacando a ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor cujo objetivo é reduzir a parcela de atividades ou etapas de processos que não acrescentam valor ao produto final. Como resultado final, o artigo exibe o mapa do estado futuro e o plano de implementação, que consiste em uma proposta de melhoria com o intuito de tornar o sistema mais eficaz através de recomendações práticas da aplicação de ferramentas da *Lean Construction*: *Kanban*, Gestão Visual, *Total Productive Maintenance*, *Takt Time*, Operações Padronizadas e Cinco S.

Palavras-chave: Transporte vertical. Fachada. *Lean Construction*. Mapeamento de fluxo de valor.

ABSTRACT

This paper has as object of study the vertical transport process of the frontage components of a residential building with multiple floors, located in Curitiba / PR. The rack & pinion elevator was used as the main transport of materials, and on several occasions identified a conflict between the vertical movement activities generated by the delay in the supply of materials to the different floors. Therefore, the paper submits a proposal to improve the vertical transport of the frontage components, through the use of quality tools and application of the principles of the philosophy Lean Construction, highlighting the Value Stream Mapping Tool aimed at reducing the share activities or process steps that add no value to the final product. As a final result, the paper shows the future state map and implementation plan, consisting of

[1] MAIA, Alessandra Tourinho; DAVET, André; FENILI, Bruno Moreira; TEZIN, Yuri de Paula. Proposta de melhoria do processo de transporte vertical de componentes da fachada de um edificio residencial de múltiplos pavimentos através do mapeamento de fluxo de valor: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

a proposal for improvement in order to make the system more effective through practical recommendations applying the Lean Construction tools: Kanban, Visual Management, Total Productive Maintenance, Takt Time, Standard Operations and Five S.

***Keywords**: Vertical transport. Frontage. Lean Construction. Value Stream Mapping Tool.*

1 INTRODUÇÃO

Frente ao atual cenário do mercado imobiliário brasileiro de empreendimentos residenciais, em que as perspectivas não são favoráveis, a competitividade entre as empresas do setor tende a aumentar. Em função dessa realidade, as empresas têm buscado métodos de gerenciamento que tem como objetivo o aumento da produtividade, o cumprimento de prazos de entrega e a redução de custos, sem a perda da qualidade do produto final disponibilizado ao cliente.

Tais características foram observadas no empreendimento objeto deste estudo, um edifício residencial de alto padrão, composto por duas torres de seis pavimentos, localizado na cidade de Curitiba/PR, com orçamento total de R$ 29.787.351,57, sendo destinados 5,73% desse montante para a execução dos 7.023,77m² de fachada.

Segundo Gonçalves (2014) a vedação da fachada é uma etapa de extrema importância para a valorização de um empreendimento imobiliário, pois, além da função estética e funcional, é um subsistema relevante quanto a custos, prazo e qualidade, pois outros subsistemas estão diretamente ligados a ela, tais como: a impermeabilização, a instalação de piso cerâmico, a instalação de contramarco, a execução da pintura, dentre outros.

Durante a execução da fachada da primeira torre, observou-se, além do desperdício de materiais, um atraso de 60 dias no cronograma previsto ocasionado por falhas no planejamento e execução da estrutura, que impactou na espessura do revestimento da fachada (reboco). O elevador cremalheira foi utilizado como transporte principal de materiais, tanto para a fachada quanto para acabamentos internos e por diversas vezes identificou-se um conflito entre as atividades de movimentação, ocasionado pelo atraso no abastecimento de materiais aos diferentes pavimentos.

Tal cenário motivou a realização deste trabalho, pautado na análise dos problemas e interferências existentes no transporte vertical de componentes da fachada de um empreendimento residencial de múltiplos pavimentos e na busca por ferramentas de gestão da qualidade voltadas ao aprimoramento de processos, de forma a tornar a operação de movimentação vertical mais eficaz, com o intuito de reduzir tempo, desperdícios e custos, visto que há uma tendência errada ao se economizar com o subdimensionamento dos equipamentos de elevação e transporte, o que acaba ocasionando um problema de congestionamento na obra e a consequente redução do rendimento que o elevador cremalheira poderia oferecer (CICHINELLI, 2012).

Diante do exposto, este artigo apresenta uma proposta para a melhoria do transporte vertical de componentes da fachada deste empreendimento, por meio da utilização de ferramentas da qualidade e da aplicação dos princípios da filosofia *Lean Construction*, com destaque para o Mapeamento do Fluxo de Valor, cujo princípio fundamental é reduzir a parcela de atividades ou etapas de um processo que não acrescentam valor ao produto final.

Como resultado final, ao verificar que o sistema atual de movimentação vertical de componentes de fachada apresenta deficiências operacionais, retrata o mapa do estado futuro, ou seja, o estado ideal que se deseja alcançar, e, um plano de implementação que consiste em uma proposta de melhoria com o intuito de tornar o sistema mais eficaz através de recomendações práticas da aplicação de algumas ferramentas da *Lean Construction* como o *Takt Time*, o *Kanban*, as Operações Padronizadas, a Gestão Visual, o Cinco S e a *Total Productive Maintenance*.

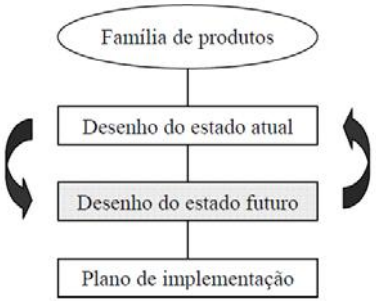
2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com o objetivo de beneficiar o setor da construção civil através de um sistema de gestão da qualidade de sucesso, como foi o Sistema Toyota de Produção, Lauri Koskela apresentou em 1992, o trabalho "*Application of the New Production Philosophy to Construction*", adaptando os conceitos de produção enxuta (*Lean Production*), desenvolvidos por Taiichi Ohno na Toyota, para a Construção Civil. Esta publicação despertou interesses de vários pesquisadores como Alarcón e Diethelm (2001), Formoso (2002), Picchi e Granja (2004) e Lorenzon (2008), contribuindo para a disseminação da filosofia. Este conceito baseado em uma produção sem a geração de estoques e desperdícios foi denominado de *Lean Construction*.

O mapeamento do fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta que auxilia na aplicação do princípio fundamental da filosofia *Lean Construction*, que é reduzir a parcela de atividades que não acrescentam valor, ou seja, reduzir as atividades que consomem tempo, espaço ou recursos, mas não contribuem para atender ao pedido do cliente (PASQUALINI, 2005).

Esta ferramenta tem por finalidade melhorar o desempenho de uma organização, uma vez que, através do mapeamento fornece uma visão global das atividades, o que permite identificar as etapas que podem trazer desperdícios ou gerar interrupções e propor ações para reduzi-los, ou até mesmo eliminá-los (ARANTES, 2008). A aplicação prática do mapeamento do fluxo de valor deve seguir as etapas apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Mapeamento do Fluxo de Valor



Fonte: Rother e Shook (1999)

Tendo em vista o fato de que o MFV é considerado a porta de entrada para a implementação da produção enxuta, pois possibilita visualizar o processo produtivo como um todo, identificando os desperdícios e apontando para onde se deve buscar melhorias, é através da aplicação das demais ferramentas e premissas da produção enxuta que se dá o plano de implementação (PASQUALINI, 2005).

O *Takt Time* é uma ferramenta que organiza o modo como a matéria prima é utilizada ao longo dos processos, alinhando com precisão o ritmo de produção das atividades a serem executadas, ou seja, o *Takt Time* pode ser definido como o ritmo necessário de produção para atender a uma determinada demanda, levando em consideração a capacidade do meio de produção (GRENHO, 2009).

O *Kanban* é um mecanismo que permite controlar a produção através de um sistema comandado pelo uso de cartões onde quem determina a fabricação de um novo lote é o consumo das peças realizado pelo setor seguinte. Ferramenta de fácil implantação, é um sistema autocontrolado que elimina a necessidade de emissão e controle de documentos, regula o fluxo de estoque de fabricação entre os postos de trabalho devido às diferenças de produtividade entre eles, produzindo apenas a quantidade solicitada no momento em que é solicitado (RIBEIRO, 1989; ARANTES, 2008).

Na indústria da construção civil, a Operação Padronizada tem a função de otimizar as atividades desenvolvidas, reduzir as improvisações e regular a relação de serviços interdependentes entre si, com o intuito de minimizar os desperdícios. Segundo Grenho (2009) a operação padronizada pode ser definida como um método efetivo e organizado de produzir sem perdas.

A Gestão Visual é uma das ferramentas mais eficazes para se administrar uma empresa. É um método simples que permite, através de uma rápida visualização, obter o posicionamento da situação real de um setor ou atividade a ser executada (FERRO, 2014). Segundo Melo et al (2013), a aplicação da gestão visual proporciona um efetivo e imediato *feedback*, com o intuito de oferecer informações acessíveis e simples, facilitando o trabalho diário de modo a criar o incentivo de se trabalhar com maior qualidade.

Aplicada à construção civil, a ferramenta Cinco S, tem como objetivo a organização e a disciplina, através da melhoria dos processos e métodos de trabalho e da redução de desperdícios (ARANTES, 2008).

A *Total Productive Maintenance* é uma filosofia que reúne práticas e técnicas destinadas a maximizar a capacidade dos equipamentos e processos que são utilizados pela companhia e visa não somente a manutenção, mas também todos os aspectos relacionados à instalação e operação dos equipamentos. Este processo, associado à produção em fluxo é essencial para a aplicação do *Lean Construction*, visando a eliminação de todos os desperdícios que as máquinas podem provocar e possibilitando a implementação de um sistema de produção eficiente (DAVIS, 1995 apud GEREMIA, 2001; ARANTES, 2008).

3 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A estratégia metodológica adotada neste trabalho contemplou cinco etapas: a aplicação do 5W1H no processo de movimentação vertical de materiais, o desenho do mapa do estado atual, a análise dos fatores de impacto no processo de movimentação vertical através da elaboração de um diagrama de Causa e Efeito, o desenho do mapa do estado futuro e o desenvolvimento plano de implementação.

3.1 Aplicação do 5W1H na movimentação vertical de materiais

A primeira etapa consistiu na realização de um diagnóstico de campo e na coleta e análise das informações, indicadores e dados históricos acerca do processo de movimentação vertical da obra. Mediante esta análise, identificou-se que o ciclo de movimentação vertical de materiais componentes da fachada é constituído por cinco etapas principais e quatro etapas intermediárias.

Em seguida, através do emprego do 5W1H, uma ferramenta extremamente útil que ao ser aplicada tende a eliminar qualquer dúvida dos envolvidos em um determinado processo ou atividade quanto ao seu desenvolvimento, elaborou-se um esboço que permitiu a visualização deste ciclo de movimentação vertical, bem como a identificação dos demais materiais movimentados de forma simultânea: o gesso e os resíduos gerados (caliça), através da análise das cinco questões contempladas pela metodologia: O quê? (*What*), Quem? (*Who*), Quando? (*When*), Onde? (*Where*), Por quê? (*Why*) e Como? (*How*), apresentadas no (Quadro 1).

Quadro 1 – 5W1H

	ETAPA 1 Recebimento de Materiais	Etapa Intermediária 1 - 2	ETAPA 2 Armazenamento de Materiais	Etapa Intermediária 2 - 3	ETAPA 3 Preparo da Argamassa	Etapa Intermediária 3 - 4	ETAPA 4 Transporte Vertical	Etapa Intermediária 4 - 5	ETAPA 5 Utilização dos Materiais
WHAT	Chegada dos materiais componentes da fachada / gesso liso	Transporte horizontal até o local de armazenamento	Estocagem de materiais	Transporte horizontal até a central de argamassa	Mistura dos componentes da fachada conforme traço definido	Transporte horizontal até a porta do elevador cremalheira	Transporte vertical dos materiais até a central de massa / pavimento de execução de gesso	Armazenamento do material na central de massa localizado na cobertura da torre/ posto de trabalho de gesso liso	Execução do revestimento externo da fachada / gesso liso sarrafeado
WHY	Conferir a conformidade dos materiais recebidos	Para armazenar o material de forma apropriada	Para conservar o material	Para que o material seja misturado e preparado para o uso	Para garantir as propriedades do material	Para que o material seja transportado verticalmente	Para abastecimento dos balancins / postos de trabalho nos pavimentos	Para agilizar o processo de abastecimento dos balancins	Para execução do revestimento externo
WHO	Apontador da construtora	Servente	Servente sob a supervisão do almoxarife	Servente	Pedreiro responsavel pelo manuseio da betoneira	Servente sob a supervisão do encarregado	Servente sob a supervisão do encarregado	Servente sob a supervisão do encarregado	Pedreiro responsavel pela execução do revestimento externo /gesseiro
WHEN	Conforme demanda de pedido	Após liberação do apontador	Sempre que há necessidade de estocagem	Conforme a demanda de produção	Conforme a demanda de produção	Conforme a demanda de produção	Conforme a demanda de produção	Conforme a demanda de produção	Conforme demanda de produção e cronograma
WHERE	Canteiro de obra	Canteiro de obra	Depositos localizados no térreo e 1º subsolo	Canteiro de obra	Canteiro de obra	Canteiro de obra	Pelo elevador cremalheira até a cobertura	Central de massa localizado na cobertura	Nos balancins / posto de trabalho de execução de gesso liso sarrafeado
HOW	Conferência entre ordem de compra / nota fiscal / material entregue	Com paleteiras manuais	O material é descarregado manualmente e organizado dentro do deposito	Com paleteiras manuais	O material é dosado conforme traço pre definido e após a conclusão da mistura é despejado em caixas metalicas com capacidade para até 0,33 m³	Com paleteiras manuais	Com paleteiras manuais pelo elevador cremalheira	O material é descarregado manualmente na central de massa	A massa é despejada em funis e conduzida atraves de dutos reforçados até o balancim, onde o revestimento será executado conforme o procedimento interno da empresa

Fonte: Os autores

3.2 Mapeamento do estado atual

O mapeamento de estado atual contemplou a elaboração de um desenho cujo objetivo era representar todo o fluxo de movimentação dos materiais que compõem a execução da fachada, em conjunto com os materiais dos demais serviços que utilizam a cremalheira como equipamento de movimentação vertical de forma simultânea: a execução do gesso liso e a descida de resíduos.

Para a construção do mapa de estado atual foi necessário coletar dados acerca de todas as etapas que envolvem os processos de execução do emboço externo da fachada, execução do gesso liso e serviços de limpeza de gesso e caliça, tais como: a quantidade de funcionários envolvidos em cada etapa, a demanda de produção, o recebimento de matérias-primas, as quantidades e volumes dos materiais movimentados e os tempos que envolviam cada uma destas etapas.

Estes tempos foram determinados através do emprego de três questionários. A Figura 2 ilustra o questionário utilizado para o levantamento dos dados na execução de emboço externo da fachada. Os outros dois questionários seguiram o mesmo padrão, com adaptações pertinentes a cada processo analisado.

Figura 2 - Questionário para o do emboço externo da fachada



SERVIÇO: EXECUÇÃO DO EMBOCO EXTERNO DA FACHADA DATA ____/____/____

ETAPA 1 - CHEGADA DO MATERIAL NA OBRA

Inicio do Descarregamento: _____

Término do Descarregamento: _____

Volume descarregado: _____

Local de Armazenamentto: ☐ Caixas (0,33 m³) ☐ Caçamba (5 m³)

Problemas encontrados durante o descarregamento:

ETAPA 2 - PREPARO DA MASSA

Quantidade de caixas produzidas no dia: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐ qtd: _____

Tempo de Mistura do Traço: _____

Local de Armazenamento: _____

Problemas encontrados durante o preparo:

ETAPA 3 - TRANSPORTE VERTICAL

Transporte Utilizado: _____

Tempo médio para subida do material para descarga: _____

Local descarregado: _____

ETAPA 4 - EXECUÇÃO DO SERVIÇO

Local de Aplicação da Massa: _____

Quantidade de Funcionário trabalhando na fachada: _____

Produtividade durante o dia: _____

Problemas encontrados durante a execução da Fachada:

Registro Fotográfico: ☐ Sim ☐ Não

Fonte: Os autores

Os questionários foram divididos em quatro etapas. A primeira etapa analisou o processo de entrega da matéria-prima principal na obra e os problemas encontrados durante a descarga. A segunda etapa procurou avaliar o preparo do material a ser utilizado e os problemas decorrentes deste processo. A etapa três mediu o tempo médio do transporte vertical dos componentes e a quarta etapa reuniu os dados referentes à execução do serviço propriamente dito.

Entretanto, para que a coleta de dados fosse representativa de todo processo, fez-se necessária a definição de um número mínimo de ciclos a serem medidos para cada um dos três serviços. A definição do número de ciclos medidos baseou-se no método de validação de coleta de dados apresentado por Martins e Laugeni (1998). Adotando-se um erro relativo de 5% e um nível de confiança de 95%, foram efetuadas 15 tomadas de tempo para cada um dos serviços analisados na movimentação vertical. A coleta de dados ocorreu no período compreendido entre os meses de maio e julho de 2015.

3.2.1 Desenho do mapa do estado atual

Para o desenho do MVF atual, o processo de fornecimento da argamassa de

revestimento foi dividido em três etapas:

Etapa 1 - Recebimento e armazenamento da massa branca: a programação de entrega de massa branca é feita diariamente pelo almoxarife da obra conforme a demanda de produção determinada pelo encarregado da empresa terceirizada responsável pela execução da argamassa de revestimento. O pedido formal é efetuado ao final do dia útil e a massa branca é entregue na manhã do dia seguinte. O material fornecido é armazenado, com o auxílio de três serventes, em caçambas com capacidade de 5 m³;

Etapa 2 - Preparo da argamassa de revestimento: o preparo é rigorosamente executado de acordo com o traço previamente definido. O cimento é transportado do depósito da obra até a central de argamassa por meio de paleteiras manuais e posteriormente misturado à massa branca nas betoneiras. A argamassa produzida é armazenada em caixas com volume de 0,33 m³. O tempo de preparo para cada caixa é de aproximadamente 13 minutos e o serviço é realizado por um pedreiro e dois serventes de uma empresa terceirizada. Diariamente são produzidas dez caixas de argamassa de revestimento;

Etapa 3 - Transporte vertical: o transporte da argamassa é realizado com o auxílio de dois serventes responsáveis pela movimentação da paleteira. O tempo médio de subida de cada caixa de 0,33 m³ até a cobertura é de 130 segundos. Diariamente, em média, são feitas dez viagens.

O processo de fornecimento de gesso liso também foi dividido em três etapas:

Etapa 1 - Recebimento de material: o fornecimento de gesso liso é programado a cada quinze dias. O material é fornecido em sacos de 40kg. Para o seu descarregamento e armazenagem são necessários cinco serventes;

Etapa 2 - Preparo da pasta: o preparo da pasta de gesso é feito apenas com a adição de água. O preparo da pasta leva aproximadamente sete minutos e é efetuado por dois serventes;

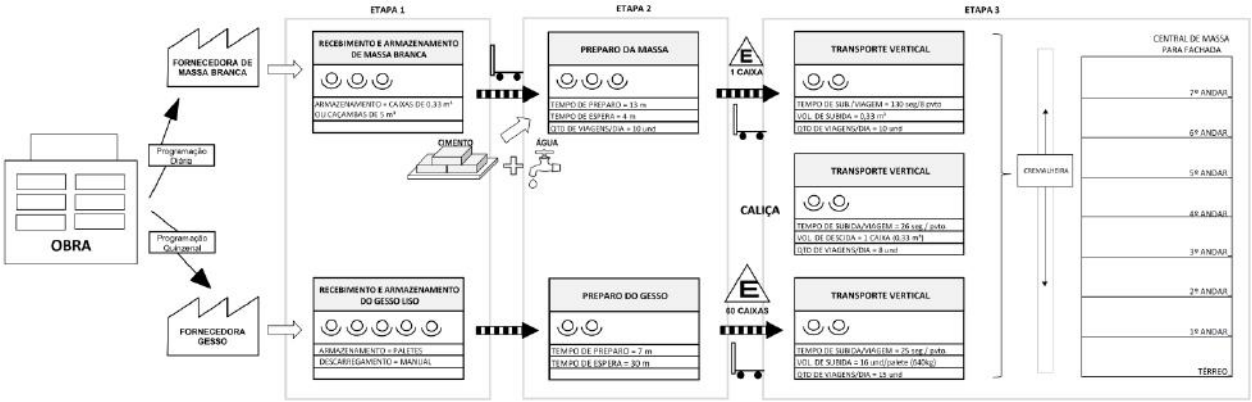
Etapa 3 - Transporte vertical: o transporte do gesso é feito em paletes que armazenam cerca de 16 sacos de 40 kg por viagem. Este transporte também é realizado com o auxílio de dois serventes que carregam o elevador cremalheira e descarregam o material nos respectivos andares. Diariamente são realizadas, em média, 15 viagens.

Por fim, o processo de descida dos resíduos gerados (caliça) contempla somente a etapa de movimentação vertical, uma vez que toda a caliça gerada em cada um dos pavimentos é transportada para o pavimento térreo. Diariamente são movimentadas oito caixas com capacidade de 0,33 m³. O transporte é feito com o auxílio de paleteiras manuais e o carregamento é feito por dois serventes.

A Figura 3 representa o desenho do mapa do estado atual do processo de

movimentação vertical de componentes da fachada.

Figura 3 - Mapa do estado atual



LEGENDA							
ICONE	DESCRIÇÃO	ICONE	DESCRIÇÃO	ICONE	DESCRIÇÃO	ICONE	DESCRIÇÃO
	Planta ou fábrica		Comunicação por meio eletrônico		Posto de Kanban		Processo de produção "puxado"
	Caixa de processo		Transporte por meio de paleteiras		Cartão Kanban		Processo de produção "empurrado"
	Operador envolvido no processo	E	Estoque	Programação Diária	Informação		

Fonte: Os autores

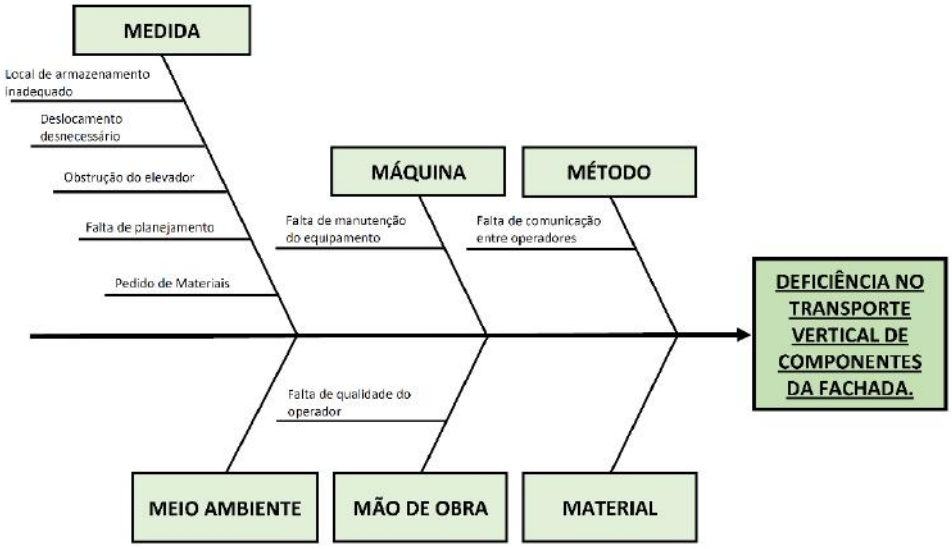
O desenho aponta que a produção e a movimentação vertical dos materiais seguem o sistema empurrado, ou seja, acontecem de acordo com a demanda originária da execução dos serviços.

3.3 Análise dos fatores de impacto no processo de movimentação vertical

Nesta etapa, a ferramenta de Ishikawa foi empregada com o objetivo de identificar os principais fatores que interferem na eficiência da movimentação vertical dos componentes de fachada. Sua aplicação consistiu na realização da análise de processos, classificando prováveis causas dos problemas (efeitos) que convergem para subcausas, desdobrando-as até um nível de detalhamento adequado a solução do problema (PALADINI, 1997).

A partir das observações efetuadas identificou-se um conjunto de causas, variações e fatores relacionados a cada uma das seis categorias propostas por Ishikawa (método, máquina, mão-de-obra, meio ambiente, medida e material) que de alguma forma contribuíram para originar o problema analisado, conforme representado na Figura 4.

Figura 4 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Os autores

Através da análise deste diagrama, conclui-se que a origem do problema da movimentação vertical de componentes da fachada, que impactou diretamente no cronograma e nos prazos de execução do empreendimento em estudo, não pode ser descrita por apenas uma única causa, mas, sim, por um conjunto de falhas e deficiências operacionais, de planejamento e de mão-de-obra, distribuídas em quatro das seis categorias analisadas: medida, máquina, método e mão-de-obra, que impactam o processo como um todo.

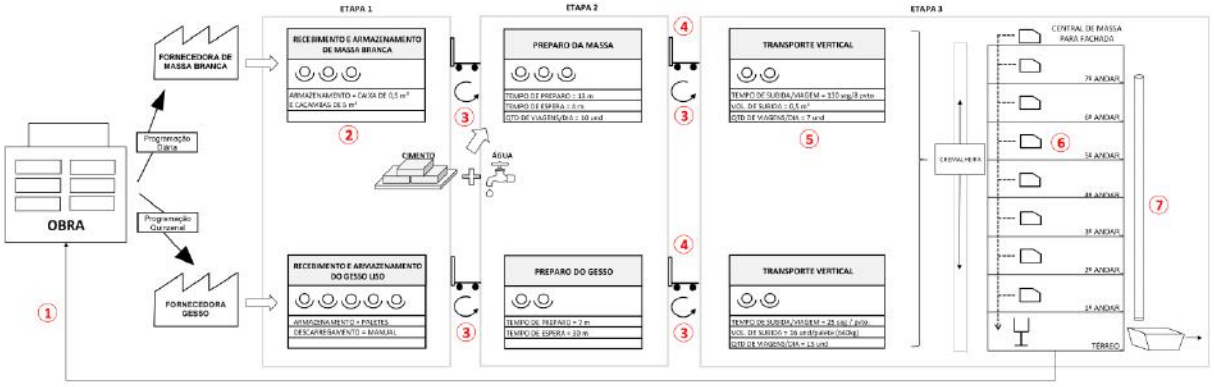
4 PROPOSTA DE MELHORIA

A proposta de melhoria apresentada contempla o mapa do estado futuro e o plano de implementação, que consiste na sugestão de aplicação de ferramentas da *Lean Construction.*

4.1 Mapeamento do estado futuro

Para a elaboração do mapeamento do estado futuro, levaram-se em consideração os problemas apresentados no mapa do estado atual, além das deficiências identificadas no diagrama de Ishikawa. Para uma melhor interpretação, descrevem-se, a seguir, detalhes acerca da implementação das sete melhorias sugeridas no mapa do estado futuro do sistema de movimentação vertical (Figura 5).

Figura 5 – Mapa do estado futuro

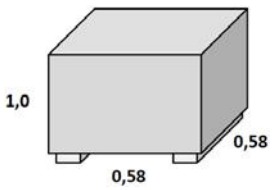


Fonte: Os autores

É importante ressaltar que o *layout* do mapa do estado futuro não foi alterado em relação ao mapa do estado atual, exceto pela inclusão de um duto para o transporte de caliça. Destaca-se, ainda, que, as modificações propostas no sistema não alteraram o número de funcionários envolvidos no processo uma vez que a proposta de melhoria tem como objetivo tão somente o aumento da produtividade do transporte vertical.

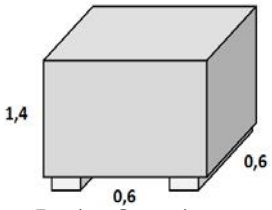
- Item 1: Com um sistema *Kanban* implantado e funcionando corretamente, a equipe de engenharia terá um maior controle sobre os materiais dentro do canteiro, evitando a ocorrência de falta de materiais na produção. A adoção da ferramenta *Takt Time* permite otimizar este processo;
- Item 2: Para uma maior produtividade, sugere-se um aumento no volume do recipiente de armazenamento de massa para fachada de 0,33 m³ para 0,50 m³, conforme indicado nas Figuras 6 e 7;

Figura 6 – Dimensões da caixa de 0,33 m³



Fonte: Os autores

Figura 7 – Dimensões para a caixa de 0,50 m³



Fonte: Os autores

- Item 3: Após a implantação do sistema *Kanban*, a produção passa a ser "puxada", ou seja, o ritmo de execução da fachada é quem dita a produção de matéria prima para execução dos serviços. Tal sistema tem como objetivo principal evitar o desperdício de materiais devido à falta de controle;
- Item 4: A alteração do sistema de produção elimina a formação de estoques de gesso e massa para fachada;
- Item 5: Com o aumento no volume do recipiente de armazenamento da massa, consegue-se uma redução no número de viagens da cremelheira por dia, que passa de 10 para sete;

- Item 6: O sistema *Kanban* está representado através do uso de cartões, posicionados em todos os andares e com a central localizada no pavimento térreo. Tal ferramenta visa acabar com os deslocamentos desnecessários e controlar a produtividade e a distribuição de materiais, sem desperdícios;
- Item 7: Com o objetivo de desafogar o elevador cremalheira e acelerar o processo de retirada de entulho do canteiro, sugere-se a implantação de um sistema de descida de resíduos através de dutos de caliça. Todo o material despejado seria direcionado às caçambas de modo a facilitar a retirada do resíduo pelos caminhões.

4.2 Plano de implementação

O plano de Implementação, apresentado no Quadro 2, foi elaborado de forma a sumarizar o conjunto de ferramentas da *Lean Construction* sugeridas com o objetivo melhorar o processo de movimentação vertical, com destaque para os problemas identificados, o objetivo da adoção de cada uma destas ferramentas, a fase de implementação e os resultados esperados.

Quadro 2 – Plano de implementação

PROBLEMA IDENTIFICADO	FERRAMENTA PROPOSTA	OBJETIVO	FASE A SER IMPLEMENTADA	RESULTADOS ESPERADOS
Local de armazenamento inadequado	***Total Productive Maintenance***	Aumentar a capacidade de armazenamento de materia prima dentro do canteiro e das caixas que transportam este material para a cobertura	No planejamento para execução do serviço	Ao aumentar o volume de armazenamento de massa branca na obra, diminui-se também o número de pedidos evitando possíveis atrasos na entrega. Aumentar o volume das caixas de 0,33 m³ tambem diminui o numero de viagens para a cobertura desobstruindo o elevador
Obstrução do elevador		Desafogar a demanda do uso do elevador	Durante todo o processo de transporte vertical de materiais	Evitar que toda a caliça gerada nos andares sejam transportadas para o térreo pelo elevador cremalheira. Sugerimos a utilização de métodos alternativos disponíveis no mercado como o duto de caliça para realizar este serviço
Falta de manutenção no equipamento		Manter os equipamentos com suas respectivas manutenções em dia	Sempre que houver o uso de equipamentos que necessitem de seu funcionamento para executar qualquer serviço	Garantir que o processo de execução do serviço não seja interrompido devido a falta de manutenção nos equipamentos
Deslocamento desnecessário + Falta de comunicação entre operadores.	***Kanban*** + **Gestão Visual**	Atender a demanda de materiais nos pavimentos evitando deslocamentos desnecessários alem de disponibilizar de forma clara a real situação da obra bem como suas necessidades	Durante todo o processo de execução da fachada	Evitar deslocamentos desnecessários e melhorar a comunicação entre operadores
Falta de planejamento	***Takt Time***	Controlar a produtividade de acordo com a demanda de serviço	Durante todo o processo de execução da fachada	Evitar desperdícios de materiais e atrasos no cronograma, bem como o aumento da produtividade
Falha no pedido de materiais	**Operações Padronizadas**	Trabalhar em conjunto com os princípios do *Takt Time* para auxiliar o pedido de materiais	Durante todo o processo de execução da fachada	Evitar que a produção pare devido a falta de matéria prima realizando o pedido no prazo conforme acordo com a fornecedora
Falta de qualidade do operador	**Cinco S**	Desenvolver o senso de autodisciplina em cada operador gerando hábitos que agregem valores ao processo	Sempre que houver material humano envolvido no processo	Concientizar o operador a realizar seu serviço da melhor maneira possivel

Fonte: Os autores

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho identificou-se, através da construção do mapa do estado atual, um conjunto de fatores que interferem na movimentação vertical dos componentes da fachada, dentre os quais destacam-se a adoção de um sistema empurrado na movimentação dos materiais, a constatação de que volume dos recipientes de transporte da argamassa impacta diretamente na produtividade do processo, bem como o fato do procedimento de programação da argamassa geralmente acarretar em atrasos na entrega do produto. Contudo, o resultado mais expressivo foi a constatação do impacto do processo de descida de resíduos na movimentação dos demais materiais.

Observou-se ainda que a produção é constantemente interrompida devido à problemas técnicos apresentados no elevador cremalheira e nas paleteiras, ocasionados pela falta de manutenção preventiva. Identificou-se, ainda, que a inexistência de um funcionário responsável pelo abastecimento dos balancins gera a interrupção da produção devido à falta do material nas frentes de trabalho.

Por fim, pode-se afirmar que a falta de comprometimento dos colaboradores responsáveis pela operação do elevador cremalheira, caracterizada por constante faltas e atrasos, geram frequentes paradas na produção, uma vez que o abastecimento dos materiais é interrompido.

Deste modo conclui-se que a origem da deficiência no transporte vertical de componentes de fachada não apresenta uma causa raiz, e sim, falhas e deficiências operacionais, de planejamento e de mão-de-obra que impactam o processo como um todo. A proposta de melhoria apresentada visa a eliminação destas falhas e deficiências, através da sugestão de aplicação de algumas ferramentas oriundas da filosofia Lean Construction: *Takt Time*, *Kanban*, Operações Padronizadas, Gestão Visual, "Cinco S" e *Total Productive Maintenance*, de forma isolada ou combinada às diferentes fases do processo de movimentação vertical de componentes de fachada.

REFERÊNCIAS

ALARCÓN, L.F.; DIETHELM, S. Organizing to Introduce Lean Practices in Construction Companies**. 9th International Workshop on Lean Construction**, National University of Singapore, Singapore, August, 2001.

ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves et al. **Lean Construction: filosofia e metodologias**. 2008.

CICHINELLI, Gisele. Transporte otimizado – Elevador de cremalheira pode ajudar a reduzir tempo de processos das construtoras. Revista **TÉCHNE**, edição 186. Junho de 2012.

FERRO, José Roberto. **Torne a Gestão Visual "Porque uma imagem vale mais do que mil palavras"**. Disponível em: < http://www.lean.org.br/colunas/11/Gilberto-Kosaka.aspx?id=215&c=11 >. Acesso em: 16 jun. 2015.

FORMOSO, C. T. Lean Construction: princípios básicos e exemplos. In: **Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras.** Porto Alegre, v. 15, p. 50- 58, 2002.

GEREMIA, Carlos Fernando. **Desenvolvimento de programa de gestão voltado à manutenção das máquinas e equipamentos e ao melhoramento dos processos de manufatura fundamentado nos princípios básicos do Total Productive Maintenance (TPM).** Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

GONÇALVES, Ricardo. A importância da fachada na arquitetura corporativa. **Revista Canteiro.** Editora PINI, junho de 2014.

GRENHO, Luís Filipe Santos. **Last Planner System e Just-in-Time na construção**. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2009.

LORENZON, I. A. **A Medição de Desempenho na Construção Enxuta: estudos de caso.** 2008. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). UFSC, São Carlos. 2008.

MARTINS, Petrônio G., LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção** 1ª, ed. São Paulo: Editora Saraiva, 1998.

MELO, Eduarda C., *et al.* Aplicação da gestão visual no setor produtivo da empresa Ynovacor Texturização LTDA. Revista **UNIFEBE**, v. 1, n. 12, 2013.

PALADINI, E.P.. A Gestão da Qualidade Total nas Organizações e a Escola Clássica de Administração. Anais do **ENEGEP** 97 – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre – RS, UFRGS, PPGEP, 1997.

PASQUALINI, Fernanda. **Fluxo de Valor na construção de edificações habitacionais: Estudo de caso em uma construtora de Porto Alegre/RS.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Construction sites: using lean principles to seek broader implementations. Proceedings…In. **12th Annual Conference on Lean Construction**, 2004, Elsinore. 2004

RIBEIRO, Paulo Décio. **Kanban: resultados de uma implantação bem sucedida**. Rio de Janeiro: COP Editora, 1989.

ROTHER e SHOOK (1999). **Aprendendo a enxergar**. 1.ed. São Paulo. Lean Institute Brasil.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE SETORIAL DO NÍVEL DE EFETIVIDADE DOS PROCESSOS GERENCIAIS DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

MAIA, Alessandra Tourinho (1); IAROZINSKI NETO, Alfredo (2)

(1) UP, e-mail: alessandra.tourinho@up.edu.br; (2) UTFPR, e-mail: iarozinski@utfpr.edu.br

RESUMO

Este artigo se propõe a analisar o nível de efetividade dos processos gerenciais as principais diferenças existentes entre os cinco principais subsetores de atividade da construção civil: residencial, industrial e comercial, infra-estrutura, serviços especializados e construção industrializada, por meio do *Process Classification Framework.* Para a concretização deste objetivo, o Método *Survey* foi escolhido como procedimento principal permitindo a obtenção de dados primários de forma sistematizada, através do emprego de um questionário em um grupo de 118 empresas de construção civil localizadas na região de Curitiba – PR. Os dados foram analisados por intermédio da estatística inferencial, com a aplicação da análise fatorial e análise discriminante. A análise fatorial segmentou as 34 variáveis avaliadas que compreendem os processos de operação e de gestão e suporte, determinadas com base na arquitetura PCF, em seis grupos, classificados como "Gestão de recursos e bens", "Gestão de indicadores de performance", "Gestão de processos comerciais", "Planejamento e execução", "Gestão da estratégia" e "Procedimentos de melhoria", em função das características comuns das variáveis que os representam. A análise discriminante destacou apenas o fator relacionado aos indicadores de performance como significante na diferenciação dos subsetores de atividade. De uma forma geral, os resultados mostram que o nível de efetividade dos processos é semelhante entre os cinco segmentos analisados, não havendo segmentos com um nível de desenvolvimento de destaque em relação aos demais.

Palavras-chave: Empresas de construção civil. Processos gerenciais. Análise multivariada.

ABSTRACT

This article aims to analyze the level of effectiveness of management processes of five subsectors of the Civil construction (i.e. residential, industrial and commercial, infrastructure, specialized services, and industrial construction.) and the *main differences between them through the Process Classification Framework. The Survey Method was selected as the main procedure for this study, and primary data was obtained by applying a questionnaire to 118 civil construction companies located in the city of Curitiba and its metropolitan area. Data were analyzed through inferential statistics by applying multivariate techniques of factor analysis and discriminant analysis. The factor analysis has segmented the 34 variables evaluated that comprise the operating and management processes and support, determined based on the PCF architecture in six groups, classified as "Management of resources and assets," "Management performance indicators", " Management of commercial processes "," Planning and execution "," Management of strategy" and " Procedures of*

[1] MAIA, Alessandra; IAROZINSKI NETO, Alfredo. Análise setorial do nível de efetividade dos processos gerenciais de empresas de construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

improvement", classified according to the common characteristics of the variables that represent them.

***Keywords**: Civil construction companies. Management processes. Multivariate analysis.*

1 INTRODUÇÃO

As estratégias organizacionais, seus fatores condicionantes e o nível de efetividade dos processos gerenciais têm sido objeto de estudos desenvolvidos com o propósito de ampliar o conhecimento acerca dos elementos determinantes do desempenho organizacional das empresas (GONÇALVES *et al.*, 2008).

Empresas são organizações criadas pelo homem e adaptadas ao meio ante determinadas circunstâncias, visando atingir objetivos específicos tais como lucro econômico e sobrevivência do negócio através da produção de bens ou serviços (ISIK et al., 2010; PELLICER et al., 2014).

Muito tem sido dito sobre a indústria da construção civil. Suas características particulares e a influência que exerce sobre a economia, em todo o mundo, são claras. As particularidades deste mercado são um grande desafio para todos os participantes desta cadeia, sobretudo quando as atuais crises da economia global têm um impacto muito forte sobre este setor, especialmente nos países em desenvolvimento (YOUNG, 2008).

Segundo Romano (2006), as empresas de construção civil, em sua grande maioria, não estão preparadas para o gerenciamento de seus processos de negócio e continuam a conduzir suas atividades sem uma estrutura organizacional adequada, conservando práticas gerenciais que são causadoras de significativos impactos em todo o processo.

A evolução que vem ocorrendo nos processos de negócio e aspectos relativos à estrutura organizacional de empresas de construção civil tem apontado fortemente para a priorização dos interesses dos clientes, entretanto este momento, relacionado à busca pela perenidade, requer das empresas a busca pela melhoria contínua dos processos de gestão (GRAETZ, 2006; PRADELLA, 2013).

Cabe ressaltar ainda que, na comunidade acadêmica, o entendimento de como ocorrem as pesquisas relacionadas a este tema ainda é precário, necessitando de uma melhor compreensão das tendências existentes e diretrizes para estudos posteriores (DE VASCONCELOS et al., 2013).

Posto isto, o presente artigo propõe reflexões acerca do nível de efetividade dos processos gerenciais adotados pelas empresas que atuam nos princiais subsetores de atividade da construção civil, uma vez que, observa-se na prática, que o maior ou menor nível de desenvolvimento e implementação destes processos está relacionado com o subsetor de atividade, com o porte e o tempo de atuação destas empresas no mercado.
Para tanto optou-se por delimitar a investigação a empresas de cinco diferentes segmentos de atividade da construção civil, localizadas na região de Curitiba, a saber: execução de obras residenciais, edificações industriais e

comerciais, obras de infra-estrutura, serviços especializados para a construção civil, fabricação de estruturas pré-moldadas em concreto armado e/ou artefatos de cimento para uso na construção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na concepção mais frequente, processo é qualquer atividade ou conjunto de atividades que toma um *input*, adiciona valor a ele e fornece um *output* a um cliente específico (GONÇALVES, 2000).

Segundo Paim et al. (2009), a estrutura organizacional influencia sobremaneira a forma como os processos de uma organização são gerenciados, uma vez que representa o modo como uma organização divide e coordena o trabalho para atingir um determinado propósito. Portanto, melhorar processos torna-se uma ação básica para as organizações responderem às constantes mudanças em seu ambiente de atuação, visando manter a competitividade do sistema produtivo.

Os sistemas de avaliação de desempenho são conjuntos articulados de indicadores que permitem realizar a gestão, a partir do seu acompanhamento, e a consequente tomada de ações gerenciais (PAIM et al., 2009).

As informações necessárias para a avaliação do comportamento das organizações e a melhoria do desempenho incluem, entre outras, aquelas relacionadas a clientes, produtos e serviços, operações, mercado e também a realização de comparações com concorrentes tidos como referenciais de excelência (SILVA et al., 2002).

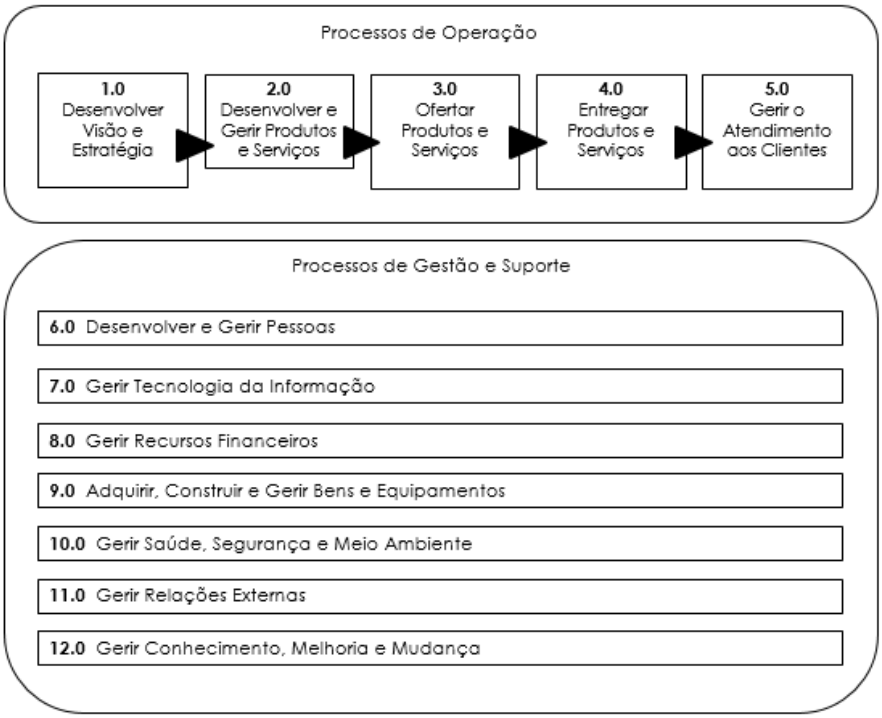
Devido à importância destas técnicas de gestão, as empresas procuram capturar as melhores práticas em bases de conhecimento e experiências já indexadas, através do uso de ontologias ou taxonomias (O'LEARY, 2009).

Uma das principais estruturas ontológicas para a classificação de processos é o modelo de Classificação de Processos, ou *Process Classification Framework* (PCF), desenvolvido pelo *American Productivity & Quality Center* (APQC) no início da década de 1990 (MULLER, 2003).

Este modelo desempenha o papel de uma taxonomia de processos de negócios que permite que as organizações controlem seus objetivos e comparem seu desempenho, interna e externamente, com organizações de qualquer setor, assim sendo, as organizações podem usar a terminologia comum do PCF para nomear, organizar e mapear seus processos (APQC, 2014).

Esta arquitetura é segmentada em 12 categorias de processos, representadas na Figura 1, que se decompõem em grupos de processos; os grupos de processos, em processos e os processos em atividades.

Figura 1 – Arquitetura PCF



Fonte: Adaptado de APQC (2014)

3 METODOLOGIA

O Método Survey foi escolhido como procedimento principal para a concretização desta pesquisa, permitindo a obtenção de dados primários de forma sistematizada, através do emprego de um questionário.

A população-alvo analisada é constituída por empresas de construção civil, localizadas na região de Curitiba, que têm como atividade principal um dos seguintes segmentos: execução obras residenciais, edificações industriais e comerciais, obras de infra-estrutura, serviços especializados para a construção civil, fabricação de estruturas pré-moldadas em concreto armado e/ou artefatos de cimento para uso na construção. Estes segmentos, respectivamente denominados de residencial, industrial e comercial, infra-estrutura, serviços especializados e construção industrializada, foram estabelecidos de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – versão 2.0 (CNAE) (2007), proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Em função do grande número de empresas com sede na região delimitada e da dificuldade de adesão da totalidade destas empresas à pesquisa, optou-se pelo método de amostragem não probabilística por conveniência.

O instrumento de coleta de dados adotado foi um questionário, segmentado em duas partes, desenvolvido com base nos instrumentos de pesquisa empregados recentemente por Yuki (2011) e Mainardes (2012). A primeira parte do questionário compreende a identificação do perfil da organização e do entrevistado. A segunda parte, contempla um conjunto de 34 questões, desenvolvidas com base na arquitetura PCF, divididas em 12

classificações, que compreendem os processos de operação e de gestão e suporte (Quadro 1).

Quadro 1 - Variáveis do nível de efetividade dos processos

N.	Variáveis
X58	Ambiente de atuação da empresa
X59	Análise das necessidades dos clientes
X60	Visão e posicionamento estratégicos
X61	Análise do desempenho interno com base em indicadores e/ou metas estratégicas
X62	Análise de desempenho dos produtos/ empreendimentos X oportunidades de mercado
X63	Existência de processo formal de elaboração e desenvolvimento de novos empreendimentos, produtos ou projetos
X64	Utilização de processos integrados de desenvolvimento de projetos ou produtos com tecnologia de informação
X65	Execução do planejamento e gestão do cronograma físico-financeiro
X66	Processo de marketing
X67	Processo de vendas
X68	Existência de plano formal para aquisição de materiais e serviços
X69	Gestão de estoques de matéria-prima
X70	Integração entre o planejamento dos setores comercial e de produção/execução
X71	Existência de planejamento, programação e controle de produção/execução de empreendimentos, produtos ou serviços
X72	Planejamento X disponibilidade de recursos materiais e mão-de-obra
X73	Existência de procedimentos formais para a execução de serviços ou fabricação de produtos
X74	Procedimentos de atendimento ao cliente
X75	Níveis de serviço para o atendimento ao cliente
X76	Estratégias e políticas efetivas de gerenciamento de recursos humanos
X77	Programa de remuneração variável
X78	Sistema de gestão de informações compatível com a estratégia de negócios
X79	Uso de tecnologia de informação nas relações estabelecidas com fornecedores e clientes
X80	Execução de planejamento e controle orçamentário
X81	Adoção da contabilidade de custos como fonte de informação de planejamento e controle
X82	Gestão da performance financeira com base em dados confiáveis
X83	Estratégia de gerenciamento de bens imóveis
X84	Políticas de manutenção contínua de ativos produtivos
X85	Análise e gestão dos riscos físicos associados à operação
X86	Avaliação dos impactos ambientais resultantes dos processos
X87	Gestão de programas de saúde, segurança e meio ambiente
X88	Gestão das relações com os *stakeholders*
X89	Gestão das questões legais, éticas e jurídicas
X90	Gestão da estratégia de desempenho organizacional
X91	Existência de programa de gestão do conhecimento

Fonte: Os autores

Os processos de operação contemplam questões referentes ao desenvolvimento de visão e estratégia, ofertar produtos e serviços, à entrega de produtos e serviços e à gestão do atendimento aos clientes. Já os processos de gestão e suporte compreendem: desenvolver e gerir pessoas, gerir tecnologia da informação, recursos financeiros, adquirir, construir e gerir bens e equipamentos, gerir segurança, saúde e meio ambiente, relações externas e, por fim, gerir conhecimento, melhoria e mudanças.

A mensuração quantitativa das respostas da segunda parte do questionário ocorreu por meio da adoção de uma escala de intensidade, ilustrada na Figura 2.

Figura 2 – Escala

1	2	3	4	5	6	7
Processo inexistente	Processo minimamente desenvolvido (ou em fase de implantação)	Processo pouco desenvolvido (ou parcialmente utilizado)	Processo desenvolvido (implantado e funcionando)	Processo bem desenvolvido (implantado e funcionando plenamente)	Processo muito desenvolvido (funcionando plenamente e estabilizado)	Processo altamente desenvolvido (funcionado plenamente, estabilizado e sendo constantemente aperfeiçoado)

Fonte: Os autores

É relevante considerar que, em função de erros de mensuração, como por exemplo, o viés de concordância em que os respondentes tendem a avaliar favoravelmente todos os atributos, o emprego de escalas acrescenta um caráter subjetivo às análises (SAMARTINI, 2006). Portanto, os resultados finais obtidos nesta pesquisa devem ser analisados como tendências e não como absolutos.

Cerca de 450 empresas foram convidadas a participar desta pesquisa, cuja meta mínima de amostragem era de 100 empresas. A coleta de dados foi realizada no período compreendido entre Novembro de 2013 e Julho de 2014.

15% da amostra foi obtida através do envio eletrônico de questionários auto administrados, gerenciados pela ferramenta Formulários Google, às empresas de construção civil, localizadas na região de Curitiba, integrantes da base de dados da Regional Sul da Associação Brasileira de Cimento Portland. Os demais questionários foram obtidos durante as aulas dos cursos pós-graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial cujos alunos integravam o quadro funcional de empresas que se adequavam na descrição da população-alvo.

É importante salientar que a pesquisa foi respondida por profissionais de diferentes níveis hierárquicos das empresas, imprimido certo caráter subjetivo aos dados. Do total de respondentes, 84% ocupavam cargos de diretores, gerentes, coordenadores, engenheiros e arquitetos ou asssessores e analistas. De todo modo, ressalta-se que o tempo médio de atuação desses respondentes nas respectivas empresas é de três anos, conferindo maior

autenticidade às informações. Segundo Perdigão et al. (2012), o caráter subjetivo das pesquisas tem sido apontado como uma de suas principais limitações pelo fato dos resultados não poderem ser generalizados nem projetáveis para a população, entretanto, ao mesmo tempo, os autores consideram que a subjetividade é o que garante a riqueza e a profundidade dos resultados.

Os dados coletados foram analisados por intermédio da estatística inferencial, com a aplicação de técnicas multivariadas de análise fatorial e análise discriminante. A ferramenta adotada para o desenvolvimento destas análises foi o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

3.1 Análise fatorial

De acordo com Bakke et al. (2008), este tipo de análise pode ser aplicada quando há um grande número de variáveis correlacionadas entre si, com o objetivo de identificar um número menor de novas variáveis alternativas, não correlacionadas, e que, de algum modo, sumarizem as informações principais das variáveis iniciais, sem perda significativa da informação contida nos dados originais.

Nesta pesquisa empregou-se um dos métodos mais comuns para a extração dos fatores: a Análise de Componentes Principais. Entretanto, um fator que deve anteceder a aplicação da análise fatorial é a análise de confiabilidade interna do *constructo* utilizado na obtenção dos dados (BAKKE et al., 2008). Um dos principais métodos que fornecem estimativas do grau de consistência de um instrumento é o Alfa de Cronbach (MAROCO e GARCIA-MARQUES, 2006).

A avaliação da adequação amostral e o desenvolvimento da análise fatorial empregados se deram através das seguintes etapas: análise da matriz de correlações, Teste KMO, Teste de Esfericidade de *Bartlett*, Matriz anti-imagem e comunalidades. Em seguida foram analisados o número de fatores retidos, através do Critério de Kaiser, e a Matriz de componentes rotacionados, após a rotação *Varimax*, e então, obtidos os escores fatoriais utilizados no desenvolvimento da análise discriminante.

3.2 Análise discriminante

De acordo com Gimenes e Uribe-Opazo (2003), a análise discriminante é uma técnica multivariada que permite descobrir as ligações que existem entre um caráter qualitativo, a ser explicado, e um conjunto de caracteres quantitativos explicativos.

A primeira etapa para a realização de uma análise discriminante envolve o teste das suposições relativas à análise multivariada: a normalidade multivariada das variáveis independentes, a homogeneidade das matrizes de variância e covariância e a ausência de multicolinearidade e linearidade das variáveis. Depois de verificados todos estes pressupostos, a próxima

etapa consiste em efetuar a análise preliminar das variáveis independentes, com o objetivo de verificar a existência de diferenças entre as médias e testar a significância das funções discriminantes, através do Teste de igualdade entre as médias, que revela o potencial de cada variável para separar os grupos, e do Lambda de Wilks, que oferece informações referentes às diferenças entre os grupos (BELFIORE et al., 2005).

A correlação canônica corresponde à razão entre a variação entre os grupos e a variação total e testa se as médias entre os grupos são diferentes. Valores próximos de 1,000 indicam que a função tem uma boa capacidade de discriminação (BURNS e BURNS, 2008).

Os autovalores segundo Maroco (2003), representam uma medida relativa de quão diferente os grupos são na função discriminante. O resultado pode gerar uma ou mais funções, cada qual correspondendo a um percentual da variância explicada em termos de diferenças entre grupos. Quanto mais afastados de 1,000 forem os autovalores, maiores serão as variações entre os grupos explicadas pela função discriminante.

O próximo teste de hipótese é o de Lambda de Wilks. Segundo Maroco (2003) esta verificação é empregada com o objetivo de testar a significância das funções discriminantes. Os coeficientes estruturais de Pearson, agrupados de acordo com a correlação dentro dos grupos, entre as variáveis explicativas e as funções discriminantes canônicas padronizadas, tem o objetivo de auxiliar na interpretação da contribuição que cada variável forneceu para cada função discriminante.

Uma das maneiras de se interpretar os resultados de uma análise discriminante é descrever cada grupo em termos de seu perfil, utilizando o valor médio do escore discriminante para uma determinada categoria de variável. Estes coeficientes, chamados centroides, são representados graficamente em um mapa territorial (MAROCO, 2003).

A análise das matrizes de classificação representa uma outra maneira de se avaliar a validade da análise discriminante. Uma vez obtida a função discriminante, calculam-se os escores discriminantes para cada observação, e, através da comparação com os valores dos centróides, reclassificam-se os elementos a partir das variáveis dependentes. A etapa seguinte consiste em comparar a variável reclassificada com seu valor original, obtendo-se um percentual de casos "corretamente classificados" (ANDREASSI e SBRAGA, 2001).

4 RESULTADOS

4.1 Análise fatorial

O Quadro 2 apresenta um resumo dos parâmetros avaliados nas diferentes estapas da análise fatorial.

Quadro 2 – Parâmetros da análise fatorial

Parâmetro	Objetivo	Referência	Nível de efetividade dos processos
Alfa de Cronbach	Avaliar a confiabilidade interna do constructo.	Mínimo ideal de 0,60 para pesquisas exploratórias. (NUNNALLY, 1994; MAROCO e GARCIA-MARQUES, 2006).	0,976 (boa confiabiliade interna)
Matriz de correlações	Verificar se existe correlação entre as variáveis.	Valores abaixo da diagonal da matriz > 0,30. (BELFIORE et al., 2005; BAKKE et al., 2008).	Todas as variáveis apresentam correlação linear entre si
Teste de KMO	Testar a adequação da amostra quanto ao grau de correlação parcial entre as variáveis.	0,80 a 0,90 (BOA) - 0,90 a 1,00 (MUITO BOA). (BELFIORE et al., 2005; BAKKE et al., 2008).	0,938 (Muito boa adequação)
Teste de Esfericidade de Bartlett	Examinar a hipótese de que as variáveis não são correlacionadas na população.	a < 0,05 - Modelo adequado. (BELFIORE et al., 2007; BAKKE et al., 2008).	0,000
Matriz anti-imagem	Medir a adequação amostral de cada variável representada pelos valores encontrados na diagonal principal da matriz. Quanto maiores, melhor será a análise fatorial.	Valores inferiores a 0,50 indicam que as variáveis devem ser retiradas da análise. (BELFIORE et al., 2005; BAKKE et al., 2008).	Todas as variáveis apresentam valor superior a 0,50 e foram mantidas na análise.
Comunalidades	Avalir a contribuição da variável ao modelo construído pela análise fatorial.	Maior que 0,50. (RODRIGUES, 2002; BEZERRA E CORRAR, 2006).	Todas as variáveis apresentam valor superior a 0,50 e foram mantidas na análise.
Número de fatores retidos	Extração do número de fatores retidos mais relevantes.	Critério de Kaiser (Initial Eingenvalues >1,0) e Regra do Cotovelo. (RODRIGUES, 2002; BELFIORE et al. (2007).	6 fatores retidos

Fonte: Os autores

Os seis fatores retidos representam a agregação das variáveis iniciais e indicam a existência de um conjunto de características que mais se destacam dentro do grupo de variáveis avaliadas. A escolha das variáveis que compõem cada um destes fatores se deu através da observação das cargas fatoriais de cada variável. Tais fatores foram renomeados de acordo com as características comuns daquelas variáveis que os representam (Quadro 3).

Quadro 3 – Composição dos fatores

Fator	Variáveis representativas	% Variância explicada	Nome do fator
1	X80 a X85 e X89	15,195%	"Gestão de recursos e bens"
2	X61, X76, X78, X86, X87, X88, X90	16,688%	"Gestão de indicadores de performance"
3	X63, X66, X67, X74, X75, X77, X91	14,775%	"Gestão de processos comerciais"
4	X68 a X71	9,818%	"Planejamento e execução"
5	X58 a X60	9,352%	"Gestão da estratégia"
6	X62, X72, X73	7,950%	"Procedimentos de melhoria",

Fonte: Os autores

O fator 1 é constituído por sete variáveis, relacionadas positivamente, dentre as quais se destacam X80, X81 e X82 com cargas fatoriais mais altas. O segundo fator, também é composto por sete variáveis positivamente relacionadas, dentre as quais sobressaem-se aquelas relacionadas aos processos de gestão de saúde, segurança e meio ambiente.

O terceiro fator é formado por sete variáveis, relacionadas positivamente. O fator 4, composto por quatro variáveis de correlação positiva, está relacionado com os processos de planejamento e execução.

O quinto fator contempla três variáveis positivamente relacionadas. O fator 6, igualmente formado por três variáveis de correlação positiva, é responsável por 7,950% da variância. Com base nestes fatores, deu-se início à análise discriminante dos dados.

4.2 Análise discriminante

A validação dos pressupostos da análise discriminante está apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 – Pressupostos da análise discriminante

Pressuposto	Objetivo	Referência	Nivel de efetividade dos processos
Variáveis dependentes	Classificar a amostra	Setores residencial, industrial e comercial, infra-estrutura, serviços especializados e construção industrializada	
Variáveis independentes		Escores resultantes da análise fatorial das características organizacionais e do nível de efetividade dos processos	
Normalidade multivariada das variáveis independentes	Verificar se as variáveis que compõem amostra são aproximadamente normais	Teste de Kolmogorov-Smirnov (correção de Lilliefors) p-value (sig.) > 0,05 (TORMAN et al., 2012; DE MESQUITA LOPES et al., 2013).	p-value (sig.) > 0,05
Homogeneidade das matrizes de variância e covariância	Não rejeitar a hipótese que as matrizes são homogêneas	Teste M de Box. p-value (sig.) > 0,05, a igualdade das matrizes encontra sustentação (HAIR et al., 2005).	0,274
Ausência de multicolinearidade das variáveis	Veriricar se duas ou mais variáveis independentes estão altamente correlacionadas, de modo que uma variável pode ser altamente explicada ou prevista por outra variável	Valores baixos de correlação validam a permanência das variáveis na análise (BURNS e BURNS, 2008).	Todos os valores listados abaixo da diagonal são baixos

Fonte: Os autores

Depois de verificados todos os pressupostos, a próxima etapa contemplou a análise preliminar das variáveis independentes (Quadro 5). Neste caso, o teste de igualdade entre as médias dos grupos destacou apenas o fator "Gestão de indicadores de performance" como significante na diferenciação entre os grupos. Além disso, através da análise do Lambda de Wilks, pode-se concluir que o nível de diferenciação destes fatores é baixo.

Quadro 5 – Análise das variáveis independentes

Parâmetro	Objetivo	Referência	Nivel de efetividade dos processos
Existência de diferenças entre as médias	Efetuar a análise preliminar das variáveis independentes com o objetivo de verificar a existência de diferenças entre as médias e testar a significância das funções discriminantes	Variáveis com $\alpha < 0,05$ passam no pressuposto da igualdade das matrizes de variância e covariância, portanto são significantes na diferenciação entre os grupos (MAROCO, 2003).	Apenas um fator significante: "Gestão de indicadores de performance"
		Lambda de Wilks: valores próximos de 1 indicam ausência de diferenças entre os fatores (BELFIORE et al.,2005).	Baixo nível de diferenciação dos fatores
		Correlação Canônica: valores próximos de 1 indicam que a função tem boa capacidade de discriminação (BELFIORE et al.,2005).	Baixo poder de discriminação
Eingenvalue	Medir quão diferentes os grupos são na função discriminante	Quanto mais afastados de 1 forem os autovalores, maiores serão as variações entre os grupos explicadas pela função discriminante (MAROCO, 2003).	Variação entre os grupos é elevada
Teste de hipótese de Lambda de Wilks	Testas a significância das funções discriminantes	p-value (sig.) < 0,05 (BURNS e BURNS, 2008).	Apenas a função 1 é significativa
Matriz de classificação	Avaliar a validade da análise discriminante	Teste Q de Press > valor crítico tabelado do Qui-quadrado = 13,277 (HAIR et al, 2005).	54,4% dos casos corretamente classificados

Fonte: Os autores

Quatro funções discriminantes foram obtidas pela análise. A primeira função contribuiu com 64,4% do total da variância entre os grupos, e, portanto tem

o maior poder de classificação. A segunda função explicou 20,6% da variância. A terceira função, 9,8% e a quarta, somente 5,2% da variância.

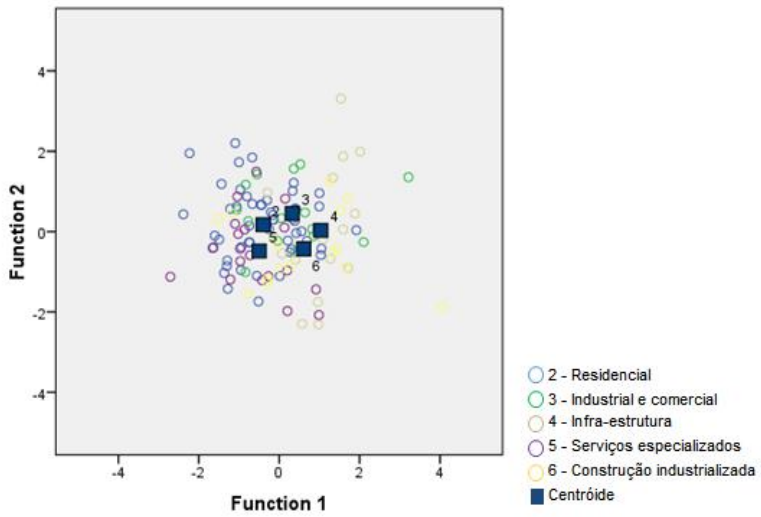
Os *eigenvalues* determinados por esta análise são muito afastados de 1,000. Portanto conclui-se que a variação entre os grupos, explicada pela função discriminante também é elevada. Já o resultado da correlação canônica demonstra que as quatro funções discriminantes obtidas pela análise possuem fraco poder de discriminação (Quadro 5).

Por sua vez, o teste de hipótese de Lambda de Wilks, aplicado com o objetivo de determinar o número de funções a serem retidas, determinou que apenas a primeira função discriminante era estatisticamente significante (Quadro 5).

Os valores obtidos pela análise da matriz estrutural representam a maior correlação absoluta entre cada variável e a função discriminante. Identificou-se que o fator "Gestão de indicadores de performance" integra a primeira função; os fatores "Procedimentos de melhoria", "Gestão da estratégia" e "Gestão de recursos e bens" fazem parte da segunda função. O fator "Gestão de processos comerciais" compõe a terceira função e o fator "Planejamento e execução" é destacado na quarta função discriminante.

A posição do centroide de cada um dos cinco grupos (setores) está representada na Figura 3. Observa-se que também há uma proximidade muito grande entre todos os centroides, indicando que há um baixo nível de diferenciação do nível de efetividade dos processos entre os setores.

Figura 3 – Posição dos centroides



Fonte: Os autores

Após a verificação da eficácia da classificação das observações originais, conclui-se que 53,4% dos casos foram corretamente classificados de acordo com os cinco setores. Com o intuito de verificar se este percentual é satisfatório, aplicou-se o Teste "Q de Press". Como o valor resultante de "Q

de Press" é 82,22, e, portanto superior ao valor crítico tabelado da distribuição Qui-quadrado para quatro graus de liberdade, admite-se que a precisão da classificação da amostra em análise excede em um nível estatisticamente significante a classificação ao acaso, ratificando o uso da análise discriminante nesta pesquisa.

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa identificou seis fatores determinantes do nível de efetividade dos processos de gestão de empresas do subsetor da construção: gestão de recursos e bens, gestão de indicadores de performance, gestão de processos comerciais, planejamento e execução, gestão da estratégia e procedimentos de melhoria. Dentre estes, apenas o fator "Gestão de indicadores de performance" destacou-se como significante na diferenciação entre os grupos, por ser o único fator a apresentar um nível de significância igual a zero no Teste de igualdade das matrizes de variância e covariância. Contudo a análise mostra que, assim como ocorre com os demais, o nível de diferenciação deste fator é baixo, ratificado pelo resultado da correlação canônica que apresenta valores afastados de 1,000, demonstrando que as funções discriminantes obtidas pela análise possuem baixo poder de discriminação.

De um modo geral, os dados desta pesquisa mostram que, ao se analisar apenas o nível de efetividade de processos, não é possível distinguir os cinco segmentos de atividade estudados, e, tampouco caracterizá-los como mais ou menos desenvolvidos. Contudo, observa-se a importância do desenvolvimento de uma análise complementar que contemple o impacto de variáveis como o tamanho e a idade das empresas no nivel de efetividade dos processos.

Entretanto, pode-se dizer que os fatores analisados estão diretamente relacionados com a estratégia de decisão das próprias empresas, de modo que as ações que têm como objetivo aumentar a eficiência e a eficácia de cada negócio estão diretamente relacionadas às ações internas, sendo pouco afetadas pelos aspectos externos às empresas.

REFERÊNCIAS

ANDREASSI, Tales; SBRAGIA, Roberto. Fatores determinantes do grau de inovatividade das empresas : um estudo utilizando a técnica de análise discriminante. **Working Paper N. 01/004.** São Paulo: USP, 2001. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/enanpad2001-act-690.pdf>. Acesso em 10 fev. 2016.

AMERICAN PRODUCTIVITY & QUALITY CENTER. Disponível em: <http://www.apqc.org> Acesso em: 25 jun. 2014.

BAKKE, Hanne A.; DE MOURA LEITE, Alexandre S.; DA SILVA, Luiz B. Estatística multivariada: Aplicação da análise fatorial na engenharia de produção. **Revista**

Gestão Industrial. Ponta Grossa, v. 4, n. 4, 2008. . Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/251048447_ESTATISTICA_MULTIVARIADA_APLICACAO_DA_ANALISE_FATORIAL_NA_ENGENHARIA_DE_PRODUCAO. Acesso em 08 fev. 2016.

BELFIORE, Patrícia P.; FÁVERO, Luiz Paulo L.; DE ANGELO, Claudio F. Análise multivariada para avaliação do comportamento de grupos supermercadistas brasileiros. **Revista Administração em Diálogo** (RAD). ISSN 2178-0080, v. 7, n. 1, 2005. São Paulo, 2005.

BURNS, Robert; BURNS, Richard. **Business Research Methods and Statistics using SPSS.** London: Sage Publications, 2008.

DE VASCONCELOS, Iuri A.; SOARES, Marcella F.; HEINECK, Luiz Fernando M.; BARROS NETO, José de Paula. Análise da produção científica de área de conhecimento específico: caracterização do tema requisitos do cliente do mercado da construção civil. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 95-108, jan./mar. 2013. Porto Alegre, 2013.

GIMENES, Régio M. T.; URIBE-OPAZO, Miguel A. Modelos multivariantes de insolvência em cooperativas agropecuárias: uma comparação entre a análise discriminante e de probabilidade condicional – **Logit. Contab. Vista & Ver**. Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 45-63, dez. 2003. Belo Horizonte, 2003.

GONÇALVES, Carlos A.; DIAS, Alexandre T.; MUNIZ, Reynaldo M. Análise discriminante das relações entre fatores estratégicos, indústria e desempenho em organizações brasileiras atuantes na indústria manufatureira. **RAC**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 287-311, Abr./Jun. 2008. Curitiba, 2008.

GRAETZ, Fiona. Critical perspectives on the evolution of new forms of organizing**. Int. J. Strategic Change Management**, Vol. 1. Nos. 1/2, 2006, Bowater School of Management and Marketing. Melbourne, 2006.

HAIR, JR. Joseph F.; ANDERSON, Rolph E.; TATHAM, Ronald L.; BLACK, William C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ISIK, Zeynep.; ARDITI, David; BIRGONUL, M. Talat**.** Impact of Resources and Strategies on Construction Company Performance. **Journal of Management in Engineering**, v. 26, n. 1, p. 9-18, 2010.

MAINARDES, Cristiane W. **Análise do impacto de sistemas integrados de gestão na maturidade organizacional em empresas de construção civil.** 2012. 283f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

MAROCO, João. **Análise Estatística com Utilização do SPSS.** Lisboa: Edições Sílabo, 2003.

MAROCO, João; GARCIA-MARQUES, Teresa. **Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas?** Lisboa, 2006.

MULLER, Cláudio José. **Modelo de Gestão Integrando Planejamento Estratégico, Sistemas de Avaliação de Desempenho e Gerenciamento de Processos (MEIO – Modelo de Estratégia, Indicadores e Operações).** 2003. Tese (Doutor em Engenharia – Ênfase em Gerência da Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

NUNNALLY, Jum C. **Psychometric Theory**. 3rd. New York: McGraw-Hill, 1994.

O'LEARY, Daniel E. **A Comparative Analysis of the Evolution of a Taxonomy for Best Practices. Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management**. Intell. Sys. Acc. Fin. Mgmt, 2009.

PAIM, Rafael;. CARDOSO, Vinícius; CAULLIRAUX Heitor; CLEMENTE, Rafael. **Gestão de Processos: Pensar, Agir e Aprender.** Porto Alegre: Bookman, 2009.

PELLICER, Eugenio; YEPES, Victor; TEIXEIRA, José C.; MOURA, Helder P.; CATALÁ, Joaquín. **Construction Management**. Oxford: Wiley Blackwell, 2014.

PERDIGÃO, D.E.; HERLINGER, M.; WHITE, O. M. **Teoria e prática da pesquisa aplicada**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

PRADELLA, Simone. Gestão de Processos: uma Metodologia Redesenhada para a Busca de Maior Eficiência e Eficácia Organizacional. **Revista Gestão & Tecnologia**, Pedro Leopoldo, v. 13, n. 2, p. 94-121, mai./ago. 2013. Pedro Leopoldo, 2013.

ROMANO. Fabiane V. Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. **Revista Gestão & Tecnologia de Projetos.** Vol. 1, No 1, Novembro 2006. São Paulo, 2006.

SAMARTINI, A.L.S. Comparação entre métodos de mensuração da importância de atributos em produtos e serviços. GV – pesquisa. São Paulo, 2006.

SILVA, Claudete T.A.; MARCHI, Jamur J.; ROCHA, Rudimar A. **Benchmarking: excelência em gestão e competitividade**. Santa Maria, 2002.

YOUNG, N. K. **Key trends in the European and US construction marketplace. Smart Market report. Design and construction intelligence.** 2008.

YUKI, Wagner S. **Análise das relações entre as características da estrutura organizacional e o nível de desenvolvimento dos processos gerenciais de empresas de construção civil.** 2011. 256f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DIRETRIZES PARA A CONCEPÇÃO DE SISTEMA DE FLUXO DE MATERIAIS[1]

SILVA JÚNIOR, Carlos André Vieira (1); SANTOS, Antônio Vitor de Melo (2); VASCONCELOS, David Uchoa Branco (3); TEIXEIRA, Anthony Heliodoro (4); WEBER, Adriana de Oliveira Santos (5); WEBER, Ismael (6)

(1) UFAL, e-mail: cavsjunior94@gmail.com; (2) UFAL, e-mail: antoniovitor.eng@gmail.com; (3) UFAL, e-mail: davidu.vasconcelos@gmail.com; (4) UFAL, e-mail: antonyth1@hotmail.com; (5) UFAL, e-mail: os.adriana@gmail.com; (6) UFAL, e-mail: isma.weber@gmail.com

RESUMO

O fluxo de insumos que alimentam os processos na indústria da construção civil é uma atividade que não agrega valor, entretanto é essencial para a execução dos mesmos. É importante que as construtoras possuam sistemas de fluxos de insumos de fácil implantação, que permitam previsibilidade das ações e controle de processos e materiais. Por isso, o trabalho visa propor diretrizes para a concepção de sistema de fluxo de materiais para as atividades do subsetor edificações. Foi realizado um diagnóstico do fluxo de insumos para a atividade de alvenaria de vedação e definidos, entre os pesquisadores e a equipe gestora da obra, critérios para a concepção de sistema viável e eficaz. A pesquisa é uma experiência prática e utiliza a pesquisa construtiva como estratégia. Como resultado, foram definidos os seguintes critérios para a concepção do sistema: a) facilidade de implantação; b) previsibilidade na solicitação de materiais, principalmente dos que necessitam de processamento in loco; c) gestão visual do processo e d) controle de desempenho.

Palavras-chave: Concepção. Fluxo de materiais. Otimização.

ABSTRACT

The flow of incomes that feed the processes in the construction industry is an activity that do not add value, however it is essential for the activity. It is important that construction companies have income flows systems with an easy deployment, allowing predictability of actions and control of processes and materials. Therefore, the work aims to propose guidelines for the design of material flow system for the construction activities. Was established a diagnosis of the supply flow for sealing masonry activity and defined, between the researchers and the production team, criteria for the design of viable and effective system. This paper is a practical experience and uses the constructive research strategy. As a result, the following criteria were defined for the system design: a) ease deployment; b) predictability in the material request, especially those who need on-the-spot processing; c) visual management process and d) performance control.

Keywords: *Design. Material flow. Optimization.*

[1]SILVA JÚNIOR, C.A.V.; SANTOS, A.V.M.; VASCONCELOS, D.U.B.; TEIXEIRA, A.H.; WEBER, A.O.S; WEBER, I. Diretrizes para a concepção de sistema de fluxo de materiais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. **Anais**. Porto Alegre: ENTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Para Andery (2004), a construção do conhecimento científico se dá através de métodos de pesquisa, os quais consistem em um conjunto de regras e procedimentos aceitos pela comunidade acadêmica. Um bom entendimento do mundo é moldado por métodos de pesquisa, portanto, é necessário possuir um amplo repertório de métodos científicos para possibilitar a construção do conhecimento e avanço teórico em determinada área (BENBASAT; WEBER, 1996).

Em âmbito internacional, certos métodos de pesquisa adotados na área de gestão de operações podem ser destacados, como a predominância do paradigma positivista e empirista; a estabilização da pesquisa envolvendo modelagem e simulação; crescimento das pesquisas de cunho interpretativo (CRAIGHEAD; MEREDITH, 2008). Já no Brasil, é possível destacar a predominância dos estudos de caso e estudos empíricos (NAKANO, 2010).

A ferramenta *Last Planner System* sugere a elaboração de planos pré-projeto, antagonizando com o tradicional controle de projetos com foco no estudo de variações *after-the-fact*, aquelas que ocorrem após a execução do objeto estudado. Previamente testada, o *Last Planner System* obteve êxito especialmente em empresas do ramo construtivo, já que estas possuem responsabilidade direta sobre o controle produtivo. Ao focar no controle e gestão de projetos e contratos durante a execução, é possível obter uma alta produtividade, pré-requisito histórico para tais empresas (BALLARD, 2000).

No ano de 1992, Koskela propõe o termo *Lean Construction*, ou Construção Enxuta, com a premissa que os problemas vividos na produção de manufaturas também estão presentes na área da construção civil. Principalmente em atividades de fluxo, as atividades que não agregam valor geram muitas perdas. Portanto, eliminando ao máximo tais atividades, é possível atingir o objetivo maior da construção enxuta, que é o de diminuir e, se possível, extinguir as perdas. Um processo altamente produtivo e constante necessita essencialmente de um fluxo de insumos eficiente. O fluxo de materiais, atividade inerente ao canteiro de obras, não agrega valor, porém pode ser lapidado para minimização das perdas (ISATTO; FORMOSO, 1998).

Para Carvalho (2002), a logística faz uma gestão eficiente e econômica no armazenamento e transporte da matéria prima até que seja processada, está inserida no contexto do gerenciamento de cadeia de abastecimento e pode ser dividida em dois tipos:

- Principais: transporte, gerenciador de estoques e processamentos de pedidos;

- Secundárias: armazenagem, manuseio de materiais, embalagem, compras, programação de produtos e sistemas de informação.

No canteiro de obras da construção civil, os insumos devem ser levados para o local de processamento, o que caracteriza o *layout* fixo, um dificultador para a gestão de produção. Este obstáculo pode ser vencido com um estudo aprofundado do canteiro de obras e toda sua logística interna de materiais (LOPES, 1996). Para a racionalização dos processos e ganhos da empresa, a logística no canteiro de obras e os princípios *Lean* devem cooperar em sintonia para o aprimoramento dos fluxos de materiais e insumos (CRUZ, 2002).

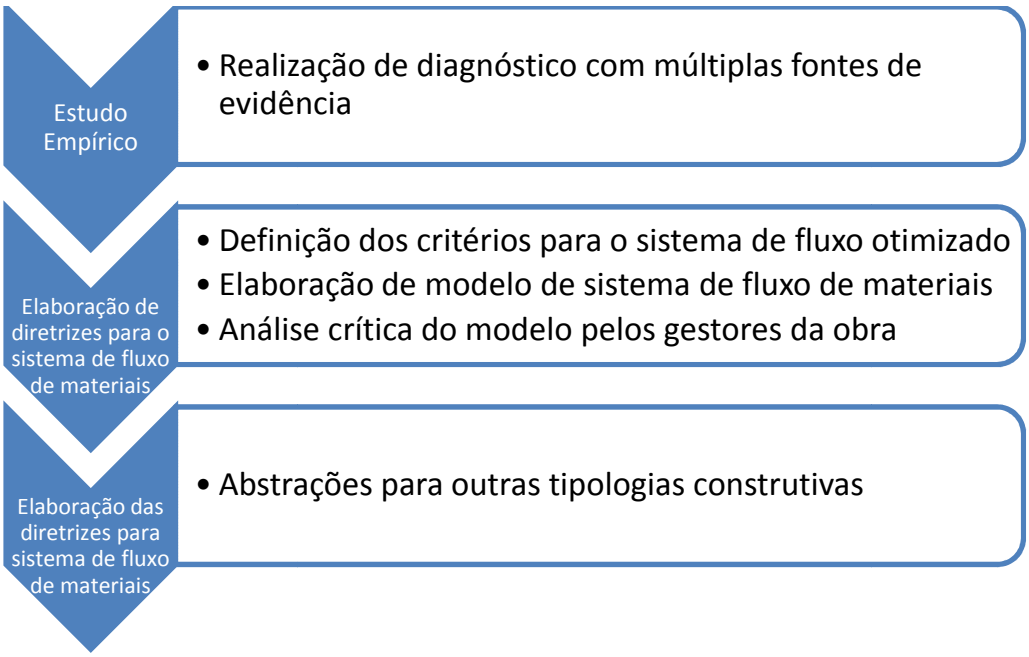
Operando em um sistema *pull*, ou de puxada, o Kanban indica quando produzir e o que produzir, atendendo às necessidades de um sistema previamente programado. Esta ferramenta propõe que cada linha de produção seja puxada apenas no momento certo em que apenas as quantidades e tipos de insumos inerentes ao processo sejam requisitados. Ao simplificar o planejamento e ajustar a produção, esta ferramenta atende às necessidades do cliente, reduzindo o tempo de espera ao acelerar o fluxo do processo. Um conceito frequentemente associado com a produção enxuta e o pensamento *just-in-time* (JIT): insumos não são entregues até que sejam necessários, o que reduz desperdício e minimiza os custos de armazenamento (MONDEN, 1993).

Através da identificação de critérios, juntamente com a possibilidade da concepção de um sistema próprio embasado na literatura existente, o presente trabalho propõe diretrizes para sistema de fluxo de materiais, com foco no insumo argamassa, inserido no subsetor de edificações.

2 MÉTODO

Esta pesquisa é parte de estudo empírico que visa a otimização da produtividade de alvenaria de vedação em um empreendimento vertical, sob a supervisão de uma construtora de médio porte, na cidade de Maceió, Alagoas, e utiliza a pesquisa construtiva como estratégia. A pesquisa construtiva foca no desenvolvimento de artefatos para encontrar uma solução para classes de problemas. Segundo Lukka (2003), a pesquisa construtiva pode ser definida como um modo de produção de conhecimento científico que alinha o desenvolvimento de inovação para a resolução de problemas reais com a contribuição teórica na área de trabalho. A figura 1 mostra o delineamento da pesquisa.

Figura 1 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Os autores

Segundo o que a pesquisa construtiva propõe, antes de realizar qualquer intervenção em algum ambiente, se faz necessário que se entenda as especificidades do mesmo. Na construção civil, dada a heterogeneidade de construtoras e tipologias construtivas, o estudo empírico é fundamental para a elaboração de solução eficaz. Nesse sentido, os pesquisadores realizaram diagnóstico com várias fontes de evidências qualitativas e quantitativas, como: técnica de amostragem de trabalho (com o objetivo de mensurar as parcelas de tempos produtivos, improdutivos e auxiliares); produtividade das equipes; entrevistas não estruturadas com os envolvidos na produção; acompanhamento da produção e de reuniões da equipe gestora sobre o tema. Essas etapas tiveram duração de duas semanas (sendo realizadas em todos os turnos) para que se pudesse ter rigor estatístico dos dados quantitativos.

Na técnica de amostragem de trabalho, as atividades foram divididas em produtivas (assentamento dos blocos cerâmicos, por exemplo), auxiliares (transporte de argamassa para o pavimento, por exemplo) e improdutivas (quebra de blocos para modulação, por exemplo) e os pesquisadores acompanhavam a equipe durante todo o turno de trabalho, identificando e registrando, a cada cinco minutos, qual categoria as atividades correspondiam, totalizando uma quantidade de amostras que fornecesse aos pesquisadores uma probabilidade de erro máximo de 5%. No final da coleta com cada equipe, essas amostras eram processadas e os resultados analisados. No que se refere à RUP eram medidos a quantidade de metros

quadrados produzidos pela equipe no turno, bem como registrados quantos colaboradores trabalhavam e por quantas horas esse trabalho acontecia, após isso, era calculada a produtividade de cada equipe e os resultados eram analisados.

As entrevistas não estruturadas foram realizadas pelos pesquisadores com os colaboradores de cada equipe, totalizando doze entrevistas com esse público e seu foco era nos principais problemas que eles identificavam no atingimento de metas de produtividade. Foram também realizadas entrevistas com o mestre-de-obras do empreendimento em estudo, na qual o objetivo era descobrir quais os problemas na produção de alvenaria e quais medidas ele estava tomando para solucioná-las, também foram realizadas perguntas com o objetivo de entender como acontecia e qual o panorama da comunicação dele com os colaboradores e a equipe gestora da obra. Realizou-se também, entrevistas com a equipe gestora da obra, cujo foco estava em analisar como era a coleta e processamento dos dados de produtividade e qualidade na atividade de alvenaria e como estes atuavam no desenvolvimento de soluções para os problemas detectados, foram realizadas entrevistas com o engenheiro responsável pela torre analisada e com dois estagiários desta.

Após a análise do diagnóstico foi realizada uma reunião com a equipe gestora onde os dados coletados e processados foram apresentados. Nesse momento, houve uma discussão das causas raiz dos problemas e se identificou que a ineficiência no fluxo de materiais era o principal gargalo que impactava negativamente a produtividade. Os pesquisadores buscaram na bibliografia da área trabalhos que versassem sobre a dinâmica do fluxo de materiais e propuseram um modelo de sistema de fluxo baseado nos critérios elencados. A partir desse sistema e com algumas abstrações foi possível definir diretrizes para a concepção de sistemas de fluxo de materiais.

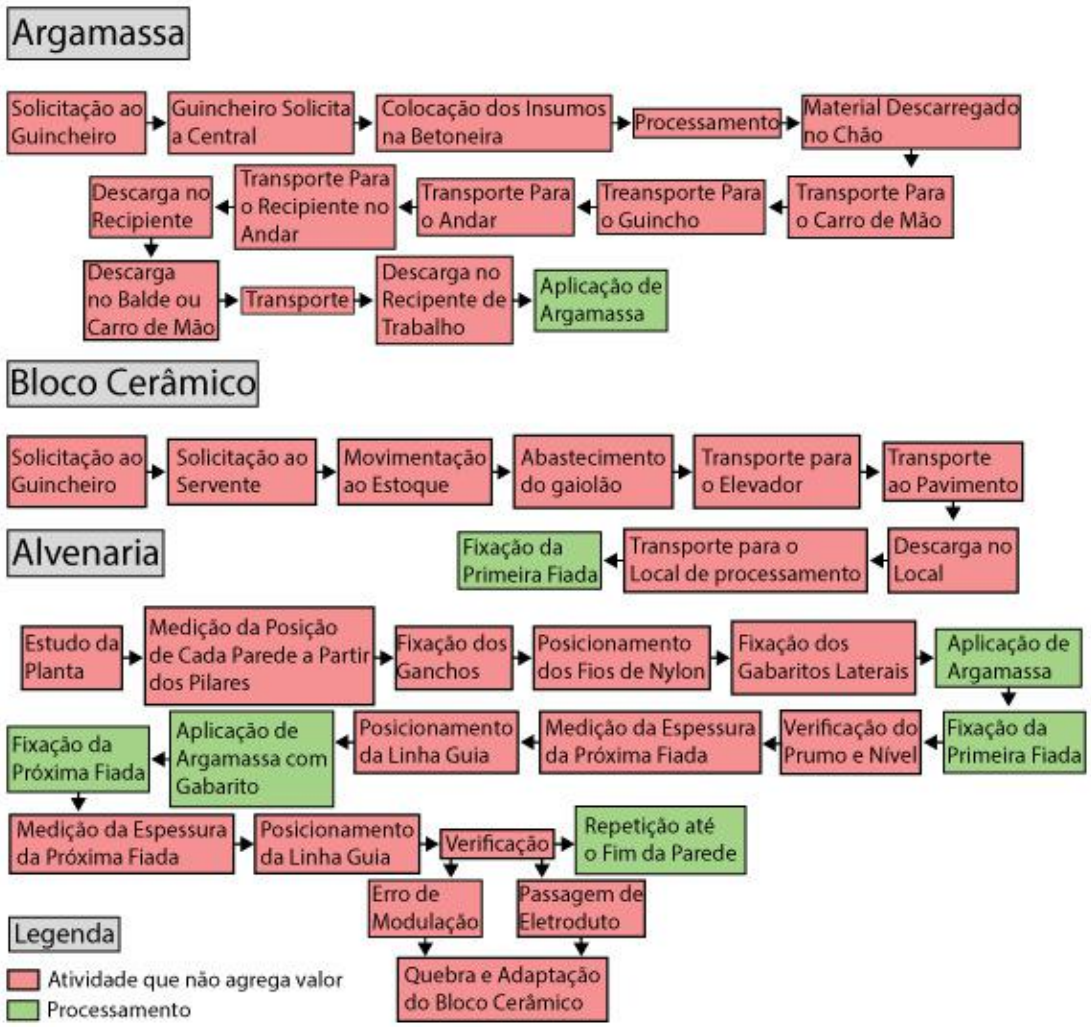
3 RESULTADOS

3.1 Resultados do diagnóstico

De acordo com o exposto, foi realizado um diagnóstico para que se tivesse panorama geral do processo de alvenaria de vedação. Através dele, se constatou que o principal problema era o fluxo de materiais para o serviço (figura 2). Não havia nenhuma sistematização pré-definida que tivesse sido passada pela equipe gestora da obra e isso gerava imprecisão, variabilidade no processo de solicitação e parcialidade por partes dos fornecedores internos destes materiais. Além disso, não havia nenhuma ferramenta de controle integrada com o fluxo destes materiais,

impossibilitando a mensuração otimizada da demanda de materiais e integrando com as informações de produtividade com vistas à produção de indicadores confiáveis para o processo. A tabela 1 mostra os resultados da técnica de amostragem de trabalho, bem como da produtividade das equipes.

Figura 2 – Fluxogramas obtidos a partir do estudo empírico



Fonte: Os autores

Tabela 1 – Resultados da amostragem de trabalho e produtividade

Alvenaria externa				
	Atividade produtiva	Atividade auxiliar	Atividade improdutiva	Produtividade (m²/HH)
Pedreiro	222	143	57	1,55
Servente	-	-	-	
Alvenaria poços				
	Atividade produtiva	Atividade auxiliar	Atividade improdutiva	Produtividade (m²/HH)
Pedreiro	110	67	32	1,01
Servente	-	-	-	

Alvenaria interna				
	Atividade produtiva	Atividade auxiliar	Atividade improdutiva	Produtividade (m²/HH)
Pedreiro	287	122	86	1,65
Servente	144	32	101	
Alvenaria marcação				
	Atividade produtiva	Atividade auxiliar	Atividade improdutiva	Produtividade (m/HH)
Pedreiro	47	33	36	4,3
Servente	15	13	31	

Fonte: Os autores

Outro problema identificado foi a falta de gestão visual e transparência do processo, fator que contribui para a desmotivação dos colaboradores que atuam no processo e impede que se detecte variações e imprecisões do sistema. Também foi constatado através das entrevistas realizadas com a equipe gestora que essa não realiza análise crítica dos indicadores de produtividade nas reuniões de produção, tendo que se realizar reuniões extraordinárias com as equipes quando os indicadores estão muito abaixo da meta elencada.

Segundo os colaboradores e mestre-de-obras entrevistados utiliza-se grande parte do tempo de produção para solicitação e espera de argamassa, não sendo identificado padrão nas solicitações e ordem de priorização da produção de argamassa para as equipes. E isso corrobora com o fato constatado pelos pesquisadores que é o estoque excessivo de argamassa nas frentes de trabalho das equipes de alvenaria, considerando-se o tempo de pega, a equipe precisa colocar água e vibrar o material para que este não perca trabalhabilidade. Outro aspecto ligado à argamassa é o tempo de espera das equipes de produção por este material. Isso se dá pelo fato das equipes solicitarem argamassa apenas quando esta acaba no pavimento. Percebeu-se que, a partir da solicitação do material, necessita-se de cerca de trinta minutos para que ele chegue à equipe. Foi observado que o fluxo de argamassa era crítico para o processo. Entretanto, foram observados problemas em relação à modulação dos blocos cerâmicos, tendo em vista que não são solicitadas e esta modulação é realizada durante o processamento, o que diminui a produtividade. Isso ocorre também pela falta de projeto de modulação para alvenaria.

3.2 Diretrizes para a concepção do sistema de fluxo de materiais

Após o diagnóstico, foi definido entre a equipe gestora e os pesquisadores que o principal problema do processo de alvenaria era o fluxo de suprimentos para a produção, principalmente o de argamassa. Após essa

reunião, os pesquisadores propuseram um modelo de sistema para esse fluxo, baseado no *kanban* (ferramenta do *Lean Construction*). Essa proposta foi analisada pela equipe de produção da obra, que adaptações do *kanban* para a facilitação da implantação do sistema na obra. Essas adaptações foram realizadas e o modelo foi finalizado. O sistema foi concebido de acordo com os seguintes critérios:

a) Previsibilidade da produção: é essencial que o betoneiro (ou almoxarife) saiba com antecedência às demandas das equipes de produção para que consiga atende-las no tempo certo e evitar espera na produção ou excesso de material próximo às equipes (desperdício). Por isso, é necessário que o sistema permita a solicitação do material antes de sua utilização pela equipe de produção;

Estratégia de execução: No sistema implantado, a equipe de alvenaria, avisava, por meio de cartão sinalizador, que a argamassa estava acabando em sua frente de trabalho e que precisariam de reposição (também avisavam a quantidade de traços que iriam demandar). Eles foram orientados a solicitar, quando faltar cerca de 30 minutos para a argamassa acabar, com isso, garantiu-se que não haveria interrupção da produção pela escassez de argamassa. Vale salientar a importância dos colaboradores que estão na produção para que estes solicitem a argamassa no momento adequado, evitando a geração de estoque excessivo e falta de material.

b) Sequenciamento e ordem de priorização: é necessário que haja definição na sequência de produção e/ou transporte dos materiais solicitados. Quando a previsibilidade for comprometida por alguma causa estranha ao sistema é necessário que se tenha ordem de priorização para o atendimento às solicitações e os critérios para a priorização devem estar claros e serem compartilhados com todas as equipes para assegurar a impessoalidade ao fluxo;

Estratégia de execução: Quando a argamassa estiver acabado na frente de trabalho da equipe solicitante, esta altera a cor do cartão de solicitação de amarelo para vermelho e isso indica que a equipe de produção de argamassa deve dá prioridade absoluta para a equipe, entregando dentro de poucos minutos o que foi solicitado. Isso impede que se tenha grandes tempos de espera devido à falta de material na produção. Entretanto, os colaboradores devem está atentos à regra e só utilizá-la quando for realmente necessário para não comprometer o critério "previsibilidade da produção".

c) Transparência e imparcialidade no processo: a falta de transparência e imparcialidade no fluxo de materiais foi elencado como o principal motivo

da desmotivação das equipes de produção, afetando diretamente a sua produtividade. Se faz necessário que o sistema possua transparência (através da gestão visual, por exemplo) e imparcialidade (na elaboração de critérios para a priorização, por exemplo) para que a equipe possa trabalhar satisfeita;

Estratégia de execução: O sistema tem sua comunicação realizada por quadros e cartões que ficam expostos na produção, além disso, a utilização de cores representativas proporciona a identificação da situação por parte dos envolvidos no processo de fluxo de materiais. Isso também auxilia na imparcialidade das equipes responsáveis pela produção de insumos que agora possui critérios claros para a priorização e qualquer tentativa de burlá-lo pode ser identificada por qualquer colaborador que recebeu o treinamento do sistema.

d) Capacidade de gerar indicadores de desempenho: indicadores de desempenho são estratégicos para o acompanhamento dos processos e são *inputs* para o planejamento, entretanto é necessário que esses indicadores sejam coletados, processados e analisados de forma rápida e eficaz. Por isso, o sistema deve conter ferramentas que facilitem a geração desses indicadores (quantidade de material solicitado por atividade, por exemplo);

Estratégia de execução: Como as equipes quantificam suas demandas por argamassa no momento da solicitação, é possível que, no final de cada turno, colete-se o total de argamassa utilizada e se meça indicadores como: Quantidade de argamassa utilizada por equipe e quantidade de cimento utilizado (para controlar o estoque, por exemplo).

f) Fluxo contínuo: o fluxo de materiais na produção deve ocorrer de maneira contínua, sem interrupções e desvios, da forma mais eficiente possível. Portanto, se faz necessário estudo para a definição da logística do armazenamento, transporte e processamento (se necessário) do material a ser solicitado pelas equipes de produção, bem como da capacidade produtiva das equipes, de modo a se ter sempre estoque mínimo para proteção do processo.

Estratégia de execução: No presente estudo foi identificado que o tempo máximo gasto desde a demanda de argamassa até sua entrega à equipe era de 30 minutos, por isso foi definido que quando faltasse cerca de 30 minutos para o fim da argamassa na frente de trabalho as equipes fariam a solicitação.

g) Facilidade de implantação: é essencial que o sistema proposto seja de fácil utilização por todos os envolvidos no processo. Por isso, é interessante

que o sistema utilize cores para identificação de *status* da produção, por exemplo, bem como ferramentas de fácil e rápido manuseio. Orienta-se que seja realizado *workshop* com os envolvidos no fluxo do material para que se apresente o sistema, bem como se simule seu funcionamento.

Estratégia de execução: Foram utilizados cartões com dimensões de permitissem o fácil manuseio (10x15 cm) e cores para que facilitasse a visualização e a identificação do *status* do material na produção. Também foi limitada a quantidade de regras para a utilização do sistema para que este pudesse ser implantado sem maiores dificuldades.

h) Melhoria contínua: o sistema deve ser analisado periodicamente para a verificação da melhoria do mesmo, bem como de oportunidades de melhorias dele. Orienta-se que se faça entrevistas semiestruturadas periódicas com a equipes de produção.

Estratégia de execução: Os pesquisadores orientaram a equipe gestora da obra a realizar reuniões periódicas (a cada seis meses) de avaliação do sistema implantado e que nela estejam presentes todos os envolvidos na produção para que possam explanar sugestões de melhoria e adaptações para otimizar os resultados das equipes e melhorar as suas condições de trabalho.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados expostos, pode-se afirmar que o objetivo da pesquisa foi atingido, pois foram propostas diretrizes para a concepção e implantação de sistema de fluxo de materiais.

De acordo com o diagnóstico realizado, foi percebido que o fluxo de insumos era o gargalo que mais afetava a produtividade das equipes de alvenaria, principalmente o fluxo de argamassa (devido à necessidade de processamento do material). Portanto foi desenvolvido um sistema de fluxo de argamassa que atendesse a critérios elencados pelos pesquisadores (baseados na literatura do *kanban* na construção civil) juntamente com a equipe gestora da obra.

Esses critérios garantem um processo de fluxo de materiais transparente, eficaz, claro e padronizado, aumentando a confiabilidade dos envolvidos na produção, a produtividade e a redução de atividades que não agregam valor, sendo, ainda, de fácil implantação e manutenção na atividade de alvenaria de vedação para obras verticais.

O sistema atende a todos os critérios elencados em menor ou maior grau e ainda pode ser otimizado com a inserção de novas utilizações para o mesmo. Como sugestão para a linha de pesquisa, os pesquisadores

propõem que se utilize as diretrizes deste trabalho para a concepção de sistemas de fluxo de materiais e informações para outros materiais, tipologias construtivas e construtoras.

REFERÊNCIAS

ANDERY, M. A. et al. **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica.** Rio de Janeiro: Editora EDUC, 2004.

BALLARD, H. G. The Last Planner System of Production Control. The University of Birmingham, 2000.

BENBASAT, I.; WEBER, R. **Research Commentary: Rethinking Diversity' in Information Systems Research.** Information Systems Research, 1996. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1287/isre.7.4.389

CARVALHO, J.C. **Logística**. 3ª Edição, p. 37. Lisboa: Edições Sílabo, 2002.

CRAIGHEAD, C. W.; MEREDITH, J. M. **Operations management research: evolution and alternative future paths,** International Journal of Operations & Production Management, 2008. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1108/01443570810888625

CRUZ, A. L. G. **Uma contribuição metodológica para o estudo do comportamento do fluxo material em processos construtivos, em obras de edificações, na indústria da construção civil. Uma abordagem logística**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. **A nova filosofia de produção e a redução de perdas na construção civil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 1998, 10p.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosiphy to construction.** Technical Report 72, 1992, 75p.

LOPES, L. C. A. **Proposta de Layout para canteiro de obras verticais**. 1996. Monografia (Especialização em Engenharia Civil), Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, 1996.

LUKKA, K. **The Constructive Research Approach** (L. Ojala, O.-P. Hilmola, Eds.)In: Case study research in logistics. Anais...Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003

MONDEN, Y. (1993). Toyota Production System An Integrated Approach to Just-InTime, 2ª ed. Institute of Industrial Engineers. USA.

NAKANO, D. **Métodos de Pesquisa Adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** In: MIGUEL, P. A. C. et al. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, 2010.

VAN AKEN, J. E. **Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field- Tested and Grounded Technological Rules.** Journal of

Management Studies, 2004. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-6486.2004.00430.x

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE POLIPROPILENO EM ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

DEBASTIANI, Cristian (1); ZANATTA, Elton (2); LOVATO, Patrícia S. (3)

(1) UPF, e-mail: cristian_debastiani@hotmail.com; (2) UPF, e-mail: zanatta943@gmail.com; (3) UPF, e-mail: patricialovato@upf.br

RESUMO

Com o crescimento da construção civil e aumento na geração de resíduos, buscam-se medidas para aproveitamento dos resíduos gerados. Uma aplicação é em argamassas, porém, devido ao elevado teor de finos do resíduo da construção civil (RCC) e sua alta absorção de água, há maior risco de fissuras por retração. O objetivo do trabalho é avaliar a influência da utilização de fibra de polipropileno em argamassas com agregados reciclados de RCC. Foram confeccionadas cinco misturas de argamassa com diferentes teores de agregado reciclado misto, com e sem adição de fibra, e a argamassa de referência. A retração das argamassas foi monitorada até 28 dias de idade das argamassas. Após 28 dias, avaliou-se a resistência à compressão e à tração na flexão. A utilização de agregado reciclado resultou em resistências inferiores à argamassa de referência, porém, com a utilização da fibra, os valores de resistência foram iguais ou superiores à argamassa de referência. Quanto à retração, as argamassas com agregado reciclado apresentaram valores superiores que a argamassa de referência. As argamassas com fibra apresentaram maior retração que as sem fibra, o que pode estar relacionado à maior quantidade de água demandada, ao procedimento de mistura ou à quantidade de fibra utilizada.

Palavras-chave: Argamassa. Resíduo da construção civil. Agregado reciclado. Fibra de polipropileno.

ABSTRACT

With the growth of the civil construction and increase in waste generation, measures are searched to reduce waste. One application is in mortars, however, due to the high fines content of civil construction waste and its high water absorption, there is an elevated risk of shrinkage cracks. The purpose of this work is to evaluate the influence of using polypropylene fiber in mortars with recycled aggregates of CCW. Five mixtures of mortar were made with different contents of mixed recycled aggregate, with and without fiber, and the reference mortar. The shrinkage was monitored until the 28° days of mortars. After 28 days, it was valuated the compressive and the flexural strength. The use of recycled aggregate gave lower strength than the reference mortar, however, with the use of fiber, the results were equal or higher than the reference mortar. In terms of shrinkage, mortars with recycled aggregate showed higher values than the reference mortar. The mortars with fiber showed higher shrinkage than that without fiber, which can be related to higher water content required, to mixture procedure or with the fiber content used.

[1].DEBASTIANI, Cristian; ZANATTA, Elton; LOVATO, Patrícia S. Utilização de fibra de polipropileno em argamassas produzidas com agregados reciclados de resíduos da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Mortar. Civil Construction Waste. Recycled aggregate. Polypropylene fiber.*

1 INTRODUÇÃO

Com o forte avanço da construção civil, tem-se um elevado consumo de recursos naturais e uma alta quantidade de resíduos gerados. Cerca de 50 a 70% do volume de resíduos sólidos urbanos produzidos é proveniente da construção civil, onde grande parte é descartada de forma inadequada no meio ambiente (FARIAS et al., 2005). Ulsen et al. (2013) apontam que são geradas por ano no Brasil mais de 70 milhões de toneladas de resíduos da construção civil (RCC).

A necessidade de uma melhor destinação dos RCC vem impulsionando a busca por alternativas de aproveitamento destes resíduos. Uma possibilidade é a utilização dos RCC como agregados em concretos e argamassas. O uso de argamassa com agregados reciclados de RCC vem sendo estudado por muitos pesquisadores (MIRANDA, 2000; LIMA, 2005; OLIVEIRA; CABRAL, 2011; CUENCA-MOYANO et al.; 2014).

Silva et al. (2016) apresentam revisão de literatura de publicações sobre o tema, relatando que quanto à resistência à compressão, diferente do que geralmente ocorre em concretos, o aumento no percentual de agregado reciclado pode resultar em argamassas de revestimento com maior resistência ou similar que a argamassa com agregado natural. Os autores relatam que o mesmo comportamento pode ser observado na resistência à tração na flexão de argamassas de revestimento, enquanto que para argamassas de assentamento a resistência diminui ou se mantém com o aumento do percentual de agregados reciclados.

Entretanto, os RCC são compostos por materiais porosos, apresentando taxas de absorção muito altas(LIMA, 1999). Além disso, a absorção de água dos agregados reciclados também é influenciada pelo elevado teor de finos menores que 75 μm, que afeta as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido (MIRANDA, 2005).

Dessa forma, para a utilização de agregados reciclados em argamassas é necessário ter certo cuidado, pois devido ao elevado teor de finos as argamassas podem apresentar fissuras ocasionadas por retração. Outro aspecto que contribui para o aumento da retração é o menor módulo de elasticidade dos agregados reciclados. Silva et al. (2016) relatam que há um consenso que, à medida que aumenta-se o percentual de agregado reciclado na argamassa, a retração também aumenta. Uma alternativa para reduzir a retração da argamassa com RCC pode ser a adição de fibras durante sua confecção.

Em argamassas com agregados naturais, estudos apontam melhoria na tenacidade das argamassas e aumento da absorção de deformações nos revestimentos argamassados (MONTE et al., 2012; CORTEZ, 1999). Em argamassas com agregados reciclados, Mesbah e Buyle-Bodin (1999) realizaram estudo utilizando fibras metálicas e fibra de polipropileno. Quando empregadas fibras metálicas, os autores encontraram redução de 15% na

retração, enquanto que com a fibra de polipropileno, observou-se baixos percentuais de redução.

A fibra de polipropileno é resistente ao meio alcalino e apresenta custo relativamente baixo. Tendo em vista a necesidade de viabilizar maior utilização de agregados reciclados em argamassas, mais estudos devem ser conduzidos a respeito da utilização de fibras de polipropileno concomitante com o uso de agregado reciclado.

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da utilização da fibra de polipropileno em argamassas com agregados reciclados mistos de residuos da construção civil (RCC).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente definiram-se as variáveis analisadas: percentuais de substituição do agregado natural pelo reciclado (0%, 50% e 100%) e quantidade de fibra de polipropileno (850g/m³). Dessa forma, estabeleceu-se que seriam realizadas cinco misturas, conforme apresentado no Quadro 1.

A quantidade de fibra empregada foi definida em função de estudos realizados (CENTOFANTE; DAGOSTINI, 2014; PERONDI, 2015; CORTEZ, 1999), que apontam que teores entre 500 e 1500 g/m³ de argamassa e o equivalente a 0,5% da massa de cimento beneficiam positivamente na redução da retração. Dessa forma, adotou-se o teor de 0,5% sobre a massa de cimento, que corresponde a 850 g/m³.

Quadro 1 – Misturas realizadas

Mistura nº	Identificação	% agregado reciclado (AR)	Fibra (g/m³)
1	Referência	0	0
2	50% AR Sem fibra	50	0
3	50% AR Com fibra	50	850
4	100% AR Sem fibra	100	0
5	100% AR Com fibra	100	850

Fonte: Os autores

2.1 Materiais utilizados

As argamassas foram confeccionadas com os seguintes materiais: cimento Portland CP II-F-32, cal hidratada CH-III, areia natural de rio, agregado reciclado de RCC, fibra de polipropileno e água.

O agregado reciclado foi obtido a partir da britagem de resíduos da construção civil coletados em uma empresa de reciclagem de resíduos de construção e demolição, localizada em Erechim/RS. O material foi britado na própria empresa, em britador de mandíbula, sendo posteriormente peneirado para separação da fração graúda da miúda. O material empregado nesta pesquisa é o passante na peneira de malha 4,75 mm.

A composição do RCC que originou o agregado reciclado encontra-se na Tabela 1. Na Tabela 2 está apresentada a caracterização dos agregados utilizados.

Tabela 1 - Constituintes percentuais do RCC empregado

Material	%
Argamassa	46,0
Cerâmica vermelha	36,7
Concreto	16,5
Finos (descartados)	0,8
Total	100,0

Fonte: Os autores

Tabela 2 - Caracterização dos agregados utilizados

Ensaio	Norma	Agregado natural	Agregado reciclado
Dimensão máxima característica (mm)	NBR NM 248 (ABNT, 2003b)	4,75	4,75
Módulo de finura	NBR NM 248 (ABNT, 2003b)	2,49	2,87
Teor de finos (%)	NBR NM 46 (ABNT, 2003a)	-	9,6
Massa específica (kg/m³)	NBR NM 52 (ABNT, 2009)	2710	2460
Massa unitária (kg/m³)	NBR NM 45 (ABNT, 2006)	1640	1280
Absorção de água (%)	NBR NM 30 (ABNT, 2001)	-	10,1

Fonte: Os autores

A fibra de polipropileno utilizada possui comprimento de 12 mm, diâmetro de 18 μm, massa específica de 0,91 kg/dm³ e área superficial específica de 244 m²/kg.

2.2 Preparação das argamassas

O traço empregado para a produção das argamassas foi 1:1:6, em volume de cimento, cal e areia. O traço foi convertido para massa, utlizando as massas unitárias dos materiais. Na mistura com 50% de agregado reciclado, primeiramente o traço em volume foi fracionado em 1:1:3:3, para depois ser efetuada a conversão para massa, considerando a massa unitária de cada material.

Devido a alta taxa de água absorvida pelo agregado reciclado, realizou-se a pré-molhagem deste, 15 minutos antes do início da mistura, utilizando quantidade de água equivalente a 80% da absorção total do agregado. Este procedimento é recomendado por pesquisadores em estudos de concretos com agregados reciclados (OLIVEIRA; VAZQUEZ, 1996; LEITE, 2001) e recentemente foi avaliado em argamassas com agregados reciclados

(CUENCA-MOYANO et al., 2014; LOVATO; MENEGATTI, 2015), constatando-se que a pré-molhagem melhora as propriedades da argamassa, uma vez que evita que a água da mistura seja absorvida pelos agregados reciclados.

As argamassas foram preparadas em argamassadeira de bancada, com capacidade para 5 litros. A sequência de mistura, tanto da argamassa intermediária quanto da argamassa final, seguiu o procedimento proposto por Silva (2006). A argamassa intermediária era mantida coberta, em sala climatizada, por 24 horas.

A quantidade de água adicionada nas misturas foi definida de modo a se obter o índice de consistência fixado em (260±20)mm, o qual foi determinado conforme o procedimento descrito na NBR 13276 (ABNT, 2005a).

Após o preparo da argamassa foram moldados, para cada mistura, seis corpos-de-prova com dimensões (4x4x16) cm e três corpos-de-prova com dimensões (2,5x2,5x28,5)cm. A cura dos mesmos foi realizada em sala climatizada com temperatura de (23±2)°C e umidade de (60±5)%.

2.3 Ensaios realizados

Para avaliar a influência causada na argamassa pelo agregado reciclada e pela fibra de polipropileno, foram avaliadas as seguintes propriedades, aos 28 dias: densidade de massa, conforme procedimento da NBR 13280 (ABNT, 2005c), e resistência à compressão e resistência à tração na flexão, segundo a NBR 13279 (ABNT, 2005b). Também foi avaliada a retração linear, aos 3, 7, 14, 21 e 28 dias de idade das argamassas, de acordo com o recomendado na NBR 15261 (ABNT, 2005d).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos nos ensaios experimentais foram analisados, considerando suas médias. Para a resistência à tração na flexão e resistência à compresão, calcularam-se as médias e os desvios, descartando, quando necessário, valores que extrapolaram o valor máximo de desvio estabelecido na NBR 13279 (ABNT, 2005b). Na Tabela 3 apresenta-se um resumo dos resultados médios das propriedades no estado fresco e no endurecido, exceto os resultados de retração.

Pode-se observar que, para manter o índice de consistência, a relação água/cimento aumentou com a utilização do agregado reciclado e da fibra de polipropileno. Nota-se também que a densidade das misturas com agregado reciclado é menor que o traço de referência, o que pode ser justificado pela menor massa específica do agregado reciclado, em comparação com a areia natural.

Tabela 3 – Resumo dos resultados obtidos

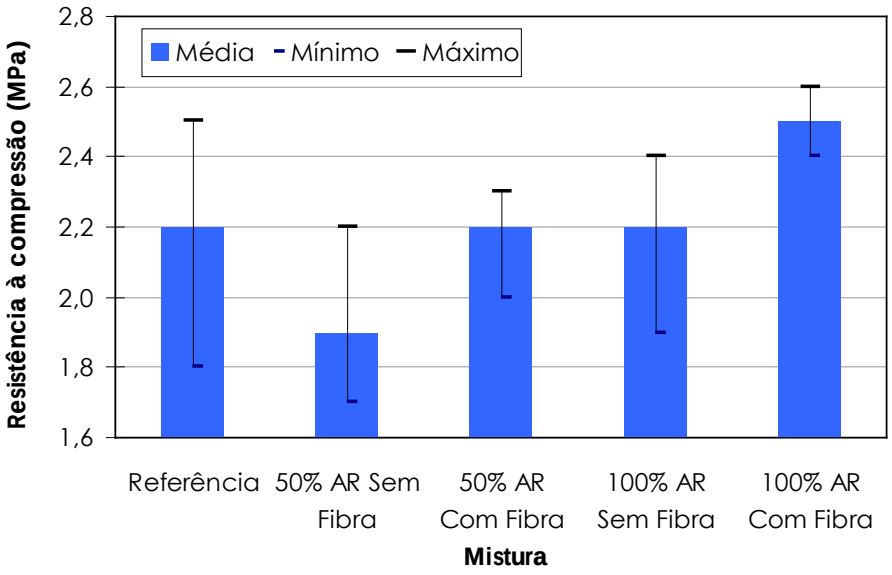
Mistura nº	% AR	Fibra (g/m³)	a/c	Consumo de cimento (kg/m³)	*d* (kg/m³)	ρ (kg/m³)	Resistência à tração		Resistência à compressão	
							Média (MPa)	S_d (MPa)	Média (MPa)	S_d (MPa)
1	0	0	1,75	161	2090	1900	0,56	0,02	2,2	0,2
2	50	0	1,83	174	2090	1864	0,46	0,05	1,9	0,2
3	50	850	1,90	167	2018	1853	0,56	0,04	2,2	0,1
4	100	0	1,85	174	1908	1762	0,41	0,03	2,2	0,1
5	100	850	1,88	175	1921	1888	0,46	0,09	2,5	0,1

*a/c=relação água cimento; o cálculo da relação a/c não incluiu a água da pré-umidificação; *d*=densidade de massa no estado fresco; ρ=densidade de massa no estado endurecido; S_d= desvio padrão.

Fonte: Os autores

Na Figura 1 apresentam-se os valores médios de resistência à compressão obtidos para as argamassas analisadas. Os resultados obtidos foram muito próximos, como ainda não foi realizada análise estatística dos dados, não se pode afirmar se as diferenças foram significativas. Cabe ressaltar que as maiores relações a/c apresentadas pelas argamassas com agregados reciclados podem ter promovido redução na resistência à compressão destas argamassas.

Figura 1 – Resistência à compressão



Fonte: Os autores

Observa-se que quanto maior o percentual de agregado reciclado na mistura, maior foi a resistência à compressão. Isso pode estar relacionado à maior presença de finos no agregado reciclado, promovendo um efeito fíler. Além disso, é possível que houvesse grãos de cimento ainda não hidratados no agregado reciclado. Lima (2005) também observou um leve aumento na resistência quando o percentual de agregado reciclado aumentou de 50

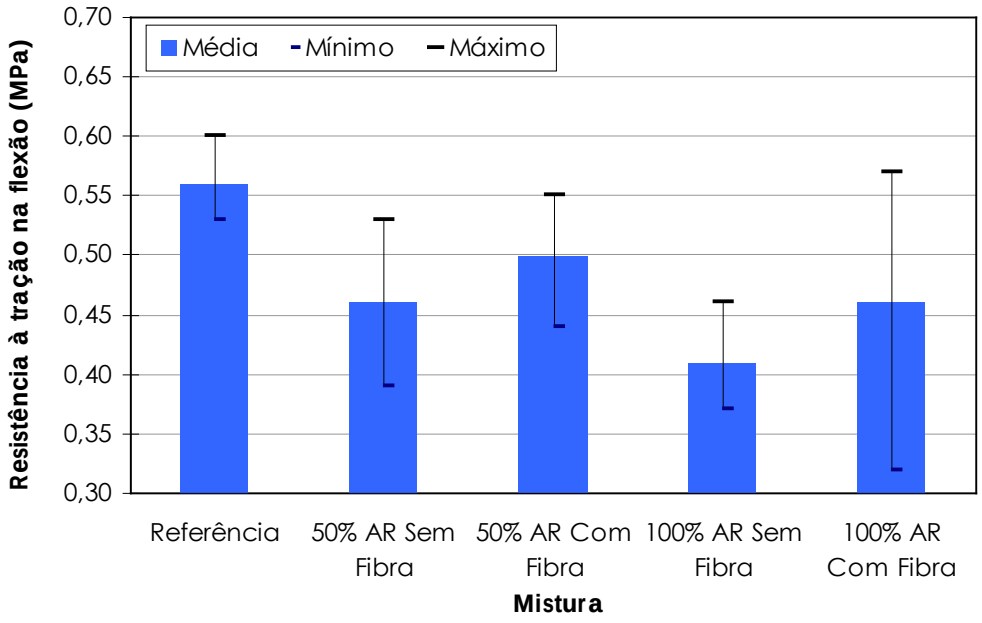
para 100%. O autor atribui isso ao fato de o agregado reciclado reter mais água, havendo maior hidratação do cimento.

As argamassas contendo fibra de polipropileno em sua composição apresentaram resistência à compressão superior a mistura correspondente sem fibra. Nesta pesquisa, a resistência à compressão foi 16% superior para a argamassa "50% AR com fibra", e 14% maior para a argamassa "100% AR com fibra", comparado com as misturas equivalentes sem fibra (2 e 4). Cortez (1999) também observou pequeno aumento na resistência à compressão quando empregada fibra de polipropileno.

Os valores médios de resistência à tração na flexão das argamassas estão apresentados na Figura 2. Verifica-se comportamento diferente na resistência à compressão quando aumenta-se o percentual de agregado reciclado na mistura, ou seja, a mistura com 50% de agregado reciclado apresentou resultado superior a argamassa com 100% de AR. Entretanto, assim como na resistência à compressão, os resultados foram muito próximos, necessitando de análise estatística para verificar se a influência foi significativa.

Observou-se aumento na resistência à tração das misturas com fibra de polipropileno, sendo aproximadamente 22% maior para a mistura com 50% de AR, e 12% quando 100% de AR foi utilizado na argamassa, comparado com as misturas equivalentes sem fibra, misturas 2 e 4, respectivamente.

Figura 2 – Resistência à tração na flexão

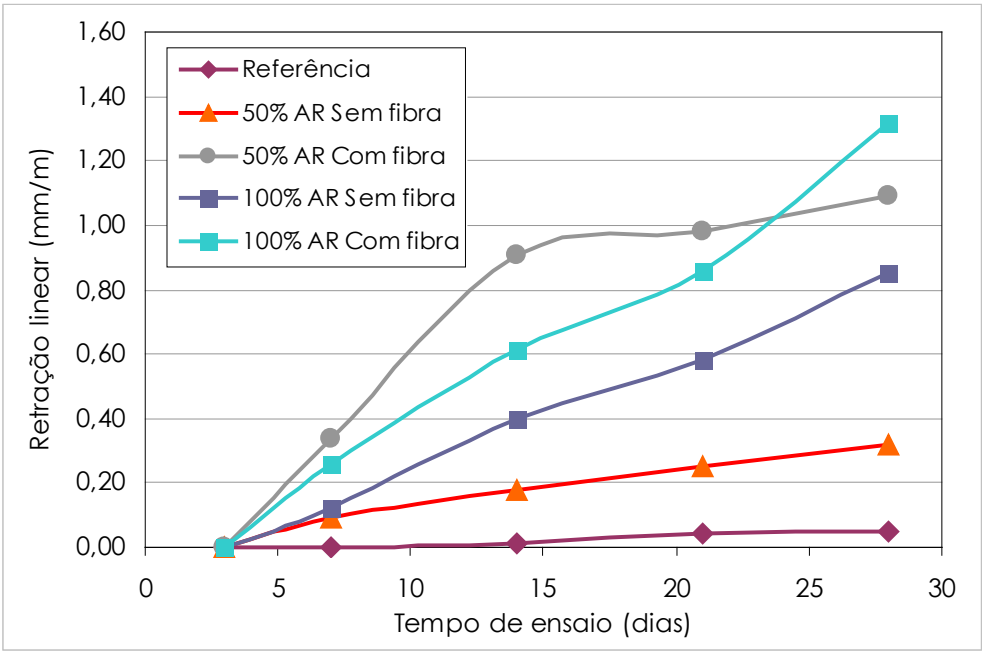


Fonte: Os autores

A Figura 3 mostra os resultados obtidos para a retração linear das argamassas analisadas, ao longo do tempo de avaliação. Em função do método de ensaio empregado, a primeira leitura foi realizada aos 3 dias, quando os corpos-de-prova foram desmoldados. Portanto, as retrações iniciais não puderam ser observadas.

Verifica-se que as argamassas com agregado reciclado apresentaram retração superior a argamassa de referência. Este comportamento já era previsto, em função da elevada absorção dos agregados reciclados e teor de finos apresentados, conforme mostrado na Tabela 2. Segundo Miranda e Selmo (2003), a elevada retração das argamassas com agregados reciclados é explicada em razão do maior teor de finos, que causa a diminuição do tamanho dos poros e, consequentemente, maiores desequilíbrios entre as tensões capilares internas e o ambiente.

Figura 3 – Retração linear



Fonte: Os autores

A inserção da fibra não promoveu redução da retração, diferente do que ocorre em argamassas com agregado natural. Este comportamento pode estar relacionado à maior quantidade de água empregada nas misturas com fibras para manter a consistência estabelecida.

Outro aspecto que pode ser considerado, é a forma de preparo da argamassa. O procedimento empregado (SILVA, 2006), preconiza primeiramente a mistura da areia com a fibra secos, adicionando-se 5% da água total e misturando por 3 minutos. Como foi realizada a pré-molhagem do agregado reciclado antes da mistura com a fibra, ela pode não ter se misturado adequadamente com o agregado, formando-se aglomerados. Dessa forma, a fibra não promoveu o efeito esperado e, em função da maior quantidade de água empregada, ainda aumentou a retração.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, verificou-se aumento na relação água/cimento das argamassas produzidos com agregados reciclados, e consequente redução das propriedades mecânicas avaliadas. Entretanto,

quanto maior o percentual de agregado reciclado na mistura, maior foi a resistência à compressão, tanto nas misturas sem fibra, como na mistura com fibra. Isto pode estar relacionado com o teor de finos do agregado reciclado e à presença de partículas de cimento anidras.

A utilização da fibra de polipropileno não apresentou resultados satisfatórios quanto à retração em argamassas com agregados reciclados. Independente do percentual de agregado reciclado, a retração foi maior nas misturas com fibras. Este fato pode ter relação com a maior relação a/c das misturas com fibra ou com a forma de preparo, uma vez que a fibra pode não ter se misturado adequadamente ao agregado reciclado úmido.

É importante ressaltar que foi avaliado apenas um percentual de fibras nesta pesquisa. Como a fibra é leve, é possível que a quantidade empregada seja excessiva, resultando num volume muito grande ocupado por ela. Assim, pode ter ocorrido falta de pasta de cimento para promover uma adequada aderência fibra-matriz. Dessa forma, sugere-se a avaliação de menores quantidades de fibra e a avaliação de outro processo de mistura.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade da massa no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005c.

_____. **NBR 15261**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear). Rio de Janeiro, 2005d.

_____. **NBR NM 30**: Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, 2003b.

CENTOFANTE, G.; DAGOSTINI, C. M. Análise das propriedades de argamassas de revestimento com adição de fibras de polipropileno. **Unoesc & Ciência ACET**, Edição Especial. Joaçaba, p. 7-16, 2014.

CORINALDESI, V.; MORICONI, G. Behavior of cementitious mortars containing different kinds of recycled aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 23, n. 1, p. 289-294, jan. 2009.

CORTEZ, I. M. M. **Contribuição para o estudo dos sistemas de revestimento à base de argamassa com incorporação de fibras sintéticas.** 1999. 219p. Dissertação (Mestrado em Estruturas). Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Brasília, Brasília.

CUENCA-MOYANO, G. M.; MARTÍN-MORALES, M.; VALVERDE-PALACIOS, I.; VALVERDE-ESPINOSA, I.; ZAMORANO, M. Influence of pre-soaked recycled fine aggregate on the properties of masonry mortar. **Construction and Building Materials**, v. 70, p. 71-79, nov. 2014.

FARIAS, R. S.; LIMA, F. B.; VIEIRA, G. L.; BARBOZA, A. S. R.; GOMES, P.C.C. Análise de propriedades de resistência à compressão e módulo de elasticidade em prismas de blocos de concreto produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 47., 2005, Olinda. **Anais...** Olinda: IBRACON, 2005.

LEITE, M. B., **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 290p. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LIMA, F. S. N. S. **Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassas.** 2005. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.** 1999. 240p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

LOVATO; P. S.; MENEGATTI, R. Influência da pré-umidificação do agregado reciclado de resíduos da construção civil nas propriedades de argamassas de revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 11., 2015, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

MESBAH, H. A.; BUYLE-BODIN, F. Efficiency of polypropylene and metallic fibers on control of shrinkage and cracking of recycled aggregate mortars. **Construction and Building Materials,** v. 13, n. 8, p. 439-447, dec. 1999.

MIRANDA, L. F. R. **Estudo de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado.** 2000. 172p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MIRANDA, L. F. R. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de**

argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos Classe A da construção civil. 2005. 439p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica. Departamento de Engenharia e Construção Civil e Urbana. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MONTE, R.; BARROS, M. M. B.; FIGUEIREDO, A. D. **Avaliação da influência de fibras de polipropileno na resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS E ETICS, 4., 2012, Coimbra. **Anais...** Coimbra, 2012.

OLIVEIRA, M. E. D; CABRAL, A. E. B. Argamassas de revestimento produzidas com agregados reciclados de Fortaleza/CE, Brasil. **Engenharia Civil UM** (Braga) v. 41, p.21-34, 2011.

OLIVEIRA, M. B.; VAZQUEZ, E. The influence of retained moisture in aggregates from recycling on the properties of new hardened concrete. **Waste Management**, v. 16, n. 1-3, p. 113-117, 1996.

PERONDI, L. Z. **Avaliação de propriedades de argamassas de revestimento com adição de fibra de polipropileno**. 2015. 58p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

SILVA, R. P. **Argamassas com adição de fibras de polipropileno: estudo do comportamento reológico e mecânico**. 2006. 176p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, R. V.; BRITO, J.; DHIR, R. K. Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates form construction and demolition wastes. **Construction and Building Materials**, v. 105, p. 400-415, feb. 2016.

ULSEN, C.; KAHN, H.; HAWLITSCHEK, G.; MASINI, E. A.; ANGULO, S. C. Separability studies of construction and demolition waste recycled sand. **Waste Management**, v. 33, n. 3, p. 656-662, mar. 2013.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ESTUDO DO USO DE RESÍDUO DE SERRAGEM DE PEDRA CARIRI NA PRODUÇÃO DE MISTURAS AUTOADENSÁVEIS[1]

GALVÃO, Jonhnatan Santiago da Silva (1); PITA, Amanda C. Bernardo de Oliveira (2); MERCÊS, Uiliana Márcia da Silva (3); MOURA, Washington Almeida (4); LEITE, Mônica Batista (5)

(1)UEFS, e-mail: johnatansantiago@gmail.com; (2)UEFS, e-mail: abernardoeng@gmail.com; (3)UEFS, e-mail: uilianamerces@yahoo.com.br; (4)UEFS, e-mail: washington.moura@gmail.com; (5)UEFS, e-mail: mleite.uefs@gmail.com

RESUMO

A utilização de resíduos de outras cadeias produtivas na construção civil é uma alternativa para o alcance de padrões sustentáveis de produção. Durante o beneficiamento da Pedra Cariri, um calcário laminado explorado na região do Cariri/CE, é gerado um grande volume de resíduo, o Resíduo de Serragem de Pedra Cariri (RSPC). O objetivo deste trabalho é o estudo do uso de RSPC em substituição da areia na produção de argamassas autoadensáveis. Foram estudadas cinco misturas de argamassa, com traço 1,00:2,00, em massa, sendo uma de referência e quatro substituindo a areia por diferentes teores de RSPC (15, 20, 25 e 30%), em massa. Para cada mistura, a relação a/c foi definida com base no ensaio de espalhamento modificado, para uma faixa entre 200 e 280mm. As argamassas foram avaliadas também quanto ao tempo de escoamento no funil-V, massa específica, absorção de água e índice de vazios, e resistência à tração na flexão e à compressão. Os resultados indicaram que a utilização do RSPC na produção de argamassas autoadensáveis é tecnicamente viável, uma vez que o resíduo promoveu maior coesão e estabilidade nas misturas. Além disso, houve melhoria das propriedades mecânicas e redução da porosidade da mistura com 15% de resíduo.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos. Resíduo de serragem de pedra Cariri. Argamassa autoadensável.

ABSTRACT

The use of waste in construction is an alternative to achieve sustainable production patterns. The processing of Cariri Stone, which is a laminated limestone, generates a large volume of waste, called Sawdust Waste of Cariri Stone (SWCS). The main goal of this work is to study the use of SWCS in self-compacting mortar production. Five mortar mixtures were studied: one for reference, and other four replacing the natural sand by different ratios of SWCS (15, 20, 25 and 30%), by weight. For each mixture, the w/c ratio was defined based on the modified spreading experiment to track a range of 200-280mm. The mortars were also evaluated by the flow of time in the funnel-V, in fresh state, and density, water absorption and void ratio, and tensile and compression strength in hardened state. The results showed that the use of SWCS in self-compacting mortar production is technically feasible, since the residue

[1]GALVÃO, Jonhnatan Santiago da Silva; PITA, Amanda C. Bernardo de Oliveira; MERCÊS, Uiliana Márcia da Silva; MOURA, Washington Almeida; LEITE, Mônica Batista. Estudo do uso de resíduo de serragem de pedra cariri na produção de misturas autoadensáveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

promoted greater cohesion and stability to the mixtures. In addition, there was improvement in the mechanical properties and decrease in the porosity of the mixture with 15% of SWCS.

***Keywords**: Reusing of waste. Sawdust Waste of Cariri Stone. Self-compacting mortar.*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor industrial de grande importância econômica. Porém, suas atividades produtivas geram grandes impactos ambientais devido, principalmente, ao consumo de recursos naturais e geração de resíduos. Com a crescente preocupação relacionada a um desenvolvimento sustentável, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando enquadrar o setor aos padrões de sustentabilidade. Nesse sentido, destaca-se o grande potencial da construção civil em relação à capacidade de incorporar resíduos do próprio setor assim como de outras cadeias produtivas (BASTOS *et al.*, 2013; GONÇALVES e MOURA, 2002). Além disso, o desenvolvimento de novos materiais, visando suprir deficiências dos materiais convencionais, pode conferir maior eficiência nas práticas construtivas e maior desempenho e durabilidade às construções.

Dentre os principais setores cujos resíduos apresentam possibilidade de reaproveitamento na construção civil está o da mineração. Com destaque para os resíduos gerados na extração e beneficiamento de rochas ornamentais. O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais do mundo. Somente no primeiro bimestre de 2016, as exportações brasileiras somaram 305.182,14 toneladas, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS, 2016).

A produção e beneficiamento de rochas ornamentais estão associados a grandes quantidades de resíduos gerados. O problema se agrava devido à significativa parcela de microempresas e pequenos produtores artesanais, cujas práticas de extração rudimentares geram elevados índices de perdas(CASTRO, 2007; BASTOS *et al.*, 2013). Nesse contexto, insere-se a exploração e beneficiamento da Pedra Cariri, cujo índice de perda total da produção chega a 70%(VIDAL e PADILHA, 2003).

Pedra Cariri é o nome comercial dado a um calcário laminado explorado na região do Cariri, Ceará. Segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a reserva do calcário laminado, abrangendo principalmente os municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda, é de cerca de 97 milhões de m^3, o que equivale a 241 milhões de toneladas deste calcário (CORREIA *et al.*, 2005).O processo de lavra da Pedra Cariri é conduzido de forma seletiva e à céu aberto, sendo realizado de forma manual ou semi-mecanizada. Após a lavra, é feito o desplacamento manual das lajotas em placas de 1 a 3cm, com espátula e martelo, aproveitando a própria formação laminar da rocha. Nesse processo, podem ocorrer quebras das placas e, por falta de um controle rigoroso da geometria, perde-se muito do valor comercial. Em seguida, as placas são transportadas até serrarias, onde são esquadrejadas em dimensões comerciais (BASTOS, 2014; VIDAL,

2003).

O processo de esquadrejamento gera grande quantidade de resíduos. Um deles em forma de filetes de rocha, e outro em forma de lama, uma vez que o corte é realizado com o uso de disco diamantado resfriado com água. A essa lama denomina-se Resíduo de Serragem de Pedra Cariri (RSPC) e sua disposição ocorre em depressões, formando lagoas de decantação. Estima-se que cerca de 850 toneladas de RSPC são geradas anualmente(BASTOS, 2014).

Algumas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de viabilizar o uso desse material como adição para produção de argamassas, blocos e telhas cerâmicas, pastas e concretos (SILVA, 2008; MENEZES *et al.*, 2010; SUASSUNA *et al.*, 2012; GUIMARÃES *et al.*, 2013; BASTOS, 2014).

Estudos demonstraram que o RSPC apresenta uma elevada finura, e por isso, pode contribuir para o aumento da coesão de misturas de argamassas e concretos produzidos (BASTOS, 2014; MENEZES *et al.*, 2010). Considerando essa característica, o RSPC apresenta grande potencial de uso como adição tipo fíler, na produção de misturas que vão requerer elevada coesão, como é o caso das misturas autoadensáveis. Essas misturas necessitam de maior resistência à segregação e maior estabilidade, no estado fresco. De acordo com Gomes (2002), a produção de misturas autoadensáveis, que utilizam altas taxas de resíduos sólidos industriais na forma de finos, contribui para o desenvolvimento sustentável do setor construtivo.

Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo principal avaliar a influência do uso de Resíduo de Serragem de Pedra Cariri (RSPC), em substituição parcial da areia natural, na produção de argamassas autoadensáveis, que serão utilizadas posteriormente na produção de concretos autoadensáveis, como base na metodologia descrita por Melo (2005).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Cimento

Utilizou-se o Cimento Portland Composto com Pozolana (CP II Z – 32), por ser um cimento bastante comercializado na região, os resultados obtidos na caracterização estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização do cimento

Propriedade – Método de ensaio		**Resultado**	**Limites NBR 11578 (ABNT, 1991)**
Massa específica - NBR NM 23 (ABNT, 2001)		3,00 g/cm³	-
Índice de finura - NBR 11579 (ABNT, 1991)		0,62%	≤ 12%
Início de pega NBR – NM 65 (ABNT, 2003)			≥ 1 h
Fim de pega NBR – NM 65 (ABNT, 2003)			≤ 10 h
Resistência à compressão- NBR 7215 (ABNT, 1996)	7 dias	22,0 MPa	≥ 10 MPa
	14 dias	25,6 MPa	≥ 20 MPa
	28 dias		≥ 32 MPa

Fonte: Os autores

2.2 Agregado miúdo natural

Foram utilizados dois tipos de agregados miúdos naturais: uma areia fina, na proporção de 70%; e uma areia média, na proporção de 30%. Essa composição permitiu a obtenção de uma curva granulométrica final mais adequada ao estudo de misturas autoadensáveis conforme Melo (2005). Hodgson (2003) afirma que uma grande quantidade de areia grossa pode interferir negativamente nas propriedades de um produto autoadensável.

As duas areias foram caracterizadas no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), de acordo com as prescrições normativas vigentes. Os resultados de caracterização das areias estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados de caracterização física dos agregados miúdos naturais

Propriedade – Método de ensaio		**Resultado**		**Método de Ensaio**
		Areia fina	**Areia média**	
Dimensão máxima característica - mm		1,20	2,40	NBR NM 248 (ABNT, 2003)
Módulo de finura		1,77	2,88	
Material pulverulento - %		0,10	0,80	NBR NM 46 (ABNT, 2003)
Massa específica- kg/dm³	Aparente	2,61	2,54	NBR NM 52 (ABNT, 2003)
	S.S.S.	2,62	2,57	
	Ag. Seco	2,62	2,61	
Massa unitária - kg/dm³		1,60	1,42	NBR 7251 (ABNT, 1982)
Impurezas orgânicas		+ clara	+ clara	NBR NM 49 (ABNT, 2001)

Fonte: Os autores

2.3 Resíduo de Serragem de Pedra Cariri

O RSPC utilizado nesse estudo foi o mesmo coletado por Bastos (2014). A amostra de resíduo estava estocada em baias de materiais no Laboratório de Materiais de Construção da UEFS, e foi submetida ao seguinte processo de beneficiamento:

- o resíduo foi seco ao ar por 24 horas para retirar o excesso de umidade, e posteriormente foi seco em estufa por mais 24 horas;
- o material seco apresentava-se na forma de torrões, e por isso passou por um britador de mandíbulas, que foi ajustado para uma abertura máxima de cerca de 5mm, e foi posteriormente peneirado em uma malha de 4,8mm;
- o RSPC foi destorroado em moinho de bolas horizontal (CT 242 Servitech - Figura 1a). O tempo de moagem foi de 2 minutos e foi utilizada uma carga de 700g de bolas de alumina para 700g de resíduo. Ao final do processo de beneficiamento, o resíduo encontrava-se como mostra a Figura 1b.

De acordo com Bastos (2014), o resíduo apresenta:

- diâmetro médio de 5,3 μm, que de modo geral é inferior a do cimento Portland;
- massa específica de 2,67 g/cm³;
- basicamente composto por óxido de cálcio, identificado através do difratograma de raio–X. Além disso, através da difração foi observada uma estrutura cristalina, indicando que o RSPC é inerte.

Figura 1 – Processo de beneficiamento do RSPC usado no estudo: (a) Moinho de bolas horizontal CT 242 Servitech; (b) Resíduo ao fim do beneficiamento



(a)



(b)

Fonte: Os autores

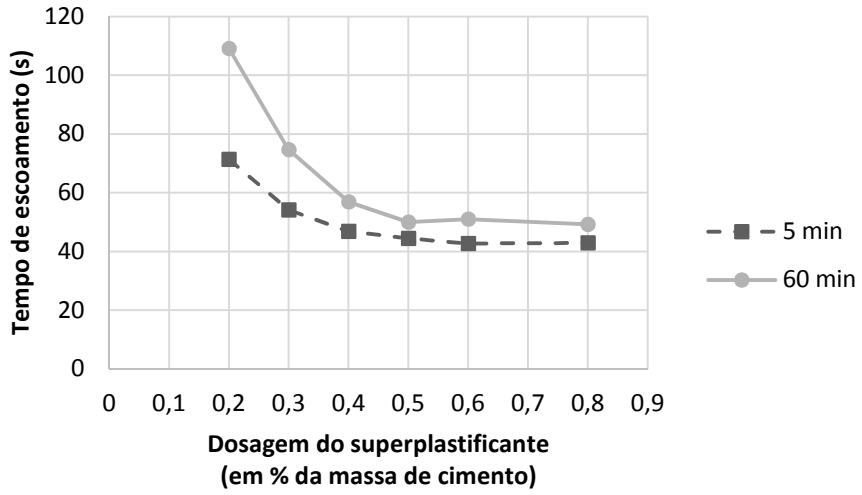
2.4 Aditivo superplastificante

Utilizou-se o ADVA™ CAST 525, da marca Grace, que é um superplastificante de última geração, à base de policarboxilato, recomendado pelo fabricante na produção de concretos autoadensáveis. De acordo com o fabricante, a dosagem de aditivo deve ser de 0,15 a 0,8%, sobre a massa do cimento. O aditivo possui massa específica de 1,06 kg/m³ e teor de sólidos de 30%.

Foi estabelecida a dosagem ótima de aditivo utilizando para isso o método do Funil de Marsh, que consiste em preparar uma pasta e medir o tempo de escoamento da mistura. As pastas foram preparadas com relação água-

cimento de 0,35, e variou-se o teor de aditivo em acréscimos de 0,1%, em relação ao teor de sólidos. Para cada teor de SP foi preparado 1 litro de pasta e o escoamento foi medido aos 5 e aos 60 minutos após a mistura do aditivo. Com os resultados do ensaio foi plotado do gráfico que mostra a influência do aditivo sobre o escoamento das pastas, como mostrado na Figura 2. Observou-se que o teor ideal de aditivo foi de 0,5%, ponto a partir do qual o aumento da dosagem de aditivo não resultou em redução significativa no tempo de escoamento, ou seja, não alterou a viscosidade da pasta.

Figura 2- Resultados do ensaio para determinação da dosagem ótima do aditivo SP



Fonte: Os autores

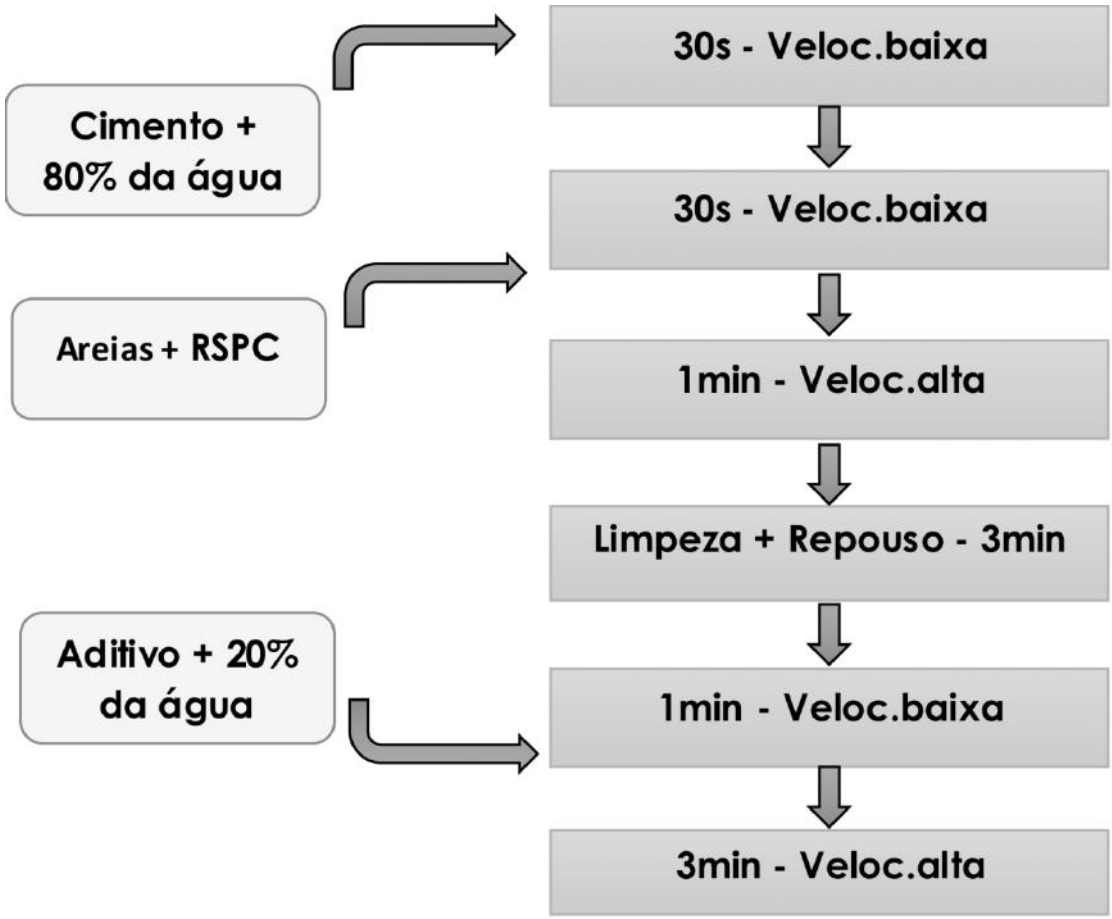
2.5 Produção das argamassas com RSPC

O estudo da influência do RSPC foi realizado em argamassas autoadensáveis. Esse estudo foi desenvolvido como etapa preliminar de um estudo mais amplo da aplicação desse resíduo em concretos autoadensáveis (CAA). De acordo com a metodologia descrita por Melo (2005) para dosagem e produção de concretos autoadensáveis, deve ser realizado um estudo preliminar do teor de fíler e aditivo SP em argamassas, para posterior aplicação em CAA.

Foram produzidas cinco misturas de argamassa: uma de referência e quatro argamassas com diferentes teores de substituição das duas areias naturais por RSPC (15, 20, 25 e 30%, em massa). O traço avaliado foi 1,0:1,4:0,6, em massa, (cimento:areia fina:areia média). Esse traço foi escolhido porque se observou que menores consumos de cimento não produziam a quantidade de pasta necessária para uma argamassa autoadensável, de modo a envolver os grãos de agregado miúdo. Além disso, proporções maiores do que 30% de areia média produziam misturas ásperas e com alto grau de exsudação. Para cada mistura, a relação a/c foi ajustada com base no ensaio de espalhamento modificado proposto por Gomes (2002), utilizando-

se as faixa de aceitação variando de 200 a 280 mm de acordo com a proposição de Melo (2005). Foi utilizada a sequência de mistura apresentada na Figura 3, e foi utilizada uma argamassadeira planetária, com capacidade nominal de 5 litros. Além dos ensaios de espalhamento, as misturas de argamassa autoadensáveis foram avaliadas também através do ensaio tempo de escoamento, medido no funil-V, como proposto por Gomes (2002).

Figura 3 – Sequência de mistura para produção das argamassas



Fonte: Os autores

2.6 Propriedades avaliadas

As argamassas autoadensáveis foram avaliadas ainda quanto as suas propriedades no estado endurecido. Foram realizados os ensaios de resistência à tração na flexão e resistência à compressão, de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005), e índices físicos – massa específica, absorção de água e índice de vazios - segundo a NBR 9778 (ABNT, 2008). Todas as propriedades foram avaliadas aos 28 dias de idade.

Foram moldados 4 corpos de prova prismáticos de 40x40x160 mm, para os ensaios de resistência, e 3 corpos de prova cilíndricos de 50mm de diâmetro e 100 mm de altura para a determinação da massa específica, absorção de água, e índice de vazios. O ensaio de resistência mecânica das argamassas

(tração e compressão) foi realizado com base na prescrição da NBR 13279 (ABNT, 2005), que determina a resistência à tração na flexão em 3 pontos, em corpos de prova prismáticos, e a resistência à compressão das metades desses corpos de provas após a ruptura à flexão.

Por se tratar de argamassa autoadensável, os corpos de prova foram moldados sem vibração, e foram curados ao ar nas primeiras 24 horas e após a desmoldagem foram curados submersos em água com cal até a idade de ensaio.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 Propriedades no estado fresco

A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios de espalhamento e tempo de escoamento para cada uma das misturas avaliadas, bem como, as relações a/c obtidas em cada caso. Visualmente, o aumento do teor de RSPC em substituição aos agregados miúdos naturais também foi avaliado, como pode ser observado nas Figuras 5a, 5b, 5c, 5d, 5e.

Tabela 3 –Resultados do espalhamento modificado e tempo de escoamento e relação a/c para cada mistura avaliada

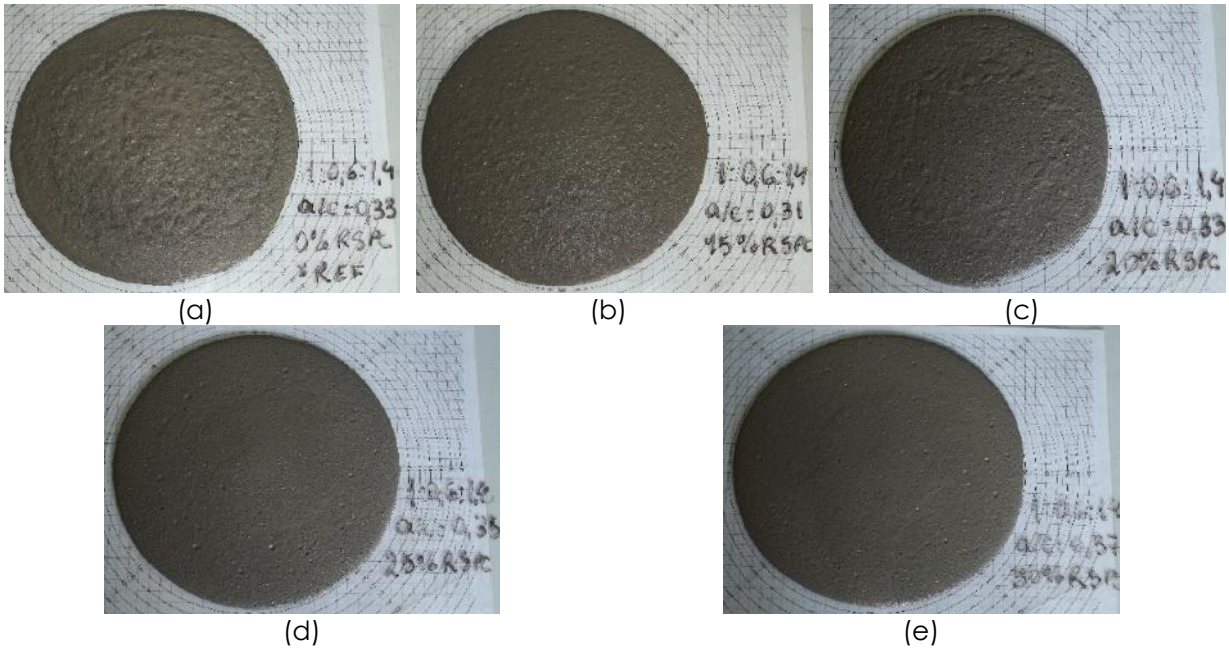
Mistura	a/c	Diâmetro médio espalhamento (mm)	Tempo de escoamento (s)
REF	0,33	269,5	14,44
15%RSPC	0,31	252,0	23,56
20%RSPC	0,33	238,5	14,53
25%RSPC	0,35	263,5	15,53
30%RSPC	0,37	268,5	14,21

Fonte: Os autores

De um modo geral, a substituição das areias naturais pelo RSPC promoveu uma maior coesão das misturas de argamassa autoadensáveis, necessitando de um aumento na relação a/c para alcançar a faixa de espalhamento estabelecido (200 a 280 mm). Apenas, para a mistura com 15%RSPC houve uma redução de 0,02 na relação a/c. O maior tempo de escoamento (23,6 s) foi obtido também nessa mistura (15%RSPC), o que pode ser explicado pela sua menor relação água cimento, e aumento da viscosidade com a diminuição da relação água/finos (MELO, 2005; RIZWAN e BIER, 2011; TÜRKEL e YIGIT, 2009). De um modo geral, materiais finos possuem maior superfície específica, e agem na elevação da viscosidade (BARROS, 2008).

O incremento na substituição das areias naturais por RSPC promoveu maior homogeneidade e melhorias na espessura das argamassas após o escoamento, como foi observado visualmente (Figura 5), seguindo critérios descritos por Martins (2009). Contudo, o aumento da relação a/c promovido pelo aumento no teor de RSPC acarretou um aumento na quantidade de vazios que foi observada nas misturas 25%RSPC e 30%RSPC, no estado fresco.

Figura 4 – Aspecto das 5 misturas no ensaio de Espalhamento modificado. (a) Mistura de referência; (b) Mistura 15% RSPC; (c) Mistura 20% de RSPC; (d) Mistura 25% de RSPC; (e) Mistura 30% de RSPC



(a) (b) (c)

(d) (e)

Fonte: Os autores

3.2 Propriedades no estado endurecido

3.2.1 Resistência à tração e à compressão

Os resultados das resistências, determinados aos 28 dias de idade, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados médios, desvios padrão e coeficientes de variação,para resistência à tração e resistência à compressão das argamassas ensaiadas

Mistura	**Resistência à tração na flexão**			**Resistência à compressão**		
	ft_{medio} (MPa)	**Sd (MPa)**	**CV (%)**	**fc_{medio} (MPa)**	**Sd (MPa)**	**CV (%)**
REF	11.3	0.6	5.6	44.5	4.9	11.1
15%RSPC	12.8	0.8	6.4	70.4	6.4	9.1
20%RSPC	11.9	0.8	6.3	68.1	6.5	9.5
25%RSPC	11.9	0.9	7.4	67.9	3.1	4.6
30%RSPC	10.1	0.4	4.2	67.7	4.1	6.0

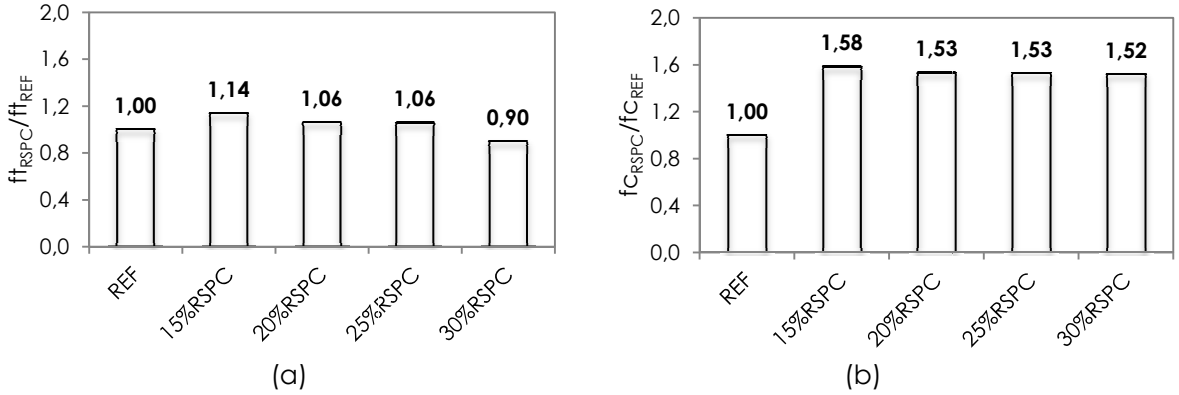
Fonte: Os autores

Observa-se que o aumento no uso de RSPC em substituição aos agregados miúdos naturais fez reduzir as resistências, tanto na tração quanto na compressão, exceto para a mistura 15%RSPC. Vale salientar que essa mistura apresentou a menor relação a/c e isso contribuiu para que a mesma apresentasse maior resistência que as demais argamassas com resíduo.

Outro ponto que deve ser analisado é o resultado de resistência à compressão obtido para a mistura de referência (44,5MPa), que está muito abaixo da resistência alcançada pelas demais misturas. Esse

comportamento ficou evidenciado no gráfico de resistência relativa apresentado na Figura 5b, no qual observa-se que todas as misturas com RSPC apresentaram um acréscimo de mais de 50% nos valores de resistência à compressão se comparadas a mistura de referência. É importante salientar que para a argamassa de referência houve uma elevada dispersão dos valores obtidos no ensaio, sendo o resultado médio obtido apenas com dois valores de resistência, e ainda assim o coeficiente de variação (11,1%) foi maior que nas argamassas com RSPC. Desse modo, o ensaio deverá ser repetido para confirmar esse resultado.

Figura 5 – Resultados de resistência relativa das misturas estudadas: (a) resistência à tração; (b) resistência à compressão



Fonte: Os autores

Observa-se que para a tração (Figura 5a), a mistura 15%RSPC apresentou um acréscimo de 14% em comparação com a argamassa de referência, e a mistura 30%RSPC apresentou uma redução de 10%.

Para baixos teores de substituição das areias naturais por até 20% RSPC houve um aumento na coesão das misturas, com redução da relação a/c, e consequente aumento da resistência. Com o aumento do teor de RSPC há um aumento no teor de material pulverulento total da mistura e isso acarretou aumento na demanda de água, com redução da resistência dessas misturas.

3.2.2 Índices físicos

As argamassas foram submetidas ao ensaio absorção de água e índice de vazios pelo método da NBR 9778 (ABNT, 2008), cujos resultados médios estão apresentados na Tabela 5.

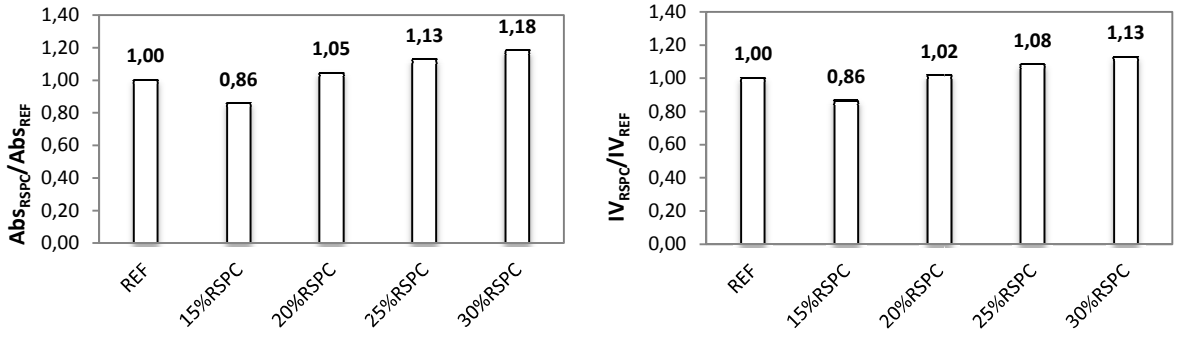
Observa-se que assim como para as propriedades mecânicas, a mistura 15%RSPC apresentou os menores valores de taxa de absorção de água e índice de vazios (redução de 14% - Figura 6a e b), como era de se esperar, uma vez que essa mistura apresenta menor relação a/c que as demais. Além disso, esse efeito também deve estar associado com o preenchimento de vazios promovido pelas partículas finas do RSPC. Esse comportamento também foi evidenciado por Bastos (2014) em seu estudo com RSPC para produção de concretos.

Tabela 5 – Resultados médios, desvios padrão e coeficientes de variação, dos ensaios de massa específica, absorção e índice de vazios das argamassas estudadas

MISTURA	ME±Sd(CV) - %	Abs ± Sd(CV) - %	IV± Sd(CV) - %
REF	2.58±0.01(0.3)	6.6±0.1(2.2)	14.6±0.3(2.2)
15%RSPC	2.53±0.01(0.5)	5.7±0.0(0.5)	12.6±0.1(0.6)
20%RSPC	2.52±0.02(1.0)	6.9±0.1(1.4)	14.9±0.2(1.6)
25%RSPC	2.51±0.02(0.7)	7.5±0.1(1.1)	15.8±0.1(0.8)
30%RSPC	2.51±0.03(1.0)	7.8±0.1(1.1)	16.5±0.3(1.7)

Fonte: Os autores

Figura 6 – Resultados de índices físicos relativos das misturas estudadas: (a) absorção de água; (b) Índice de vazios



(a) (b)

Fonte: Os autores

O maior incremento na absorção de água e índice de vazios foi de 18 e 13%, respectivamente, para a mistura 30%RSPC quando comparada com os resultados da mistura de referência (Figura 6a e b). O aumento do teor de RSPC fez aumentar a demanda de água e, por consequência, a porosidade das misturas.

4 CONCLUSÕES

Os resultados do estudo do uso de RSPC em substituição a areia natural para produção de argamassas autoadensáveis mostrou que:

- no estado fresco, observou-se que, para teores de até 20% de substituição, o resíduo promove um aumento na coesão e viscosidade das misturas de argamassa, promovendo maior homogeneidade e melhorias na espessura de borda das argamassas. Para teores mais elevados (25 e 30%) houve um aumento na demanda de água e as misturas incorporaram mais vazios;
- no estado endurecido houve um aumento na resistência à tração e resistência à compressão das misturas com RSPC, exceto no caso da tração para teores de 30% de resíduo. A melhoria observada nas propriedades mecânicas está associado com o aumento do efeito de preenchimento de vazios (efeito fíler) promovido pelo RSPC, que é ainda

mais evidente para teores abaixo de 20%;

- as argamassas com 15% de RSPC em substituição à areia apresentou melhores resultados de absorção de água e índice de vazios que a argamassa de referência, em função do efeito de preenchimento de vazios (efeito fíler) promovido com o uso do RSPC.

Desse modo, conclui-se que o uso de RSPC para produção de argamassas autoadensáveis é viável tecnicamente. Os resultados experimentais obtidos permitem afirmar que o teor de 15% de RSPC em substituição às areias é o mais viável para produção dessas argamassas, que servirão de base para produção de concretos autoadensáveis, considerando tanto os aspectos técnicos, quanto possíveis vantagens econômicas e ambientais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento das bolsas de iniciação científica concedidas pelo PIBIC/CNPqe PIBIC/FAPESB e o suporte financeiro ao projeto de pesquisa do CNPq (Processo n.457738/2015-6). Além disso, agradecem a Grace Brasil Ltda pela doação do aditivo químico utilizado nesse estudo.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS, **Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais.** Disponível em: <http://www.abirochas.com.br/noticia.php?eve_id=3894>. Acesso em 19 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

_____.**NBR 7251:** Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária - Método de ensaio. Rio de Janeiro 1982.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2006b.

_____.**NBR 11578:** Cimento Portland composto. Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm (nº 200). Rio de Janeiro, 2003a.

_____.**NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____.**NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001

_____.**NBR NM 46:** Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR NM 49:** Agregado fino – Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 65**: Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003b.

_____.**NBR NM 248:** Agregados. Determinação da composição granulométrica, 2001.

ARAÚJO, T. R.; ANJOS, M. A. S.; MARTINELLI, A. E.; FARIAS, E. C.; SILVA, C. R. F.; GOMES, V. L. L. Efeitos da incorporação do fíler calcário e do resíduo da biomassa da cana-de-açúcar em argamassas autonivelantes. **XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, 2015.

BASTOS, A. J. O. **Avaliação do uso de resíduo de serragem de pedra cariri (RSPC) para produção de concretos convencionais.** 2014.Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana.

BARROS, P.G.S.Avaliação **das propriedades de durabilidade do concreto auto adensável obtido com resíduo de corte de mármore e granito**. 2008. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Alagoas.

BASTOS, R. S.; ULIANA, J. G.; CALMON, J. L.; TRISTÃO, F. A.; VIEIRA, G. L.; DEGEN M. K. Revisão bibliográfica dos estudos sobre a aplicação da lama do beneficiamento de rochas ornamentais na produção de materiais de construção**. Anais 55º Congresso Brasileiro de Concreto**, 2013.

CASTRO, N. F.; CAMPOS, A. R.; VIDAL, F.W.H. Melhoras técnicas na lavra e na proteção do patrimônio e meio ambiente do Arranjo Produtivo Local de Calcários do Cariri – CE. **I Jornada do Programa de Capacitação Interna – CETEM**, 2007.

CORREIA, J. C. G.; VIDAL, F. W. H.; RIBEIRO, R. C. C. Caracterização tecnológica dos calcários do Cariri do Ceará. In: **Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, 5, Recife, 2005.

GOMES, P.C.C. **Optimization and characterization of high-strength selfcompacting concrete**.2002. 139p. Tese - Escola Técnica Superior D'Enginyers de Camins, Universitat Politécnica de Catalunya, Catalúnya, 2002.

GONÇALVES, J. P.; MOURA, W. A. Reciclagem do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais na construção civil. **III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, 2002.

HODGSON, T. **Laboratory and field investigations of self-consolidating concrete**. 2003. 91 f. MS Thesis – Departament of Civil Engineering, Aunurn University, Alabam, 2003.

MARTINS, E. J. **Procedimento para dosagem de pasta para argamassa auto-nivelante.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, 2009.

MELO, K. A. **Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável com adição de fíler calcário.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

RIZWAN, S. A.; BIER, T.A. Blends of limestone powder and fly-ash enhance the responseof self-compacting mortars. **Construction and Building Materials**, v. 27, p.398-403, Fev. 2012.

TÜRKEL, S.; YIGIT, A. The effect of limestone powder, fly ash and silica fume onthe properties of self-compacting repair mortars. **Sadhana**, v. 34, part. 2, p.331–343, Abril 2009.

VIDAL, F.W.H.; PADILHA, M.W.M; A indústria extrativa da pedra cariri no estado do Ceará: problemas x soluções. **Livro IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, 16 a 19 denovembro de 2003, Fortaleza – Ceará – págs. 199 a 210.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AGREGADOS RECICLADOS EM CONCRETOS: UMA ANÁLISE CRÍTICA DAS PROPRIEDADES E CLASSIFICAÇÕES ESTABELECIDAS EM DIFERENTES NORMAS[1]

KIOURANIS, Alexis (1); MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosemback (2); MELO NETO, Antônio Acácio de (3)

(1) UFSC, e-mail: alexiskd@hotmail.com; (2) UFPR, e-mail: reciclagem.miranda@gmail.com; (3) UFPR, e-mail: antoniodemelo@gmail.com

RESUMO

Esse artigo verificou as propriedades dos agregados de RCC reciclados na utilização em concretos e comparou as principais especificações das normas estrangeiras frente a brasileira NBR15116 (2004). Realizou-se uma revisão bibliográfica em pesquisas e nas proposições normativas. Parâmetros físicos, químicos, geométricos e mecânicos são solicitados por diferentes normas. Características de densidade do agregado, absorção de água, percentual de substituição, teor de cloretos e sulfatos modificam o desempenho do concreto com agregado reciclado e por isso são fundamentais. Conclui-se que há diversas especificações apontados por normas internacionais e que não há na norma brasileira, em parte pelo campo de aplicação, já que muitas viabilizam o uso como concreto estrutural. Este uso poderia ser feito no Brasil desde que haja uma revisão na norma brasileira com maiores especificações, rigor e com o desenvolvimento de técnicas de separação dos agregados.

Palavras-chave: Agregados reciclados. Propriedades dos agregados. Normas internacionais. Concreto estrutural.

ABSTRACT

This article verified the properties of CDW recycled aggregates in use in concrete and compare the main specifications of the international standards with the Brazilian NBR15116 (2004). A literature review was done on research and proposals of different standards. Physical, chemical, geometrical and mechanical parameters can be requested by different standards. Characteristics of aggregate as density, water absorption, percentage of substitution, chlorides and sulfate content modify the performance of the recycled aggregate concrete and so are fundamental. It is concluded that there are several specifications mentioned by international standards and that there is not in the Brazilian standard, in part by the field of application, since many enable use as structural concrete. This use could be made in Brazil since a review in Brazilian standard is made with higher specifications, accuracy and with the development of separation techniques of the aggregate.

***Keywords**: Recycled aggregates. Properties of aggregates. International Standards. Structural concrete.*

[1]KIOURANIS, A.; MIRANDA, L. F. R.; MELO NETO, A. A. de. Agregados reciclados em concretos: uma análise crítica das propriedades e classificações estabelecidas em diferentes normas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O uso de resíduos de construção e demolição como agregados reciclados de concreto (ARC) apresenta um grande potencial e, por isto, tem sido muito pesquisado (BRITO E SAIKIA, 2013). Estes resíduos podem ser utilizados em substituição parcial dos agregados naturais, desde que realizados estudos específico.

Logo, esse artigo tem como objetivo geral apresentar, por meio de uma pesquisa bibliográfica, um panorama com as especificações internacionais e aplicações dos agregados reciclados em concreto. E, como objetivo específico, realizar uma análise crítica entre a norma brasileira NBR 15116 (ABNT, 2004) com as principais normas estrangeiras sobre o uso dos agregados de Resíduos de Construção Civil - RCC em concreto.

2 PROPRIEDADES DOS AGREGADOS RECICLADOS

Os agregados podem ser classificados segundo parâmetros físicos, mecânicos, químicos e geométricos (MARTÍN-MORALES *et al*, 2013). McNeil e Kang (2013) destacaram a massa específica, porosidade, absorção de água, forma, granulometria, resistência ao desgaste e abrasão, sendo discutidos a seguir.

2.1 Massa específica, porosidade e absorção de água

A massa específica dos agregados de resíduos de RCC é menor do que a massa específica dos agregados naturais, devido a existência de poros e pela presença de argamassa aderida ao agregado, (BRITO E SAIKIA, 2013). Na pesquisa de McNeil e Kang (2013), os autores apresentaram uma tabela geral com valores mínimos da densidade (kg/m³) para o agregado seco em estufa e o percentual de absorção máxima de água. Dentre os países apresentados, as normas japonesas - JIS (2011) "classe H" e coreana KS F 2573(2002) foram as mais rigorosas quanto a absorção de água pelo agregado, menor ou igual a 3%. Já para a densidade do agregado seco em estufa, verificou-se entre os mais rigorosos a norma alemã DIN 4226/100 (2002).

Nos estudos de Katz (2003), foi observado que a absorção de água em agregados reciclados gira em torno de 3-12 % para frações graúdas ou finas, enquanto que para agregados naturais essa absorção está entre 0,5-1%.

2.2 Granulometria

A forma dos grãos influencia na trabalhabilidade do concreto (MCNEIL E KANG, 2013; ETXEBERRIA *et al*, 2007). Nessse sentigo, Martín-Morales *et al.* (2013) apontaram que a norma da Coréia - KS F2573 (2011) e a norma do Reino Unido - BS 8500-2 (2006) especificam limites para o tamanho máximo dos agregados. Já a norma australiana – CSIRO (1998), europeia - prEN 12620 (2010) e italiana – NTC (2008) especificam o índice de forma dos grãos. Parâmetros como teor de areia reciclada são especificados em diversas

normas estrangeiras (China – DG/TJ07/008 (2007), Honk Kong – WBTC 12 (2002), Itália – NTC (2008), Portugal – LNEC E 471(2009) e Espanha – EHE08(2008).

2.3 Resistência à abrasão

Em termos gerais, McNeil e Kang (2013) afirmaram que o agregado reciclado de concreto apresentou uma maior abrasão do que o agregado natural, isso pela maior quantidade de partículas finas. Martín-Morales *et al.* (2013) apontaram limites para o coeficiente de abrasão Los Angeles em normas internacionais, como da Bélgica – PTV406 (2003), Europa – EN 12620 (2010), Alemanha – DIN 4226-100 (2002), Itália – NTC (2008), Coreia – KS F2573 (2011), Holanda – NEN 5905 (2010), Portugal LNEC E 471(2009) e Espanha – EHE08 (2008).

3 PROPRIEDADES DOS CONCRETOS COM AGREGADOS RECICLADOS

Como o desempenho de um concreto feito com agregado reciclado é modificado pelas propriedades do agregado, é necessário conhecer suas propriedades no estado fresco e endurecido, indicadas a seguir.

3.1 Estado fresco: Trabalhabilidade

Para uma mesma relação de materiais secos/pasta na mistura, em geral a trabalhabilidade de um concreto feito com agregados reciclados é menor do que um concreto com agregados naturais. Conforme Agrela *et al.* (2013), pode-se compensar a absorção de água do agregado reciclado com o aumento direto de água na mistura, fazendo-se uso de misturas químicas (plastificantes ou superplastificantes), ou pela pré-saturação dos agregados reciclados.

3.2 Estado fresco: Massa específica

Tendo os agregados reciclados uma massa específica menor que os agregados naturais, concretos desenvolvidos com agregados reciclados também terão uma menor massa específica no estado fresco e endurecido (CABRAL, 2007). Nessa linha, Katz (2003) verificou em seu trabalho uma massa específica para o concreto com agregados reciclados na ordem de 2150kg/m^3. No entanto, esse percentual pode variar em função do tipo de agregado e quantidade.

3.3 Estado fresco: teor de ar aprisionado

Estudos de Katz (2003) mostraram que concretos com agregados reciclados aprisionaram elevado teor de ar nas misturas, em função da alta porosidade existente nas partículas dos agregados.

3.4 Estado fresco: Exsudação

Na investigação de Yang *et al.* (2008), os pesquisadores observaram uma menor taxa de exsudação em função do incremento de absorção de água dos agregados reciclados. E, na pesquisa de Araújo *et al.* (2016), os autores não verificaram exsudação do concreto com agregados reciclados em nenhum dos traços desenvolvidos de concreto com agregados reciclados.

3.5 Estado endurecido: Resistência à compressão

A resistência à compressão do concreto é influenciada pela quantidade de agregado reciclado na mistura, e geralmente, a resistência diminui com o aumento do percentual de substituição (XIAO *et al*, 2012). Porém, é possível ter um concreto com agregado reciclado com maior resistência do que um concreto de referência.

Agrela *et al.* (2013) afirmaram que tais divergências de resistência podem ocorrer devido a qualidade do agregado (alta absorção), resistência à abrasão baixa, presença de sulfatos, alta demanda de água na mistura, zona de transição fraca entre a matriz agregado e argamassa aderida ou tipo de agregado reciclado.

3.6 Estado endurecido: Resistência à tração

A resistência à tração de concreto com agregados reciclados é menos afetada do que a resistência à compressão, podendo ser esta uma característica secundária. Para Etxeberria *et al.* (2007), a melhora dessa propriedade no concreto pôde ser dada pela alta absorção da argamassa aderida ao agregado e a zona de transição efetiva (fixação boa entre o agregado e a matriz de argamassa).

3.7 Estado endurecido: Módulo de elasticidade

Nas pesquisas de Rao *et al.* (2007), o módulo de elasticidade variou significativamente quando comparado com concretos de referência e com diferentes taxas na relação água/cimento e percentuais de substituição. Angulo (2005) apresentou uma correlação linear entre os módulos de elasticidade e a porosidade do agregado no concreto e teórica da pasta. Conforme apontado pelo pesquisador, quanto mais poroso o agregado, menor é o seu módulo de elasticidade.

3.8 Estado endurecido: Retração por secagem e fluência do concreto

Nas análises de Cabral *el al.* (2010), os autores concluíram que a substituição do agregado natural pelo reciclado elevou a retração por secagem, sendo tal efeito mais acentuado na substituição pelo agregado miúdo reciclado de concreto, e menor no agregado graúdo. Katz (2003) enfatizou que a retração por secagem para um agregado reciclado na idade de 90 dias foi de 0,55-0,8mm/m, enquanto que para um agregado natural, essa taxa foi de 0,30mm/m. Para a fluência, Domingo-Cabo *et al.* (2009) verificaram um

incremento, entre 35-50%, conforme se aumentava o percentual de substituição do agregado natural pelo reciclado.

4 DURABILIDADE DOS CONCRETOS COM AGREGADOS RECICLADOS

Será tratado a seguir estudos sobre durabilidade e que influenciam no desempenho do concreto.

4.1 Reação álcali-sílica

A possível reação entre agregados reativos e os hidróxidos alcalinos do cimento é um assunto abordado em algumas normas estrangeiras, como por exemplo, a norma portuguesa LNEC E 471 (2009), que alerta para a verificação do potencial de reatividade do agregado antes de seu uso.

4.2 Resistencia ao congelamento/descongelamento

A possível fragilidade do concreto com agregado reciclado quanto ao congelamento/descongelamento é considerada pela estrutura porosa da pasta de cimento previamente endurecida aderida ao agregado, que absorve água (RAO *et al,* 2007).

4.3 Carbonatação

Rao *et al.* (2007) destacaram que tanto pela permeabilidade quanto pela presença da zona de transição interfacial entre a pasta de argamassa aderida ao agregado, a carbonatação esteve entre 1,3-2,5 vezes maior do que em concretos de referência. Evangelista e Brito (2010) concluíram que essa resistência é reduzida com a adição de agregados finos reciclados ao concreto, aumentando a profundidade de penetração em cerca de 40% para 30% de substituição de material fino.

4.4 Corrosão por íons cloretos

A NBR 15116 (2004) e as demais normas estrangeiras limitam o teor de cloreto nos agregados reciclados, variando conforme o tipo de agregado reciclado (reciclados de concreto, mistos ou de alvenaria) e em função do tipo de aplicação ser para fins estruturais ou não.

4.5 Sulfatos

Os ataques por sulfatos podem causar uma fissuração no concreto por exapansão. No Design Materials for Roads em Bridge in Scotland (2007), é ressaltado que a resistência a fontes externas de sulfato deveria ser a mesma que a limitada para os agregados naturais de concreto.

5 NORMAS PARA UTILIZAÇÃO DOS AGREGADOS DE RCC RECICLADOS EM CONCRETO

A primeira norma internacional com recomendações para o uso de agregados reciclados no concreto foi publicada no ano de 1994 pelo International union of laboratories and experts in construction materials, systems and structures (RILEM), com o título "Specifications for Concrete with Recycled Aggregates", conforme indicaram Agrela *et al.* (2013). Nessa publicação, os agregados graúdos reciclados foram classificados em três tipos (todos os tipos serão mostrados na Tabela 1), sendo; a) Tipo I – Agregados reciclados de resíduos de alvenaria (AG-REC-ALV), b) Tipo II – Agregados reciclados de resíduos de concreto (ARC), e c) Tipo III – Mistura de agregados naturais e reciclados.

Pela NBR 15116 (ABNT, 2004), os resíduos do tipo "Classe A", podem ser classificados em agregados de resíduos de concreto (ARC), e agregados de resíduos mistos (ARM). Porém, as normas internacionais abordam classificações que diferem da brasileira, como por exemplo, os agregados reciclados de resíduos de alvenaria (AG-REC-ALV). Apresenta-se tais considerações na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos agregados baseados em sua composição percentual(%)

País	Norma	Classe: norma	Nome	Conc.	Alv.	Agreg. natural	Mat. Orgânico	Impurezas	Mat. leves	Finos
BRASIL	NBR 15116 (2004)	ARC	ARC	>90	-	b	s.e.	3	s.e.	7
		ARM	ARM	<90	-	b	s.e.	3	s.e.	10
BELGICA	PTV 406 (2003)	Detritos de concreto esmagado	ARC	>90	<10	-	0,5	0,5 (a)	s.e.	s.e.
		Detritos misturados esmagados	ARM	>40	>10	-	0,5	1 (a)	s.e.	s.e.
		Detritos de alvenaria esmagados	AG-REC-ALV	< 40	>60	-	0,5	1 (a)	s.e.	s.e.
NORUEGA	NB 26 (2003)	Tipo 1	ARC	> 94	<5	b	s.e.	1 (e)	0,1	s.e.
		Tipo 2	ARM	<94		b	s.e.	1 (e)	0,1	s.e.
CHINA (c)	DG / TJ07-008 (2007)	Tipo 1	ARC	>95	< 5	-	0,5	1	s.e.	s.e.
		Tipo 2	ARM	<90	>10	-	s.e.	s.e.	s.e.	s.e.
DINAMARCA	DS 2426	GP1	ARC	>95	-	-	s.e.	s.e.	s.e.	s.e.

	(2009)	GP2	ARM	<95	-	-	s.e.	s.e.	s.e.	s.e.
ALEMANHA	DIN 4226-100 (2002)	Tipo 1	ARC	>90	<10	-	s.e.	1 (e)	s.e.	1
		Tipo 2	ARC	>70	< 30	-	s.e.	1 (e)	s.e.	1,5
		Tipo 3	AG-REC-ALV	<20	>80	<20	s.e.	1 (e)	s.e.	3
		Tipo 4	ARM		>80 – d		s.e.	1 (e)	s.e.	4
HONK KONG	WBTC 12 (2002)	TIPO II	ARC	< 100	-	-	s.e.	1	0,5	4
JAPÃO	JIS A 5021 (2005)	ARH	ARC	-	-	-	s.e.	3	s.e.	1
HOLANDA	NEN 5905 (2010)	ARH	ARC	>95	<5	-	s.e.	0,1	s.e.	-
		ARH	ARM	<80	-	<20	s.e.	-	0,1	3
AUSTRALIA	CSIRO (1998)	Classe 1A	ARC	<100	-	-	s.e.	1	s.e.	s.e.
		Classe 1B	ARM	<70	>30	-	s.e.	2	s.e.	s.e.
PORTUGAL	LNEC E 471 (2009)	ARB 1	ARC	>90	<10	b	s.e	0,2 - f	1	s.e
		ARB 2	ARC	>70	<30	b	s.e	0,5 - f	1	s.e
		ARC	ARM	>90		>10	s.e	1 - f	1	s.e
ESPANHA	EHE - 08 (2008)	RCA	ARC	-	<5	-	0,5	g	1	2
SUIÇA	SIA 2030 (2010)	BC	ARC	-	<3	-	s.e	1	s.e	s.e
		BNC	ARM	-	-	-	s.e	2	s.e	s.e
REINO UNIDO	BS 8500-2 (2006)	RCA	ARC	>95	<5	-	s.e	1 - h	0,5	5
		RA	ARM	-	<100	-	s.e	1 - h	1	3
	BRE DIGEST 433 (1998)	RCA I	AG-REC-ALV	-	<20	>80	s.e	5	1	s.e
		RCA II	ARC	<20	-	>80	s.e	1	0,5	s.e

RILEM (1994)	RCA III	ARM	<10	<10	>80	s.e	5	2,5	s.e
	TIPO I	AG-REC-ALV	-	<100	-	1	5	1	3
	TIPO II	ARC	<100	-	-	0,5	1	0,5	2
	TIPO III	ARC	<20	<10	>80	0,5	1	0,5	2

Fonte: Adaptado de Martín-Morales *et al.* (2013)

Notas:
s.e. – Sem especificação
(a) Menos de 5% de material betuminoso em todos os tipos;
(b) Incluído no percentual de agregados reciclados de concreto;
(c) Essa norma classifica o agregado reciclado conforme suas propriedades;
(d) Incluído 20% de material betuminoso ou outro;
(e) Limite de 1% para materiais betuminosos em todos os tipos;
(f) Limite de material betuminoso: até 5% para ARB1, até 5% para ARB2, e até 10% para ARC;
(g) Limite de até 1% para materiais betuminosos; Limite de até 1% para vidros, plásticos, metais, entre outros;
(h) Limite de até 5% para ARC; Limite de até 10% para AR.

Pela Tabela 1, países como a Bélgica, Alemanha, Portugal e Reino Unido apresentam uma classificação mais específica para os tipos de agregados reciclados, com maiores subdivisões em função dos percentuais de resíduos nos agregados. Conforme já apontado por Angulo (2005) e pela Tabela 1, em comparação com especificações estrangeiras, a norma brasileira impõe uma menor restrição para o teor de finos existentes nos agregados de RCC reciclados e para o teor de impurezas. Normas como a holandesa e portuguesa impõem limites máximos para os contaminantes ou impurezas extremamente rigorosas, entre 0,1-0,2% para o ARC.

É importante ressaltar que a norma portuguesa e alemã apresenta duas classes para os ARC. Cada uma dessas classes possui especificidades, como por exemplo, a norma portuguesa limita o percentual de substituição de agregado natural pelo reciclado em 25% para o ARC da classe ARB1, e 20% de substituição para o ARC da classe ARB2. Já na norma alemã, o ARC tipo1 e ARC tipo 2 diferem pelo percentual de resíduos de concreto e alvenaria, além dos fins de utilização desses tipos de concretos.

Para Brito e Saikia (2013), entre as diversas propriedades que afetam o desempenho da mistura, quatro são fundamentais, sendo a massa específica, absorção de água, teor de sulfatos e cloretos. O campo de aplicação para os concretos de RCC também são vastos e divergentes entre as normas internacionais. A Tabela 2 compila todas essas propriedades e respectivas utilizações no campo da construção civil.

Tabela 2 – Panorama geral das especificações internacionais para uso do agregado reciclado em concreto

País	**Clas-se**	**Dens mín kg/m³**	**Máx. Absor. água (%)**	**Máx. teor cloreto (%)**	**Máx. teor sulfato (%)**	**Subst. Máx. (%)**		**Uso**	**Resistência máx (MPa)**
						Graúdo	Miúdo		

Brasil	ARC	s.e	7 graúdo/12 miúdo	1 (a)	1 (a)	100	100	Concreto não estrutural	15
	ARM	s.e	12 graúdo/17 miúdo	1 (a)	1 (a)				
Alemanha	ARC - I	2000	10	0,04	0,8	20-35	0	Concreto estrutural	C30/37 (20% de substituição)
	ARC - II	2000	15	0,04	0,8	20-35	0		C25/30 (35% de substituição)
	AG-REC-ALV-III	1800	20	0,04	0,8	s.e		Concreto não estrutural	s.e
	ARM	1500	s.e	0,15	s.e	s.e			
Honk Kong	ARC	2000	10	0,05	1	20 ou 100	0	Concreto estrutural	C20 (100% de substituição); C35 (20% de substituição)
Japão (BCSJ)	ARM	2200	7	s.e	s.e	100	100	Concreto não estrutural	18
Japão (JIS A 5021)	ARM	2500 - graúdo e miúdo	3 graúdo/3,5 miúdo	0,04	s.e	s.e		Sem limitação	45
Japão (JIS A 5022)	ARM	2300-graúdo; 2200-miúdo	5 graúdo/7 miúdo	s.e	s.e	s.e		(e)	s.e
Japão (JIS A 5023)	ARM	s.e	7 graúdo/ 13 miúdo	s.e	s.e	s.e		Reaterros, nivelamento	
RILEM	ARC +AP	2400	3	(c)	1 (a)	100	(d)	Ambientes secos e molhados - não agressivos	sem limitação
	ARC	2000	10	(c)	1 (a)				C50/60
	AG-REC-ALV	1500	20	(c)	1 (a)				C16/20
Reino Unido	ARC	s.e	s.e	s.e	1	20	0	Concreto estrutural	C40/50
	ARM	s.e	s.e	s.e	s.e	s.e	0	Concreto não estrutural	s.e
Holanda	ARC	2000	s.e	0,05 (b)	1	100	(d)	Ambientes não agressivos	C40/50
	ARM	2000	s.e	0,05 (b)	1				C20/25
Portugal	ARC - I	2200	7	(c)	0,8	25	0	Concreto estrutural	C40/50
	ARC - II	2200	7	(c)	0,8	20	0		C35/45

	ARM	2000	7	(c)	0,8	s.e	0	Concreto não estrutural	s.e
Noruega	ARC	2000	10	s.e	s.e				
	ARM	1500	20	s.e	s.e				
Suiça	ARC	s.e	s.e	0,03	1	100	100	Concreto reforçado	C30/37
	ARM	s.e	s.e	s.e	1			Concreto não estrutural	s.e
Dinamarca	ARC	2200	s.e	s.e	s.e	100	20	Ambientes não agressivos	C40
	ARC	2200	s.e	s.e	s.e				
	ARM	1800	s.e	s.e	s.e				C20

Fonte: Adaptado de Brito e Saikia (2013)

Notas:
s.e – Sem especificação;
(a) Solúvel em água;
(b) Para concreto reforçado;
(c) Informações adicionais em normas específicas;
(d) Somente se misturados com agregado graúdo natural.

Pela Tabela 2, com exceção da norma do Brasil, Suíça e Reino Unido, todas as demais apresentam limites mínimos para a densidade do agregado reciclado. Para os ARC, o valor mínimo da densidade é de 2000 kg/m³, enquanto que para os ARM ou AG-REC-ALV, permite-se um valor menor (1500 kg/m³). A absorção de água para o ARC ficou entre 7-10% enquanto que para o ARM OU AG-REC-ALV, os limites ficaram entre 10-20%.

Quanto a durabilidade do concreto, destacam-se os teores de cloretos e sulfatos. A Tabela 2 indicou que esses limites estiveram na faixa média de 1%. Nos campos de aplicação, percebe-se que muitas normas aceitam o uso do agregado reciclado de concreto para fins estruturais, desde que cumpridas as exigências e requisitos. A norma brasileira e japonesa (BCSJ) apenas aceitam o uso para fins não estruturais, com resistências de 15-18 MPa respectivamente.

Foram mostrados na Tabela 2 os teores máximos de substituição de agregados reciclados tanto para a fração graúda como miúda. Existem normas que permitem uma substituição de apenas 20-35% para a fração graúda (norma alemã e Portuguesa), e há normas que permitem uma substituição de 100% do agregado natural pelo reciclado (norma suíça e Dinamarquesa).

5 CONCLUSÕES

As diversas normas mostraram um amplo campo de aplicação para os agregados reciclados em concretos, enquanto que a brasileira NBR 15116 (2004) só permite o uso de agregado reciclado em concretos não estruturais. Muitos dos autores citados concluíram ser possível ampliar a utilização dos

agregados reciclados em estruturas de concreto. Certamente, as propriedades fundamentais mostradas na Tabela 2 devem ser seguidas para tal viabilidade.

Outros avanços nos concretos com agregados reciclados, como em técnicas de separação de resíduos, análise da lixiviação de metais pesados, uso de adições minerais, correlações e teores máximos de substituição poderiam ser realizados para ampliar sua utilização no país.

E, considerando o rigor de outras normas, a norma brasileira poderia também incorporar alguns desses limites, dando mais segurança e viabilidade para o uso do AR em outros fins além do que se permite atualmente. A atual NBR 15116(2004) está em fase de revisão final pelo Comitê científico e acredita-se que diversas atualizações serão feitas nas especificações do agregado reciclado para concreto.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

AGRELA, F.; ALAEJOS, P.; JUAN, M.S. Properties of concrete with recycled aggregates. In: **Handbook of recycled concrete and demolition waste.** UK: Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering: Number 47, 2013.

ANGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos.** 2005, 167 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

ARAÚJO, D.L.; FELIX, L.P.; SILVA, L.C.; SANTOS, T.M. Influência de agregados reciclados de resíduos de construção nas propriedades mecânicas do concreto. **Revista eletrônica de engenharia civil – REEC.** V.11, p.16-34, 2016.

BRITO, J.; SAIKIA, N. **Recycled aggregate in Concrete:** Use of Industrial, and Demolition Waste. Springler-Verlag, London, 2013. 445p.

CABRAL, A.E.B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** 2007, 254p. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo, 2007.

CABRAL, A.E.B.; SCHALCH, V.; DAL MOLIN, D.C.C.; RIBEIRO, J.L.D.; RAVINDRARAJAH, R.S. Shrinkage modeling for recycled aggregate concretes. **Ibracon Structures and Materials Journal.** V. 3, N.1, p.1-23, 2010.

Design Materials for Roads and Bridges: **BA 92/07** - The use of recycled concrete aggregate in structural concrete. V.2, S.3, P.9. 2007.

DOMINGO-CABO, A. *et al.* Creep and Shrinkage of recycled aggregate concrete. **Construction and Buildings Materials**. V.23, p. 2545-2553, 2009.

ETXEBERRIA, M.; VÁZQUEZ, E.; BARRA, M.M. Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete. **Cement and Concrete Research**. V. 37, p. 735-742, 2007.

EVANGELISTA, L.; BRITO, J. Durability performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates. **Cement & Concrete Composites.** V. 32. P.9-14, 2010.

KATZ, A. Properties of concrete made with recycled aggregate from partially hydrated old concrete. **Cement and Concrete Research**. V.33, p.703-711, 2003.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil: LNEC: **E-471.** Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos. 2009.

MARTÍN-MORALES, M.; ZAMORANO, M.; VALVERDE-PALACIOS, I.; SÁNCHEZ-ROLDÁN, Z. Quality control of recycled aggregates (RAs) from construction and demolition waste (CDW). In: **Handbook of recycled concrete and demolition waste**. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering: Number 47. UK, 2013.

MCNEIL, K.; KANG, T.H.K. Recycled Concrete Aggregates: A Review. **International Journal of Concrete Structures and Materials.** V.7, N.1, p. 61-69, 2013.

RAO, A.; JHA, K.N.; MISRA, S. Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. Resources, **Conservation & Recycling.** V. 50, p.71-81, 2007.

XIAO, J.; LI, W.; FAN, Y.; HUANG, X. An overview of study on recycled aggregate concrete in China (1996-2011). **Construction and Building Materials.** V. 31, p. 364-383, 2012.

YANG Y.; CHUNG H.; ASHOUR A.F. Influence of type and replacement level of recycled aggregates on concrete properties. **Materials Journal.** V.105 (3), p.289–296, 2008.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE AGREGADOS MIÚDOS RECICLADOS PRODUZIDOS EM BRITADORES DE MANDÍBULA E IMPACTO[1]

MARINHO, Gabriel (1); SANTOS, Elaine (2); SANTOS, Larissa (3); DEGRAF, Henrique (4); MIRANDA, Leonardo (5); VOGT, Vanessa (6)

(1) UFPR, email: gabrielmarinho17@hotmail.com; (2) UFPR, email: elainesouza.cad@gmail.com; (3) UFPR, email: larissasbrissia@gmail.com; (4) UFPR, email: degraf.henrique@gmail.com; (5) UFPR, email: reciclagem.miranda@gmail.com; (6) IFPR, email: vogt.vanessa@gmail.com

RESUMO

O agregado reciclado possui características heterogêneas que podem ser influenciadas pela origem do resíduo e seu processo de britagem. O objetivo deste trabalho é apresentar a influência do tipo de britador nas propriedades físicas dos agregados reciclados miúdos (material < peneira 4,8 mm). Para isto, foram coletadas duas amostras, em diferentes épocas, de resíduo cerâmico e de concreto que foram britadas em britadores de mandíbula e de impacto. A caracterização contemplou os ensaios de composição granulométrica, material passante na peneira 75 µm, massa unitária, massa específica, absorção de água, forma dos grãos obtidas por análise microscópica. Notou-se que o material britado no britador de impacto apresentou maior teor de finos < 75 µm. A massa específica do agregado reciclado no britador de impacto foi menor que no de mandíbula, pois o impacto retira da fração graúda uma quantidade maior de argamassa aderida, transferindo-a para a fração miúda. O arredondamento das partículas se mostrou igual nas amostras de concreto, independente do britador. A esfericidade nos grãos de concreto, processados na mandíbula foi maior que no impacto; para o agregado misto, os valores se inverteram. Todas as amostras derivadas do britador de impacto obtiveram uma absorção maior que as amostras provenientes da mandíbula.

Palavras-chave: Agregado reciclado. Reciclagem. Resíduo de construção e demolição.

ABSTRACT

The recycled aggregate has heterogeneous characteristics which may be influenced by the origin of the waste and its crushing process. The objective of this research is to present the influence that the kind of crushing may cause in the physical properties of the fine recycled aggregates (material < sieve 4,8mm). In this research, two samples were collected in different periods, one of concrete waste and the other one of mixed concrete and ceramic waste, both originated by a jaw crusher and an impact crusher. The characterization contemplated tests of grain size distribution, unit mass, bulk density, water absorption and shape index. It was noticed that the material obtained by the impact crusher had more fines content (under 75 µm) and a smaller density than the jaw crusher, because the impact crusher remove a significant amount of attached mortar of the coarse fraction transferring it to the fine fraction. The rounding of the particles was equal in the concrete samples, independent of the type of

[1] MARINHO, G. *et al*. Avaliação das propriedades físicas de agregados miúdos reciclados produzidos em britadores de mandíbula e impacto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

crusher. The sphericity of the concrete grains, passed through a jaw crusher , was higher than the impact crusher; the results were the opposite for the mixed (concrete and ceramic) aggregate. All samples derived of the impact crusher obtained a higher absorption than all samples of the jaw crusher.

***Keywords**: Recycled aggregate. Recycling. Construction and demolition waste.*

1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento dos resíduos de construção civil é uma preocupação ambiental de responsabilidade dos poderes governamentais, seja na construção de aterros, coleta do RCD (resíduo de construção e demolição), na política de reutilização, incentivo para o desenvolvimento de novas tecnologias de reaproveitamento, como já acontece no Brasil e em outros países emergentes.

No Brasil, as prefeituras dos municípios coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2014 destinados irregularmente, o que implica no aumento de 4,1% em relação a 2013 (MIRANDA, 2014). O RCD gerado pode ser destinado em aterros públicos ou em usinas de reciclagem públicas ou privadas.

Dados sobre a situação de reciclagem no Brasil indicam que existem em todo o país mais de 310 usinas de recicladoras, sem levar em conta as usinas da Região Norte (ABRECON, 2013). Depois da etapa de reciclagem, a utilização do material beneficiado pode ter diversos usos, dependendo do mercado local, controle tecnológico e sua origem.

Em relação aos tipos de equipamentos de britagem, das 112 usinas entrevistadas em uma pesquisa setorial de ABRECON (2013), 49% usam britadores de mandíbula e 29% de impacto. Apesar do maior uso de britadores de mandíbulas pelo seu menor custo de aquisição e manutenção, a recomendação que normalmente é feita pelo meio técnico é pelo uso do britador de impacto, pois é dito que é melhor a qualidade do agregado gerado e são menores as pausas na produção quando se tem presença de RCD misto e úmido. Ainda se referindo ao britador de impacto, este gera agregados com forma mais cúbica, sendo aconselhável sua utilização para materiais com tendência de produzir partículas mais lamelares (LUZ et al., 1998).

Os britadores de impacto e de mandíbula podem influenciar as características dos agregados gerados, variando na forma e na porosidade das partículas. Desta forma, dados da literatura não demostram a verdadeira importância de se utilizar britadores de impacto para melhoria da qualidade dos agregados reciclados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil, a origem principal é mista (concreto e alvenaria), assim como em muitos países europeus (ULSEN, 2011). Os resíduos mistos são na maioria constituída por tijolos, areias e argamassas (LUCENA, 2005).

Os RCD (resíduos de construção e demolição) passam por um processo de beneficiamento no qual os britadores são equipamentos usados para cominuição, utilizados para redução granulométrica e tendo o poder de modificar a morfologia das partículas.

Para a realização do esforço que rompe as ligações interatômicas dos resíduos, os equipamentos de britagem e moagem utilizam diferentes mecanismos. Os principais mecanismos de fragmentação são o de compressão, de impacto ou de abrasão por cisalhamento (GALERY, 2011).

O mecanismo de compressão consiste na quebra devido às forças de compressão, de baixa intensidade, quando aplicadas de maneira lenta e progressiva, permite o aparecimento da fratura. O efeito deste mecanismo é um número reduzido de fragmentos homogêneos de tamanho intermediário. É o mecanismo mais comum e ocorre, principalmente, em britadores de mandíbulas, britadores giratórios e cônicos (GALERY, 2011).

Na fragmentação por impacto, a fratura acontece quando forças são aplicadas rapidamente e em proporção muito superior à resistência das partículas. A consequência deste tipo de quebra é uma ampla faixa granulométrica com um grande número de partículas. Em utilização de energia este é o mecanismo mais eficiente (VALADÃO, 2007).

Nos últimos anos, aumentou o interesse pelo empacotamento das partículas nas diferentes áreas da engenharia. Esse interesse pode ser explicado pelo fato de uma grande parte dos materiais naturais possuírem diferentes formas e tamanhos (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009). A forma das areias influencia diretamente no empacotamento das partículas, sendo grande a diferença entre a esfericidade e o arredondamento das areias quando se muda a origem e o tipo de britador para obtenção das mesmas (ARNOLD, 2011). O maior grau de arredondamento das areias aumenta quando possuem uma menor área, perímetro e dimensão máxima dos grãos, ou seja, é diretamente proporcional a forma do grão (TRISTÃO, 2005).

A absorção de água é a propriedade que mais diferencia os agregados reciclados dos naturais (CARNEIRO *et al.,* 2001) e está diretamente relacionada à porosidade do agregado reciclado devido ao teor de argamassa aderida que forma uma zona de transição em volta do agregado natural (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

A faixa de valores típicos de absorção dos agregados reciclados de concreto, de acordo com Saeed *et al.* (2007), varia de 4% a 8% para agregados miúdos. As propriedades de absorção de água e massa específica aparente dos agregados reciclados dependem da sua natureza, sendo menores para agregados graúdos reciclados de concreto, e no caso de agregados mistos podem alcançar 20% quando eles incluem uma quantidade grande de partículas cerâmicas (SAIKIA e BRITO, 2013).

A quantidade de finos totais para a areia reciclada varia de 20 a 40%, e que é diretamente influente nas propriedades nos estados fresco e endurecido das argamassas. Desse modo, o principal controle a ser realizado com

rigorosidade é a quantidade de materiais finos menores que 75 μm, incluindo aqui os finos provenientes dos aglomerantes (MIRANDA, 2000). O teor de materiais finos (<75 μm) para as areias recicladas de RCD o valor mínimo é cerca de 5%. Como o RCD normalmente vem associado a materiais cerâmicos, este valor pode oscilar facilmente entre 15% e 30% (MIRANDA; SELMO, 2003).

3 METODOLOGIA

Objetivando a comparação entre britadores, observou-se a necessidade de mesma capacidade no britador de impacto e no britador de mandíbula, respeitando a produção horária e a dimensão máxima característica do agregado produzido. O britador de mandíbula escolhido foi um 6040 com capacidade de 50 t/h da usina de PROGRARU em Guarulhos/SP com posição aberta de 101 mm, com abertura máxima de 150 mm. O britador de impacto adotado foi um equipamento de 50 t/h com 10 martelos, motor 50 cv, *top-size* de 150 mm (abertura do britador), da empresa URBEM, em São Bernardo dos Campos/SP, onde foram coletados os RCD dessa pesquisa.

Escolheram-se dois lotes de cada tipo de resíduo (misto e concreto) mais homogêneo disponível, denominados de amostra A e B. Um lote foi processado no britador de impacto na própria URBEM aonde foi retirado o material e o outro lote foi levado ao britador de mandíbula na PROGRARU. Esse procedimento resultou em amostras conforme Tabela1.

Tabela 1 – Divisão das amostras

PARÂMETROS			
AMOSTRAGEM	BRITADOR	MATERIAL	ABREVIAÇÃO
AMOSTRA A	MANDÍBULA	CONCRETO	MCA
		MISTO	MMA
	IMPACTO	CONCRETO	ICA
		MISTO	IMA
AMOSTRA B	MANDÍBULA	CONCRETO	MCB
		MISTO	MMB
	IMPACTO	CONCRETO	ICB
		MISTO	IMB

Fonte: Os autores

Desse material foi separado o agregado miúdo (material passante na peneira 4,8 mm) para execução dos ensaios. Todos os agregados utilizados nesta pesquisa foram devidamente homogeneizados e reduzidos a quantidade para cada ensaio com o auxílio do redutor de amostras tipo Jones.

Para caracterização dos agregados reciclados utilizou-se normas que abrangessem tanto agregados naturais como reciclados conforme Tabela 2. Porém, para análise de algumas propriedades buscou-se ensaios complementares descritos a seguir.

Tabela 2 – Ensaios de caracterização dos agregados.

CARACTERIZAÇÃO	NORMA
Composição granulométrica	NBR NM 248 - 2003
Material passante na peneira 75 µm	NBR NM 46 - 2003
Massa unitária	NBR NM 45 - 2006
Massa específica - Agregados miúdos	NBR NM 52 - 2009
Absorção - Agregados miúdos	NBR NM 30 - 2001
Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	-

Fonte: Os autores

3.1 MICROSCOPIA ELETRÔNICO DE VARREDURA

O equipamento usado foi o Microscópio Eletrônico de Varredura TESCAN VEGA3 LMU, com resolução de até 3 nm, analisa aspectos bidimensionais por estereoscópica de elétrons secundários. O programa foi o Mex da empresa Alicona.

Para a análise da forma dos grãos dos agregados, utilizou-se a metodologia proposta por Tristão (2005), onde se aplicou o uso de imagem digitalizado para obter parâmetros de forma e textura dos grãos dos agregados miúdos.

Para o ensaio optou-se por utilizar o agregado retido na peneira 0,15 mm a fim de preencher aproximadamente 200 partículas no amostrador padrão do MEV com aproximadamente 1 cm de diâmetro.

As imagens dos grãos de areia foram analisadas no *software* IMAGEJ. Este programa possibilitou a medição de cada grão quanto aos seus diâmetros, de maior e menor dimensão, perímetro e área superficial. A partir desses dados foi possível calcular o arredondamento, alongamento e esfericidade que cada grão.

O arredondamento foi calculado a partir da Equação 1:

$$A_r = \frac{4S}{\pi (d_{máx})^2} \quad (1)$$

Onde:
Ar = arredondamento
S = área da projeção da partícula (mm²)
Dmáx = diâmetro máximo de Feret (mm)

Fonte: Tristão (2005)

A esfericidade foi calculada a partir da Equação 2:

$$F_f = \frac{4\pi S}{\rho^2} \quad (2)$$

Onde:
Ff = esfericidade
S = área de projeção da partícula (mm²)
P = perímetro da projeção da partícula (mm)

Fonte: Tristão (2005)

3.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA DO AGREGADO MIÚDO

O método proposto na pesquisa de Kaneko (2014) propunha que a amostra fosse formada pelo material passante pela peneira 4,8 mm, seca 24h em estufa a 100 °C, com aproximadamente 150g. O método de saturação foi à vácuo – 500 mmHg por 30 minutos, o vácuo deveria ser retirado e agitado o recipiente para retirada das bolhas de ar em 1, 3, 5, 10 e 15 minutos do início do ensaio e reaplicado a pressão imediatamente.

Para a realização do ensaio foi utilizada o mesmo procedimento e conjunto de equipamentos utilizados por Kaneko (2014): Balança Shimadzu – Modelo: UX4200H, Balão Volumétrico PHOX 2000 ml, Bomba de Vácuo e Pressão QUIMIS - Modelo: Q355B, Computador Creative 52Xmx (Sistema operacional: Windows XP) e Micro-ondas PANASONIC 28L – Modelo: NNS 56 B – Potência nominal: 900 W.

O recipiente com o material miúdo foi suspenso através de uma linha de *nylon* dentro do micro-ondas e acoplado na parte inferior da balança, e submetido a um processo de preaquecimento de 30 minutos de acordo com Kaneko (2014).

Reiniciou-se então a secagem com a massa da amostra sendo medida a cada 20 segundos até que a taxa de secagem fosse linearmente decrescente (momentos próximos à estabilização da massa do conjunto). Estas medições geraram uma tabela com uma coluna contendo os tempos t (período de leitura dos dados) e a massa do conjunto agregado e água relativa a cada t.

Os resultados obtidos serviram para a montagem de um gráfico "Taxa de umidade x Taxa de secagem", onde a taxa de umidade foi calculada através da Equação 3 e a taxa de secagem de acordo com a Equação 4.

O teor de umidade a cada instante (t), em porcentagem, é obtido pela subtração entre a massa do conjunto agregado/água no instante (t) e a Ms inicial, divido pelo valor da Ms inicial.

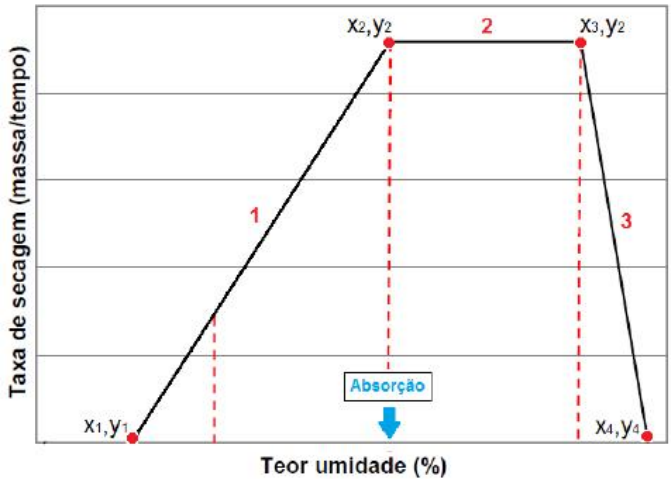
$$\text{Taxa umidade (t)(\%)} = \frac{M_{conj.agreg/água_{(t)}} - M_{seca}}{M_{seca}} \quad (3)$$

A taxa de secagem pode ser calculada, em cada instante t, pela subtração da massa do conjunto agregado/água do instante (t) em relação ao instante (t - 1) anterior, divida pelo próprio intervalo de tempo.

$$\text{Taxa secagem (t)(massa/tempo)} = \frac{M_{conj.agreg/água_{(t-1)}} - M_{conj.agreg/água_{(t)}}}{(t) - (t-1)} \quad (4)$$

Para a obtenção do valor da umidade foram criadas retas através do programa *Origin* com uma função que garante o menor desvio padrão dos dados em relação às três retas juntas conforme a Figura 1.

Figura 1 – Gráfico base para definição da função no *Origin*



Fonte: Kaneko (2014)

4 RESULTADOS

Para a apresentação dos resultados da caracterização das amostras foi elaborada a Tabela 3, na qual os resultados para cada parâmetro foram divididos por amostra, tanto para a amostragem A quanto para B. As curvas granulométricas foram apresentadas no capítulo seguinte.

A tabela concebida tem por função auxiliar a interpretação correlacionada dos resultados, mas cada parâmetro foi descrito especificamente nos capítulos a seguir.

Tabela 3 - Resumo dos resultados de caracterização das amostras.

	ICA	MCA	IMA	MMA	ICB	MCB	IMB	MMB
Passante na peneira 4,8 mm (%)	28	13	53	39	29	11	59	29
Arredondamento	0,51	0,51	0,57	0,54	0,52	0,46	0,48	0,51
Esfericidade	0,40	0,44	0,46	0,40	0,30	0,26	0,20	0,37

Índice de forma - Agregado miúdo		1,7	1,7	1,5	1,6	1,6	1,7	1,5	1,6
Material passante na peneira 75 µm	(%)	14	11	21	13	9	9	15	11
Absorção de água – Micro-ondas	(%)	15,9	12,4	14,3	13	13,4	11,6	18,3	15,7
Absorção de água - NBR NM 30	(%)	9,5	8,2	7,5	5,3	6,8	6,1	8,4	7,9
Absorção de água - NBR (Sem < 75 µm)	(%)	7,5	6,9	6,1	4,8	5,8	5,8	7,8	7,6
Massa unitária	(g/cm³)	1,25	1,28	1,2	1,25	1,31	1,33	1,2	1,21
Massa específica	(g/cm³)	2,61	2,53	2,52	2,38	2,54	2,51	2,5	2,44
Índice de vazios		1,09	0,98	1,09	0,91	0,95	0,89	1,08	1,02

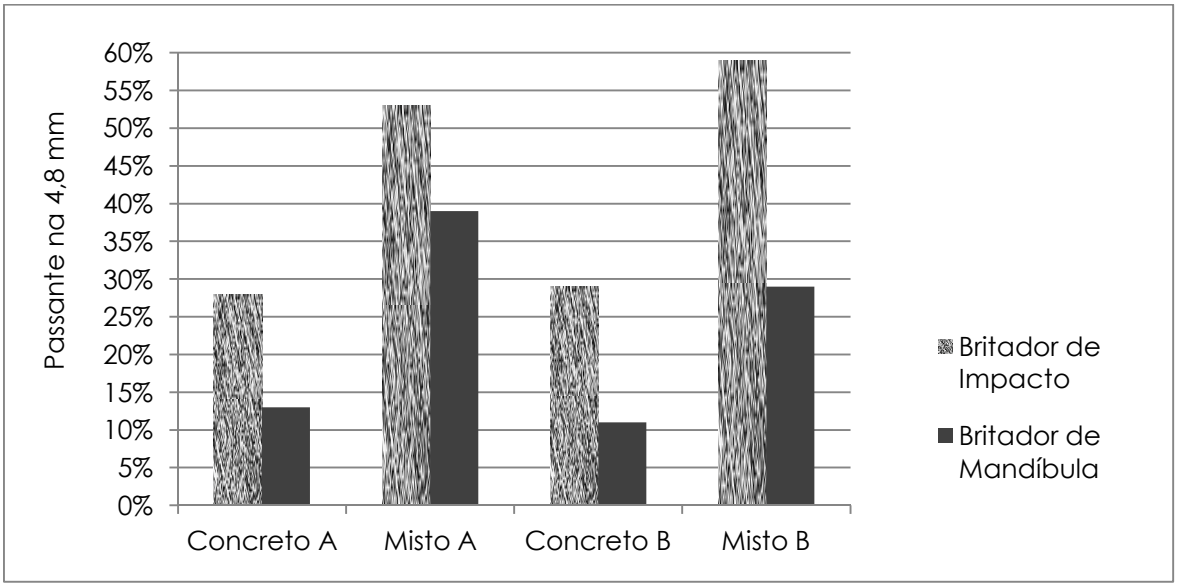
Fonte: Os autores

4.1 CURVAS GRANULOMÉTRICAS

No parâmetro porcentagem de material passante na peneira 4,8 mm pode-se notar a influência dos mecanismos de britagem e também da natureza dos materiais. A amostra IMB com 59% gerou a maior porcentagem de material passante na peneira 4,8mm e a amostra MCB com 11% foi a menor porcentagem dentre as amostras (Figura 2).

A porcentagem baixa de material < 4,8 mm foi um limitante para execução dos ensaios desse trabalho pelo motivo de que ao final de alguns ensaios essa fração de material era descartada limitando assim a repetibilidade dos ensaios subsequentes. Para as usinas de reciclagem, a baixa quantidade de material menor que 4,8 mm evidencia a dificuldade de produção dessa fração em grandes volumes.

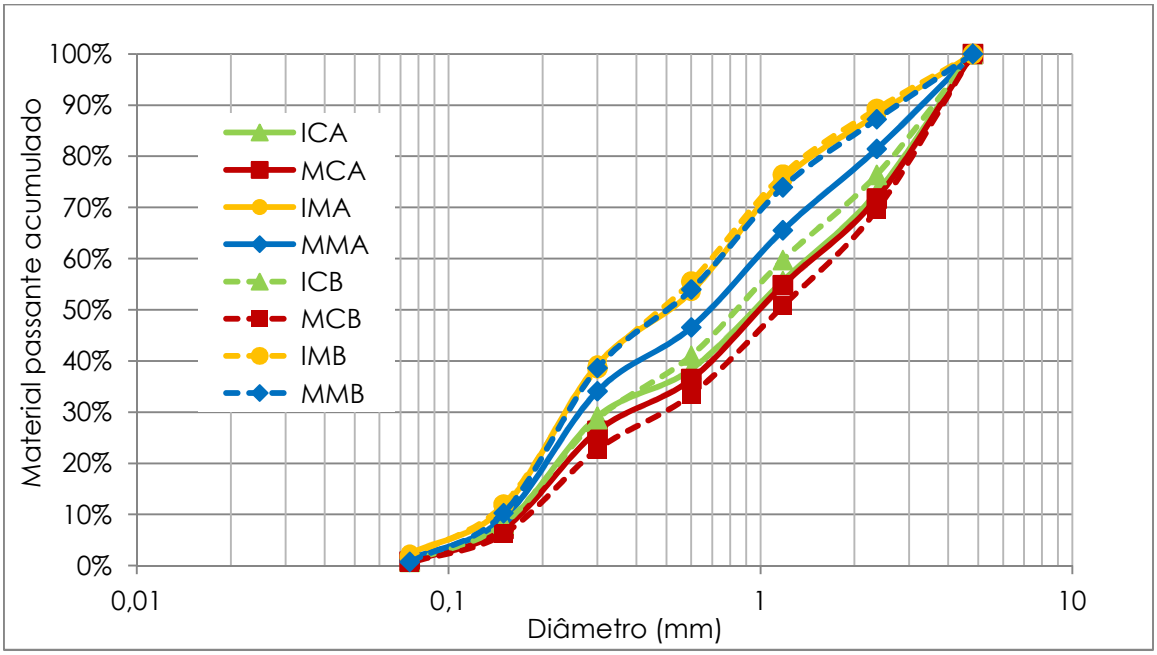
Figura 2 – Material passante na 4,8 mm para cada amostra, separadas por britadores.



Fonte: Os autores

Entre as curvas granulométricas existiu uma tendência de comportamento devido às naturezas dos materiais (Figura 3). As amostras derivadas de concreto possuíram uma curva mais grossa, ou seja, concentrou-se uma maior quantidade de grãos em peneiras maiores, já os materiais com origem mista possuíram curvas com maior quantidade de grãos nas peneiras de menor numeração, caracterizando-as como curvas finas. Na amostragem A houve diferença entre as curvas granulométricas para os materiais de origem mista, em contrapartida essa diferença granulométrica na amostragem B ocorreu nos materiais de origem de concreto.

Figura 3 – Distribuição granulométrica passante acumulada do agregado miúdo

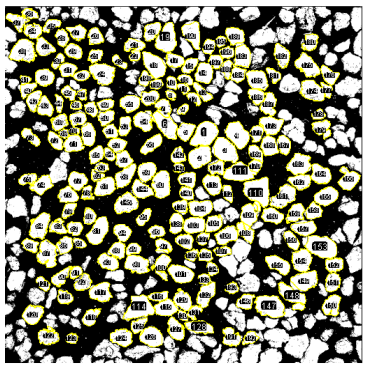


Fonte: Os autores

4.2 FORMA DOS GRÃOS

Com os dados obtidos no software IMAGEJ calculou-se o arredondamento, esfericidade e índice de forma dos grãos. Para a verificação de diferença entre as amostras (origem concreto e mista) e também entre os britadores foi feito um estudo estatístico através da ANOVA e Teste-t (Figura 4).

Figura 4 – MEV Escala 2 mm amostra IMA



Fonte: Os autores

O comportamento dos britadores em relação ao arredondamento não se manteve igual nas amostras A e B. Entre as amostras A de concreto estatisticamente não houve diferenças entre os britadores, e na fração mista o britador de mandíbula gerou um arredondamento menor que o de impacto.

Já na amostragem B, o comportamento foi diferente: nas amostras de concreto o maior valor de arredondamento foi para o britador de impacto, nas amostras mistas a mandíbula que produziu o menor arredondamento. Valores mais próximos de 1 para esse parâmetro representam grãos mais arredondados.

Em relação à esfericidade, podem-se notar diferenças entre os britadores. Nas amostras A de concreto a maior esfericidade foi encontrada no britador de mandíbula, fato que se inverteu nas amostras A mistas. Na amostragem B a maior esfericidade para o britador de impacto ocorreu na amostra de concreto, quando que para a mandíbula isso ocorreu no agregado misto. Como no arredondamento, valores perto de 1 significam grãos mais arredondados, valores perto de 1 na esfericidade significam grãos mais esféricos.

Os índices de forma dos agregados na amostragem A não sofreram influencia dos britadores analisando os materiais concreto e misto. Entretanto as amostras B tiveram interferência dos britadores em seus resultados de índice de forma revelando o britador de mandíbula como o equipamento de britagem que gera grãos mais lamelares. Entretanto, considera-se tal diferença irrelevante.

4.3 MATERIAL PASSANTE NA PENEIRA 75 µm E ABSORÇÃO DE ÁGUA

O britador de impacto gerou maior teor de material passante na peneira 75 µm em três das quatro combinações entre amostras, sendo encontrada a maior diferença no material misto da amostra A.

As absorções sofreram influência da natureza do material e do britador, independente da metodologia usada para absorção, sendo maiores no britador de impacto. Todas as amostras apresentaram maior absorção no ensaio do micro-ondas quando comparado aos outros métodos. Isto ocorre devido ao método de saturação a vácuo permitir maior penetração de água nos poros que pelo método da NBR NM 30 – 2001, método em que o material fica submerso em água por 24 horas. O ensaio de absorção pela NBR NM 30 – 2001 com finos resultaram em uma absorção maior que a sem finos o que já era esperado pela maior superfície especifica dessa fração.

5 CONCLUSÕES

As características dos agregados miúdos tiveram influencia do método de britagem, onde o britador de mandíbula gerou curvas granulométricas mais grossas que as de impacto, para uma mesma capacidade de produção horária.

Observando a forma dos grãos as amostras apresentaram diferença nos parâmetros arredondamento, esfericidade e o índice de forma. Porém o comportamento dessa diferença não se manteve entre as amostras A e B devido à grande variabilidade dos materiais, o que impede conclusões a respeito da influência do tipo de britador na forma dos grãos.

Assim como a curva granulométrica, o teor de material passante na peneira 75 µm apresentou maiores valores nas amostras de britador de impacto.

Independente da escolha do método de determinação de absorção de água não houve diferença significativa em nenhuma amostra em função do britador.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao BNDES pelo apoio financeiro à pesquisa, à Soliforte, à Proguaru e à Urbem pelo apoio na obtenção de amostras.

REFERÊNCIAS

ABRECON. **Relatório pesquisa setorial 2013:** A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. São Paulo, 2013. 22 p.

ARNOLD, Daiana Cristina Metz. **Análise da influência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248. **Agregados – determinação da distribuição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

_____.NBR NM 30. **Agregado miúdo – Determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2001.

_____.NBR NM 45. **Agregado – determinação da densidade de massa e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

_____.NBR NM 46. **Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem.** Rio de Janeiro, 2003.

_____.NBR NM 52. **Agregado miúdo – determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.

CARNEIRO, A.P. *et al.* **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção** - Projeto Entulho Bom. Salvador. EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001. 312 p.

CASTRO, A.; PANDOLFELLI, V. **Revisão: conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil**. Cerâmica, v. 55, n. 333, p. 18-32, 2009.

GALERY, R. **Fragmentação de minérios: primeira parte**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

KANEKO, C. **Desenvolvimento de método para determinação da absorção de água em agregados miúdos reciclados através de micro-ondas.** 142 p. Trabalho final de curso. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LUCENA, L. F. L.; NEVES, G. A.; NASCIMENTO, J. D.; OLIVEIRA, D. F., 2005, **Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil no Município de Campina Grande.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4., Encontro Latino-Americano de Gestão e Economia da Construção, 1., Porto Alegre.

LUZ, A.B. da; POSSA, M.V.; ALMEIDA, S.L. **Tratamento de minérios.** 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM – Centro de tecnologia mineral e CNPq., 1998, 676 p.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3º ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MIRANDA, Leonardo F. R **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014.** In: ABRELPE**.** São Paulo, 2014. 120 p.

MIRANDA, Leonardo F. R.; SELMO, Sílvia. **Argamassas com areia de entulho reciclado**. Téchne, São Paulo, n. 74, maio 2003.

MIRANDA, Leonardo. F. R. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos classe a da construção civil**. 2005. 438 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, SÃo Paulo, 2005.

MIRANDA, Leonardo. F. R. **Estudo de fatos que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000. 172p.

SAEED, A.; HAMMONS, M. I.; REED, J. L. **Comprehensive Evaluation, Design, and Construction Techniques for Airfield Recycled Concrete Aggregate as Unbound Base**. In: Transportation Research Board 86th Annual Meeting, Washington DC, United States, 2007. 16p.

SAIKIA, N.; BRITO, J. **Recycled Aggregate in Concrete – Use of Industrial, Construction and Demolition Waste.** Springer-Verlag. London, 2013.

TRISTÃO, F. A. **Influência dos parâmetros texturais das areias na propriedades das argamassas mistas de revestimento**. 286 f. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ULSEN, C. **Caracterização e separabilidade de agregados miúdos produzidos a partir de resíduos de construção e demolição.** 222 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

VALADÃO, G. E. S.; ARAUJO, A. C. Introdução ao tratamento de minérios. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM RESÍDUO DE SERRAGEM DE PEDRA CARIRI[1]

MERCÊS, Uiliana Márcia da Silva (1); MOURA, Washington Almeida (2)

(1) UEFS, e-mail: uilianamerces@yahoo.com.br; (2) UEFS, e-mail: washington.moura@gmail.com

RESUMO

O esforço empreendido no sentido de promover a sustentabilidade do setor da construção civil, ainda não é proporcional à gravidade do problema ambiental provocado por este segmento da indústria. A busca de alternativas, como o uso de resíduos industriais como adições em concretos ou argamassas tem contribuído para diminuir o impacto ambiental gerado pela deposição irregular destes rejeitos. A indústria de beneficiamento de rochas ornamentais é um exemplo de impacto ambiental. Dentre as diversas rochas ornamentais que têm sido exploradas e beneficiadas consta o calcário laminado, conhecido como "Pedra Cariri", no Ceará. Somente na serragem das placas é gerado em torno de 850 toneladas/ano de Resíduo de Serragem de Pedra Cariri (RSPC). Neste artigo apresenta-se os resultados do estudo do uso do RSPC como substituiçõ parcial de cimento na produção de argamassa. O traço definido para produção das argamassas foi de 1:3, em massa. Os teores de resíduo utilizados foram de 5% e 10%, em substituição ao cimento, em massa. A relação a/c foi de 0,48. A resistência à compressão e a absorção e índice de vazios foram determinados aos 28 dias. Com base nos resultados, pode-se concluir que o RSPC não possui atividade pozolânica. As argamassas com RSPC apresentaram maior resistência à compressão do que a argamassa de referência (sem resíduo). A argamassa com 5% de RSPC apresentou absorção compatível com a de referência. Por outro lado, a argamassa com 10% de RSPC apresentou absorção 4% maior em relação à argamassa de referência.

Palavras-chave: ENTAC2016. Argamassa. Resíduo de pedra Cariri.

ABSTRACT

The effort to promote sustainability in the construction sector is still not commensurate with the seriousness of the environmental problem caused by this industry segment. The search for alternatives to the use of industrial waste as additions in concrete or mortar has contributed to reduce the environmental impact caused by uneven deposition of tailings The ornamental stone processing industry is an example of environmental impact. *Among the many ornamental stones that have been exploited and benefited shown the laminated limestone known as "Cariri Stone", in Ceará. Only in the sawdust of the plates is generated around 850 tons / year of Sawdust Residue Cariri Stone (RSPC). The RSPC was characterized, including on the pozzolanic activity. The feature set for the production of mortars was 1: 3 by weight. residue levels used were 5 and 10%, replacing the cement mass. The w / c ratio was 0.48. The compressive strength and absorption and void ratio were determined after 28 days. Based on the results, one can conclude that the RSPC has no pozzolanic activity. All mortars RSPC showed greater resistance to compression in relation to the reference mortar.*

[1] MERCÊS, Uiliana Márcia da Silva; MOURA, Washington Almeida. Comportamento mecânico de argamassas produzidas com resíduo de serragem de pedra Cariri. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: ENTAC2016. Mortar. Cariri Stone Sawing Dust.*

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção provoca efeitos negativos no ambiente, devido ao alto consumo de energia, emissão de gases poluentes, consumo de água e geração de resíduos. Por outro lado, possui um alto potencial em absorver resíduos nos produtos que utiliza, contribuindo para um desenvolvimento mais sustentável. Tem se buscado algumas tentativas de melhorar a sustentabilidade deste setor, a exemplo do uso de resíduos industriais como adições em concretos ou argamassas. Dentre os resíduos que vêm sendo estudados, estão os do processo de beneficiamento de rochas ornamentais. Estes resíduos vêm sendo estudados na produção de peças pré-moldadas (MOURA *et al.*,2009), concreto (GONÇALVES, 2000; ELMOATY, 2013; BACARJI *et al.*,2013), argamassas (CRUZ *et al.*,2003; SOARES, 2014), em concreto autoadensável (CALMON *et al.*, 2005;, YAHIA, 2005; SCHUTTER, 2011) entre outros trabalhos. Alguns destes estudos demonstraram a viabilidade técnica da utilização de resíduo de rochas ornamentais como substituição parcial do ciemento, tanto para produção de concreto, como argamassa.

Vale salientar que o Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais do mundo, sendo o sétimo exportadorno cenário mundial. O Estado do Espírito Santo é o maior produtor de rochas ornamentais no Brasil, e o estado do Ceará é também um dos destaques neste cenário. No primeiro semestre de 2015, foram exportadas 11.288,72 toneladas de rochas carbonáticas no Brasil, segundo a ABIROCHAS (2015). O Ceará foi o terceiro estado brasileiro em exportação, segundo o Sindicato das Indústrias de Mármores e Granitos do Estado do Ceará (Simagran-Ce), conforme publicação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

No estado do Ceará, é explorado um calcário laminado conhecido como "Pedra Cariri", por ser originário da região do Cariri, sendo a principal atividade econômica dos municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda. É um tipo de rocha sedimentar que se apresenta em camadas estratificadas de calcário amarelado, amarronzado ou cinza-azulado, intercaladas com camadas de materiais argilosos, composto basicamente de carbonato de cálcio, utilizado, principalmente, como revestimento em pisos e paredes. Estima-se reservas de cerca de 97 milhões m^3, equivalendo a 241 milhões de toneladas deste calcário (CORREIA *et al.*, 2005). Na exploração e beneficiamento da Pedra Cariri ocorre uma grande perda deste material, cerca de 70%, gerando uma grande quantidade de resíduos que já acumulou cerca de três milhões de toneladas (VIDAL *et al.*, 2007). Este alto índice se deve às técnicas inadequadas de exploração, que se inicia com a retirada de uma camada composta pela cobertura do solo, camadas argilosas e do calcário que sofreram intempéries. O resíduo, também, é gerado durante a extração da lajota, que pode ser manual ou semi-mecânica, e durante a etapa de esquadrejamento das placas, processo bastante rudimentar.

Também no processo de beneficiamento das lajotas, através da serragem da pedra Cariri, é gerado um grande volume de resíduo, conforme é descrito por Moura *et al.* (2013). Nesta etapa o resíduo apresenta um aspecto de lama, conforme mostrado na Figura 1. Trata-se do resíduo de serragem de Pedra Cariri (RSPC). Estima-se que o volume de RSPC gerado é em torno de 850 toneladas/ano (BASTOS, 2014).

Figura 1 – Aspecto da deposição do resíduo de serragem de pedra Cariri



Fonte: Bastos (2014)

Segundo Silva (2008), a exploração dos laminados calcários nesta região causa o assoreamento de riachos, mudanças no pH das águas da região, aumento da erosão e destruição do patrimônio fossilífero.

O resíduo gerado é disposto em aterros irregulares. Há relatos de que já se foi utilizado na melhoria de estradas, em períodos chuvosos, e na fabricação de cimento por uma indústria de cimento localizada na cidade de Barbalha (SILVA, 2008). Algumas pesquisas foram realizadas afim de viabilizar o uso deste resíduo como adição mineral para produzir argamassa por SILVA (2008), blocos cerâmicos por MENEZES *et al.* (2010), placas cerâmicas para revestimento por SUASSUNA *et al.* (2012), pastas por GUIMARÃES *et al*. (2013) e concretos convencionais por BASTOS (2014).

No seu estudo Bastos (2014) avaliou a viabilidade do uso de RSPC, como substituição parcial do cimento, na produção de concretos convencionais. A influência do resíduo foi avaliada através das propriedades mecânicas (resistência à compressão axial e diametral) e parâmetros de durabilidade (absorção por imersão e por sucção capilar) dos concretos. Foram produzidos concretos com relação a/c de 0,45; 0,55; 0,65. O autor concluiu, considerando os resultados nas propriedades avaliadas, que não é tecnicamente viável a utilização do RSPC como substituição parcial do cimento para produção de concreto.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade da utilização do resíduo de serragem de pedra Cariri (RSPC) como substituição parcial do cimento Portland na produção de argamassas.

2 ESTUDO EXPERIMENTAL

Os ensaios deste estudo foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual de Feira de Santana.

2.1 Materiais

Os materiais utilizado no estudo foram: cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V ARI), areia normal e areia quartzosa do município de Alagoinhas, estado da Bahia.

O cimento, cuja massa específica foi de 3,05 kg/dm^3, atendeu às especificações da norma brasileira.

Foi utilizada areia normal, para determinação da pozolanicidade do resíduo conforme a NBR 7214 (2012), e avaliação da resistência à compressão das argamassas.

Para o ensaio de absorção, índice de vazios e massa específica foi utilizada uma areia natural quartzosa, oriunda da cidade de Alagoinhas-Ba, cujas características estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características do agregado miúdo natural

Ensaios		**Agregado miúdo natural**
Dimensão máxima característica NBR NM 248 (ABNT, 2003)		1,2 mm
Módulo de finura – NBR NM 248 (ABNT, 2003)		1,77
Absorção de água – NBR NM 30 (ABNT, 2001)		0,10%
Massa específica NBR 52 (ABNT, 1982)	Aparente (kg/dm^3)	2,61
	S.S.S. (kg/dm^3)	2,62
	Agregado Seco (kg/dm^3)	2,62
Massa unitária – NBR 7251 (ABNT, 1982)		1,60
Inchamento – NBR 6467 (ABNT, 2003)	Coeficiente de inchamento médio	1,30
	Umidade crítica (%)	1,50%
Material pulverulento – NBR NM 46 (ABNT, 2003)		2,10%
Impurezas orgânicas – NBR NM 49 (ABNT, 2001)		Mais clara
Torrões de argila – NBR 7218 (ABNT, 1987)		0,00%

Fonte: Os autores

O RSPC utilizado neste trabalho foi da mesma amostra coletada por Bastos (2014). O resíduo passou por um processo de beneficiamento que constou de duas etapas: secagem edestorroamento. No processo de secagem, inicialmente, o RSPC foi exposto ao ar durante 48 horas e, posteriormente levado à estufa com temperatura de 110°C por mais 24 horas. A Figura 2mostra o aspecto do RSPC, após a secagem ao ar, o qual apresentava grandes torrões.

Figura 2 – Aspecto do RSPC após a secagem



Fonte: Os autores

Assim, após a secagem, o RSPC passou por um britador de mandíbulas, ilustrado na Figura 3a, com o objetivo de reduzir o tamanho dos torrões. Em seguida o RSPC foi peneirado na malha 4.8mm.O RSPC passante foi destorroado em um moinho de bolas horizontal CT 242 Servitech, que conferiu ao resíduo o aspecto desejável para a utilização como adição em argamassas e concretos. O tempo de destorroamento foi de 2 minutos, o mesmo adotado por Bastos (2014). Utilizou-e 700g de corpos moedores e a mesma quantidade de resíduo, para se obter uma melhor homogeneização do material. A Figura 3b mostra o equipamento utilizado no processo de moagem e a Figura 3c, o aspecto do RSPC após este processo.

Figura 3 – Equipamentos e RSPC: (a) Britador de mandíbulas; (b) Moinho de bolas horizontal; (c) aspecto do RSPC após a moagem



(a)



(b)



(c)

Fonte: Os autores

Em relação à composição química, de acordo com Bastos (2014), o RSPC é constituído por mais de 95% de óxido de cálcio (CaO), possuindo uma estrutura bastante cristalina correspondente à calcita.

2.2 Determinação da pozolanicidade do resíduo de serragem de pedra Cariri (RSPC)

A determinação da pozolanicidade do RSPC foi realizada com o cimento Portland, conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 5752 (2014).

O material utilizado foi o destorroado no moinho de bolas. A Figura 4 mostra o aspecto do RSPC utilizado.

Figura 4 – Aspecto do RSPC utilizado



Fonte: Os autores

Para a relação água/aglomerante (a/agl) fixada (0,48), os índices de consistência foram de 178mm para a argamassa de referência (REF) e 176mm para a argamassa com 25% de RSPC (ARSPC25), não sendo necessário o uso de aditivo superpastificante. A mistura dos materiais, moldagem e cura dos corpos de prova foram de acordo com a NBR 7215 (1997). Foram moldados cinco corpos-de-prova cilíndricos de 50mm x 100mm

tanto para a argamassa REF quanto para a argamassa ARSPC25, para a avaliação da resistência à compressão aos 28 dias, conforme a NBR 7215.

2.3 Produção de argamassa com RSPC

Afim de avaliar a influência do RSPC na produção de argamassa foram produzidas misturas de referência (sem resíduo) e com substituição parcial do cimento pelo RSPC, nos teores de 5% e 10%, em massa. O traço da argamassa foi 1:3 (aglomerante:areia) e a relação a/agl foi de 0,48. A mistura dos materiais, moldagem e cura dos corpos de prova foram de acordo com a NBR 7215 (ABNT,1997) . Foram moldados seis corpos de prova com dimensão 50mm x100mm para cada mistura, para realização do ensaio de resistência à compressão aos 28 dias e quatro corpos de prova cilíndricos 50mm x100mm, para cada mistura, para o ensaio de absorção, índice de vazios e massa específica, conforme a NBR 9778 (ABNT, 2009).

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Avaliação da pozolanicidade do RSPC

Os resultados do ensaio de determinação do índice de pozolanicidade com o cimento Portland estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado do índice de atividade pozolânica

Mistura	**Índice de consistência (mm)**	**Resistência média (MPa)**	**$I_{cimento}$(%)**
REF	178	31,3	-
ARSPC25%	176	27,1	86

Fonte: Os autores

O índice de atividade pozolânica do RSPC foi de 86%, portantoinferior ao estabelecido pela NBR 12653 (2014), que deve ser de no mínimo de 90%. Logo, o resíduo avaliado não pode ser classificado como material pozolânico. A amostra de RSPC estudada por Moura *et al.* (2013) apresentou um índice de pozolanicidade de 56%, não sendo considerado pozolânico, também.

3.2 Resistência à compressão axial

Os resultados do ensaio de resistência à compressão aos 28 dias das argamassas referência e com substituição parcial do cimento nos teores de 5%, 10% estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do ensaio de resistência à compressão axial

Mistura	a/agl	f_c aos 28 dias (MPa)	f_c média (MPa)	Des. máx (%)
REF	0,48	32,2	31,3	5,9
		29,5		
		30,8		
		32,0		
		32,1		
		29,0*		
ARSPC5	0,48	32,3	33,4	5,0
		24,2*		
		32,2		
		33,0		
		34,4		
		35,1		
ARSPC10	0,48	32,5	33,3	4,4
		32,8		
		34,6		
		33,1		
		34,6		
		31,8		

a/agl - relação água/aglomerante; fc média– resistência à compressão média; Des. Máx. – desvio relativo máximo; *valor discrepante desconsiderado

Fonte: Os autores

Os resultados de resistência à compressão foram avaliados estatisticamente, com base na análise de variância. Os resultados da ANOVA estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise de variância do efeito da adição do RSPC sobre a resistência à compressão

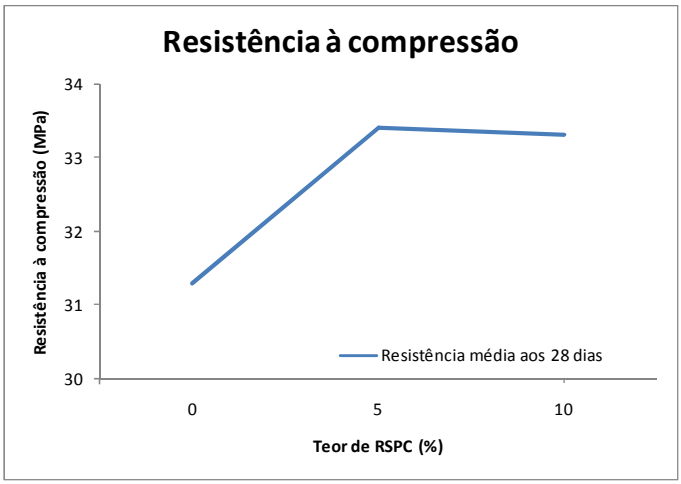
Fator	GDL	MQ	F_{cal}	$F_{0,05}$	Significância
Teor de RSPC	3	56,70	14,915	3,239	S
ERRO	16	3,80			

Nota: GDL- Grau de liberdade; MQ - Média Quadrada; F_{cal} - Valor calculado de F; $F_{0,05}$ - Valor de F para o nível de significância de 5%; S – Significativo

Fonte: Os autores

Como se pode observar, os resultados de ANOVA indicaram que a adição de RSPC influencia significativamente na resistência à compressão das argamassas. Na Figura 5 está apresentado o gráfico de comportamento das argamassas quanto à resistência à compressão.

Figura 5 – Resistência à compressão das argamassas produzidas



Fonte: Os autores

Pode-se observar que as argamassas com RSPC apresentaram maiores resistência à compressão do que a argamassa de referência, para todos os teores estudados. A utilização de 10% de RSPC, em substituição ao cimento proporcionou um aumento de cerca de 7% na resistência à compressão, em relação à argamassa de referência.

Silva *et al.* (2008) estudaram a substituição parcial do cimento por RSPC, cujo diâmetro médio foi de 48μm. O traço utilizado para a argamassa foi de 1:3 com fator água/cimento igual a 0,60. Os autores realizaram a substituição do cimento pelo RSPC nos teores de 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, em relação à massa do cimento. Observaram que houve redução significativa na resistência à compressão das argamassas com RSPC, para todos os teores estudados, em relação à mistura de referência.

De acordo com Yahia *et al.*(2005), o uso de fíleres em argamassa reduz a fricção entre as partículas assegurando um melhor empacotamento do sistema, preenchendo os vazios e diminuindo a porosidade e consequente aumento na resistência. Logo, considerando que RSPC não possui atividade pozolânica nem cimentante e o diâmetro médio das suas partículas é 6,54μm, a influência nos resultados de resistência se deu devido ao efeito fíler.

3.3 Absorção de água, índice de vazios e massa específica

Na Tabela 6 são mostrados os resultados obtidos para o ensaio de absorção de água, índice de vazios das argamassas produzidas.

Tabela 6 – Resultados do ensaio de absorção de água, índice de vazios das argamassas

Mistura	a/agl	Absorção (%)	Absorção média (%)	Sd (%)	C.V. (%)	Índice de vazios (%)	Iv médio (%)	Sd (%)	C.V. (%)
REF	0,48	8,54 8,57 8,65 8,77	8,63	0,100	1	15,47 14,58 15,48 14,45	14,99	0,56	4
ARSPC5	0,48	8,76 8,70 8,67 8,73	8,68	0,090	1	15,95 15,64 15,70 14,64	15,21	0,58	4
ARSPC10	0,48	8,85 8,89 9,09 8,94	9,01	0,180	2	14,62 15,46 16,18 14,98	15,38	0,61	4

Fonte: Os autores

Foi avaliada, através da análise de variância, a influência do teor de RSPC nos resultados de absorção. Os resultados da ANOVA estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Análise de variância do efeito da adição do RSPC sobre a absorção de água

Fator	GDL	MQ	F_{cal}	$F_{0,05}$	Significância
Teor de RSPC	2	0,103	13,4	4,256	S
ERRO	9	0,008			

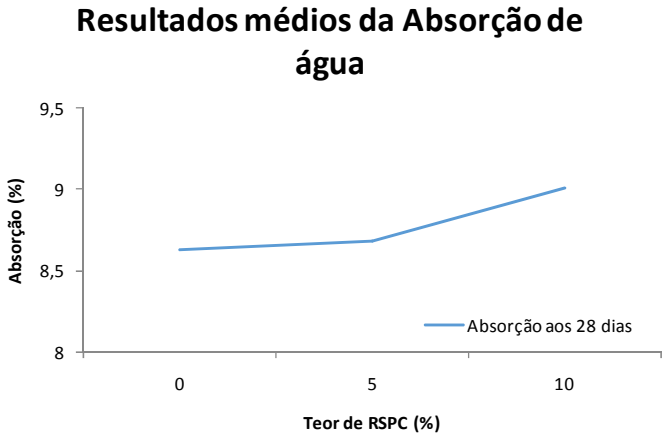
Nota: GDL- Grau de liberdade; MQ - Média Quadrada; F_{cal} - Valor calculado de F; $F_{0,05}$ - Valor de F para o nível de significância de 5%; S – Significativo

Fonte: Os autores

Observa-se que o teor de RSPC interfere significativamente nos resultados de absorção de água das argamassas.

A Figura 6 mostra o gráfico de comportamento, quanto à absorção, das argamassas produzidas.

Figura 6 – Absorção de água das argamassas produzidas



Fonte: Os autores

Verifica-se que a absorção de água das argamassas com 5% de RSPC foi semelhante à absorção da argamassa referência. Para as argamassas com 10% de RSPC ocorreu um aumento de 4,4% na absorção de água, em relação à absorção da argamassa de referência. Considerando que o aumento máximo na absorção foi de apenas 4,4%, para as argamassas com RSPC, pode-se considerar que o comportamento foi semelhante aos observado por Bastos (2014). O referido autor avaliou a influência da substituição de cimento por RSPC na produção de concreto, observou que os concretos com 10% e 20% de RSPC apresentaram resultados de absorção por imersão semelhante aos concretos de referência, para todas as relações água/aglomerante estudadas. O autor atribui este comportamento ao efeito fíler proporcionado pelo resíduo.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o RSPC não possui atividade pozolânica, de acordo com a NBR 12653.

A utilização de RSPC como substituição do cimento, nos teores de 5% e 10%, contribuiu para o aumento da resistência à compressão das argamassas produzidas.

A argamassa com 5% de RSPC em substituição ao cimento apresentou absorção por imersão semelhante à absorção da argamassa de referência (sem resíduo). Por outro lado, a argamassa com 10% de RSPC apresentou absorção 4,4% superior à absorção da argamassa de referência.

A utilização do RSPC como substituição parcial do cimento pode ser considerada, portanto, uma alternativa sustentável para a produção de argamassas.

Com base nos resultados das propriedades avaliadas conclui-se que: dentre os teores de RSPC estudados como substituição do cimento em argamassas,

o teor de 10% é o mais viável, considerando ainda as vantagens econômicas e ambientais.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS (**Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais**). Cenário Mundial do Setor de Rochas Ornamentais. São Paulo, SP. 2015. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/18/3573/Exporta_Importa_09_2015.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 2001.

_____.**NBR 5752**: Materiais pozolânicos- Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2014.

_____.**NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento - Especificação. Rio de Janeiro, 2012.

_____.**NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da Resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

_____.**NBR 9778**: Argamassa e Concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

_____.**NBR 12653**: Materiais pozolânicos- Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

BACARJI, E. *et al*. **Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete.**ConstructionandBuildingMaterials, 45, p. 1-10. Abril , 2013.

BASTOS, A. J. O. **Avaliação do uso de resíduo de serragem de Pedra Cariri (RSPC) para produção de concretos convencionais.** 89 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2014.

CALMON, J. L., MORATTI, M., MORAES S., CENCI D., **Self-compacting concrete using marble and granite sawing wastes as filler.**World SustainableBuildingConference, Tokyo, 2005.

CORREIA, J. C. G.; VIDAL, F. W. H.; RIBEIRO, R. C. C. **Caracterização tecnológica dos calcários do Cariri do Ceará.***In*: Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 5, Recife, 2005.

CPRM (**Serviço Geológico do Brasil**). Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=3587&sid=48. Acesso em: 20 nov. 2015.

CRUZ, D. F. M. da. *et al*. **Estudo das propriedades mecânicas de argamassas produzidas utilizando-se resíduo do corte de mármore e granito.** VI Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. São Paulo. IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto) – CT 206 –Meio Ambiente, 2003.

ELMOATY, A. E. M. A. Mechanical properties and corrosion resistance of concrete modified with granite dust. **Construction and Building Materials,** 47, p. 743-752, Junho. 2013.

GONÇALVES, J. P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos.** 135 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

Guimarães, C. C.; Moura, W. A. **Avaliação da alcalinidade em pastas de cimento Portland onde o aglomerante é substituído por sílica ativa e Resíduo de Serragem de Pedra Cariri.** Encontro Nacional Sobre Reaproveitamento de Resíduos na Construção Civil, 3. São Leopoldo, 2013.

MENEZES, R. R. *et al.*.**Reciclagem do resíduo de serragem de calcário laminado para produção de blocos cerâmicos.** Revista Escola de Minas, 63(4), p. 667-672, Out/Dez. 2010.

MOURA, W. A.; LIMA, M. B. L.; NOGUEIRA, J. L. C.; MORRATI, M. Resíduos de serragem de rochas ornamentais para produção de peças pré-moldadas. **Tecnologias construtivas inovadoras e gestão da cadeia produtiva.** Barboza, A. da S. R.; Savastano, H. Porto Alegre, ANTAC, 2009.

MOURA, W. A.; LEITE, M. B.; BASTOS, A. J. O. **Avaliação do uso de resíduo de serragem de pedra Cariri (RSPC) para produção de concretos convencionais.** Ambiente Construído, v. 13, n. 1, p. 7-24, Jan/Mar. 2013.

SCHUTTER, G. de. **Effect of limestine filler as mineral addition in self-compacting concrete.** *In:* Conference on Our World in Concrete & Structures, 36. Singapore, 2011.

SILVA, A. D. A. da. **Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri Cearense na formulação de argamassa.** 2008. 79f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVA, A. D. A.; ROLIM, J. L. F.; SOUZA, J. C.; BARROS, M.. L. S. C.; LIRA, B. B. **Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri cearense na formulação de argamassa.** Estudos Geológicos v. 18 (1), 2008.

SOARES, R. B. **Contribuição ao estudo de concretos produzidos com a incorporação de resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais**. 2014. 163p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SUASSUNA, P. M.; BRASILEIRO, M. I.; PRADO, A. C. de A. **Reaproveitamento do rejeito da extração e beneficiamento da pedra Cariri em massas cerâmicas**. Encontro Universitário da UFC no Cariri, n. 4, Juazeiro do Norte, Ceará, 2012.

VIDAL, F. W. H.; FERNANDES, T. W. G.; PEQUENO, D. A. C. **Inovação Tecnológica para Valorização da Pedra Cariri - CE.** *In:* Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais, 3, Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 6. Natal, 2007.

YAHIA, A.; TANIMURA, M.; SHIMOYAMA, Y. **Rheological properties of highly flowable mortar containing limestone filler-effect of powder content and w/c ration.** Cement and Concrete Research, n. 35, p. 532-539, 2005.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PANORAMA ATUAL DO SETOR DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO BRASIL[1]

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosemback (1); TORRES, Levi (2); VOGT, Vanessa (3) BROCARDO, Fernanda Louize Monteiro (4); (5) BARTOLI, Hewerton

(1) UFPR, email: reciclagem.miranda@gmail.com; (2) ABRECON, email: levi@abrecon.org.br; (3) IFPR, email: vogt.vanessa@gmail.com (4) UFPR, email: fbrocardo.arq@gmail.com; (5) ABRECON, email: hewerton@r3ciclo.com.br

RESUMO

Através da parceria entre a UFPR e a ABRECON, foi possível levantar informações atualizadas da reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD), bem como avaliar as necessidades para crescimento deste setor, sendo este o objetivo do trabalho. A pesquisa foi realizada entre junho de 2014 e setembro de 2015 utilizando-se o Survey Monkey. Foi preparado um questionário com diversas perguntas para a obtenção do máximo de informações sobre a reciclagem de RCD no Brasil: endereço; situação da usina; se é fixa ou móvel; pública, privada ou público-privada; capacidade de produção; área; principais produtos da usina; preço médio de venda dos agregados; etc. As respostas foram verificadas para garantir a confiabilidade dos resultados. Foram obtidas 105 respostas, o que representa cerca de 33% das empresas que estão de alguma forma relacionadas à reciclagem de RCD. Como resultados, tem-se, entre outros, a estimativa da quantidade de RCD reciclada no país, a distribuição das usinas nos Estados, proporção de usinas públicas e privadas e de usinas móveis e fixas, principais consumidores de agregados reciclados, preço médio cobrado para recebimento de RCD e venda de agregados, qualidade do RCD que chega nas usinas e principais dificuldades na venda de agregados reciclados.

Palavras-chaves: Reciclagem. Resíduo de construção e demolição. Usina de reciclagem. ABRECON.

ABSTRACT

Through the partnership between UFPR and ABRECON, it was possible to obtain informations about recycling of construction and demolition waste (CDW) and assess the needs for growth of this sector, which is the objective of the work. The survey was conducted between June 2014 and September 2015 using the Survey Monkey. It was prepared a questionnaire with several questions to obtain the maximum information about the recycling of CDW in Brazil: address; situation of the plant; whether it is stationary or mobile; public, private or public-private; production capacity; area; main products of the plant; average selling price of aggregates; etc. The responses were checked to ensure the reliability of results. 105 responses were received, representing about 33% of the companies that are in any way related to the recycling of CDW. As a result, we have, among others, an estimated amount of CDW recycled in the country, the distribution of plants in the States, the proportion of public and private power plants and mobile and fixed plants, main consumers of recycled

1 MIRANDA, L. F. R.; TORRES, L.; VOGT, V.; BROCARDO, F. L. M.; BARTOLI, H.. Panorama atual do setor de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

aggregates, the average price charged for receiving CDW and sale of aggregates quality CDW arriving at the plants and main difficulties in the sale of recycled aggregates.

***Keywords**: Recycling. Construction and demolition waste. Recycling plant. ABRECON.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os resíduos de construção e demolição (RCD) são considerados como os maiores causadores de degradação ambiental. Tal fato é justificado tanto pelo volume gerado quanto pelo tratamento e disposição final inadequados. No Brasil, estimativas apontam que o RCD representa de 41% a 70% da massa de resíduos sólidos urbanos em áreas urbanas, portanto, as atividades de construção civil podem ser consideradas como as maiores geradoras de resíduos (PINTO, 1999; COSTA, 2003).

A atividade de reciclagem de resíduo de construção e demolição (RCD) iniciou-se no Brasil na década de 80, com um crescimento lento da atividade até final da década de 90.

Um crescimento mais acelerado da quantidade de usinas instaladas ocorreu após o ano de 2002 com a publicação da resolução no 307 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, pois a partir deste ano os geradores começaram a ser responsáveis pelos resíduos gerados. Isto estimulou o setor privado em investir em usinas de reciclagem de RCD.

Levantamentos feitos por Miranda *et al.* (2009) mostraram que em 2009 existiam cerca de 48 usinas instaladas no país, além de informações como:

- cerca de metade das usinas do país em 2009 eram públicas;

- a reciclagem de RCD estava estimada na faixa de 4,8%;

- previsão do crescimento do mercado de usinas móveis.

Com o aquecimento do mercado da construção civil entre 2007 e 2013, aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nº 12305, de 02 de agosto de 2010, e sua última regulamentação, por meio de Decreto Presidencial nº 7404 de 23 de dezembro de 2010, um novo marco no setor de resíduos de construção foi promovido, dando nova força à gestão e reciclagem de RCD.

Com o crescimento deste setor surgiu a necessidade de fortalecê-lo e organizá-lo e, em 2011, foi criada a ABRECON - Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição.

A ABRECON surgiu da necessidade das empresas recicladoras de entulho de mobilizar e sensibilizar governos e sociedade sobre a problemática do descarte irregular dos resíduos da construção e oferecer soluções sustentáveis para a construção civil em um dos momentos mais importantes da história para o setor produtivo. Ela se posiciona como representante do setor de reciclagem de entulho no aperfeiçoamento de projetos, leis e programa visando reutilizar e reciclar o RCD gerado.

Cumprindo com sua função e pela importância de se conhecer melhor as características e necessidades do setor de reciclagem de RCD no país, a ABRECON, em parceria com a UFPR, pela segunda vez desenvolveu uma pesquisa setorial com informações atualizadas do setor, que gerou este trabalho, que é baseado na Pesquisa Setorial ABRECON 2014/2015.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivos:

- levantar informações atualizadas a respeito da atividade de reciclagem de resíduos da construção civil no país;

- interpretar as informações obtidas;

- apresentar uma proposta de ação para melhoria e ampliação do setor nos próximos anos.

2 METODOLOGIA

Este trabalho tem por base um levantamento das usinas de reciclagem de RCD brasileiras realizado pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) (Pesquisa Setorial ABRECON (2014/2015) e o levantamento de dados realizado por Miranda *et al.* (2009).

A pesquisa foi realizada entre junho de 2014 e setembro de 2015 utilizando-se uma ferramenta da internet chamada Survey Monkey. Desta maneira, por iniciativa da ABRECON, foi preparado um questionário para a obtenção do máximo de informações sobre o sistema de reciclagem de RCD no Brasil.

Neste formulário havia perguntas como: endereço; data de fundação da empresa; número de colaboradores; situação da usina; qual ramo de negócios ela atinge; se é fixa ou móvel; pública, privada ou público-privada; capacidade de produção; tamanho da área disponível para a empresa; se pública ou privada; que materiais recebem para reciclagem; os principais produtos da usina; preço médio de venda dos agregados, perguntas referentes às políticas públicas relacionadas ao RCD e intenção de ampliar os negócios nos próximos anos.

As respostas obtidas passaram por uma verificação de forma a garantir a precisão e confiabilidade dos resultados. Desta forma, procurou-se evitar erros como entradas duplicadas, falhas de digitação, computação de respostas em branco, etc.

Ao final, foram obtidas 105 respostas de diferentes empresas em todo o país. Estima-se que este número represente cerca de 33% das empresas que estão de alguma forma relacionadas à reciclagem de RCD, o que inclui áreas de transbordo e triagem, aterro de inertes e usinas de reciclagem.

Para o cálculo da estimativa do percentual de RCD reciclado no Brasil, foram considerados os resultados obtidos de produção real e capacidade máxima de reciclagem das usinas que responderam ao questionário, porém extrapolados para um número de 310 usinas levantadas pela ABRECON.

Além disto, foi considerado o valor de geração de RCD de 500 kg/hab.ano, proposto por Pinto (1999), e uma massa específica do RCD de 1200 kg/m³.

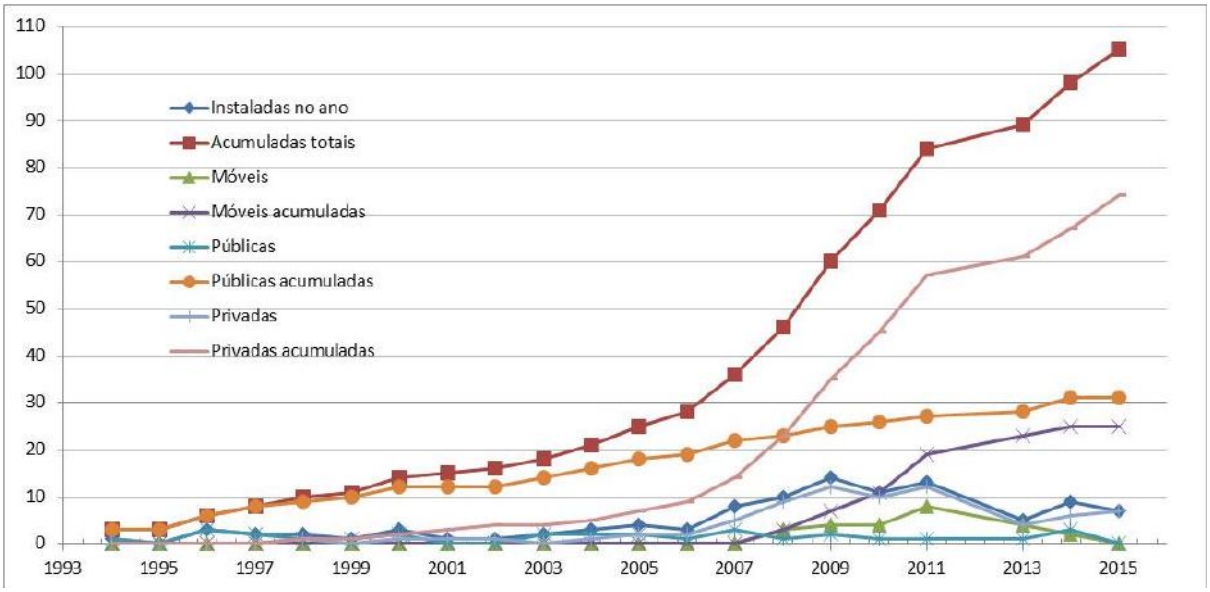
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do crescimento do número de usinas

Em Miranda *et al.* (2009) foi realizado um estudo que avaliou as usinas em funcionamento no país. Neste trabalho foi constatado que em 2002 havia apenas 16 usinas instaladas. No entanto, após a resolução CONAMA 307 de 2002, este cenário mudou. Antes da publicação da resolução havia um crescimento máximo de 3 novas usinas por ano e, posteriormente a publicação da resolução CONAMA 307, esta taxa chegou a 9 usinas por ano até 2008.

No entanto, na pesquisa setorial da ABRECON (2013) que avaliou dados de 2008 a 2013, esta taxa continuou aumentando, chegando a 10,6 usinas novas por ano. Mas, de acordo com os dados da Pesquisa Setorial ABRECON 2014/2015, observou-se que entre 2013 e 2015 houve uma estabilidade na quantidade de usinas instaladas por ano (Figura 1).

Figura 1: Levantamento de usinas de reciclagem de RCD no país ao longo dos anos, adaptado de Miranda *et al.* (2009)*.

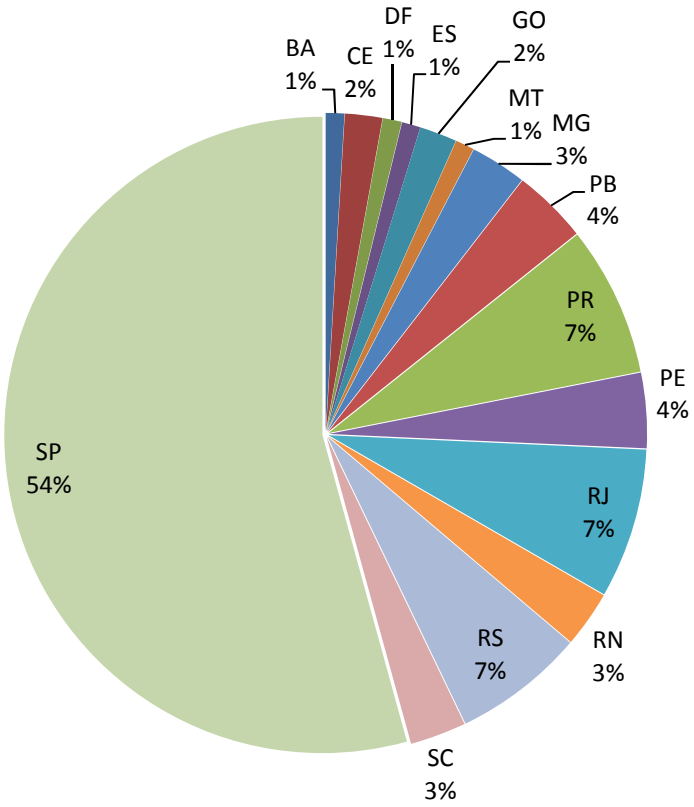


*Constam apenas as usinas que responderam ao questionário de pesquisa setorial ABRECON.

3.2 Distribuição geográfica das usinas no país

A Figura 2 apresenta um panorama da concentração de usinas nos estados brasileiros. Tal panorama é apresentado para as 105 usinas que responderam ao questionário. Entretanto, sabe-se que a quantidade de usinas existentes é de pelo menos 310 em todo o país e que existem usinas na Região Norte (Acre, Amazonas, por exemplo) apesar de não estarem listadas.

Figura 2 - Concentração de usinas por Estado brasileiro.



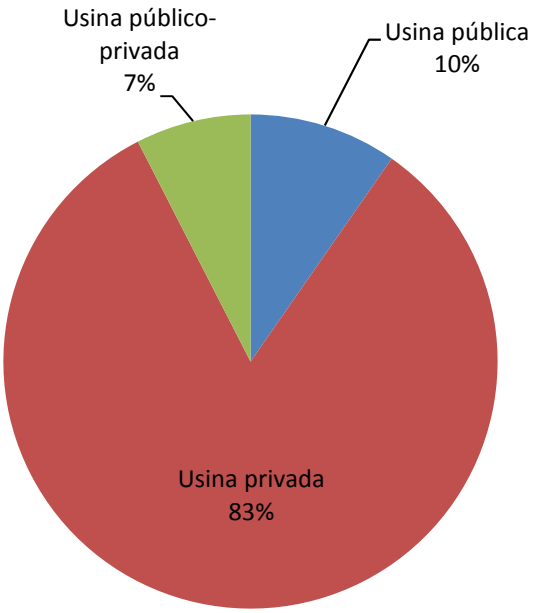
O Estado de São Paulo é o que possui o maior número de usinas instaladas, seja pela maior atividade de construção civil que gera maior volume de RCD ou por outros fatores, como o preço mais elevado dos agregados naturais ou maior fiscalização quanto à destinação do RCD. Entretanto, comparativamente aos resultados de 2013, a representatividade do estado de SP caiu de 58% para 54%, enquanto houve um aumento de 3% para 7% no Estado do Rio de Janeiro.

3.3 Proporção entre usinas públicas e privadas

Miranda *et al.* (2009) indicou que, inicialmente, a maior parte das usinas era pública. Após 2002, com a Resolução 307 do CONAMA, este quadro mudou e, em 2008, cerca de metade das usinas já pertencia à iniciativa privada.

Os resultados da Figura 3 indicam que esta tendência de preponderância das usinas privadas sobre as públicas continua. Com base nas 105 usinas que responderam a pesquisa, pode-se afirmar que 83% das usinas pertencem à iniciativa privada, 10% à gestão pública, 7% são usinas público-privadas. Os resultados continuam semelhantes aos obtidos na pesquisa de 2013 (ABRECON, 2013).

Figura 3 - Percentual de usinas públicas e privadas.

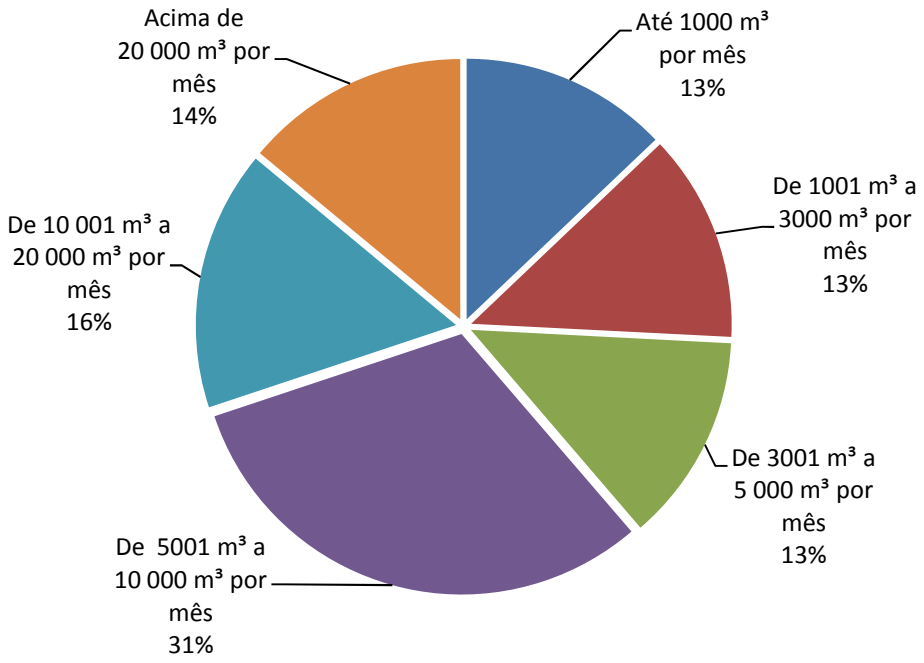


Observa-se que as usinas públicas, embora sejam economicamente atrativas aos municípios frente à economia gerada em limpeza urbana e obtenção de agregados com preços reduzidos, ainda são de difícil permanência em atividade. Este fato é consequência das dificuldades encontradas no gerenciamento e burocracia envolvidas nas verbas públicas, dificuldade de encontrar pessoal técnico preparado para operar a usina, demora na reposição de peças defeituosas ou desgastadas e possível perda de interesse da administração pública, principalmente quando há mudança de gestão (MIRANDA *et al.*, 2009).

3.4 Previsão de geração de RCD no país e estimativa de produção de agregados reciclados

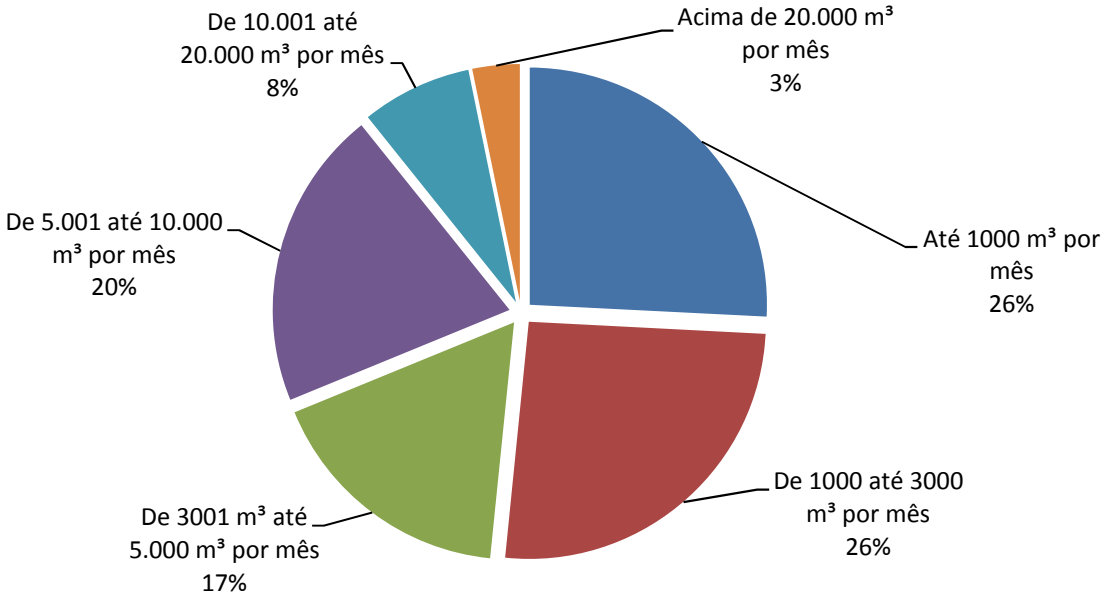
A Figura 4 apresenta a distribuição das usinas em função de sua capacidade nominal de produção, onde se observa que a maioria das usinas brasileiras possui uma capacidade instalada de produção entre 5000 e 10.000 m³/mês. Isto significa que a maioria das usinas instalou britadores com capacidade nominal de produção entre 25 e 50 m³/h.

Figura 4 - Capacidade nominal de produção das usinas.



Por outro lado, na Figura 5 observa-se que o volume médio produzido por mês é bem inferior. Cerca de 52% das usinas do país produzem até 3000 m³/mês. Além disso, 30% das usinas declararam ter capacidade nominal de produção superior a 10.000 m³/mês, mas apenas 11% delas estão atingindo este patamar de produção. Isto demonstra a necessidade de se avaliar a razão da produção estar bem inferior à capacidade nominal.

Figura 5 – Volume médio de agregado reciclado produzido por mês.



De acordo com Pinto (1999), o Brasil apresenta uma produção média anual de RCD de 500 kg/hab. Considerando que, pelo IBGE, o país possuía em 2014 202.033.670 de habitantes e que a massa unitária do RCD é de 1200 kg/m³, estima-se que a geração anual de RCD seja de 84.180.696 m³.

Das 105 usinas entrevistadas, 93 apresentaram respostas relativas à produção atual e à capacidade máxima de produção (em função da capacidade de produção horária do britador). Os resultados indicam que estas 93 usinas juntas estão produzindo, em média, 431.500 m³ de agregados reciclados por mês, sendo que a capacidade máxima instalada é de 958.000 m³ por mês. Com estes valores e considerando que são conhecidas ao menos 310 usinas no país, é apresentada na Tabela 1 uma estimativa do percentual de RCD reciclado no país, considerando a produção atual e a produção em sua capacidade máxima.

Observa-se ainda por estes dados que as usinas vêm trabalhando, em média, na faixa de 45% da sua capacidade máxima, por fatores como: paradas de produção (chuva, quebra de máquinas, pneu furado, etc.), falta de matéria-prima ou baixa saída de agregado reciclado. Além disso, algumas usinas são móveis e nem sempre estão em operação ou estão sendo utilizadas para produção de agregados reciclados.

Tabela 1: Estimativa de porcentagem de RCD reciclado no país.

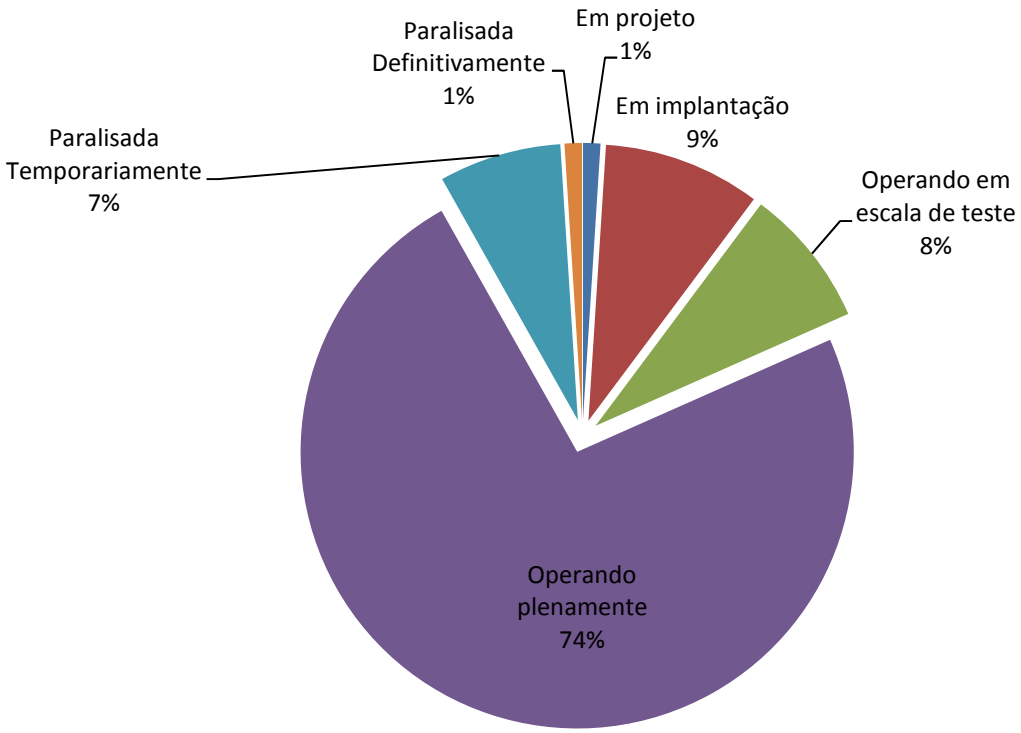
	Produção atual		**Capacidade máxima de produção**	
Ano da pesquisa	2014/2015	2013	2014/2015	2013
Para 93 usinas	6%	6%	14%	13%
Proporcional para 310 usinas	21%	19%	46%	42%

Comparativamente aos resultados do Relatório ABRECON 2013, observa-se que os resultados de percentual reciclado não sofreram alterações significativas.

3.5 Situação das usinas brasileiras

Conforme apresentado na Figura 6, 74% das usinas que responderam à entrevista estão operando plenamente, sendo que 7% estão paralisadas temporariamente por problemas operacionais.

Figura 6 - Situação das usinas brasileiras.



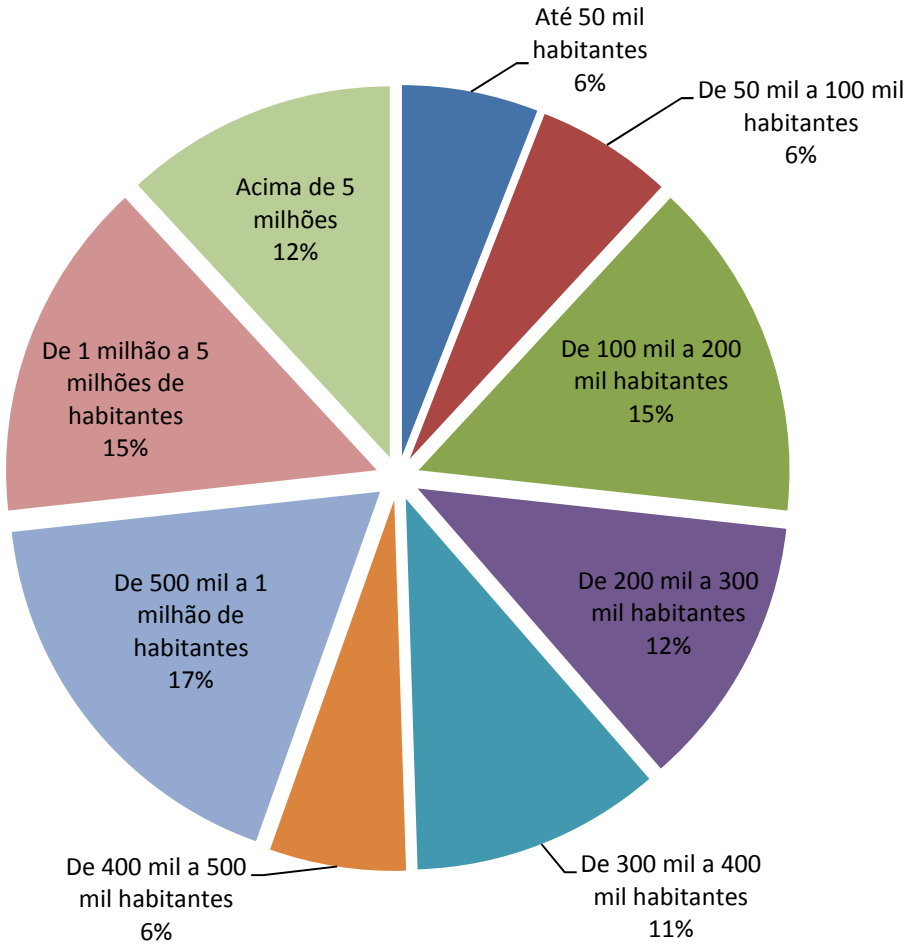
Comparativamente a 2013, o percentual de usinas operando plenamente cresceu em virtude da redução do total de usinas em implantação.

3.6 Número de habitantes no município

A pesquisa avaliou pela primeira vez a distribuição das usinas em função do número de habitantes do município.

Pela Figura 7, pode-se observar que a maior parte das usinas está concentrada nas cidades de maior porte. Entretanto, a presença de 12% das usinas em cidades com menos de 100 mil habitantes indica que o negócio pode ser viável mesmo em cidades de pequeno porte.

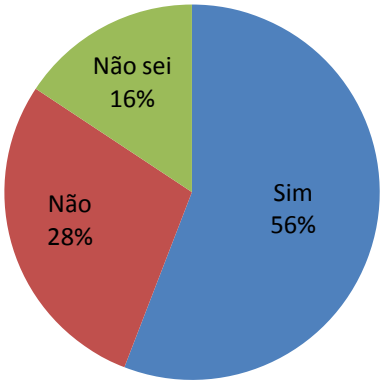
Figura 7 - Distribuição das usinas em função do número de habitantes nos municípios.



3.7 Existência de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção no munícipio e previsão de uso prioritário de agregados reciclados em obras de pavimentação

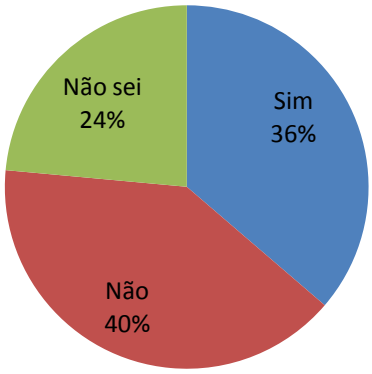
Conforme apresentado na Figura 8, somente 56% dos municípios possuem o Plano implantado, o que pode ser considerado baixo considerando que tal exigência já fazia parte da Resolução CONAMA 307 desde 2002.

Figura 8 – Existência de Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção nos munícipios com atividade de reciclagem.



Por outro lado, dos municípios que implantaram o Plano de Gerenciamento de Resíduos, apenas 36% consideraram o uso prioritário de agregado reciclado em base e sub-base de pavimentos de obras públicas, o que é um percentual baixo (Figura 9).

Figura 9 – Previsão de uso preferencial de agregados reciclados em obras públicas de pavimentação (base e sub-base) no PGRCC.

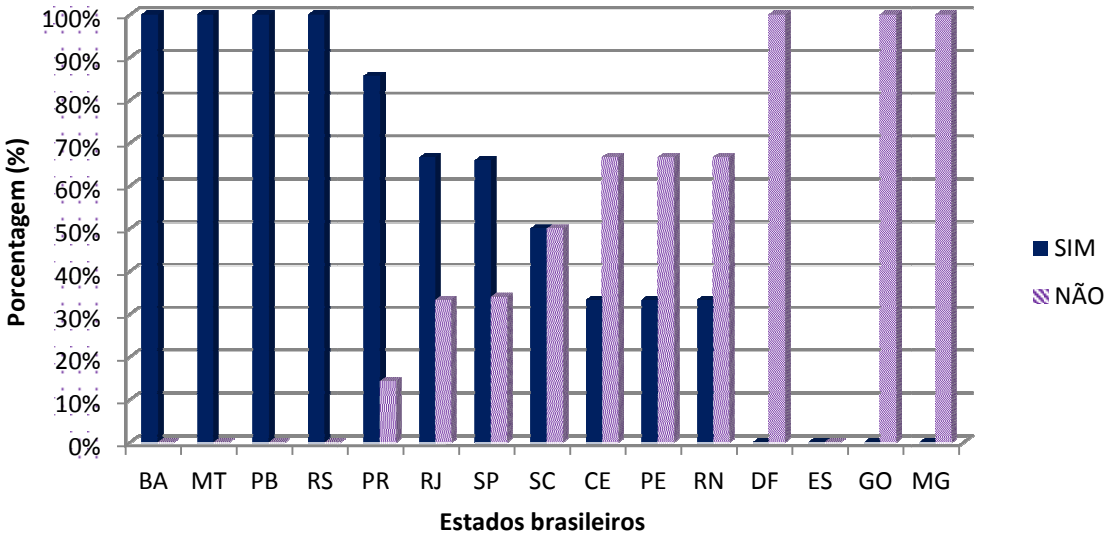


Apesar de não ter sido objeto desta pesquisa analisar quantos municípios estão de fato aplicando esta regra de uso prioritário de agregados reciclados em pavimentos, sabe-se que este percentual não é grande.

Se por um lado estes dados tornam clara a necessidade de maior apoio da entidade pública ao setor de agregados reciclados, por outro leva ao questionamento do motivo que tal apoio não está ocorrendo.

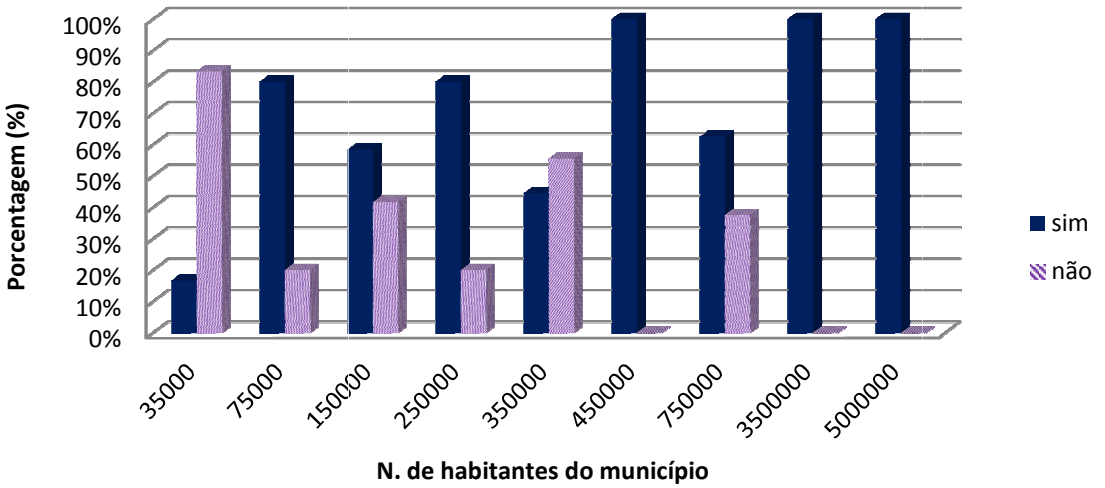
Observa-se ainda na Figura 10 a presença de PGRCC nos Estados brasileiros, nas cidades que possuem atividades de reciclagem de RCD. Pode-se afirmar que a maioria das empresas de reciclagem, aterro ou ATT estão instalados em municípios que possuem PGRCC.

Figura 10 – Divisão por Estado brasileiro da presença de PGRCC em municípios que possuem atividades de reciclagem de RCD, aterro ou ATT.



Também é indicado na Figura 11 que a presença de PGRCC é mais comum nos municípios com maior número de habitantes. Por exemplo, todos os municípios com atividades de reciclagem, aterro ou ATT que responderam ao questionário e possuíam mais de 3.000.000 de habitantes possuíam PGRCC. Por outro lado, a menor presença de PGRCC ocorre nos municípios com até 50.000 habitantes. Isto ocorre provavelmente pela falta de infraestrutura que os municípios menores têm para desenvolver o PGRCC.

Figura 11 - Avaliação da presença PGRCC nos municípios brasileiros em função do número de habitantes.

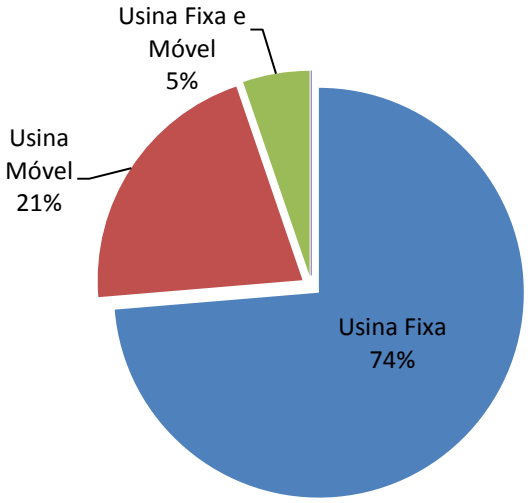


3.8 Tipo de usina: móvel ou fixa

A Figura 12 indica que as usinas fixas ainda são a maioria no país. Entretanto, pode-se afirmar que houve um grande crescimento da quantidade de usinas móveis nos últimos 5 anos e que esta tendência deve continuar.

Comparativamente, usinas móveis possuem a flexibilidade de serem transportadas para onde a obra estiver, ampliando o mercado para esfera nacional e, no caso de operarem em campo, necessitarem de baixa quantidade de mão de obra. Estes dois parâmetros aumentam a viabilidade econômica delas. Além disso, elas apresentam a vantagem de fornecerem o serviço de reciclagem de RCD, não tendo que cumprir com duas obrigações básicas das usinas fixas que são de receber RCD e de conseguir mercado consumidor para os agregados reciclados produzidos.

Figura 12 - Percentual de usinas móveis e fixas.



Em 2013, 79% das usinas eram fixas e não existiam usinas móveis e fixas ao mesmo tempo. Assim, os resultados de 2014/2015 indicam que houve mais um crescimento de usinas móveis no país desde 2013.

3.9 Qualidade do RCD que chega às usinas

A pesquisa avaliou a qualidade do RCD que chega às usinas, no que diz respeito à triagem no canteiro, bem como quanto a sua composição.

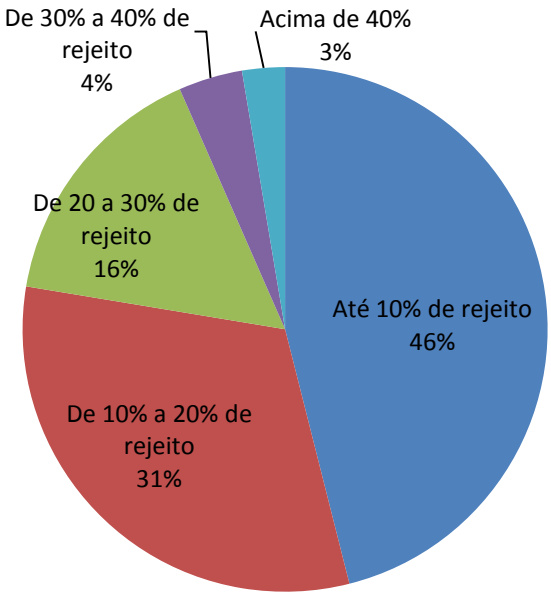
Das 83 respostas obtidas, 52% consideram o material totalmente triado, enquanto 25% consideram parcialmente triado e 23% não triado (Figura 13).

Figura 13 – Qualidade do RCD que chega às usinas.



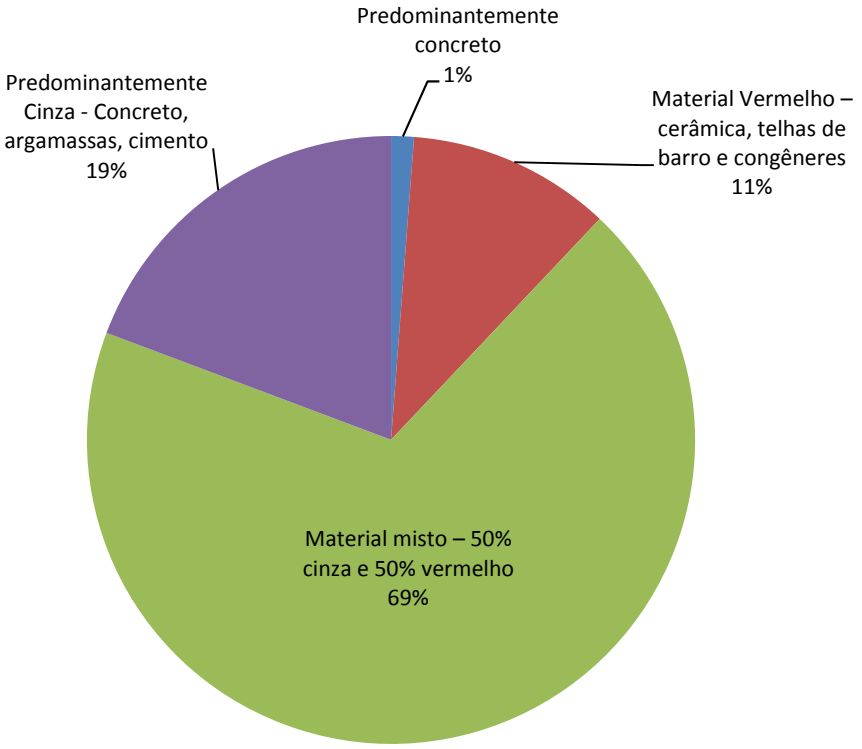
Na Figura 14 está o percentual de rejeito recebido pelas usinas. Os resultados indicam que ainda é possível melhorar muito esta etapa nos canteiros de obras.

Figura 14 – Percentual de rejeito presente nos RCD que chegam às usinas.



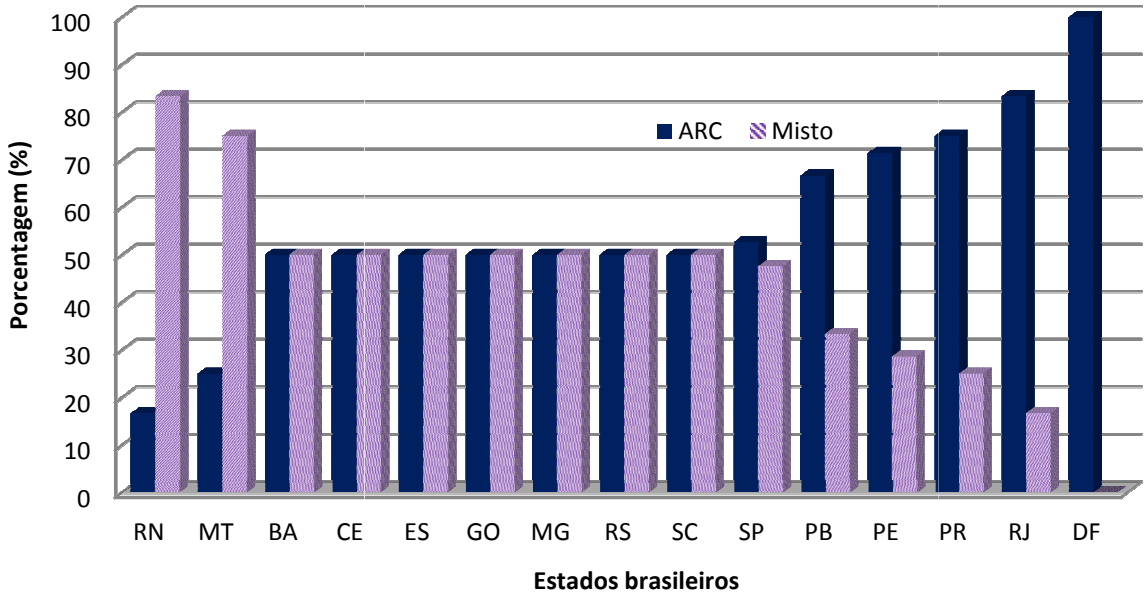
Quanto à composição, a Figura 15 indica que o material das usinas é predominantemente misto, composto das frações cinza e vermelho misturadas (concreto, cerâmica, argamassas, etc.), mostrando a importância de serem desenvolvidas tecnologias e políticas públicas para uso prioritário deste material.

Figura 15 – Composição dos RCD que chegam às usinas.



Também foi possível avaliar a composição do RCD nos diferentes Estados brasileiros, quanto ao teor de material de natureza cimentícia ou mista que chega nas usinas (Figura 16). Pelo gráfico, observa-se que as usinas localizadas nos Estados de PE, PR, RJ e no Distrito Federal são as que recebem maior quantidade de RCD de origem cimentícia, enquanto que as usinas do RN, MT, BA e CE são as que recebem maior teor de RCD misto. Deve-se considerar que estes resultados podem sofrer influência não só da composição do local do RCD, como também da percepção visual do responsável pela usina e de uma possível restrição que a usina pode impor ao recebimento de resíduos mistos.

Figura 16 – Composição dos RCD que chegam às usinas (origem em RCD de concreto ou misto) em cada Estado.

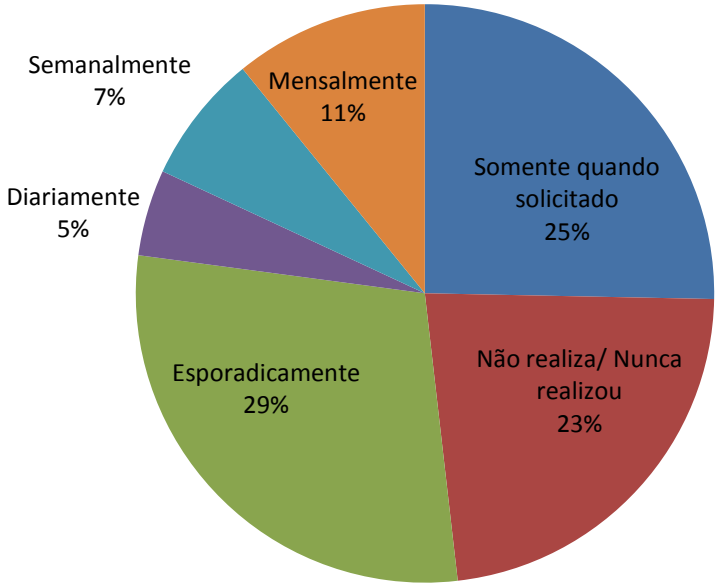


3.10 Frequência de realização de ensaios técnicos dos produtos

A Figura 17 demonstra que ainda não faz parte do cotidiano da maior parte das usinas a realização de ensaios de controle tecnológico nos materiais produzidos.

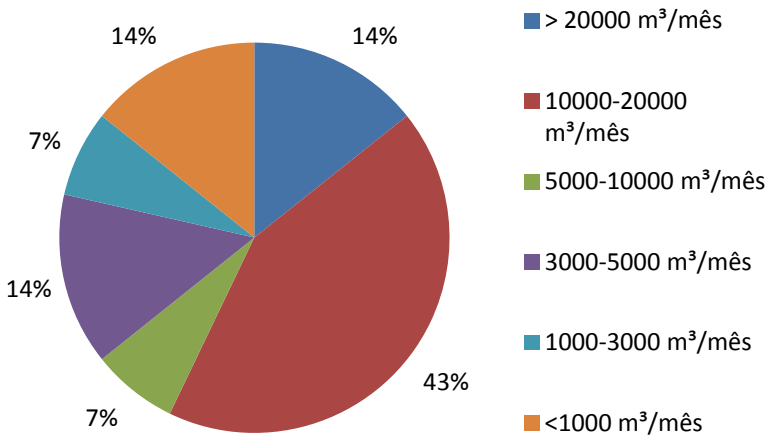
Entre os motivos que levaram as usinas a realizarem os ensaios tecnológicos, os principais são a preocupação com a qualidade e a exigência do consumidor, seguido do interesse de divulgar as propriedades dos agregados produzidos.

Figura 17 - Frequência de realização de ensaios técnicos nos produtos.



Comparando-se agora as usinas que fazem controle tecnológico mensal ou semanalmente (14 ao todo) com suas respectivas capacidades de produção de agregados reciclados, tem-se que a maioria delas são usinas com capacidade de produção superior a 5000 m³/mês (Figura 18). De fato, para as usinas de menor porte um controle tecnológico rotineiro pode onerar seu faturamento, mostrando a necessidade de se desenvolver meios para que o custo não seja motivo para que as usinas de menor porte deixem de controlar a qualidade de seus produtos.

Figura 18 – Controle tecnológico mensal ou semanal dos agregados x capacidade de produção da usina.



3.11 Principais clientes consumidores de agregados reciclados

A Figura 19 indica a distribuição dos clientes de agregados reciclados, indicando que as construtoras e os órgãos públicos são os principais clientes.

Figura 19 – Principais clientes de agregados reciclados.

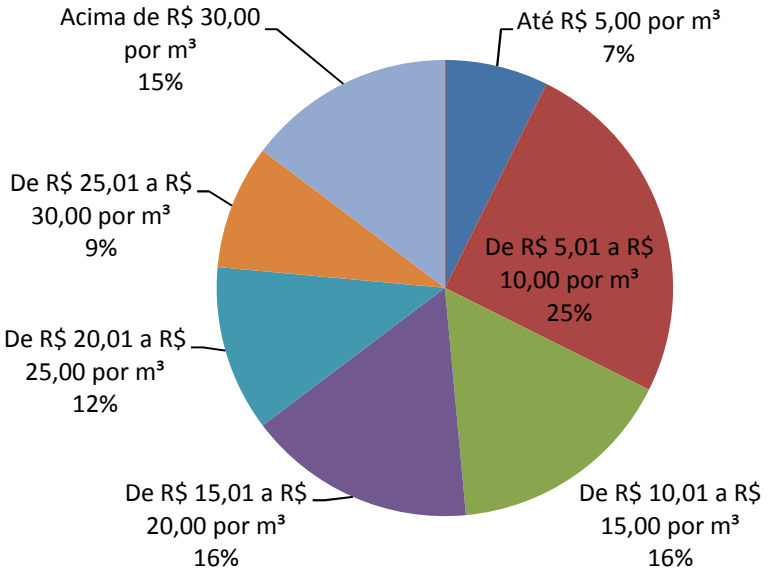


3.12 Preço médio cobrado para recebimento de RCD e de venda dos agregados

Na Figura 20 está a distribuição percentual dos valores cobrados pelas usinas e aterros para receberem RCD.

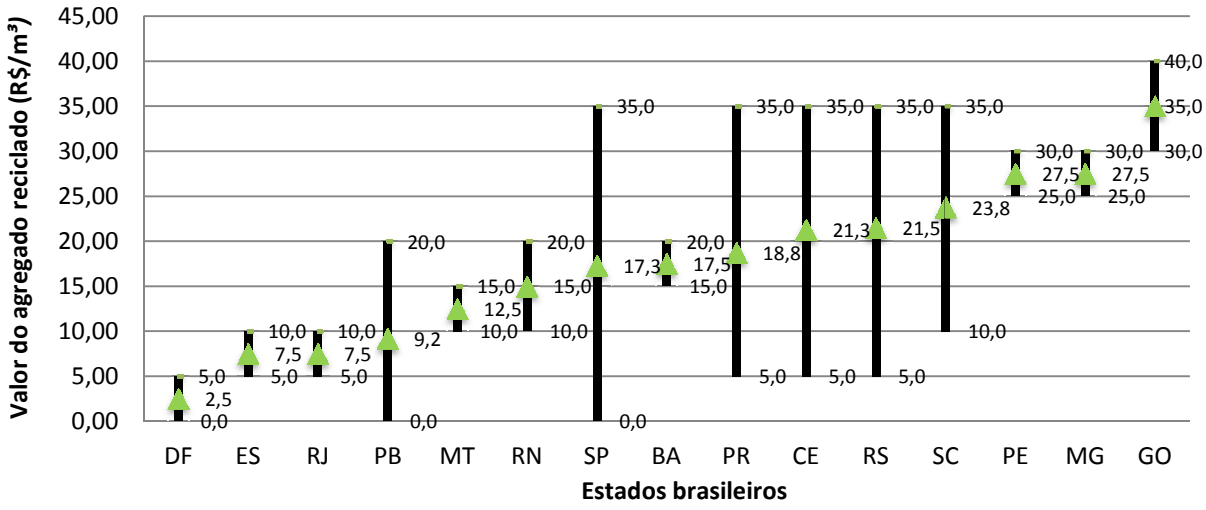
Pode-se afirmar que, em geral, o valor ainda é muito baixo, principalmente se comparado aos valores cobrados em usinas europeias. Cerca de 48% das usinas cobram valores inferiores a R$15,00/m³, sendo que o valor mais praticado está entre R$5,00 e R$10,00 por m³.

Figura 20 – Valor cobrado para recebimento de RCD nas usinas.



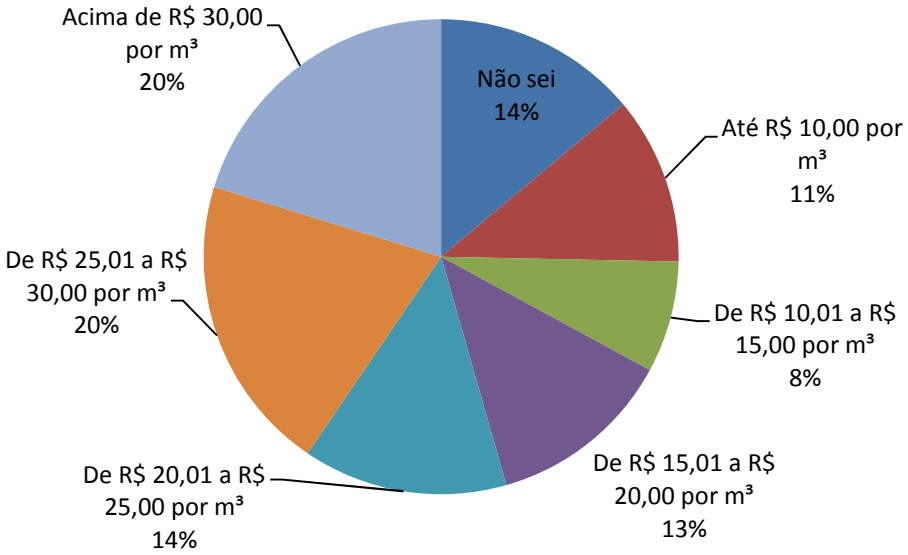
Na Figura 21 estão os valores mínimos, médio e máximos cobrados por usinas e aterros de inertes para recebimento de RCD, nos Estados brasileiros, onde observa-se que os maiores valores médios estão sendo praticados nos estados de PE, MG e GO.

Figura 21 – Valores mínimos, médios e máximos cobrados para recebimento de RCD nas usinas, por Estado.



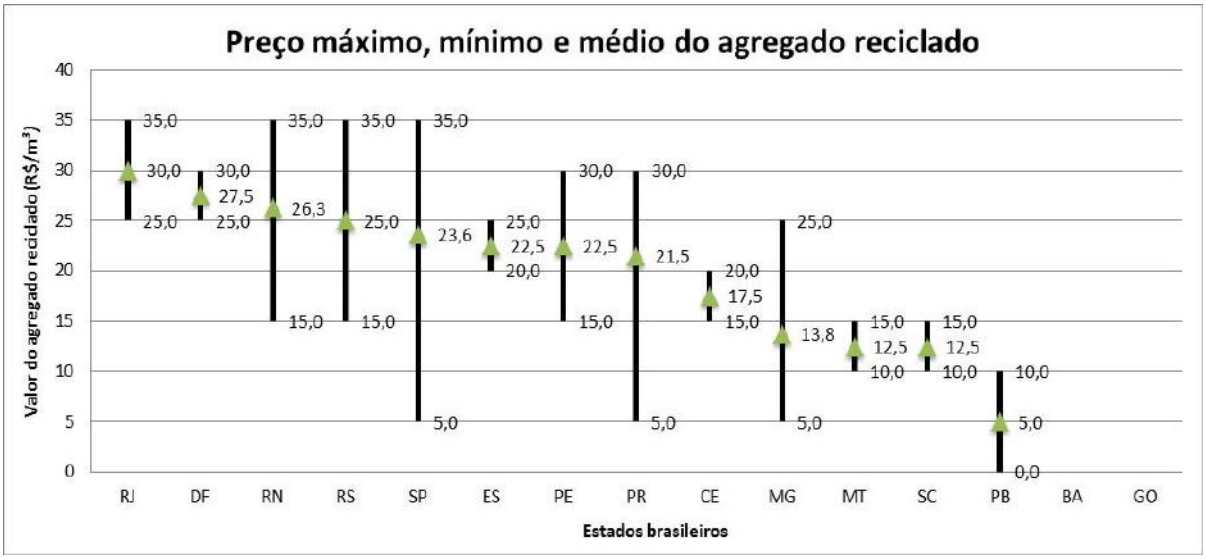
Quanto ao preço de venda dos agregados reciclados, 66% dos entrevistados cobram menos que R$30,00 por m³ e 32% cobram menos que R$20,00 (Figura 22). Isto comprova a vantagem financeira de se utilizar agregados reciclados ao invés de agregados naturais.

Figura 22 – Preço de venda dos agregados reciclados.



Pela Figura 23 fica fácil identificar que o Distrito federal e os Estados do RJ, RN, RS e SP são os que estão cobrando os maiores preços para venda de agregados reciclados, enquanto que os estados da PB, SC, MT e MG são os que cobram os menores valores.

Figura 23 – Preço de venda dos agregados reciclados, por Estado brasileiro.

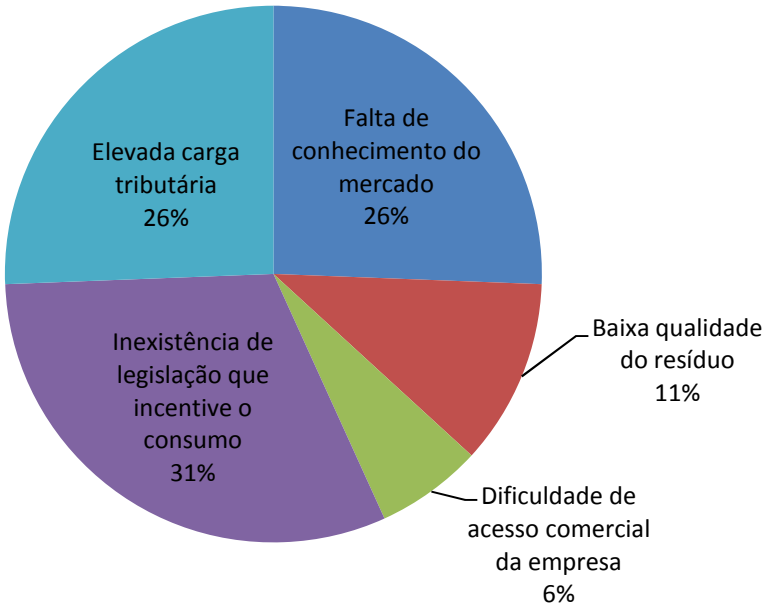


3.13 Situação do setor

A Figura 24 indica as principais causas para a dificuldade de venda do agregado reciclado, dentre elas as mais citadas são a inexistência de legislação que incentive o consumo (31%), a elevada carga tributária (26%) e a falta de conhecimento do mercado (26%).

De fato, é possível melhorar muito estes aspectos através, por exemplo, de uma maior aquisição de agregados reciclados pelo Poder Público, exigindo o uso prioritário deste no edital de licitação, maior fiscalização do destino do RCD em pequenas e grandes obras, redução de ICMS para agregados reciclados e isenção de IPTU. Existem decretos em vários municípios do país que especificam o uso prioritário de agregados reciclados. Porém, na maior parte das cidades tal decreto não tem sido respeitado.

Figura 24 - Principais causas de dificuldades na venda de agregados reciclados.



4 CONCLUSÃO

Foram levantadas mais de 310 usinas no país. Entretanto, apenas 105 responderam a pesquisa. Destas usinas, tem-se como características principais: a maioria é privada e possui entre 5 e 20 funcionários. Além disso, a maioria das usinas realiza atividades complementares à reciclagem e 21% são móveis.

Como principais pontos positivos estão: o crescimento, ainda que pequeno, do mercado e do percentual de resíduo reciclado nos últimos 5 anos, estimando-se um percentual de 21% de reciclagem de RCD, além da previsão por parte das usinas existentes de ampliar seus negócios nos próximos 2 anos.

Como resultado negativo cita-se, principalmente, a falta de apoio do setor público, no que diz respeito ao consumo de materiais reciclados, na fiscalização da triagem e destinação do RCD e na tributação aplicada ao setor. Estes são os mesmos citados em 2013.

Ainda devem ser concentrados esforços nos itens considerados prioritários pelas empresas pesquisadas, de forma a fortalecer o setor, apresentados a seguir:

- implantação de um programa de qualidade setorial para todos os associados da ABRECON, que viabilize a implantação de uma rotina de controle tecnológico dos agregados produzidos e permita o auxílio técnico gratuito para as usinas melhorarem sua qualidade e aumentarem a produtividade;

- organização de seminários, cursos, etc. para divulgação do setor da reciclagem, focados inclusive na orientação ao setor público e privado quanto às usinas existentes, qualidade dos produtos e possibilidades de aplicação de agregados reciclados em obras;

- atuação junto aos órgãos públicos para aumentar a fiscalização da triagem e destinação do RCD, o consumo de agregados reciclados em obras públicas e privadas e para reenquadrar a carga tributária do setor da reciclagem de resíduos de construção.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao BNDES pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **Programa Setorial 2013.** 2013. Disponível em www.abrecon.org.br.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. Brasília. **Diário Oficial da União**, de 30 de Agosto de 2002, seção I, p. 17.241.

COSTA, N. A. A. da. **A reciclagem do resíduo de construção e demolição: uma aplicação da Análise Multivariada**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2003.

MIRANDA, L.F.R. *et al.* (2009). A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: 1986 – 2008. **Revista Ambiente Construído.** Porto Alegre. v.9, n.1, p.57–71. jan/mar.

PINTO, T. P. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999. 189p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM INCORPORAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS[1]

PERIUS, Gustavo Rodolfo (1); MACHADO, Camila Sanja (2); DERLAM, Daiane Eckardt (3); ABREU, Ana Lígia Papst (4); ANDRADE, Cleide Cedeni (5)

(1) IFSC, e-mail: gustavo.perius@ifsc.edu.br; (2) IFSC, e-mail: camilasanja@live.com;
(3) IFSC, e-mail: dai.eckardt@outlook.com; (4) IFSC, e-mail: ana.abreu@ifsc.edu.br;
(5) IFSC, email: cleide@ifsc.edu.br

RESUMO

Analisando o problema do déficit habitacional brasileiro, diversas tentativas de desenvolver meios tecnológicos que facilitem a construção de moradias sociais vêm sendo pesquisadas ao longo dos últimos anos. Dentre elas, o desenvolvimento de técnicas e materiais que agridam menos o meio ambiente e que reduzam os custos facilitando, desta forma, o acesso à habitação para as camadas menos favorecidas. Este trabalho teve como objetivo desenvolver tijolos de solo-cimento com utilização de Resíduo de Construção e Demolição (RCD). Comparou-se a interferência do mesmo nos resultados de resistência à compressão e absorção. Para isto, foram produzidas amostras com variados teores de substituição de solo por agregado reciclado de RCD (0%, 10%, 20% e 30%). O aumento do consumo de resíduo elevou a resistência à compressão e diminuiu os índices de absorção, quando comparados com a amostra de referência. Quando confrontados com a NBR 8492/2012, verificou-se que as misturas com 20% e 30% de RCD obedeceram aos parâmetros estabelecidos pela norma. Mesmo o incremento de RCD tendo reduzido as taxas de absorção, nenhuma amostra enquadrou-se dentro dos critérios mínimos.

Palavras-chave: RCD, sustentabilidade, agregados reciclados

ABSTRACT

Analyzing the problem of the Brazilian housing deficit, various attempts to develop technological means to facilitate the construction of social housing have been researched over the past few years. Among them, the development of techniques and materials that harm less the environment and reduce costs thus facilitating the access to housing for the disadvantaged sections. This study aimed to develop soil-cement bricks with the use of Construction and Demolition Waste (CDW). Compared to interference even in the results of compressive strength and absorption. For this purpose, samples were produced with varying ground levels by replacing recycled aggregate RCD (0%, 10%, 20% and 30%). The residue increased intake increased the compressive strength and decreased absorption rates as compared to the reference sample. When faced with the NBR 8492/2012, it was found that mixtures with 20% and 30% of RCD met the parameters established by the standard. Even the increase RCD having reduced absorption rates, no sample is framed within the minimum criteria.

***Keywords**: CDW, sustainability, recycled aggregates.*

[1] PERIUS, Gustavo Rodolfo; MACHADO, Camila Sanja; DERLAM, Daiane Eckardt; ABREU, Ana Lígia Papst; ANDRADE, Cleide Cedeni. Análise do desempenho de tijolos de solo-cimento com incorporação de agregados reciclados. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Pinto (1999), a construção civil tem grande representação no consumo de recursos naturais e no baixo percentual de reciclagem e reaproveitamento dos resíduos gerados. Diante desta realidade, a busca por novas tecnologias que minimizem os impactos ambientais provocados pelo setor tem se tornado uma constante nos meios de pesquisa relacionados aos componentes e materiais.

Dentre as pesquisas, diversos estudos têm buscado a valorização dos resíduos de construção e demolição através da reciclagem dos mesmos, transformando-os novamente em matéria-prima para fabricação de novos materiais. Dentre as formas de reaproveitamento, está a utilização do agregado reciclado de RCD na substituição parcial de solo para a fabricação de tijolos de solo-cimento.

Apesar da facilidade de obtenção das matérias-primas para a fabricação dos tijolos, tanto o solo como os agregados reciclados de RCD, são materiais com um comportamento bastante heterogêneo em comparação com outros. Isso é revelado nas diversas pesquisas, nas quais os resultados obtidos variam muito de trabalho para trabalho.

Souza *et. al.* (2008), verificaram a viabilidade da fabricação de tijolos de solo-cimento com a substituição de diferentes percentuais de solo por agregado miúdo reciclado a partir de resíduos de blocos de concreto. Em seus resultados, a incorporação do resíduo diminuiu a retração por secagem do material. Além disso, todas as especificações das normas brasileiras para solo-cimento foram atendidas, inclusive mantendo o consumo de cimento inferior a 6% da massa total.

Já Rosário e Torrescasana (2011), em estudo semelhante, observaram que o solo estudado não possuía as especificações indicadas para a fabricação de tijolos de solo-cimento. Além disso, nenhuma das misturas com adição de RCD atendeu aos requisitos de resistência à compressão e absorção de água prescritos na NBR 8491 (ABNT, 2012). Entretanto, para todas, mesmo não atingindo tais valores, tanto a resistência quanto a absorção tiveram melhora em seus resultados quando comparadas com a amostra de referência.

Marques *et. al.* (2012), verificaram que para um percentual de substituição de solo por RCD de 20%, houve uma melhora nos resultados do ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. Para o mesmo estudo, os parâmetros de resistência à compressão e de absorção dispostos em norma foram atendidos.

Tais diferenças obtidas em estudos nessa área podem ser explicadas pela adequação do solo local à produção de solo-cimento. Segundo a NBR 10832 (ABNT, 1989), os solos mais adequados para sua produção devem conter as seguintes características: (a) 100% dos grãos passantes na peneira de abertura 4,8 mm (n. 4); (b) 10% a 50% dos grãos passantes na peneira de abertura 0,075 mm (n. 200); (c) limite de liquidez ≤ 45%; (d) índice de

plasticidade ≤ 18%.

Dessa forma, quando o solo local possui característica predominantemente pedregulhosa ou arenosa, é necessário que a curva granulométrica seja corrigida com outro tipo de solo ou outro material inerte que possua grãos mais finos, sendo que desse material ao menos de 20% seja de material siltoso ou argiloso. Tais intervalos podem levar a uma variabilidade significativa entre diferentes tipos de solos e, desta maneira, por consequência, alterando os resultados nas misturas e influenciando diretamente nas características mecânicas e de durabilidade.

Assim, visando adequar um solo típico da cidade de Florianópolis para a produção de tijolos de solo-cimento, este trabalho analisou diversas misturas, com diferentes percentuais de substituição de solo por agregado reciclado de RCD. Como parâmetros, foram verificados a resistência à compressão aos 28 dias de idade e a absorção de água por imersão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

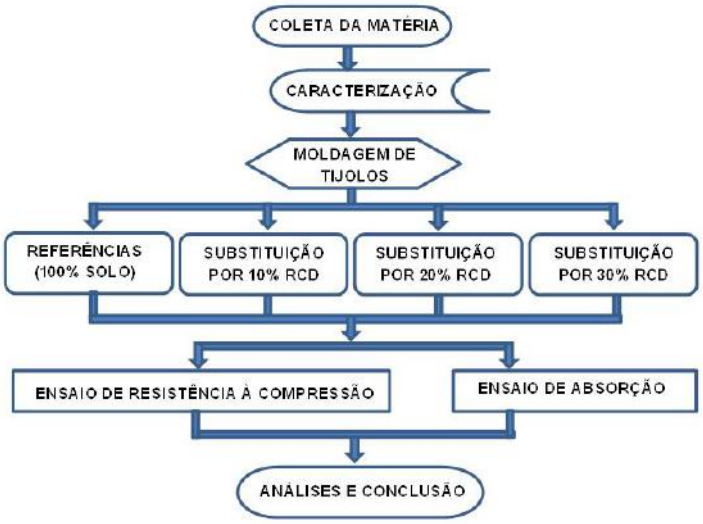
2.1 Materiais

Para o presente trabalho foi utilizado um solo residual de granito com grande presença de rocha intemperizada, característico dos horizontes B a C. O material foi coletado na cidade de Florianópolis – SC. O RCD empregado é formado de resíduos oriundos de concretos e argamassas, com baixos teores de material cerâmico e outros. O mesmo foi coletado junto a uma usina de reciclagem situada na cidade de São Bernardo do Campo – SP. A escolha de tal usina vem do fato de não haver usinas de reciclagem nas proximidades da região da grande Florianópolis. O cimento escolhido foi o CP II F – 32, pelo fato de possuir apenas adições minerais inertes, o que evita modificações dos resultados devido ao efeito pozolânico, por exemplo.

2.2 Métodos

Para atender o objetivo proposto, a metodologia deste trabalho foi dividida em três grandes etapas: caracterização dos materiais; moldagem dos tijolos de solo-cimento; e ensaios de resistências à compressão e absorção. A Figura 1 demonstra as etapas da metodologia.

Figura 1 – Fluxograma das etapas da metodologia da do presente trabalho.



Fonte: Elaboração própria.

O RCD coletado na usina, numa quantidade em torno de 150 kg de material, o qual foi remisturado em laboratório e reduzido em amostras de 30 kg. Para a redução foram tomados 7 pontos localizados diagonalmente da crista até a base da pilha formada.

A amostragem do solo foi realizada de um lote total de 6m³ de material. Para os ensaios de caracterização, de compactação e para a confecção dos tijolos, respeitaram-se os limites estabelecidos pela NBR 6457 (ABNT, 1986).

Para a caracterização do solo e do RCD (Figura 2), foram executados os ensaios de granulometria NBR 7181 (ABNT, 1984d) e de determinação da massa específica de acordo com a NBR 6508 (ABNT, 1984b). Para complementar a caracterização do solo, foi executado o ensaio de limite de liquidez conforme a NBR 6459 (ABNT, 1984a) e o ensaio de limite e plasticidade regido pela NBR 7180 (ABNT, 1984c).

Figura 2 – Imagem dos Materiais utilizados: Resíduo de Construção e Demolição (RCD) e Solo.



Fonte: Os autores

Após a caracterização, determinou-se a quantidade de água para cada teor de substituição, utilizando-se o ensaio de compactação de solos, seguindo os critérios da NBR 7182 (ABNT, 1986a). Para a análise, foi utilizada a energia Normal de compactação além de optar por realizar o ensaio sem reutilização de material, uma vez que após análise tátil visual verificou-se que havia percentual considerável de partículas friáveis.

Para a moldagem dos tijolos foram utilizadas, tanto para o solo quanto para o RCD, as frações passantes na peneira com abertura nominal de 2,0 mm. Para cada teor de substituição, foram produzidos três exemplares, cujos percentuais estão especificados na Figura 1. O consumo de cimento estabelecido foi de 7% em relação à massa total de solo. Para a moldagem utilizou-se uma prensa manual com capacidade de produção de um tijolo por vez, conforme apresentado na Figura 3 (a).

A dosagem dos blocos foi realizada pela substituição, em massa, de solo por RCD, uma vez que as massas específicas determinadas de ambos apresentaram resultados muito próximos. Determinados a partir dos resultados do ensaio de compactação, os percentuais ótimos de umidade para as misturas foram adotados para cada dosagem (Referência, 10% de RCD, 20% de RCD e 30% de RCD). Como para este tipo de material o consumo de cimento é baixo, sua influência na alteração da umidade total foi desconsiderada, não sendo realizadas quaisquer correções.

Figura 3 – Imagem da máquina de produção (a) e da amostra pronta (b).



(a) (b)

Fonte: Os autores

Para a análise da absorção e da resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento foram seguidos os critérios de ensaios da NBR 8492/2012 (ABNT, 2012). Ambos os ensaios foram realizados aos 28 dias de idade. Os exemplares foram acondicionados previamente em ambiente com umidade controlada até a data de ensaio. A Figura 4 demonstra a etapa de capeamento dos tijolos para o ensaio de resistência à compressão.

Figura 4 – Imagem do capeamento das amostras.



Fonte: Os autores

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos com os ensaios de caracterização são apresentados na Tabela 1 e na Figura 5.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de caracterização

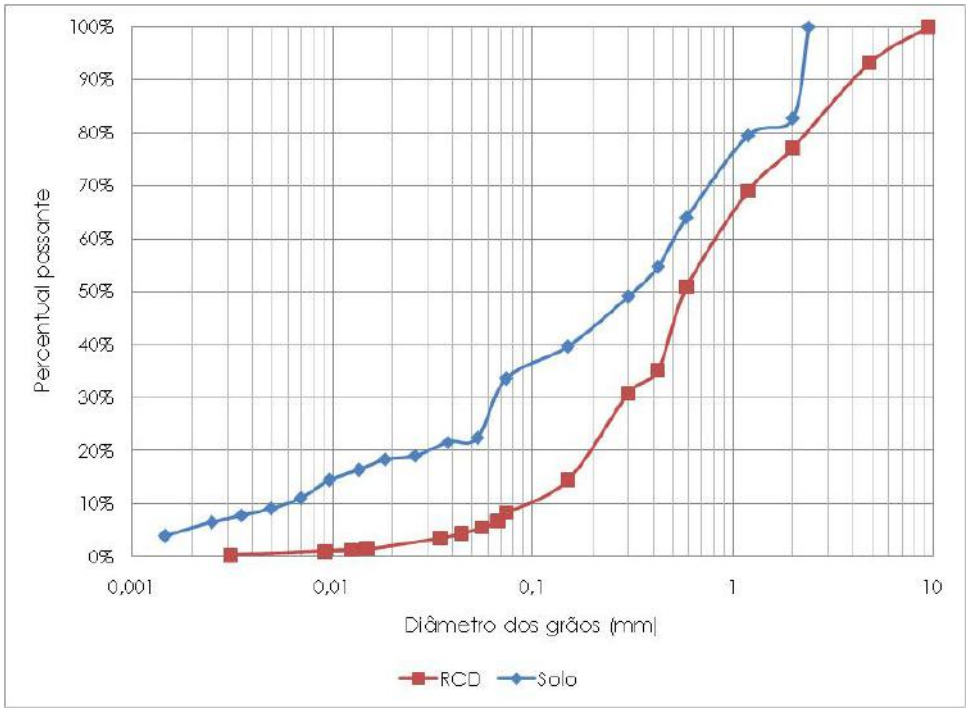
Material	Massa específica (g/cm³)	Limites Físicos (%)	
SOLO	2,65	L.L.	31,9
		L.P.	30,0
		I.P.	1,9
RCD	2,67	L.L.	Não aplicável
		L.P.	Não aplicável
		I.P.	Não aplicável

Fonte: Os autores

Analisando os resultados da caracterização do solo, verificou-se que o mesmo se enquadra, de acordo com Funtac (1999), com os requisitos para produção de tijolos de solo-cimento, mesmo se tratando de um solo areno-siltoso. Aliás, é possível verificar que o índice de plasticidade do solo utilizado é baixo, o que dificulta sua utilização, uma vez que sutis modificações de umidade podem alterar seu estado de consistência.

Já para o RCD não há normatização para determinação de suas características para aplicação nestes casos. Por esse motivo, adaptaram-se os ensaios específicos para solos para caracterizar o resíduo. Na Tabela 1, observa-se que os ensaios de limites físicos não se aplicam para o RCD e que percentuais granulométricos servem meramente para associar ao diâmetro dos grãos. As massas específicas permaneceram muito próximas, o que possibilitou a dosagem por massa e não por volume.

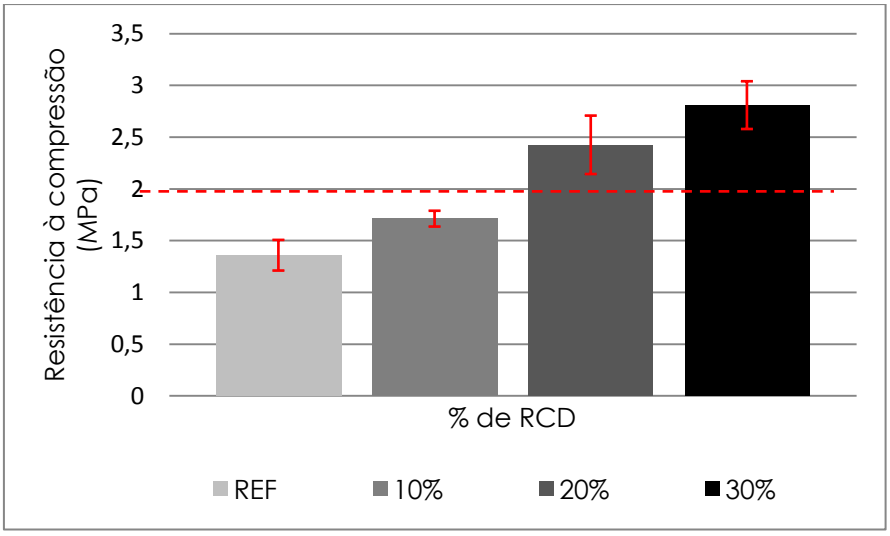
Figura 5 – Distribuição granulométrica do solo e do RCD



Fonte: Os autores

Além da caracterização, executaram-se os ensaios de absorção e de resistência à compressão. A Figura 5 apresenta os resultados alcançados do ensaio de resistência a compressão.

Figura 6 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão



Linha demonstrativa da resistência a compressão mínima exigida pela NBR 8491/2012.

Fonte: Os autores

Analisando os resultados é visível que o aumento do consumo de resíduo elevou a resistência à compressão dos tijolos, quando comparados com a amostra de referência (0% de RCD). Quando confrontados com a NBR 8491/2012, verificou-se também que as misturas com 20% e 30% de RCD obedeceram aos parâmetros estabelecidos pela norma.

A seguir, na Tabela 2, estão os resultados do ensaio de absorção dos tijolos de solo-cimento.

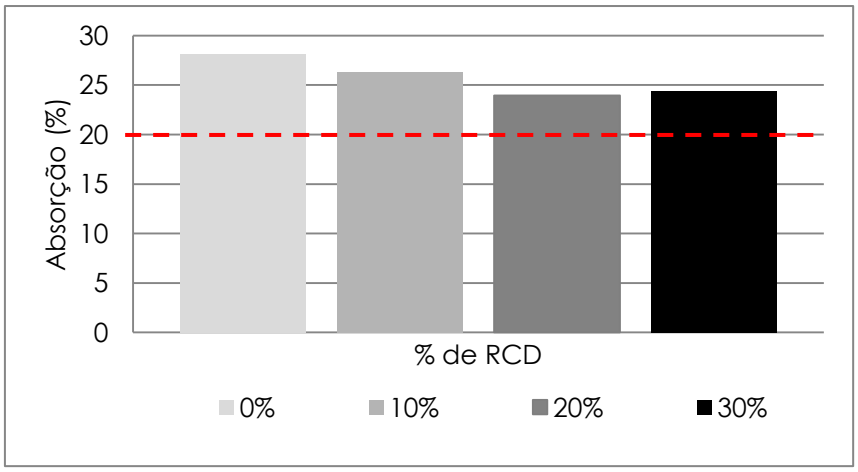
Tabela 2 – Resultados do ensaio de absorção

Tijolos	Peso Seco médio (g)	Peso Saturado médio (g)	Absorção média (%)	Coef. de variação (%)
REF.	2495,50	3197,40	28,13	4,40
10%	2562,00	3236,50	26,33	2,04
20%	2631,00	3261,10	23,95	3,25
30%	2641,50	3286,90	24,43	3,88

Fonte: Os autores

Esses resultados demonstram que a adição gradual de RCD em até 30% de substituição, promoveu uma diminuição dos índices de absorção. Apesar dessa redução, as amostras não atingiram os critérios mínimos de 20% exigidos pela NBR 8491(ABNT, 2012).

Figura 7 – Resultado do ensaio de absorção de água



Linha demonstrativa da absorção de água máxima exigida pela NBR 8491/2012.

Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nos ensaios realizados, verificou-se que a substituição do solo em estudo pelo RCD analisado, promoveu um incremento na resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento e uma diminuição nos índices de absorção. Este incremento pode ser devido ao melhor empacotamento das partículas e redução do índice de vazios. Tal fato explica-se pelo aumento do peso específico unitário verificado com o aumento de resíduo.

Isso demonstra que o resíduo utilizado foi eficiente no aumento da compacidade das misturas, para a energia de compactação empregada. Embora os índices de absorção tenham ficado acima dos parâmetros máximos permitidos pela norma, acredita-se ser possível atingir esses índices de absorção com correção granulométrica (ampliação ou redução da faixa granulométrica utilizada), ou até mesmo, com o aumento dos teores de substituição de solo por RCD.

Desta forma, demonstrou-se que é possível a utilização de matérias-primas alternativas e de baixo custo na busca do desenvolvimento de novos materiais que possam reduzir preços na construção de moradias e que minimizem os impactos ambientais.

Todavia, a escolha do solo adequado é primordial para que os requisitos técnicos sejam atendidos sem que sejam necessárias correções granulométricas ou incrementos no teor de cimento, o que pode inviabilizar

economicamente o material. Ressalta-se também que por tratar-se de agregado reciclado de resíduo de construção e demolição, é importante enfatizar a variabilidade de produção pode provocar diferenças significativas quando utilizados lotes de diferentes dias de produção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Apoio ao Fortalecimento dos Grupos de Pesquisa referente ao Edital nº 19/2014/PROPPI, do Instituto Federal de Santa Catarina, pelo apoio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986a.

_____. **NBR 6459**: Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984a.

_____. **NBR 6508**: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984b,

_____. **NBR 7180**: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984c.

_____. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984d.

_____. **NBR 7182**: Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1986b.

_____. **NBR 8492**: Tijolo de Solo-cimento - Determinação da Resistência à compressão e da absorção d'água. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 10.832**: Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Rio de Janeiro, 1989.

FUNTAC - FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE. **Cartilha para produção de tijolo de solo-cimento**. Rio Branco, 1999. 25p.

MARQUES, L. F., KOLLING, E. M., ROCHA, D. T.. **Comportamento físico mecânico de elementos construtivos produzidos de solo-cimento com adição de RCD**. Paraná. In: 2012. SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR. Curitiba, 2012.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ROSARIO, T, TORRESCASANA, C. E. N.. **Tijolos do solo-cimento produzidos com resíduos de concreto**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em

engenharia civil) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó. Chapecó, 2011.

SOUZA, M. I. B., SEGANTINI, A. A. S., PEREIRA, J. A.. **Tijolos prensados de solo cimento confeccionados com resíduos de concreto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 205-212, 2008.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO POR RESÍDUOS DE CONCHAS DE MOLUSCOS BIVALVES EM ARGAMASSAS[1]

RIOS, Safira Ferreira de Melo (1); SILVA, Ana Paula Gonçalves (2); MOURA, Washington Almeida (3)

(1) UEFS, e-mail: safira_mail@yahoo.com.br; (2) UEFS, e-mail: anagoncavessilva@hotmail.com; (3) UEFS, e-mail: washington.moura@gmail.com

RESUMO

Tanto o cultivo quanto a pesca extrativa de moluscos gera uma grande quantidade de resíduo, na forma de conchas, que geralmente não são destinadas corretamente. Razão pela qual, constantemente são buscadas alternativas para a incorporação destes resíduos em outros processos produtivos. Este artigo apresenta os resultados do estudo da utilização de resíduos de conchas de moluscos bivalves - RCMB moídos, em substituição parcial ao cimento, para a produção de argamassas. Os teores de RCMB moído utilizados foram de 5% e 10%, em relação à massa de cimento. O traço das argamassas foi 1:3 (cimento:areia) em massa, sendo mantida fixa a relação água/cimento que foi de 0,48. As argamassas produzidas foram avaliadas quanto à resistência à compressão e absorção de água, cujos resultados foram validados através de tratamento estatístico utilizando-se a análise de variância – ANOVA. Também foi realizado o ensaio de atividade pozolânica do RCMB moído, com o cimento Portland. Os resultados levam a concluir que o resíduo de conchas não possui atividade pozolânica. As argamassas com 5% e 10% de RCMB apresentaram resultados compatíveis com a argamassa de referência.

Palavras-chave: Conchas de moluscos bivalves. Pozolanicidade. Argamassa.

ABSTRACT

The cultivation and the extractive fishing clams generates a large amount of waste in the form of shells, which are generally not discarded properly. For this reason sought alternatives to the incorporation of waste into other production processes. This paper presents the study results of the use of waste mollusc shells - RCMB ground in partial replacement of cement for the production of mortars. The ground RCMB contents used were 5% and 10%, relative to the cement mass. The trace of the mortars was 1: 3 (cement: sand) mass being kept fixed the water / cement was 0.48. The mortars produced were evaluated for compressive strength and water absorption, the results were validated through statistical processing using the analysis of variance - ANOVA. Also, the test was performed with pozzolanic activity RCMB ground with Portland cement. The results lead to the conclusion that the shells residue does not have pozzolanic activity. The mortar with 5% and 10% RCMB showed results consistent with the reference mortar

Key-words: *Seashells. Pozzolanicity. Mortar.*

---

[1]RIOS, Safira Ferreira de Melo; SILVA, Ana Paula Gonçalves da; MOURA, Washington Almeida. Substituição do cimento por resíduo de conchas de moluscos bivalves em argamassas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, atrelado ao desenvolvimento econômico tem desencadeado um conflito: disponibilidade de matérias-primas para atender a grande e crescente demanda. Este conflito se configura um grave problema ambiental considerando que as matérias-primas são esgotáveis e que no processo de exploração e beneficiamento é gerado um grande volume de resíduos.

A malacocultura, ou seja, o cultivo e/ou extração de moluscos bivalves, também é um setor produtivo que incorre nessa problemática. No Brasil, atualmente, o estado de Santa Catarina é o maior produtor de mariscos e ostras do país (EPAGRI 2014). Este estado é favorecido pelas características geográficas do seu litoral, constituídos por baías, enseadas e regiões estuarinas regulares, que favorecem as condições para o desenvolvimento destas espécies (BRANDINI *et al.,* 2000).

O Nordeste do Brasil também possui características apropriadas para o desenvolvimento da malacocultura, sendo esta desenvolvida na forma de cultivos em alguns estados, tais como Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco. Na Bahia, apesar da atividade ser realizada da forma exploratória, já existe projetos pilotos para a implantação de cultivos desta atividade.

Não há dados precisos a cerca da quantidade de resíduos gerados pela malacocultura, sendo que o mesmo pode ser estimado em locais onde a atividade é realizada na forma de cultivos. Estudo desenvolvido por Petrielli (2008) aponta que o total de conchas possa ser correlacionado, com maior, confiabilidade à quantidade de sementes compradas pelas fazendas de cultivo.

Os resíduos gerados pela malococultura, a exemplo das conchas de moluscos bivalves, são muitas vezes descartados em locais inadequados, tais como terrenos baldios ou áreas de restingas, causando impacto ambiental. Além de incorrer em problemas sanitários, pois a decomposição da matéria orgânica presente nas conchas gera mau cheiro e atrai insetos e animais que podem provocar doenças na população.

As conchas de moluscos bivalves são constituídas basicamente por carbonato de cálcio. Sendo este mineral um constituinte básico de vários produtos/processos, há uma grande possibilidade de aplicações deste resíduo (CHIERIGHINI *et al,* 2011). Alguns estudos já foram realizados e outros vêm sendo desenvolvidos como é o caso da utilização do RCMB na remoção de corantes provenientes de efluentes têxteis industriais (ASSIS FILHO *et al,* 2014), uso no setor agrícola, na correção de solos ácidos (COSTA, 2012), bem como na pecuária, sendo utilizado na suplementação animal como fonte de cálcio (VITTI *et al.,* 2006).

Alguns estudos foram desenvolvidos visando utilizar o RCMB também na construção civil: Tristão *et al.* (2009) verificaram o potencial econômico e ambiental na utilização do resíduo de conchas de moluscos bivalves, após a

devida calcinação, para a fabricação da cal para produção de argamassas de restauração de edificações históricas. Estudo desenvolvido por Etuk *et al.* (2012) constatou que o RCMB calcinado apresentou características pozolânicas. Os autores concluíram que é possível a utilização de até 15% RCMB em substituição ao cimento, para produção de concreto. Ettu *et al.* (2013) verificaram que é possível a substituição de até 75% de fragmentos graníticos, utilizados para formulação de concretos, por conchas.

Neste contexto foi desenvolvido este estudo, com o objetivo de verificar a viabilidade da utilização de resíduos de conchas de moluscos bivalves RCMB, em substituição parcial ao cimento, para produção de argamassa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para a realização do procedimento experimental foram utilizados os seguintes materiais: cimento, areia normal, areia quartzosa, resíduo de conchas de moluscos bivalves – RCMB moído e água proveniente do sistema de abastecimento da Empresa Baiana de Águas e Saneamento - EMBASA.

O cimento utilizado no programa experimental foi o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V - ARI), cuja massa específica é de 3,06 kg/dm^3.

Neste trabalho foram utilizados dois tipos de areia. Para a realização dos ensaios de pozolanicidade e de resistência à compressão axial foi utilizada uma areia normal, conforme ABNT NBR 7214:2015. Para a realização dos ensaios de absorção por imersão foi utilizada uma areia quartzosa proveniente do município de Alagoinhas, estado da Bahia, cujas características estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características da areia quartzosa proveniente de Alagoinhas-BA

Abertura da peneira (mm)	**(%) Retida acumulada**
4,8	1
2,4	1
1,2	2
0,6	13
0,3	67
0,15	93
<0,15	100
Dimensão máxima característica (mm)	1,22
Módulo de finura	1,77
Massa específica (g/cm^3)	2,61
Massa unitária no estado solto (g/cm$^{3)}$	1,60

Fonte: Os autores

As conchas foram provenientes do município de Maragojipe, Bahia, sendo o RCMB composto por conchas de dois tipos de moluscos, o *Anomalocardia Brasiliana*, (chumbinho) e o *Tagelus Plebeius* (mapé). Estes resíduos foram provenientes da pesca artesanal da referida região. Geralmente são descartados em locais inadequados, como na beira da praia ou em terrenos baldios. A Figura 1 ilustra uma das formas de descarte deste material.

Figura1 – Disposição inadequada de RCMB



Fonte: Os autores

As conchas foram submetidas a um processo de beneficiamento, tendo passado pelas seguintes etapas: lavagem, secagem e trituração. O processo de lavagem foi realizado numa betoneira com capacidade de 220 litros, sendo as conchas submetidas a esta etapa por duas vezes. Posteriormente as conchas foram secas ao ar livre, depois submetidas ao processo de trituração em moinho de martelo. No processo de trituração foi sempre utilizado seis quilos de conchas durante três minutos no moinho. Após a trituração o resíduo apresentava-se com aspecto de uma areia fina. A Figura 2 ilustra o moinho utilizado para a trituração das conchas.

Figura 2 – Moinho de martelos



Fonte: Os autores

Como o RCMB triturado se apresentava com granulometria próxima a de uma areia fina, foi necessário realizar um novo processo de cominuição, desta vez em moinhos de bolas horizontal CT 242 Servitech, que conferiu ao resíduo o aspecto de pó. Inicialmente estabeleceu-se um tempo de moagem de 10 minutos, porém como o resíduo ainda apresentava muitos grãos superiores 75µm, o tempo de moagem foi aumentado para 20 minutos, o que resultou num material mais pulverulento. A carga utilizada no moinho obedeceu à proporção: 735g de bolas para 735g de RCMB triturado seco. A Figura 3 ilustra os aspectos dos resíduos, de acordo com o processo de cominuição e tempo de permanência no moinho.

Figura 3 – Aspectos do RCMB para os diferentes processos e tempos de cominuição



Fonte: Os autores

Para que uma granulometria mais fina fosse alcançada, após a moagem o resíduo foi peneirado na peneira 75µm, sendo descartado o material retido.

O RCMB moído e peneirado apresentou massa específica de 2,71 kg/dm^3, que foi determinada conforme a ABNT NBR NM 23.

2.2 Métodos

Com o objetivo de verificar a aplicação do RCMB moído em substituição ao cimento em argamassas, foi realizado o ensaio de determinação de atividade pozolânica com o cimento Portland, de acordo com a ABNT NBR 5752:2014.

Para a confecção das argamassas foi utilizado o traço 1:3 (aglomerante:areia). Os teores de substituição do cimento pelo RCMB foram de 5 e 10%, em massa. As argamassas foram nomeadas de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 – Nomenclatura das argamassas produzidas

Argamassa	Teor de substituição do cimento(%)	Consumo de cimento (Kg/m^3)
REF	0	495,8
RCMB5	5	473,8
RCMB10	10	451,9

Fonte: Os autores

A relação água/cimento foi mantida constante em 0,48, sendo que os índices de consistência das argamassas, determinados conforme ABNT NBR 13276:2002, apresentaram-se na faixa de 177 ± 10mm. A mistura dos materiais, moldagem e condições de cura atenderam a ABNT NBR 7215:1996. Para a realização de cada ensaio foram moldados seis corpos de prova cilíndricos, de dimensões 50x100 mm. Após 28 dias de cura os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão, conforme ABNT NBR 13279:1995 e absorção de água por imersão e índice de vazios, de acordo com a ABNT NBR 9778:2005.

Os resultados foram analisados estatisticamente através da análise de variância - ANOVA

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1 Índice de atividade pozolânica com o cimento

A Tabela 3 ilustra os resultados obtidos para o índice de atividade pozolânica com o cimento.

Tabela 3 - Índice de atividade pozolânica do RCMB

Argamassa	Relação a/c	Consistência	Média de resistência à compressão	Índice de atividade (%)

			(MPa)	
25%RCMB	0,48	177	22,88	74
REF	0,48	179	30,94	100
Índice normativo				≥90

Fonte: Os autores

Observa-se que o índice normativo não foi atendido. Logo, o RCMB moído não possui atividade pozolânica.

3.2 Resistência à compressão

Os resultados obtidos para o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias das argamassas estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resistência à compressão das argamassas produzidas

Argamassa – Teor de substituição	**Resistência à compressão (MPa)**	**Média da Resistência à compressão (MPa)**	**Desvio máximo (%)**
0%	32,2	31,3	5,9
	29,5		
	30,8		
	32,0		
	32,2		
	29,0*		
5%	31,6	31,9	5,7
	33,4		
	32,2		
	35,4*		
	30,1		
	32,3		
10%	31,9	31,5	2,3
	30,8		
	31,5		
	31,		
	32,2		
	33,7*		

*Valor discrepante desconsiderado conforme a ABNT NBR 13279:1995

Fonte: Os autores

Os resultados de resistência à compressão foram avaliados estatisticamente através da análise de variância – ANOVA, cujos resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados da ANOVA para o ensaio de resistência à compressão

Fator	GDL	MQ	F_{cal}	$F_{0,05}$	Significância
Teor de resíduo	2	0,47	0,44	3,88	NS
Erro	12	1,07			

Nota: GDL – Graus de Liberdade; MQ – Média Quadrada; Fcalculado – Valor calculado de F; F0,05 – Valor tabelado de F para nível o de significância de 5%; S – Significativo; NS – Não Significativo.

Fonte: Os autores

Verificando-se os resultados obtidos observa-se que a substituição do cimento pelo RCMB moído não influenciou significativamente na resistência à compressão das argamassas, para os teores de substituição estudados.

Como o RCMB moído não possui atividade pozolânica, então, muito provavelmente, o mesmo atuou como fíler, melhorando o empacotamento dos grãos na mistura. Assim, o efeito cimentante foi compensado pelo efeito fíler.

Lertwatanaruk *et al.* 2012 estudaram a substituição de cimento Portland por resíduos de conchas de moluscos bivalves, e verificaram que a substituição de 5% de cimento por resíduo de conchas provocou uma diminuição na resistência à compressão das argamassas na ordem de 16%. Porém, alguns estudos que utilizaram resíduos inertes como fíler mostraram que o resíduo provocou aumento na resistência à compressão. Gonçalves (2000) utilizou teores de 10% e 20% de adição de resíduo de serragem de granito (em relação à massa de cimento) na produção de concreto e verificou que os concretos com 10% do resíduo apresentaram melhor comportamento mecânico. O autor atribuiu este comportamento ao efeito fíler proporcionado pelo resíduo, uma vez que foi constatado que este não possuía atividade pozolânica.

3.3 Absorção de água por imersão e índice de vazios

A Tabela 6 mostra os resultados de absorção por imersão e índice de vazios das argamassas produzidas.

Tabela 6 – Absorção de Água e Índice de Vazios das argamassas produzidas

Teor de substituição (%)	Absorção de água (%)	Coeficiente de Variação (%)	Índice de Vazios	Coeficiente de Variação (%)
0	8,6	0,5	15,2	2,6
5	8,8	0,2	17,7	0,1
10	8,9	0,1	18,0	0,2

Fonte: Os autores

A influência da substituição parcial do cimento pelo RCMB moído na absorção foi verificada através da análise de variância – ANOVA. Os resultados estão demonstrados na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados da ANOVA para o ensaio de absorção de água

Fator	GDL	MQ	F_{cal}	$F_{0,05}$	Significância
Teor de resíduo	2	0,0941	66,2	5,14	S
Erro	6	0,0014			

Nota: GDL – Graus de Liberdade; MQ – Média Quadrada; Fcalculado – Valor calculado de F; F0,05 – Valor tabelado de F para o nível de significância de 5%; S – Significativo; NS – Não Significativo

Fonte: Os autores

Através da análise dos resultados pôde-se observar que a substituição parcial do cimento pelo RCMB moído influenciou significativamente na absorção.

Apesar da ANOVA mostrar que a utilização do RCMB moído influenciou nos resultados de absorção, pode-se observar que este aumento foi pequeno: 2,3% e 3,5% para as argamassas com 5% e 10% de RCMB, respectivamente.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- a substituição do cimento pelo RCMB moído, para teores de até 10 por cento, não alterou o índice de consistência das argamassas produzidas;
- o índice normativo, para o ensaio de pozolanicidade com o cimento não foi atendido indicando que o RCMB moído não possui atividade pozolânica;
- a utilização de até 10% de RCMB moído não influenciou nos resultados de resistência à compressão das argamassas;
- a utilização de 10% RCMB moído provocou um aumento de 3,5% na absorção por imersão das argamassas, em relação à argamassa de referência.

Portanto, com base nos resultados, pode-se concluir que é possível utilizar até 10% de RCMB moído como substituição do cimento para produção de argamassa. Além da vantagem econômica o aproveitamento do RCMB em substituição ao cimento implica numa redução no impacto ambiental causado pelo descarte inadequado deste resíduo.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR NM 23. Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica: NBR 6474. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT NBR 5752. Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT NBR 7214. Areia normal para ensaio de cimento — Especificação. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT NBR 7215. Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT NBR 12653. Materiais pozolânicos — Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

ASSIS FILHO, R.B.; MENEZES, G.A.; FERREIRA, J.M.; MOTTA SOBRINHO, M.A. **Avaliação do resíduo da malacocultura como adsorvente do corante remazol vermelho RR133.** Em X Encontro Brasileiro de Adsorção. São Paulo, 2014.

BRANDINI, F.P.; SILVA, A.S.; PROENÇA, L.A.O. Oceanografia e maricultura. *In*: VALENTI, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. Aqüicultura no Brasil. Brasília: CNPq, 2000. p.107-142.

CHIERIGHINI, D.; BRIDI, R.; ROCHA, A. A.; LAPA, K. R. **Possibilidades do uso das conchas de moluscos**. In: International Workshop advances in Cleaner Production, São Paulo, 2011

COSTA, A. R. S. **Viabilidade do uso de conchas de mariscos como corretivo de solos.** Em III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiania, 2012.
EPAGRI – Síntese Informativa da maricultura catarinense, 2014. Disponível em: http://www.epagri.sc.gov.br/wpcontent/uploads/2013/08/Sinteseinformativadamaricultura2014.pdf. Acesso em: 1º de dezembro de 2015. Texto técnico.

ETTU, L. O.; IBEARUGBULEM, O. M.; EZEH, J. C.; ANYA, U. C. A reinvestigation of the prospects of using periwinkle shell as partial replacement for granite in concrete. **International Journal of Engineering Science Invention**. v. 2, 2013.

ETUK, Benjamin R.; ETUK, Idongesit F.; ASUQUO, Linus O. Feasibility of using sea shells ash as admixtures for concrete. **Journal of Environmental Science and Engineering. A**, v. 1, n. 1A, 2012

LERTWATTANARUK, Pusit; MAKUL, Natt; SIRIPATTARAPRAVAT, Chalothorn. Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering. **Journal of environmental management**, v. 111, p. 133-141, 2012.

MATTA, V. R. P. da.; APOLINÁRIO, E. C. de A.; SANTOS, G. R. S.; RIBEIRO, D. V. Efeitos da adição do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) no desempenho dAs argamassas de cimento portland no estado endurecido. Periódico Eletrônico "Fórum Ambiental da Alta Paulista". v. 9, n. 1, 2013.

PETRIELLI, F. A. S. da. **Viabilidade Técnica e econômica da Utilização Comercial das Conchas de Ostras Descartadas na Localidade do Ribeirão da Ilha, Florianópolis, Santa Catarina.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental).Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

TRISTÃO, F. A, CALDERÓN, B. R.S, REMBISKI, F. D. **Utilização das conchas de mexilhão na fabricação da cal para produção de argamassas históricas**. In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentavéis, 2009

VITTI, D. M. S. S; ROQUE, A. P; DIAS, R. S; LOPES, J.B; BUENO, I. C.da S; BUENO, M. S; NOZELLA, E. F. Metabolismo de cálcio em ovinos em crescimento sob suplementação com diferentes fontes de cálcio: aplicação e comparação de dois modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2487-2495, 2006.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

INFLUÊNCIA DE ADITIVOS ACELERADORES DE PEGA NAS PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO DE COMPÓSITOS DE CIMENTO E RESÍDUOS DE MADEIRA DE CONSTRUÇÃO[1]

ROCHA, Thaísa Mariana Santiago Rocha (1); LIMA, Paolo Pires de (2); MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosemback (3); PARCHEN, Carlos Frederico Alice (4); RUHNKE, Lara Biancato (5)

(1) UFPR, e-mail: thaisamsrocha@yahoo.com.br; (2) UFPR, e-mail: paolopiresdelima@yahoo.com.br; (3) UFPR, e-mail: reciclagem.miranda@gmail.com; (4) UFPR, e-mail: parchen.ufpr@gmail.com; (5) UFPR, e-mail: larabiancator@gmail.com

RESUMO

A Indústria da Construção Civil é capaz de alterar significativamente o meio ambiente, gerando resíduos provenientes de suas atividades. A utilização da madeira como estrutura temporária propicia o aumento do volume de resíduo gerado. Os compósitos de madeira são uma alternativa para o reaproveitamento destes resíduos, porém, a compatibilidade entre o cimento e a madeira pode influenciar a formação do compósito. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é verificar a influência dos aditivos aceleradores de pega, em compósitos cimento-madeira, no estado fresco. Os resíduos foram coletados em canteiros de obras, moídos, tratados, e secos. As partículas foram caracterizadas através da granulometria e massa unitária, e foram utilizadas na condição saturada e não saturada. Foi utilizado o cimento CPV-ARI RS, a relação cimento:madeira foi fixada em 1:0,075, e a relação água:cimento foi fixada em 0,50. Foram utilizados dois aditivos aceleradores de pega, um à base de nitrato de cálcio e outro de silicato de sódio. Foram realizados ensaios de tempo de pega, consistência e densidade de massa fresca. O Aditivo I proporcionou maior índice de consistência, porém apresentou exsudação. E o Aditivo II apresentou menor tempo de início de pega, e melhor compatibilidade com os diferentes tipos de madeiras.

Palavras-chave: Compósito de madeira. Resíduo de madeira. Cimento. Aditivo acelerador de pega. Reciclagem.

ABSTRACT

The Construction Industry is able to significantly change the environment, generating waste from its activities. The use of wood as a temporary structure provides increased volume of generated waste. The wood composites are an alternative for the recycling of these wastes, however, the compatibility between cement and wood can influence the formation of the composite. In this sense, the objective of this study is to investigate the influence of setting time accelerators additives in fresh properties of cement-wood composites. The wastes were collected at construction sites, treated and dried. The particles were characterized by grain size distribution and unit weight, and were used in the saturated and unsaturated conditions. CPV-ARI RS cement was used, the cement: wood ratio was fixed at 1:0,075, and

[1] ROCHA, T. M. S.; LIMA, P. P. de; MIRANDA, L. F. R.; PARCHEN, C. F. A.; RUHNKE, L. B. Influência de aditivos aceleradores de pega nas propriedades no estado fresco de compósitos de cimento e resíduos de madeira de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

water:cement ratio was 0,50. Two setting time accelerators additives were used, one based on calcium nitrate and other sodium silicate. Tests of setting time, consistency and fresh density were performed. Additive I provided greater consistency index, but showed exudation. And Additive II showed lower initial setting time and better compatibility with different types of woods.

Keywords: *Wood composite. Wood waste. Cement. Additive handle accelerator. Recycling.*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil consome um grande volume de matéria prima que requer muita energia para sua transformação. Desta maneira, o reuso de materiais contribui com grande importância no caráter sustentável das construções, reduzindo os impactos negativos ao meio ambiente (GIAMA, 2015). A produção de materiais à base do compósito de cimento-madeira tem, portanto, este caráter sustentável na medida em que reutiliza a madeira, reduzindo a quantidade de resíduos e ainda gerando um valor agregado ao resíduo de madeira (SANTOS, 2011). Segundo Klock et al. (2005), a madeira é um material natural que possui um ciclo na natureza, ou seja, pode ser degradada e reduzida aos elementos que a originaram. Desta forma, a madeira é um material renovável e sustentável.

Lima (2009) cita que o uso de resíduos advindos das indústrias de processamento de madeira ou de resíduos de madeiras advindos das etapas de construção e demolição de obras deve receber maior destaque. Visto que, ao solucionar este problema, é possível contribuir para a preservação dos recursos naturais bem como reduzir a emissão de dióxido de carbono.

Conforme constatado por Angulo (2005), a reciclagem dos resíduos de madeira é viabilizada através de técnicas de segregação que permitem a separação dos resíduos por natureza, reduzindo a possibilidade de sua contaminação.

Um compósito pode ser entendido como a união, por algum processo de mistura, de dois materiais distintos, e que tem características diferentes dos materiais que o formam (FONSECA, 2005). O compósito cimento-madeira já é conhecido de longa data na produção de placas de isolamento externo, na produção de telhas e forros, possuindo bom desempenho térmico e acústico. Além disso, garante boa resistência ao fogo e a agentes biológicos. Com isto, placas de cimento-madeira garantem boa qualidade não só nas vedações externas, como também nas vedações internas (SANTOS, 2011).

Ainda segundo Santos (2011), quanto maior a quantidade de madeira no compósito, menor será a densidade do produto que terá maior leveza e garantirá maior proteção térmica e acústica. Além disso, pelo baixo custo, são ideais para países em desenvolvimento (ARDANUY et al., 2011). Podem ainda ser furados e serrados, podendo ser facilmente aplicados nos mais diversos usos (SANTOS, 2011). Segundo Ferraz et al. (2012), os compósitos de cimento-madeira passam a ser cada vez mais utilizados devido o baixo

custo, facilidade de produção e abundancia de madeira, que além de ser encontrada facilmente como resíduo de outras atividades, é renovável.

A principal dificuldade encontrada na produção de materiais de cimento-madeira é a incompatibilidade destes dois materiais (SANTOS, 2011). A madeira possui extrativos e polissacarídeos que interferem e inibem a hidratação do cimento Portland e a produção de C-S-H (silicato de cálcio hidratado). O grau de inibição depende em grande proporção da espécie da madeira utilizada. Tendo isto em vista, os aditivos aceleradores de pega são utilizados para reduzir esse efeito inibitório, melhorando a compatibilidade da madeira com o cimento (BISSONNETTE et al., 2011).

Segundo Latorraca (1996) apud Santos (2011), os pré-tratamentos com água quente, água fria e substâncias químicas reduzem o efeito inibidor que a madeira produz nos compósitos cimento-madeira, tornando possível a compatibilidade e produção com diversas fibras vegetais. Lima (2009) realizou diversos pré-tratamentos, com água fria, água quente, solução de NaOH e solução de Ca(OH)2, e concluiu que os tratamentos com água fria e água quente apresentaram os melhores resultados, proporcionando melhor qualidade mecânica do compósito.

Assim sendo, o uso de pré-tratamentos e aditivos aceleradores de pega melhoram a compatibilidade do cimento com a madeira e melhoram a qualidade dos compósitos (FERRAZ et al., 2012). No entanto, isto pode aumentar os custos agregados e as fases de produção.

Os aditivos aceleradores de pega têm a função de atuar na hidratação do cimento, reduzindo o tempo em que ela ocorre, ou seja, aumentando a velocidade de endurecimento e ganho de resistência (MATOSKI, 2005).

Portanto, o objetivo deste artigo é verificar a influência dos aditivos aceleradores de pega durante o estado fresco, em compósitos de cimento e madeira reciclada, dosados com as partículas de madeira na condição saturada e não saturada.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

O tipo de cimento utilizado foi o CPV-ARI RS. A água utilizada foi fornecida pela rede pública de distribuição. Foram utilizados dois tipos de aditivos aceleradores de pega. Os aditivos foram adquiridos no comércio na região de Curitiba, e as características de cada um podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos aditivos aceleradores de pega

Produto	Identificação	Densidade (g/cm³)	Estado físico	Cor	Composição química	Dosagem (%)
Centrament 500	Aditivo I	1,42	Líquido	Amarelo	Nitrato de cálcio	0,2 a 1,0

Vedacit Rapidíssimo	Aditivo II	1,27	Líquido	Incolor	Silicato de sódio	3,0 a 15,0

Fonte: Os fabricantes (2015).

A dosagem dos aditivos foi realizada com relação à massa do cimento.

2.1.1 Partículas de madeira

Foram obtidos três tipos diferentes de madeira, sendo: Compensado, Eucalipto e Pinus. Todas provenientes de resíduos da construção civil. A madeira de Eucalipto foi obtida na cidade de Rio Negrinho – SC. As madeiras de Compensado e Pinus são provenientes de obras na cidade de Curitiba – PR.

Os resíduos de madeira foram coletados, separados, e moídos em um moinho de martelos portátil. Os resíduos de Eucalipto foram descascados antes da moagem para evitar que o material fibroso provocasse o entupimento do moinho. Após a moagem (Figura 1), as partículas de madeira foram ensacadas e armazenadas em local protegido de intempéries.

Figura 1 – Procedimento de moagem de resíduos



Fonte: Os autores (2015).

As partículas de cada tipo de madeira foram caracterizadas através dos ensaios de determinação da massa unitária - NBR NM 45 (ABNT, 2006), determinação da composição granulométrica - NBR NM 248 (ABNT, 2003), e teor de umidade – NBR 7190 (ABNT, 1997).

Na Tabela 2 e 3 são apresentados os valores de massa unitária e teor de umidade, respectivamente. Na Figura 2 são apresentadas as composições granulométricas para cada tipo de madeira.

Tabela 2 – Resultados da massa unitária

Madeira	**Massa unitária (kg/m³)**
Compensado	173,83
Eucalipto	137,25
Pinus	207,72

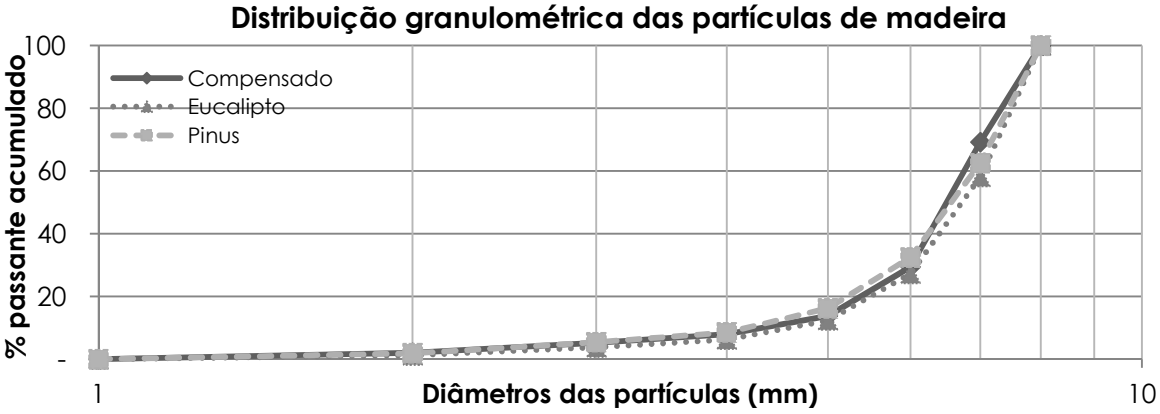
Fonte: Os autores (2015).

Tabela 3 – Resultados do teor de umidade

Madeira	Teor de umidade (%)
Compensado	12,56%
Eucalipto	13,81%
Pinus	12,30%

Fonte: Os autores (2015).

Figura 2 – Distribuição granulométrica



Fonte: Os autores (2015).

2.2 Dosagens

2.2.1 Pré-tratamento das partículas de madeira

Foi adotado o pré-tratamento com água à temperatura ambiente, onde as partículas permaneceram submersas por um período de 48 horas e a proporção utilizada para madeira:água foi de 1:10.

2.2.2 Traço

O traço foi definido numa relação de 1:0,075 (cimento:madeira) em massa, o mesmo valor proposto por Matoski (2005). Foi fixada uma relação água:cimento de 0,50, e o consumo de aglomerante foi, também, fixado em 350g/dm³. Os aditivos foram utilizados nos teores da Tabela 4.

Tabela 4 – Teores dos aditivos aceleradores de pega

Identificação	Teores utilizados			
Aditivo I	0,0%	0,4%	0,7%	1,0%
Aditivo II	0,0%	5,0%	10,0%	15,0%

Fonte: Os autores (2015).

As partículas de madeira foram utilizadas em duas condições:

- Saturado – Onde as partículas foram secas em estufa à 80ºC e foram submersas (Figura 3) em água (proporção de madeira:água foi de 1:10) por 20 minutos antes da dosagem. A água foi escoada e o seu excesso

retirado, para que então as partículas fossem adicionadas à mistura;

Figura 3 – Procedimento de saturação da madeira



Fonte: Os autores (2016).

- Não Saturado – As partículas foram secas em estufa à 80°C e acrescentadas na mistura. Para esta condição, foi considerado um ajuste na quantidade de água para evitar que a água da mistura fosse absorvida pela madeira. Para isto, foi utilizada a equação (Equação 1)proposta por Simatupang *et al.,* (1978) *apud* Lima (2009):

$$\text{Quantidade de água} = R_{a/c}\ x\ C + (0{,}30 - TU) x\ M \quad (1)$$

Onde:
$R_{a/c}$ = Relação a:c (água:cimento);

C = Massa de cimento (gramas);

TU = Teor de umidade da partícula;

M = Massa das partículas (gramas).

Os traços utilizados para os compósitos cimento-madeira estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dosagem de materiais

Madeira			**Aditivo**		**Identificação**
Tipo	**Trat.**	**Condição**	**Tipo**	**Teor**	
Compensado	AF 48h	Não-saturado	AD I	0,0%	CM COMP NSAT REF
				0,4%	CM COMP NSAT 0,4
				0,7%	CM COMP NSAT 0,7
				1,0%	CM COMP NSAT 1,0
				5,0%	CM COMP NSAT 5,0
				10,0%	CM COMP NSAT 10,0
				15,0%	CM COMP NSAT 15,0
		Saturado	AD II	0,0%	CM COMP SAT REF
				0,4%	CM COMP SAT 0,4
				0,7%	CM COMP SAT 0,7
				1,0%	CM COMP SAT 1,0

				5,0%	CM COMP SAT 5,0
				10,0%	CM COMP SAT 10,0
				15,0%	CM COMP SAT 15,0
Eucalipto	AF 48h	Não-saturado	AD I	0,0%	CM EUC NSAT REF
				0,4%	CM EUC NSAT 0,4
				0,7%	CM EUC NSAT 0,7
				1,0%	CM EUC NSAT 1,0
				5,0%	CM EUC NSAT 5,0
				10,0%	CM EUC NSAT 10,0
				15,0%	CM EUC NSAT 15,0
		Saturado	AD II	0,0%	CM EUC SAT REF
				0,4%	CM EUC SAT 0,4
				0,7%	CM EUC SAT 0,7
				1,0%	CM EUC SAT 1,0
				5,0%	CM EUC SAT 5,0
				10,0%	CM EUC SAT 10,0
				15,0%	CM EUC SAT 15,0
Pinus	AF 48h	Não-saturado	AD I	0,0%	CM PIN NSAT REF
				0,4%	CM PIN NSAT 0,4
				0,7%	CM PIN NSAT 0,7
				1,0%	CM PIN NSAT 1,0
				5,0%	CM PIN NSAT 5,0
				10,0%	CM PIN NSAT 10,0
				15,0%	CM PIN NSAT 15,0
		Saturado	AD II	0,0%	CM PIN SAT REF
				0,4%	CM PIN SAT 0,4
				0,7%	CM PIN SAT 0,7
				1,0%	CM PIN SAT 1,0
				5,0%	CM PIN SAT 5,0
				10,0%	CM PIN SAT 10,0
				15,0%	CM PIN SAT 15,0

Fonte: Os autores (2016).

2.2.3 Mistura

Foi realizada de acordo com a norma NBR 13276 (ABNT, 2005) com algumas adaptações. Adicionou-se primeiramente a água e o aditivo (quando usado), e em seguida o cimento. O compósito foi misturado em argamassadeira em velocidade baixa por 30s, em seguida adicionou-se a madeira gradativamente durante 30s, sem parar a mistura. Aumentou-se a velocidade para alta por mais 30s. A mistura foi homogeneizada manualmente por 30s para então serem realizados os ensaios no estado fresco. Foi realizado, também, o estudo de dosagem englobando a moldagem de corpos de prova prismáticos e a verificação de suas propriedades no estado endurecido.

2.3 Ensaios

2.3.1 Estado fresco

Foram realizados os ensaios de determinação de tempo de pega NBR NM 65 (ABNT, 2003); determinação do índice de consistência NBR 13276 (ABNT, 2005); e determinação de densidade fresca NBR 13278 (ABNT, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estado fresco

Na Tabela 6, é possível observar os resultados obtidos nos ensaios realizados no estado fresco.

Tabela 6 – Resultados no estado fresco

Identificação	Densidade fresca (g/cm³)	Consistência (mm)	Tempo de pega (h)	
			Início	Fim
CM COMP NSAT REF	1,64	308,3	04:48	08:18
CM COMP NSAT 0,4	1,63	335,0	04:32	06:58
CM COMP NSAT 0,7	1,64	346,7	04:00	07:08
CM COMP NSAT 1,0	1,67	343,3	03:07	06:37
CM COMP NSAT 5,0	1,65	320,0	01:54	07:03
CM COMP NSAT 10,0	1,60	291,7	01:19	07:54
CM COMP NSAT 15,0	1,60	251,7	00:35	07:27
CM COMP SAT REF	1,66	403,3	07:37	08:05
CM COMP SAT 0,4	1,58	373,3	04:45	08:33
CM COMP SAT 0,7	1,58	365,0	03:50	08:28
CM COMP SAT 1,0	1,62	400,0	06:29	07:31
CM COMP SAT 5,0	1,62	346,7	01:48	07:27
CM COMP SAT 10,0	1,64	336,7	01:24	09:43
CM COMP SAT 15,0	1,63	311,7	01:32	08:11
CM EUC NSAT REF	1,68	340,0	04:42	08:29
CM EUC NSAT 0,4	1,65	326,7	03:52	07:28
CM EUC NSAT 0,7	1,70	340,0	02:29	06:54
CM EUC NSAT 1,0	1,69	311,7	01:42	06:22
CM EUC NSAT 5,0	1,65	296,7	01:42	07:06
CM EUC NSAT 10,0	1,65	281,7	01:12	06:29
CM EUC NSAT 15,0	1,62	280,0	00:49	06:57
CM EUC SAT REF	1,67	398,3	03:34	07:04
CM EUC SAT 0,4	1,63	368,3	04:31	08:46
CM EUC SAT 0,7	1,61	395,0	04:14	08:09
CM EUC SAT 1,0	1,61	386,7	04:19	05:49
CM EUC SAT 5,0	1,63	356,7	01:53	06:43
CM EUC SAT 10,0	1,63	330,0	01:42	08:00
CM EUC SAT 15,0	1,60	348,3	01:50	07:41
CM PIN NSAT REF	1,64	350,0	04:32	09:16
CM PIN NSAT 0,4	1,66	381,7	04:15	07:26

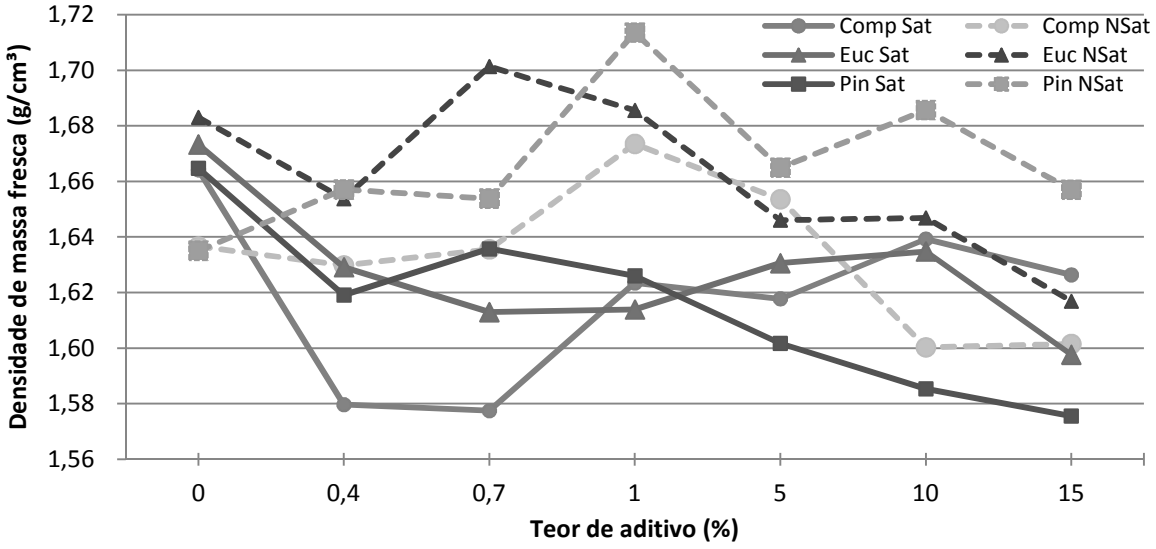
CM PIN NSAT 0,7	1,65	390,0	03:58	08:17
CM PIN NSAT 1,0	1,71	361,7	02:05	06:47
CM PIN NSAT 5,0	1,66	343,3	02:13	06:56
CM PIN NSAT 10,0	1,69	338,3	01:30	06:37
CM PIN NSAT 15,0	1,66	316,7	01:17	06:45
CM PIN SAT REF	1,66	385,0	04:16	08:06
CM PIN SAT 0,4	1,62	383,3	04:06	08:21
CM PIN SAT 0,7	1,64	401,7	04:01	08:26
CM PIN SAT 1,0	1,63	398,3	07:14	08:44
CM PIN SAT 5,0	1,60	371,7	03:10	09:25
CM PIN SAT 10,0	1,59	340,0	02:03	10:24
CM PIN SAT 15,0	1,58	353,3	01:19	07:28

Fonte: Os autores (2016).

Nas Figuras 4, 5, 7 e 8 são apresentados os comparativos entre as diferentes dosagens com relação à densidade fresca, à consistência, ao início e ao fim de pega, respectivamente.

Na Figura 4 são apresentados os resultados obtidos para a densidade de massa fresca. Para os compósitos com a madeira na condição saturada, a maior densidade de massa fresca foi obtida para os compósitos de referência. De modo geral, para a condição não saturada, os compósitos com o aditivo I apresentaram maior densidade de massa fresca.

Figura 4 – Comparativo da densidade de massa fresca para as diferentes dosagens

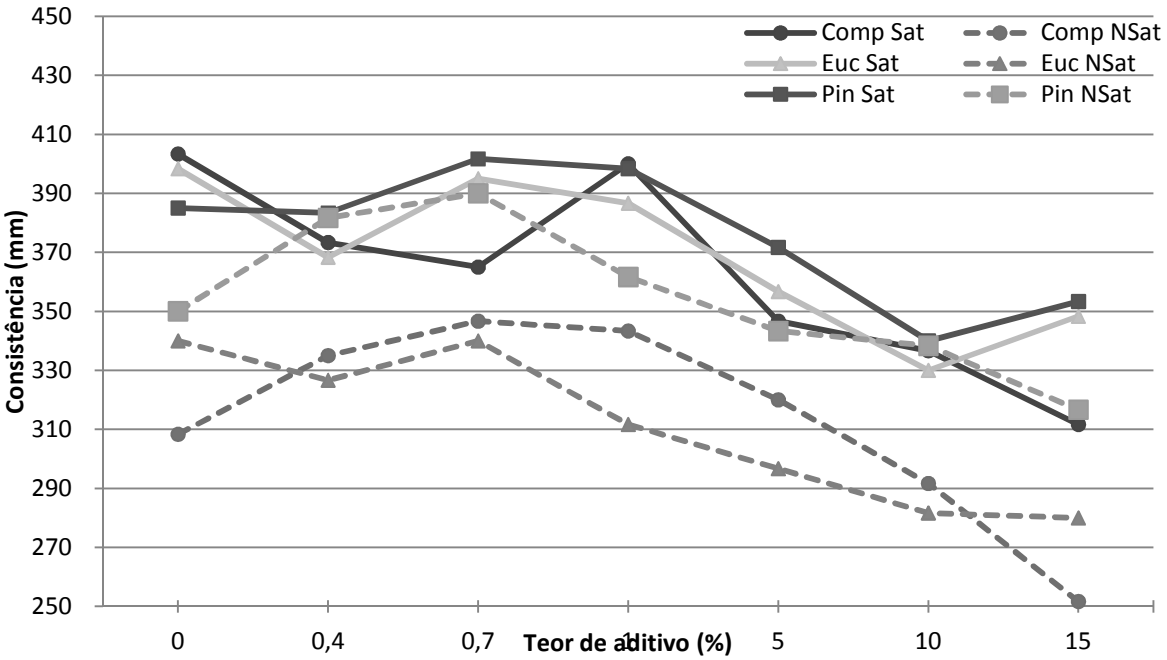


Fonte: Os autores (2016).

Na Figura 5 são apresentados os resultados do índice de consistência. Percebe-se, com clareza, a influência do aditivo I, à base de nitrato de cálcio, no aumento do índice de consistência, em todos os compósitos, quando comparado com as dosagens realizadas com o aditivo II. Apesar de promover maior plasticidade aos compósitos, o aditivo I provocou

exsudação, propiciando um péssimo aspecto visual (Figura 6). É importante destacar, também, que com o aditivo II reduziu o índice de consistência dos compósitos, visto que os compósitos de referência apresentaram resultados superiores.

Figura 5 – Comparativo de consistência para as diferentes dosagens



Fonte: Os autores (2016).

Figura 6 – Exsudação dos compósitos dosados com o aditivo I (Compensado, Eucalipto e Pinus)



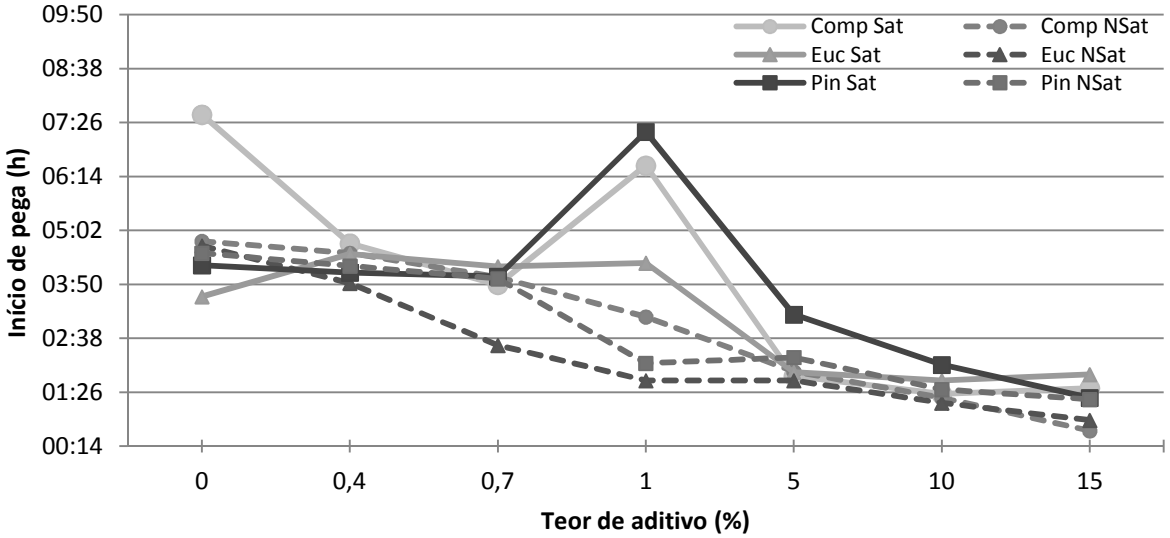
Fonte: Os autores (2016).

Na Figura 7 são apresentados os resultados de tempo de início de pega. Pode-se verificar que, para os diferentes tipos de madeira, as partículas em condição saturada obtiveram maior tempo para início de pega. Acredita-se que a saturação das partículas foi capaz de propiciar uma maior ação dos extrativos e açúcares, presentes nas madeiras, que contribuem para a inibição da pega do compósito.

É possível observar, também, que para todos os tipos de madeira e para ambas as condições das partículas (saturado ou não saturado), o aditivo II apresentou melhores resultados, proporcionando menores valores para o

tempo de início de pega. Verifica-se que, em geral, quanto maior o teor do aditivo II, menor é o tempo de início de pega.

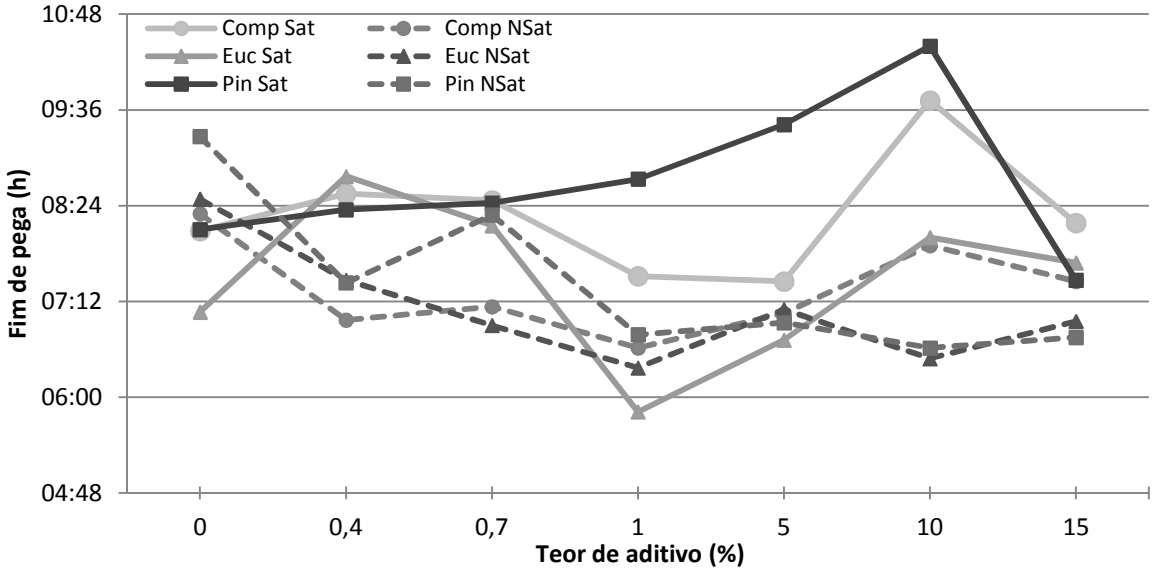
Figura 7 – Comparativo do início de pega para as diferentes dosagens



Fonte: Os autores (2016).

Para os tempos de fim de pega (Figura 8), verifica-se que para os compósitos de referência, a condição não saturada apresentou tempo de fim de pega superior à condição saturada. E que, de modo geral, os aditivos não apresentaram eficácia para nenhum compósito na condição saturada, visto que os tempos de fim de pega, na maioria das dosagens, foram superiores aos resultados obtidos com os compósitos de referência. Acredita-se que os aditivos podem reagir com os compostos das partículas de madeira saturadas prolongando o tempo de pega. Enquanto que, na condição não saturada, os aditivos apresentaram bons resultados. Para os três tipos de madeira, na condição não saturada, o menor tempo de pega foi obtido para o aditivo I no teor de 1,00%.

Figura 8 – Comparativo do fim de pega para as diferentes dosagens



Fonte: Os autores (2016).

4 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos e as discussões abordadas, pode-se concluir que:

- Com relação ao índice de consistência, o aditivo I apresentou valores maiores propiciando uma melhor trabalhabilidade, porém, ocorreu intensa exsudação inviabilizando seu uso tanto pela estética quanto pela heterogeneidade causada na cura do compósito;
- Com relação ao tempo de início de pega, o aditivo II apresentou melhor compatibilidade com todos os tipos de madeira, viabilizando sua utilização;
- Com relação ao tempo de fim de pega, os aditivos apresentaram eficácia para os compósitos dosados com a madeira na condição não saturada;
- Apesar dos benefícios propiciados pelo uso do Aditivo I, como um maior índice de consistência e menor tempo de fim de pega, o aspecto deixado no compósito inviabiliza seu uso. Considerando que o tempo de início de pega é o parâmetro de maior relevância quando comparado ao tempo de fim de pega, indica-se o uso do Aditivo II no teor de 10%. Visto que este teor apresentou, em média, 27% de redução no início de tempo de pega quando comparado os teores de 5% e 10%, enquanto que entre os teores de 10% e 15% a diferença apresentada é de, em média, 20%.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao BNDES pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos**. 2005. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ARDANUY, M.; CLARAMUNT, J.; GARCÍA-HORTAL, J. A.; TOLÊDO FILHO, R. D. The hornification of vegetable fibers to improve the durability of cement mortar composites. **Cement e Concrete Composites**. Journal ELSEVIER, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45:** Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 65:** Cimento Portland – Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 248:** Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7190:** Projetos de estrutura de madeira – especificação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.
_____. **NBR 13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

BISSONNETTE, B.; CLOUTIER, A.; TITTELEIN, P. Design of a low-density wood-cement particleboard for interior wall finish. **Cement e Concrete Composites**. Journal ELSEVIER, 2011.

FERRAZ, J. M.; MENEZZI, C. H. S. D.; SOUZA, M. R.; OKINO, E. Y. A.; MARTINS, S. A. Compatibility of Pretreated Coir Fibres (Cocus nucifera L.) with Portland Cement to Produce Mineral Composites. **International Journal of Polymer Science**, 2012.

FONSECA, F. de O. **Contribuição para o desenvolvimento de compósito cimento-madeira com materiais da região amazônica**. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Belém-PA, 2005.

GIAMA, E. **Department of Mechanical Engineer**. Aristotle University. Greece. Journal ELSEVIER, 2015.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDES, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da Madeira** 3° ed. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

LIMA, A. J. M. de. **Utilização de resíduo de Pinus spp e materiais cimentícios alternativos na produção de blocos para alvenaria estrutural**. 281f. Tese (Doutorado)

- Setor de Ciencias Agrarias, Programa de Pos-Graduacao em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Parana, Curitiba, 2009.

MATOSKI, A. **Utilização de pó de madeira com granulometria controlada na produção de painéis de cimento-madeira**. 202 f. Tese (Doutorado em Ciencias Florestais) – Programa de Pos-Graduacao em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Parana, Curitiba, 2005.

SANTOS, L. A. C. **Painéis de madeira-cimento: composição, processo de produção, características e aplicações**. Curso de Engenharia Florestal. Campus Universitário de Gurupi. Universidade Federal do Tocantins, 2011.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS DE MADEIRA, PROVENIENTES DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO, UTILIZANDO O GESSO COMO AGLOMERANTE[1]

ROCHA, Thaísa Mariana Santiago Rocha (1); RUHNKE, Lara Biancato (2); MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosemback (3); PARCHEN, Carlos Frederico Alice (4); LIMA, Paolo Pires de (5)

(1) UFPR, e-mail: thaisamsrocha@yahoo.com.br; (2) UFPR, e-mail: larabiancator@gmail.com; (3) UFPR, e-mail: reciclagem.miranda@gmail.com; (4) UFPR, e-mail: parchen.ufpr@gmail.com; (5) UFPR, e-mail: paolopiresdelima@yahoo.com.br

RESUMO

Com a intensificação das atividades da Indústria da Construção Civil e o aumento dos resíduos gerados por este setor, tem se verificado a necessidade de ações voltadas para o desenvolvimento de técnicas que visem um crescimento sustentável. Os compósitos de madeira surgem como alternativa para o reaproveitamento dos resíduos de madeira resultante das atividades deste setor. Seguindo esta tendência, o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho físico e mecânico de compósitos dosados com resíduos de madeira gerados pela Construção Civil. Os resíduos foram coletados em canteiros de obras, moídos, tratados e secos. As partículas de madeira foram caracterizadas através dos ensaios de composição granulométrica e massa unitária, e foram utilizadas nas condições: saturada e não saturada. Para os compósitos, foi utilizado o gesso de pega lenta, e adotados três diferentes relações gesso:madeira. A relação água:gesso foi fixada em 0,70. Foram realizados ensaios de tempo de pega, densidade de massa fresca, e moldados corpos de prova prismáticos para a realização dos ensaios de mecânicos, aos 28 dias. Com os resultados obtidos, foi possível verificar que as resistências mecânicas foram superiores para a madeira na condição não saturada, e que o teor de madeira utilizado é inversamente proporcional às resistências obtidas.

Palavras-chave: Compósito de madeira. Resíduo de madeira. Gesso. Reciclagem.

ABSTRACT

The intensification of the activities of the Construction Industry has increased the need for actions aimed at the development of techniques to sustainable growth. The wood composites are an alternative to the reuse of wood waste resulting from the activities of this sector. Following this trend, the objective of this study is to evaluate the physical and mechanical performance of composite dosed with gypum and wood waste generated by Construction. The residues were collected from construction sites, treated and dried. The wood particles were characterized by the grain size distribution and unit weight, in saturated and unsaturated conditions. It was used slow set time gypsum and adopted three different gypsum:wood ratios. The water:gypsum ratio was defined at 0,70. Setting time and fresh

[1] ROCHA, T. M. S.; RUHNKE, L. B.; MIRANDA, L. F. R.; PARCHEN, C. F. A.; LIMA, P. P. de. Análise das propriedades de compósitos de madeira, provenientes de resíduo de construção, utilizando o gesso como aglomerante. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

density tests were performed and prismatic specimens were molded for conducting mechanical tests at 28 days. With the results, we found that the mechanical strength were superior to wood in the unsaturated condition, and the wood content used is inversely proportional to the resistance obtained.

Keywords: *Wood composite. Wood waste. Plaster. Recycling.*

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material natural que possui um ciclo na natureza, podendo ser degradada e reduzida aos elementos que a originaram, sendo assim, um material renovável e sustentável (Klock *et al.* 2005).

Segundo SAVASTANO JUNIOR *et al.* (1997), o emprego de fibras vegetais como reforço em matrizes cimentícias proporciona maior resistência ao impacto, causada por maior absorção de energia e possibilidade de trabalho no estágio pós-fissurado. Além disso, segundo SANTOS (2011), quanto maior a quantidade de madeira no compósito, menor será a densidade do produto que terá maior leveza, garantindo maior proteção térmica e acústica.

Para a realização das construções de obras verticalizadas, o consumo de madeira chega a 485mil m³ anualmente, representando, aproximadamente, 80% da madeira consumida na Indústria da Construção Civil (IPT, 2015). O uso de materiais reciclados ou reutilizados reduz a emissão de dióxido de carbono, pois evita o gasto de energia para extração e transformação, para o transporte e disposição final dos resíduos de novos materiais (GIAMA, 2015).

Satisfazendo as necessidades da construção civil em busca de materiais que empregam menor quantidade de combustível em seu processo de produção e que minimizam o uso de recursos naturais, o gesso manifesta-se como um material com grande potencial de utilização, por possuir baixo consumo energético e grandes possibilidades de reciclagem, tornando viável sua utilização como material construtivo por um longo período de tempo, tendo em vista a quantidade de matéria-prima disponível (JOHN *et al.*, 2007).

Na construção civil, o gesso é utilizado como pasta, em placas, blocos, painéis, entre outras aplicações, mas sua principal aplicação é em forma de pasta de revestimento de teto e paredes. Sua utilização está cada vez maior, pois sua pasta é vista pelas construtoras como um material alternativo de qualidade e de baixo custo (SHMITZ *et al.*, 2009). Painéis de gesso são muito utilizados na construção civil para vedação interna, porém têm a desvantagem de ter menor resistência mecânica e à umidade (BISSONNETTE *et al.*, 2011).

CARVALHO *et al.* (2008) verificaram que compósitos dosados com gesso e resíduos de polpa de celulose foram capazes de melhorar o desempenho mecânico dos compósitos, pois as fibras propiciaram uma maior absorção e retenção de água na matriz permitindo a formação de cristais maiores ao seu redor. CHERKI *et al.* (2014) estudaram as propriedades térmicas de chapas de compósito cortiça-gesso e verificaram que a presença da cortiça é capaz de propiciar uma redução na condutividade térmica em até 3 vezes quando comparado com compósitos de referência.

O objetivo do trabalho é avaliar o desempenho físico e mecânico de compósitos de gesso-madeira com diferentes tipos de madeira (Compensado, Eucalipto e Pinus) provenientes de resíduos de construção civil.
Esta pesquisa tem um caráter inicial, com amplo campo para novas discussões e um número ainda muito restrito de pesquisas realizadas no assunto. Assim, é temerário apontar índices para a vida útil.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

O tipo de aglomerante utilizado foi o Gesso Universal de pega lenta 60. A água utilizada foi fornecida pela rede pública de distribuição.

2.1.1 Partículas de madeira

Foram obtidos três tipos diferentes de madeira, sendo: Compensado, Eucalipto e Pinus. Todas provenientes de resíduos da construção civil. A madeira de Eucalipto foi obtida na cidade de Rio Negrinho – SC. As madeiras de Compensado e Pinus são provenientes de obras na cidade de Curitiba – PR.

Os resíduos de madeira foram coletados, separados, e moídos em um moinho de martelos portátil. Os resíduos de Eucalipto foram descascados antes da moagem para evitar que o material fibroso provocasse o entupimento do moinho. Após a moagem (Figura 1), as partículas de madeira foram ensacadas e armazenadas em local protegido de intempéries.

Figura 1 – Procedimento de moagem de resíduos



Fonte: Os autores (2015).

As partículas de cada tipo de madeira foram caracterizadas através dos ensaios de determinação da massa unitária - NBR NM 45 (ABNT, 2006), determinação da composição granulométrica - NBR NM 248 (ABNT, 2003), e teor de umidade – NBR 7190 (ABNT, 1997).

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os valores de massa unitária e teor de umidade, respectivamente. Na Figura 2 são apresentadas as composições granulométricas para cada tipo de madeira.

Tabela 1 – Resultados da massa unitária

Madeira	Massa unitária (kg/m³)
Compensado	173,83
Eucalipto	137,25
Pinus	207,72

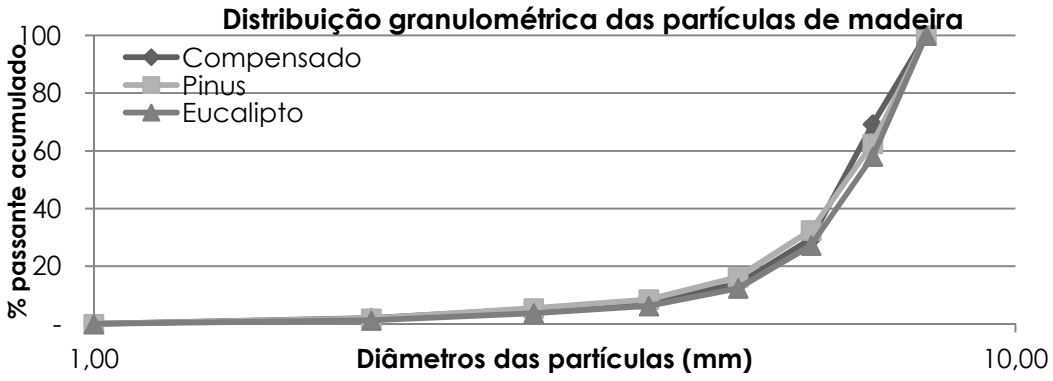
Fonte: Os autores (2015).

Tabela 2 – Resultados do teor de umidade

Madeira	Teor de umidade (%)
Compensado	12,56%
Eucalipto	13,81%
Pinus	12,30%

Fonte: Os autores (2015).

Figura 2 – Distribuição granulométrica



Fonte: Os autores (2015).

2.2 Dosagens

2.2.1 Pré-tratamento das partículas de madeira

Foi adotado o pré-tratamento com água à temperatura ambiente, onde as partículas permaneceram submersas por um período de 48 horas e a proporção utilizada para madeira:água foi de 1:10.

2.2.2 Traço

O traço foi definido numa relação de 1:0,075 (gesso:madeira) em massa, o mesmo valor adotado por Matoski (2005), Latorraca (2000), Moslemi *et al.* (1983) ao avaliarem a compatibilidade de compósitos de madeira com cimento, e outros dois traços (intermediário e pobre) foram utilizados no intuito de verificar a influência do teor de madeira no compósito. Na Tabela 3 é possível verificar os diferentes teores de madeira adotados.

Tabela 3 – Teor de madeira

Teor	Proporção (gesso:madeira)	Identificação
Rico	1:0,075	1,00
Intermediário	1:0,05625	0,75
Pobre	1:0,0375	0,50

Fonte: Os autores (2015).

Foi fixada uma relação água:gesso de 0,70, e o consumo de aglomerante foi, também, fixado em 350g/dm³. As partículas de madeira foram utilizadas em duas condições:

- Saturado – Onde as partículas foram secas em estufa à 80ºC e foram submersas (Figura 3) em água (proporção de madeira:água foi de 1:10) por 20 minutos antes da dosagem. A água foi escoada e o seu excesso retirado, para que então as partículas fossem adicionadas à mistura;

Figura 3 – Procedimento de saturação da madeira



Fonte: Os autores (2016).

- Não Saturado – As partículas foram secas em estufa à 80ºC e acrescentadas na mistura. Para esta condição, foi considerado um ajuste na quantidade de água para evitar que a água da mistura fosse absorvida pela madeira. Para isto, foi utilizada a equação (Equação 1)proposta por Simatupang *et al.,* (1978) *apud* Lima (2009):

$$\text{Quantidade de água} = R_{a/a}\ \text{x}\ A + (0{,}30 - TU)\text{x}\ M \qquad (1)$$

Onde:
$R_{a/a}$ = Relação a:a (água:aglomerante);

A = Massa de aglomerante (gramas);

TU = Teor de umidade da partícula (%);

M = Massa das partículas (gramas).

Os traços utilizados para os compósitos gesso-madeira estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dosagem de materiais

Aglomerante	Madeira				Identificação
	Tipo	Tratamento	Condição	Teor	
Gesso	Compensado	AF 48h	Saturado	0,0750	GM COMP SAT 1,0
				0,0563	GM COMP SAT 0,75
				0,0375	GM COMP SAT 0,50
			Não-saturado	0,0750	GM COMP NSAT 1,0
				0,0563	GM COMP NSAT 0,75
				0,0375	GM COMP NSAT 0,50
	Eucalipto	AF 48h	Saturado	0,0750	GM EUC SAT 1,0
				0,0563	GM EUC SAT 0,75
				0,0375	GM EUC SAT 0,50
			Não-saturado	0,0750	GM EUC NSAT 1,0
				0,0563	GM EUC NSAT 0,75
				0,0375	GM EUC NSAT 0,50
	Pinus	AF 48h	Saturado	0,0750	GM PIN SAT 1,0
				0,0563	GM PIN SAT 0,75
				0,0375	GM PIN SAT 0,50
			Não-saturado	0,0750	GM PIN NSAT 1,0
				0,0563	GM PIN NSAT 0,75
				0,0375	GM PIN NSAT 0,50
	-	-	-	-	GESSO REF

Fonte: Os autores (2016).

2.2.3 Mistura

Foi realizada de acordo com a norma NBR 12128 (ABNT, 1991). Adicionou-se primeiramente a água, realizou-se o polvilhamento da massa gesso (durante 1 min), foi mantida em repouso durante 2 min. Na sequência, foi adicionado o resíduo de madeira para então ligar a argamassadeira que permaneceu em movimento durante 1 min. A mistura foi homogeneizada manualmente por 30s para então serem realizados os ensaios no estado fresco. Foi realizado, também, o estudo de dosagem englobando a moldagem de corpos de prova prismáticos (4 x 4 x 16 cm) e a verificação de suas propriedades no estado endurecido. Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas, e mantidos em câmara seca até a realização dos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão, aos 28 dias.

2.3 Ensaios

2.3.1 Estado fresco

Foram realizados os ensaios de determinação de tempo de pega NBR 12128 (ABNT, 1991); e determinação de densidade fresca NBR 13278 (ABNT, 2005).

2.3.2 Estado endurecido

Foram realizados os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão – NBR 13279 (ABNT, 2005), e de densidade endurecida - NBR 13280 (ABNT, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estado fresco

Na Tabela 5, é possível observar os resultados obtidos nos ensaios realizados no estado fresco.

Tabela 5 – Resultados no estado fresco

Identificação	Densidade fresca (g/cm³)	Tempo de pega (h)	
		Início	Fim
GM COMP SAT 1,0	1,52	00:12	00:19
GM COMP SAT 0,75	1,50	00:06	00:17
GM COMP SAT 0,50	1,48	00:17	00:33
GM COMP NSAT 1,0	1,51	00:13	00:17
GM COMP NSAT 0,75	1,53	00:16	00:21
GM COMP NSAT 0,50	1,50	00:23	00:30
GM EUC SAT 1,0	1,49	00:27	00:36
GM EUC SAT 0,75	1,52	00:22	00:33
GM EUC SAT 0,50	1,53	00:15	00:29
GM EUC NSAT 1,0	1,50	00:15	00:19
GM EUC NSAT 0,75	1,52	00:25	00:30
GM EUC NSAT 0,50	1,53	00:20	00:27
GM PIN SAT 1,0	1,46	00:19	00:26
GM PIN SAT 0,75	1,49	00:13	00:23
GM PIN SAT 0,50	1,51	00:20	00:34
GM PIN NSAT 1,0	1,53	00:14	00:22
GM PIN NSAT 0,75	1,50	00:24	00:32
GM PIN NSAT 0,50	1,52	00:21	00:35
GESSO REF	1,67	00:18	00:52

Fonte: Os autores (2016).

A dosagem de referência (0% de madeira) apresentou o maior valor de densidade de massa fresca, indicando que a presença da madeira é capaz

de tornar o material menos denso e, consequentemente, com maior leveza. Nos resultados de tempo de pega, verifica-se que os valores obtidos estão de acordo com a NBR 13207 (ABNT, 1994).

Nas Figuras 4, 5 e 6 são apresentados os comparativos entre as diferentes dosagens com relação à densidade fresca, ao início e ao fim de pega, respectivamente.

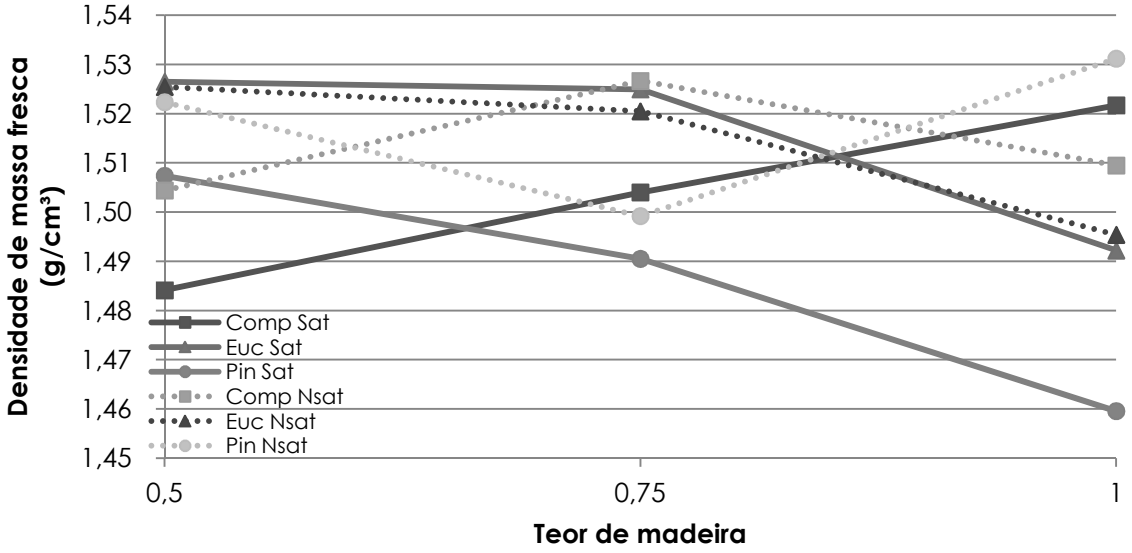
Com relação à análise da densidade de massa fresca (Figura 4), é possível verificar que apenas o Eucalipto apresentou uma tendência clara e inversamente proporcional com relação à variação do teor de madeira no compósito. Esta tendência pode estar correlacionada com o fato de que as partículas de Eucalipto apresentaram, também, menor massa unitária e maior quantidade de partículas finas quando comparado aos outros tipos de madeira.

Para a madeira de Compensado, na condição saturada a densidade de massa fresca apresentou um aumento diretamente proporcional à variação do teor de madeira, enquanto que na condição não saturada foi obtida uma densidade máxima para o teor de 0,75.

Na madeira de Pinus, para a condição saturada a tendência apresentada é semelhante à madeira de Eucalipto, enquanto que para a condição não saturada foi obtida uma densidade mínima para o teor de 0,75.

Os pontos máximo e mínimo para o teor de 0,75 podem ter sido obtidos pelas diferentes absorções de água durante o procedimento de saturação, por se tratarem de diferentes tipos de madeira (Compensado e Pinus, respectivamente).

Figura 4 – Comparativo da densidade de massa fresca para as diferentes dosagens

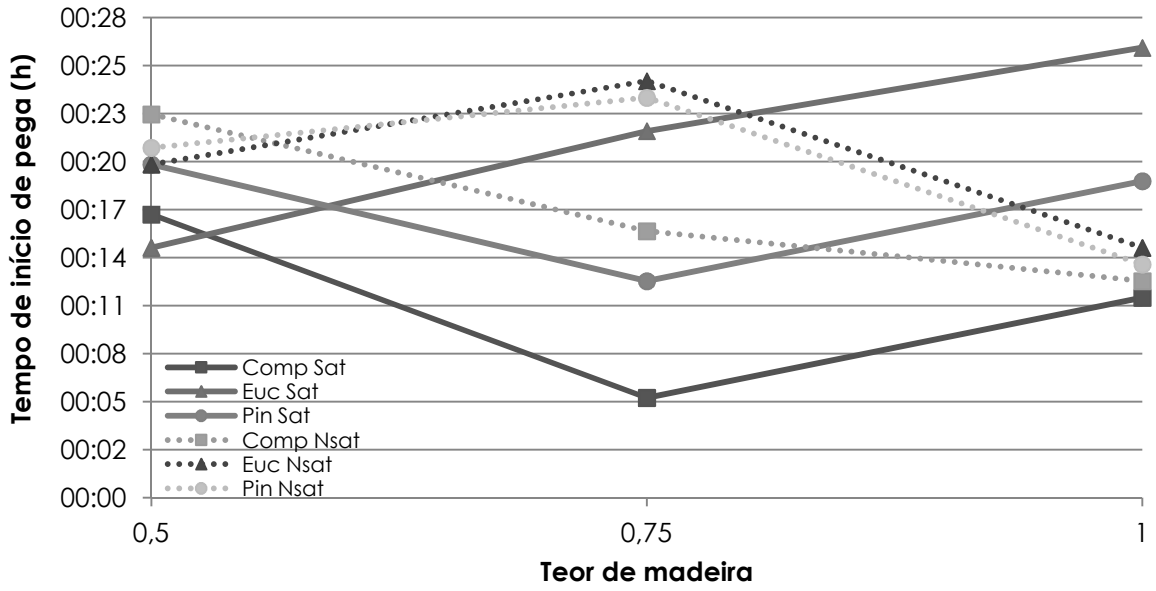


Fonte: Os autores (2016).

Na Figura 5 é realizada a análise do tempo de início de pega para as diferentes dosagens. É possível observar que, exceto para os teores de 1,0 para as madeiras de Eucalipto e Pinus, todas as dosagens apresentaram menor início de pega para a condição saturada.

Acredita-se que a saturação da madeira seja capaz de liberar seus extrativos e acelerar o início do tempo de pega do compósito. Em compósitos cimento-madeira, os extrativos presentes na madeira são capazes de inibir a pega com o cimento, neste estudo, ao utilizar o gesso como aglomerante, verificou-se que os extrativos são capazes de acelerar a pega.

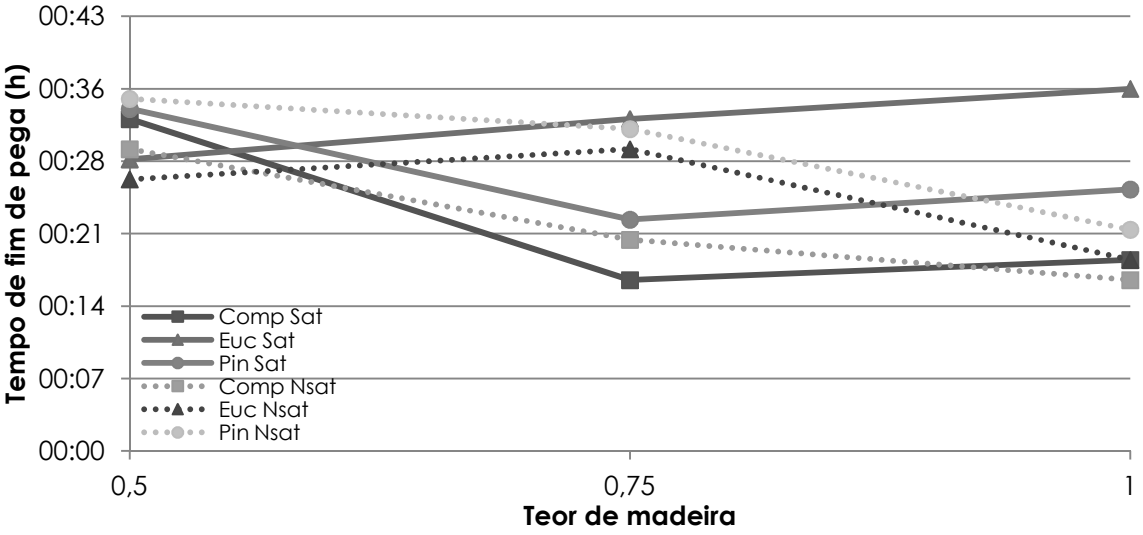
Figura 5 – Comparativo do início de pega para as diferentes dosagens



Fonte: Os autores (2016).

Na Figura 6 é realizada a análise do tempo de fim de pega para as diferentes dosagens. É possível observar que, exceto para os teores de 0,75 para as madeiras de Compensado e Pinus, todas as dosagens apresentaram maior fim de pega para a condição saturada. Acredita-se que apesar da presença da madeira, o tempo de fim de pega do gesso (o gesso utilizado é de pega lenta - 60 min) não foi influenciado. Os maiores tempos de fim de pega foram obtidos para a madeira de Eucalipto na condição saturada, o que pode propiciar uma melhor trabalhabilidade para o compósito durante sua moldagem. De modo geral, verifica-se que dosagens com menores teores de madeira (0,50) apresentam maiores tempos de fim de pega com relação aos maiores teores (1,0).

Figura 6 – Comparativo do fim de pega para as diferentes dosagens



Fonte: Os autores (2016).

3.2 Estado endurecido

Na Tabela 6, é possível observar os resultados obtidos nos ensaios realizados no estado endurecido.

Tabela 6 – Resultados no estado endurecido

Identificação	Idade (28 dias)		
	Resistência à tração (MPa)	Resistência à compressão (MPa)	Densidade endurecida (g/cm³)
GM COMP SAT 1,0	2,94	7,24	1,06
GM COMP SAT 0,75	3,85	9,80	1,14
GM COMP SAT 0,50	3,29	9,32	1,12
GM COMP NSAT 1,0	3,83	9,04	1,13
GM COMP NSAT 0,75	3,79	8,37	1,13
GM COMP NSAT 0,50	3,42	8,60	1,12
GM EUC SAT 1,0	3,85	7,64	1,08
GM EUC SAT 0,75	3,38	8,15	1,08
GM EUC SAT 0,50	3,94	10,04	1,15
GM EUC NSAT 1,0	4,26	8,25	1,15
GM EUC NSAT 0,75	3,61	8,78	1,15
GM EUC NSAT 0,50	3,48	8,91	1,13
GM PIN SAT 1,0	2,57	6,41	1,05
GM PIN SAT 0,75	3,72	8,44	1,11
GM PIN SAT 0,50	2,92	8,32	1,10
GM PIN NSAT 1,0	3,36	7,54	1,11
GM PIN NSAT 0,75	4,33	7,75	1,15
GM PIN NSAT 0,50	3,71	9,50	1,15
GESSO REF	3,99	9,68	1,24

Fonte: Os autores (2016).

Nas Figuras 7, 8 e 9 são apresentados os comparativos entre as diferentes dosagens com relação à resistência à tração na flexão, à compressão, e à densidade endurecida, respectivamente.

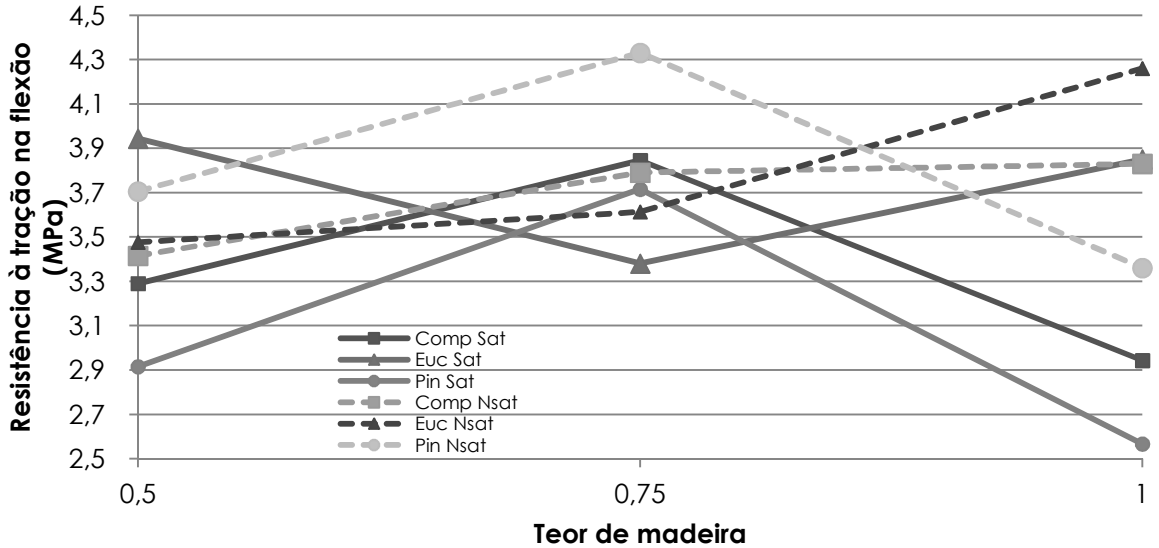
Na Figura 7 são apresentados os resultados de resistência à tração na flexão, aos 28 dias. É possível observar que, exceto para o teor de 1,0 para a madeira de Compensado, todas as dosagens apresentaram maior resistência à tração na flexão para a condição não saturada. Acredita-se que a saturação da madeira contribuiu para que exista uma maior quantidade de água no compósito propiciando a redução da resistência.

Lima (2009) *apud* Hachimi e Campbell (1989) explica que, em compósitos cimento-madeira, a retirada da água das partículas da madeira causa a retração das partículas, reduzindo a ligação da pasta de cimento com as partículas de madeira. Acredita-se que o mesmo pode ocorrer para os compósitos gesso-madeira, onde foram obtidas as menores resistências para as dosagens com a madeira saturada.

De modo geral, verifica-se, também, que dosagens com menores teores de madeira (0,50) apresentam maiores resistências com relação aos maiores teores (1,0). A natureza das madeiras pode ser capaz de influenciar na quantidade de água absorvida. Para as madeiras de Compensado e Pinus o teor de 0,75 de madeira apresentou maior resistência, enquanto que para a madeira de Eucalipto o teor de 0,75 de madeira apresentou menor resistência.

A variação dos resultados apresentados na Figura 7 pode, inclusive, ter sido causada pela orientação/distribuição da madeira nos corpos de prova.

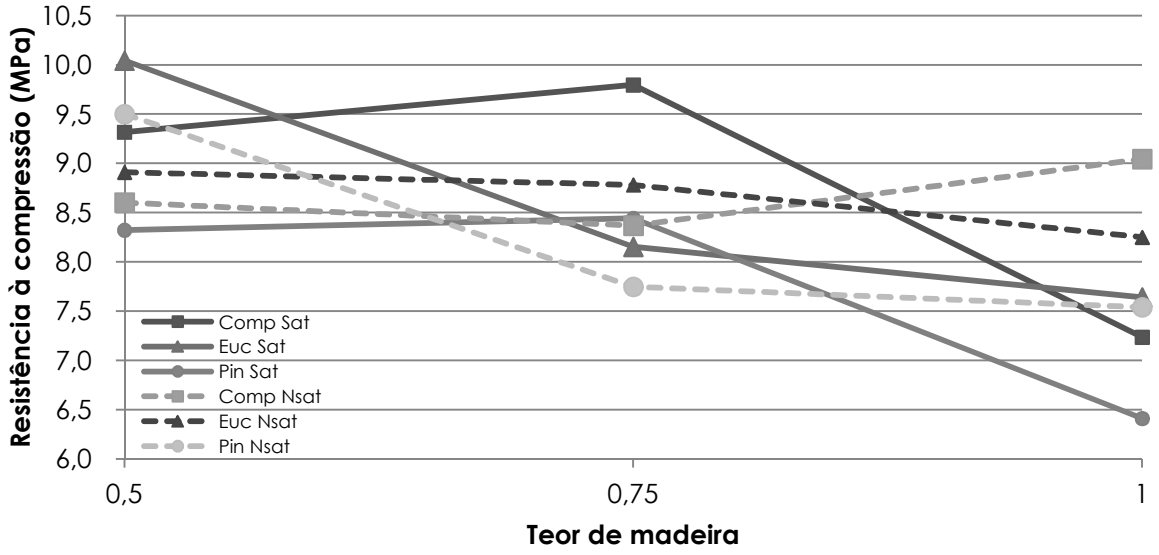
Figura 7 – Comparativo da resistência à tração na flexão para as diferentes dosagens



Fonte: Os autores (2016).

Os resultados de resistência à compressão, aos 28 dias, são apresentados na Figura 8. É importante destacar que, de modo geral, dosagens com menores teores de madeira (0,50) apresentam maiores resistências com relação aos maiores teores (1,0). Os compósitos gesso-madeira, de forma geral, apresentaram resistências à compressão inferiores ao resultado obtido para a pasta de gesso de referência, evidenciando que as partículas de madeira podem atuar de maneira similar às fibras, proporcionando melhores resultados para as resistências à tração na flexão do que para as resistências à compressão.

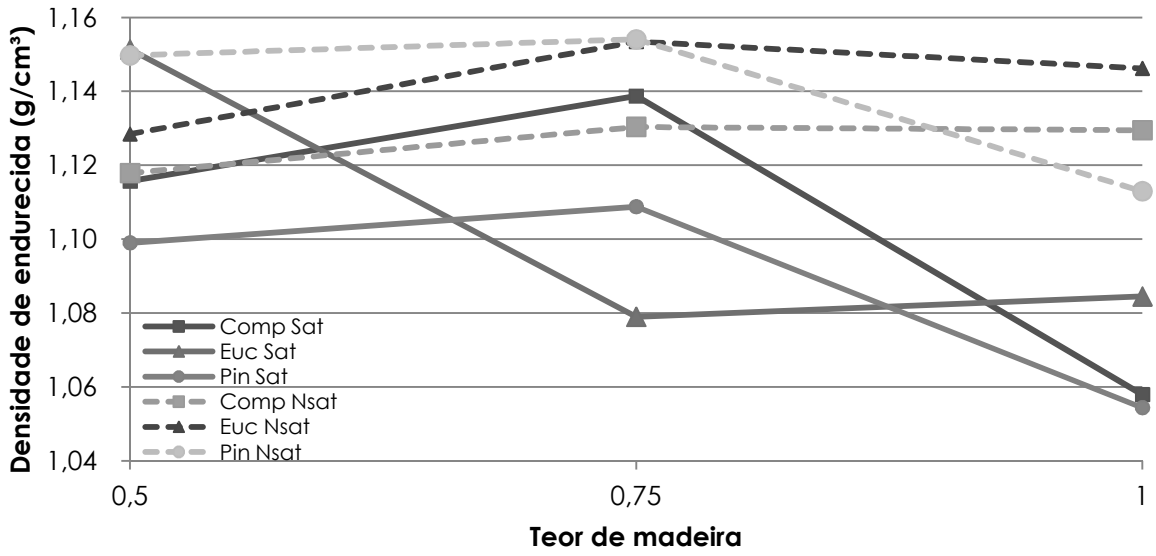
Figura 8 – Comparativo da resistência à compressão para as diferentes dosagens



Fonte: Os autores (2016).

Na Figura 9, as densidades endurecidas, aos 28 dias, dos compósitos dosados são apresentadas. Para o teor de madeira de 1,0, os menores valores foram obtidos para as madeiras na condição saturada, já que a água absorvida pelas partículas de madeira, presente no compósito, evapora e aumenta a quantidade de vazios, diminuindo a densidade endurecida. Tendência que ocorre para os teores de 0,50 e 0,75, também.
O resultado para a pasta de gesso de referência foi o maior resultado obtido, o que corrobora com o resultado obtido na densidade de massa fresca.

Figura 9 – Comparativo da densidade endurecida para as diferentes dosagens



Fonte: Os autores (2016).

4 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos após a realização dos ensaios no estado fresco e endurecido foi possível constatar que:

- Ocorreu um menor tempo de início e maior tempo de fim de pega para madeiras na condição saturada;
- De modo geral, as dosagens apresentaram maior resistência à tração na flexão e à compressão para a condição não saturada;
- Os compósitos dosados com os menores teores de madeira (0,50) apresentaram maiores resistências à compressão quando comparados com os maiores teores (1,0).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao BNDES pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45:** Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 248:** Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7190:** Projetos de estrutura de madeira – especificação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 12128:** Gesso para construção – Determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 13207:** Gesso para construção civil. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13280:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

BISSONNETTE, B.; CLOUTIER, A.; TITTELEIN, P. Design of a low-density wood-cement particleboard for interior wall finish. **Cement e Concrete Composites**. Journal ELSEVIER, 2011.

CARVALHO, M. A.; CALIL JÚNIOR, C.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; TUBINO, R.; CARVALHO, M. T. Microstructure and mechanical properties of gypsum composites reinforced with recycled cellulose pulp. **Materials Research**, v.11, n. 4, p391-397, 2008.

CHERKI, A.; REMY, B.; KHABBAZI, A.; Experimental thermal properties characterization of insulating cork–gypsum composite. **Construction and Building Materials.** v. 54, p. 202–209, 2014.

GIAMA, E. Assessment tools for the environmental evaluation of concrete, plaster and brick elements production. Department of Mechanical Engineer. Aristotle University. Greece. **Journal of Cleaner Production**. ELSEVIER, 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SP (IPT). **Madeira para uso sustentável na construção civil.** Disponivel em: <http://www.ipt.br/publicacoes/3.htm >. Acesso em: 10/11/2015.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Gesso de construção civil**. In:_____.IBRACON, Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. Nº1, G.C. Isaia, 2007.

KLOCK, U; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDES, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da Madeira** 3° ed. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Setor de Ciências Agrarias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

LATORRACA, J. V. F. – **Eucalyptus spp. na produção de painéis de cimento-madeira.** 208f. Tese (Doutorado) - Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LIMA, A. J. M. de. **Utilização de resíduo de Pinus spp e materiais cimentícios alternativos na produção de blocos para alvenaria estrutural**. 281f. Tese (Doutorado)

- Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MATOSKI, A. **Utilização de pó de madeira com granulometria controlada na produção de painéis de cimento-madeira**. 202 f. Tese (Doutorado em Ciencias Florestais) – Programa de Pos-Graduacao em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Parana, Curitiba, 2005.

MOSLEMI A. A.; GARCIA, J.F.; HOFSTRAND, A.D. Effect of various treatments and additives on wood-portland cement water systems. **Wood and Fiber science,** v. 15, n.2, p. 164-176, 1983.

SANTOS, L. A. C. **Painéis de madeira-cimento: composição, processo de produção, características e aplicações**. Curso de Engenharia Florestal. Campus Universitário de Gurupi. Universidade Federal do Tocantins, 2011.

SAVASTANO JUNIOR, H.; NOLASCO, A.M.; OLIVEIRA, L. **Disponibilidade de resíduos de alguns tipos de fibra vegetal, no Brasil, para uso em componentes de construção**. Cali, 1997.

SCHMITZ, I. B. T. A.; TAVARES, Y. V. P. **Estudo do desempenho da pasta de gesso com adição de seu resíduo como revestimento interno de parede**. Curitiba, 2009.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

EQUIPAMENTOS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: MECANISMOS DE SEPARAÇÃO[1]

SCHAMNE, Annelise Nairne (1); MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosemback (2); VOGT, Vanessa (3)

(1)UTFPR, email: annelise.ns@hotmail.com; (2)UFPR, email: reciclagem.miranda@gmail.com; (3)IFPR, email: vogt.vanessa@gmail.com

RESUMO

O setor da construção civil é responsável por elevados volumes de resíduos sólidos em todas as etapas da sua cadeia produtiva. A fim de contribuir para o gerenciamento adequado destes resíduos e minimizar os impactos ambientais, diversas tecnologias na área de equipamentos para reciclagem de resíduos de construção vêm sendo desenvolvidas. O objetivo deste trabalho é apresentar alguns mecanismos de separação de resíduos de construção civil disponíveis no mercado capazes de aperfeiçoar as etapas de reciclagem nas usinas e contribuir para obtenção de um agregado de maior qualidade.

Palavras-chave: Resíduos da construção civil. Mecanismos de separação. Reciclagem.

ABSTRACT

The construction sector is responsible for high volumes of solid waste at all stages of the production chain. In order to contribute to the proper management of this waste and minimize environmental impacts, various technologies in the area of equipment for recycling of construction waste has been developed. The aim of this paper is to present some separation mechanisms of construction waste on the market, able to optimize the steps of recycling in plants and contribute to obtain an aggregate of higher quality at the end of the process.

***Keywords**: Construction waste. Separation mechanisms. Recycling.*

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam um dos grupos que mais geram impactos ao ambiente, não só pelo volume de resíduos gerados, mas pela falta de gerenciamento adequado que leva à disposição em locais impróprios, sem o devido tratamento.

Uma das formas de contribuir para o gerenciamento dos RCD é através da implantação de usinas de reciclagem, a fim de recuperar os resíduos e inseri-los novamente na cadeia produtiva (MANFRINATO *et al.* 2008). Além dos benefícios sociais e econômicos, as usinas minimizam os problemas ambientais e colaboram para no cumprimento da Resolução 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), de 2002, que proíbe a

[1] SCHAMNE, A. N.; MIRANDA, L. F. R.; VOGT, V. Equipamentos de reciclagem de resíduos da construção civil: mecanismos de separação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

disposição de RCD em aterros sanitários, priorizando a reciclagem e a reutilização (BRASIL, 2002; MANFRINATO *et al*., 2008).

No entanto, o sucesso desta iniciativa depende do controle das etapas e operações envolvidas, pois cada uma delas pode interferir na qualidade do produto final e na eficiência da usina. Se o material recebido para processamento contiver componentes indesejáveis, menor será o volume de material reciclado e a qualidade do agregado produzido (MORALES *et al*., 2011; JOHN *et al.*, 2006).

Segundo Miranda (2005), um dos desafios na reciclagem de RCD no Brasil é aliar a sustentabilidade ao crescimento do setor, sem comprometer a qualidade dos serviços, garantindo negociações com órgãos públicos, iniciativa privada e potenciais parceiros. Deste modo, é possível desenvolver métodos e processos de reciclagem mais confiáveis que garantam homogeneidade do produto, evitando a má qualidade do material produzido e futuros problemas com a utilização.

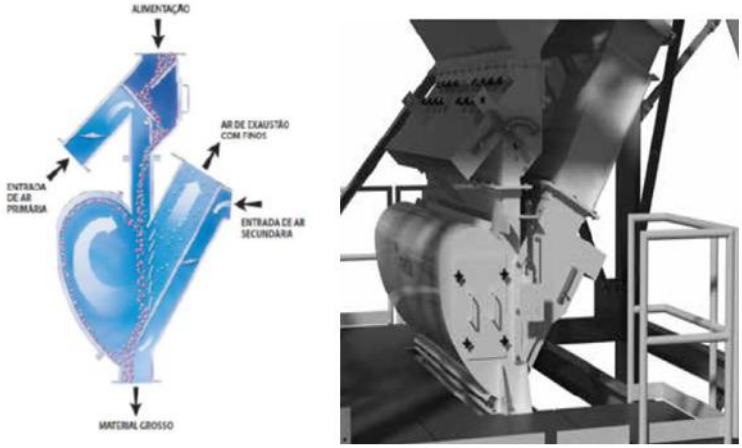
Nesse contexto, diversas tecnologias na área de equipamentos para reciclagem de RCD vêm sendo desenvolvidas, principalmente na área de mecanismos de separação de resíduos, a fim de otimizar as etapas de reciclagem nas usinas e contribuir para obtenção de um agregado de maior qualidade ao final do processo (POON *et al.*, 2001).

Geralmente, os mecanismos de separação são projetados e fabricados para suportar um árduo regime de trabalho e oferecem máximo rendimento e eficiente classificação, quando são conhecidas as características de construção dos materiais recebidos para separação. A seguir são apresentadas algumas alternativas de sistemas de separação.

1.1 Classificador gravitacional inercial

Este classificador (Figura 1), cujo componente principal é o ar, combina forças gravitacionais, inerciais, centrífugas e aerodinâmicas para classificar eficientemente os materiais nos pontos de corte. O equipamento trabalha com um nível mínimo de troca de peças e praticamente nenhuma manutenção. O material entra pelo topo da unidade e percorre até a parte inferior do equipamento. O ar sofre uma mudança de direção de 120° e, em seguida, sai pelas palhetas arrastando as partículas finas. As partículas grossas, muito pesadas para cruzar a palheta, descem até a parte inferior da câmara onde atravessam o fluxo de ar secundário antes de serem descarregadas por uma válvula. O ar secundário por baixo das palhetas atravessa a cortina de partículas em queda e aquelas próximas ao ponto de corte são desviadas pelo fluxo de ar secundário para dentro de uma 'corrente de redemoinho' na câmara. Alguns finos são capturados à medida que entram na unidade enquanto outros são retirados do redemoinho. Estes são carregados pelo ar de exaustão para um filtro de tecido para a recuperação final. Este equipamento é amplamente usado para produzir areias manufaturadas e superfinas com altas especificações (METSO, 2015).

Figura 1 - Funcionamento e exemplo de classificador inercial gravitacional



Fonte: Metso (2015)

1.2 Sistema de sopro de ar com ventiladores

O sistema de separação de sopro de ar, como exemplificado na Figura 2, com um modelo *Air Master*, da *Cityequip*, é um sistema simples e de boa eficiência, que utiliza ventiladores para retirada de impurezas leves como fração de pedrisco, rachão, até pedaços de madeira.

No caso do equipamento da Cityequip (Figura 2), a cabine é feita de materiais com densidade leve e duto de circulação de ar que reduz o volume de ar necessário, reduzindo pressões ambientais. A largura da correia de alimentação pode ser de 1200 ou 1600 mm, dependendo do modelo, e a taxa de carregamento chega a 1,6 m/s. O equipamento vem acoplado em uma unidade móvel, o que facilita o transporte e utilização em qualquer local (CITYEQUIP, 2016). O preço de um equipamento como este, na Alemanha, pode chegar a 100 mil Euros.

Figura 2 – Sistema por soprador de ar



Fonte: O autor (2015)

1.3 Sistema de classificação por sensores infravermelhos

Entre os fabricantes especialistas em equipamentos de separação destaca-se a TOMRA SORTING SOLUTIONS, que oferece tecnologias de detecção avançadas para identificar e separar uma variedade de materiais. Os sensores de alta resolução encontrados nas tecnologias da linha *TITECH Autosort* operam a uma taxa de até 320.000 pontos identificados por segundo (TOMRA, 2015).

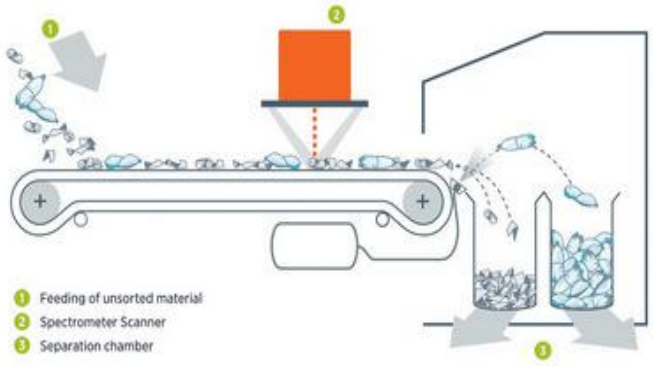
O *TITECH Autosort* é o primeiro sistema de infravermelho próximo (NIR) a fazer leitura sem a necessidade de fonte de luz externa, devido à tecnologia *flying beam*, o que permite economizar até 70% da energia ao iluminar exclusivamente a área analisada. Isto faz com que este sistema tenha maior eficiência energética e menor exigência de manutenção, combinando alto desempenho e rendimento, reduzindo os custos de funcionamento.

A tecnologia de seleção por sensores permite recuperar uma grande variedade de materiais a partir de fluxos de resíduos diferentes, fluxos de resíduos únicos, embalagens, papel, resíduos domésticos e outros tipos de materiais para reciclagem. Isto é feito mediante a análise combinada de informações avançadas relativas aos materiais e à cor.

O material de entrada desliza em uma rampa ou é transportado por uma correia até a área do sensor. A informação obtida é processada eletronicamente, de modo que, dependendo do critério de ajuste e seleção, os materiais detectados são ejetados do fluxo de material para uma câmara separada por jatos de ar pressurizado de alta precisão.

O sistema *TITECH Autosort* utiliza a nova tecnologia de varrimento DUOLINE®, que realiza um varrimento duplo em cada passagem (Figura 3). Os sensores NIR de elevada velocidade e confiabilidade captam os espectros de infravermelhos específicos de vários objetos graças a uma resolução óptica muito elevada. O processo de varrimento duplo permite aumentar, consideravelmente, a distância entre a unidade de varrimento e a correia transportadora, mantendo a resolução elevada, o que reduz minimamente os danos nos componentes ópticos e aumenta a confiabilidade. Nos modelos de varrimento duplo, o primeiro sensor NIR reconhece os materiais com base nas suas propriedades espectrais específicas e únicas de luz refletida. Um segundo sensor NIR oferece informações espectrais adicionais. Já a combinação de um sensor NIR com um sensor de espectrometria de luz visível (VIS) fornece informações sobre os materiais de reciclagem de acordo com o tipo e a cor, podendo reconhecer suportes impressos e todas as cores no espectro visível para transparente, bem como todos os objetos opacos (TOMRA; TITECH, 2015).

Figura 3 – Esquema de separação por infravemelho



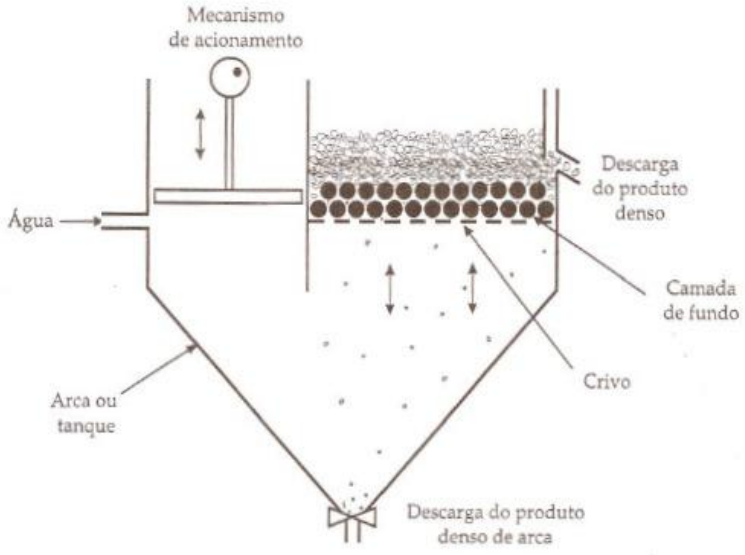
Fonte: Titech (2015)

Ao combinar os sensores NIR e VIS, em configurações distintas, o TITECH A*utosort* oferece resposta a difrentes aplicações, obtendo frações de elevada confiabilidade com alto grau de pureza. Além disso, o sistema é compacto e se caracteriza pela fácil instalação e integração nas fábricas, com simplicidade no manuseio dos seus componentes, além de potência, confiabilidade e precisão (TITECH, 2015).

1.4 Separação por jigue

Os jigues são equipamentos de concentração gravítica em que os RCD são separados por faixa de densidade, por ação da força da gravidade e/ou da força centrífuga (Figura 4). As partículas presentes nos agregados reciclados são separadas pela massa específica aparente do grão através de um leito pulsante e acabam estratificadas em camadas com densidade crescente, da parte superior em direção à parte inferior do leito (ARENARE, 2008).

Figura 4 - Esquema de separação do jigue



Fonte: Sampaio e Tavares (2005) apud Arenare (2008)

Segundo Xing *et al.* (2004), embora os materiais se misturem no jigue, eles caem com velocidades diferentes, conforme sua densidade. Materiais mais densos alcançam mais rapidamente o fundo do que materiais menos densos, visto que estes cairão por cima, a uma velocidade menor, sendo possível então fazer a separação. Portanto, quanto maior for a diferença de densidade, mais eficaz será a separação neste método.

A jigagem com ar é um processo de concentração gravimétrica em que o beneficiamento do material ocorre a seco e, desta forma, o produto não necessita passar por custosos procedimentos de filtragem com excessivo gasto de água e secagem. Como normalmente há presença de materiais nos RCD que se desagregam quando imersos em água, como o gesso, o uso de jigue pneumático é conveniente em relação aos processos em meio úmido (SAMPAIO e TAVARES, 2005).

Dado o exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar alguns separadores a seco existentes no mercado, apresentando vantagens e desvantagens na utilização de cada um e apresentar estudos de caso de equipamentos utilizados para separação de materiais de RCD.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada teve como objetivo levantar informações pertinentes com relação às diferentes alternativas de separção de impurezas de resíduos de construção. Portanto, dependendo do tipo de equipamento e da viabilidade da pesquisa, foram feitas análises visuais ou quantitativas a respeito dos sistemas testados, conforme detalhado a seguir.

2.1 Classificador gravitacional inercial

Foi testada de forma visual a eficiência deste equipamento na remoção de impurezas leves (madeira e matéria orgânica) presentes em agregados reciclados miúdos de concreto.

O teste foi realizado com o apoio da empresa Imetec, localizada em Colombo/PR (Figura 5). Foi utilizada uma amostra de areia reciclada de concreto que possuía a presença de contaminantes leves como madeira e raízes de plantas. A pressão do vento foi variada de forma a obter o melhor desempenho.

Após a passagem do material seco pelo equipamento, foi avaliada visualmente a qualidade da separação obtida.

Figura 5: Classificador gravitacional inercial



Fonte: O autor (2015)

2.2 Sistema de ventiladores centrífugos

A avaliação da eficiência de separação dos ventiladores centrífugos foi feita de duas formas:

- por análise visual da separação obtida pelo equipamento Cityequip em funcionamento em uma usina de reciclagem na Alemanha;
- por testes piloto no laboratório da UFPR.

No primeiro caso a avaliação da separação foi feita no material graúdo, em tamanho de partículas superiores a 50 mm, cujo equipamento possuía um motor de 50 cv e o agregado reciclado era composto de material cerâmico, concreto, pedaços de madeira, entre outros, conforme representado na Figura 2.

Para realização do teste piloto no laboratório, foi utilizada uma rampa inclinada para queda das partículas do agregado reciclado nas dimensões de pedrisco, brita 1 e 2 e rachão onde, na extremidade da rampa, existia um ventilador centrífugo com motor de 5 cv ligado a um inversor de frequência para controle da velocidade do vento. Aos agregados reciclados foram misturadas impurezas de mesma granulometria oriundas de gesso e madeira e então avaliada a distância na qual as partículas eram lançadas.

2.3 Sistema de classificação por infravermelho (Sistema Titech – Tomra)

Em 2015, com o objetivo de avaliar a eficiência do sistema de separação por espectrometria de infravermelho, os autores realizaram testes no *TITECH Autosort* com materiais de construção civil brasileiros, no laboratório experimental da empresa Tomra, localizado na cidade de Mülheim-Kärlich, na Alemanha.

O equipamento trabalhou com uma largura de 1000 mm de correia transportadora, dois sensores (NIR1 e NIR2) de alta resolução, velocidade da esteira de 3 m/s e com jatos de ar comprimido regulados de 6 a 8 bar, a uma distância um do outro de 12,5 mm (Figura 6).

Os testes foram realizados com seis amostras de resíduos de construção de concreto (duas de pedrisco, 2 de brita e duas de rachão), contendo como impurezas gesso e madeira nos teores alto e baixo.

Figura 6 – Teste no Titech Autosort



Fonte: O autor (2015)

Após passagem pelo equipamento, as amostras eram coletadas em caixas para então serem medidas as massas obtidas após separação e comparadas às massas que compunham cada amostra, para então ter um resultado de desempenho.

2.4 Avaliação da eficiência do jigue

Um exemplo de aplicação desse sistema pode ser visto no trabalho de Sampaio *et al.* (2015a), em que uma amostra de RCD foi obtida, misturando frações de concreto, tijolo e gesso, de 4 a 20 mm, e submetida à separação por jigue a seco, modelo *AllAir S 500®*, da *All Mineral* (Figura 7).

Figura 7 – Jigue a ar utilizado nos testes, modelo AllAir S 500®



Fonte: Sampaio *et al.* (2015a)

Este jigue é composto por duas entradas simultâneas de fluxo de ar na parte inferior do equipamento. O primeiro fluxo de ar é contínuo e responsável pela expansão do leito de partículas, enquanto que o segundo é descontínuo e responsável pela vibração. O movimento de contração e expansão caracteriza o processo de jigagem e resulta na estratificação do leito de partículas, concentrando as partículas mais pesadas na camada inferior e as partículas mais leves nas camadas superiores.

Durante os testes houve variação de parâmetros operacionais (frequência da pulsação do jigue, expansão das partículas e tempo de ensaio) a fim de avaliar a influência de cada um sobre o desempenho da jigagem. A amostra de 39 kg de partículas mistas foi obtida a partir de 53% de partículas de concreto, 27% de tijolo e 20% de gesso, em massa, inicialmente separadas. Após a mistura, a amostra foi despejada entre três caixas para iniciar o processo de jigagem. Uma vez estratificadas após a jigagem, as caixas foram removidas separadamente. As partículas de cada caixa foram separadas manualmente e pesadas para determinar a percentagem de cada um dos materiais.

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Classificador gravitacional inercial

O equipamento mostrou boa eficiência na remoção de fração pulverulenta presente no agregado reciclado, podendo assim ser útil na melhoria da qualidade de areias recicladas com excesso de finos < 0,075 mm.

Entretanto, o resultado não foi satisfatório na remoção de impurezas leves. Observa-se que a remoção delas sofreu influência da massa e, provavelmente, do formato da partícula. Dependendo destas variáveis as impurezas foram direcionadas para a saída errada do equipamento, misturando-as com o material de boa qualidade. Observa-se ainda que, para o correto funcionamento do equipamento, o material precisa estar seco. A Figura 8 possibilita comprovar a presença de resíduos de madeira nas 3 diferentes granulometrias a qual o agregado reciclado de concreto foi separado, comprovando a baixa eficiência do sistema.

Figura 8 – Testes realizados em um classificador inercial gravitacional



Fonte: O autor (2015)

3.2 Sistema de ventiladores centrífugos

A avaliação visual do funcionamento do equipamento Cityequip indicou que ele possui um bom desempenho na remoção de impurezas leves. Mesmo trabalhando com partículas de grandes dimensões (ultrapassando 150 mm em alguns casos), o motor de 50 cv foi capaz de remover pedaços

de madeira e gesso, por exemplo. Entretanto, como inclusive relatado pelo fornecedor do equipamento, quando a madeira está úmida a eficiência de separação reduz, pois ela fica mais pesada, aproximando-se da massa do RCD.

Os resultados dos testes pilotos mostraram que este sistema possui boa eficiência desde que o sopro de ar seja regulado em função da dimensão da partícula (pedrisco, brita ou rachão). Foi possível separar com eficiência superior a 80% pedaços de madeira e gesso do RCD cerâmico ou de concreto. O motor de 5 cv mostrou-se suficiente para as partículas entre 12 38 mm e muito forte para partículas inferiores a 9,5 mm.

Também foi observada uma influência do formato das partículas, onde as partículas lamelares eram lançadas mais distantes que as partículas mais esféricas.

É possível que um sistema de ventiladores centrífugos bem dimensionados seja instalado diretamente nas correias transportadoras para remoção de impurezas, o que pode reduzir significativamente o investimento em melhoria de qualidade do RCD. No entanto, é necessário ter um ventilador para cada tamanho de material (pedrisco, brita, rachão) que devem funcionar continuamente, um para cada cadeia transportadora.

Assim, pode-se afirmar que esta é uma opção interessante a ser instalada em usinas móveis ou fixas, devido ao menor custo e por não exigir tecnologia especializada. É recomendada a instalação junto às correias transportadoras, após a etapa de peneiramento, para aproveitar a diferença de massa de partículas de tamanhos aproximadamente iguais mas densidades diferentes. A eficiência do processo de remoção de impurezas por este processo depende também da largura e da velocidade da correia tansportadora, que devem garantir que o leito de material sobre a correia não seja espesso.

3.3 Separação por espectrometria de infravermelho (NIR)

Os resultados dos testes de separação realizados na Alemanha estão apresentados no Quadro 1 e 2.

É possível observar que em todos os testes a fração de gesso e madeira foi separada de maneira satisfatória, com porcentagens maiores que 90%, cumprindo com o objetivo do teste de gerar uma fração limpa de agregados graúdos.

Quadro 1- Resultado dos testes realizados com *Titech Autosort*

Teste	Amostra na entrada no equipamento		Amostras na saída do equipamento			
	Massa (kg)	Taxa de transferência (t/h/m)	Pedra		Gesso e Madeira	
			Massa (kg)	%	Massa (kg)	%
B1	12,6	0,7	7,8	61,9	4,8	38,1

B2	22,3	1,3	18,8	84,3	3,5	15,7
R1	22,1	2,4	19,8	89,6	2,3	10,4
R2	29,2	3,0	20,8	71,2	8,4	28,8
P1	10,9	0,4	8,9	81,7	2,0	18,3
P2	11,3	0,4	8,9	78,8	2,4	21,2

Fonte: O Autor

Quadro 2 – Quadro comparativo da amostra de entrada e do resultado após a separação

Teste	**Amostra na entrada no equipamento**	**Amostras na saída do equipamento**	
		Pedra	**Gesso e Madeira**
B1			
B2			
R1			
R2			

P1			
P2			

Fonte: O Autor

Acredita-se que a eficiência não foi ainda maior porque, no transporte das amostras do Brasil para a Alemanha, o resíduo de gesso esfarelou, dificultando a detecção pelos sensores que tem boa precisão para tamanho de partícluas acima de 4,8 mm.

Sem dúvida, esta é a alternativa que apresentou maior eficiência na separação de impurezas de gesso e madeira. Entretanto, é necessário avaliar se, para RCD que possui baixo valor agregado, este sistema se mostra viável economicamente.

3.4 Separação por jigue

A Figura 9 apresenta os resultados obtidos com a separação por jigagem.

Figura 5 – Leito de jigagem (a) Amostra de cada material antes da mistura; (b) Amostra após a mistura, antes da separação; (c) Leito de partículas estratificado após a jigagem



(a) (b) (c)

Fonte: Sampaio *et al.* (2015a)

Pode-se observar que após a estratificação houve maior concentração de concreto na camada inferior (cerca de 80-90%), tijolo na camada do meio(40-60%) e gesso na camada superior (cerca de 60-80%).

Os autores ainda orientam ter um controle da pressão de ar do equipamento durante expansão da camada de partículas, pois pressões

muito elevadas podem tornar o sistema turbulento, influenciando a remistura de partículas.

Através do estudo de Sampaio *et al.* (2015a), foi verificado que é possível utilizar jigues de ar na separação de partículas de gesso, concreto e alvenaria, com partículas de 4 a 20 mm, devido à diferença de densidade das partículas dos materiais. Entretanto, para o uso em usinas de reciclagem, deve-se considerar o custo do equipamento que não é baixo e o fato dele retornar um menor desempenho que a separação por infravermelho.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os separadores existentes, verifica-se que o classificador gravitacional inercial possui como ponto negativo o baixo desempenho na remoção de partículas leves de maior porte.

Já a separação por sistemas de sopro de ar é uma opção viável, pois utiliza apenas ventiladores instalados para cada granulometria de material, sem sensores de alto custo, conseguindo apresentar uma boa relação custo/benefício.

Com relação à separação por espectrometria de NIR, os estudos mostram que ela permite tratar uma grande quantidade de material, aumentando consideravelmente o rendimento global do processo. Além disso, o material selecionado é de maior qualidade, devido a alta eficiência dos sensores no reconhecimento dos possíveis contaminantes da amostra de RCD. O ponto negativo é o custo, que está elevado principalmente pela alta cotação do Euro.

Por fim, o método de jigagem a ar beneficia os agregados reciclados de RCD, separando os elementos e tornando o material mais homogêneo, facilitando uma produção posterior padronizada e confiável. Os resultados mostram que a jigagem a seco é útil tanto para a estratificação de contaminantes mais leves e duros, o que proporciona uma boa visão para a aplicação industrial (SAMPAIO *et al.,* 2015b). Porém, alguns autores apontam como uma possível desvantagem desse processo a separação imperfeita, devido à proximidade da densidade e à natureza porosa das partículas, levando algumas partículas leves a afundar junto com o produto pesado, além do custo do equipamento.

De maneira geral, as tecnologias de separação de RCD otimizam as etapas de reciclagem nas usinas, pois o material separado terá maior qualidade ao final do processo, tornando a reutilização e o reaproveitamento desses agregados o melhor possível para outras aplicações.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao BNDES pelo apoio financeiro à pesquisa e à Soliforte pelo apoio na obtenção de amostras.

REFERÊNCIAS

ARENARE, Diego de S. **Caracterização de amostras de bauxita visando a aplicação de métodos de concentração gravítica**. 2008. 148 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: < http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-8DRK92>. Acesso em: 30 ago. 2015.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 5 jul. 2002. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> . Acesso em: 08 ago. 2015.

CITYEQUIP, 2016. Disponível em: WWW.cityequip.com. Acesso em: 03 abr. 2016.

JOHN, Vanderley M.; ANGULO, Sérgio C.; KAHN, Henrique. Controle da qualidade dos agregados de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos a partir de uma ferramenta de caracterização. **Coletânea Habitare- vol.7- Construção e Meio Ambiente**, p.169 – 207, Porto Alegre, 2006. Acesso em: 08 ago. 2015. Disponível em: < http://www.habitare.org.br/ArquivosConteudo/ct_7_comp.pdf>.

MANFRINATO, Jair W. De S.; ESGUÍCERO, Fábio J.; MARTINS, Benedito L. Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) como ação para o desenvolvimento sustentável -Estudo de caso**.** In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais eletrônicos...**Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008, p.1-12.
Disponível em:
<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_077_543_10843.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2015.

METSO, 2015. Disponível em:< http://www.metso.com/>. Acesso em: 15 jun. 2015.

MIRANDA, Leonardo F. R. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos Classe A da construção civil**. 2005. 473 f. Tese de Doutorado em Engenharia, Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: < http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/sites/www.prppg.ufpr.br.ppgcc/files/documentos/tese_leonardo_miranda.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2015.

MORALES, Gilson; BORGES, Luis Paulo P.; LOPES, Patrícia M.; ZAMAIA, Victor P. A.; ASSUNÇÃO Jr, Vilson G. Da. Técnicas de manejo e gestão adequadas de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil – RCC**.** In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. **Anais eletrônicos...** Londrina: IBEAS, 2011, p.1-11. Disponível em: < http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/III-003.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2015.

POON, C.S.; YU Ann T.W.; NG L.H. On-site sorting construction and demolition waste in Hong Kong. **Resources, Conservation and Recycling**, v.32, p. 157–172, 2001. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344901000520>. Acesso em: 31 ago. 2015.

SAMPAIO, Carlos. H.; TAVARES, Luis Marcelo M. **Beneficiamento Gravimétrico**. Editora UFRGS, 1ª Edição, 2005.

SAMPAIO, Carlos H.; CAZACLIU, Bogdan; MILTZAREK, Gerson L.; HUCHET, Florian; GUEN, Laurédan le.; PETTER, Carlos O.; PARANHOS, Régis; AMBRÓS, Weslei M.; OLIVEIRA, Marcos S. Gravity concentration of construction and demolition waste materials on air jigs. In: III Progress of Recycling in the Built Environment, 2015, São Paulo. **Proceedings...**São Paulo: RILEM e Escola Politécnica de São Paulo, 2015a.

SAMPAIO, Carlos H.; AMBRÓS, Weslei M.; MIRANDA, Leonardo R.; MILTZAREK, Gerson L.; KRONBAUER, Márcio A. Improve the quality of recycled aggregate concrete by sorting in air jig. In: III Progress of Recycling in the Built Environment, 2015, SãoPaulo. **Proceedings…**São Paulo: RILEM e Escola Politécnica de São Paulo, 2015 b.

TITECH Inovation in Global Recycling, 2015. Disponível em:< http://br.titech.com/>. Acesso em: 15 jun. 2015.

TOMRA, 2015. Disponível em:< https://www.tomra.com>. Acesso em:14 jun. 2015.

XING, Wei-hong; FRAAIJ, Alex; PIETERSEN, Hans; REM, Peter; DIJK. Koen V. The quality improvement of story construction and demolition waste (CDW*),* **Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.**, v. 19, p.78-80, 2004. Disponível em: < http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02835068>. Acesso em: 03 ago. 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO (ARC)[1]

SOUZA, André L. V (1); SCHWANTES, Nicole (2); SOUZA, Isabela C. (3); CAVALHEIRO, Caroline D. (4); PORTO, Maria F. (5); FONSECA, Matheus S. (6); TORALLES, Berenice M. (7)

(1) UEL, e-mail: andre1vicente1@gmail.com; (2) UEL, e-mail: nicoleschwantes@hotmail.com; (3) UEL, e-mail: isabela07@gmail.com; (4) UEL, e-mail: caroldias.cdc95@gmail.com; (5) UEL, e-mail: mfeernanda.porto@gmail.com; (6) UEL, e-mail: matsfonseca@gmail.com; (7) UEL, e-mail: toralles@uel.br

RESUMO

A indústria da construção civil se caracteriza como uma atividade ecologicamente impactante, pois apresenta grandes fontes geradoras de resíduos, os quais muitas vezes não possuem uma destinação adequada. Dentre estes resíduos destacam-se restos de concreto e argamassa, os quais podem ser reutilizados se passarem por um processo de reciclagem. Este trabalho teve com o objetivo estudar a utilização de agregados reciclados de concreto (ARC) na produção de concreto autoadensável. Para tanto, os materiais utilizados na dosagem foram: cimento Portland, cinza da casca de arroz, areia natural, ARC, aditivo superplastificante a base de policarboxilato e água. Os materiais foram caracterizados e a areia e o ARC foram combinados até a obtenção da maior massa específica. Na sequência, foram feitas dosagens até a obtenção de um concreto autoadensável, verificando a autoadensabilidade de acordo com a NBR 15823/2010. A dosagem ideal encontrada de 1:1,52:1,73 (cimento:areia:agregado reciclado de concreto) com relação a/c de 0,33 e adição de superplastificante de 0,5% da massa de cimento. Com a realização do trabalho experimental, pode-se concluir que é possível utilizar agregados reciclados de concreto para a obtenção de concretos autoadensáveis, se as características destes agregados forem consideradas.

Palavras-chave: Resíduos da construção civil. Agregado reciclado de concreto. Concreto autoadensável.

ABSTRACT

The construction industry is characterized as an ecologically impacting activity, as it has large sources of waste, which often lack an appropriate destination. Among these residues, stand out residual concrete and mortar, which can be reused to pass through a recycling process. The aim of this research was study the use of recycled concrete aggregates (RCA) in the production of self-compacting concrete. Therefore, the materials used in dosage were: Portland cement, rice husk ash, natural sand, RCA, superplasticizer the base of polycarboxylate and water. The materials were characterized and sand and ARC were combined to obtain higher specific mass. Further, dosages were made up to obtaining a self-compacting concrete, self checking adensabilidade according to NBR 15823/2010. The

[1]SOUZA, André L. V; SCHWANTES, Nicole; SOUZA, Isabela C.; CAVALHEIRO, Caroline D.; PORTO, Maria F.; FONSECA, Matheus S.; TORALLES, Berenice M. Concreto autoadensável com agregados reciclados de concreto (arc). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

optimal dosage found of 1:1.52: 1.73 (cement: sand: recycled concrete aggregate) with w/c ratio of 0.33 and adding superplasticizer 0.5% of the cement mass. With the completion of experimental work, it can be concluded that it is possible to use recycled concrete aggregate to obtain autoadensáveis concrete, the characteristics of these aggregates are considered.

***Keywords**: Construction waste. Recycled concrete aggregate. Self-compacting concrete.*

1 INTRODUÇÃO

O paradigma do desenvolvimento econômico empregado atualmente, pela sociedade, converge para políticas de extração de recursos naturais sem a inclusão equânime de benefícios sociais, econômicos e ambientais para o ser humano, tornando-se necessária a adoção de um modelo de desenvolvimento que possa suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer as necessidades das futuras gerações (CABRAL, 2007).

A construção civil tem um papel relevante em termos econômicos e sociais para o país, pois é um dos setores mais significativos no desenvolvimento econômico brasileiro. Porém, é considerada uma atividade geradora de impactos ambientais, apresentando como principal problemática a imensa geração de resíduos sólidos de construção civil (RCCs) (ABRECON, 2015).

Os RCCs podem representar cerca de 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos. Alguns estudos apontam que o total de geração de resíduos varia de 163 a mais de 300 quilos por habitante/ano. Além disso, a destinação inadequada desses resíduos pode acarretar problemas na qualidade estética, ambiental e de saúde pública, além de sobrecarregar os sistemas de limpeza pública municipal (MESQUITA, 2012).

Neste contexto, a utilização de agregados reciclados pode ser uma alternativa sustentável para a preservação dos recursos naturais, além de contribuir com a diminuição da quantidade de resíduos de construção civil (RCC) descartados pelas obras, proporcionando uma destinação ambientalmente adequada para estes. Estudos realizados mostram que é possível produzir concretos de alto desempenho utilizando agregados reciclados, sem que ocorra diminuição da qualidade do produto final (CABRAL, 2007). O concreto autoadensável produzido com agregados reciclados é um exemplo da evolução do setor.

O concreto autoadensável (CAA) tem uma estrutura semelhante com a do concreto convencional, ambos são constituídos por cimento Portland, agregados miúdos, graúdos e água. Porém, para que o CAA tenha a capacidade de se auto-adensar nas fôrmas, utiliza-se aditivos redutores de água de elevada efetividade e modificadores de viscosidade. Além disso, existe a limitação da quantidade de agregados graúdos, de forma que sua dimensão seja sempre menor do que os obstáculos a serem vencidos pelo concreto no ato da concretagem (TUTIKIAN, 2004).

O CAA apresenta algumas vantagens quando comparado com o concreto convencional, entre elas, a eliminação da etapa de adensamento e de acabamento do concreto, além de um melhor desempenho devido ao

melhor empacotamento do esqueleto granular e, consequentemente, uma menor porosidade (EFNARC, 2005).

Com isso, o presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade da utilização de agregados reciclados de concreto (ARC) na produção de concreto autoadensável com desempenho satisfatório no estado fresco e endurecido.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item, serão vistos os materiais utilizados na confecção do concreto autoadensável e os métodos utilizados para caracterização do mesmo.

2.1 Materiais

O cimento utilizado na dosagem foi o CPIIZ-32 e a adição mineral foi a cinza da casca de arroz, conhecida comercialmente como Silcca Nobre SCI, com 95% de sílica no estado amorfo e massa específica de 2,16 g/cm^3. Como agregado miúdo foi utilizado areia quartzosa e como graúdo o agregado reciclado de concreto (ARC), o qual foi triturado a partir de britador de mandíbula e separado por granulometria. Sendo utilizadas na dosagem as granulometrias de pedrisco(b_0) e a brita (b_1).

Para melhorar a trabalhabilidade e reduzir a relação a/c do CAA, foi utilizado o aditivo superplastificante TecFlow8000, à base de policarboxilato, em proporção de 0,5% da massa de cimento. Por fim, a água utilizada para os ensaios foi potável, proveniente da rede de distribuição da SANEPAR.

2.2 Métodos

Para atingir o objetivo proposto, primeiramente foi realizada a caracterização dos materiais conforme o Quadro 1.

Quadro 1- Ensaios para análise dos agregados de ARC

Ensaio	Normas	
	Agregado miúdo – areia	Agregado graúdo - ARC
Análise granulométrica	NBR NM 248/2003	NBR NM 248/2003
Absorção de água	NBR 52/2009	NBR NM 53/2009
Massa específica	NBR 52/2009	NBR NM 53/2009
Massa unitária	NBR NM 45/2006	NBR NM 45/2006

Fonte: Os autores

Na sequência, realizou-se um estudo dos agregados miúdos e graúdos, para a obtenção da composição granulométrica que apresentava a maior compacidade e consequentemente menor índice de vazios.

Posteriormente, foram realizados os ensaios para a verificação da autoadensabilidade, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Ensaios para verificação da autoadensabilidade do concreto

Ensaio	Norma
SlumpFlow	NBR 15823/2 – 2010
Anel Japonês	NBR 15823/3 – 2010
Caixa L	NBR 15823/4 – 2010
Funil V	NBR 15823/5 – 2010

Fonte: Os autores

Após a verificação da autoadensabilidade foram realizados ensaios de massa específica segundo a NBR 9778/2009 e resistência à compressão segundo a NBR 5739/2007, nas idades de 7 e 28 dias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção estão apresentados os resultados da caracterização dos agregados miúdos e graúdos, assim como os resultados dos ensaios do concreto no estado fresco e endurecido.

3.1 Características dos agregados

Os resultados da caracterízação dos agregados miúdos e graúdos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características do agregados

Agregado ensaiado	Massa específica (g/cm³)	Massa unitária (g/cm³)	Módulo de finura	Absorção de água (%)	Dimensão Máxima (mm)	Classificação
Agregado miúdo	2,61	1,77	2,3	0,57	2,4	Areia fina
Agregado Graúdo - ARC	2,07	-	5,7	-	9,5	Pedrisco (B_0)
Agregado Graúdo - ARC	2,07	-	7,1	2,48	19	Brita 1

Fonte: Os autores

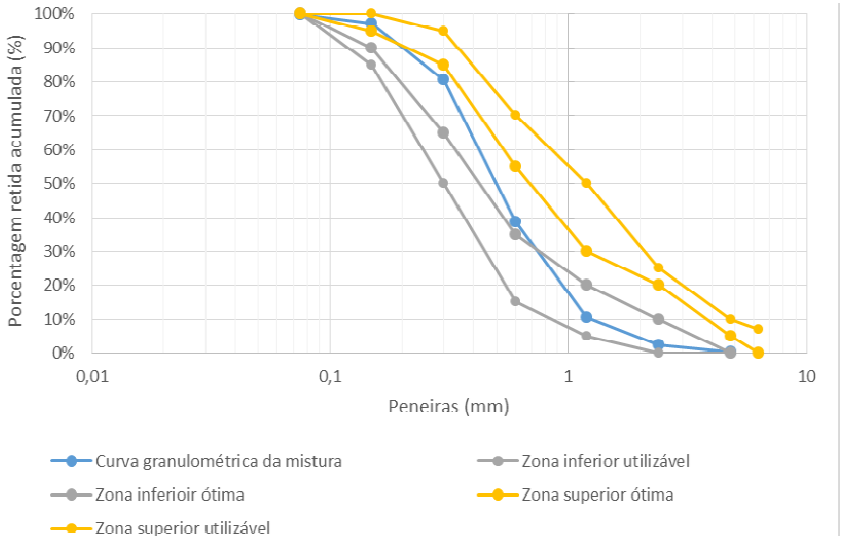
Cabe salientar que o agregado miúdo apresentado na Tabela 1 é oriundo da composição granulométrica de 80% de areia fina e 20% de areia média, essa mistura foi caracterizada como uma areia fina, resultando em uma massa unitária compactada de 1,77 g/cm³ e uma porcetangem de vazios de 32,4.

Como pode se observar o agregado de ARC apresenta uma massa específica inferior a de um agregado convencional de basalto e uma absorção de água de 2,48%, que pode ser considerada como um valor

elevado. Portanto, no momento da dosagem estes fatores devem ser considerados na demanda de água efetiva.

Na Figura 1, está apresentado a curva granulométrica da combinação de agregados miúdos que resultou em uma composição com maior compacidade e com menor índice de vazios.

Figura 1– Curva granulométrica da combinação dos agregados miúdos



Fonte: Os autores

Para o agregado graúdo (B_1 e pedrisco) foram realizadas misturas para a obtenção da maior massa unitária. Conforme a Tabela 2.

Tabela 2– Massa unitária compactada para a mistura de agregados graúdos

Mistura % (Brita/Ped.)	Massa Unitária Compactada (g/cm³)
70/30	1,76
60/40	1,41
50/50	1,44

Fonte: Os autores

Sendo assim, a mistura que apresenta a maior massa unitária compactada, ou seja, o menor volume de vazios, é a de 70% de brita 1 e 30% de pedrisco.

3.2 Escolha do esqueleto granular

A partir da seleção da composição dos agregados miúdos e graúdos foi realizada a escolha do esqueleto granular final. Os resultados estão representados na

Tabela 3.

Tabela 3– Massa unitária compactada para a mistura de agregados graúdos e miúdos

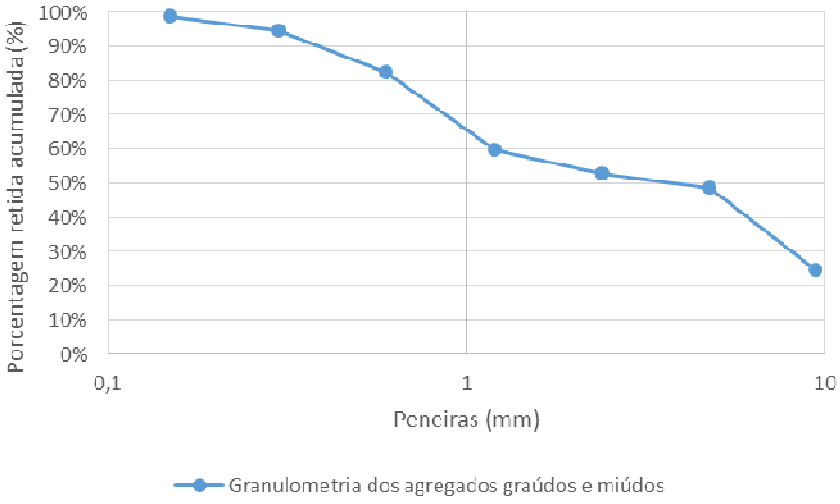
Massa % (graúdo/miúdo)	Massa unitária compactada (g/cm³)
60/40	2,23
55/45	2,25
50/50	2,25

Fonte: Os autores

Não havendo diferença considerável entre as três misturas, utilizou-se a mistura de 50% de agregado miúdo, sendo que 80% desta parcela é de areia média e 20% de areia fina, e 50% de agregado graúdo, sendo 70% desta parcela de brita 1 e 30% de pedrisco.

Na Figura 2, está apresentada a curva granulométrica da mistura de agregado miúdo e graúdo.

Figura 2– Granulometria da composição de agregados graúdos e miúdos



Fonte: Os autores

A partir da Figura 2 é possível observar que a granulometria é contínua o que torna o esqueleto granular mais compacto.

3.3 Estudo da dosagem

Para se obter a dosagem inicial foi utilizado o método de dosagem para concretos de alto desempenho desenvolvido por Toralles-Carbonari (1996), que leva em consideração o índice de vazios dos agregados para determinar a quantidade de pasta e a massa específica dos agregados e

da pasta de cimento parra determinar o consumo de cada material.

Na Tabela 4, encontram-se os consumos dos materiais da dosagem em estudo.

Tabela 4– Dosagem final

Dosagem para 1 m³		
Materiais	Quantidades	Unidades
Cimento CPIIZ-32	494,4	Kg
Cinza da casca de arroz	39,6	Kg
Areia fina	163,1	Kg
Areia média	652,2	Kg
Pedrisco	225,8	Kg
Brita	526,9	Kg
Água	163,2	L
Aditivo	2,2	L
Água absorção	23,3	L
Traço: 1:1,52:1,73		
a/c	0,33	

Fonte: Os autores

Na Figura 3, pode-se visualizar o concreto produzido com a dosagem apresentada na Tabela 4.

Figura 3– Dosagem final



Fonte: Os autores

3.4 Avaliação da autoadensabilidade

Os resultados das avaliações das características de autoadensabilidade do concreto produzido, de acordo com a NBR 15823/2010, estão resumidos no Quadro 3.

Quadro 3 - Resumo dos resultados obtidos com os ensaios de adensabilidade

Ensaio Realizado	**Classificação**	**Observações**
Slump Flow Test	SF2 e VS2	O concreto alcançou a marca de 20 cm e 50 cm em 1 e 4 segundos, respectivamente. A NBR 16823-2/2010 determina que concretos SF2 são adequados para a maioria das aplicações correntes e concretos VS2 possuem efeito tixotrópico, menor pressão nas formas, e melhor resistência de segregação, além de obter efeito negativo no aprisionamento de ar e preenchimento de cantos.
Anel Japônes	Não atendeu a condição estabelecida por norma	As diferenças entre as alturas de dentro e de fora do anel foram de 10 mm enquanto que a média aritmética das distâncias perpendicular de espalhamento do concreto foi de 69 mm. Os resultados negativos foram causados possivelmente por causa da dimensão dos agregados graúdos, já que esses ficaram, em sua maioria, no centro do circulo.
Caixa L	No limite	Já a Caixa em L, apesar de ter obtido um resultado satisfatório em relação aos requisitos da norma, teve um escoamento insatisfatório, já que as barras de aço que promovem um obstáculo ao escoamento impediram a passagem dos agregados graúdos.
Funil V	VF1	O tempo necessário para o concreto fluir por completo foi de 7 segundos, podendo ser aplicado em Estruturas com alta densidade de armadura e embutidos, mas com exigência de controle de exsudação e segregação.

Fonte: Os autores

A Figura 4 apresenta as imagens de cada um dos ensaios durante a realização destes.

Figura 4– Ensaios de adensabilidade



Fonte: Os autores

3.5 Parâmetros que influenciam na autoadensabilidade do concreto de ARC.

Após a realização dos ensaios de adensabilidade foi observado que os parâmetros de massa específica, absorção de água, granulometria e forma dos agregados influenciaram nas características de fluidez do concreto.

A massa específica é um parâmetro utilizado na escolha do agregado por estar relacionado com a mineralogia do material. Com isso, observou-se que uma massa específica baixa do agregado prejudicaria a fluidez do concreto. Devido a este fator foi escolhido o ARC para o trabalho e não o agregado de resíduo misto (ARM).

Para minimizar os efeitos da absorção nas características de fluidez, foi acrescentada a água de absorção à mistura, para que os agregados não absorvessem a água da pasta de cimento e prejudicassem a fluidez.

Observou-se que a granulometria do agregado graúdo foi contínua, contribuindo para a fluidez do concreto. Além disso, os agregados com dimensões maiores prejudicaram o desempenho no estado fresco e tiveram que ser limitados na sua dimensão máxima.

A forma lamelar do agregado foi prejudicial à fluidez, já que esta característica impede que os agregados se movimentem com certa facilidade.

3.6 Verificações das propriedades no estado endurecido

Os resultados de resistência à compressão aos 7 e 28 dias podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5– Resistência à compressão aos 7 e 28 dias

Corpos de prova	7 dias	28 dias

1	50,8	74,8
2	49,1	72,6
3	48,4	68,8
4	47,6	-
Média	48,7	72,1
Desvio Padrão	1,36	3,01
Coeficiente de variação	2,78%	4,18%

Fonte: Os autores

Aos 7 dias, a resistência à compressão dos corpos de prova foram bastante satisfatórias, já que atingiram uma resistência média elevada com valor de 48,74 MPa.

Aos 28 dias, obtiveram-se altas resistências, podendo o concreto ser considerado de alto desempenho segundo a NBR 6118/2014.

Como os coeficientes de variação obtiverem valores menores do que 5% nota-se que os corpos de prova tiveram pequena variabilidade.

Um dos corpos de prova foi rompido à tração diametral para que se pudesse verificar a distribuição dos agregados no interior. Notou-se que a disposição foi bastante homogênea, como pode ser observado na Figura 5, comprovando que não ocorreu segregação.

Notou-se também que a ruptura do corpo de prova ocorreu na zona de transição entre a pasta e o agregado obtida antes da reciclagem do material, sendo este um fator determinante na resistência a compressão.

Figura 5– Corpos de prova



Fonte: Os autores

4 CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível verificar que a substituição dos agregados graúdos de basalto na produção de um CAA por agregados graúdos

reciclados de concreto (ARC) pode ser eficiente, se a dosagem for feita corretamente e as características dos ARC's consideradas.

Pode-se perceber que a produção do CAA é bastante complexa e, por isso, é necessário um total conhecimento dos materiais e os efeitos que as características de cada um podem causar no produto final.

Em relação aos ensaios de autoadensabilidade, o concreto produzido neste trabalho atendeu as especificações da norma com algumas ressalvas. No ensaio do anel japonês ocorreu uma diferença insignificante, podendo assim o concreto ser considerado aprovado neste teste. No ensaio da caixa em "L", o CAA atendeu as exigências da norma em relação as diferenças de altura final e inicial, porém notou-se que as barras de aço impediram que os agregados de maiores dimensões pudessem fluir livremente. Já nos testes do Funil "V" e do Slump Flow o CAA foi aprovado sem ressalvas.

O fato de o concreto produzido ter apresentado pequenas falhas nos ensaios se deve a escolha do esqueleto granular. Os agregados graúdos se apresentaram irregulares, com formato tendendo à lamelar o que prejudica a fluidez deste tipo de concreto. Muito provavelmente o concreto apresentaria resultados de autoadensabilidade melhores se fosse usada uma peneira intermediária de 12,5 mm para excluir os agregados mais graúdos.

Quanto à resistência à compressão, os resultados foram bastante satisfatórios, já que apresentaram uma resistência elevada. A resistência à compressão de 48,75 MPa aos 7 dias, e de 72,06 MPa aos 28 dias, mostra que este é um concreto que poderia ser usado para fins estruturais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT **NBR NM 27**: Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Maio de 2011.

_____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, Março de 2006.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Novembro de 2009.

_____. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Fevereiro de 1998.

_____. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Julho de 2003.

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpo-de-prova cilíndricos. Maio de 2007.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Abril de 2009.

_____. **NBR 9778**: Argamassas e concretos endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Julho de 2005.

_____. **NBR 9833**: Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Janeiro de 2008.

_____. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Novembro de 2004.

_____. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Maio de 2004.

_____. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Agosto de 2011.

_____. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Setembro de 2004.

_____. **NBR 15823**: Concreto auto-adensável, Partes 2 a 5. Abril de 2010.

ABRECON. **Associação brasileira para reciclagem de resíduos da construção civil e demolição.** Disponível em: <www.abrecon.org.br/index.php/o-que-e-entulho>. Acesso em: 22 de mar. de 2016, 14:15:30.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concreto produzido com agregado reciclado, considerando-se a variabilidade de composição do RCD**. 2007. 280 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo 2007.

CARRIJO, P.M. **Análise da influência da massa especifica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo 2005.

EFNARC **– EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICAL AND CONCRETE SYSTENS**. The Europeans Guidelens for Self-Compacing Concrete – Specification, production and use. Londres 2005.

MESQUITA, Atila. **Análise da Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Teresina, Piauí.** Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/835/530>. Acesso em: 22 de mar. 2016, 16:20:30.

TORALLES-CARBONARI, Berenice Martins. **Estudio Parametrito de Variables y Componentes Relativos a la Dosificación y Producción de Hormigón de Altas Prestaciones.** 1996. 179 f. Tese (Doutorado em Enginyeria de Camins Canals i Ports) – Universidade Politécnica da Catalunha. Catalunha, 1996.

TUTIKIAN, B.F. **Método para dosagem de concretos auto-adensáveis.** 2004. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE BRITADOR NAS PROPRIEDADES DE AGREGADOS RECICLADOS GRAÚDOS[1]

SOUZA, Elaine (1); MARINHO, Gabriel (2); DEGRAF, Henrique (3); SANTOS; Larissa (4); MIRANDA, Leonardo (5), VOGT, Vanessa (6)

(1) UFPR, email: elainesouza.cad@gmail.com; (2) UFPR, email: gabrielmarinho17@hotmail.com; (3) UFPR, email: degraf.henrique@gmail.com; (4) UFPR, email: larissasbrissia@gmail.com; (5) UFPR, email: reciclagem.miranda@gmail.com; (6) IFPR, email: vogt.vanessa@gmail.com

RESUMO

O estudo de caracterização de RCD (resíduo de construção e demolição) pode revelar o nível de influência da natureza do resíduo e do tipo de britador em relação às propriedades do agregado reciclado (AR). Objetivando analisar a existência da influência do tipo de britador nas características do AR, estudaram-se amostras de RCD de natureza de concreto e mista, beneficiadas em britador de mandíbula e impacto. A análise das propriedades dos agregados de RCD deu-se através de ensaios aplicados na fração graúda (< 38 mm e > 4,8 mm): distribuição granulométrica; índice de forma; massa unitária e específica, absorção de água; teor de argamassa aderida e abrasão Los Angeles. Os resultados mostraram que a natureza do material interfere nas propriedades de massa específica, absorção de água e índice de forma. A influência dos britadores foi clara na geração de finos < 4,8 mm e curva granulométrica, pois a mandíbula gerou agregado reciclado com granulometria mais grossa e menor teor de finos que o de impacto. O AR do britador de impacto, na fração graúda apresentou um valor menor para argamassa aderida que a mandíbula. O índice de forma não foi influenciado pelo tipo de britador.

Palavras-chave: Reciclagem de RCD. Britador de Mandíbula. Britador de impacto. Agregado reciclado.

ABSTRACT

The study of the CDW (Construction and Demolition Waste) characteristics may reveal how much their composition and the kind of the crusher can influence on the recycled aggregates (RA) properties. Intending to analyze how the crusher can influence on the RA properties, were analyzed some samples CDW composed by concrete or ceramic passed through jaw and impact crushers. The analysis of the RA properties was made through a series of trials applied in the coarse fraction (<38 mm and >4,8 mm): grain size distribution; shape index; unit mass; bulk density, water absorption; attached mortar content; Los Angeles abrasion. The results showed that the material composition influences the density, the water absorption and the shape index. The type of the crusher (jaw or impact) clearly influences the generation of fines < 4,8 mm and the grain size distribution. The jaw crusher produced a coarser aggregate with lower fines content than the impact crusher. The coarse fraction of

[1] SOUZA, E.; MARINHO, G.; DEGRAF, H.; SANTOS, L.; MIRANDA, L.; VOGT, V. Avaliação da influência do tipo de britador nas propriedades de agregados reciclados graúdos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

the aggregate derived from the impact crusher presented a lower value to the attached mortar content. The shape index was not influenced by the type of crusher.

***Keywords**: CDW Recycling. Jaw Crusher. Impact Crusher. Recycled aggregate.*

1 INTRODUÇÃO

A reciclagem de resíduos da construção civil tem vantagens relacionadas às esferas ambiental, tecnológica e econômica. Dentre as vantagens, constam a reutilização dos materiais, reduzindo o uso de recursos não renováveis; a redução da disposição inadequada; o beneficiamento dos produtos; além de economia na substituição da compra de matéria-prima natural.

Um fator a ser discutido sobre a reciclagem de RCD (resíduo de construção e demolição) diz respeito à qualidade do material reciclado, uma vez que ainda existem, no meio técnico, dúvidas quanto a sua eficácia. Sendo assim, fazem-se necessários a implantação de normas técnicas exclusivas a esse tipo de agregado, além de estudos sobre os equipamentos utilizados na produção. As usinas no Brasil possuem tecnologia relativamente simples. Há pouco controle da qualidade sistemática do produto resultante. Esse descaso resulta em agregados com composições variáveis e elevados teores de materiais cerâmicos e de argamassa (ANGULO *et al.*, 2002), que geram dúvidas a respeito da aplicabilidade dos agregados reciclados (AR).

Tseng (2010) analisou comparativamente sistemas de britagem (de mandíbula e impacto) na produção de AR provenientes de antigas placas de pavimentos de concreto, e observou que os agregados obtidos por esses diferentes britadores apresentaram características muito semelhantes. O estudo permitiu afirmar que há pouca influência significativa do tipo do britador sobre as propriedades dos agregados reciclados. Entretanto, ainda não se mensurou quanto a diferença entre os britadores pode impactar no desempenho do agregado reciclado.

No Relatório de Pesquisa Setorial (ABRECON, 2013) sobre reciclagem no Brasil, das 112 usinas entrevistadas, 83% utilizam o sistema fixo de reciclagem e apenas 17% o sistema de usina móvel. No que diz respeito aos tipos de britadores utilizados, 49% usam britador de mandíbula, 29% o britador de impacto, e os 22% abordam outros sistemas ou não possuem equipamentos de britagem. A preferência nacional pelos dois tipos principais de britadores (mandíbula e de impacto) conduz à procura pela sua diferenciação, visto que o tipo de britador utilizado pode influencir no desempenho do gregado reciclado.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de britador (mandíbula ou impacto) nas propriedades dos agregados reciclados graúdos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1Equipamentos de britagem

Os tipos de britadores empregados no estudo foram o britador de mandíbula e o de impacto. No primeiro deles, o processo de cominuição se dá pela ação da força de compressão, aplicada através do movimento repetitivo de aproximação e afastamento de uma superfície móvel contra outra fixa. (METALÚRGICA SANTA RITA, 2014). Esse britador é recomendado, de forma geral, quando se deseja baixa quantidade de finos, ele gera maior quantidade de grãos graúdos, além dos grãos serem de formato lamelar, mais fracos, com linhas de fratura muito pronunciadas, necessitando de uma britagem secundária (CHAVES e PEREZ, 2012).

No britador de impacto, a fragmentação é feita por impacto. As partículas são lançadas contra o revestimento onde sofrem fraturamento adicional. Em geral, as partículas recebem de um a dois choques e tendem a atravessar o equipamento rapidamente. O efeito do impacto é desprezível para partículas menores que 0,15 mm. Chaves e Peres (2012) citam como características também, um fator de redução das partículas de 40:1e uma quantidade de finos gerados em função da velocidade.

2.2 Características dos agregados reciclados graúdos

Os itens analisados para avaliar a influência dos britadores nos agregados reciclados graúdos foram: distribuição granulométrica; índice de forma; massa unitária e específica, absorção de água; teor de argamassa aderida e abrasão Los Angeles.

A respeito da composição granulométrica, de acordo com a forma da curva obtida é possível classificar granulometricamente o material em: uniforme, bem graduado ou mal graduado. Essa classificação baseia-se no predomínio, ausência e/ou equilíbrio das frações graúdas e finas por cálculo de índices que expressam a forma da curva (LEITE, 2007).

Para o índice de forma, segundo o DNIT (2006), a forma de um agregado se caracteriza por sua feição exterior relacionada às suas dimensões, e também aos seus tipos de arestas e cantos. Quanto maior a concentração de materiais cerâmicos, maior é a tendência do agregado reciclado em apresentar grãos com forma lamelar; quanto maior a concentração de materiais cimentícios, maior é a tendência em apresentar grãos com forma cúbica (LEITE, 2007).

Devido à grande quantidade de argamassa aderida ao material reciclado, a massa específica do agregado de concreto reciclado é cerca de 5 a 10% menor que a massa específica do agregado original (HANSEN, 1985). Poon *et al*. (2006) e Saeed *et al*. (2007) confirmaram que a massa específica dos agregados reciclados de concreto é, em geral, inferior a dos agregados naturais e superior aos mistos.

De acordo com Vieira *et al*. (2004), os agregados reciclados, diferentemente dos naturais, tem uma alta taxa de absorção de água. Agregados graúdos naturais apresentam absorção de água inferiore a 2% devido à baixa porosidade, já os agregados reciclados de concreto podem ser muito mais porosos do que o agregado naturais (MOTTA, 2005). Grubba (2009) observa em seu estudo que a absorção do agregado reciclado de concreto foi cerca de duas vezes maior do que à do agregado natural. Leite *et. al*. (2011) dizem que o RCD composto em sua maioria por materiais cerâmicos resultam em um aumento na absorção de água quando comparado ao RCD de origem de concreto.

Para Sturtevant (2007), maiores quantidades de argamassa de cimento aderida significam maior porosidade do material, levando a uma menor massa específica, absorção de água, e menor resistência à abrasão. Portanto, é desejável que o método de britagem utilizado consiga remover o máximo de argamassa aderida possível.

Grubba (2009) observou que a resistência à abrasão média do agregado reciclado de concreto foi de 34%, enquanto a do agregado natural foi de 21%. No tocante à resistencia à abrasão Los Angeles, constata-se que o agregado reciclado de concreto geralmente apresenta desgaste superior ao verificado nos agregados naturais.

3 METODOLOGIA

A escolha dos britadores de impacto e mandíbula foi baseada em uma mesma capacidade de produção (50t\h) e mesmo diâmetro máximo (150 mm). A matéria prima para a geração de ARM (agregado reciclado misto) e ARC (agregado reciclado de concreto) foi proveniente da URBEM (Usina de Reciclagem e Beneficiamento de Entulho e materiais – São Bernado dos Campos/SP), na qual metade do RCD misto e do concreto foi britada no britador impacto da própria empresa. A outra metade foi levada para o processamento em britador de mandíbula na usina PROGUARU (Guarulhos/SP). Este processo de coleta e britagem ocorreu em dois momentos, e assim as amostras da primeira fase foram chamadas de "A" e as da segunda de "B".

Após o beneficiamento em cada usina, executou-se o processo de homogeneização do ARM e ARC através de pilhas constituídas de camadas lineares de seção triangular e comprimento de aproximadamente 3 m cada uma. A parte central das pilhas foram submetidas à secagem em estufa a 100ºC para então ser usada para a realização dos ensaios. Inicialmente realizou-se os ensaios de granulometria e massa unitária das amostras completas e posteriormente as dividiram-se nas seguintes frações (Figura 1): pedrisco (material retido na peneira 4,8 mm e passante na 9,5 mm); brita (material retido na 9,5 mm e passante na 25 mm); rachão (material > 25mm).

Figura 1 - Rachão, brita e pedrisco de material concreto e misto: britador impacto



Fonte: Os autores

Para simplificar a identificação das amostras em cada fração foi adotado um critério de nomenclatura de três letras: a primeira letra identificava o tipo de britador; a segunda o tipo de material; e a terceira o lote da amostra como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Nomenclatura das amostras

Britador	**Material**	**LOTE A**	**LOTE B**
Impacto	Concreto	ICA	ICB
	Misto	IMA	IMB
Mandíbula	Concreto	MCA	MCB
	Misto	MMA	MMB

Fonte: Os autores

A caracterização dos agregados reciclados (distribuição granulométrica, índice de forma, massa unitária e massa específica, absorção de água e abrasão Los Angeles) necessitou de normas que abrangessem os agregados naturais, até porque um dos objetivos do uso do agregado reciclado é a substituição do natural, por isso é importante atender a parâmetros compatíveis para essa substituição.

Apenas o ensaio de determinação de teor de argamassa aderida que não possuia uma norma específica, mas sim referências de trabalhos já realizados sobre o assunto. O método de ensaio consistia primeiramente em um choque térmico nas partículas (FERREIRA, 2007; HEINECK, 2012) e posteriormente um banho químico (SANCHEZ, 2004). Pegou-se uma massa de cada AR (fração pedrisco – 500 g, brita – 500 g e rachão - 1 kg) para ser colocada em um forno mufla com temperatura pré-aquecida de 800 °C, por aproximadamente 3 horas; imediatamente após a retirada da amostra da mufla o material foi derramado em um tanque com água fria sobre uma tela metálica; depois seco em estufa a 100 °C ± 5 °C por 24 horas. Então, envolveu-se a amostra em um pano e com a ajuda de um martelo de borracha provocou-se a desintegração agregado/argamassa. Em seguida realizou-se o peneiramento do material de modo a eliminar o material passante na peneira 4,8 mm e coletado a massa final da amostra. Ao final desse processo, as amostras foram imersas em uma solução de ácido clorídrico por 72 horas, após isso lavaram-se as amostras na peneira usada no

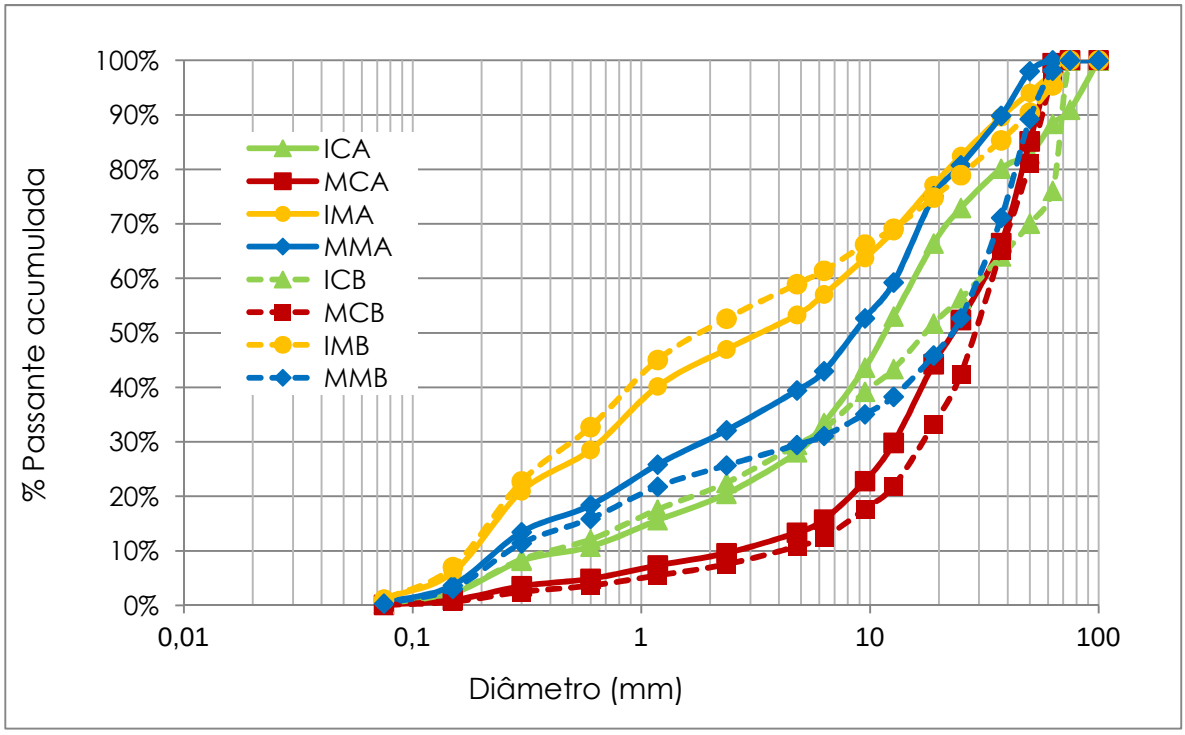
processo de choque térmico e então foram secas em estufa (24h - 100 °C) e pesadas novamente. O teor de argamassa aderida é o resultado da subtração da massa inicial com a massa final, a massa descartada foi o material que não era rocha ou cerâmica com diâmetro menor que 4,8 mm.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1Curvas granulométricas

Como resultado inicial se tem as curvas granulométricas de cada uma das oito amostras. As curvas mais grossas e descontínuas foram encontradas nas amostras A e B de concreto britadas na mandíbula, em contrapartida as curvas mais finas e mais contínuas foram as das amostras mistas A e B cominuídas no britador de impacto (Figura 2).

Figura 2 - Curvas granulométricas das amostras



Fonte: Os autores

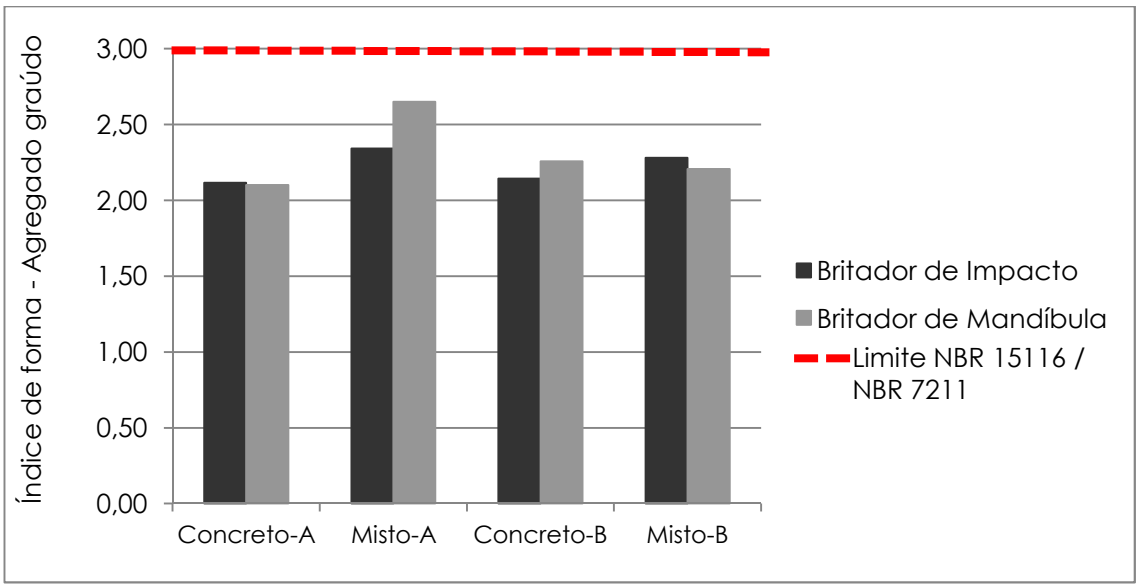
É notável diferença entre os britadores quando analisada a porcentagem de material passante na peneira de abertura 4,8 mm, ou seja, diferença na capacidade produtora de fração areia de cada mecanismo de britagem. O britador de impacto atingiu porcentagens sempre maiores que a britagem através da mandíbula, independente da origem dos resíduos.

4.2 Índice de forma

Analisando estatisticamente os resultados de índice de forma constatou-se que não houve diferenças significativas entre os britadores na amostra B; na amostragem A, a igualdade também se deu no material de concreto,

havendo diferença entre os britadores apenas no material misto, com índice de forma 2,65 na mandíbula, maior que 2,34 no impacto, ou seja, a mandíbula no material misto gerou grãos um pouco mais lamelares que o impacto. De modo geral, todas as oito amostras de agregados satisfizeram o índice de forma < 3 estabelecido tanto pela NBR 15116 (2004) para uso de agregados reciclados em bases e sub-bases de pavimentos (Figura 3). Ou seja, não se pode afirmar que houve influência do tipo de britador no índice de forma dos agregados reciclados.

Figura 3 - Índices de forma

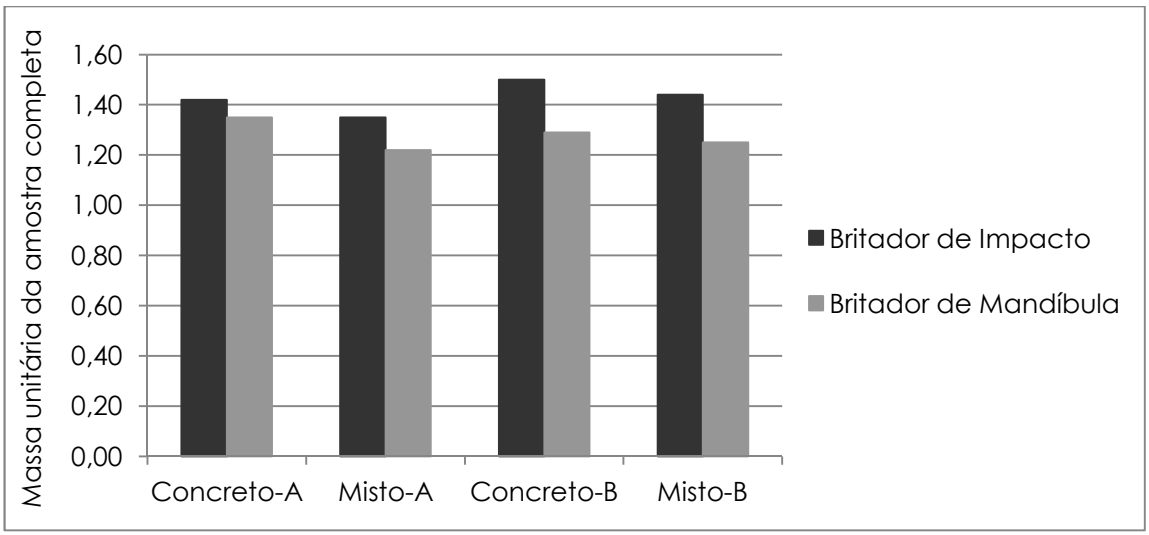


Fonte: Os autores

4.3 Massa unitária e massa específica

Notou-se que a natureza do material influenciou os resultados de massa unitária das amostras, conforme Figura 4. As amostras composta por resíduos de origem de concreto possuíram massa unitária maior que as amostras de origem mista, nos dois tipos de britagem. Avaliando a influência dos britadores, em todas as amostras, tanto no lote A quanto no B, os maiores valores para massa unitária são encontrados nas amostras britadas no britador de impacto. Isso se deve ao fato que o britador de impacto também foi o responsável por uma produção maior de areia em comparação com a mandíbula, e que para esse ensaio, a quantidade maior de areia contribuiu para um melhor preenchimento do volume do recipiente utilizado para a aferição de massa unitária.

Figura 4 – Massa unitária da amostra completa



Fonte: Os autores

Em relação às massas específicas (Tabela 2), constatou-se que, de forma geral, os valores na fração brita se assemelharam mais aos valores da fração pedrisco que aos valores na fração rachão. Em função da natureza dos materiais, como já se era de esperar, as amostras de concreto tiveram massas específicas maiores que as amostras mistas, em ambos os lotes. Quanto à interferência dos tipos de britadores nos resultados de massa específica, não se pôde concluir um comportamento uniforme entre as amostras.

Tabela 2 - Massas específicas das amostras

Parâmetro	Fração	**ICA**	**MCA**	**IMA**	**MMA**	**ICB**	**MCB**	**IMB**	**MMB**
Massa específica (g/cm³)	Pedrisco	2,71	2,61	2,57	2,57	2,58	2,57	2,55	2,45
	Brita	2,68	2,61	2,51	2,54	2,58	2,59	2,55	2,39
	Rachão	2,62	2,58	2,41	2,49	2,50	2,54	2,46	2,35

Fonte: Os autores

4.4 Absorção de água

A Tabela 3 traz um resumo dos resultados de absorção de água para cada amostra em cada uma das frações.

Nos agregados que compõem a fração pedrisco não houve diferenças significativas nas absorções em relação ao tipo de britagem, mas sim em relação à natureza dos agregados. Agregados de origem mista no lote A, em média possuíram uma absorção cerda de 37% maior que os agregados de concreto, e no lote B esse valor foi de 46%.

Na fração brita, houve diferença em relação aos britadores nas amostras mistas, e à origem do material, sendo que os agregados mistos absorveram mais água que os de concreto. O percentual médio de diferença entre a absorção de água no agregado de concreto e o agregado de misto foi semelhante ao encontrado na fração pedrisco, sendo o valor maior no misto

em torno de 39% no lote A e 46% no lote B. A desigualdade entre impacto e mandíbula nos agregados mistos se inverteu em relação aos lotes, no primeiro lote o maior valor de absorção foi no impacto com 10,6% contra 8,3% na mandíbula, já no lote B foram 7,8% no impacto contra 11,5% na mandíbula.

Estatisticamente, a fração não apresentou diferenças significativas entre os britadores. Como já era de se esperar, houve diferença entre a origem dos agregados, seguindo o mesmo comportamento ocorrido na fração pedrisco e brita.

Basicamente, no quesito absorção de água dos agregados reciclados, tem-se mais influência da natureza do material do que o tipo de equipamento de britagem usado na produção de RCD.

Tabela 3 – Absorção de água das amostras

Parâmetro	Fração	**ICA**	**MCA**	**IMA**	**MMA**	**ICB**	**MCB**	**IMB**	**MMB**
Absorção de água (%)	Pedrisco	8,5	7,7	12,5	13,3	6,5	6,7	12,3	12,2
	Brita	5,7	5,9	10,6	8,3	5,1	5,4	7,8	11,5
	Rachão	6,1	6,8	8,4	8,4	6,0	5,7	9,3	12,3

Fonte: Os autores

4.5 Teor de argamassa aderida

Ao examinar a fração pedrisco, no lote A tanto o ARC quanto o ARM, o britador de impacto foi mais eficiente na retirada de argamassa aderida à superficie dos grãos, e no lote B o mesmo aconteceu na amostra de concreto. Isso é visto em função dos valores menores de teor de argamassa indicados na Tabela 4 para as amostras de impacto, exceto na amostra mista do lote B.

Na fração brita no lote A, o britador mais eficiente na retirada de argamassa aderida foi o de mandíbula. Na amostragem B, o britador de impacto foi mais eficiente.

Com valores bem próximos nas amostras concreto e mista lote B, na fração rachão o britador de mandíbula retirou menos argamassa dos grãos de RCD que o de impacto. No lote A, as amostras mistas não se diferenciaram em função do britador e a de concreto, o impacto em seu processo de britagem foi capaz de retirar em média cerca de 39% a mais de argamassa aderia ao grão que a mandíbula.

E em termos de equipamento de britagem, na maioria das amostras estudadas, e nas diferentes frações graúdas, o britador de impacto consegue no processo de cominuição do RCD retirar mais argamassa aderida aos grãos que a mandíbula.

Tabela 4 - Teor de argamassa aderida das amostras

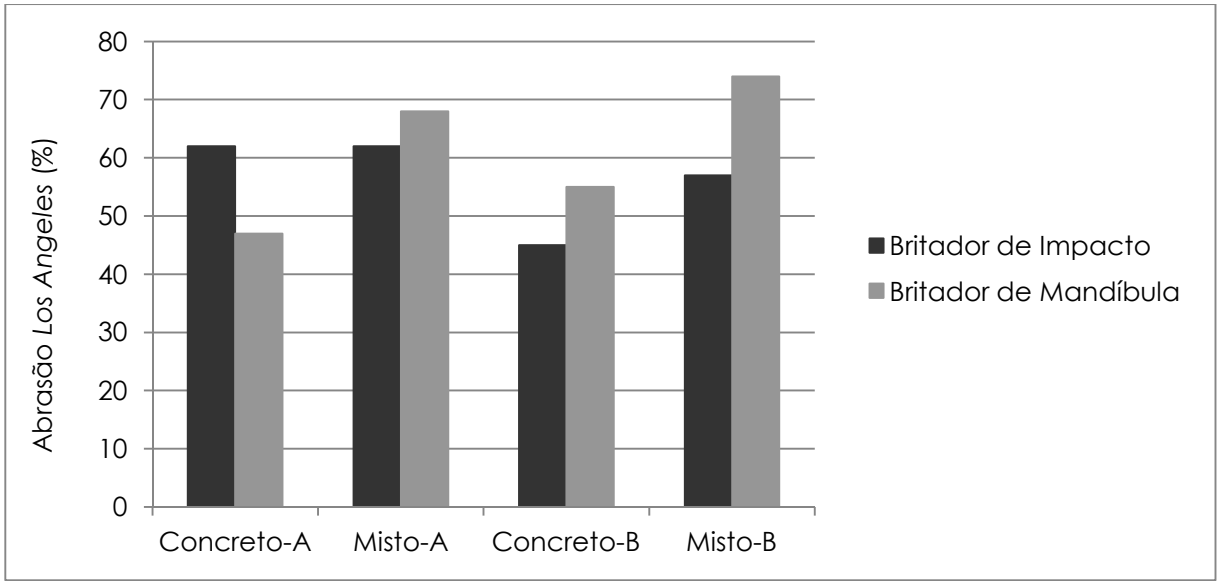
Parâmetro	Fração	ICA	MCA	IMA	MMA	ICB	MCB	IMB	MMB
Teor de argamassa aderida (%)	Pedrisco	64	72	60	66	53	75	72	59
	Brita	69	61	56	51	52	67	49	53
	Rachão	43	71	68	68	61	65	62	65

Fonte: Os autores

4.6 Abrasão Los Angeles

As amostras mista A, concreto B e mista B britadas na mandíbula foram as que tiveram maiores valores para o ensaio de abrasão Los Angeles, o oposto ocorreu na amostra de concreto no lote A, na qual o maior valor de abrasão foi no britador de impacto. De forma geral, a origem do material tem influência nos valores de abrasão Los Angeles, as amostras mistas tiveram valores maiores que as de concreto.

Figura 5 – Abrasão Los Angeles



Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

A respeito da composição granulométrica, os britadores de impacto e de mandíbula possuem comportamente diferenciados para a porcentagem de material < 4,8 mm. A mandíbula tem uma menor capacidade de produção dessa fração, independente da origem dos resíduos. O índice de forma não sofreu influência do equipamento de britagem.

Devida a maior produção de areia (material < 4,8 mm) do britador de impacto, as amostras nele beneficiadas atingiram os maiores valores de massa unitária, quando comparadas à mandíbula.

Para o estudo de teor de argamassa aderida, substancialmente notou-se a maior eficiência do impacto, como mecanismo de britagem, na retida de argamassa aderida aos grãos graúdos.

A natureza dos materiais (mista ou concreto) ocasionou mais inferência que a forma de britagem nos quesitos absorção de água e abrasão Los Angeles *dos agregados*.

Em suma, para as propriedades estudadas, os agregados reciclados sofreram influência principalmente de sua origem do que do tipo de britador utilizado na cominuição.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao BNDES pelo apoio financeiro à pesquisa, à Soliforte, à Proguaru e à Urbem pelo apoio na obtenção de amostras.

REFERÊNCIAS

ABRECON. **Relatório pesquisa setorial**: a reciclagem de resíduos de construção e demolição. São Paulo, 2013.

ANGULO, S. C. ; MIRANDA, L. F. R. ; JOHN., V.M. . **Construction and demolition waste, its variability and recycling in Brazil**. In: Sustainable Buildings 2002, 2002, Oslo. Sustainable Buildings, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15116: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural**. Junho, 2004.
_____.NBR NM 7211. **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

CHAVES, A. P.; PERES, A. E. C. **Teoria e prática do tratamento de minérios: Britagem, Peneiramento e Moagem**, volume 3, 2012, Signus, São Paulo.
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de Pavimentação**. 3º ed. Rio de Janeiro, 2006, 274 p.

FERREIRA, L. M. M. **Betões estruturais com incorporação de agregados grossos reciclados de betão Influência da pré-saturação.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.

GRUBBA, D. C. R. P. **Estudo do comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção de rodovia**. 163 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

HANSEN, T. C.; NARUD, H. Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. **Concrete International**, v.5, n.1, p. 79-83, Jan. 1983.
HEINECK, S. **Desempenho de argamassas de revestimento com incorporação da fração miúda da britagem de concreto.** 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2012.

LEITE, F. C. **Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimento.** 2007. 216 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LEITE, F. C.; MOTTA, R. S., VASCONCELOS, K. L.; BERNUCCI, L. **Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements**. Construction And Building Materials, [s.l.], v. 25, n. 6, p.2972-2979, jun. 2011.

METALÚRGICA SANTA RITA. **Britador de mandíbulas.** Disponível em: <http://www.msr.com.br/ct/curiosidades/britador-de-mandibulas/>. Acesso em: 29 ago. 2014.

MOTTA, R. S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para a aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego.** Dissertação (mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

POON, C. S.; CHAN, D. **Feasible use of concrete aggregates and crushed clay brick as unbound road sub-base.** Construction and Building Materials. 2006.
SAEED, A; HAMMONS, M. I.; REED, J. L. Comprehensive Evaluation, Design, and Construction Techniques for Airfield Recycled Concrete Aggregate as Unbound Base. In: **Transportation Research Board 86th Annual Meeting**, Washington DC, United States, 2007. 16p.

SANCHEZ, M. **Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural.** Tese de Doutoramento, Universidade Politécnica de Madrid, Madrid, 2004.

STURTEVANT, J. R. **Performance of rigid pavements containing recycled concrete aggregates.** 2006. 139p. Thesis (Master of Science) - University of New Hanpshire, New Hampshire, USA, 2007.

TSENG, E. **Reciclagem total de pavimentos de concreto como agregados para construção de novos pavimentos de concreto: o caso do rodoanel metropolitano Mário Covas**. 220 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C. C.; LIMA, F. B. **Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição**. Revista Engenharia Civil. Universidade do Minho. Número 19, 2004, p.5-18. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/cec/revista/revista.htm>. Acesso em: 23 de ago 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ARGAMASSAS E CONCRETOS COM A ADIÇÃO DE RESÍDUOS CERÂMICOS E DE ROCHAS ORNAMENTAIS[1]

VIANA, Larissa Souza (1), VELASCO, Reila Vargas (2), SILVOSO, Marcos Martinez (3)

(1) UFRJ, e-mail: sv.larissaviana@gmail.com; (2) UFRJ, e-mail: reila@fau.ufrj.br; (3) UFRJ, e-mail: silvoso@fau.ufrj.br

RESUMO

A construção civil é uma grande geradora de resíduos de diversas origens e que são dispostos de forma inadequada no ambiente. Assim, de forma a fornecer alternativas para a redução do impacto ambiental, este trabalho apresenta a utilização de resíduos provenientes da indústria de cerâmica vermelha e os resíduos gerados a partir do corte de rochas ornamentais, em argamassas e concretos. Os resíduos foram caracterizados por meio de ensaios de granulometria, análise química, difração de raio x e atividade pozolânica. Fez-se um estudo em argamassas utilizando os resíduos nos teores de 10%, 20%, 30% e 40% em substituição ao cimento Portland, sendo avaliadas reologicamente e mecanicamente. Com base nos resultados das argamassas, um teor de resíduo foi escolhido para a avaliação em concretos. A caraterização foi feita por meio de ensaio de reologia, ensaio mecânico e de durabilidade. O resíduo cerâmico que apresentou melhor comportamento foi o com teor de substituição de 20%. Sua incorporação nos concretos propiciou redução na absorção de água e índice de vazios. Os resultados demonstraram o potencial de utilização dos dois resíduos da construção civil em materiais à base de cimento, uma alternativa viável tecnicamente e ambientalmente.

Palavras-chave: Resíduos. Argamassa. Concreto.

ABSTRACT

The civil construction is a great generator of waste from various sources that are disposed in the environment, inappropriately. Thus, in order to provide alternatives for reducing the environmental impact, this work presents the use of waste from industry of red ceramic and waste generated from the cutting of ornamental rocks, in mortars and concretes. The wastes were characterized by particle size testing, chemical analysis, X-ray diffraction and pozzolanic activity. There was a study in mortar using waste in content of 10%, 20%, 30% and 40% in replacement of Portland cement being assessed rheologically and mechanically. Based on the results of mortar, a waste content was selected for evaluation in concrete. The characterization was done by testing the rheology and mechanical testing and durability. The ceramic residue that showed the best performance was with 20% replacement level. Its incorporation in the concrete caused a reduction in water absorption and void index. The results demonstrate the potential use of the two construction waste in cement-based materials, a technically and environmentally feasible alternative.

Keywords: *Waste. Mortar. Concrete.*

[1] VIANA, Larissa de Souza; VELASCO, Reila Vargas; SILVOSO, Marcos Martinez. Argamassas e concretos com a adição de resíduos cerâmicos e de rochas ornamentais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Há décadas atrás, os concretos eram constituídos, basicamente, por cimento, areia, brita e água. Com o passar dos anos, novos materiais foram incorporados a sua composição. Cada novo material apresenta variações, tanto em granulometria, quanto em composição química, o que o conduz a desempenhos distintos quando da análise do produto final. Neste contexto destacam-se os resíduos do processo produtivo de tijolos de cerâmica vermelha e os resíduos gerados a partir do corte de rochas ornamentais que podem representar fontes potenciais de adições minerais para utilização em concretos.

O índice de perda do setor de cerâmica vermelha pode variar entre 3% a 30% (DIAS, 2004), já no setor de rochas ornamentais estima-se que seja entre 20 a 30% (ABIROCHAS, 2012). Considerando a abundância destes resíduos no meio ambiente, fornecer uma destinação adequada final a eles significa contribuir para a redução do impacto ambiental. Assim, a indústria da construção civil busca incorporar estes resíduos em produtos à base de cimento, o que pode ser uma prática constante com a avaliação do desempenho final. A utilização de resíduos na matriz cimentícia proporciona tanto benefício ambiental, quanto técnico e econômico.

Diferentes trabalhos têm sido realizados de forma a avaliar o potencial de resíduos como substituição parcial ao cimento. Nos resultados obtidos por Vieira (2005), os concretos com incorporação de resíduo cerâmico apresentaram valores de resistência à compressão inferiores aos concretos referência e acréscimo no índice de vazios e porosidade total. O trabalho de Gonçalves e Moura (2007) mostrou que, em argamassas, a incorporação do resíduo cerâmico provocou alterações nos resultados de compressão, sofrendo acréscimos ou decréscimos, sendo dependente da relação água/cimento. Em concretos, não observou-se incremento nos valores de resistência à compressão, e indicou que o resíduo não apresentou contribuição pozolânica.

Em relação os resíduos de rochas ornamentais, Lopes *et al* (2006) mostraram que tal resíduo não possui atividade pozolânica e que sua utilização em concretos acarretou reduções nos valores de resistência à compressão. No trabalho de Alves (2008) a incorporção do resíduo de rocha provocou acréscimos ou manutenção dos valores de resistência à compressão, sendo dependente do teor de resíduo utilizado e da relação água/cimento.

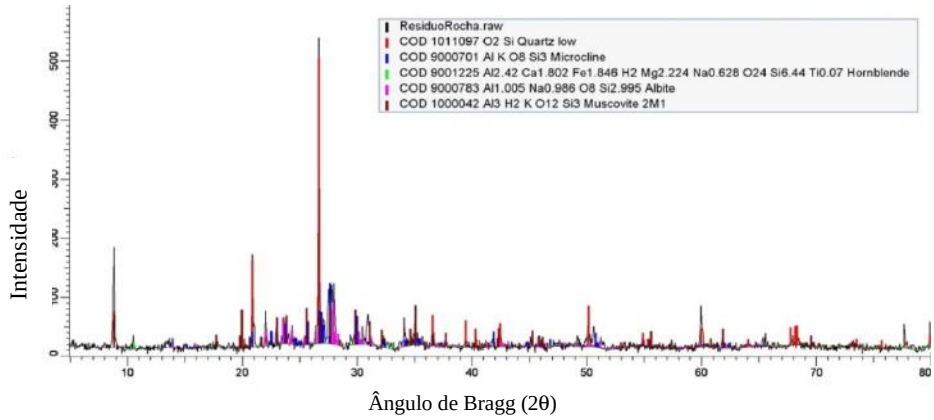
O presente trabalho tem como objetivo contribuir para ampliar o conhecimento sobre o comportamento de argamassas e concretos com incorporação de resíduo cerâmico e resíduo de rochas ornamentais. Com isso, busca-se, também, colaborar com a incorporação de novas tecnologias na indústria da construção civil desenvolvendo materiais com elevada durabilidade e de alto desempenho mecânico e ambiental.

2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

O cimento utilizado foi o cimento Portland CPV ARI RS de massa específica de 3,09 g/cm^3 determinada segundo a NBR NM 23 (2001). Sua curva granulométrica foi obtida por meio do ensaio de granulometria a laser, utilizando o equipamento Malvern Mastersizer. Com relação às adições minerais, o resíduo de rocha ornamental, proveniente do corte e polimento de diversas rochas, foi coletado em uma marmoraria no município de Duque de Caxias. Este resíduo foi utilizado praticamente na forma in natura, submetido somente ao processo de secagem. Sua massa específica é de 2,61 g/cm^3, determinada segundo a NBR NM 23 (2001). A distribuição granulométrica também foi obtida pelo ensaio de granulometria a laser e será apresentada posteriormente.

A análise de difração de raios X, pelo método do pó, foi realizada em um difratômetro Siemens/Bruker - AXS D5005. A figura 1 ilustra as fases cristalinas do material referente, principalmente, aos picos de quartzo.

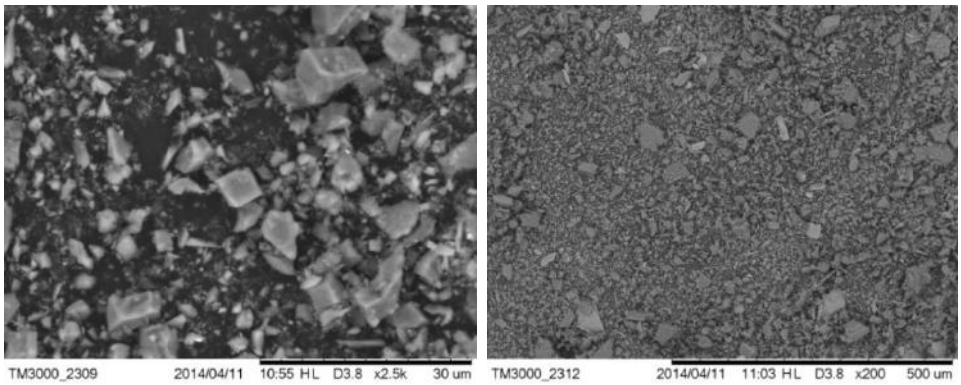
Figura 1 – Difratograma de raio x do resíduo de rocha.



Fonte: Autores

A caracterização morfológica foi obtida por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e está apresentada na figura 2. Observa-se que as partículas apresentam tamanhos variados, de formato poligonal e com arestas bem definidas.

Figura 2 - Análise morfológica do resíduo de rocha



Fonte: Autores

A composição química foi determinada utilizando um Espectrômetro de Fluorescência de Raios X, Shimadzu EDX-720 e a atividade pozolânica foi determinada segundo adaptação dos procedimentos da NBR 5752 (2012). Tal adaptação consistiu em utilizar aditivo na mistura com resíduo de forma a manter o mesmo espalhamento da mistura referência. Estas duas últimas caracterizações serão apresentadas em conjunto com os resultados do resíduo cerâmico.

O resíduo cerâmico utilizado foi submetido ao processo de moagem para transformação em um pó de granulometria fina, de forma a possibilitar a substituição ao cimento Portland. Nesse processo foram utilizados um moinho, barras de ferro de mesmo diâmetro, e esferas metálicas de diâmetros diferentes.

O procedimento consistiu em 3 etapas. Primeiramente, o tijolo foi quebrado em pequenos pedaços e em seguida submetido a um processo de moagem em um moinho. Obteve-se, assim, um pó de tijolo com granulometria similar a da areia, que passou por um novo processo de moagem com a utilização de esferas de aço. A última fase durou 8 horas, no qual foram retiradas amostras do moinho nos intervalos de 1, 2, 4 e 8 horas para a realização do ensaio de granulometria. A figura 3 ilustra o moinho e o resíduo cerâmico antes e após o término da moagem.

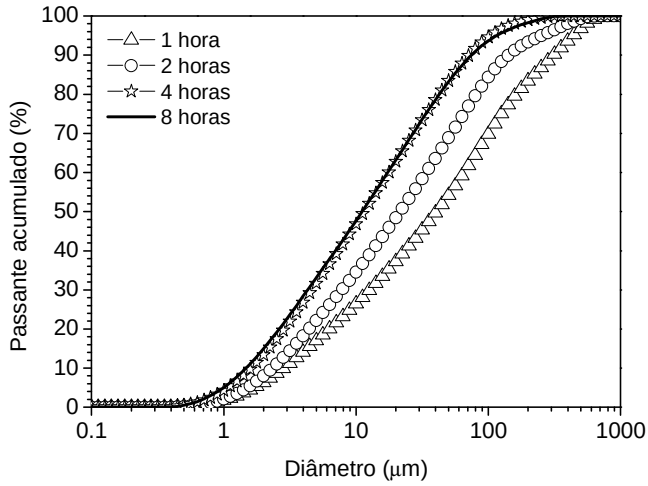
Figura 3 - Moinho, fragmentos do resíduo cerâmico e seu aspecto após a moagem



Fonte: Autores

Após este processo, o material foi caracterizado, conforme as normas, por uma série de ensaios. Assim, realizou-se o ensaio de massa específica e o valor obtido foi igual a 2,57 g/cm^3. A análise granulométrica foi realizada nas amostras coletadas nos diferentes intervalos de tempo de moagem (1h, 2h, 4h e 8h). Os resultados estão apresentados na figura 4 e mostram que não houve variação expressiva no diâmetro das partículas do resíduo para as amostras moídas no período de 4 e 8 horas. Além disso, observou-se que 50% dos grãos do resíduo são inferiores a 11 μm.

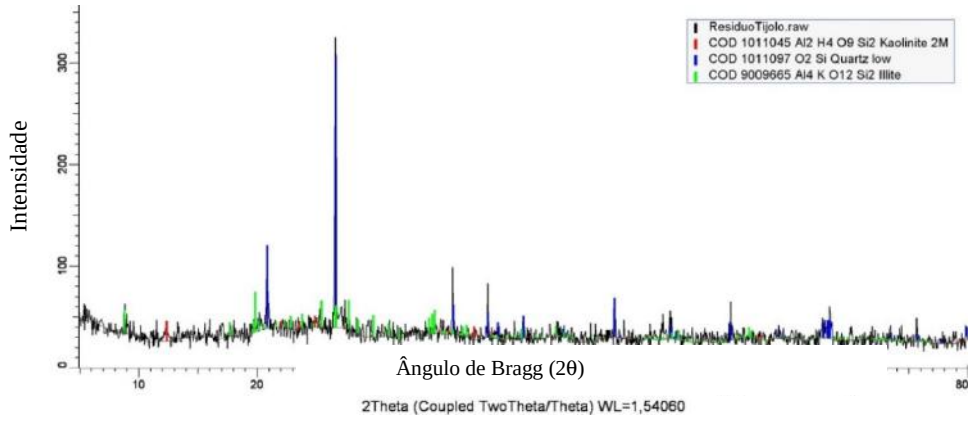
Figura 4 - Curvas granulométricas do resíduo cerâmico



Fonte: Autores

Por meio da análise de difração de raios X, obteve-se o difratograma de raio x do resíduo cerâmico (figura 5), visualizando-se as fases cristalinas do material.

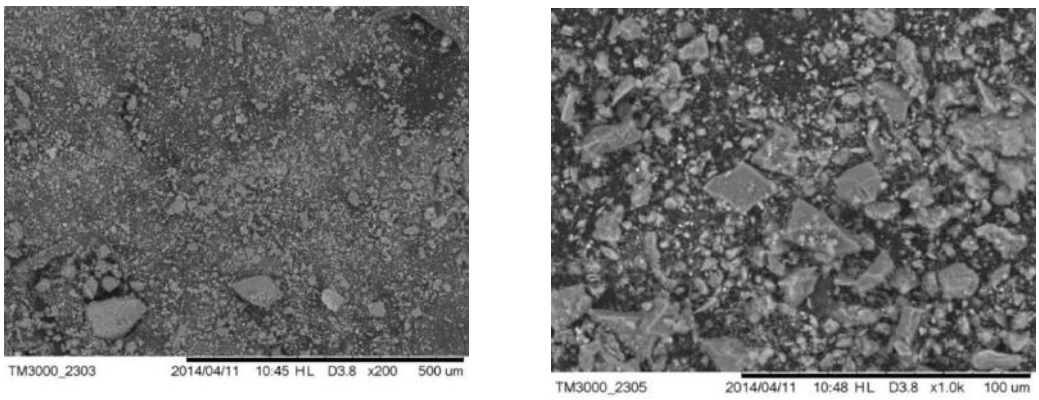
Figura 5 - Difratograma de raio x do resíduo cerâmico.



Fonte: Autores

Pela análise formológica (Figura 6), há uma variação no tamanho das partículas e algumas apresentam formato prismático com arestas definidas.

Figura 6 - Análise morfológica do resíduo



Fonte: Autores

Pela análise da composição química dos resíduos cerâmico e de rocha ornamental, os resultados mostraram que o composto de maior proporção nos resíduos é o dióxido de silício (SiO_2), sendo 55,52% para o cerâmico e 60,15% para o resíduo de rocha, o que é compatível com o resultado da difração de raio x, que mostrou as fases cristalinas do material devido à presença de quartzo (mineral de composição química SiO_2). As impurezas (compostos MnO, Al_2O_3 e Fe_2O_3), são da ordem de 40% e 20,9% para o resíduo cerâmico e de rocha, respectivamente. Por outro lado, o composto com maior proporção no cimento é o óxido de cálcio (CaO). Além disso, tem-se que os resíduos atendem à exigência química da NBR 12653 (2014) para a caracterização de material pozolânico ($SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3 \geq 70$). A composição química completa destes materiais está apresentada no quadro 1.

Quadro 1 – Composição química dos resíduos e do cimento.

Composição química	Teores (%)		
	Resíduo cerâmico	Resíduo de rocha	Cimento
SiO_2	55,517	60,15	19,32
Al_2O_3	31,498	16,80	4,91
CaO	0,392	6,320	64,85
K_2O	1,758	5,302	0,75
Fe_2O_3	7,849	3,969	3,02
MgO	-	3,678	0,69
SO_3	0,693	1,915	2,75
P_2O_5	0,973	1,105	-
TiO_2	1,098	0,478	-
V_2O_5	0,051	-	-
MnO	0,050	0,085	-
ZnO	0,013	0,012	-
SrO	0,014	0,044	-
ZrO_2	0,064	0,039	-
Rb_2O	0,016	0,027	-
NbO	0,006	-	-
Y_2O_3	0,007	0,004	-
Tm_2O_3	-	0,074	-

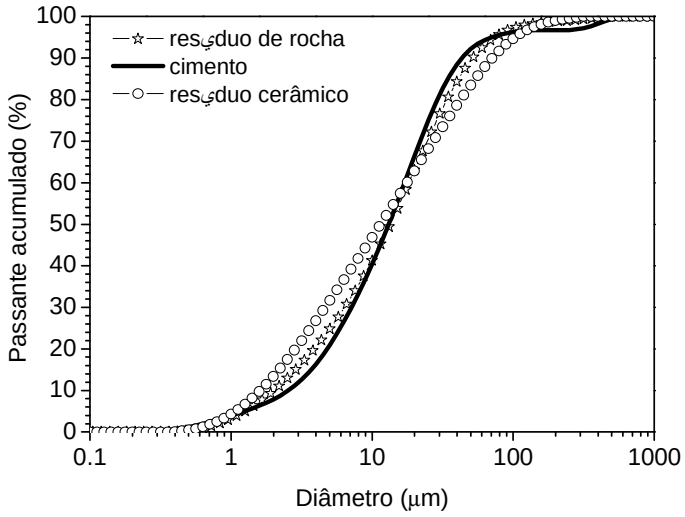
Fonte: Autores

Com relação ao ensaio de atividade pozolânica, a relação entre o valor de resistência à compressão obtido para a argamassa contendo o resíduo cerâmico (REF_RT e para a argamassa de referência (REF) foi igual a 67%. Com base na análise com o resíduo de rocha, o valor desta relação foi igual a 58%. Os dois resultados obtidos encontram-se abaixo do valor mínimo (90%) estabelecido pela NBR 12653 (2014), para a classificação do material como pozolana.

Para efeitos comparativos entre as granulometrias do cimento e dos resíduos, tem-se a figura 7. As curvas mostram que há uma proximidade entre os diâmetros dos grãos dos materiais. Embora o cimento seja ligeiramente mais fino que os resíduos, quando se tem como análise o ponto D95, que

representa o diâmetro correspondente a 95% de passante acumulado, o ponto D50 é similar para os três materiais analisados, ou seja, 50% dos grãos dos três materiais são inferiores a 12 μm, aproximadamente, que atende ao requisito da norma NBR 12653 (2014) para uso como adição mineral. A proximidade entre as granulometrias dos materiais pode indicar que, provavelmente, não há um empacotamento entre eles.

Figura 7 - Curvas granulométricas: cimento e resíduos.



Fonte: Autores

O agregado miúdo utilizado é uma areia quartzosa proveniente do Rio Guandú, de massa específica igual a 2,52g/cm^3, determinada conforme procedimentos da norma NBR NM 52 (2009). É uma areia fina, com módulo de finura igual a 2,17 e dimensão máxima característica igual a 4,8mm. O agregado graúdo é de origem granítica de massa específica igual a 2,65g/cm^3 e dimensão máxima característica igual a 9,5mm. As curvas granulométricas dos agregados foram obtidas conforme procedimento da NBR NM 248 (2003).

Fez-se uso, também do superplastificante denominado "Glenium 51", produzido pela BASF, com um teor de sólidos de 32,6% e de um aditivo modificador de viscosidade (VMA). Como buscou-se um concreto de elevada trabalhabilidade de forma a possibilitar incorporação de fibras metálicas e gerar um concreto homogêneo e com bom comportamento mecânico, utilizou-se o VMA para controle de exsudação. A água foi proveniente da rede de abastecimento urbano da cidade do Rio de Janeiro.

3 DOSAGEM E PRODUÇÃO

As argamassas de referência (AR) possuem o seguinte proporcionamento de materiais: 694,24 kg/m^3 (cimento), 1264 kg/m^3 (areia), 294,94 l/m^3 (água) e 0,25% (teor de aditivo, como porcentagem de sólidos da massa de material

cimentício). O traço é dado pela relação 1:1,82:0,43. As argamassas contendo o resíduo cerâmico (AR_RC) e o resíduo de rocha (AR_RR) foram produzidas contendo 10%, 20%, 30% e 40% de resíduo, em substituição, em volume, ao cimento Portland. O teor de aditivo utilizado foi ajustado de forma a que cada argamassa apresentasse o espalhamento pela mesa de consistência igual a 32 ± 2 cm (valor de espalhamento obtido para a argamassa de referência). A relação água/cimento foi mantida igual para todas as argamassas que foram produzidas em uma argamassadeira de 5 litros em ambiente climatizado. Após a produção, os corpos de prova foram mantidos em ambiente úmido até o momento da desmoldagem, em seguida, foram mantidos em cura úmida até a idade de ensaio.

Em relação à dosagem dos concretos, o proporcionamento dos materiais para o concreto de referência (CR) foi igual a 450 kg/m^3 (cimento), 819,7 kg/m^3 (areia), 845,7 kg/m^3 (brita), 191,5 l/m^3 (água) e 0,25% (teor de aditivo), cujo traço foi igual a 1: 1,82:1,88:0,43. O concreto com resíduo cerâmico (CR_RC) e o concreto com resíduo de rocha (CR_RR) foram produzidos incorporando-se à matriz cimentícia 10% de resíduo em substituição, em volume, ao cimento Portland. Com a utilização dos resíduos, o teor de aditivo foi de 0,5% e foi adicionado, também, um aditivo modificador de viscosidade no teor de 0,03% (porcentagem em relação à massa de cimento). A relação água/cimento passou a ser igual a 0,435. Os concretos foram produzidos em uma betoneira com capacidade de 120 litros. O procedimento de moldagem e cura é similar ao procedimento descrito para as argamassas.

4 METODOLOGIAS DE ENSAIO

A caracterização reológica das argamassas foi obtida por meio do ensaio de espalhamento da mesa de consistência padrão. A caracterização mecânica foi obtida por meio de ensaios de resistência à compressão simples, em corpos de prova cilíndricos de dimensões 50mm de diâmetro x 100mm de altura. Os ensaios foram realizados nas idades de 1, 3, 7 e 28 dias, em uma máquina com capacidade de 30 toneladas, a uma velocidade igual a 50 kgf/s.

Os concretos foram avaliados reologicamente por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone, conforme procedimentos da NBR NM 67 (1998). A avaliação mecânica foi realizada através de ensaios de resistência à compressão simples em corpos de prova cilíndricos com dimensões iguais a 100mm de diâmetro x 200mm de altura, nas idades de 1, 3, 7 e 28 dias. Os ensaios foram realizados em uma máquina hidráulica com capacidade para 150 toneladas, com controle de deformação a uma taxa igual a 0,025%/min.

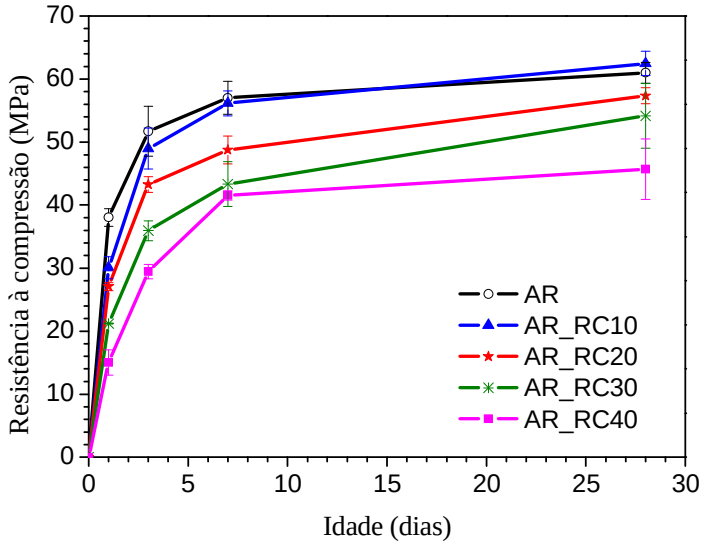
A avaliação da durabilidade foi realizada através de ensaios de absorção de água por imersão (ABNT NBR 9778, 2005) e por capilaridade (ABNT NBR 9779, 2012). Todos os ensaios foram realizados em corpos de prova cilíndricos de dimensões 100mm de diàmetro x 200mm de altura.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A argamassa de referência(AR) apresentou-se bastante fluida e de fácil trabalhabilidade com 32 cm de espalhamento e um uso de teor de aditivo de 0,25%. Com a incorporação do resíduo, houve uma tendência de redução no valor de espalhamento e, por isso, foi necessário o aumento no teor de aditivo na mistura. As argamassas produzidas com 10% de resíduo (AR_RC10) tiveram cerca de 31 cm de espalhamento com 0,32% do uso de aditivo, enquanto as argamassas de 20% (AR_RC20) e 30% (AR_RC30), obtiveram um espalhamento médio de 30cm com uso de teor de sólidos de aditivo de 0,37 e 0,42 respectivamente. As argamassas com incorporação do resíduo de rocha ornamental também apresentaram valores de espalhamento na faixa de 30cm a 32cm, com uso de aditivo variando de 0,35% (10% de resíduo) a 0,45% (30% de resíduo).

A Figura 9 apresenta os valores de resistência à compressão das argamassas contendo resíduo cerâmico, nas idades de 1, 3, 7 e 28 dias. A argamassa contendo contendo 10% de resíduo cerâmico foi aquela que apresentou valores de resistência à compressão mais próximos aos valores obtidos para a referência.

Figura 9 - Resistência à compressão das argamassas com resíduo cerâmico.



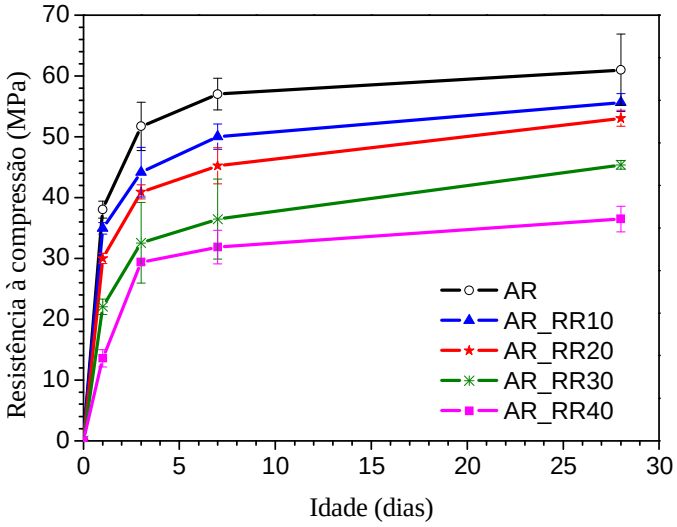
Fonte: Os autores

Para a argamassa AR_RC40 a diferença entre os valores de resistência à compressão aos 7 e 28 dias foi inexpressiva. Para a idade de 28 dias, a argamassa com 10% de resíduo apresentou valores de resistência à compressão ligeiramente superior à argamassa de referência. Mesmo considerando a análise de difratograma de raios-X e o ensaio de atividade pozolânica onde mostra que o material possui fases cristalinas e seu índice de atividade pozolânica é inferior ao limite definido pela norma, para consideração do material como pozolana, o resíduo cerâmico mostrou que, principalmente, para as idades de 7 e 28 dias, há uma tendência de obtenção de valores de resistência à compressão próximos aos valores

obtidos para a argamassa de referência. Quando foram incorporados maiores teores (20%, 30% e 40%), os valores de resistência à compressão obtidos foram inferiores quando comparados com a argamassa de referência.

Com relação ao resíduo de rocha (figura 10), independentemente da idade, as argamassas apresentaram menores valores de resistência à compressão, em relação à argamassa de referência. Quanto maior o teor de substituição de cimento por resíduo, menor foi à resistência à compressão axial obtida. A análise de difratograma (figura 1) e o resultado do ensaio de atividade pozolânica (tabela 1) confirmam tal resultado. Além disso, um provável efeito filler também não foi constatado, uma vez que há uma proximidade entre o tamanho médio dos grãos, conforme está mostrado no gráfico das curvas granulométricas do cimento e do resíduo de rocha (figura 7). Ainda assim, aos 28 dias, as reduções observadas nos valores de resistência à compressão foram ligeiramente inferiores aos teores de substituição do cimento pelo resíduo, por exemplo, para uma substituição de 30% de cimento por resíduo (argamassa AR_RR30), foi observada uma redução de 25% no valor de resistência à compressão, em relação à argamassa de referência.

Figura 10 - Resistência à compressão das argamassas com resíduo de rocha.



Fonte: Os autores

Em função dos resultados obtidos nas argamassas, a avaliação do efeito dos resíduos nos concretos foi feita com a incorporação de 10% de resíduo, em substituição parcial ao cimento Portland.

O quadro 2 apresenta os resultados obtidos pela avaliação do abatimento do tronco de cone realizado nos concretos. O concreto referência (CR), apresentou um valor de abatimento igual a 19cm. Não foi determinado o valor de espalhamento para este concreto, uma vez que o mesmo não apresentou fluidez suficiente para se medir o diâmetro da massa de concreto sobre a placa de ensaio. Os resultados também mostram que mesmo com incorporação de resíduo foi possível a produção de concretos

com alto valor de espalhamento, da ordem de 50 cm, com ausência de exsudação (figura 11).

Quadro 2 – Resultados da avaliação reológica dos concretos.

Concretos	Abatimento (cm)	Espalhamento (cm)
CR	19	-
CR_RC10	-	50,5
CR_RR10	-	50,0

Fonte: Os autores

Figura 11 - Ilustração do espalhamento do concreto CR_RC10.



Fonte: Os autores

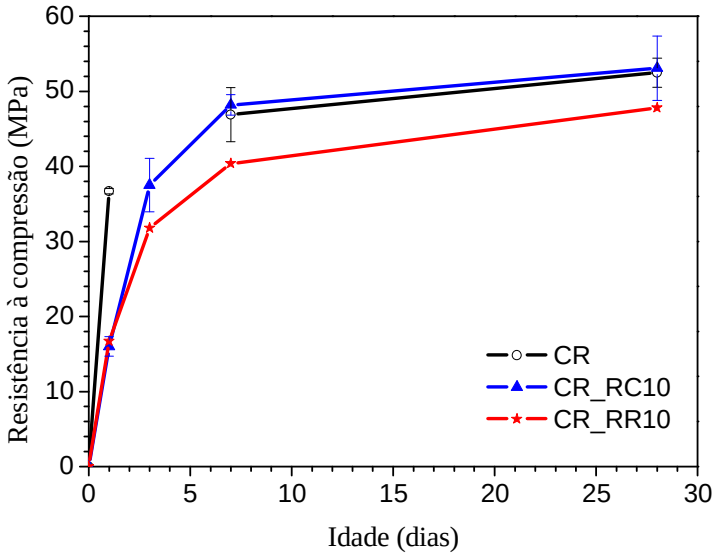
Os valores médios e respectivos coeficientes de variação de resistência à compressão (f_c), deformação axial (ε_a) e módulo de elasticidade (E), obtidos aos 1, 3, 7 e 28 dias de idade, estão apresentados no quadro 3. Observa-se, entretanto, que, por problemas decorridos durante o período de execução de alguns ensaios, nem todos os resultados puderam ser obtidos. Os resultados de resistência à compressão também estão ilustrados na figura 12.

Quadro 3 – Propriedades mecânicas dos concretos.

Concretos	Idades	f_c – CV (MPa) – (%)	ε_a - CV (με) - (%)	E - CV (GPa) - (%)
CR	1	36,7 – 1,0	-	-
	3	- -	-	-
	7	46,9 – 7,7	-	-
	28	52,5 – 3,7	-	-
CR_RC10	1	16,0 – 8,2	4008 - 8,1	17,5 - 1,2
	3	37,5 – 9,5	2908 - 3,4	24,0 - 4,0
	7	48,2 – 2,8	2612 - 6,3	27,0 - 4,5
	28	53,1 – 8,1	2338 - 13,5	29,0 - 3,2
CR_RR10	1	16,7 -	3860 -	18,0 -
	3	31,8 -	2640 -	25,0 -
	7	40,4 -	2868 -	27,0 -
	28	47,8 -	2364 -	29,0 -

Fonte: Os autores

Figura 12 - Resistência à compressão dos concretos.



Fonte: Os autores

Os resultados mostram uma tendência de melhor comportamento mecânico do concreto com resíduo cerâmico quando comparado ao concreto com resíduo de rocha.

Quando se faz uma comparação dos concretos com resíduo em relação ao concreto sem resíduo (CR), observa-se que, assim como observado nos resultados das argamassas, o efeito da introdução do resíduo foi mais pronunciado em idades mais avançadas, ou seja, há uma redução na diferença entre os valores de resistência à compressão com a evolução da idade. Com 1 dia de idade, observa-se uma diferença de 56,0% (redução) entre os os valores de resistência à compressão dos concretos CR e CR_RC10. Entretanto, aos 7 e 28 dias de idade, essa diferença (incremento) é de 2,7% e 1,1%, respectivamente. Aos 28 dias de idade, o melhor resultado foi do concreto com incorporação de resíduo cerâmico. A variação observada nos valores de deformação axial e módulo de elasticidade entre os concretos com incorporação de resíduos foi de no máximo 10%.

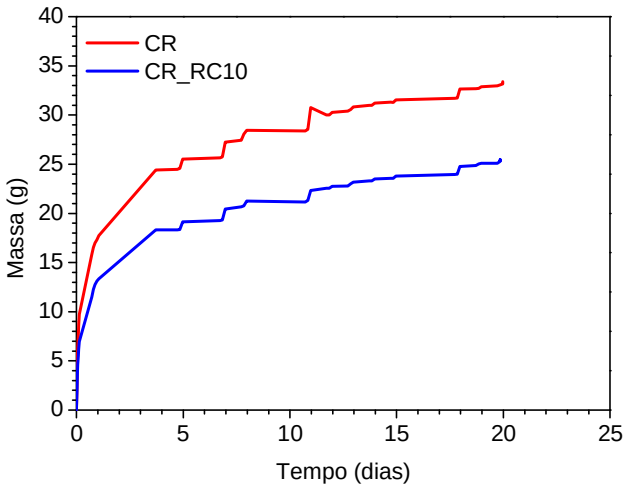
Com relação à durabilidade, o quadro 4 apresenta os valores de absorção de água por imersão e índice de vazios e a figura 13 apresenta a absorção de água por capilaridade, ilustrando o ganho de massa com o tempo. Estas propriedades foram avaliadas somente no concreto com incorporação do resíduo cerâmico (CR_RC10) em comparação ao concreto referência (CR).

Quadro 4 - Resultados de absorção.

Concretos	Absorção de água por imersão (%)	Índice de vazios (%)
CR	2,59	4,48
CR_RC10	2,12	3,16

Fonte: Os autores

Figura 13 - Curva de absorção de água por capilaridade dos concretos.



Fonte: Os autores

Os resultados mostram que a incorporação do resíduo cerâmico nos concretos foi benéfica uma vez houve redução na absorção de água tanto por imersão quanto por capilaridade, além da redução no índice de vazios.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise experimental em argamassas permitiu avaliar diferentes teores de utilização dos resíduos estudados. O resíduo cerâmico apresentou melhor comportamento, sob compressão, quando comparado com o resíduo de rocha. Para o resíduo cerâmico os resultados indicaram que teores de substituição maiores que 10% acarretam uma redução significativa da resistência à compressão. Para o resíduo de rocha em todos os teores analisados houve redução da resistência à compressão. A análise experimental realizada em concretos utilizando teores de substituição de 10% permitiu verificar a viabilidade da utilização dos resíduos estudados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPERJ pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. S.. **Estudo das características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, 2008. 133 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Situação e perspectivas do setor brasileiro de rochas ornamentais. In: 46º Congresso Brasileiro de Geologia, 2012 Santos, São Paulo. **Anais eletrônicos**. Disponível em: http://www.abirochas.com.br. Acesso em 19 de nov. 2012.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR NM 67**: concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____.**NBR NM 23**: Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

_____.**NBR 9778**. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Indice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

_____.**NBR NM 52**. Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____.**NBR 12653**: materiais pozolânicos - requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

_____.**NBR 5752**: materiais pozolânicos: determinação de atividade pozolânico com cimento Portland. Rio de Janeiro, 2012.

_____.**NBR 9779**. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 248**: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

DIAS, J. F. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo**. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2004. 251 p.

GONÇALVES, J. P., MOURA, W. A. **Uso de resíduos sólidos como materiais de construção: uma alternativa para redução do impacto ambiental no setor da construção civil.** Diálogos & Ciência – Revista da Rede de Ensino FTC, 2007.

LOPES, J. L. M. P., BACARJI, E., FIGUEIREDO, E. J. P., RÊGO, J. H. S., PEREIRA, A. C. **Estudo do potencial de utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG), como fíler, na produção de concreto**. Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão da UFG, 2006.

VIEIRA, A. A. P. **Estudo do aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha como substituição pozolânica em argamassas e concretos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 2005. 107 p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

REDUÇÕES NA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PELO EMPREGO DE TECNOLOGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA: UMA ANÁLISE PILOTO EM REGIÕES RESIDENCIAIS DO DISTRITO FEDERAL[1]

ALVARES, Karla (1); SANT'ANA, Daniel (2)

(1) UNB, e-mail: alvares.karla@gmail.com; (2) UNB, e-mail: dsantana@unb.br.

RESUMO

Em estudo prévio, a viabilidade de tecnologias conservadoras de água foram identificadas para diferentes faixas de renda familiar e tipologias residenciais no Distrito Federal utilizando-se de modelos estatísticos representativos compostos por um levantamento quali-quantitativo. Este artigo, fruto de um trabalho de conclusão de curso de pós-graduação *lato sensu*, dá continuidade a esse estudo prévio, com o intuito de verificar as reduções na exploração de recursos hídricos pelo emprego de tecnologias conservadoras de água em determinadas regiões residenciais do Distrito Federal, considerando diferentes cenários de implementação.

Palavras-chave: Recursos hídricos, Conservação de água, Custos de exploração.

ABSTRACT

In a previous study, the feasibility of conservative water technologies have been identified for different family income ranges and residential typologies in Federal District, using representative statistical models consisting of a qualitative and quantitative survey. This article, the result of work completion sensu post-graduation course, continues this previous study, in order to verify the reductions in exploitation of water resources by the use of conservative water technologies in certain residential areas of the Federal District considering different implementation scenarios.

***Keywords**: Water resources. Water conservation. Exploration costs.*

1 INTRODUÇÃO

Um estudo prévio caracterizou os usos finais do consumo de água para diferentes tipologias residenciais e faixas de renda familiar em oito regiões administrativas (RA's) do Distrito Federal. Com isso, diferentes tecnologias conservadoras de água foram avaliadas em termos de sua viabilidade técnica, econômica e ambiental, apresentando soluções ótimas para cada tipologia e renda (SANT'ANA, 2011). Tal estudo utilizou uma metodologia qualitativa, onde caracterizou-se os usos finais do consumo doméstico de água em 125 residências por meio de uma auditoria quantitativa para coleta

[1] ALVARES, Karla; SANT'ANA, Daniel. Reduções na exploração de recursos hídricos pelo emprego de tecnologias conservadoras de água: uma análise piloto em regiões residenciais do Distrito Federal. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

e análise de dados, e uma abordagem quantitativa, que baseou-se em questionários voltados a moradores, coletando dados primários sobre os aspectos socioeconômicos, consumo doméstico de água e características tipológicas para 481 residências no DF.

Nesse estudo, as RA's foram categorizadas conforme renda familiar: i) Residências de Renda Alta (RRA); ii) Residências de Renda Média Alta (RRMA); iii) Residências de Renda Média Baixa (RRMB); e iii) Residências de Renda Baixa (RRB).

Sant'Ana (2011) identificou que RRA apresentam a maior taxa de consumo de água diário, com uma média de 1.283 l/dia. Em RRMA, a taxa de consumo é de 630 l/dia; em RRMB é de 625 l/dia e em RRB de 483 l/dia, demonstrando que a taxa de consumo de água está diretamente ligada com a faixa de renda.

Como resultados, o estudo demonstrou que o uso equipamentos economizadores de água provou ser a solução mais viável para a redução do consumo de água, independente da faixa de renda ou tipologia, uma vez que esse tipo de intervenção requer pouca ou nenhuma grande obra dentro das residências e se mostra uma estratégia viável para redução do consumo. No geral, os sistemas de reúso de água foram capazes de promover maiores reduções no consumo de água do que o uso de equipamentos economizadores. O investimento em sistemas de reúso direto não tratado pelo reúso de águas cinzas através da prática do "balde e tonel", se provou viável em residências unifamiliares de todas as faixas de renda. Sistemas de reúso de águas cinzas e recuperação de águas residuárias, provou ser mais viável em RRMA em função do seu alto índice de consumo de água.

1.1 Metodologia

Com base nos dados relativos ao consumo de água (Sant'Ana, 2011), juntamente com dados estatísticos da CAESB (2011) relacionados à demanda de água, e do número de domicílios por RA (PDAD, 2014), foi possível identificar os benefícios ambientais e financeiros promovidos pelo emprego de tecnologias conservadoras de água em diferentes tipologias residenciais do DF.

Os dados de consumo relativos à RA Taguatinga foram apresentados em conjunto com às RA's de Águas Claras, Vicente Pires e Arniqueiras de forma que não foi possível desagregá-los.

Como ponto de partida, foi estimado a Demanda-Base[2] a partir do número de domicílios por RA e o indicador de Consumo-Base[3] por faixa de renda (Equação 01). Em seguida, os valores obtidos (Demanda-Base) foram comparados com dados estatísticos, com intuito de verificar a

[2] Termo utilizado para expressar valores *baseline* de demanda de água por região administrativa do Distrito Federal

[3] Termo usado para expressar valores *baseline* de consumo por domicílio

representatividade dos indicadores de Consumo-Base extraídos de Sant'Ana (2011).

$$D'_{base} = N_{dom} \times IC_{renda} \quad (01)$$

Onde:

D'base – Demanda-base de água por região (x103.m3/ano)

N_{dom} – Número de domicílios por RA

IC_{renda} – Indicador de Consumo-Base por faixa de renda (m3/ano)

Para o cálculo da discrepância (ε), foram utilizados os indicadores de Consumo-Base por faixa de renda (IC_{renda}), juntamente com a Demanda por região ($D_{região}$) - Equação 02. Não foi possível analisar a discrepância na demanda das regiões de Taguatinga e Águas Claras uma vez que estes dados não estavam disponíveis para cada uma das regiões separadamente.

$$\varepsilon = 100 - [(D_{região} \div D'_{base})] \times 100 \quad (02)$$

Onde:

ε – Discrepância (%)

$D_{região}$ – Demanda por região (x10³.m³/ano)

D'_{base} – Demanda-base de água por região (x10³.m³/ano)

Tabela 1- Cálculo da Demanda-Base

RA	Domicílios*	$D_{região}$**	IC_{renda}***	D'_{base}****	ε****
		(x10³.m³/ano)	*(m³/ano)*	*(x10³.m³/ano)*	
Lago Norte	11.032	4.340	468	5.166	16
Lago Sul	8.742	6.928	468	4.094	41
Brasília	78.601	33.095	230	18.074	45
Águas Claras	39.362	---	230	9.051	---
Taguatinga	67.147	---	228	15.318	---
Candangolândia	4.592	889	228	1.048	15
Ceilândia	126.765	19.232	176	22.348	14
Samambaia	61.840	9.873	176	10.902	9

Fonte: PDAD (2014)*; CAESB (2011)**; SANT'ANA (2011)***; os autores****

De acordo com a Tabela 1, Lago Sul e Brasília apresentaram uma discrepância maior quando comparadas com as demais RA's. No caso de Brasília, isso pode ter acontecido devido ao alto número de tipologias não residenciais presentes na região. De acordo com o PDAD (2014), fazem parte do Lago Sul o Aeroporto Internacional de Brasília, a Base Aérea de Brasília e o Campo Experimental Água Limpa da Universidade de Brasília. A região conta também com diversas tipologias não-residenciais, como escolas, hospitais,

comércio e áreas de lazer com grandes áreas construídas, como o Jardim Botânico, a Ermida Dom Bosco, o Pontão do Lago Sul e diversos clubes. Além disso, os dados publicados pela Caesb contabilizaram o Jardim Mangueiral para o cálculo da demanda urbana de água, cujo número de domicílios não foram contemplados no PDAD.

Baseado na demanda-base (D'_{base}) calculada para cada região (Tabela 1) e nos dados de viabilidade de medidas de conservação de água para cada faixa de renda (Sant'Ana, 2011), foram criados 4 cenários para que fosse analisada a redução da exploração dos recursos hídricos do DF:

- **Cenário 1:** 100% dos domicílios fazem uso de tecnologia(s) de conservação de água;
- **Cenário 2:** 75% dos domicílios fazem uso de tecnologia(s) de conservação de água;
- **Cenário 3:** 50% dos domicílios fazem uso de tecnologia(s) de conservação de água;
- **Cenário 4:** 25% dos domicílios fazem uso de tecnologia(s) de conservação de água.

Dentre as medidas conservadoras de água, foram analisados o uso de equipamentos economizadores de água e sistemas de aproveitamento de água pluvial (APP), reúso de águas cinzas (RAC) e sistemas recuperação de águas residuárias (RAR) comercialmente disponíveis. Dentre os usos não potáveis, foram considerados:

- **Reúso 1:** irrigação e lavagem de pisos;
- **Reúso 2:** irrigação, lavagem de pisos e descargas sanitárias;
- **Reúso 3:** irrigação, lavagem de pisos, descargas sanitárias e lavanderia.

Os benefícios ambientais promovidos pela redução na exploração de água ($x10^3.m^3$/ano) por RA foram identificados pelo produto entre os valores de Demanda-Base e Índice de Redução do consumo de água promovidos pelas diferentes tecnologias conservadoras para cada faixa de renda familiar. Isso possibilitou a identificação das economias anuais geradas em R$/ano baseado nos custos de exploração de água (CAESB, 2015).

O produto entre os custos de implementação de tecnologias conservadoras de água e número de domicílios por região administrativa possibilitou a identificação do custo-capital de investimento pelo emprego de diferentes tecnologias conservadoras de água. Com isso, os benefícios financeiros promovidos pela redução na exploração de água por RA foram estimados, identificando o período de retorno de investimento em larga escala.

Para se obter o tempo de retorno deste investimento, *payback*, utilizou-se o capital total investido e a economia de água gerada por cada uma das estratégias conservadoras de água (Equação 03).

(03)

$$Payback_{ano} = \frac{Capital_{invest.}}{Economia}$$

Onde:

$Payback_{ano}$ – Tempo de retorno do investimento

$Capital_{invest}$ – Capital total investido (R$)

Economia – Economia de água (R$/ano)

Pôde-se perceber que a economia gerada é proporcional ao potencial de redução do consumo de água promovido pelas tecnologias conservadoras de água. Quanto maior for o investimento maior serão os benefícios econômicos. Em função disso, observa-se o mesmo período de retorno para os diferentes cenários, ou seja, o montante investido sempre será viável.

2 AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO DA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS PELO EMPREGO DE TECNOLOGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA

As Tabela 2 e 3, respectivamente, apresentam os potenciais de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores e sistemas de reúso em RRA. Os resultados obtidos demonstram que, para esta faixa de renda, o uso de equipamentos economizadores pode promover grandes reduções na exploração. Considerando-se o Cenário 1, o potencial de redução pode chegar até a 3.778x10^3.m^3/ano, o equivalente à R$15.905.829,00. Dentre estes equipamentos, os que promovem maior redução na exploração são lavadoras de alta pressão. Os sistemas de reúso em geral são capazes de promover reduções equivalentes à 3.352x10^3.m^3/ano, ou R$14.112.525,00.

Tabela 2 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores em Residências de Renda Alta

RESIDÊNCIAS DE RENDA ALTA				
	Cenário 1 *(x10³.m³/ano)*	**Cenário 2** *(x10³.m³/ano)*	**Cenário 3** *(x10³.m³/ano)*	**Cenário 4** *(x10³.m³/ano)*
EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR				
Restritor de Vazão em torneiras de banheiros	296	222	148	74
Válvula de descarga 6 litros	361	271	181	90
Válvula de descarga dual flush (3/6 litros)	639	479	319	160
Sensor em torneira de cozinha	352	264	176	88
Restritor de Vazão em torneiras de cozinha	269	201	134	67
Restritor de Vazão em torneiras de tanque	102	76	51	25
Bocal da mangueira de	111	83	56	28

fechamento automático				
Lavadora de alta pressão	963	722	482	241
Reparo de vazamento	685	514	343	171
TOTAL *(x10.m³/ano)*	**3.778**	**2.834**	**1.889**	**945**
ECONOMIA GERADA *(R$/ano)*	**15.905.829**	**11.929.372**	**7.952.915**	**3.976.457**

Fonte: Os autores

Tabela 3 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de sistemas de reúso em Residências de Renda Alta

RESIDÊNCIAS DE RENDA ALTA								
	Cenário 1		**Cenário 2**		**Cenário 3**		**Cenário 4**	
	Pot. Red. *(x10³.m³/ano)*	**Econ.** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA CONSUMO BASE								
Cisterna 1m³ - Reúso1	994	4.186.842	746	3.140.132	497	2.093.421	249	1.046.711
Cisterna 5m³ - Reúso1	1.067	4.491.340	800	3.368.505	533	2.245.670	267	1.122.835
Cisterna 10m³ - Reúso 1	1.148	4.833.900	861	3.625.425	574	2.416.950	287	1.208.475
Cisterna 5m³ - Reúso 2	1.796	7.563.066	1.347	5.672.299	898	3.781.533	449	1.890.766
Cisterna 10m³ - Reúso 2	1.880	7.913.930	1.410	5.935.447	940	3.956.965	470	1.978.482
Cisterna 10m³ Reúso 3	2.834	11.929.372	2.125	8.947.029	1.417	5.964.686	708	2.982.343
Cisterna 20m³ - Reúso 3	3.010	12.670.084	2.257	9.502.563	1.505	6.335.042	752	3.167.521
Cisterna 30m³ - Reúso 3	3.185	13.410.797	2.389	10.058.098	1.593	6.705.399	796	3.352.699
Cisterna 40m³ - Reúso 3	3.352	14.112.525	2.514	10.584.394	1.676	7.056.262	838	3.528.131
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO BASE								
Sistema balde e tonel - 300L	880	3.703.563	660	2.777.672	440	1.851.782	220	925.891
RAC p/ irrigação superficial	1.463	6.159.610	1.097	4.619.708	732	3.079.805	366	1.539.903

Fonte: Os autores

As Tabelas 4 e 5 demonstram os potenciais de redução na exploração pelo uso de equipamentos economizadores e sistemas de reúso em RRMA. Nesta faixa de renda, equipamentos economizadores se mostraram estratégias bastante eficazes para redução da exploração. Considerando o Cenário 3 de Brasília e Águas Claras, o uso dos equipamentos economizadores terá um potencial de redução de 4598x10^3.m^3/ano, o que representa uma economia de R$19.356.687,00 para CAESB. O sistema RAC apresentou a maior capacidade de redução, atingindo o máximo 18.174x10^3.m^3/ano e mínimo de 4544x10^3.m^3/ano no Cenário 4.

Tabela 4 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores em Residências de Renda Média Alta

RESIDÊNCIAS DE RENDA MÉDIA ALTA				
	Cenário 1 *(x10³.m³/ano)*	**Cenário 2** *(x10³.m³/ano)*	**Cenário 3** *(x10³.m³/ano)*	**Cenário 4** *(x10³.m³/ano)*
EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR				
Restritor de Vazão em torneiras de banheiros	1.872	1.404	936	468
Válvula de descarga 6 litros	1.411	1.058	705	353
Válvula de descarga dual flush (3/6 litros)	2.441	1.831	1.221	610
Sensor em torneira de cozinha	1.655	1.241	827	414
Restritor de Vazão em torneiras de cozinha	1.112	834	556	278
Restritor de Vazão em torneiras de tanque	488	366	244	122
Lavadora de alta pressão	190	142	95	47
Sistema de irrigação automática	27	20	14	7
TOTAL *(x10.m³/ano)*	**9.196**	**6.897**	**4.598**	**2.299**
ECONOMIA GERADA *(R$/ano)*	**38.713.373**	**29.035.030**	**19.356.687**	**9.678.343**

Fonte: Os autores

Tabela 5 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de sistemas de reúso em Residências de Renda Média Alta

RESIDÊNCIAS DE RENDA MÉDIA ALTA								
	Cenário 1		**Cenário 2**		**Cenário 3**		**Cenário 4**	
	Pot. Red. *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA CONSUMO BASE								
Cisterna 1m³ - Reúso1	190	799.391	142	599.543	95	399.696	47	199.848
Cisterna 5m³ - Reúso1	217	913.590	163	685.192	109	456.795	54	228.397
Cisterna 10m³ - Reúso1	217	913.590	163	685.192	109	456.795	54	228.397
Cisterna 15m³ - Reúso1	244	1.027.789	183	770.842	122	513.894	61	256.947
SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO REDUZIDO								
Sistema de tratamento de águas cinzas - reúso3	18.174	76.513.157	13.631	57.384.868	9.087	38.256.578	4.544	19.128.289
SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA CONSUMO REDUZIDO								
Sistema de tratamento de águas residuárias - reúso 2	4.530	19.071.190	3.397	14.303.392	2.265	9.535.595	1.132	4.767.797

Fonte: Os autores

Em RRMB e RRB, o único sistema de reúso viável é o RAC pela prática "balde e tonel", que reutiliza as águas provenientes das máquinas de lavar roupas

para lavagem de pisos. Nessas faixas de renda, essa estratégia apresenta um potencial de redução que pode chegar à 1555x10³m³/ano em RRMB e 1113x10³m³/ano, conforme apresentado nas Tabelas 6 e 7 abaixo.

Tabela 6 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de sistemas de reúso em Residências de Renda Média Baixa

RESIDÊNCIAS DE RENDA MÉDIA BAIXA								
	Cenário 1		**Cenário 2**		**Cenário 3**		**Cenário 4**	
	Pot. Red. *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*
SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO BASE								
Sistema balde e tonel - 300L	1.555	6.545.365	1.166	4.909.024	777	3.272.683	389	1.636.341

Fonte: Os autores

Tabela 7 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de sistemas de reúso em Residências de Renda Baixa

RESIDÊNCIAS DE RENDA BAIXA								
	Cenário 1		**Cenário 2**		**Cenário 3**		**Cenário 4**	
	Pot. Red. *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*	**Pot. Red.** *(x10³.m³/ano)*	**Economia** *(R$/ano)*
SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO BASE								
Sistema balde e tonel - 300L	1.113	4.685.730	835	3.514.298	557	2.342.865	278	1.171.433

Fonte: Os autores

O uso de equipamentos economizadores de água em RRMB pode atingir uma redução que chega 11.685x10³m³/ano, ou R$49.193.589,00 anuais. Em RRB, a redução chega à 23.475x10³m³/ano. Mesmo o cenário menos otimista dessa faixa de renda apresenta resultados significativos: 5.869x10³m³/ano, ou R$ 24.706.999,00, conforme Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores em Residências de Renda Média Baixa

RESIDÊNCIAS DE RENDA MÉDIA BAIXA				
	Cenário 1 *(x10³.m³/ano)*	**Cenário 2** *(x10³.m³/ano)*	**Cenário 3** *(x10³.m³/ano)*	**Cenário 4** *(x10³.m³/ano)*
EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR				
Restritor de Vazão em torneiras de banheiros	704	528	352	176
Válvula de descarga 6 litros	933	700	466	233
Válvula de descarga dual flush (3/6 litros)	1.587	1.191	794	397
Sensor em torneira de cozinha	1.227	921	614	307
Restritor de Vazão em torneiras de cozinha	1.031	773	516	258
Restritor de Vazão em torneiras de tanque	98	74	49	25
Máquina de Lavar roupas de alta eficiência	5.973	4.480	2.987	1.493

Bocal da mangueira de fechamento automático	82	61	41	20
Reparo de vazamento	49	37	25	12
TOTAL *(x10.m³/ano)*	**11.685**	**8.764**	**5.842**	**2.921**
ECONOMIA GERADA *(R$/ano)*	**49.193.589**	**36.895.192**	**24.596.794**	**12.298.397**

Fonte: Os autores

Tabela 9 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores em Residências de Renda Baixa

RESIDÊNCIAS DE RENDA BAIXA				
	Cenário 1 ***(x10³.m³/ano)***	**Cenário 2** ***(x10³.m³/ano)***	**Cenário 3** ***(x10³.m³/ano)***	**Cenário 4** ***(x10³.m³/ano)***
EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR				
Restritor de Vazão em torneiras de banheiros	2.128	1.596	1.064	532
Válvula de descarga 6 litros	1.663	1.247	831	416
Válvula de descarga dual flush (3/6 litros)	2.594	1.945	1.297	648
Sensor em torneira de cozinha	2.328	1.746	1.164	582
Restritor de Vazão em torneiras de cozinha	2.228	1.671	1.114	557
Máquina de Lavar roupas de alta eficiência	11.006	8.254	5.503	2.751
Bocal da mangueira de fechamento automático	166	125	83	42
Reparo de vazamento	1.363	1.022	682	341
TOTAL *(x10.m³/ano)*	**23.475**	**17.606**	**11.737**	**5.869**
ECONOMIA GERADA *(R$/ano)*	**98.827.997**	**74.120.998**	**49.413.999**	**24.706.999**

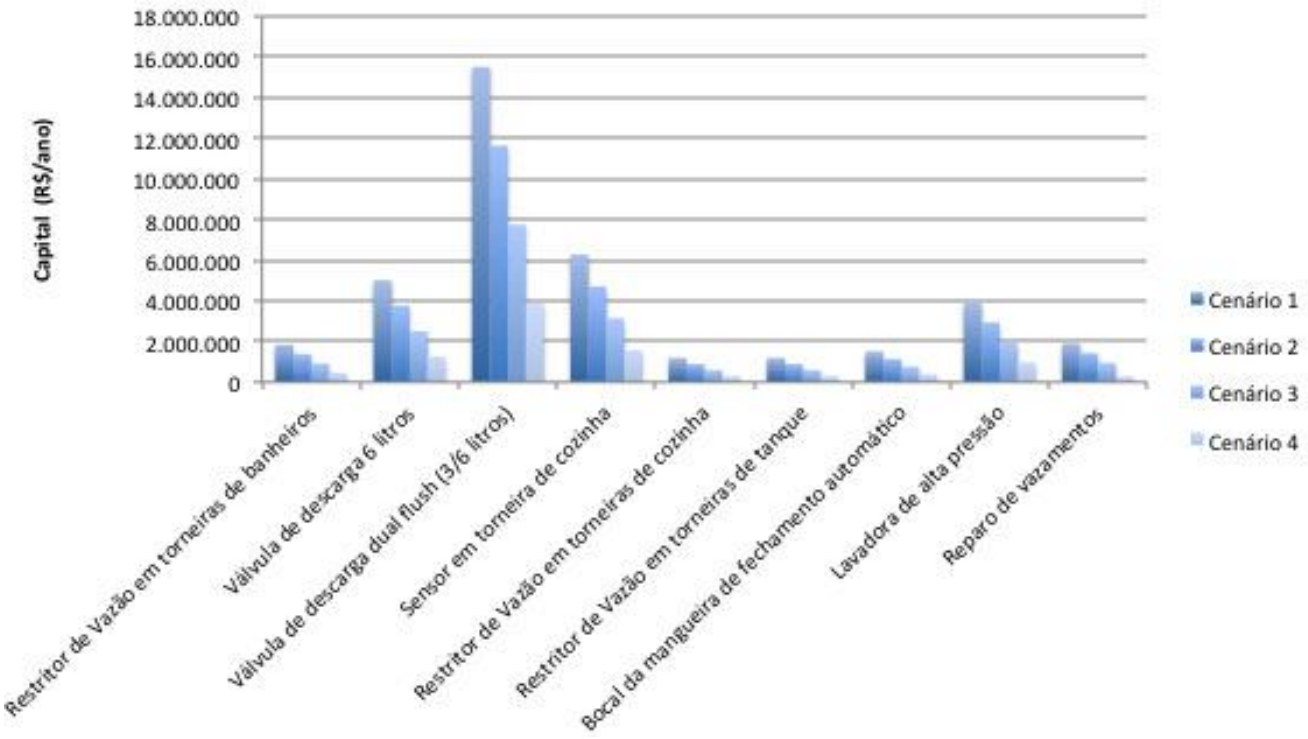
Fonte: Os autores

3 AVALIAÇÃO FINANCEIRA DA REDUÇÃO DA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS PELO EMPREGO DE TECNOLOGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA

A avaliação financeira da redução da exploração dos recursos hídricos em RRA demonstrou que as lavadoras de alta pressão, as válvulas de descarga de 6 litros e *dual-flush* apresentaram os maiores custos unitários e *payback* (Gráfico 1), porém estes equipamentos têm um alto potencial de redução de água para estas faixas de renda. Por isso, visando reduzir ao máximo a exploração dos recursos hídricos, os órgãos locais poderiam investir na distribuição de equipamentos de menor custo para esta faixa de renda e promover benefícios que estimulassem os moradores a investirem nestes equipamentos por conta própria.

O reparo de vazamentos nestas tem um potencial de redução de 7,4% no consumo, e apresenta um baixo custo de implementação e um *payback* de aproximadamente 1 ano, um dos menores dentre os equipamentos analisados. Por isso, esta seria uma estratégia ótima para investimento por parte dos órgãos locais.

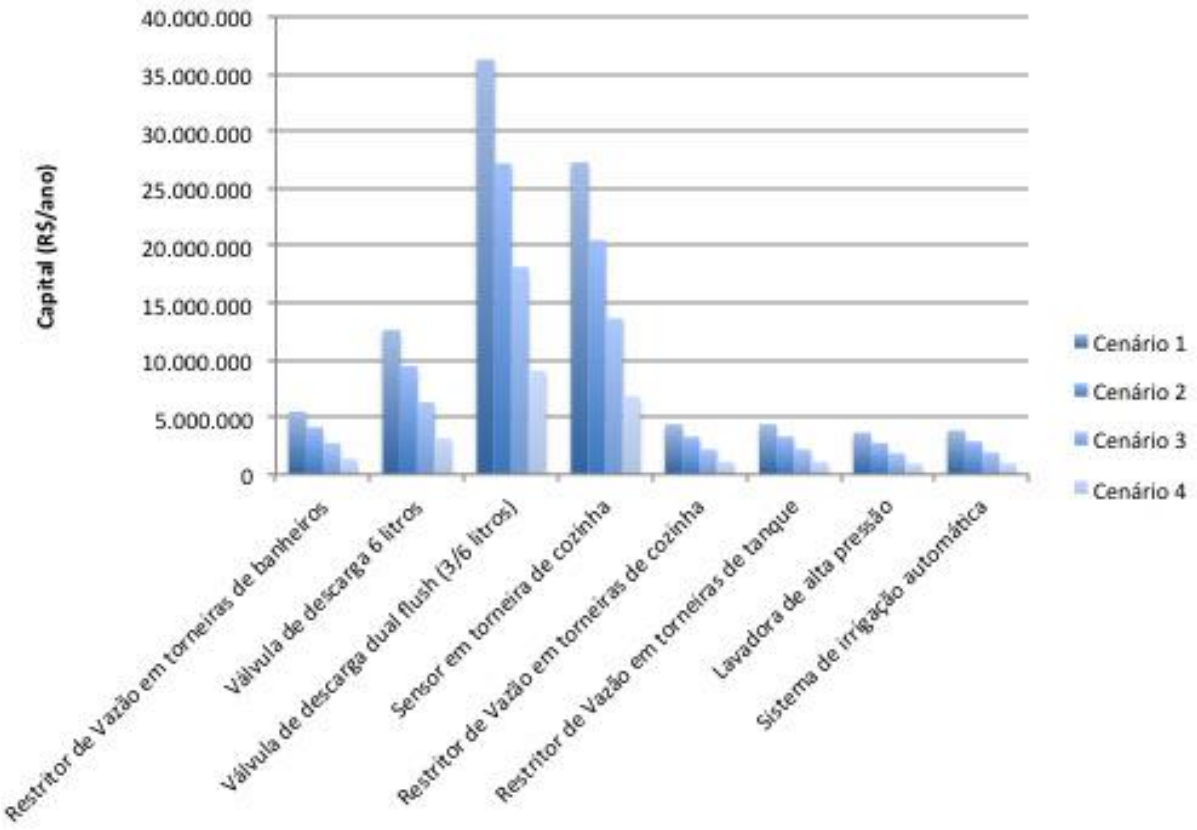
Gráfico 1 - Custo capital para implementação de equipamentos economizadores de água em RRA



Fonte: Os autores

Uma das estratégias com maior potencial de redução da exploração dos recursos hídricos em RRMA é a válvula de descarga *dual flush*, conforme Gráfico 2 abaixo. Porém, esta estratégia necessita de maior capital de investimento. Por isso, nesta faixa de renda, os órgãos locais poderiam promover benefícios que estimulassem os moradores investirem nestes equipamentos por conta própria a fim de alcançar um maior potencial de redução.

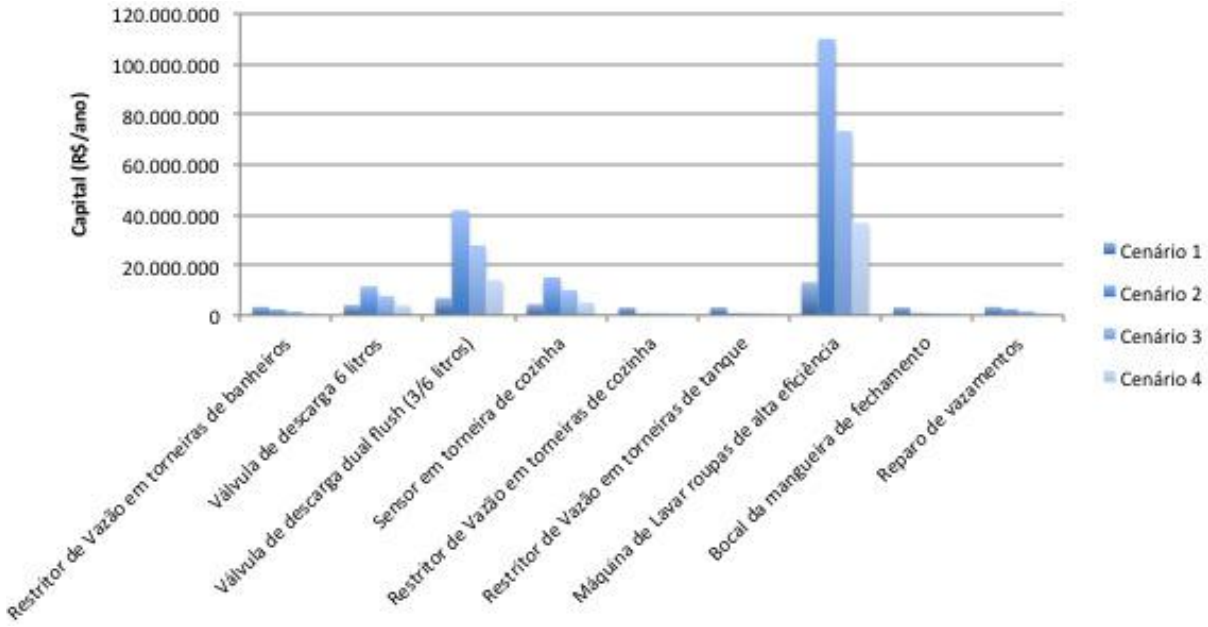
Gráfico 2 - Custo Capital para implementação de equipamentos economizadores de água em RRMA



Fonte: Os autores

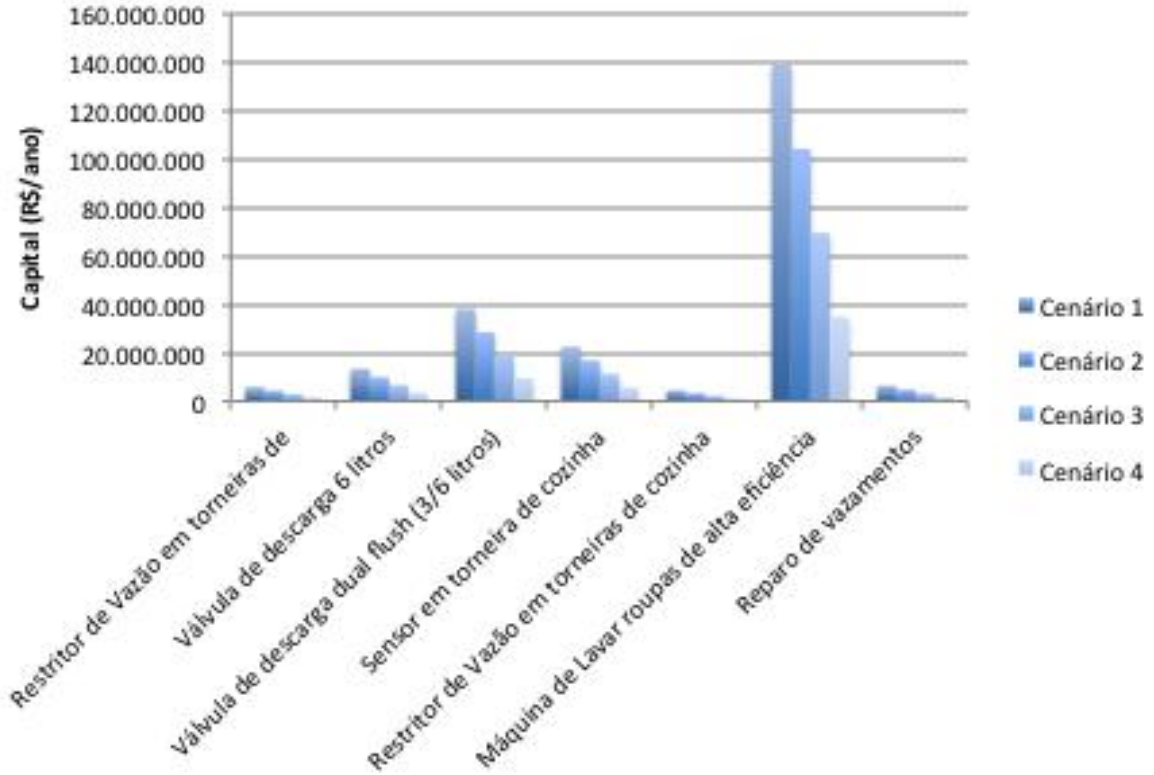
Dentre os equipamentos economizadores de água, a máquina de lavar roupas de alta eficiência é o que apresenta um maior potencial de redução para RRMB e RRB (36%). Uma vez que este é o equipamento que possui o maior valor unitário, os custos para sua implementação são demasiadamente altos (Gráficos 3 e 4). Por isso, o incentivo por órgãos competentes deveriam ser relativos ao seu uso, promovendo benefícios para as residências que a utilizassem. Por outro lado, os restritores de vazão em torneiras apresentam altos percentuais de redução e baixos custos de implementação, sendo, portanto, a estratégia mais viável para investimento por parte dos órgãos locais.

Gráfico 3 - Capital para implementação de equipamentos economizadores de água em RRMB



Fonte: Os autores

Gráfico 4 - Capital para implementação de equipamentos economizadores de água em RRB



Fonte: Os autores

Com relação aos sistemas de reúso, o sistema APP utilizando cisternas de 40m^3 para reúso 3 promovem a maior redução na exploração em RRA,

porém apresentam os maiores custos de implementação e maior *payback*, 34 anos, independente do cenário. O sistema de menor custo de implementação de sistemas APP para esta faixa de renda seria a cisterna de 1m^3 para reúso 1, que varia entre R$20.374.449 no maior Cenário 1 e R$4.036.291 no menor Cenário 4. O período de *payback* deste sistema é de aproximadamente 8 anos e meio. Estes custos e *payback* são altos quando comparados aos equipamentos economizadores, o que demonstra que não vale a pena o governo investir nestes sistemas, mas, devido ao grande potencial de redução de água gerado, vale a pena o investimento por parte dos residentes. Desta forma, valeria a pena o governo pensar em benefícios para as residências que fizessem uso destas estratégias.

Os sistemas de RAC utilizando a "prática balde e tonel" apresentam um baixo custo de implementação: no Cenário 1 do Lago Norte seria de R$1.044.730 com um *payback* de apenas 6 meses. Demonstrando ser viável financeiramente.

Em RRMA, os sistemas RAC e RAR para consumo reduzido apresentam o maior potencial de redução no consumo, porém seus custos de implementação são altos considerando o investimento em todas as residências. O *payback* destes sistemas é de aproximadamente 7 anos. O investimento neste tipo de sistema deve ser feito pelo próprio residente, e vale a pena devido ao alto potencial de redução de água. A fim de contribuir para isto, os órgãos responsáveis podiam investir em benefícios para quem fizesse uso desta estratégia, diminuindo, desta forma, os impactos sobre os recursos hídricos do DF.

Em RRMB e RRB. Nesta faixa o maior *payback* se deu para Ceilândia e Samambaia, 3 e 2 anos, respectivamente. O maior custo de implementação no Cenário 1 foi para Taguatinga, com um total de R$6.358.821. Percebe-se que, para esta faixa de renda, o investimento nestes sistemas é uma estratégia viável devido à sua alta capacidade de redução de água e baixo custo de implementação.

4 CONCLUSÕES

Os equipamentos economizadores foram capazes de promover as maiores reduções na exploração dos recursos hídricos podendo chegar a 3.778x10^3.m^3/ano caso seja implementado em RRA (Cenário 1), 9196x10^3.m^3/ano em RRMA, 11.685x10^3.m^3/ano em RRMB, 23.475x10^3.m^3/ano em RRB. Em função de seu baixo custo e alto nível de reduções, em geral, equipamentos economizadores de água apresentaram um *payback* curto, entre 3 e 6 anos. Entre eles, destacam-se lavadoras de alta pressão, vasos sanitários de descarga reduzida, *dual flush* e restritores de vazão.

No que se diz respeito aos sistemas de reúso, os sistemas AAP utilizando cisternas de 40m^3 em reúso 3, se mostraram uma estratégia extremamente eficaz em RRA, promovendo reduções capazes de atingir 3352x10^3.m^3/ano. Em RRMA, o sistema mais eficaz foi RAC para reúso 3, atingindo um potencial de redução de até 18.174x10^3.m^3/ano. Em RRMB e RRB, o único sistema de

reúso viável foi o reúso de águas cinzas pela prática tonel e balde, que apresentaram um *payback* curto (entre 1 e 3 anos).

Apesar do estudo apresentar informações relevantes voltadas a gestão da demanda de água pelo uso de tecnologias conservadoras de água em diferentes tipologias e faixas de renda, podemos ressaltar que a principal limitação deste estudo encontra-se no fato de que nem todas as regiões administrativas do Distrito Federal foram analisadas, o que abre caminho para futuros estudos em busca de maiores informações.

REFERÊNCIAS

CAESB. **Siágua 2011: Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal**. 19ª Ed. Brasília: Caesb, 2011.

CAESB. **Siágua 2014: Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal**. 22ª Ed. Brasília: Caesb, 2014.

CAESB. **Relatório de indicadores de desempenho da Caesb**. Edição 2015. Brasília: Caesb, 2015.

PDAD. **Pesquisa distrital por amostra de domicílios.** Diretoria de estudos e pesquisas socioeconômicas. Codeplan. Brasília, 2014.

SANT'ANA, D**. *Domestic water use and water conservation in the Federal District, Brazil.*** Tese (Doutorado) – *Oxford Institute for Sustainable Development, Oxford Brookes University*. Oxford, 2011. 392 p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DE CONFIGURAÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PREDIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM EDIFICAÇÕES DE UM *CAMPUS* UNIVERSITÁRIO[1]

ALVES, Andreia Cristina Fonseca (1); SILVA, Renata Benfica Lima (2); PACHECO, Gabriela Cristina Ribeiro (3); CAMPOS, Marcus André Siqueira (4)

(1) UFG, e-mail: andreiacristinacfa@gmail.com; (2) UFG, e-mail: renata_bls@hotmail.com; (3) UFG, e-mail: gabrielacrpacheco@gmail.com; (4) UFG, e-mail: marcusscampos@gmail.com

RESUMO

As alterações climáticas associadas com o crescimento populacional e o aumento contínuo da demanda de água agravam cada vez mais a escassez hídrica, fazendo que o uso de fontes alternativas, como a água pluvial, seja incentivado. Como os sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial devem ser viáveis economicamente para serem atrativos para os investidores, é essencial verificar a viabilidade econômica de cada sistema. Uma vez que a configuração dos mesmos pode alterar sua viabilidade, é necessário também estabelecer qual opção de construção apresenta maior ganho ambiental e econômico. Dessa forma, este estudo busca determinar a viabilidade de um sistema de aproveitamento de água pluvial para três edificações de um campus universitário. Para isso, foi calculado o Valor Presente Líquido (VPL) primeiramente considerando a implantação de um sistema para cada edifício e, por fim, de um sistema coletivo. Os resultados obtidos indicaram que um sistema coletivo, para as três edificações, é mais viável do ponto de vista econômico. Assim, foi comprovado que a configuração de implantação dos sistemas pode ser um fator limitante para a viabilidade do investimento já que condiciona o retorno econômico e o volume de água economizado.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Viabilidade econômica. Sistemas prediais.

ABSTRACT

Climate changes associated with population growth and with the continued increase in water demand increasingly worsening water scarcity, making the use of alternative sources, such as rainwater, be encouraged. As rainwater harvesting systems must be economically feasible to be attractive for investors, it is essential to check the economic feasibility of each system. Once its configuration can change its feasibility, it is also necessary to establish which construction option has more economical and environmental gains. Thus, this final course work seeks to determine the feasibility of a rainwater harvesting system for three buildings of a university campus. For this, it was calculated the Net Present Value (NPV) first considering the implementation of a system for each building, and finally, a collective system. The results indicated that a collective system for the three buildings is more feasible. Thus, it was proven

[1] ALVES, Andreia Cristina Fonseca; SILVA, Renata Benfica Lima, PACHECO, Gabriela Cristina Ribeiro; CAMPOS, Marcus André Siqueira. Análise de configurações para implantação de um sistema predial de aproveitamento de água pluvial em edificações de um *campus* universitário. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

that the systems deployment configuration can be a limiting factor for the feasibility of the investment since it conditions the economic return and the volume of water saved.

***Keywords**: Rainwater harvesting. Economic feasibility. Building systems.*

1 INTRODUÇÃO

A crescente urbanização afeta o equilíbrio dos diversos sistemas ambientais com impactos na qualidade de vida da população. Tal fato é verificado no abastecimento de água com o aumento da demanda, a poluição dos recursos hídricos e com a redução da infiltração. Esta última compromete a recarga dos reservatórios superficiais e, portanto, reduz o volume necessário para a manutenção da vida.

Assim, a conservação da água torna-se essencial. Dentre as várias ações tecnológicas para promover essa conservação nos edifícios, destacam-se os Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial (SPAAP). Tal fato decorre da simplicidade das suas instalações, da necessidade de tratamentos simplificados, do baixo consumo energético e da redução do volume destinado às galerias pluviais (PARRA *et al.*, 2013; COOMBES; KUCZERA, 2003).

Mesmo com inúmeros benefícios, a implantação de um SPAAP é atrativa para investidores apenas se for viável economicamente. Como o investimento inicial muitas vezes é elevado, os SPAAP podem não apresentar retorno econômico (CAMPOS *et al.*, 2007; KIM *et al.*, 2014; SACADURA, 2011).

Logo, é essencial efetuar a avaliação econômica dos SPAAP. Tais análises podem ser influenciadas não só pelas variáveis econômicas adotadas, mas também, por características locais, como o regime pluviométrico, e aspectos do próprio sistema, como a demanda por água não potável, a área de captação, a vida útil e até mesmo a configuração do sistema.

Este último fator pode ser decisivo para a viabilidade dos SPAAP. Sistemas coletivos normalmente apresentam uma viabilidade econômica maior que sistemas individuais (FARRENY *et al.*, 2011; MORALES-PINZÓN *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2011). Portanto, é fundamental efetuar uma análise adequada das possibilidades de implantação dos SPAAP para definir a opção com melhor retorno econômico.

Diante de tal fato, este trabalho tem como objetivo efetuar a análise econômica da implantação de um SPAAP para edificações de um *campus* universitário verificando a qualidade econômica a partir da comparação entre duas configurações de implantação.

2 MÉTODO

Primeiramente, selecionou-se as edificações onde a pesquisa seria realizada em função da disponibilidade de informações e da possibilidade de variar a configuração do SPAAP.

Dessa forma, foram selecionadas as edificações dos cursos de Biomedicina, Fisioterapia e Medicina do *campus* universitário da Universidade Federal de Goiás (UFG) localizado em Jataí-GO. Foram considerados dois cenários de implantação distintos, o Cenário 1 consiste em um sistema individual, enquanto o Cenário 2 constitui-se de um sistema coletivo que apresenta um único reservatório inferior para suprir a demanda das três edificações.

Então, efetuou-se o dimensionamento do SPAAP para ambos cenários.

Para determinar os volumes do reservatório de armazenamento foram definidas a oferta e a demanda de água pluvial. A oferta foi estabelecida a partir da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial e de uma série de precipitação diária de 20 anos disponibilizada em AGRITEMPO (2015).

Para determinar a demanda foi considerado o uso da água pluvial nas descargas das bacias sanitárias, lavagem de pisos e irrigação. Como um dos edifícios ainda estava em construção a demanda foi estimada a partir dos agentes de consumo (quantidade de usuários, áreas de irrigação e lavagem) e dos respectivos indicadores, que foram retirados do estudo desenvolvido por Campos (2012), ilustrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Indicadores de consumo para edificação escolar

Indicadores para demanda diária de água pluvial	• Descarga de bacia sanitária: 0,9 descarga/aluno/dia, com volume de 6,8 L/descarga; • Irrigação de jardim: 1L/m² 3 vezes por semana; • Lavagem de pisos: 0,5 L/m² com pano e balde de segunda a sexta e 1,0 L/m² com balde e rodo aos sábados.

Fonte: Campos (2012).

Para as edificações da Biomedicina e Medicina, foi suposto um período letivo (de 01 de março a 15 de julho e 01 de agosto a 20 de dezembro) e os demais dias de recesso. No primeiro período, foi considerado 100% dos usuários, nos últimos 11 dias de dezembro considerou-se não haver qualquer usuário e, no restante do ano (no recesso) 20% dos usuários nas edificações.

O edifício da Fisioterapia, além de ser um prédio de aulas, possui locais onde são realizadas consultas à comunidade. Portanto, o período de recesso desta edificação compreende apenas os últimos 11 dias do mês de dezembro, quando foi considerado não haver usuários no edifício.

Para irrigação e lavagem de piso foi adotado um consumo constante ao longo do ano. Assim, em função dos indicadores já citados, definiu-se as demandas diárias das diferentes edificações, sendo que a demanda do Cenário 2 consiste na soma dos valores obtidos para os três prédios.

O descarte inicial foi definido como 1 mm. Esse valor foi escolhido devido à ausência de poluição substancial na região onde os edifícios se localizam (SAFE RAIN, 2016; ABCMAC, 2016). O volume de descarte não foi descontado do volume de utilização.

Para determinação do volume dos reservatórios superiores, adotou-se um valor que corresponde a 40% da demanda diária de água pluvial, semelhante ao que é usualmente utilizado para determinação do volume de armazenamento de água potável (ILHA, GONÇALVES, 2005).

Então, calculou-se o volume do reservatório ótimo para cada um dos cenários utilizando a ferramenta Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014). Tal ferramenta considera o valor ideal de armazenamento como o volume para o qual um incremento no mesmo apresenta um aumento na economia de água inferior a um valor pré-estabelecido. Assim, determinou-se o reservatório ideal para cada configuração considerando que o volume ótimo apresentaria um incremento inferior a 0,2% na economia de água com um aumento de 500 l no volume de armazenamento. Vale ressaltar que isso resultou em potenciais de economia diferentes para cada cenário estudado.

Após definir os volumes dos reservatórios foram realizadas alterações nos projetos de sistemas prediais de água fria e pluvial para possibilitar o aproveitamento de água pluvial.

Por fim, elaborou-se o fluxo de caixa com todos os custos do sistema e as receitas provenientes do volume de água economizado e, então, foi efetuada a análise da viabilidade econômica.

O valor do investimento compreendeu os gastos para a implantação do sistema, os custos de manutenção e operação. Esses incluem consumo de energia, ensaios previstos pela norma NBR 15527 (ABNT, 2007) e a limpeza dos filtros e reservatórios.

Para a determinação das receitas foi considerado o potencial de utilização de água pluvial fornecido pelo Netuno. Tal volume foi multiplicado pelo valor da tarifa de água cobrado pela SANEAGO em 2015, para a categoria pública, que era R$ 5,66 (SANEAGO, 2015). Foi incluído na análise um reajuste médio anual da água de 9,55% que foi definido a partir dos valores das tarifas de água cobrados por essa mesma companhia nos anos de 1995 a 2015.

Foi adotada a taxa de atratividade de 0,83% ao mês, definida na pesquisa de Campos (2012), que também se trata da análise econômica de SPAAP em edifícios públicos. Então, foi calculado o VPL para cada cenário e comparou-se os valores encontrados para determinar qual cenário seria mais viável.

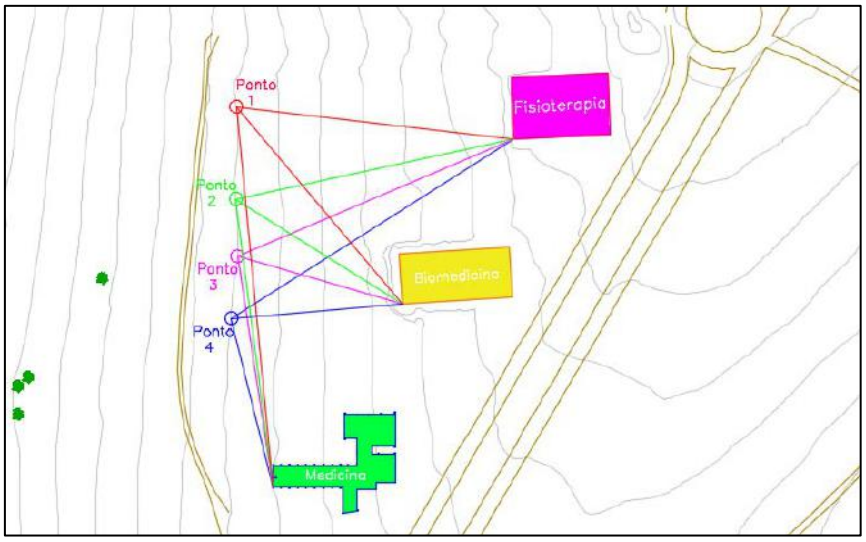
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já destacado, no Cenário 1 o dimensionamento dos reservatórios foi individualizado e o volume de reservação considerou a demanda específica de cada prédio. Já no Cenário 2, foi considerado apenas um reservatório inferior para abastecer os reservatórios superiores de todas as edificações.

Para a escolha do melhor local para a construção do reservatório inferior do sistema coletivo foram supostos quatro pontos (Figura 1) próximos das

edificações que proporcionassem o transporte da água por gravidade. Assim, escolheu-se o Ponto 4 que apresentou a menor distância e, logo, menor custo.

Figura 1 – Posicionamento do reservatório inferior do Cenário 2



Fonte: Os autores

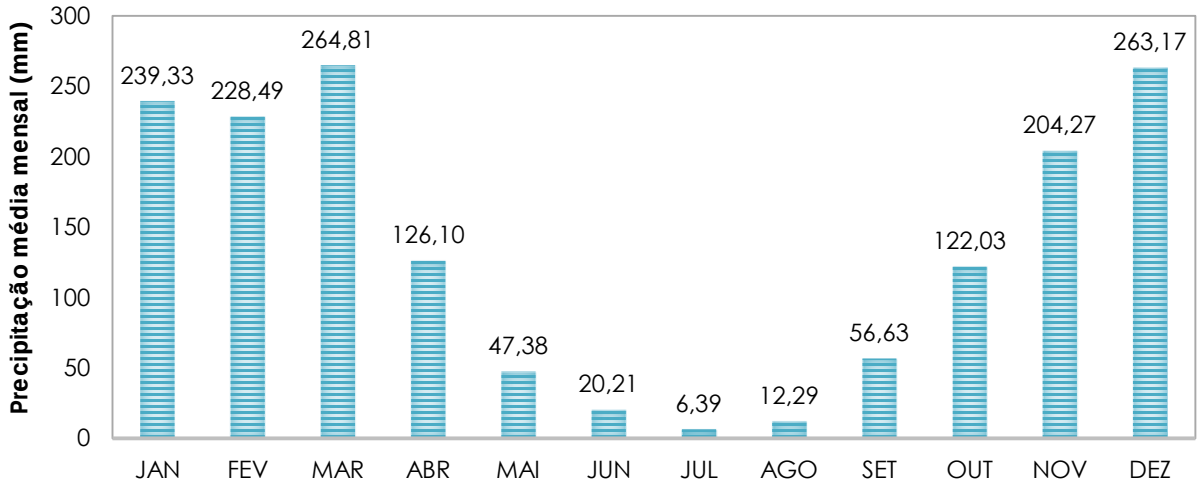
3.1 Dimensionamento dos sistemas

Para dimensionar os reservatórios dos SPAAP foram executadas as etapas detalhadas na sequência.

3.1.1 Oferta de água pluvial

Foi utilizada a precipitação média diária da estação meteorológica do INMET localizada dentro do *campus* universitário da UFG. Os valores da precipitação média podem ser observados na Figura 2, verifica-se que a estação chuvosa vai de Novembro até Março.

Figura 2 – Precipitação média mensal da área de estudo



Fonte: AGRITEMPO (2015) adaptado pelo autor

Para definir a oferta de água pluvial, considerou-se um coeficiente de escoamento superficial igual a 0,8 e as áreas de captação indicadas na Tabela 1.

3.1.2 Demanda de água não potável

A quantidade de usuários e as áreas de irrigação e lavagem utilizadas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados considerados na estimativa da demanda

	Número de Usuários	Área de irrigação (m²)	Área de lavagem de piso (m²)	Área de Cobertura (m²)
Biomedicina	158	1949,13	1011,65	931
Fisioterapia	106	310,89	894,67	861,9
Medicina	1255	208,2	6252	1335

Fonte: Os autores

A Tabela 2 apresenta os valores das demandas encontrados para cada edificação analisada. Vale ressaltar que não foi considerado consumo aos domingos.

Tabela 2 – Demanda diária de água pluvial das edificações em estudo (em m³)

	Mês		Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab
Biomedicina	**Janeiro e Fevereiro**		2,65	699,2	2,65	0,70	2,65	1,20
	Março a Junho e Agosto a Novembro		3,42	1,47	3,42	1,47	3,42	1,20
	Julho	**01 a 15**	3,42	1,47	3,42	1,47	3,42	1,20
		16 a 31	2,65	0,7	2,65	0,70	2,65	1,20
	Dezembro	**01 a 20**	3,42	1,47	3,42	1,47	3,42	1,20
		21 a 31	2,45	0,51	2,45	0,51	2,45	1,01
Fisioterapia	**Janeiro e Fevereiro**		1,41	1,10	1,41	1,10	1,41	1,02
	Março a Junho e Agosto a Novembro		1,41	1,10	1,41	1,10	1,41	1,02
	Julho	**01 a 15**	1,41	1,10	1,41	1,10	1,41	1,02
		16 a 31	1,41	1,10	1,41	1,10	1,41	1,02
	Dezembro	**01 a 20**	1,41	1,10	1,41	1,10	1,41	1,02
		21 a 31	0,76	4,47	0,76	4,47	0,76	0,89
Medicina	**Janeiro e Fevereiro**		4,87	4,66	4,87	4,66	4,87	7,79
	Março a Junho e Agosto a Novembro		11,01	10,81	11,01	10,81	11,01	7,79
	Julho	**01 a 15**	11,01	10,81	11,01	10,81	11,01	7,79
		16 a 31	4,87	4,66	4,87	4,66	4,87	7,79
	Dezembro	**01 a 20**	11,01	10,81	11,01	10,81	11,01	7,79
		21 a 31	3,33	3,13	3,33	3,13	3,33	6,25

Fonte: Os autores

3.1.3 Dimensionamento do reservatório de armazenamento

Os volumes e os respectivos potenciais de utilização de água pluvial estão exibidos na Tabela 3. Como foi determinado o volume ótimo para cada situação, conforme descrito no método, cada reservatório possui um potencial de utilização diferente.

Foi considerada uma demanda de água equivalente apenas à demanda de água pluvial. Assim, o valor do potencial de utilização de água pluvial apresentado pela ferramenta já corresponde ao percentual efetivo de aproveitamento.

Tabela 3 – Volume dos reservatórios

		Reservatório inferior (m³)	Potencial de utilização de água pluvial (%)
Cenário 1	Biomedicina	34,5	66,14
	Fisioterapia	90,0	91,91
	Medicina	40,5	39,89
Cenário 2		54	47,58

Fonte: Os autores

3.1.4 Dimensionamento das tubulações e das bombas de recalque

Foram efetuados acréscimos nas tubulações de captação e abastecimento previstas nos projetos originais seguindo as determinações da NBR 10.844 (ABNT,1989) e da NBR 5.626 (ABNT,1998).

As bombas d'água foram dimensionadas a partir da vazão de recalque e da altura manométrica calculada para cada cenário. No Cenário 2, o dimensionamento considerou o trecho de recalque com maior altura manométrica e a vazão como a soma das vazões de recalque das edificações do Cenário 1.

3.2 Avaliação econômica

Foi empregado, neste trabalho, como método de avaliação econômica o cálculo do VPL. Para sua determinação foram definidos os valores dos investimentos necessários, das receitas, da taxa de desconto e da vida útil.

Tabela 4 – Custos de instalação

	Custo (R$)			
	Cenário 1			Cenário 2
	Biomedicina	Fisioterapia	Medicina	
Sistema de Captação	7.354,57	6.484,23	6.606,42	70.817,99
Filtros	12.300,00	8.250,00	14.850,00	35.400,00
Reservatório Inferior	24.746,36	44.842,94	30.262,07	33.799,41
Bombeamento	1.461,22	1.597,27	1.905,33	10.339,70
Reservatório Superior	896,52	896,52	1.480,23	3.273,27
Investimento Total	46.758,68	62.070,96	55.104,05	153.630,37

Fonte: Os autores

A determinação do investimento baseou-se nas planilhas orçamentárias do Centro de Gestão do Espaço Físico da UFG e os custos foram obtidos a partir dos valores definidos no SINAPI (2015), na AGETOP (2015) ou por meio de cotação. Assim, foram levantados os custos de cada cenário como detalhado nas Tabelas 4 e 5.

Então, calculou-se o VPL. Para o Cenário 1 esse valor foi positivo e igual a R$ 2.160,78, sendo - R$ 6.932,21 para a Biomedicina, - R$ 43.418,55 para a Fisioterapia e R$ 52.511,54 para a Medicina. Já o cenário 2 resultou em um VPL positivo igual a R$ 30.004,92.

Tabela 5 – Custos de manutenção e operação

Descrição	Periodicidade	Critérios	Custos (R$)			
			Cenário 1			Cenário 2
			Bio.	Fisio.	Med.	
Energia	Mensal	Conjunto motor-bomba	14,20	9,47	39,45	116,06
Produto de desinfecção	Mensal	1 kg de cloro	3,08	8,04	3,62	4,82
Ensaios previstos na NBR 15527	Mensal	Cloro	5,00	5,00	5,00	5,00
		pH	15,00	15,00	15,00	15,00
		Turbidez	5,00	5,00	5,00	5,00
		Cor	5,00	5,00	5,00	5,00
Limpeza do Filtro	Bimestral	Mão de obra	41,16	41,16	41,16	123,48
Ensaios previstos na NBR 15527	Semestral	Coliformes totais e termotolerantes	30,00	30,00	30,00	30,00
Limpeza do reservatório e manutenção da bomba	Anual	Mão de obra	682,28	1681,28	790,28	1033,28

Fonte: Os autores

3.3 Análise dos resultados

O Quadro 2 apresenta os resultados obtidos na avaliação econômica dos investimentos. A partir do retorno econômico e do volume de água economizado obtido, a configuração de implantação se mostrou um fator limitante para a viabilidade do investimento.

Quadro 2 – Resultados da avaliação econômica

	Cenário 1	Cenário 2
VPL	R$ 2.160,78	R$ 30.004,92
Custo de implantação	R$ 163.933,69	R$ 153.630,37
Consumo de água não potável	3.962,68 m³/ano	3.962,68 m³/ano
Economia anual	1.964,21 m³/ano	1.885,44 m³/ano

Fonte: Os autores

Como ilustrado no Quadro 2, nas edificações do Cenário 1 sem aproveitamento, estima-se um consumo de água não potável de 3.962,68 m³ por ano, sendo 703,28 m³/ano para Biomedicina, 382,32 m³/ano para Fisioterapia e 2.877,08 m³/ano para Medicina. Com a implantação do SPAAP, seria possível uma redução de 465,15 m³/ano para Biomedicina, 351,39 m³/ano para Fisioterapia e 1.147,67 m³/ano para Medicina, totalizando 1.964,21 m³/ano.

No Cenário 2, a demanda de água para uso não potável é igual ao consumo total do Cenário 1. Todavia, com a implantação do SPAAP, seria possível uma redução de 1.885,44 m³/ano, que é 78,77 m³ inferior ao valor do sistema individual.

Observa-se que no Cenário 1, ao final da vida útil do sistema, nos prédios da Biomedicina e Fisioterapia, as receitas são baixas e insuficientes para suprir o valor do investimento, ocasionando um VPL negativo. Contudo, o VPL total, correspondente às três edificações, é positivo. Os valores de VPL negativos para tais edifícios podem ter sido ocasionados pela baixa demanda e pelos volumes elevados dos reservatórios dos dois prédios.

O Cenário 2 representa uma configuração única, cujos valores da área de captação e da demanda são elevados, implicando em um volume do reservatório baixo, quando comparado aos reservatórios individuais. Assim, apesar do alto custo de investimento, ao final da vida útil do sistema, as entradas são superiores às saídas, proporcionando um VPL positivo.

Analisando as duas configurações, a economia de água é menor 4,18% no sistema coletivo do que no sistema individual. Por outro lado, o investimento necessário é 6,71% menor o que representa um ganho econômico e maior VPL. Dessa forma, para este estudo de caso, o Cenário 2 mostrou-se mais viável, com uma economia de água praticamente igual, mas um VPL consideravelmente maior.

Caso o investidor não tenha capital suficiente para investir na implantação dos cenários avaliados, tem-se a possibilidade de investir em uma terceira opção, onde o sistema seria implantado apenas no prédio da Medicina. Nesse caso, o valor do investimento seria 33,61% do investimento do Cenário 1. No entanto, apesar de apresentar um VPL de R$ 52.511,54, o ganho ambiental é mais baixo, uma vez que a economia de água corresponde à 1147,67 m³/ano, que equivale a 58,43% da economia do Cenário 1.

Outra alternativa de investimento a longo prazo seria optar pelo sistema coletivo implantado em fases. Ou seja, dimensionando todo o sistema, o investidor tem um gasto único com o reservatório e as próximas etapas de instalação seriam feitas na medida em que os reajustes tarifários fossem favoráveis ao investimento.

4 CONCLUSÕES

Foi verificado que a implantação de ambos os cenários é viável economicamente. No primeiro Cenário, embora o VPL tenha sido negativo para as edificações da Biomedicina e Fisioterapia, o VPL positivo do prédio da Medicina é capaz de suavizar esses valores negativos, tornando o somatório dos VPLs das três edificações positivo. Contudo, o sistema coletivo mostrou-se mais vantajoso por apresentar um VPL muito superior e uma economia de água bem próxima do sistema individual.

Ao considerar duas situações de implantação foi possível identificar a influência das configurações do sistema na sua viabilidade. Também pode-se estabelecer a combinação de variáveis que interferem no dimensionamento e na viabilidade dos SPAAP.

O uso dos SPAAP tem se tornado uma alternativa eficiente na mitigação das externalidades decorrentes das alterações no ciclo hidrológico. No entanto, é de suma importância analisar a viabilidade de implantação dos mesmos e procurar a configuração do sistema que garanta o maior retorno econômico.

Para trabalhos futuros, sugere-se o estudo de outras ferramentas de dimensionamento que permitam a análise, de diferentes configurações e da sensibilidade de cada dado de entrada na avaliação econômica dos sistemas. Além disso, faz-se necessário o estudo de implantação de SPAAP por meio de etapas de implantação como forma de escolher a melhor opção de investimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro fornecido pela CAPES para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABCMAC (Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva). Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/index.php?modulo=apresentacao>. Acesso em: 07 jan. 2016.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de água pluvial. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 15527**: Água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

AGETOP (Agência Goiana de Transporte e Obras). **Tabela de Insumos Materiais Setembro/2014**. Goiânia: AGETOP, 2015. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2014-09/relatorioinsumos-material.pdf> Acesso em: 20 out. 2014.

AGRITEMPO (Sistema de Monitoramento Agrometeorológico). **Pesquisa de dados meteorológicos**, 2014. Disponível em: <http://www.agritempo.org.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em: 07 nov. 2014.

CAMPOS, M. A. S. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial:** uso de Particles Swarm Optimization. 2012. 95 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, na Área de Concentração de Edificações) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

CAMPOS, M. A. S.; ILHA, M; GRANJA, A. Investimento em sistemas de aproveitamento de água pluvial: estudo de caso para uma edificação residencial multifamiliar no município de Campinas. In: V SIBRAGEC - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2007, Campinas-SP. **Anais...** 2007.

COOMBES, P. J.; KUCZERA, G. Analysis of the Performance of Rainwater Tanks in Australian Capital Cities. In: 28TH INTERNATIONAL HYDROLOGY AND WATER RESOURCES SYMPOSIUM: ABOUT WATER, 2003, Australia. **Anais...** 2003.

FARRENY, R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 7, p. 686–694, 2011.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/. 2014.

ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M. **Apostila – Sistemas Prediais de Água Fria**. Escola Politécnica de Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2005.

KIM, B.; ANDERSON, K.; LEE, S.; KIM, H. A real option perspective to value the multi-stage construction of rainwater harvesting systems reusing septic tank. **Water Resources Management**, v. 28, n. 8, p. 2279-2291, 2014. DOI: 10.1007/s11269-014-0613-3.

MORALES-PINZÓN, T.; LURUÊNA, R.; RIERADEVALL, J.; GASOL, C. M.; GABARREL, X. Financial feasibility and environmental analysis of potential rainwater harvesting systems: a case study in Spain. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 69, p. 130-140, 2012.

PARRA, M. V. V.; VILLALBA, G.; GABARRELL, X. Applying Exergy Analysis to Rainwater Harvesting Systems to Assess Resource Efficiency. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 72, p. 50-59, 2013.

SACADURA, F. O. M. O. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios**. 2011, 153 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

SAFE RAIN. Disponível em: < http://www.saferain.com.au/> Acesso em: 08 de junho de 2015.

SANEAGO. Disponível em: <https://www.saneago.com.br/site/agencia/tabela.php > Acesso em: 06 de maio de 2015.

SANTOS, C.; TAVEIRA-PINTO, F.; CHENG, C. Y.; LEITE, D. Optimizing water consumption in buildings - A study on the alternatives to potable water supply. In: 2011 SYMPOSIUM CIBW062, Aveiro, Portugal. **Anais...** p. 34-42, 2011.

SINAPI Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Relatório de Custos de Composições Setembro/2014** Caixa Econômica Federal, 2014. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_646> Acesso em: 20 out. 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

BIM *E LASER SCANNING* NA GERAÇÃO DE PROJETO *"AS BUILT"* DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS[1]

ARAÚJO, Letícia Santos Machado de Araújo (1); ILHA, Marina Sangoi de Oliveira (2);

(1) IFSP – UNICAMP, e-mail: leticial@ifsp.edu.br; (2) UNICAMP, e-mail: milha@fec.unicamp.br

RESUMO

Durante a vida útil de uma edificação, uma grande porcentagem das manifestações patológicas ocorre nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS). Nas manutenções desses sistemas, a tarefa de localização e verificação das condições dos seus componentes é normalmente dificultada, devido à superficialidade ou insuficiência de projetos "como construído"("as built"). Este artigo tem como objetivo levantar os principais avanços e as lacunas das pesquisas da associação das tecnologias de escaneamento a laser e modelagem da informação na construção (BIM) para facilitar a geração de projetos "as built" de SPHS. O escaneamento a laser possibilita a medição e digitalização tridimensional da edificação e de seus sistemas, criando uma "nuvem de pontos". Já o modelo BIM consiste na representação tridimensional e também no repositório de informações de toda a edificação, possibilitando a gestão automática de dados para a manutenção e operação da edificação e suas instalações. Adotou-se como estratégia de pesquisa o mapeamento sistemático da literatura. Como principal avanço da associação de tecnologias pesquisada, destaca-se a possibilidade de extração automática de tubos e conexões. Por sua vez, o aprimoramento das ferramentas de detecção automática de tubos e conexões sem limitação de direções, contemplando diferentes tipos de materiais consiste na principal lacuna de pesquisa.

Palavras-chave: *BIM. projeto como construído. escaneamento a laser.*

ABSTRACT

During the building lifecycle, a big percentage of the pathologic manifestations occur in plumbing systems. In the maintenance of these systems, searching and checking the conditions of components is usually difficult due to the shallowness or lack of as-built projects. This article's objective is to raise the main advancements and the gaps in the researches on association of laser-scanning technologies and Building Information Modeling (BIM) to facilitate the plumbing systems as-built project generation. Laser scanning allows the measurement and tridimensional digitization of the building and its systems creating a cloud of points. On the other hand, the BIM model consists on the tridimensional representation and, also, the information repository of the whole building making the automatic data management possible for the maintenance and operation of the building and its systems. The research strategy that was applied was the systematic bibliography mapping. As the main advancement of the association of the researched technologies, the possibility of the automatic extraction of pipes and connections stands out. In turn, the enhancement of tools

[1] ARAÚJO, Letícia Santos Machado de; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. *BIM e laser scan*.na geração de projeto "*as built*" de sistemas hidráulicos e sanitários. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

of automatic detection of pipes and connections without direction constraints, contemplating different types of materials, consists the main gap in the research.

***Keywords**: BIM. as built. laser scanning.*

1 INTRODUÇÃO

Modificações no projeto executivo invariavelmente são necessárias, em maior ou menor intensidade, devido às particularidades da fase de execução, sendo de suma importância o fiel registro das mesmas, para possibilitar a operação e a manutenção futura. Contudo, são frequentes as alterações sem o devido registro (AHMED, HAAS e HAAS, 2004), ou seja, sem o projeto "as built". Projetos "as built" tem especial importância para os sistemas prediais pois, na maioria das vezes, as tubulações estão embutidas, (DICKINSON et al, 2009).

Quando existentes, os projetos "as built" muitas vezes são elaborados por profissionais com pouca experiência ou são por diversos sub-empreiteiros, sem a compatibilização das informações, o que pode comprometer a qualidade final dos documentos (DICKINSON et al, 2009).

Bosché et al 2013 ressaltam que os projetos "as built" tradicionalmente demandam operações manuais que exigem inspeções visuais, as quais dependem de julgamento pessoal, e por este motivo, implicam em resultados incompletos e imprecisos.

Os sistemas prediais mecânicos, elétricos e hidráulicos constituem parte significativa dos custos de construção e operação de um edifício e, portanto, precisam ser adequadamente monitorados e gerenciados. Assim, o conhecimento de seu estado "como construído" (ou instalado) é fundamental (BOSCHÉ et al, 2014).

Desde o início dos anos 2000, a indústria de construção civil reconheceu a necessidade de um processo mais rápido e preciso para a geração de projetos "as built"(BOSCHÉ et al, 2013). Com o avanço das tecnologias e os preços mais acessíveis tem se tornado prática comum a utilização da tecnologia *laser-scanning* na geração destes projetos, inclusive de tubos e conexões (LEE et al, 2013; AHMED, HAAS e HAAS, 2014; SON, KIM e KIM, 2015).

O escaneamento a laser (3D), com uso crescente a partir de 1990, consiste em tecnologia de imagem que fornece de forma rápida, precisa e detalhada os dados 3D sobre cenas digitalizadas por meio de uma nuvem de pontos 3D. Estas nuvens podem ser utilizadas para a criação de modelos "as-built" 3D em BIM (BOSCHÉ et al, 2014).

O modelo BIM consiste na representação tridimensional e também no repositório de informações de toda a edificação, possibilitando a gestão automática de dados para a manutenção e operação da edificação e seus sistemas.

A associação dessas tecnologias pode ser utilizada para facilitar a geração de projetos "as built" de sistemas prediais e pretende-se, com o desenvolvimento desse trabalho, identificar quais as necessidades para a

sua viabilização.

2 MÉTODO

As perguntas que nortearam o desenvolvimento desse estudo são:

- qual estágio de desenvolvimento das pesquisas que envolvem o uso de BIM e escaneamento de imagens para a confecção de projetos *"as built"*?
- quais os principais enfoques das pesquisas desenvolvidas sobre este tema?
- quais os principais avanços e obstáculos à disseminação dessa tecnologia aplicada aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários?

Esta pesquisa consiste em um mapeamento sistemático da literatura, o qual contemplou as seguintes etapas: a) seleção das bases de dados e de expressões-chave para a busca sistemática; b) definição do tipo de documento a ser contemplado na busca; c) compilação dos documentos contidos em todas as bases de dados; d) exclusão de artigos repetidos; e) seleção com filtro de palavras chaves e leitura dos títulos e resumos, f) seleção e leitura do texto completo, g) busca adicional a partir da lista de referências dos documentos selecionados (sistemática "bola de neve"); e, g) categorização do escopo das pesquisas desenvolvidas.

Inicialmente, foram empregadas as palavras-chave: BIM ou "*Building Information Modeling*" e "*as built*" e "*scan**". Não se restringiu o tipo de documento procurado, foi estabelecido apenas que seriam texto na língua inglesa.

Após a exclusão dos documentos repetidos aplicou-se um filtro com palavras chaves que caracterizam os sistemas prediais hidráulicos e sanitários, são elas: MEP, *pip**, *plum**, *water*, *sewer*, *drainage system* e *gas*. Utilizou-se a ferramenta de filtro em uma planilha do Microsoft Excel, sendo selecionados apenas os artigos que contivessem pelo menos uma das palavras-chave escolhidas no titulo ou no resumo.

Após a aplicação do filtro, foi realizada a leitura dos títulos e resumos, pré-selecionando alguns documentos. Estes documentos foram lidos na integra, sendo excluídos os não aderentes ao tema de pesquisa. Para a seleção final de trabalhos, foi realizada a sistemática da "bola de neve", conforme Melo, Granja e Ballard (2013).

Os documentos selecionados a partir das etapas anteriores foram classificados segundo a área de aplicação (Quadro 1) e o tema central ou questão de pesquisa (Quadro 2).

Quadro 1- Classificação dos documentos selecionados em função da área de aplicação

Categoria	**Artigos que contemplam...**
Edifício	projeto *"as built"* do edifício como todo, interior e/ou exterior. Os SPHS, apesar de não constituírem o foco principal, são contemplados, como parte do edifício
Sistemas prediais hidráulicos e sanitários	projeto *"as built"* de sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS)
Indústria	projeto "*as built*" de gasodutos em ambiente industrial, destacando as indústrias químicas e petroquímicas
Subestação	Projeto *"as built*" de subestação elétrica

Fonte: Os autores

Quadro 2 - Classificação dos documentos selecionados segundo o tema central ou questão de pesquisa

Categoria	**Artigos que contemplam...**
Detecção de defeitos	Identificação de defeitos nos SPHS (tubos, conexões) já executados, com a combinação das tecnologias de escaneamento, sensores térmicos e BIM
Detecção de modificações	Identificação de diferenças entre o construído (projeto "as built" real) e o planejado (projeto modelado utilizando BIM)
Estado da arte	Estado da arte das tecnologias utilizadas para geração de modelos "*as built*" 3D em BIM
Extração automática	Extração automática de projeto "*as built*" de sistemas prediais, tubos, conexões e equipamentos, a partir de nuvem de pontos gerados pelo escaneamento
Gestão de facilidades	Utilização de projeto "*as built*" gerado com o uso das tecnologias BIM e *laser scan*, combinado com outras tecnologias para facilitar a gestão e operação das edificações e/ou sistemas prediais
Posicionamento do scanner	Variação do posicionamento do *scanner* e análise comparativa dos projetos "*as built*" obtidos
Orientações	Orientações para o escaneamento de edificações e sistemas prediais para a obtenção de projeto "*as built"*

Fonte: Os autores

Os documentos selecionados foram também classificados em função da data de publicação e do país da instituição do primeiro autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

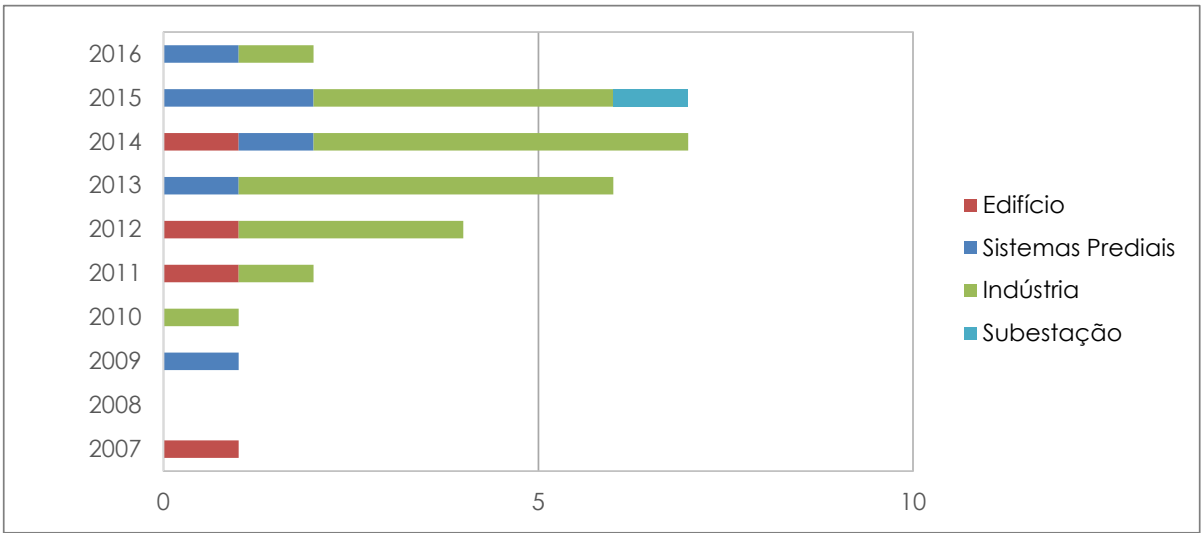
As bases selecionadas foram *Scopus*, *Web of Science* e *Engineering Village*. Excluindo-se as repetições, foram encontrados 368 documentos nessas bases. A partir da aplicação do filtro descrito no método, foram selecionados 61 documentos.

A leitura dos títulos e resumos, em uma primeira etapa e, posteriormente, dos documentos como um todo, resultou em 29 artigos aderentes ao tema do trabalho. A sistemática da "bola de neve" agregou mais 2 documentos, resultando em 31 artigos para a sequência das análises, os quais estão divididos em: artigos de congresso ou simpósio (61%), artigos de periódicos

(35%) e capítulos de livros (3%).

A Figura 1 apresenta a classificação desses documentos nas áreas de aplicação consideradas nesse trabalho e a data de publicação. Trata-se de um tema recente, com um maior número de publicações a partir de 2012. Trabalhos que abordam sistemas industriais têm sido o maior foco das pesquisas, com aproximadamente 65% dos documentos. Os SPHS estão presentes em 19% dos documentos.

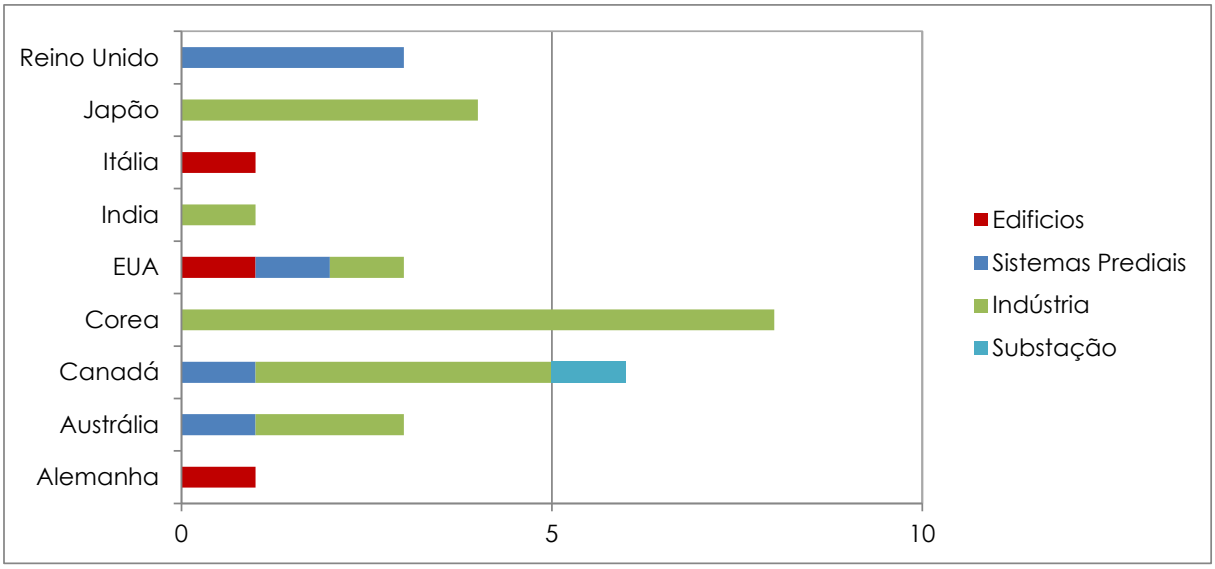
Figura 1- Distribuição cronológica dos documentos selecionados em função da área de aplicação



Fonte: Os autores

A Coreia do Sul e o Canadá concentram a maior parte dos documentos publicados, cerca de 26% e 23% respectivamente (Figura 2). Todas as publicações sul coreanas levantadas são da Universidade Chung-Ang. Já no Canadá, a Universidade de Waterloo se destaca, com 5 dos 7 documentos levantados. A universidade de Heriot-Watt, do Reino Unido, destaca-se com a maior produção na área de sistemas prediais, com cerca de 50% dos documentos.

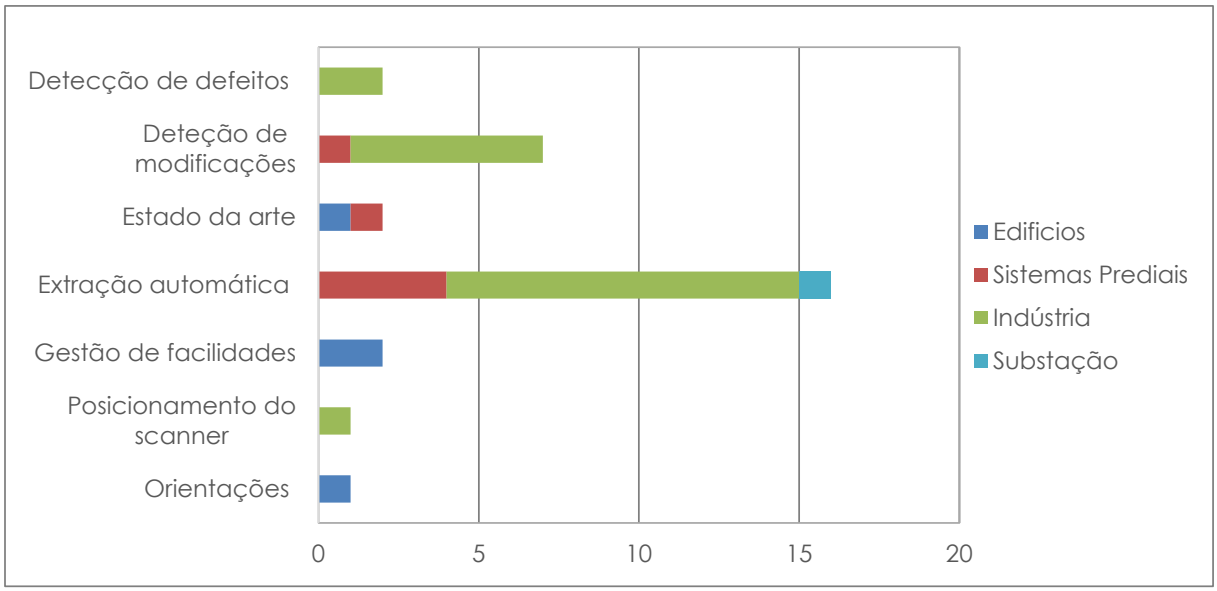
Figura 2 - Distribuição dos documentos selecionados nas bases de dados internacionais em função dos países da instituição do primeiro autor e da área de aplicação



Fonte: Os autores

A extração automática do projeto "*as built*" de tubos, conexões e equipamentos a partir de nuvem de pontos gerados pelo escaneamento é o principal tema abordado nos documentos selecionados. A identificação de modificações entre os SPHS executados (projeto "*as built*" real) e o planejado (projeto 3D modelado), utilizando escaneamento e BIM, aparece em segundo lugar, com 19% dos documentos selecionados (Figura 3).

Figura 3 - Distribuição dos documentos selecionados em função do tema central abordado e da área de aplicação



Fonte: Os autores

Independentemente da área de aplicação, o tema em estudo teve avanços nos últimos anos. Estes avanços ocorreram principalmente no

desenvolvimento de ferramentas de extração automática de tubos e conexões instalados em eixos ortogonais.

Embora a combinação das tecnologias de *laser-scanning* e BIM venha gerando modelos "*as built*" de tubos e conexões de modo eficiente, a extração automática de plantas industriais completas e de trechos com múltiplos cruzamentos de tubulações ainda representa um desafio (SON, KIM e KIM, 2015).

Assim, ainda há um caminho a ser percorrido para a efetiva disseminação dessa tecnologia para a geração de projetos "*as built"* em escala comercial.

O Quadro 3 apresenta as principais avanços e lacunas de pesquisa identificadas nos artigos classificados na área de aplicação "indústria". Vale destacar que todos os artigos classificados na área de aplicação "indústria" abordam tubos e conexões de gás combustível (gasodutos), o que os aproximam dos SPHS.

Quadro 3- Avanços e lacunas de pesquisas apontadas nos documentos da área de aplicação "indústria"

Categoria	**Avanços**	**Lacunas de pesquisas**	**Referências**
Detecção de defeitos	Desenvolvimento de ferramenta para detecção de defeitos no interior das tubulações e gerenciamento dos testes de estanqueidade	Automatização do processo (melhorar eficiência e a rapidez)	Rajeev *et al* (2014); Kim, Son, Kim (2014)
Detecção de modificações	Desenvolvimento de ferramenta para a detecção de modificações entre o planejado.	Melhorar ferramenta (aumentar a eficiência e rapidez) e aplicar em plantas industrias completas e em cruzamentos de tubulações.	Wang et al (2013); Chi *et al*(2014); Nahang et al (2014); Nahangi e Haas (2015); Nahang *et al* (2015); Nahangi *et al.*(2016)
Extração automática	Desenvolvimento de ferramenta de extração automática de tubos e conexões instalados em eixos ortogonais. Validação em estudo de caso em trecho de planta industrial, contemplando (tubos e conexões)	Aprimorar a ferramenta de detecção automática de tubos e conexões sem limitação das direções (considerando os eixos x, y, e z).	Franaszek (2012); Lee *et al* 2012); Kawashima, Kana, Date (2013a); Kawashima, Kana, Date (2013b); Ahmed, Haas, Haas (2014)
		Aplicar a ferramenta em tubulações com características diferentes (material e diâmetro)	Kim *et al* (2012); Son, Kim, Kim (2013); Son, Kim, Kim (2015)

Fonte: Os autores

Quadro 3- Avanços e lacunas de pesquisas apontadas nos documentos da área de aplicação "indústria" (continuação)

Categoria	Avanços	Lacunas de pesquisas	Referências
Extração automática	Desenvolvimento de ferramenta de extração automática de tubos e conexões instalados em eixos ortogonais. Validação em estudo de caso em trecho de planta industrial, contemplando (tubos e conexões)	Aplicar ferramenta em plantas industrias completas e em cruzamentos de tubulações.	Kawashima, Kana, Date (2011); Son, Kim, Kim (2015); Lee *et al* (2013); Son, Kim, Kim (2014)
		Interoperabilidade entre o planejado e o instalado (detecção de modificações)	Lee *et al* (2013); Son, Kim, Kim (2014)
	Desenvolvimento de ferramenta para identificação de conexões e equipamentos já modelados	Aplicar ferramenta em plantas industriais completas e em cruzamentos de tubulações.	Kim, Son, Kim (2013)
Posicionamento do scanner	Desenvolvimento de ferramenta para otimizar o posicionamento do scanner	Aplicar ferramenta em plantas industrias completas e em cruzamentos de tubulações.	Kawashima *et al* (2014)

Fonte: Os autores

Considerando-se exclusivamente os documentos classificados na área de aplicação "Sistemas prediais hidráulicos e sanitários", a extração automática também é o tema mais abordado. O Quadro 4 apresenta as principais lacunas de pesquisa apontadas nos documentos classificados dentro dessa área de aplicação.

Quadro 4 - Avanços e lacunas de pesquisas apontadas nos documentos da área de aplicação "sistemas prediais.

Categoria	Avanços	Lacunas de pesquisas	Referências
Detecção de modificações	Desenvolvimento de ferramenta para detecção de modificações entre o planejado e o instalado	Automatização do processo (melhorar eficiência e a rapidez)	Wang *et al* (2016)
Estado da arte	Descrição das tecnologias existentes para geração de projetos "*as built*"	Automatização do processo (melhorar eficiência e a rapidez) d	Dickinson *et al*, (2009)

Fonte: Os autores

Quadro 4 - Avanços e lacunas de pesquisas apontadas nos documentos da área de aplicação "sistemas prediais. (continuação)

Categoria	Avanços	Lacunas de pesquisas	Referências
Extração automática	Desenvolvimento de ferramenta de extração automática de tubos e conexões utilizando o método multi-escala (caracterização da geometria). Validação em estudo de caso em sistemas prediais localizado em corredor técnico.	Melhorar e aplicar a ferramenta em tubulações e conexões com características diferentes (material e diâmetro)	Dimitrov, Golparvar-Fard (2015)
	Aplicação da técnica de "Transformada de Hought" no desenvolvimento de ferramenta de extração automática de tubos e conexões instalados em eixos ortogonais. Validação em estudo de caso em sistemas prediais localizado em corredor técnico.	Aprimorar a ferramenta de detecção automática de tubos e conexões sem limitação das direções (considerando os eixos x, y, e z).	Bosché *et al* (2015)
		Interoperabilidade entre o planejado e o instalado (detecção de modificações e objetos já moldados).	Bosché *et al* (2013); Bosché *et al* (2014); Bosché *et al* (2015)

Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

A maior parte das pesquisas encontradas na literatura aborda a área industrial; apenas seis documentos são da área de sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

A associação das tecnologias BIM e *laser scanning* para a elaboração de projetos "*as-built*" teve avanços principalmente no desenvolvimento de ferramentas de extração automática de tubos e conexões instalados em eixos ortogonais. Contudo, as validações destas ferramentas ficaram restritas a trechos dos sistemas. A extração automática de sistemas completos e trechos com múltiplos cruzamentos de tubulações ainda representam um desafio.

Para a disseminação desta tecnologia nos sistemas prediais hidráulicos sanitários, devem ser desenvolvidas ferramentas de detecção automática de tubos e conexões sem limitação das direções (considerando os eixos x, y e z), possibilitando a identificação eficiente de junções e de tubulações com declividade (condutos livres). Além disso, as ferramentas devem contemplar os diferentes tipos de materiais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do IFSP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo para o desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

AHMED, M.F.; HAAS C.T.; HAAS, R. Automatic detection of cylindrical objects in built facilities. **Journal of Computing in Civil Engineering**, Reston, v.28, nº3, 11 p., May. 2014.

BOSCHÉ, F. *et al.* Tracking MEP installation works. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, 30, 2013, Montreal. **Proceedings...** Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2013. p. 229-239.

_____. Tracking the built status of MEP works: assessing the value of a scan-vs-BIM system. **Journal of Computing in Civil Engineering,** Reston, v.28, nº4, 13 p., July. 2014.

_____. The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components. **Automation in Construction**, v.49, p. 201-213, Jan. 2015.

Chi, H-L *et al.* A conceptual framework of quality-assured fabrication, delivery and installation processes for liquefied natural gas (LNG) plant construction. **Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications**, Dordrecht, v.79, no 3-4, p. 433-448, Aug. 2015.

DICKINSON, J. *et al*. A survey of automation technology for realizing as-built models of services. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN IMPROVING CONSTRUCTION AND USE THROUGH INTEGRATED DESIGN SOLUTION, 1, 2009, Espoo. **Proceedings...** Espoo: Technical Research Center of Finland, 2009. p. 365-381

DIMITROV, A.; GOLPARVAR-FARD, M. Segmentation of building point cloud models including detailed architectural/structural features and MEP systems. **Automation in Construction,** v.51 C, p. 32-45, Jan. 2015.

FRANASZEK, M. Variances of Cylinder Parameters Fitted to Range Data. **Journal of Research of The National Institute of Standards and Technology**, v.117, p. 257-267, Sep.2012.

KAWASHIMA, K.; KANA, S.; DATE, H. Automatic recognition of a piping system from large-scale terrestrial laser scan data. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 38, 2011, Calgary. **Annals...** Calgary: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2011. p.283-288.

_____. Automatic recognition of piping system from laser scanned point clouds using normal-based region growing. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 39, 2013, Antalya. **Annals...** Antalya: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2013a. p. 121-126.

_____. As-built modeling of piping system from terrestrial laser-scanned point clouds using normal-based region growing. **Journal of Computational Design and Engineering**, Tampa, v. 1, nº1, p.13-23, Nov. 2013b.

KAWASHIMA, K. *et al*. Finding the next-best scanner position for as-built modeling of piping systems. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 40, 2014, Riva del Garda. **Annals...** Riva del Garda: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2014. p. 313-320

KIM, C. *et al*. Automated pipeline extraction for modeling from laser scanned data. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION, 29, 2012, Eindhoven. **Proceedings...** Chennai: IIT Madras, 2012.11p.

KIM, C.; SON H.; KIM C. Knowledge-based approach for 3D reconstruction of as-built industrial plant models from laser-scan data. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, HELD IN CONJUNCTION, 30, 2013, Montreal **Proceedings...** Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2013. p. 853-893.

_____. Detection of internal defects in as-built pipelines for structural health monitoring: A sensor fusion approach using infrared thermography and 3D Laser-scanned data. . In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, HELD IN CONJUNCTION, 31, 2014, Sydney. Proceedings… Sydney: University of Technology Sydney, 2014 p.640-645

LEE, J. et al. Skeleton-based 3D reconstruction of as-built pipelines from laser-scanned data In: CONGRESS ON COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, 2012, Clearwater Beach. **Proceedings...** Reston: American Society of Civil Engineers, 2012. p.254-252.

_____. Skeleton-based 3D reconstruction of as-built pipelines from laser-scan data. **Automation in Construction**, v. 35, p.199-207, Jun. 2013.

MELO, R. S. S.; GRANJA, A. D.; BALLARD, G. Collaboration to extend target costing to non-multiparty contracted projects: evidence from literature. In: THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings...,** 2013. p. 1-10.

NAHANG, M. *et al.* Automated deviation analysis for as-built status assessment of steel assemblies and pipe spools. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2014, Orlando. **Proceedings...** Reston: American Society of Civil Engineers, 2014. p. 2063-2070.

_____. Skeleton-based registration of 3D laser scans for automated quality assurance of industrial facilities. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2015, Austin. Proceedings… Reston: American Society of Civil Engineers, 2014. p. 33-40.

_____. Automatic Realignment of Defective Assemblies Using an Inverse Kinematics Analogy. **Journal of Computing in Civil Engineering**, Reston, v.30, nº2, 12 p., March. 2016

NAHANGI, M.; HAAS, C.T. Automated 3D compliance checking in pipe spool fabrication. **Advanced Engineering Informatics**, v.28, nº 4, p. 360-369, May. 2015.

RAJEEV, C.B. *et al*. Optimization of integrity testing of piping system in a nuclear fuel cycle facility. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL INTEGRITY,1, 2014, Kalpakkam. **Proceedings...** Elsevier, 2014. v. 846 p. 539-545

SON, H.; KIM, C.; KIM, C. Fully automated as-built 3D pipeline segmentation based on curvature computation from laser-scanned data. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2013, Los Angeles. Proceedings**...** Reston: American Society of Civil Engineers, 2013. p. 765-772.

_____. Automatic 3D reconstruction of as-built pipeline based on curvature computations from laser-scanned data. In: Construction Research Congress, 2014 Atlanta. **Proceedings...** Reston: American Society of Civil Engineers, 2014. p.925-934.

_____. Fully automated as-built 3D pipeline extraction method from laser-scanned data based on curvature computation. **Journal of Computing in Civil Engineering,** Reston, v.29, nº4, 9 p., July. 2015.

WANG, X. *et al*. Application of collaborative mobile system in AR-based visualization, data storage and manipulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COOPERATIVE DESIGN, VISUALIZATION, AND ENGINEERING, 10, 2013, Alcudia. **Proceedings...** Heidelberg: Springer Verlag, 2013. p. 221-226.

WANG, J. *et al.* Building information modeling-based integration of MEP layout designs and constructability. **Automation in Construction**, v.61, p. 134-146, Jan. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL: Mapeamento da literatura[1]

CARVALHO, Lorena Pires (1); CAMPOS, Marcus André Siqueira (2)

(1) UFG, e-mail: lorenapires90@hotmail.com; (2) UFG, e-mail: marcussiqueira@yahoo.com.br

RESUMO

O Brasil é uma nação que, cada vez mais, lida com dois sérios problemas: a crise hídrica e a alta demanda por habitações de interesse social – esta última é provocada pelo fato de grande parte da população brasileira ser de baixa renda. Portanto, é de vital importância discorrer sobre a melhor maneira de executar as construções destas habitações. Para isso, recorre-se às tecnologias verdes, tais como os Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial. Estas, porém, acarretam custos extras que podem inviabilizar o seu emprego, principalmente em habitações de interesse social. Assim, o objetivo do trabalho é realizar o mapeamento sistemático da literatura sobre o aproveitamento de água pluvial em edificações de interesse social, garantindo uma revisão bibliográfica mais abrangente e de melhor qualidade. Para a realização do mapeamento foi necessária a busca de artigos que pudessem interessar a temática abordada. Estes foram filtrados de maneira que aqueles não relacionados a este objeto fossem descartados. Os artigos remanescentes foram lidos e classificados de acordo com diversos critérios, definindo assim a literatura a ser utilizada na revisão bibliográfica. Para o tema pesquisado foram selecionados um total de trinta artigos, garantindo uma abordagem ampla e completa para a pesquisa.

Palavras-chave: Aproveitamento de Água Pluvial. Interesse Social. Mapeamento Sistemático da Literatura.

ABSTRACT

Brazil is a nation that increasingly deals with two serious problems: the water crisis and the high demand for low-income housing - the last one is caused by the fact that many of the population is poor. Therefore, it is vital to research about the best ways to perform these constructions. For this, green technologies, such as the Rainwater Harvesting´s Plumbing System, has been highlighted. These technologies, however, have extra costs that can make its inclusion not feasible, especially in social housing. Thus, the objective of this research is to carry out the systematic mapping of the literature on the rainwater harvesting´s economical feasibility in buildings of low-income, ensuring a good quality and comprehensive literature review. To perform the mapping it was necessary to search for articles that might interest a theme. These were filtered such way that those which were not directly related to this object were discarded. The remaining articles were read and classified according to several criteria, thus defining the literature to be used in the literature review. For the theme researched were selected thirty articles, ensuring a broad and comprehensive approach to research.

***Keywords**: Rainwater harvesting. Low income. Mapping.*

[1] CARVALHO, Lorena; CAMPOS, Marcus. Avaliação econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações de interesse social: Mapeamento da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil sempre chamou a atenção no cenário mundial por sua diversidade cultural e ampla variedade de recursos naturais, porém trata-se de uma nação fortemente marcada pela desigualdade social. Em 2012, 41,9% da renda total do Brasil estava sob poder de apenas 10% da população, enquanto que 40% da população com menores rendimentos detinham 13,3% desta (IBGE, 2013).

Historicamente, as populações mais carentes, que representam grande porcentagem da população brasileira, não têm acesso a diversos bens materiais, inclusive à moradia, que para muitos representa uma meta de vida e símbolo de seu sucesso e distinção social (SOARES; SANTANA, 2007).

Sendo assim, o Brasil apresenta uma alta demanda por habitações de interesse social (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2013). Este fato favoreceu a criação do "Minha Casa Minha Vida", um programa social habitacional criado pelo governo federal em 2009 que tem o objetivo de favorecer o acesso à moradia às populações mais carentes (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2015).

Paralelamente a isto, deve-se preocupar em torna-las mais sustentáveis também deve existir. O planeta atravessa a realidade da escassez de diversos recursos naturais, entre eles, a água. Devido ao excesso de exploração e uso imprudente por parte da população, hoje o mundo encara uma eminente crise hídrica. No Brasil, entre as 100 maiores cidades, apenas 28 tem disponibilidade satisfatória deste bem (ABES, 2013).

Dentre as alternativas de sistemas que favoreçam a conservação de água em edificações, destaca-se o aproveitamento de água pluvial. Esta ação permite que a redução do consumo água potável fornecida pelas concessionárias (JOHN *et al.*, 2010), além de favorecer a redução de escoamento de água reduzindo a incidência e intensidade de enchentes (FARRENY *et al*, 2011).

A determinação de viabilidade econômica de um sistema predial de aproveitamento de água pluvial (SPAAP) depende de alguns fatores: a demanda projetada, o regime pluviométrico, configurações dos sistemas, bem como tarifas praticadas e outras variáveis como vida útil e taxa mínima de atratividade. Sendo assim, o estudo da forma de interferência dessas variáveis é de fundamental importância. No caso das edificações de interesse social, a determinação da viabilidade econômica assume relevância ainda maior, uma vez que a disposição a pagar do usuário é limitada à sua baixa renda.

Tendo esta estrutura em mente é importante entender como esta pesquisa se encaixa no atual estado da arte. Ou seja, se já existem publicações que relacionam estes três grandes grupos e quais são as lacunas de conhecimento nesta área.

Ao produzir um estudo de revisão bibliográfica, uma ferramenta que tem sido cada vez mais utilizada é o Mapeamento Sistemático da Literatura (SMS)

ou *Mapping*. Este objetiva caracterizar o estágio de desenvolvimento das pesquisas sobre um determinado assunto, no âmbito nacional e internacional, auxiliando na identificação das áreas de estudo previamente abordadas e das áreas ainda pouco exploradas (COSTA; STAUT; ILHA, 2014).

Por meio do mapeamento sistemático da literatura é possível gerar uma visão geral do tema através da identificação e análise de dados relativos a estudos realizados anteriormente. Com isso, é possível ainda dar continuidade a trabalhos já publicados ou gerar propostas de fato inovadoras (COSTA; STAUT; ILHA, 2014).

O objetivo deste artigo é realizar o mapeamento sistemático da literatura (SMS – *Sistematic Mapping Study*) sobre a viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações de interesse social, garantindo uma revisão abrangente e de qualidade, evitando lacunas de conhecimento.

2 METODOLOGIA

Para dar início a pesquisa foi necessário definir os termos de pesquisa articulados – mais conhecidos como *strings* – e determinar as bases de dados e congressos que seriam verificados.

Para esta pesquisa, as bases de dados *Scopus*, *Science Direct*, *Engineering Village* e *Web of Science* foram analisadas.

Ao definir as *strings*, buscou-se relacionar os principais pontos da pesquisa, que são: habitações de interesse social; sistemas de aproveitamento de água pluvial; e viabilidade econômica. Portanto, uma *combinação de palavras que* contemplassem as três variáveis foi utilizada. Além desta, buscou-se, uma segunda opção de artigos que apresentassem pesquisas somente com a união dos dois primeiros termos, assim ampliando a busca sobre esta tecnologia nesta tipologia de edificações, desconsiderando pesquisas relacionadas a avaliação econômica. Optou-se por não pesquisar a *string* que relacionaria SPAAP e avaliações econômica por ser um tema muito amplo e recorrente.

Com isso, as *strings* utilizadas foram: "*(Low income or social hous*) AND rainwater*" e "*(Low income or social hous*) AND rainwater AND economic feasibility*".

Após a pesquisa e seleção dos artigos nas bases de dados utilizando as *strings* escolhidas, os mesmos foram filtrados de forma a reduzir a quantidade de artigos a serem lidos. Neste primeiro momento haviam um total de 803 artigos a serem analisados.

O primeiro passo para filtrar e selecionar os trabalhos foi a criação de uma tabela através de uma planilha eletrônica para dispor todos os artigos a serem analisados. Nesta tabela cada linha foi preenchida com as informações de um único artigo. As informações título; autor(es); ano de publicação; resumo; palavras-chave; tipo de documento; base de dados onde foi encontrado foram dispostas em colunas.

Assim, foi facilitada a identificação e exclusão de artigos em duplicidade, ou seja, aqueles artigos que apareciam em duas ou mais bases de dados. Estes representavam um total de 184 artigos. Posteriormente, foram excluídos aqueles artigos que vinham com informações incompletas, inviabilizando a leitura dos mesmo. Havia 176 artigos neste segundo grupo de exclusão.

Em seguida, com um total de 443 artigos, todos os títulos foram lidos e verificados, para que somente aqueles relacionados com o tema de pesquisa permanecessem na tabela, sendo que nesta fase outros 381 artigos fossem descartados. Por fim, todos os resumos dos 62 artigos remanescentes foram lidos e foi determinado que 15 artigos eram condizentes com o tema de pesquisa.

Uma vez que os artigos foram escolhidos para a realização da leitura, fez-se uma busca por "bola de neve". Isto significa que, para os artigos que foram selecionados, as suas referências bibliográficas foram verificadas, buscando outros trabalhos que pudessem colaborar com a pesquisa. Nesta fase somaram-se mais 9 artigos condizentes com o tema, resultando num total de 24 artigos.

Buscou-se ainda outros trabalhos relevantes à pesquisa através da leitura dos títulos de artigos publicados em anais eletrônicos de importantes congressos nos últimos quinze anos, garantindo assim mais um conjunto de trabalhos a ser avaliado no *mapping*.

Os congressos considerados foram o Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC) e *International Symposium of CIB W062 on water supply and drainage for buildings*.

Para os anais eletrônicos dos congressos o procedimento foi diferente. Optou-se por analisar os artigos a partir de 2000, pois assim somente trabalhos mais recentes seriam verificados. Para isso, todos os títulos de artigos de todos os anais eletrônicos foram lidos, e aqueles que demonstravam alguma similaridade com a temática foram selecionados.

Considerando os dois congressos desde 2000, foram selecionados 18 títulos de interesse. Os resumos destes artigos foram lidos, e deste conjunto, apenas 6 trabalhos foram selecionados para a leitura completa.

Somando os 6 artigos selecionados nesta etapa, mais 24 artigos da etapa anterior, 30 artigos foram escolhidos para a etapa de classificação.

Estes artigos foram lidos por completo, e os seus aspectos mais interessantes e relacionados com o tema pesquisado foram registrados para que fossem aproveitados ao longo da concepção do trabalho.

Tendo realizado a leitura destes trabalhos passou-se para a etapa de classificação dos mesmos. As classificações abordaram as seguintes questões: país da pesquisa, ano em que foi publicado, periódicos em que foi publicado, palavras-chave utilizadas e autores.

Além destas classificações foi verificado qual a estratégia de pesquisa adotada. Para aqueles que envolvem análises econômicas, foi investigado

os métodos de avaliação econômica utilizados, os valores adotados para taxa de atratividade e vida útil dos sistemas, e por fim, os valores de resultados encontrados.

Assim, foi possível classificar os artigos selecionados de acordo com diversos critérios, definindo a literatura a ser citada na revisão bibliográfica em questão.

As classificações e resultados foram analisados de forma a concluir como utilizar os dados encontrados da melhor maneira na revisão bibliográfica da pesquisa.

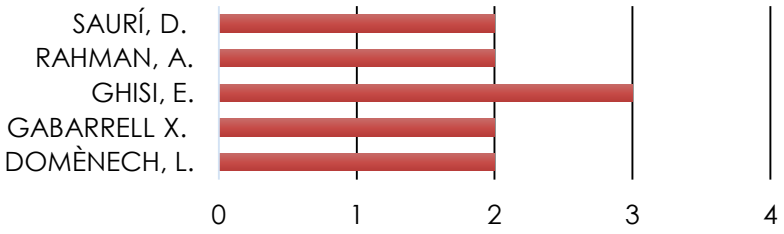
3 ANÁLISE DE RESULTADOS - CLASSIFICAÇÃO

As primeiras análises registradas nestes capítulo não abordam os artigos encontrados através da investigação pelo ENTAC, por se tratar de um congresso nacional. Se considerados, favoreceriam as instituições e autores brasileiros em detrimento dos demais.

Entre os artigos avaliados 71 autores estavam presentes, entretanto, apenas 5 autores possuíam mais de uma publicação, cujo nomes e quantidades são apresentados no Gráfico 1.

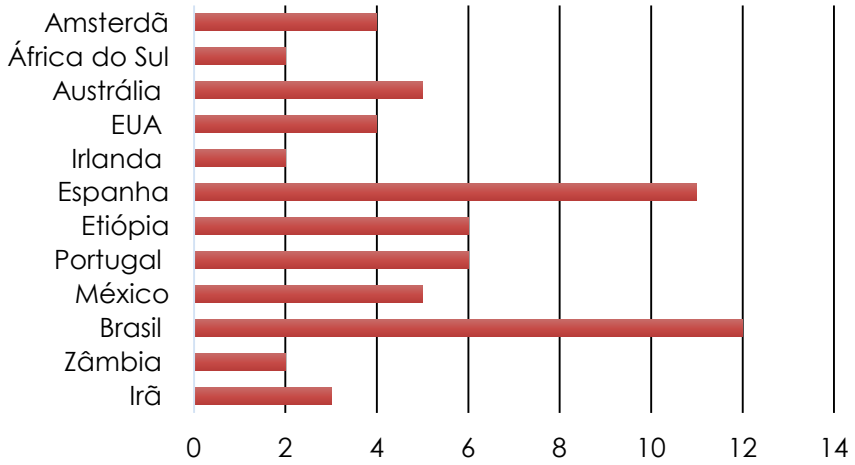
Realizou-se também uma análise das instituições que os autores fazem parte e as suas respectivas nacionalidades. As instituições e nacionalidades que constaram mais de uma vez foram representadas nos Gráficos 2 e 3 respectivamente. Vale ressaltar que, para estes gráficos, a quantidade de autores ou instituições é superior à quantidade de artigos, uma vez que cada um destes pode possuir mais de um autor.

Gráfico 1 – Autores recorrentes e suas publicações em periódicos internacionais



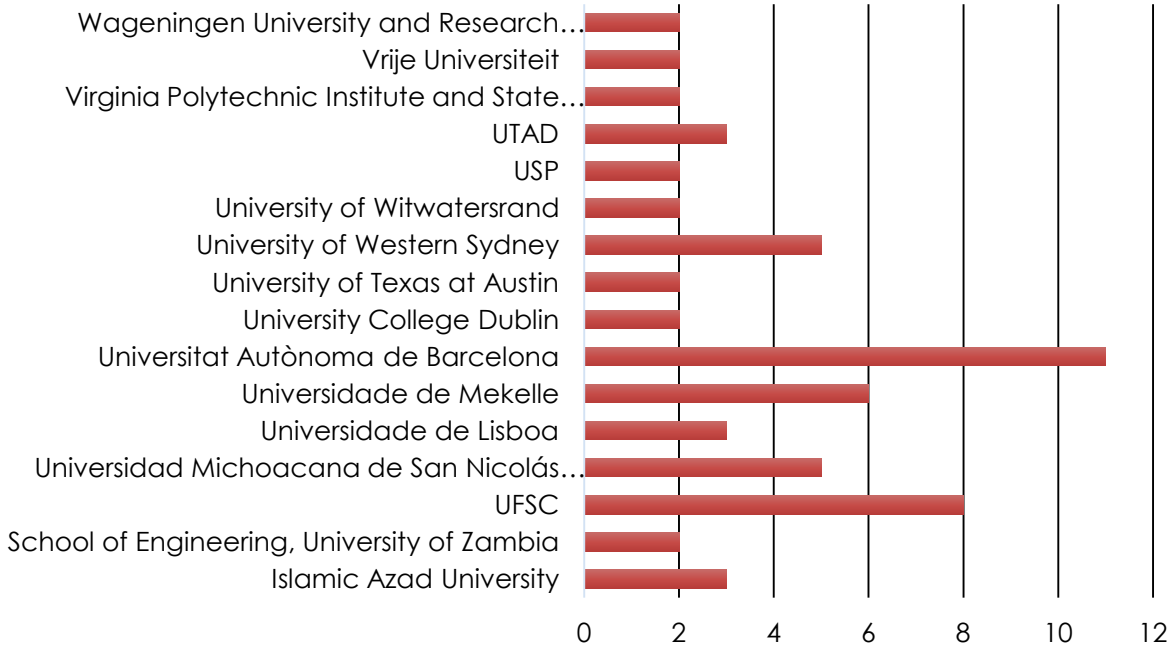
Fonte: Os autores

Gráfico 2 – Nacionalidade dos autores que publicaram em periódicos internacionais



Fonte: Os autores

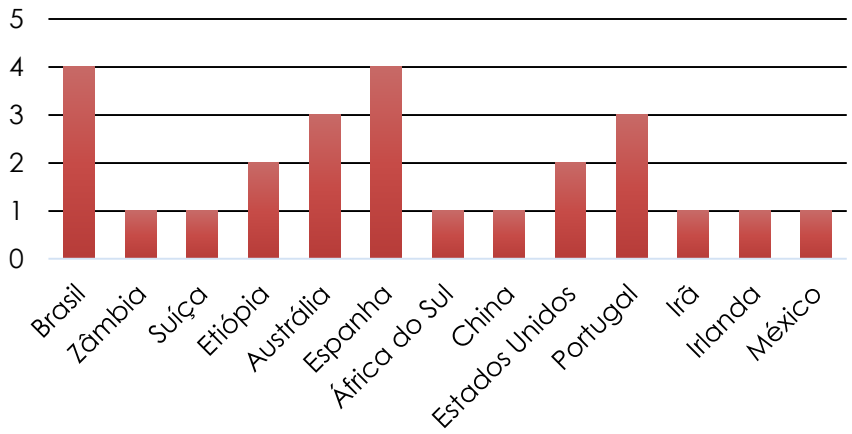
Gráfico 3 –Instituição de ensino dos autores



Fonte: Os autores

A quarta análise realizada se refere ao país onde a investigação foi realizada. Neste caso, o Gráfico 4 é responsável pela representação das informações coletadas. O Brasil é notoriamente o país onde mais se realiza este tipo de pesquisa. Isso se deve ao fato de ser um país com grande potencial para os SPAAP.

Gráfico 4 – Classificação por país em pesquisa



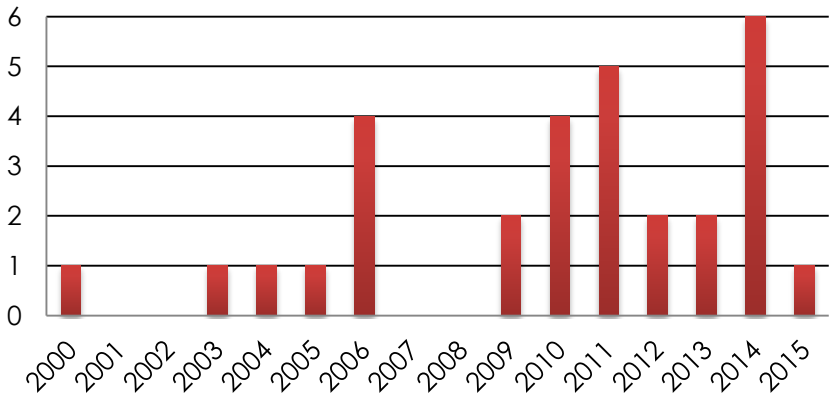
Fonte: Os autores

Paralelamente a estas análises, verificou-se que, no âmbito nacional, a instituição UNICAMP, com 2 publicações entre as 5 analisadas originadas do congresso ENTAC, tem tido destaque. Os dois autores que mais publicaram neste congresso nos últimos 20 anos foram Campos e Ilha. Considerando a temática abordada, somente estes publicaram mais de uma vez.

As análises seguintes passarão a considerar todos os artigos selecionados, inclusive aqueles do congressos ENTAC, uma vez que aquelas não são prejudicadas pela inclusão destes.

Foi verificado em que ano cada artigo foi publicado, assim foi possível identificar um provável aumento do interesse nesta área, uma vez que a quantidade de artigos publicado por ano tem aumentado. Estas informações estão disponíveis no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Classificação por publicações por ano

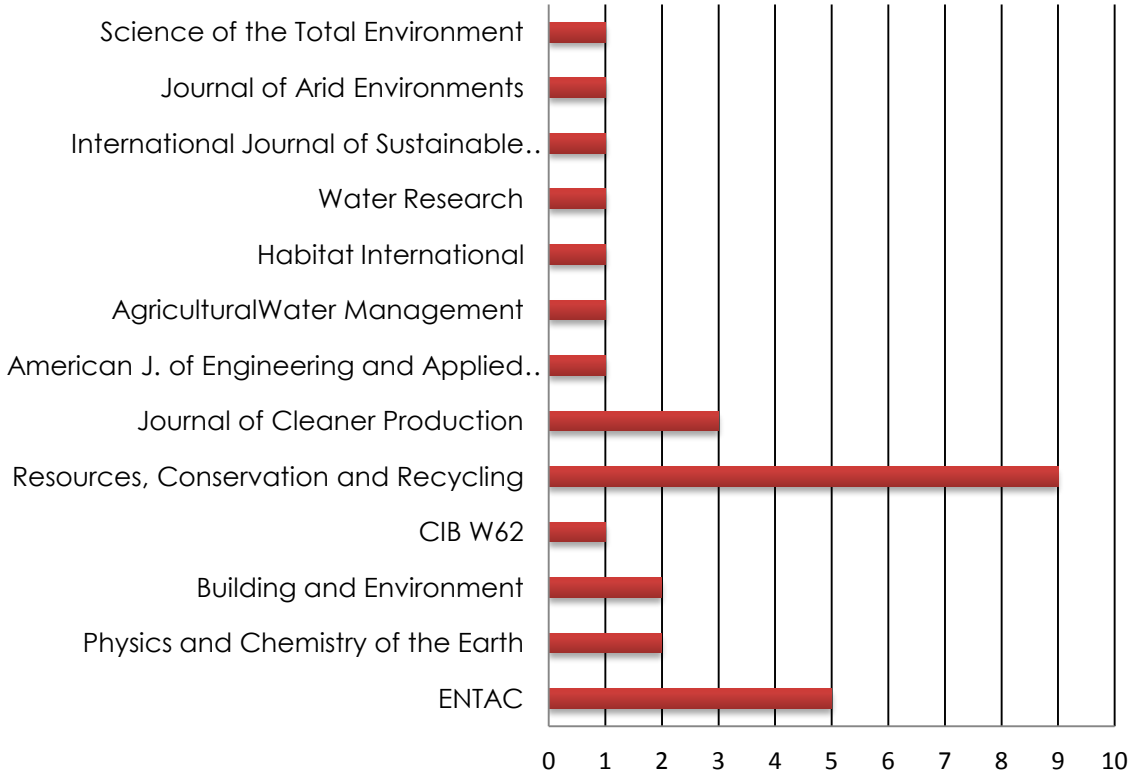


Fonte: Os autores

O provável aumento de interesse não pode ser confirmado uma vez que há um aumento considerável de meios de publicações nos últimos anos, o que pode ter sido a causa do aumento de publicações sobre o tema.

Ainda, investigou-se onde foram publicados os artigos analisados, com a finalidade de perceber quais são os periódicos ou congressos que mais divulgam artigos relacionados à temática investigada. O Gráfico 6 indica que o periódico "*Resources, Conservation and Recycling*" é o que publicou maioria dos artigos em questão.

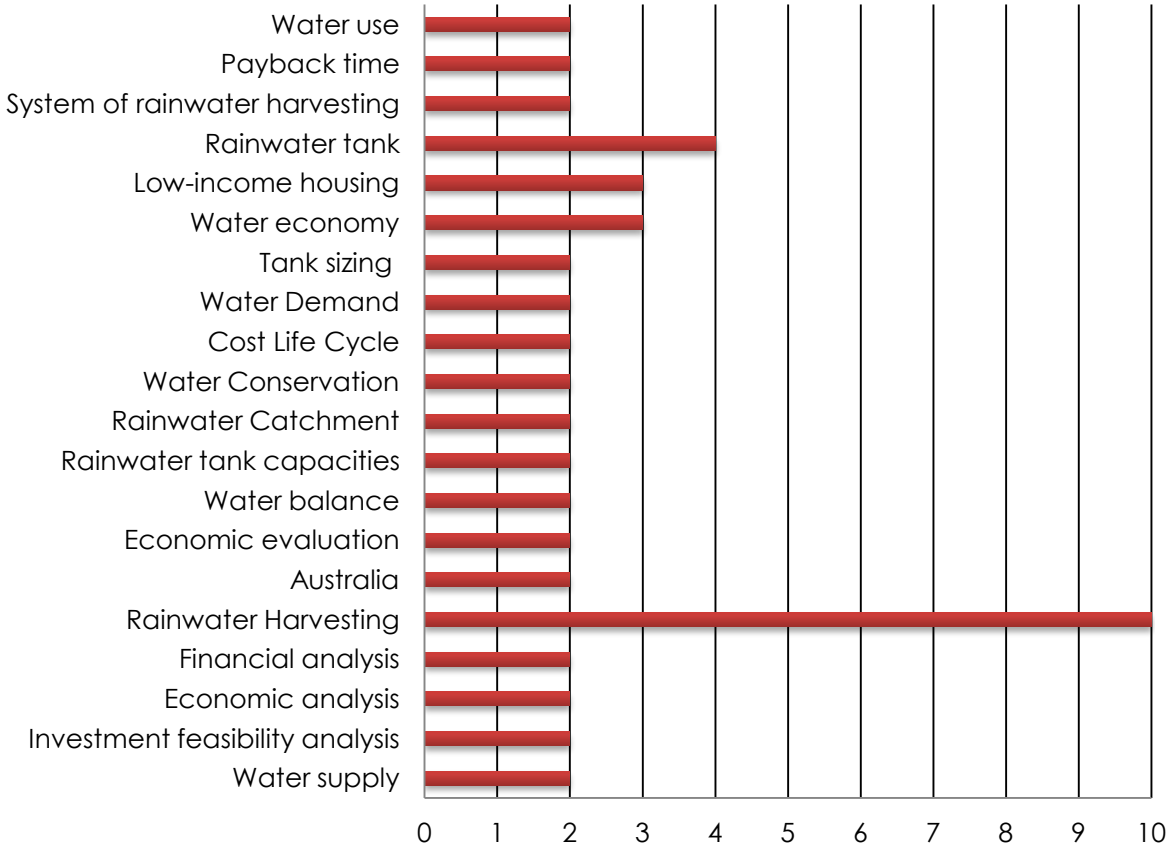
Gráfico 6 – Classificação por meio de publicação



Fonte: Os autores

Neste mapeamento, investigou-se também quais foram as palavras-chave mais utilizadas entre os 30 artigos. O total de 107 palavras-chave foram utilizadas, entretanto apenas 20 apareceram mais de uma vez. As palavras que se repetiram foram apresentadas no Gráfico 7, de maneira que aquelas não recorrentes ficassem excluídas desta representação.

Gráfico 7 – Usos de palavras-chave



Fonte: Os autores

Outra análise necessária é a que se refere às lacunas de conhecimento. Para esta análise foram determinadas quatro temáticas que seriam verificadas em cada um dos artigos: avaliação econômica de SPAAP; configurações de SPAAP; SPAAP e habitações de interesse social; e avaliação econômica de SPAAP em habitações de interesse social. O Gráfico 8 traz a quantidade de artigos que abordam cada um dos temas, evidenciando as lacunas de conhecimento.

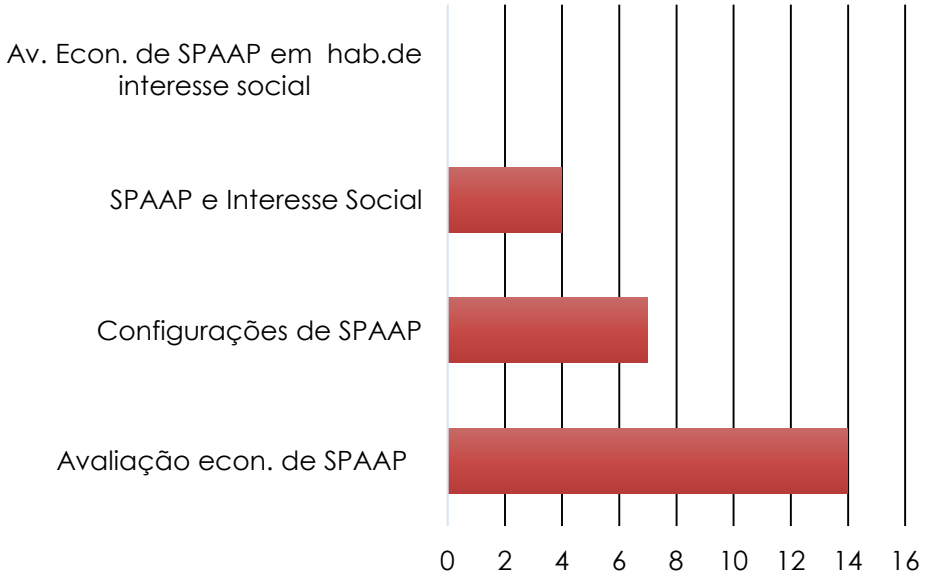
Primeiramente, é possível notar que não há, entre todos os artigos pesquisados, nenhum que aborde exatamente o mesmo tema que é proposto para a pesquisa de mestrado em andamento e que está sendo realizada pelos autores.

Além disso, demonstra que, dos 30 artigos analisados, quase metade realiza uma análise econômica ligada ao funcionamento de SPAAP. Isto comprova que apenas a avaliação econômica de sistemas já é amplamente explorada.

Já o tema configurações de SPAAP é pouco explorado: apenas 7 retrataram análise de aproveitamento de água pluvial utilizando diferentes configurações do sistema.

Por fim, é possível notar que ao unir os temas "SPAAP" e "interesse social", o número de artigos que tratam desta temática é muito baixo, são 4 artigos de 30, evidenciando uma lacuna de conhecimento no que diz respeito a aproveitamento de água pluvial para populações de baixa renda.

Gráfico 8 – Temas abordados em artigos selecionados



Fonte: Os autores

É possível realizar uma relação entre os dados demonstrados nos Gráficos 7 e 8. O Gráfico 7 traz as palavras-chave, enquanto que o Gráfico 8 traz as lacunas de conhecimento. Há coerência entre ambos, uma vez que todos os artigos tratam de aproveitamento de água pluvial e a palavra-chave mais utilizada é "*rainwater harvesting*", que significa "aproveitamento de água pluvial". Além disso, grande parte dos artigos trabalham com avaliação econômica, e entre as palavras-chave há uma alta ocorrência de palavras que remetem a esta questão, tais como: "*payback time*", "*cost life cycle*", "*economic evaluation*", "*financial analysis*", "*economic analysis*", "*investment feasibility analysis*".

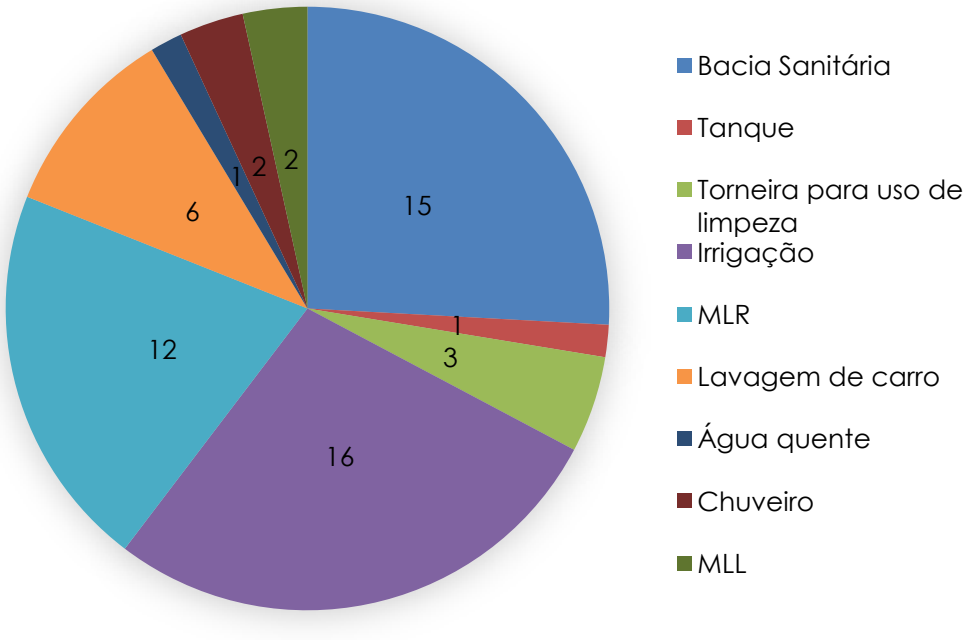
Foi realizada também uma análise referente a classificação da estratégia de pesquisa utilizada em cada artigo. Dentre os artigos analisados, foi possível notar que 25 são estudo de caso, 4 são levantamento e apenas 1 é pesquisa ação. Há um notório destaque das pesquisas do tipo "estudo de caso", que representam 83% da amostragem analisada.

Outra análise interessante é: avaliação dos usos mais comuns destinados ao aproveitamento de água pluvial. Porém, há uma grande variedade de usos possíveis, alguns mais bem aceitos pela sociedade, e outros que não. O Gráfico 9 apresenta os usos praticado no decorrer dos 30 artigos estudados.

É possível notar através da análise do Gráfico 9 que os usos mais praticados são predominantemente irrigação e descarga para bacia sanitária; em muitas situações o uso para máquina de lavar roupa também é

considerado. Porém, verifica-se que alguns artigos apresentaram o uso potável, o que é desaconselhado pela norma Brasileira (ABNT,2007).

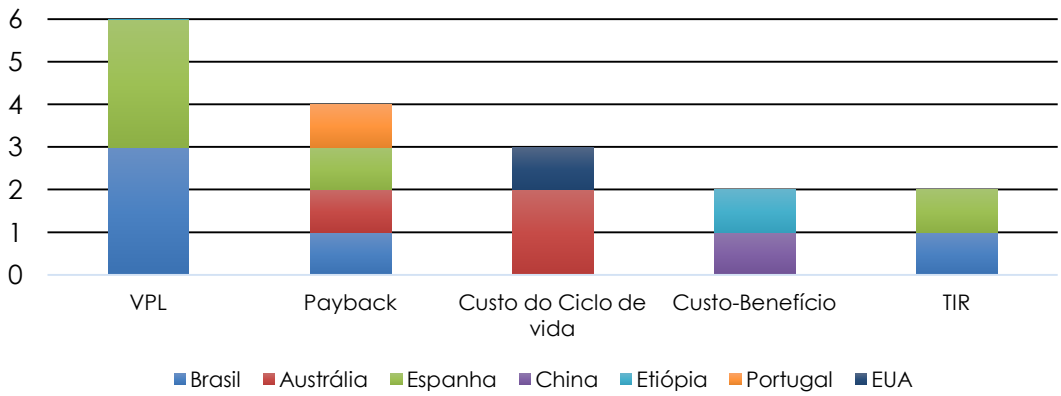
Gráfico 9 – Frequência dos usos de SPAAP



Fonte: Os autores

Além das análises listadas, foi possível notar que o método econômico mais utilizado para avaliação econômica nos trabalhos avaliados foi o valor presente líquido (VPL), seguido do ***payback***. Estes dois tratam-se de métodos provenientes do fluxo de caixa descontado e representam 61,11% das análises realizadas. O Gráfico 10 apresenta a distribuição dos métodos utilizados pelos países.

Gráfico 10 – Métodos de avaliação econômica por país

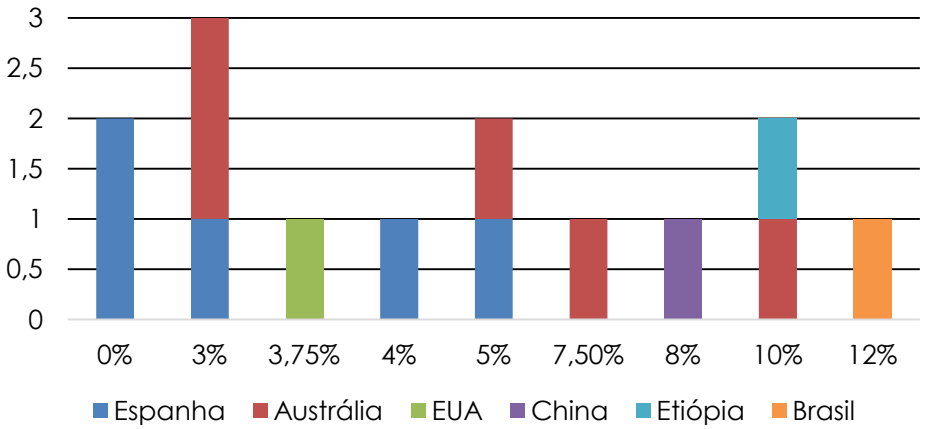


Fonte: Os autores

Para a aplicação destes métodos é necessária a definição adequada da taxa mínima de atratividade. No levantamento realizado, estes valores

variaram bastante. Algumas delas consideravam uma simulação com taxa de 0%, outras com baixas taxas – como 3% ao ano -, e outras ainda com taxas de 12% ao ano. Os valores adotados nas pesquisas analisadas bem como a distribuição por país encontra-se no Gráfico 11.

Gráfico 11 – Taxa de atratividade por país



Fonte: Os autores

Cada país apresenta uma diferente Taxa Selic, que é definida de tempos em tempos através do cálculo da média ponderada das taxas de juros praticados pelas instituições financeiras. É natural que países mais desenvolvidos apresentem valores mais baixos para a Selic, uma vez que os riscos proporcionados pelos investimentos são diretamente proporcionais às taxas de juros. Ao analisar o fluxo de caixa de um investimento, a taxa de atratividade representa a taxa de juros da operação financeira e normalmente é adotada com o valor da Selic (SILVA, 2013).

Assim, era esperado que os países mais desenvolvidos apresentassem os menores valores de taxas de atratividade, e aqueles subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, as maiores.

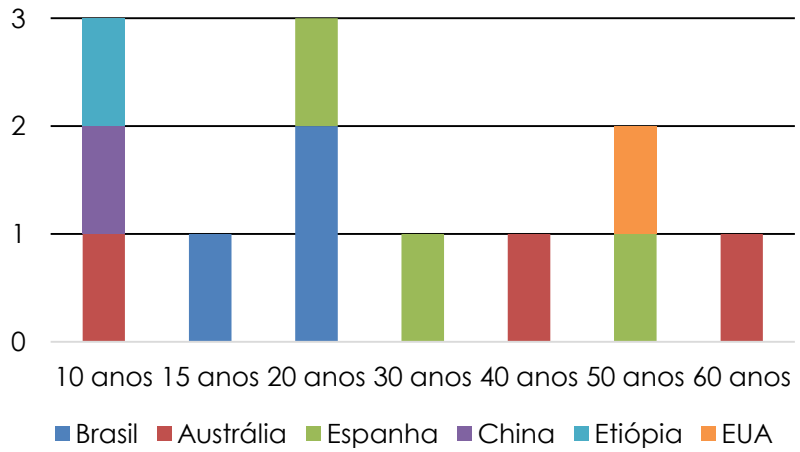
Porém, através do mapeamento sistemático da literatura foi possível notar que entre os trabalhos pesquisados, a taxa no Brasil consta como superior à da Etiópia, enquanto que em determinado momento a taxa da chinesa é inferior à australiana.

Portanto, o Gráfico 11 embasa uma forte crítica às pesquisas realizadas sobre avaliação econômica de SPAAP no mundo. É nítida a falta de padronização entre os valores adotados para a taxa de atratividade. Esta ausência de padrão implica na carência de critérios econômicos para adotar valores para esta taxa, fazendo desta apenas um valor numérico sem preocupação com o real significado da mesma.

Outra questão importante no momento de determinação do VPL é a determinação da vida útil do sistema. A maioria dos estudos consideram a vida útil do sistema igual a vida útil do reservatório, outras consideram o tempo em que o sistema fica sem passar por manutenção. O Gráfico 12

apresenta os valores de vida útil utilizados na pesquisa, e a frequência com que foram utilizados.

Gráfico 12 – Vida útil do SPAAP por país



Fonte: Os autores

Outra vez, assim como para a de taxa de atratividade, é possível notar uma grande variação dos valores adotados. Neste caso, por outro lado, é possível notar uma tendência: aqueles considerados países desenvolvidos tendem a apresentar uma vida útil do sistema mais alta, o que se justifica pela provável frequente manutenção e uso de materiais de desempenho superior.

Entre os 30 trabalhos analisados, 14 envolvem a avaliação econômica de SPAAP. Entre estes, é possível notar que a grande maioria dos trabalhos – aproximadamente 80% - considera a execução do projeto possivelmente viável, porém com ressalvas. Ou seja, há um linha muito tênue entre gerar projetos exequíveis ou não. Variáveis como: taxa de atratividade, vida útil do sistema, preço da água, entre outros, são fatores determinantes neste processo de escolha.

Porém, mesmo que alguns casos analisados não possuam vantagens econômicas explícitas, a implantação de SPAAP é vista como interessante, por diversos autores (SAMPLE; LIU, 2014; FARRENY; GABARRELL; RIERADEVALL, 2010; GHISI; TAVARES; ROCHA, 2009) do ponto de vista ambiental. Isto acontece por serem sistemas que melhoram a gestão da água reduzindo o consumo de água potável, recurso este que se torna a cada dia mais escasso, no Brasil e em todo o mundo.

4 CONCLUSÕES

Através das diversas classificações dos artigos selecionados, é possível identificar padrões entre as pesquisas relacionadas com a temática da viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações de interesse social.

Fazendo o mapeamento da literatura foi possível perceber que por diversas vezes os SPAAP foram considerados economicamente inviáveis, o que pode ser especialmente relevante ao tratar de projetos para habitações de interesse social.

Por outro lado, apesar de projetos para habitações de interesse social terem menos verba disponível para investimento, há presença de subsídios. Assim, as taxas de atratividade praticadas são mais baixas, favorecendo a viabilidade econômica dos projetos.

Neste mapeamento foi evidenciado que não houve, entre os artigos analisados, nenhum caso que abordasse a viabilidade de SPAAP em habitações de interesse social considerando diversas modalidades de configurações de sistemas.

Em especial nos países em desenvolvimento, a grande demanda de habitações de interesse social representa um grande potencial para construções sustentáveis, porém a viabilidade econômica ainda se coloca como um fator impeditivo em diversas situações.

Os resultados obtidos apontam para a necessidade de busca por soluções otimizadas no projeto de sistemas de aproveitamento de água pluvial, melhorando assim, a viabilidade de implantação destes sistemas, fornecendo subsídios para novas pesquisas no tema.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de estudo que possibilitou a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABES, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Perdas em sistemas de abastecimento de água**: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. São Paulo, 2013. 45p.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, **Habitação Urbana**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx#quem-pode-ter> Acesso em 18 de novembro de 2015.

COSTA, C. H. A.; STAUT, S. L. S.; ILHA, M. S. O; Projeto de sistemas prediais hidráulicos sanitários com BIM: mapeamento da literatura, 11/2014, **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Vol. 1, pp.2760-2769, Maceió, AL, Brasil, 2014

FARRENY, R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods. ***Resources, Conservation and Recycling***, Barcelona – Espanha, v 55, p. 686 – 694, 2011.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações. **Déficit habitacional no Brasil 2010**. Belo Horizonte, 2013, 80p.

GHISI, E.; TAVARES, D. F.; ROCHA, V. L,; *Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis.* ***Resources, Conservation and Recycling***, Florianópolis – Brasil, v 54, p. 79 – 85, 2009.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de Indicadores Sociais**: Uma análise das condições de vida da população brasileira. Rio de Janeiro, 2013, 266 p.

JOHN, V. M.; CSILLAG, D.; TAKAOKA, M. V.; BESSA, V. M. T.; SUZUKI, E. H. **Avaliação das tecnologias existentes no mercado e soluções para melhorar a eficiência energética e o uso racional da água em Habitação de Interesse Social no Brasil**. SUSHI – Sustainable Social Housing Initiative. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), 2010. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/sushi/images/relatorios/Final_Brazil_reports_160511/3_Avaliacao_120511.pdf>. Acesso em: 24 de novembro de 2015.

SAMPLE, D. J.; LIU, J.; *Optimizing rainwater harvesting systems for the dual purposes of water supply and runoff capture.* ***Journal of Cleaner Production***. Virgínia – Estados Unidos, v 75, p. 174 – 194, 2014.

SILVA, B. K.; ***Investments in timberland****: inventor's strategies and economic perspectives in Brazil.* 2013. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SOARES, J.C.; SANTANA, G.V. Hipercidades, consumo e habitação: da necessidade de habitar ao desejo de morar. **Estudos e Pesquisas em Psicologia**. Rio de Janeiro, v 7, n.2, p. 271 – 281, 2007.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA NÃO POTÁVEL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS[1]

CASTILHO, Carolina Paula de (1); OLIVEIRA, Lúcia Helena de (2)

(1) PCC/EP/USP, e-mail: carolinacastilho@usp.br; (2) PCC/EP/USP, e-mail: lucia.helena@usp.br

RESUMO

Diante da crise hídrica, no Brasil surgem iniciativas independentes de sistemas de água não potável instalados em edifícios residenciais e comerciais (SPANP). Estas iniciativas contam hoje com pequeno respaldo técnico normativo ou de legislação que orientem gestores, executores e profissionais sobre as práticas adequadas de implantação, gestão e monitoramento deste tipo de sistema, colocando em risco a segurança dos usuários. Assim, a avaliação de desempenho de SPANP torna-se importante ferramenta para a melhoria desses sistemas e a redução de riscos relacionados à saúde dos usuários. Este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho de SPANP durante sua operação de um edifício residencial, no que se refere à concepção, execução, operação e manutenção, com base nos resultados de pesquisa obtidos em dissertação de mestrado concluída. Para tanto, foi realizado levantamento bibliográfico sobre SPANP e avaliação de desempenho e aplicada metodologia de avaliação em um edifício residencial com sistema de água não potável. Os resultados obtidos indicam que o caso apresentado é caracterizado por sistema que opera com desempenho inferior ao adequado para atender às necessidades e garantir a segurança de seus usuários.

Palavras-chave: Água não potável. Desempenho. Edifício residencial.

ABSTRACT

Given the water crisis in Brazil, it emerged independent initiatives of non-potable water systems in residential and commercial buildings. These initiatives have today little technical or legal support to guide managers, builders and professionals on appropriate deployment practices, management and monitoring of this type of system, endangering the safety of users. Thus, the evaluation of performance of non-potable water systems becomes an important tool to improve these systems and to reduce the risks related to the health of users. This article aims to evaluate the performance of non-potable water systems during operation of one residential building, as regards the design, implementation, operation and maintenance, based on research results on completed Master's thesis. Thus, it was performed bibliographical survey on non-potable water systems and performance evaluation and it was applied evaluation methodology in case study in residential building with system of non-potable water. The results indicate that the case presented is characterized by system operating with lower performance inadequate to meet the needs and ensure the safety of its users.

Keywords: *Non-potable water. Performance. Residential building.*

[1] CASTILHO, Carolina; OLIVEIRA, Lúcia. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA NÃO POTÁVEL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A população mundial, que hoje ultrapassa o número de 7 bilhões de pessoas, tem previsão de aumentar para 9,3 a 10 bilhões no período entre 2010 e 2050, chegando à estimativa de alcançar entre 9,7 e 12,5 bilhões em 2100 (United Nations, 2014). Uma vez que este cenário de crescimento populacional caracteriza-se por uma concentração urbana, a tendência é de comprometimento cada vez maior da disponibilidade da água como recurso natural próximo a estes centros.

No estado de São Paulo, a vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água da Macrometrópole Paulista foi constatada em 2007 pelo Governo Estadual. Com crescimento populacional desta região previsto para alcançar o número de 37 milhões de pessoas até 2035, o Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista (DAEE, 2013) constatou que seria necessário dobrar a capacidade do Sistema Cantareira e quadruplicar o Sistema Guarapiranga para atender o crescimento do consumo neste período.

Diante disso, o uso de água não potável é uma realidade. A água é um recurso natural finito e, pelo modo como a demanda sempre foi gerida, tende a se tornar cada vez mais escassa. Assim, o futuro aponta para a racionalização de seu uso e o emprego de fontes alternativas de abastecimento.

No caso dos centros urbanos e das edificações residenciais em particular, os SPANP apresentam-se como uma alternativa, desde que tomados os devidos cuidados de projeto, execução, operação e manutenção para garantir a segurança de seus usuários.

No Brasil, as iniciativas independentes de SPANP instalados em edifícios não contam com respaldo técnico normativo, diretrizes ou legislação que orientem gestores, executores e profissionais sobre as práticas adequadas de implantação, gestão e monitoramento deste tipo de sistema, colocando em risco a segurança dos usuários e o sucesso da tecnologia.

Neste sentido, este trabalho permite, por meio da avaliação durante operação de edifício residencial com SPANP, apresentar uma avaliação de desempenho de um estudo de caso na cidade de São Paulo e confirmar que a falta de capacitação técnica em todas as fases do ciclo de vida destes sistemas e, em especial no projeto, implantação, operação e manutenção, resulta em um cenário de SPANP operando com desempenho inferior ao necessário para atender às necessidades dos usuários.

2 DESEMPENHO E AVALIAÇÃO DURANTE OPERAÇÃO

O edifício, se entendido como um sistema, pode ser definido como um conjunto de partes interdependentes que formam um todo unitário, desempenhando determinada função. Cada parte deste sistema tem uma ou mais funções definidas, de acordo com o local onde está inserida no edifício, as relações que tem com as outras partes e o ambiente (BARROS,

2013).

2.1 Desempenho de sistemas prediais de água não potável

Dada esta relação não independente entre os elementos do conjunto, o conceito de desempenho aplicado ao sistema edifício, segundo Gonçalves (2015), avalia princípios e comportamentos pontuais a partir do conhecimento do problema maior, realizando uma análise expansionista. Esta abordagem de questões utilizando o conceito de sistemas e a maneira expansionista de análise é denominada pelo autor de enfoque sistêmico.

Os sistemas prediais são concebidos a partir das necessidades e exigências dos usuários, logo, o desempenho do sistema está diretamente relacionado com a função para a qual foi desenvolvido. Gonçalves (2015) ressalta que quando a concepção de um sistema predial é feita desconsiderando o enfoque sistêmico, pode resultar em um sistema não adequado às necessidades do usuário, o que obriga o usuário a adaptar-se ao sistema. Drake *et al.* (1986) ainda completa que um sistema de desempenho insuficiente pode afetar o desempenho de outros sistemas. Esse efeito acumulativo pode resultar em um ambiente de estresse percebido pelos ocupantes.

Embora existam diversas normas específicas para sistemas prediais hidráulicos, os SPANP possuem um pequeno respaldo de referências normativas no País. Alguns dos requisitos do sistema predial de água potável se aplicam ao SPANP, porém há outras especificidades e cuidados que precisam ser considerados para se garantir o desempenho deste tipo de sistema e a segurança dos usuários. Estas particularidades do SPANP não são abordadas de forma clara nas recomendações técnicas atualmente disponíveis.

A partir dos requisitos de desempenho apresentados por Peixoto (2008) e Paula (2005) para os sistemas prediais de água não potável, dos requisitos definidos por Gonçalves (2015), Rosrud (1979) apud Araújo (2004) e Amorim (1989) *apud* Peres (2006) para os sistemas prediais hidráulicos e das recomendações das normas nacionais NBR 5626 (ABNT, 1998), NBR 13969 (ABNT, 1997), NBR 15527 (ABNT, 2007) e NBR 15575 (2013) e normas internacionais BS 8525-1 (British Standard, 2010) e BS 8515 (British Standard, 2009), procurou-se reunir os requisitos de desempenho para SPANP que orientaram a entrevista na visita de estudo de caso deste trabalho.

2.2 Avaliação durante operação

A "Avaliação Pós-Ocupação" (APO) é uma ferramenta de avaliação do ambiente construído que permite a melhoria da qualidade dos edifícios por meio da retroalimentação de informações em todo o ciclo de produção dos mesmos (ARAUJO, 2004).

Existem diversos tipos de avaliações que podem ser feitas ao longo do ciclo de vida do edifício. O que diferencia a APO dos demais processos de

avaliação do ambiente construído é o fato de a APO abordar questões relacionadas com as necessidades, atividades e objetivos das pessoas e da organização que fazem uso do espaço, incluindo manutenção, operação e questões relacionadas ao projeto do edifício (PREISER, 2001).

No caso de sistemas prediais especificamente, que devem ser avaliados em pleno funcionamento, adota-se como avaliação de desempenho a Avaliação Durante Operação (ADO), metodologia aplicada na década de 1990 por Almeida (1994) a partir dos conceitos de APO indicativa, investigativa e de diagnóstico, de qualidade e flexibilidade dos sistemas, de usuários-chave, e critérios de desempenho.

Propondo-se a atuar nas etapas de uso, operação, manutenção e determinação de necessidades funcionais para recuperação de sistemas prediais, a metodologia de ADO é apresentada em seis etapas que, embora apresentadas separadas por Almeida, podem ocorrer simultaneamente quando aplicadas no estudo de caso. São elas: levantamento documental, levantamento cadastral, levantamento das necessidades dos usuários dos sistemas prediais, análise e diagnóstico, plano de recuperação e avaliação de resultados e retroalimentação do processo.

Assim, a metodologia da ADO apresenta-se como uma ferramenta adequada para avaliação de desempenho dos sistemas prediais de água não potável nas etapas de uso, operação, manutenção e determinação de exigências dos usuários, objetivo deste trabalho.

3 METODOLOGIA

O método de pesquisa empregado baseia-se em pesquisa bibliográfica, com coleta de dados secundários, e pesquisa de campo em edifício residencial com SPANP instalado para a coleta de dados primários e a realização de estudo de caso qualitativo.

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico a fim de definir um referencial conceitual-teórico que desse suporte para a pesquisa e explicitasse o estado da arte do tema estudado. Para o estudo de caso, optou-se por realizar uma adaptação da metodologia de ADO, substituindo-se a etapa de plano de recuperação caso a caso por uma análise de validação das questões estabelecidas para a pesquisa.

As técnicas de coleta de dados utilizadas foram: entrevistas semiestruturadas, aplicadas face-a-face com usuários e operadores do sistema, análise documental, nos casos em que este material foi disponibilizado, e observações diretas assistemáticas durante as visitas de campo.

A partir dos dados coletados, elaborou-se uma narrativa geral do edifício visitado, registrando-o como um estudo completo. Por meio do cruzamento dos dados analisados com o conteúdo previamente levantado na literatura, foi possível a aplicação da etapa de análise e diagnóstico prevista na metodologia de ADO.

4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Os dados coletados, a análise documental e as observações diretas assistemáticas foram reunidos em narrativa de estudo de caso, o que permitiu verificar o cenário encontrado.

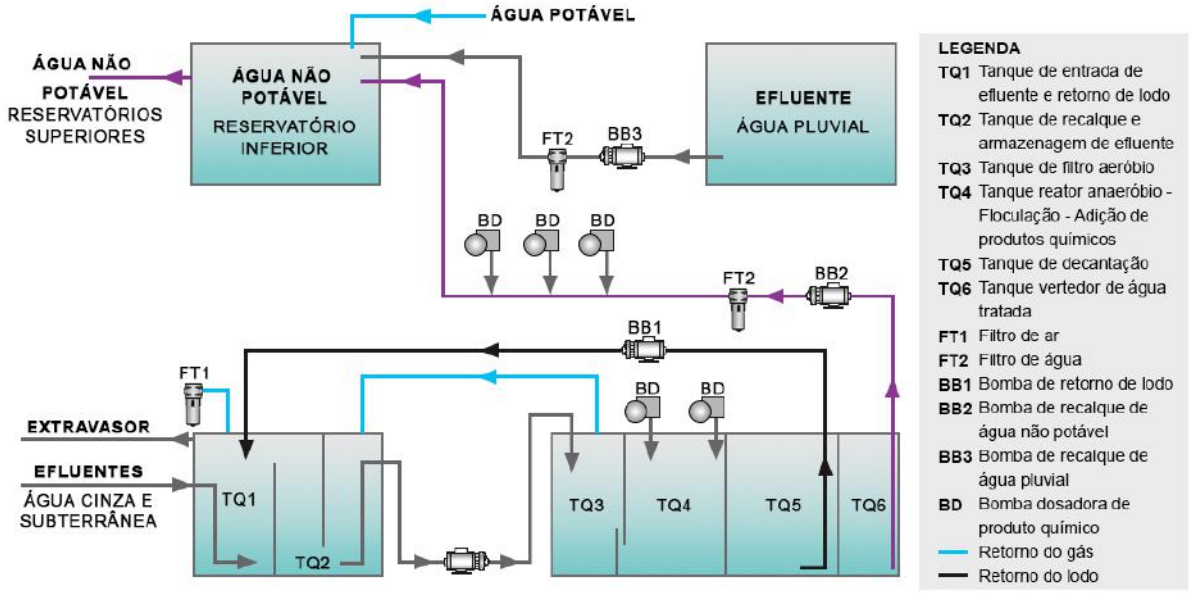
4.1 Estudo de caso

Trata-se de um empreendimento com sete torres de vinte e oito andares. São dois apartamentos por andar, em um total de 392 unidades. A configuração original dos apartamentos é de quatro dormitórios e cinco banheiros, com áreas de 156 a 234m² de área. No total o condomínio possui cerca de 1.500 moradores, de acordo com o entrevistado.

O SPANP foi executado pela construtora responsável pelo empreendimento com assessoria de empresa terceirizada e, embora o condomínio tenha sido entregue em 2011, o SPANP só foi colocado em operação em 2013.

A fonte de abastecimento do SPANP neste empreendimento era originalmente a água cinza coletada de chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas. Após as intervenções realizadas no sistema, passou-se a utilizar também a água subterrânea proveniente dos poços de drenagem existentes no subsolo e a água pluvial coletada nos reservatórios de retenção que o edifício é obrigado a ter em atendimento à Lei 13276 (SÃO PAULO, 2002), localizados no térreo. A Figura 1 esquematiza o sistema de tratamento conforme encontrado no fluxograma da empresa responsável pela execução do sistema e informações coletadas na visita.

Figura 1 – Fluxograma do SPANP



Fonte: Acervo do autor (2015)

Com a intervenção, a água subterrânea passou a ser conduzida para o primeiro reservatório no subsolo, que também recebe a água cinza e onde se inicia o processo de tratamento, conforme esquematizado na Figura 1. O

entrevistado afirmou que o tratamento é físico-químico, porém, analisando o fluxograma do sistema de tratamento, a presença de reator anaeróbio no processo indica que o tratamento é físico-químico e biológico.

A água pluvial não recebe o mesmo tratamento utilizado para as águas cinza e subterrânea. Foi instalado um filtro, pelo qual este efluente passa ao ser conduzido do reservatório de água pluvial localizado no térreo, à frente do condomínio, para o reservatório inferior de água não potável, localizado no subsolo, ao lado do primeiro reservatório de águas cinzas. Ressalta-se que a água pluvial coletada é proveniente de coberturas e pisos do condomínio.

A adição de produtos químicos é feita por dosadores automáticos. As quantidades e períodos de adição dos produtos químicos são programados pelos operadores do sistema. A identificação dos recipientes dos produtos químicos que abastecem o sistema, no entanto, não corresponde àquelas encontradas nos dosadores. Assim, não pode ser confirmado se os produtos químicos utilizados permanecem os previstos em projeto.

A água não potável obtida pós-tratamento é conduzida ao reservatório inferior de água não potável, localizado atrás do reservatório de águas cinzas e com capacidade de armazenamento de 10.000L, após passar por um filtro. No reservatório de água não potável ainda é feita a adição de corante azul. A água pluvial coletada também é conduzida para o reservatório de água não potável, de onde a água é recalcada para os reservatórios superiores de cada uma das torres do condomínio.

Pelo acesso ao reservatório inferior de água não potável, feito por uma abertura sem tampa na parte superior da parede do tanque, foi possível perceber mau cheiro na água ao se aproximar deste acesso. Segundo o entrevistado, há um ponto de fornecimento de água potável no reservatório inferior que pode ser utilizado para abastecer o SPANP em caso de falha no sistema. Este ponto de abastecimento não é visível pelo acesso do reservatório.

O atual responsável pelo gerenciamento do condomínio, ao realizar as intervenções no sistema, incluiu a adição de corante à água não potável, o que só havia sido feito na fase de testes do sistema até então. O produto selecionado é um corante alimentício, por acreditar-se que não implicaria em risco para a saúde dos usuários. De acordo com o entrevistado, é adicionado um litro de corante por dia e, até o momento do estudo, o produto não tem provocado manchas nas louças sanitárias.

Com relação à identificação da tubulação, não há uma cor diferenciada para as instalações do SPANP. Foram observados trechos de tubulação de água não potável de cor verde, mesma cor utilizada para as tubulações de água potável, conforme ilustrado na Figura 2. Além disso, observa-se, na Figura 2, que não houve uma padronização na execução das intervenções. Foram utilizadas tubulações de diferentes cores, sem identificação do tipo de água que transporta, com grande risco de conexão cruzada em futuras manutenções ou alterações do sistema.

Figura 2 – Identificação das tubulações do SPANP



Fonte: Acervo do autor (2015)

O gerenciamento e a manutenção do SPANP são feitos por uma empresa terceirizada. O entrevistado afirmou que esta empresa terceirizada realiza visitas mensais para manutenção preventiva. Nestas visitas é realizada inspeção visual e teste do sistema. A cada três meses são coletadas amostras de água para análise de qualidade em laboratório. A data do último laudo laboratorial apresentado, no entanto, mostra que a última análise de qualidade da água havia sido realizada há mais de quatro meses, prazo superior ao apontado pelo entrevistado. O entrevistado não forneceu cópia do laudo apresentado. Os laudos anteriores não ficam arquivados no condomínio, também não tendo sido disponibilizados para o estudo. De acordo com o entrevistado, estes laudos também não são apresentados para os moradores.

Com relação a ocorrências que tenham sido observadas no SPANP durante o período em que está em operação, foram relatados um caso de conexão cruzada e um caso de qualidade inadequada da água.

A situação de conexão cruzada foi identificada logo após o sistema ter sido colocado em operação. Alguns moradores que haviam feito alterações em seus apartamentos instalaram ducha higiênica nos banheiros adicionando uma ramificação na tubulação de abastecimento das bacias sanitárias, sem terem conhecimento de que aquele ponto era alimentado por água não potável. Durante a fase de teste do SPANP, a adição de corante à água não potável permitiu a identificação da irregularidade na instalação das duchas higiênicas. A correção foi realizada e o corante deixou de ser utilizado até o momento em que o atual gerente predial assumiu a administração do condomínio.

A situação de qualidade inadequada da água ocorreu em um dos poços de drenagem, utilizado como fonte de água subterrânea, que passou a apresentar mau cheiro. Foi solicitada análise laboratorial de amostra da água deste poço que, como apresentou características não conformes para o uso a que se destina a água, deixou de ser utilizado como fonte de abastecimento do SPANP.

Embora o segundo entrevistado tenha informado que exista uma cartilha para o responsável pelo monitoramento e operação do sistema no local onde está instalado, no subsolo só foi possível identificar durante a visita o fluxograma do sistema, fixado junto ao primeiro conjunto de tanques, sendo esta a fonte de informação disponibilizada. Segundo o primeiro entrevistado, funcionários do condomínio e da construtora receberam treinamento para ciência dos riscos inerentes ao sistema predial, bem como para conhecimento da operação e manutenção do SPANP, no momento em que o sistema foi colocado em operação. Quando questionados sobre a confiabilidade que têm no sistema, ambos os entrevistados afirmaram ser alta.

Os moradores receberam informações referentes ao SPANP por meio de cartas, comunicados fixados no quadro de aviso dos elevadores das torres e e-mail. Estas informações só são novamente apresentadas para novos moradores no momento em que se dirigem à administração para realizar cadastro de acesso ao condomínio. Não existem cartilhas ou manuais que informem os moradores sobre os riscos inerentes ao sistema e não é disponibilizado nenhum boletim informativo sobre sua operação e manutenção. Ainda assim, a confiabilidade que moradores apresentam no sistema foi avaliada como sendo alta pelo primeiro entrevistado e média pelo segundo, não havendo nenhuma preocupação com o uso de água não potável.

Os dados de economia de consumo de água potável apresentados são imprecisos, não tendo sido disponibilizado pelo condomínio nenhum histórico de contas da concessionária. De acordo com os entrevistados, cerca de 65% do volume de água consumido pelo condomínio corresponde à água potável, fornecida pela concessionária, e cerca de 35% da demanda é suprida SPANP.

Não há medição de consumo de energia elétrica independente para o

SPANP, não havendo, portanto, registro de sua contribuição no consumo de energia do empreendimento.

5 CONCLUSÕES

Os SPANP têm se disseminado em edifícios residenciais no Brasil como uma fonte alternativa de água, evitando o uso de água potável em locais onde não é necessária. Muitos empreendimentos têm investido em soluções técnicas e inovações que permitam implantar um SPANP, muitas vezes não previsto no projeto original.

A ADO realizada no empreendimento permite identificar que o cenário para o estudo de caso avaliado é caracterizado por SPANP que opera com desempenho inferior ao adequado para atender às necessidades e garantir a segurança dos usuários.

Entre os pontos mais graves, a coleta de efluentes é feita sem se considerar a relevância que a qualidade da fonte de abastecimento tem no sistema de tratamento. Isto pôde ser verificado na situação em que intervenções alteraram a fonte de abastecimento sem rever o processo de tratamento.

A falta de dados sobre a qualidade da água produzida também impede a avaliação do sistema de tratamento instalado à classe de uso especificada para o edifício, uma vez que ao monitorar as características da água produzida, realiza-se também um monitoramento da eficiência da estação de tratamento.

Além disso, o sistema não segue padronização de cor, não apresenta informações da qualidade da água, fatos que aumentam o risco de conexão cruzada durante o ciclo de vida do edifício.

Gestores, operadores e usuários não dispõem de manual ou cartilha com informações técnicas que apresentem os riscos inerentes ao sistema e recomendem as práticas apropriadas de operação e manutenção.

É importante ressaltar que a não identificação de um grande número de irregularidades no SPANP não é necessariamente um dado positivo, uma vez que podem ser resultado da falta de capacitação técnica dos operadores. As deficiências registradas nos processos de controle e operação do sistema dos estudos de caso podem dificultar a identificação de não conformidades existentes.

Pela falta de informação sobre o SPANP e o uso de água não potável, ainda assim, os usuários confiam no sistema instalado em seus empreendimentos, não manifestando muitas preocupações com a água não potável.

Outro ponto relevante identificado é que, diante da realidade de crise hídrica vivida no Estado de São Paulo, o empreendimento passou a utilizar a água pluvial coletada nos reservatórios de retenção que os edifícios são obrigados a ter, em atendimento à Lei 13276 (SÃO PAULO, 2002), como fonte alternativa de abastecimento. Esta água contém elevada carga de poluentes, uma vez que corresponde à água pluvial coletada de todas as

superfícies do edifício, inclusive dos pisos. Esta prática descumpre as recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007).

Por fim, diante das constatações feitas no estudo de caso, é possível perceber que a falta de capacitação técnica, normas técnicas e legislações específicas que orientem projetistas, executores, gestores e usuários e padronizem os SPANP contribuem para o cenário encontrado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G.G.; GONÇALVES, O.M. **Avaliação durante operação (ADO):** metodologia aplicada aos sistemas prediais. São Paulo: EPUSP, 1994. 21 f. Boletim técnico do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, BT/PCC/133. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00133.pdf> Acesso em: 27 de set. 2015.

ARAUJO, L.S.M. **Avaliação durante operação dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários em edifícios escolares**. 2004. 245 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5626:** Instalações prediais de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR13969:** Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15575:** Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BARROS, M.M.B. **O conceito de desempenho**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013. 90 f. Material de aula para disciplina de Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil, PCC 5962 – Construção Baseada em Desempenho.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 8515:** Rainwater harvesting systems: code of practice. London, 2010.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 8525-1:** Greywater systems. London, 2010.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Plano Diretor de Aproveitamento de recursos hídricos para a macrometrópole paulista:** relatório final - volume I. São Paulo: Cobrape, 2013. Disponível em: <https://docs.google.com/uc?export=download&confirm=gKjf&id=0B8iXiItOrl5aQ3FOc3psV0l5b0k> Acesso em: 05 de jun. 2015.

DRAKE, P.; WELCH, P.; ZEISEL, J. The role of occupancy analysis in diagnosing total building performance. In: BUILDING PERFORMANCE: FUNCTION, PRESERVATION AND REHABILITATION. Philadelphia: ASTM Special Technical Publication, n. 901, p. 23-38, 1986. Disponível em: <http://compass.astm.org/download/STP901-EB.27536.pdf> Data de acesso: 23 de set. 2015.

GONÇALVES, O. **Desempenho de Sistemas Prediais**: conceito e metodologia, norma de desempenho NBR 15575. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015. 92f. Material de aula ministrada por Orestes Gonçalves para disciplina de Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil, PCC 5957 – Desempenho e Inovação de Sistemas Hidráulicos Prediais.

PAULA, H.M. **Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia:** avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório. 2005. 196 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

PEIXOTO, L.M. **Requisitos e critérios de desempenho para sistema de água não potável de edifícios residenciais**. 2008. 146 f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PERES, A.R.B. **Avaliação durante operação de sistemas de medição individualizada de água em edifícios residenciais**. 2006. 161 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

PREISER, W.F.E. **The evolution of post-occupancy evaluation: Toward building performance and universal design evaluation**. In: LEARNING from our buildings: A state-of-the-practice summary of post-occupancy evaluation. Washington: National Academy Press, 2001. cap. 2, p. 9-22. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=skhwiYaAw4kC&oi=fnd&pg=PA9&dq=the+evolution+of+post-occupancy+evaluation&ots=_XGrwfQhrh&sig=CLnyOyNiuVs9jlsko35iraq9ACg#v=onepage&q=the%20evolution%20of%20post-occupancy%20evaluation&f=false Acesso em: 28 de set. 2015.

UNITED NATIONS. **Probabilistic population projections based on the world population prospects:** the 2012 revision**.** 2014. Disponível em: <http://esa.un.org/unpd/ppp/Documentation/highlights.htm>. Acesso em: 02 nov. 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO TRANSPORTE DE SÓLIDOS EM SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO[1]

CHENG, Liang-Yee (1); OLIVEIRA, Lúcia Helena (2); OSELLO, Pedro Henrique Saggioratto (3); AMARO Jr, Rubens Augusto (4)

(1) USP, e-mail: cheng.yee@poli.usp.br; (2) USP, e-mail: lucia.helena@poli.usp.br; (3) USP, e-mail: pedro.osello@usp.br; (4) USP, e-mail: rubens.amaro@usp.br

RESUMO

Um dos impactos da conservação de água em edifícios é a redução das vazões nos sistemas prediais de esgotos sanitários, prejudicando o seu desempenho. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é investigar a influência da variação de diâmetro e declividade de um ramal de descarga de uma bacia sanitária na capacidade auto-limpante de sistemas prediais de esgoto sanitário. Para tal, realizaram-se simulações computacionais do transporte de um sólido dentro de um ramal de descarga de uma bacia sanitária com volume de descarga de 6 litros. O fenômeno de interação fluido-sólido foi modelado com o emprego de um método de partículas e quatro casos, com diâmetros de 78 e 100 mm e declividade de 1 e 2%. Os resultados indicam que a dinâmica pode ser dividida em duas fases. Na primeira, em que predominam os esforços hidrodinâmicos impulsivos, a redução do diâmetro é vantajosa, pois aumenta a velocidade do escoamento e, consequentemente, o empuxo sobre o sólido. Na segunda fase em que predominam as forças inerciais, o sólido atinge velocidade maior nos casos com maior diâmetro. Da mesma forma, os efeitos da declividade são mais visíveis na segunda fase.

Palavras-chave: Sistemas prediais. Esgoto sanitário. Simulação computacional. Método de partículas.

ABSTRACT

A result of adoption of sustainable practices for water conservation in buildings is the reduction of flow rate in building drainage systems of which the performance may be impaired. Within this context, the aim of the present work is to investigate the influence of variation of diameter and inclination on the self-cleaning performance of a horizontal drain. Specifically, computer simulations of solid transport inside the drain pipe of a wash basin with 6 liters discharge. The fluid-solid phenomenon was modeled using a Lagrangean Particle-based computational fluid dynamics method, and four cases, with diameters of 78 and 100 mm and slope of 1 and 2 %, were considered. The computed results shown that the dynamic can be divided in two phases. In the first, impulsive hydrodynamic force predominates and the reduction of the diameter seems to be advantageous because it increases the mean flow velocity and, consequently, the pushing force on the solid. In the second phase, which predominate the inertial forces, the solid velocity is slightly higher for large diameter. Moreover, the effects of the slope are more visible in the second phase.

***Keywords**: Building systems. Drainage system. Computational simulation. Particle method.*

---

[1] CHENG, Liang-Yee; OLIVEIRA, Lúcia Helena; OSELLO, Pedro Henrique Saggioratto; AMARO Jr, Rubens Augusto. Simulação computacional do transporte de sólidos em sistemas prediais de esgoto sanitário. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Devido a adoção de práticas sustentáveis para a redução de consumo de água, surgiram recentemente preocupações com o desempenho auto-limpante dos sistemas prediais de esgoto sanitário. Isso vem motivando estudos experimentais e modelagens computacionais do complexo escoamento no interior dos sistemas (CHENG *et al*., 2013; DEMARCO *et al.*, 2013; SWAFFIELD, 2009; SWAFFIELD, 2003). Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é prover uma ferramenta computacional eficaz para investigar o desempenho de um sistema predial de esgoto sanitário.

Para modelar os escoamentos transitórios com superfícies livres dentro de tubulações horizontais, uma abordagem inovadora da Dinâmica dos Fluídos Computacional é adotada nesta pesquisa. A abordagem é baseada no método Moving Particle Semi-implicit (MPS), que usa descrição completamente lagrangeana, discretiza o domínio computacional em partículas móveis e é eficaz para simular fenômenos hidrodinâmicos que envolvem superfícies livres com grandes deformações, fragmentação e junção de líquidos, e interação entre fluído e corpos de geometrias complexas.

Dando continuidade aos estudos anteriores (CHENG *et al*., 2012; CHENG *et al*., 2014), o foco deste trabalho é apresentar os resultados obtidos do estudo numérico-computacional sobre os efeitos da variação do diâmetro e da declividade na capacidade de transporte dos sólidos.

Como o ponto de partida para a validação da ferramenta computacional, um caso de transporte de sólido por escoamento transitório com superfície livre estudado por Amicarelli *et al.* (2015) foi considerado. Em seguida, a modelagem simplificada do transporte de um sólido dentro de um ramal de descarga de uma bacia sanitária com volume de descarga de 6 litros foi adotada para estudar os efeitos da variação do diâmetro e inclinação do ramal. O sólido foi modelado como um cilindro horizontal rígido e homogêneo com eixo paralelo ao do tubo. Os parâmetros de simulação utilizados foram baseados nos estudos anteriores sobre os efeitos da redução do diâmetro e da declividade num ramal horizontal.

Os resultados e discussões sobre os padrões de ondas formados e as séries temporais de velocidade média do escoamento nas seções, assim como as séries temporais da posição do sólido são apresentadas juntamente com a discussão sobre a dinâmica do fenômeno de transporte de sólido.

2 MÉTODO NUMÉRICO

O método Moving Particle Semi-implicit (MPS) foi originalmente proposto por Koshizuka e Oka (1996) para simular o escoamento incompressível com superfície livre. Trata-se de um método que utiliza descrição Lagrangeana, sem malha, no qual o domínio espacial é discretizado em partículas. É considerado como um método de partículas que modela fluidos na escala

macroscópica porque resolve as equações governantes de meios contínuos, ou seja, conservação de massa e de quantidade de movimento.

A característica essencial do método é resolver numericamente as equações governantes por meio da substituição dos operadores diferencias por operadores algébricos derivados a partir da ponderação das contribuições das partículas vizinhas por uma função peso, cujo valor é decrescente em relação à distância entre as partículas. Por exemplo, para uma grandeza escalar ϕ, seu vetor gradiente numa partícula i podem ser determinados por:

$$\langle \nabla \phi \rangle_i = \frac{d}{pnd^0} \sum_{i \neq j} \left[\frac{(\phi_j - \phi_i)}{\left| \vec{r}_j - \vec{r}_i \right|^2} (\vec{r}_j - \vec{r}_i) w(\left| \vec{r}_j - \vec{r}_i \right|) \right] \quad (1)$$

Onde,

$\vec{r}_i$ = vetor posição da partícula i;

$\vec{r}_j$ = vetor posição das partículas j,vizinhas à i.

d = número das dimensões espaciais;

pnd^0 = valor inicial do número de densidade de partícula;

$w(\left| \vec{r}_j - \vec{r}_i \right|)$ = valor da função peso.

O número de densidade de partícula (pnd) é definido como a soma do peso de todas as partículas j vizinhas à i. O valor de pnd é proporcional à densidade do fluido e é um parâmetro utilizado como referência para assegurar a incompressibilidade do escoamento.

Analogamente, o operador Laplaciano pode ser determinado usando o conceito da difusão, que resulta em:

$$\langle \nabla^2 \phi \rangle_i = \frac{2d}{pnd^0 \lambda} \sum_{i \neq j} \left[(\phi_j - \phi_i) w(\left| \vec{r}_j - \vec{r}_i \right|) \right] \quad (2)$$

Onde:

λ = parâmetro de ajuste da taxa de difusão.

O método MPS adota um algoritmo semi-implícito para reolver as esquações governantes. Primeiro as equações de conservação de quantidade de movimento, excluído os termos de gradiente de pressão, são utilizadas para estimar explicitamente velocidade e posição das partículas. Em seguida, a equação Poisson de pressão, dada pela Eq. (3), é resolvida de forma implícita para o instante ($t + \Delta t$).

$$\left\langle \nabla^2 P \right\rangle_i^{t+\Delta t} = -\frac{\rho}{\Delta t^2} \frac{pnd_i^* - pnd^0}{pnd^0} \quad (3)$$

Onde:

pnd^* = o número de densidade de partícula calculado explicitamente.

Detalhes sobre o tratamento das condições de contorno de superfície livre, paredes rígidas, o influxo e procesamento paralelo podem ser encontradas nos trabalhos de Koshizuka e Oka (1996), Cheng *et al.* (2012) e Fernandes *et al*. (2015).

3 VALIDAÇÃO: SÓLIDO LIVRE EM DAM-BREAK

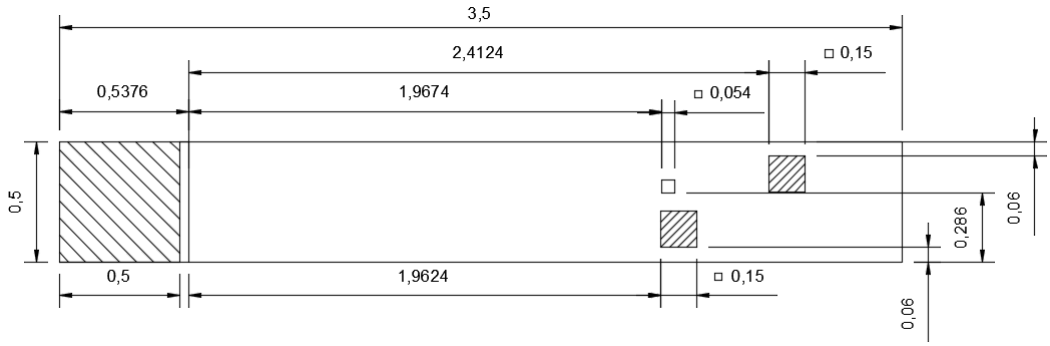
O caso utilizado para a validação do transporte de sólido é baseado no estudo experimental e numérico de Amicarelli *et al.* (2015). Trata-se de um caso de transporte de sólido por um escoamento transitório gerado por dam-break, cuja dinâmica é similar ao que ocorre com descarga em tubulações. A geometria e as dimensões deste caso são mostradas na Figura 1, e consiste em um tanque retangular de 3,5 x 0,5 x 0,5 m³ (comprimento x largura x altura).

No extremo esquerdo do tanque, delimitado por uma comporta, existe um reservatório de água de dimensões 0,5 x 0,5 x 0,35 m³, as dimensões da comporta são 0,0376 x 0,5 x 0,4 m³. No extremo direito do tanque existem duas colunas retangulares de dimensões 0,150 x 0,150 x 0,750 m³, formando obstáculos ao escoamento, a primeira localizada a 2,5 m de distância da extrema esquerda do tanque, e a segunda a 2,95 m, ambos os obstáculos distam 0.06 m das paredes frontal e posterior, respectivamente. Há ainda um sólido livre de formato cúbico, com arestas de 0,054 m. A posição inicial do centro do sólido dista 2,532 m da extrema esquerda do tanque e 0,313 m da parede frontal.

O sólido livre possui uma massa de 0,073 kg. A comporta possui uma velocidade de elevação constante de 0,11 m/s.

No instante t=0,00 segundos da simulação é imposto um movimento ascedente a velocidade constante de 0,11 m/s à comporta, que pára imediatamente ao atingir t=3,00 s, assim como definido no caso original. O caso foi modelado com uma distância inicial de partículas (l_0) de 0,009 m, totalizando cerca de 375 mil partículas. O *time-step* usado foi de $9x10^{-4}$ s. Na plataforma baseada no processador com 20 cores AMD Shangai de 2,66 GHz, o tempo de processamento foi de cerca de 4 horas. O contato entre o sólido livre e as paredes da tubulação foi modelado como uma interação massa-mola (Harada, 2007), ou seja, um oscilador harmônico não amortecido, com constante de mola de 2000,0 N/m.

Figura 1 – Vista superior e as dimensões do caso de validação (unidades em metros).



Fonte: Adaptado de Amicarelli *et al.* (2015)

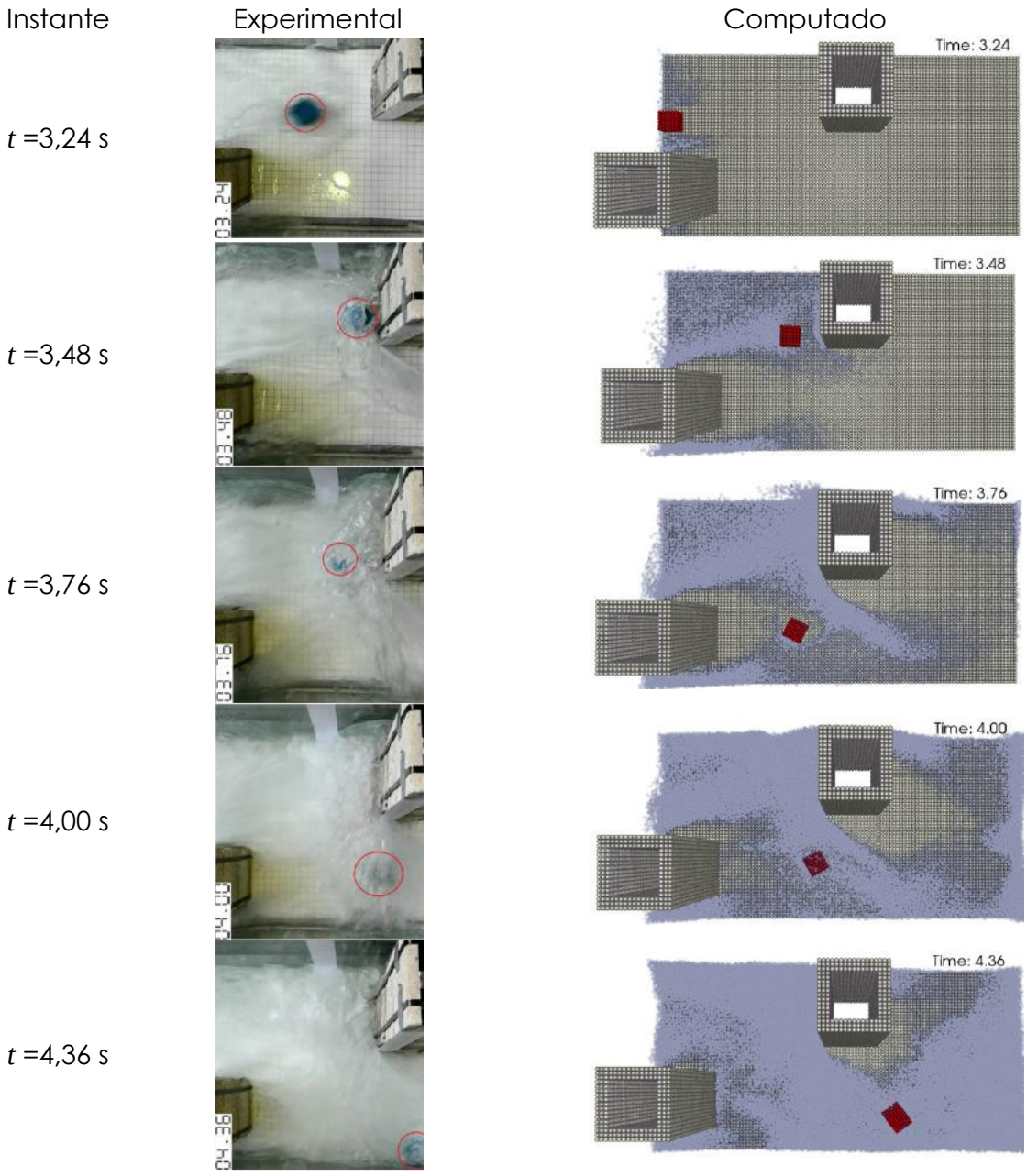
A Figura 2 apresenta uma comparação entre as imagens obtidas do exeperimento de Amicarelli *et al.* (2015) e computados usando o método proposto. Para facilitar a visualização, as imagens foram tomadas na vista superior e focadas na região de interesse, ou seja, entre as duas colunas (obstáculos).

A sequência de fotos obtidas no experimento físico mostra que houve um atraso no avanço da frente de onda obtido por meio da simulação. No instante t=3,24 s, o resultado experimental mostra que o fluído havia atingido o cubo provocando nele um pequeno deslocamento, enquanto que no resultado computacional o fluído tinha acabado de atingir o cubo que ainda permancia na sua posição inicial. Tendo em vista a distância, relativamente longa, percorrida pelo fluido antes de atingir o cubo, o motivo desta diferença pode ter ocorrido devido aos efeitos de amortecimento numérico, que tendem a agravar com o uso de resoluções mais grosseiras. Deste modo, estudos de convergência com simulações considerando resoluções mais refinadas são necessários.

Apesar do atraso incial, o movimento do cubo obtido computacionalmente, no complexo escoamento entre os obstáculas apresenta comportamentos bastante similares ao do observado experimentalmente. Em torno de t=3,48 s o cubo colidiu com o segundo obstáculo e, ao retornar, foi lançado em direção à parede frontal. Em seguida, o cubo foi carregado pela onda em direção ao extremo direito do tanque.

As imagens do instante t=0,376 s mostram que no rersultado computacional o cubo deslocou-se mais rapidamente na direção transversal do tanque. No entanto, nos instantes subsequentes, t=4,00 s e t=4,36 s, houve uma concordância muito boa entre as posições medidas e computadas. Sendo assim, considerando o complexo fenômeno dinâmico e a resolução relativamente grosseira utilizada na simulação, conclui-se que o método numérico computacional foi capaz de reproduzir razoavelmente bem o fenômeno de transporte de sólido em escoamento transiente com superfície livre.

Figura 2 - Transporte de sólido em *dam-break*: comparação entre as imagens obtidas do experimento físico e computados numericamente.



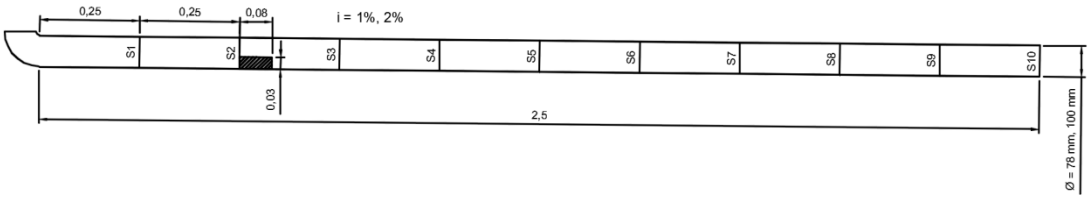
Fonte: Adaptado de Amicarelli *et al.* (2015)

4 TRANSPORTE DE SÓLIDOS EM TUBULAÇÃO

4.1 Descrição dos casos

A configuração do caso consiste de um tubo horizontal, que representa um ramal de descarga, com 2,5 m de comprimento, que recebe os efluentes de uma bacia sanitária. O ramal de descarga é aberto a jusante e conectado a um joelho de 90º a montante, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 –Configuração do ramal horizontal da bacia sanitária



Fonte: Os autores

Por simplicidade, o sólido a ser transportado é modelado como um corpo cilíndrico maciço, homogêneo e rígido. O corpo cilíndrico tem 0,030 m de diâmetro e 0,082 m de comprimento e está apoiado horizontalmente com seu eixo paralelo ao eixo do tubo. Como condição inicial das simulações, o interior do tubo está seco e o corpo está posicionado com sua face montante a 0,5 m do início do ramal de descarga. A densidade do fluído é 1000 kg/m^3, a densidade do corpo cilíndrico é 1010 kg/m^3 e o coeficiente de atrito dinâmico do corpo cilíndrico é de 0,26.

Conforme apresentado no Quadro 1, foram estudadas 4 situações diferentes considerando dois diâmetros internos diferentes: 78 mm e 100 mm e duas declividades do tubo: 1% e 2%.

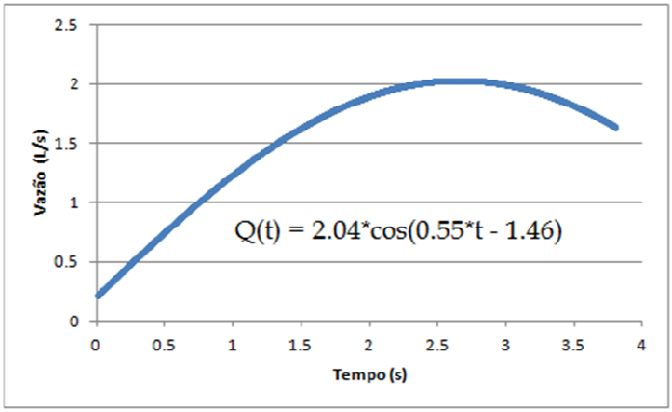
Quadro 1 – Casos das simulações do ramal horizontal

Caso	Diâmetro (mm)	Declividade (%)
TS10001	100	1
TS10002	100	2
TS07801	78	1
TS07801	78	2

Fonte: Os autores

Na Figura 4 está ilustrada a curva de vazão do escoamento introduzido no ramal de descarga da bacia sanitária, que tem duração de 3,8 s e representa uma descarga de 6 L levantada por Cheng *et al.* (2012) e também utilizada em Cheng *et al*. (2013) e Cheng *et al*. (2014).

Figura 4 - Vazão em função do tempo para descarga de 6 L.



Fonte: Cheng *et al.* (2012)

Para todos os casos simulados a distância inicial de partículas usada foi de 0,003 m, resultando em uma quantidade máxima de cerca de 532 mil partículas para o caso com diâmetro de 78 mm (310 mil partículas de geometria seca), e 620 mil partículas para o caso com 100 mm (402 mil partículas de geometria seca). O contato entre o sólido livre e as paredes da tubulação foi modelado como uma interação massa-mola (um oscilador harmônico não amortecido) com constante de mola de 3809,8 N/m. Foi também introduzido um coeficiente de atrito numérico de 0,22 Ns/m de modo a simular o coeficiente de atrito dinâmico de 0,26. O *time-step* usado foi de 3 x 10^{-4} s, totalizando um tempo de processamento de cerca de 15 horas para o caso de 78 mm é 16 horas para o caso de 100 mm.

4.2 Resultados e discussões

A Figura 5 mostra as sequências de imagens obtidas por meio de simulações computacionais do transporte do sólido devido à descarga de 6 litros. Para facilitar a visualização, foram feitas vistas em corte e só o trecho inicial do ramal horizontal e a dinâmica do escoamento nos instantes iniciais foram apresentados. Os casos apresentados são TS07801 e TS10001, mostrados, respectivamente, na coluna esquerda e direita da Figura 5 para efeito de comparação.

Conforme mencionado no item 4.2, no instante t=0,00 s, quando foi dada a descarga, o sólido está posicionado com sua face a montante a 0,5 m do início do ramal de descarga. Como o diâmetro do caso TS07801 é menor, com a mesma vazão de entrada, a velocidade média do escoamento neste caso é maior. Sendo assim, enquanto que no caso TS07801 o escoamento atinge o sólido por volta de t=0,90 s, no caso TS10001 isso só ocorreu depois de t=0,95 s. Além disso, a velocidade de escoamento mais alta do caso TS07801 também gerou um carregamento hidrodinâmico maior no sólido, e com isso, pelo menos nos instantes iniciais apresentados na Figura 5, o deslocamento mais rápido do sólido em relação ao caso TS10001.

Em outras palavras, os resultados computados mostram que a redução do diâmetro de 100 para 78 mm tem efeito positivo de aumentar a velocidade do escoamento e, com isso, um empuxo maior no sólido que se desloca mais rapidamente nos instantes iniciais.

Na Figura 5 é possível observar que a fase inicial onde predomina o esforço hidrodinâmico impulsivo ocorre num intervalo relativamente curto, com impactos violentos e grandes deformações da superfície livre. Neste intervalo, com duração de cerca de 0,5 a 0,7 s, o sólido entra em movimento. De acordo com a Figura 5, a partir de t =1,60 s a geometria da superfície livre permanece praticamente inalterada, com altura do nível maior na face a montante do sólido do que na sua face à jusante. Sendo assim, juntamente com o esforço hidrodinâmico devido à velocidade relativa entre escoamento e o sólido, a força de empuxo do sólido também deve ter uma parcela significativa associada à diferença entre as pressões hidrostáticas nas duas extremidades do sólido.

Figura 5 – Imagens das simulações dos casos TS07801 e TS10001

Caso TS07801 Caso TS10001

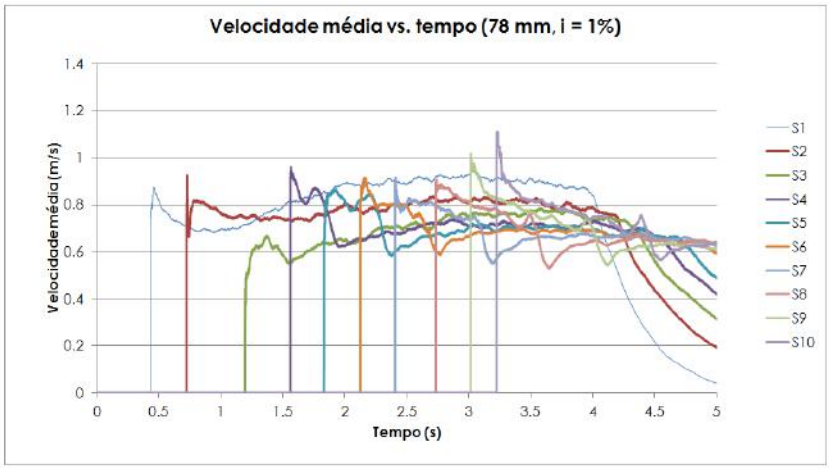


Fonte: Os autores

As velocidades dos escoamentos nos dois casos (TS07801 e TS10001) monitoradas nas 10 seções equi-espaçadas de 0,25 m são apresentadas nas Figuras 6 e 7, respectivamente. As séries temporais de velocidades médias nas seções mostram um comportamento característico do escoamento: após alcançar uma das seções, a velocidade do escoamento permanece praticamente constante até passar o pico da vazão da descarga, quando começa uma redução acentuada de velocidade seguida de um decréscimo gradual até se aproximar de zero. A duração do "platô" é maior na seção S1 e se reduz gradualmente nas seções a jusante. Da mesma forma, a perda de energia pode ser constatada pela redução gradual da velocidade média nas seções a jusante. No caso TS07801 (Figura 6), a

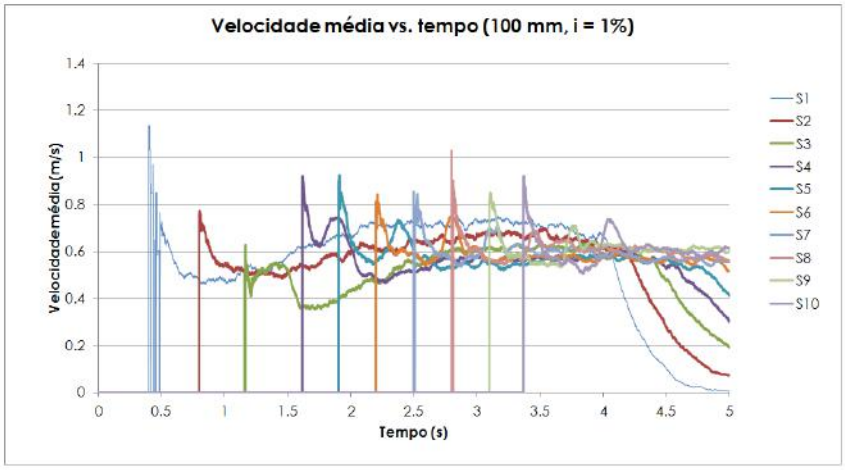
velocidade média na região do "platô" variou de em torno de 0,93 a 0,62 m/s. No caso TS10001, a velocidade variou entre 0,72 a 0,58 m/s.

Figura 6 – Velocidade média nas seções: 78 mm, i=1% (TS07801)



Fonte: Os autores

Figura 7 – Velocidade média nas seções: 100 mm, i=1% (TS10001)



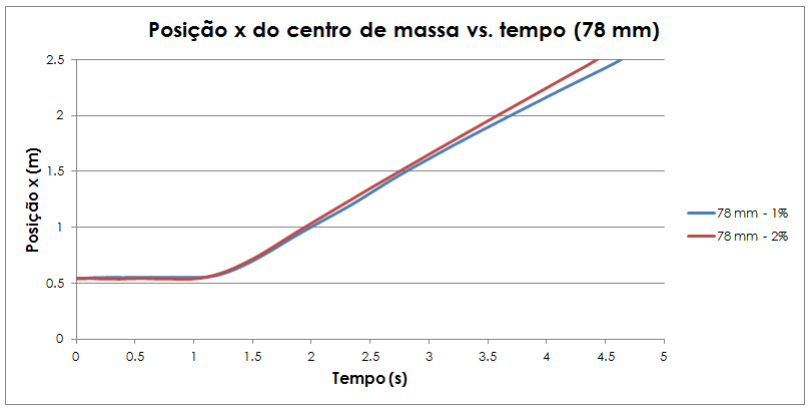
Fonte: Os autores

Por fim, as posições do sólido em função do tempo, para os quatro casos considerados no estudo são fornecidas nas Figuras 8 e 9, para os diâmetros de 78 mm e 100 mm, respectivamente.

A Figura 8 mostra que, para o diâmetro de 78 mm, na fase inicial onde predomina o esforço hidrodinâmico impulsivo, entre 0,9 a 1,5 s, o sólido sai do repouso e adquire uma velocidade, praticamente constante, em torno de 0,6 m/s a partir daí. Em seguida, por volta de t =2,0 s, os efeitos da declividade do ramal de descarga começaram a aparecer, com o sólido deslocando um pouco mais rápido na declividade de 2% do que na declividade de 1%. Esta pequena, mas significativa diferença evidencia o predomínio das forças gravitacionais no deslocamento do sólido após a fase inicial de esforços impulsivos. Como resultado, por volta de t =4,5 s, o sólido no caso TS07802 (inclinação de 2%) atingiu a ponta do tubo de 2,5 m de

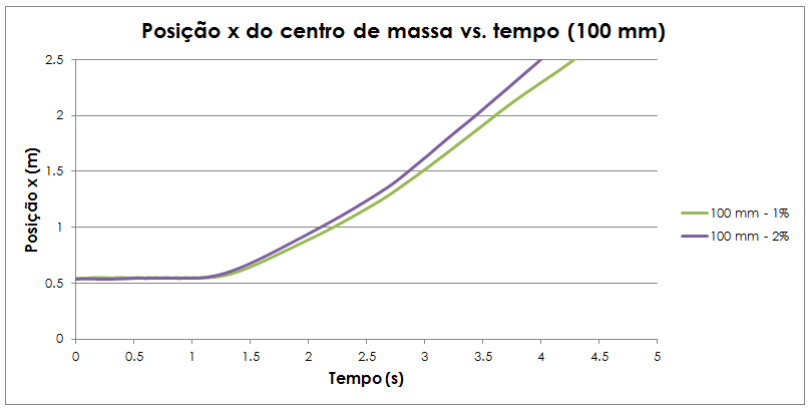
comprimento um pouco antes do caso TS07801 (declividade de 1%).

Figura 8 - Posição do sólido (78 mm).



Fonte: Os autores

Figura 9 – Posição do sólido (100 mm).



Fonte: Os autores

Os resultados computacionais para os casos correspondentes ao diâmetro de 100 mm (Figura 9) mostram um comportamento diferente em relação aqueles obtidos para diâmetro de 78 mm. Após entrar em movimento, as curvas de posição do sólido apresentam 2 segmentos praticamente lineares: no primeiro trecho, até em torno de t =2,70 s, o gradiente da curva, ou seja, a velocidade do sólido, é ligeiramente menor que os mostrados na Figura 8. No entanto, em torno de t =2,70 s, a velocidade do sólido aumenta ligeiramente, mas o suficiente para ultrapassar as do ramal de descarga de 78 mm de diâmetro. Como consequência desta velocidade ligeiramente maior no segundo segmento, nos casos com diâmetro de 100 mm, o sólido atinge a ponta a jusante do tubo (2,5 m) por volta de t =4,0 s.

Um motivo para a diferença significativa devido à variação do diâmetro pode ser explicado pela contribuição dos esforços atuantes. Na fase inicial, o diâmetro menor proporciona uma velocidade de escoamento maior, que fornece um empuxo impulsivo maior ao sólido. Apesar disso, esta vantagem inicial acaba sendo neutralizada por outros efeitos, menores mas permanentes, como o atrito entre o sólido e as paredes internas do tubo. Como resultado, devido a menor perda de energia nos casos com diâmetro

maior, as velocidades finais acabam se tornando mais altas num percurso um pouco mais longo.

Por outro lado, de forma análoga aos casos com diâmetro de 78 mm, os efeitos da declividade do tubo também podem ser observados e são ainda maiores nos casos com diâmetro de 100 mm.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As influências da variação de diâmetro e declividade de um ramal de descarga de uma bacia sanitária na capacidade auto-limpante de sistemas prediais de esgoto sanitário foi investigado no presente trabalho por meio das simulações computacionais do transporte de um sólido dentro de um ramal de descarga que recebe uma descarga de 6 litros de uma bacia sanitária. O complexo fenômeno de interação fluido-sólido foi modelado usando um método de partículas, e quatro casos, com diâmetros de 78 e 100 mm e inclinação de 1 e 2% foram considerados.

Baseado nos resultados obtidos, foi possível entender melhor a dinâmica do processo, que pode ser dividido em duas fases: a fase inicial com predomínio dos esforços hidrodinâmicos impulsivos, de duração extremamente curta. Nesta etapa transitória, partindo do repouso, o sólido é acelerado até adquirir uma velocidade praticamente constante, e a redução do diâmetro é vantajosa já que aumenta a velocidade média do escoamento e, consequentemente, o empuxo sobre o sólido.

Na fase seguinte, com a cessão dos esforços impulsivos, passa a predominar as forças inerciais. Nesta fase, os efeitos da gravidade, na forma de ondas gravitacionais, carregamentos hidrostáticos, peso e atrito entre o sólido e a parede interna do ramal de descarga assumem um papel relevante. De acordo com os resultados computacionais, o sólido acaba atingindo velocidade maior nos casos com diâmetro maior. Da mesma forma, os efeitos da inclinação são mais visíveis na segunda fase.

Sendo assim, apesar de demandar um estudo mais detalhado, bem como a validação experimental dos casos simulados, o presente estudo permite visualizar melhor o fenômeno e os efeitos da declividade e do diâmetro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia e a às Pró-reitorias da Universidade de São Paulo pelas bolsas de Iniciação científica concedida ao aluno de graduação Pedro Osello.

REFERÊNCIAS

AMICARELLI, A.; ALBANO, R.; MIRAUDA, D.; AGATE, G.; SOLE, A.; GUANDALINI, R. A Smoothed Particle Hydrodynamics model for 3D solid body transport in free surface flows. **Computer & Fluids**, 116 (205) 205-228.

CHENG, L. Y.; OLIVEIRA, L. H.; FAVERO, E. H. Particle-based numerical analysis of

drainage flow inside building system. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 38th, Aug. 2012, Edinburgh, Scotland. **Proceedings…**Edinburgh, Scotland: Heriot Watt University. 2012. p.227 – 238.

CHENG, L. Y.; OLIVEIRA, L. H.; FAVERO, E. H.; OLIVEIRA, I. B.; Gonçalves, O. M. Simulation of drainage system in building using particle-based numerical method. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 39th, Sept. 2013, Nagano. **Proceedings…** Nagano, Japan: Shinshu University, 2013. p. 77-91.

CHENG, L. Y.; OLIVEIRA, L. H.; FERRACINI, D. A.; OLIVEIRA, I. B.; Gonçalves, O. M. A numerical study on waste transport in main drain. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 40th, Sep. 2014, São Paulo. **Proceedings…**São Paulo, Brazil: University of São Paulo, 2014. P. 159-170. September 8-10, 2014.

DEMARCO, P. *et al.* The drainline transport of solid waste in buildings. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 39th, Sept. 2013, Nagano. **Proceedings…**Nagano, Japan: Shinshu University, 2013. p. 93-104.

FERNANDES, D. T.; CHENG, L. Y.; FAVERO, E. H.; NISHIMOTO, K. A Domain Partition Strategy for Hybrid Parallelization of Moving Particle Semi-implicit (MPS) Method for Computer Cluster. **Cluster Computing** (CLUS). Vol. 18, Issue 4, PP. 1363-1377, Dec. 2015, Online ISSN 1573-7543, DOI 10.1007/s10586-015-0483-3

HARADA, T. Real-time rigid body simulation on GPUs. In GPU Gems 3. Addison-Wesley Professional, 2007.

KOSHIZUKA, S. and OKA Y. Moving-Particle Semi-Implicit method for fragmentation of incompressible fluid. **Nuclear Science and Engineering**, 123, 421-434, 1996.

OTA, I.R.; OLIVEIRA, L.H. Análise do escoamento em sistemas prediais de esgoto sanitário para validação de simulação com o emprego do método semi-implícito de partículas em movimento (MPS). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 23th, Sept. 2015, São Paulo. **Proceedings…** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015. p. 93-104.

SWAFFIELD, J.A. Dry drains: myth, reality or impediment to water conservation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 35th, Sept. 2009, Dusseldorf. **Proceeding…**Gelsenkirchen, Germany: Faculty of Building Services and Environmental Engineering, 2009. p. 301-313.

SWAFFIELD, J.A, *et al*. The influence of water conservation on drain sizing for building drainage systems. **Building Services Engineering Research and Technololgy**, v.24, n.4, 2003, p. 229–243.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS ELÉTRICOS E DE COMUNICAÇÃO[1]

CORSINI, Thomaz de Assumpção (1); PALIARI, José Carlos (2)

(1) UFSCar, e-mail: thomaz.corsini@gmail.com; (2) UFSCar, e-mail: jpaliari@ufscar.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar valores de produtividade da mão de obra na execução dos sistemas prediais elétrico e de comunicação para um conjunto de obras, levando-se em consideração suas respectivas tarefas e subtarefas. Trata-se, portanto, de um levantamento de campo acerca destes indicadores realizado em 3 obras, para o qual foram seguidas as seguintes etapas: identificação das obras no estágio do serviço em questão, elaboração do método padronizado de coleta, levantamento de campo propriamente dito, processamento e análise dos resultados. O método de pesquisa e coleta empregado neste trabalho é suportado pelo Modelo dos Fatores, embora a identificação destes fatores e sua influência nos valores de produtividade da mão de obra não façam parte do escopo deste trabalho no momento. São apresentados resultados parciais acerca da produtividade da mão de obra na execução destes sistemas para um conjunto de 3 obras analisadas. Como contribuição destaca-se o estabelecimento de parâmetros sobre produtividade da mão de obra neste serviço, pouco explorado em detrimento aos demais serviços de construção civil, visando melhorar o dimensionamento das equipes executoras, composição de custos, definição de prazos de execução entre outros benefícios.

Palavras-chave: Sistema predial. Produtividade da mão de obra. Modelo dos fatores.

ABSTRACT

This study has the objective to present labor productivity values in the execution of electrical power and communication systems in buildings, taking into consideration their tasks and subtasks. It is, therefore, a field research of these indicators in 3 buildings, with the following steps: work identification in their current phase, elaboration of a data collect method, field research, processing and analysis of results. The Factor Model supports the research and data collect method used in this study, although the identification of these factors and its influence in the labor productivity values are not in the scope of this work at this time. Three buildings were analyzed and partial results of the labor productivity in the execution of this system are presented. This work contributes to stablish standards of labor productivity in this service, poorly explored in comparison to other services of civil construction, aiming to improve the definition of the working crew, costs compositions, deadlines definition among other benefits.

***Keywords**: Building system. Labor productivity. Factor model.*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil divide-se em muitos segmentos, dentre eles, a construção

[1] CORSINI, T. A.; PALIARI, J. C. Produtividade da mão de obra na execução dos sistemas prediais elétricos e de comunicação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

para fins residenciais e, dominando esse segmento, está a construção de edifícios residenciais multifamiliares de múltiplos pavimentos.

Muitos empreendimentos desse segmento são lançados, sem avaliação de prazo e de custo adequada numa fase inicial. Durante a compra de um terreno para investimento ou durante a concepção do projeto arquitetônico, é necessário que o investidor possa ter uma estimativa adequada do custo final do seu empreendimento. Além disso, a demora na conclusão de obras tem trazido grandes preocupações e perdas, tanto para o cliente como para o construtor. O cliente tem perdas financeiras devido ao atraso na entrega do empreendimento, o que diminui sua taxa de retorno do investimento, e o construtor diminui o seu lucro pelo maior tempo despendido para concluir a obra.

Para minimizar esses problemas, o conhecimento da produtividade da mão de obra (PMO) se torna um fator essencial. Segundo Souza (2000), a mão de obra é o recurso mais precioso na construção civil, pois além de representar uma alta porcentagem dos custos totais, têm-se o fato de estar lidando com seres humanos que têm várias necessidades a serem supridas.

Paliari (2007, p. 10) diz:

> A busca pelo correto prognóstico do consumo de recursos na construção civil permite às empresas construtoras adquirirem uma vantagem competitiva na negociação com fornecedores de mão de obra e materiais, assim como maiores probabilidades de sucesso na participação de licitações públicas e privadas.

Para poder auxiliar no prognóstico da PMO é preciso conhecê-la, tanto para poder orçar esse custo em uma fase inicial como para poder gerenciar essa mão de obra durante execução do empreendimento, além de identificar eventuais fatores que estejam interferindo no bom rendimento desse recurso. Sendo assim, quando, durante o acompanhamento dos serviços executados, ao se verificar produtividade aquém da prevista, pode-se tomar decisões visando a retomada do bom andamento da obra.

Um dos fatores que afetam a PMO, de maneira geral, consiste na alta rotatividade da mão de obra empregada na construção civil. Segundo Silva (2001), a alta rotatividade dos funcionários pode influenciar na qualidade e PMO, pois não permite às empresas a realização de treinamentos adequados, resultando num aumento do custo do empreendimento, além de prejudicar o efeito aprendizado, obtido quando há repetição das atividades.

A PMO, como será visto mais à frente nesse trabalho, é a razão entre o número de homens-hora gastos pela quantidade executada de serviço. Sendo assim, existiriam dois caminhos óbvios para se produzir mais: maior eficiência no processo produtivo ou aumentar o número de homens-hora (contratando mais trabalhadores ou por meio de horas-extra de trabalho). O melhor seria a primeira opção, mas normalmente o que se adota é a segunda, o que não reflete necessariamente em um aumento de produção na proporção esperada.

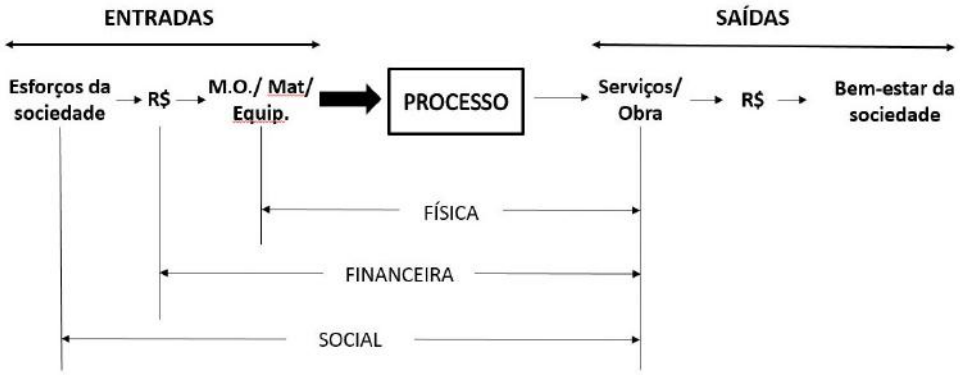
De acordo com Martins (2013), só se pode tornar uma atividade mais eficiente a partir do momento que se tem uma medição sobre ela. Sendo assim, a medição da PMO de diversas atividades torna-se primordial a qualquer intervenção que deva ser feita nos serviços realizados.

2 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

Existe muita confusão sobre os termos produção e produtividade. Apesar de ser possível relacionar os dois termos, o significado de cada um é muito diferente. Muitas vezes um aumento de produção é gerado por um aumento do número de funcionários ou por um aumento na carga horária de trabalho, mas isso não quer dizer que exista uma melhoria de produtividade.

Souza (2000) diz que produtividade é a eficiência em se transformar entradas em saídas em um processo. As entradas em um processo produtivo podem ser sociais, financeiras ou físicas (Figura 1). Já as saídas são os produtos ou processos acabados. No caso deste estudo será visto a produtividade do ponto de vista físico, abordando o esforço físico (homens-hora) demandado para a produção de partes dos sistemas elétrico e de comunicação.

Figura 1 – Diferentes abrangências da produtividade



Fonte: Adaptado de SOUZA (2000)

Para que haja uma padronização da unidade de medida, Souza e Agopyan (1996) sugerem que seja usado o índice de Razão Unitária de Produção (RUP).

$$RUP = Hh / Qs \quad (1)$$

Onde:

Hh = Homens-hora utilizados para a realização do serviço;

Qs = Quantidade de serviço realizado.

Este índice relaciona as entradas (no caso homens-hora) e as saídas (por exemplo, metros de eletrodutos) por um determinado período de tempo. Se a medição for feita com base diária tem-se a RUP diária, caso seja feita com base semanal, por exemplo, tem-se a RUP periódica ou ainda se feita com base em unidades de construção (apartamento ou pavimento, por

exemplo), tem-se a RUP cíclica. A abordagem de um período ou conjunto de unidades ao longo do tempo resulta na RUP cumulativa. Além destas modalidades, destaca-se também a RUP potencial que corresponde à mediana dos valores da RUP diária (ou RUP periódica ou RUP cíclica) menores que RUP cumulativa final (do período ou conjunto de unidades).

3 MÉTODO DE PESQUISA

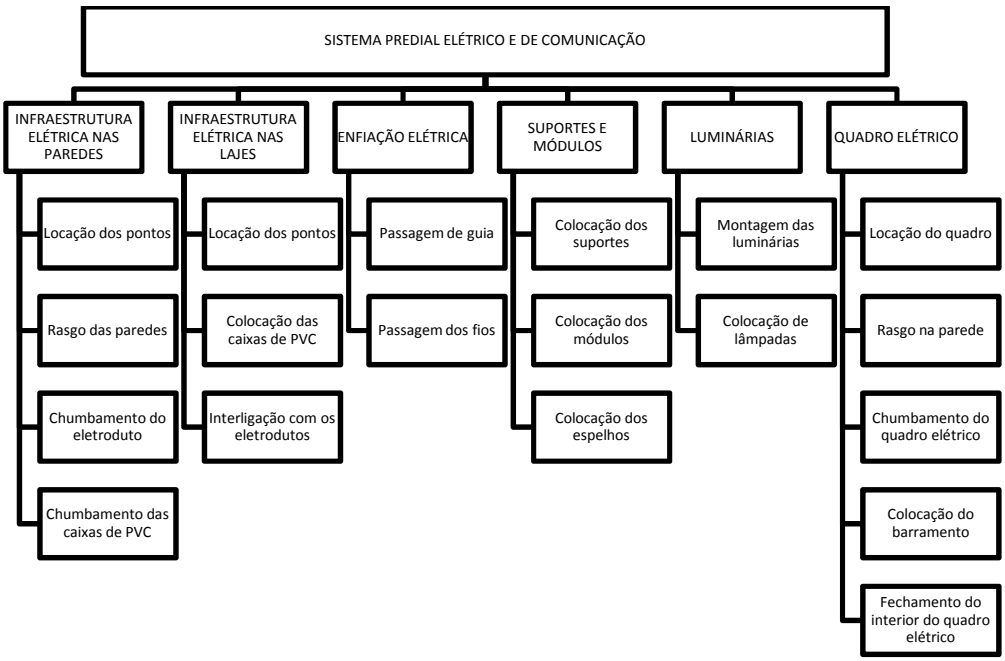
3.1 Etapas da pesquisa

Este trabalho foi desenvolvido por meio das seguintes etapas: revisão bibliográfica e familiarização com o tema proposto, definição dos possíveis fatores influenciadores, desenvolvimento de um método de coleta, coleta e análise de dados.

O início deste trabalho se deu com a revisão bibliográfica e familiarização do tema por parte dos autores, tanto da parte de estudos sobre PMO quanto de sistemas prediais elétricos e comunicação. A familiarização foi realizada com visitas às obras com o objetivo de entender como a mão de obra executa o serviço quanto ao tipo de ferramentas empregadas, sequência de execução das atividades, distribuição de tarefas, entre outras características.

Com esse embasamento elaborou-se a Estrutura Analítica de Atividades (EAA), com o objetivo de definir as tarefas e subtarefas inerentes ao sistema predial elétrico e de comunicação (Figura 2).

Figura 2 – Estrutura analítica de atividades



Fonte: Os autores

Feito isso, partiu-se para a elaboração do método de coleta dos dados nas obras. Foram definidos os passos a serem seguidos e os parâmetros utilizados

para a padronização da coleta de dados.

Para esse trabalho foi focada apenas a equipe diretamente envolvida na execução do serviço, ou seja, oficiais, meio oficiais e ajudantes ligados diretamente ao serviço, não sendo considerada a equipe de supervisão. Foram consideradas as horas disponíveis para o trabalho, ou seja, sem contabilizar as horas de almoço e eventuais intervalos obrigatórios de descanso. Com esses parâmetros estabelecidos procedeu-se a elaboração de planilhas para coletas de dados.

3.2 Caracterização das obras, serviços analisados e procedimentos de coleta de dados

Nesta pesquisa foram coletados dados em três diferentes obras localizadas na cidade de São Carlos - SP e em dois serviços: Obra A (enfiação), Obra B e Obra C (infraestrutura elétrica nas lajes, mais especificamente à colocação de eletrodutos nas formas da laje antes da concretagem).

3.2.1 Obra A

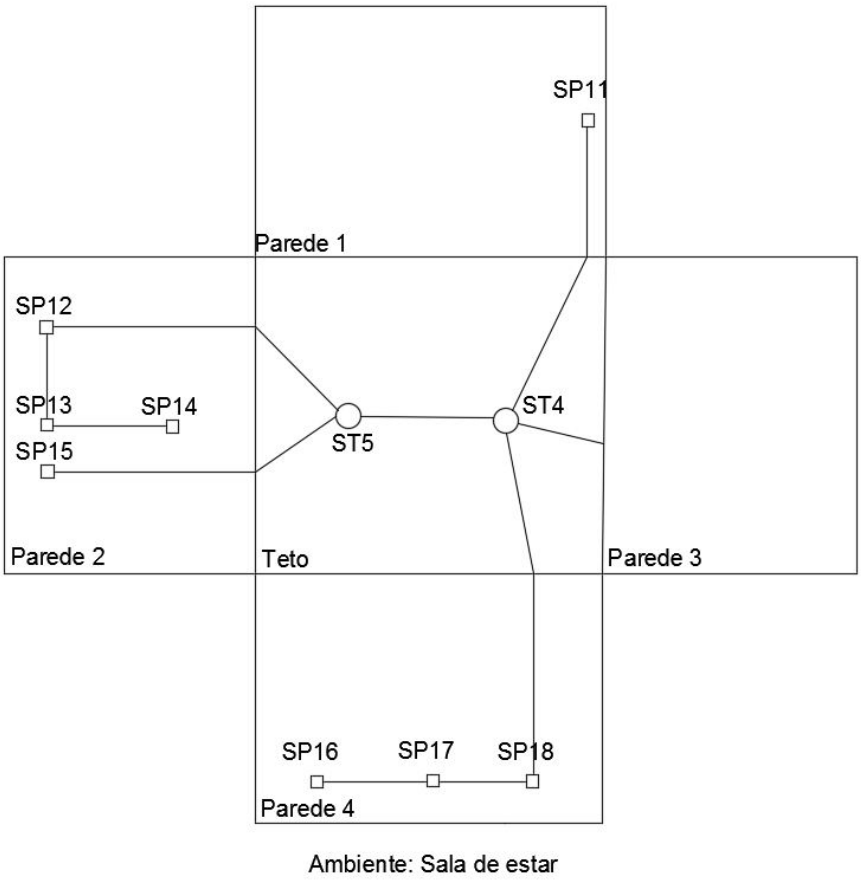
O empreendimento é um edifício de 13 andares em estrutura de concreto armado e vedação com blocos cerâmicos, sendo 10 andares com apartamentos, mezanino, pavimento térreo com garagem e recepção e um subsolo com garagem. Ao todo o edifício é composto por 32 apartamentos-tipo e mais 4 apartamentos duplex na cobertura. A área total do pavimento tipo é de 564,00 m^2 e cada apartamento tipo tem 132,45 m^2. A entrada do quadro de força é trifásica, com medição individualizada.

O serviço analisado foi o de enfiação elétrica. A equipe executora era composta pelo eletricista e dois ajudantes e executava um apartamento de cada vez. Tanto o eletricista como os ajudantes são funcionários registrados na empresa e ganham seu salário independentemente da produção alcançada. O mesmo eletricista cuida, ainda, da obra B que está na fase de tubulação de laje (infraestrutura elétrica nas lajes antes da concretagem).

Foi elaborado um mapa de todas as paredes e lajes, e todas as caixas de PVC foram nomeadas. A Figura 3 mostra um dos ambientes mapeados como exemplo.

Os eletrodutos foram nomeados de acordo com as caixas de PVC que interligavam. Foram levantados, também, a quantidade e comprimento dos fios que passavam em cada eletroduto, bem como suas bitolas. Esses dados se repetem em todos os apartamentos padrão. Durante o início do dia de trabalho, conversava-se com o eletricista para ver em qual apartamento seriam executados os serviços em questão.

Figura 3 – Mapeamento dos ambientes



Fonte: Os autores

Conferia-se depois, em quais eletrodutos tinham sido passados os fios no dia anterior. Também se verificava com o eletricista a ocorrência de anormalidades que pudesse influenciar os resultados da PMO. De posse da quantidade de serviço executado, dos trabalhadores envolvidos na execução e do tempo associado foram calculadas as RUP diária, RUP Cumulativa e RUP Potencial.

3.2.2 Obra B

A obra B, executada em alvenaria estrutural, é composta por quatro apartamentos de dois quartos por andar tipo. O foco da medição consistiu na infraestrutura elétrica nas lajes, de área total igual a 287 m². Esta foi executada em duas etapas: primeiro os pedreiros levantaram as paredes de dois apartamentos e colocam a laje para ser tubulada e, em seguida, concretada. Enquanto os serviços de armação, tubulação, e concretagem da laje eram executados, os pedreiros executavam os apartamentos restantes e a parte da área comum (circulação, escada e elevador). Em seguida executou-se a armação, tubulação e concretagem do restante da laje. A primeira parte tem um total de 127 m², enquanto a segunda parte tem um total de 160 m².

O eletricista, como já foi dito anteriormente, é o mesmo da obra A, e conta

com auxílio de um ajudante. Ambos são registrados na empresa construtora e não recebem por produção.

O início do serviço é feito locando e fixando as caixas de PVC na forma, de acordo com o projeto elétrico e de comunicação. Depois de sua fixação, é feita a interligação entre elas com os eletrodutos. Também são deixados eletrodutos soltos para serem ligados nas caixas de parede e no quadro de entrada de energia.

Durante o levantamento dos dados foi observado que seria necessário fazer o levantamento da RUP Cíclica em vez da RUP Diária, motivado pelo fato de que em alguns dias a mão de obra realizava somente a colocação das caixas de PVC, sem a sua interligação por meio dos eletrodutos, que era realizada somente após a colocação das armaduras no assoalho da laje.

3.2.3 Obra C

A terceira obra analisada (Obra C) trata-se de um edifício de 14 andares, sendo 12 andares de apartamentos, andar térreo e um subsolo, concebido em estrutura de concreto armado. Possui quatro apartamentos de um dormitório por andar, totalizando quarenta e oito apartamentos. As instalações elétricas de cada apartamento são formadas por um quadro bifásico, com medição individualizada.

A tubulação das lajes foi realizada somente por um eletricista, sem ajudantes, até a oitava laje. Durante a obra houve a troca do eletricista e o novo eletricista, que assumiu a partir da nona laje, tinha um ajudante para auxiliá-lo na execução do serviço.

Tanto o antigo quanto o novo eletricista trabalharam por empreitada, o que significa que eles ganham pelo serviço realizado (produção). Vale notar que no serviço por empreitada o ajudante é remunerado por dia de trabalho, independentemente do seu rendimento. Seu pagamento é feito pelo eletricista e não pela empresa construtora.

O processo de tubular a laje é semelhante ao da Obra B, já que as duas obras são compostas por laje maciça.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 Obra A

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados das medições diárias realizadas referentes à execução de pavimentos de apartamentos-tipo e um apartamento duplex. A quantidade de serviço refere-se ao comprimento de fios elétricos passados diariamente.

Tabela 1 - Quantidade de serviço e Homens-hora no serviço de enfiação elétrica – Obra A

Dia	Qs (m)	Qs Cum. (m)	Horas de trabalho	Equipe		Hh diário	Hh Cumulativo
				Eletricista	Ajudante		
1	164,30	164,30	5,0	1	1	10,0	10,0
2	287,40	451,70	9,0	1	2	27,0	37,0
3	98,60	550,30	2,0	1	2	6,0	43,0
4	115,00	665,30	9,0	1	1	18,0	61,0
5	57,15	722,45	7,0	1	1	14,0	75,0
6	40,90	763,35	2,0	1	2	6,0	81,0
7	255,95	1.019,30	9,0	1	1	18,0	99,0
8	457,30	1.476,60	9,0	1	1	18,0	117,0
9	399,95	1.876,55	9,0	1	2	27,0	144,0
10	467,20	2.343,75	9,0	1	2	27,0	171,0
11	232,25	2.576,00	4,0	0	2	8,0	179,0
12	353,55	2.929,55	9,0	1	2	27,0	206,0
13	270,75	3.200,30	9,0	0	2	18,0	224,0
14	339,75	3.540,05	9,0	1	2	27,0	251,0
15	115,45	3.655,50	5,0	1	2	15,0	266,0
16	235,05	3.890,55	9,0	1	1	18,0	284,0
17	372,25	4.262,80	9,0	1	1	18,0	302,0
18	87,05	4.349,85	9,0	1	1	18,0	320,0
19	33,00	4.382,85	9,0	0	1	9,0	329,0
20	302,60	4.685,45	9,0	1	1	18,0	347,0
21	430,55	5.116,00	5,5	1	1	11,0	358,0
22	431,10	5.547,10	9,0	1	1	18,0	376,0
23	580,05	6.127,15	9,0	1	1	18,0	394,0
24	421,65	6.548,80	6,0	1	1	12,0	406,0
25	203,35	6.752,15	9,0	1	1	18,0	424,0
26	271,65	7.023,80	9,0	1	1	18,0	442,0
27	135,50	7.159,30	9,0	1	1	18,0	460,0
28	172,15	7.331,45	9,0	0	1	9,0	469,0
29	117,00	7.448,45	7,0	1	1	14,0	483,0
30	203,90	7.652,35	9,0	0	1	9,0	492,0
31	426,90	8.079,25	7,0	1	1	14,0	506,0
32	366,35	8.445,60	9,0	1	1	18,0	524,0
33	422,10	8.867,70	9,0	1	1	18,0	542,0
34	366,35	9.234,05	9,0	1	1	18,0	560,0
35	110,05	9.344,10	9,0	1	1	18,0	578,0
36	341,35	9.685,45	9,0	1	1	18,0	596,0
37	110,05	9.795,50	9,0	1	1	18,0	614,0
38	299,30	10.094,80	9,0	1	1	18,0	632,0

Tabela 2 - Quantidade de serviço e Homens-hora no serviço de enfiação elétrica – Obra A – (continuação)

Dia	Qs (m)	Qs Cum. (m)	Horas de trabalho	Equipe		Hh diário	Hh Cumulativo
				Eletricista	Ajudante		
39	382,55	10.477,35	10,0	1	1	20,0	652,0
40	122,80	10.600,15	9,0	1	1	18,0	670,0
41	313,65	10.913,80	9,0	1	1	18,0	688,0
42	226,75	11.140,55	9,0	1	1	18,0	706,0
43	204,90	11.345,45	9,0	1	1	18,0	724,0

Fonte: Os autores

Na Tabela 2 são apresentados os valores de RUP Diária, RUP Cumulativa e RUP Potencial para o serviço de enfiação elétrica da Obra A.

Tabela 2 - RUP diária, Cumulativa e Potencial – Enfiação - Obra A

Dia	RUP Diária (Hh/m)	RUP Cum. (Hh/m)	RUP Diária < RUP Cum. final	RUP Potencial
1	0,061	0,061	0,061	
2	0,094	0,082		
3	0,061	0,078	0,061	
4	0,157	0,092		
5	0,245	0,104		
6	0,147	0,106		
7	0,070	0,097		
8	0,039	0,079	0,039	
9	0,068	0,077		
10	0,058	0,073	0,058	
11	0,034	0,069	0,034	
12	0,076	0,070		
13	0,066	0,070		0,049
14	0,079	0,071		
15	0,130	0,073		
16	0,077	0,073		
17	0,048	0,071	0,048	
18	0,207	0,074		
19	0,273	0,075		
20	0,059	0,074	0,059	
21	0,026	0,070	0,026	
22	0,042	0,068	0,042	
23	0,031	0,064	0,031	
24	0,028	0,062	0,028	
25	0,089	0,063		

Tabela 2 - RUP diária, Cumulativa e Potencial – Enfiação - Obra A – (continuação)

Dia	RUP Diária (Hh/m)	RUP Cum. (Hh/m)	RUP Diária < RUP Cum. final	RUP Potencial
26	0,066	0,063		
27	0,133	0,064		
28	0,052	0,064	0,052	
29	0,120	0,065		
30	0,044	0,064	0,044	
31	0,033	0,063	0,033	
32	0,049	0,062	0,049	
33	0,043	0,061	0,043	
34	0,049	0,061	0,049	
35	0,164	0,062		0,049
36	0,053	0,062	0,053	
37	0,164	0,063		
38	0,060	0,063	0,060	
39	0,052	0,062	0,052	
40	0,147	0,063		
41	0,057	0,063	0,057	
42	0,079	0,063		
43	0,088	0,064		

Fonte: Os autores

4.2 Obra B

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados das medições por pavimento realizadas para o serviço de infraestrutura elétrica nas lajes. Esses dados foram coletados ao longo de dez dias de serviço.

Tabela 3 - Quantidade de serviço e Homens-hora no serviço de infraestrutura elétrica nas lajes – Obra B

Ciclo	Qs (m)	Qs Cum. (m)	Horas de trabalho	Equipe		Hh cíclico	Hh Cumulativo
				Eletricista	Ajudante		
Pav. 5-1	208,70	208,70	7	1	1	14	14
Pav. 5-2	227,30	436,00	9	1	1	18	32
Pav. 6-1	208,70	644,70	9	1	1	18	50
Pav. 6-2	227,30	872,00	11	1	1	22	72
Pav. 7-1	208,70	1080,70	9	1	0	9	81
Pav. 7-2	227,30	1308,00	9	1	0	9	90
Pav. 8-1	208,70	1516,70	22	1	0	22	112

Fonte: Os autores

Na Tabela 4 são apresentados os valores de RUP Cíclica, RUP Cumulativa e RUP Potencial para o serviço de infraestrutura elétrica nas lajes da Obra B.

Tabela 4 - RUP Cíclica, Cumulativa e Potencial – Infraestrutura elétrica nas lajes - Obra B

Ciclo	RUP Cíclica (Hh/m)	RUP Cum. (Hh/m)	RUP Cíclica < RUP Cum. final	RUP Potencial
Pav. 5-1	0,067	0,067	0,067	0,043
Pav. 5-2	0,079	0,073		
Pav. 6-1	0,086	0,078		
Pav. 6-2	0,097	0,083		
Pav. 7-1	0,043	0,075	0,043	
Pav. 7-2	0,040	0,069	0,040	
Pav. 8-1	0,105	0,074		

Fonte: Os autores

4.3 Obra C

Na Tabela 5 apresentam-se os resultados das medições por pavimento realizadas para o serviço de infraestrutura elétrica nas lajes. Esses resultados referem-se a um total de oito dias de serviço.

Tabela 5 - Quantidade de serviço e Homens-hora no serviço de infraestrutura elétrica nas lajes - Obra C

Ciclo	Qs (m)	Qs Cum. (m)	Horas de trabalho	Equipe		Hh cíclico	Hh Cumulativo
				Eletricista	Ajudante		
Pav. 7	245,80	245,80	12	1	0	12	12
Pav. 8	245,80	491,60	6	1	1	12	24
Pav. 9	245,80	737,40	11	1	1	22	46
Pav. 10	245,80	983,20	9	1	0	9	55

Fonte: Os autores

Na Tabela 6 são apresentados os valores de RUP Cíclica, RUP Cumulativa e RUP Potencial para o serviço de infraestrutura elétrica nas lajes da Obra C.

Tabela 6 - RUP Cíclica, Cumulativa e Potencial – Infraestrutura elétrica nas lajes - Obra C

Data	RUP Cíclica (Hh/m)	RUP Cum. (Hh/m)	RUP Cíclica < RUP Cum. final	RUP Potencial
Pav. 7	0,052	0,049	0,052	0,049
Pav. 8	0,049	0,049	0,049	
Pav. 9	0,090	0,062		
Pav. 10	0,037	0,056	0,037	

Fonte: Os autores

4.3 Análise

Na Tabela 7 apresenta-se um resumo das RUP's obtidas para as três obras em questão, com destaque para a diferença entre a RUP Cumulativa e RUP

Potencial em termos absoluto e percentual.

Tabela 7 – Resumo dos valores de RUP

Serviço	RUP Cum. (Hh/m)	RUP Pot. (Hh/m)	ΔRUP (Cum - RUP Pot.) (Hh/m)	ΔRUP (Cum - RUP Pot.) (%)
Enfiação – Obra A	0,064	0,049	0,015	30,6
Infraestrutura elétrica – Obra B	0,074	0,043	0,031	72,1
Infraestrutura elétrica – Obra C	0,056	0,049	0,007	14,3

Fonte: Os autores

De acordo com esta tabela, ao longo do período analisado observa-se melhor resultado da PMO na execução do serviço de infraestrutura elétrica da Obra C (RUP Cum. = 0,056 Hh/m), enquanto que o serviço de infraestrutura elétrica da Obra B apresentou o pior resultado (RUP Cum. = 0,074 Hh/m).

Em termos de RUP Potencial, ao se comparar os dois serviços analisados, observa-se que apresentam praticamente o mesmo patamar de eficiência (Enfiação = 0,049 Hh/m enquanto que o valor médio da Intraestrutura elétrica = 0,046 Hh/m).

Por outro lado, observa-se a obra C apresentou eficiência global melhor do que as outras obras, haja vista a pequena diferença em termos absoluto e percentual entre a RUP Cumulativa e a RUP Potencial ($\Delta RUP_{(Cum - RUP Pot.)}$ = 0,007 Hh/m; 14,3%).

5 CONCLUSÕES

Após uma pesquisa bibliográfica observou-se que o melhor modelo a ser adotado para a medição da PMO do sistema predial elétrico e de comunicação ainda é o Modelo dos Fatores.

Embora os dados sejam ainda de certa forma incipientes, notou-se que o eletricista contratado pelo regime de empreitada teve uma RUP cumulativa menor (consequentemente uma PMO maior) do que o eletricista registrado na empresa. A esse respeito, pode-se notar nas observações em campo, que o eletricista que é registrado na empresa é acionado a toda hora para resolver problemas em equipamentos da obra, o que acaba também atrapalhando o seu rendimento.

Esse estudo ainda está em andamento e espera-se obter novos resultados que permitam realizar uma análise dos fatores potencialmente influenciadores da PMO na execução destes serviços e de outros inerentes aos sistemas prediais elétricos e de comunicação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:** Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais**.** Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 5410:** Instalações elétricas de baixa tensão**.** Rio de Janeiro, 2004.

MARTINS, P. M. L. **Avaliação da produtividade na construção no Brasil - O modelo de estratificação.** 2013. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2013.

PALIARI, J.C. **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. São Paulo, 2007. 558p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo.

SILVA, A. A. **Planejamento e controle de múltiplos empreendimentos em edificações**. 2001. 160p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SOUZA, U.E.L. **Como medir a produtividade da mão de obra na construção civil.** 8º ENTAC, v.1 p.421-428, SALVADOR, 2000.

SOUZA, U.E.L.; AGOPYAN, V. **Estudo da Produtividade da Mão de Obra no Serviço de Fôrmas para Estruturas de Concreto Armado.** Boletim técnico da Escola Politécnica da USP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Paulo, 1996.

THOMAS, H.R.; YIAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.113, n.4, p.623-39, 1987.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

APLICAÇÃO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NA CIDADE DE JUIZ DE FORA / MG[1]

COSENTINO, Livia Tavares (1); BORGES, Marcos Martins (2)

(1) UFJF, e-mail: ltcosentino@hotmail.com; (2) UFJF, e-mail: marcos.borges@engenharia.ufjf.br

RESUMO

O trabalho a ser abordado se resume no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial em Juiz de Fora, Minas Gerais. O objetivo do trabalho é analisar como o aproveitamento de água pluvial é feito na cidade, se existe ou não métodos com produtos eficientes que possam garantir a máxima economia de água potável e a consequente sustentabilidade da edificação na categoria de uso hídrico. O método utilizado consiste na revisão bibliográfica e pesquisa de campo e por meios eletrônicos, focando em profissionais do ramo da construção civil em especial arquitetos projetistas. Os resultados obtidos revelam o uso de tais sistemas, o esforço de muitos profissionais em prol da sustentabilidade, mas também as dificuldades, sejam pela falta de material ou mão de obra locais. A contribuição do presente trabalho está na nítida necessidade de futura criação de um sistema eficiente e de baixo custo, são deixados questionamentos expressivos para diversas reflexões no campo da sustentabilidade e do desenvolvimento de produtos.

Palavras-chave: Água pluvial. Desenvolvimento de produto. Projetos sustentáveis.

ABSTRACT

The work to be addressed is summarized in the use of rainwater harvesting systems in Juiz de Fora, Minas Gerais. The objective is to analyze how is made the rainwater use in the city, whether there is or not methods with efficient products that can guarantee maximum economy of drinking water and the consequent sustainability of the building in the water use category. The method consists in literature review and field research and by electronic means, focusing on professionals in the construction industry in particular designers architects. The results show the use of such systems, the efforts of many professionals for sustainability, but also the difficulties concerning the lack of material or local workers. The contribution of this work is the clear need for future development of an efficient and low cost system, significant questions for many reflections in the field of sustainability and product development are left.

***Keywords**: Rainwater. Product Development. Sustainable Projects.*

1 INTRODUÇÃO

O trabalho a seguir trata especificamente de sistemas de aproveitamento de água pluvial, considerando o processo, os componentes do sistema e as possibilidades geradas pelo produto. A partir daí é desenvolvida uma pesquisa exploratória quantitativa e qualitativa sobre a aplicação dos

[1]COSENTINO, Livia Tavares; BORGES, Marcos Martins. Aplicação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial na cidade de Juiz de Fora/MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

sistemas no mercado da cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais, uma cidade de médio padrão com uma população de aproximadamente 555 mil habitantes[2], índice pluviométrico médio de 111,75mm no último ano (2015)[3] e consumo aproximado de água de 30 bilhões de litros d'água por ano, considerando a média brasileira de 150 litros por habitante/dia[4].

Em vista do processo destrutivo que nosso planeta vem passando, incluindo crises econômicas, guerras e escassez de recursos naturais, fica evidente a importância da criação de um mundo mais sustentável para a segurança das próximas gerações. Como citado no Relatório Brundtland (1987), a sustentabilidade está apoiada em três dimensões: econômica, social e ambiental. Cada um dos pilares depende do outro para que contribua de maneira significativa no desenvolvimento sustentável.

Johan Rockström et al (2009) cita fronteiras ambientais pelas quais o planeta não deve ultrapassar a fim de continuar minimamente estável no que consiste sua atmosfera para o desenvolvimento humano. Assim, apesar de modelos insustentáveis de desenvolvimento e diversas literaturas um tanto pessimistas, Rockström et al (2009) mostram que uma vez tais fronteiras não ultrapassadas a humanidade possui a liberdade de trabalhar em longo prazo para o desenvolvimento econômico e social.

Norman Foster (2003) afirma que ao mesmo tempo em que procura pelas últimas tecnologias do mercado, também busca inspiração em processos construtivos esquecidos, como o uso da ventilação e luz naturais através dos projetos (FOSTER, 2003). Tal afirmação é uma prova de que não é preciso tanta tecnologia na construção sustentável, é possível alcança-la gerindo bem os recursos e aproveitando o que é oferecido pelo local.

No que tange à construção civil, além do próprio processo construtivo levando em conta noções de projeto integrado e gestão sustentável, muito pode ser feito com ações pontuais que evitam desperdícios de recursos naturais. Tais ações se baseiam na geração alternativa de energia, seja por painéis solares, moinhos de vento ou água, também podemos citar o reaproveitamento de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais, onde está o foco deste artigo.

Segundo Tundisi (2006), mais do que escassez ou contaminação, a crise da água é fruto da má gestão dos recursos hídricos, o que pode ser resolvido a partir da integração entre conhecimento científico adquirido e o gerenciamento.

De acordo com May (2004), a demanda de água vem aumentando em

[2] Dado do IBGE. Disponível em: "http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=313670". Acesso em 4/04/2016.

[3] Dado obtido através da análise do gráfico do Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: "http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf". Acesso em 4/04/2016.

[4] Dado da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clippings/ler/2154/consumo-de-agua-por-habitante-no-brasil-e-estavel". Acesso em 4/04/2016.

centros urbanos, principalmente devido ao alto e desordenado crescimento populacional, o que impõe adoção de programas que minimizam o impacto como conservação, aproveitamento e reaproveitamento de água. LIMA et al. (2011) enquadram o aproveitamento da água pluvial precipitada nas residências do meio urbano como uma alternativa de substituição da fonte hídrica de acordo com os programas de conservação da água.

O objetivo geral da pesquisa é identificar o nível de preocupação na utilização e avaliação de elementos da construção sustentável entre os profissionais, principalmente em elementos do sistema de aproveitamento de água pluvial.

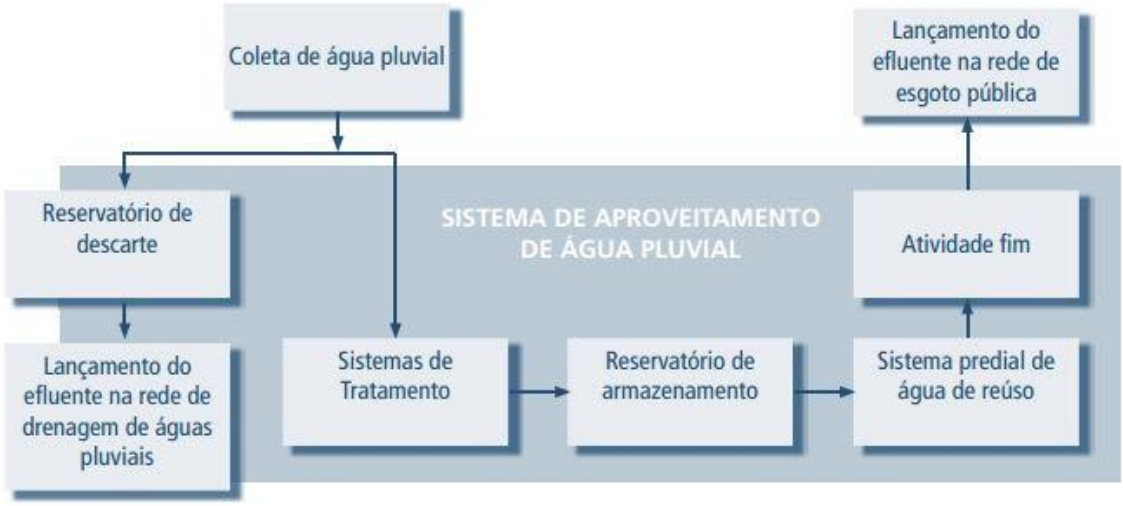
Há limitações no pouco conhecimento na área, seja por profissionais ou clientes, o que resulta na rejeição cultural apesar do senso comum de que a sustentabilidade deve estar presente no dia a dia a fim de garantir o futuro do planeta para as próximas gerações. O método utilizado foi primeiramente a revisão bibliográfica de artigos científicos e livros com temas relacionados ao desenvolvido, além de pesquisa de campo traduzida em um questionário enviado aos profissionais da cidade.

Sobre os resultados, a gestão dos recursos hídricos e o aproveitamento de água pluvial são temas abordados com frequência. Juiz de Fora revela profissionais preocupados com as questões ambientais que desenvolvem sistemas de acordo com as possibilidades locais, uma vez que a falta de materiais específicos e mão de obra capacitada se faz presente.

2 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL – PRODUTOS E PROCESSOS

De acordo com Tomaz (2003), Silva e Domingos (2007) e Sinduscon (2015), os sistemas de aproveitamento de água pluvial possuem elementos básicos como captação, filtragem e armazenamento. O diagrama a seguir (Figura 1) exemplifica as fases necessárias no sistema de aproveitamento de água pluvial.

Figura 1 – Aproveitamento de água pluvial



Fonte: SINDUSCON (2015)

De acordo com Minikowski e Maia (2009), o funcionamento do sistema depende da quantidade de água da chuva que pode ser captada, assim como os índices pluviométricos da região, além da demanda requerida pelos residentes. "A demanda a ser atendida é crucial e deve ser mensurada de forma adequada para possibilitar menor gasto com a implantação do sistema e melhor aproveitamento da água captada e armazenada" (MINIKOWSKI; MAIA, 2009).

O potencial de economia de água varia de acordo com a demanda, área do telhado e precipitação do local, entretanto de acordo com LIMA et al. (2011) em países como Austrália, Alemanha, Estados Unidos e Japão, que possuem sistemas há anos, a economia chega a ser superior a 30%. O Brasil, apesar do grande potencial hídrico, não possui programas governamentais que promovem e incentivam o aproveitamento da água pluvial, embora o aumento populacional venha diminuindo a disponibilidade hídrica no país. Ao falar sobre gestão dos recursos hídricos, Tudinsi (2006) cita a participação dos usuários e comunidades como um avanço fundamental que consolida e abre novos caminhos para o gerenciamento deste bem público.

> "A água de chuva pode ser utilizada desde que haja controle de sua qualidade e verificação da necessidade de tratamento específico, de forma que não comprometa a saúde de seus usuários, nem a vida útil dos sistemas envolvidos" (SINDUSCON, 2005).

O uso da água pluvial deve ser uma fonte alternativa de abastecimento, não excluindo o sistema público, pois a variação pluviométrica local pode alterar significativamente o volume de água disponível no reservatório. Segundo Meera e Ahammed (2006) apud Nakada e Moruzzi (2014) a contaminação da água pode ocorrer em qualquer uma das partes do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Considerando tal fator, Nakada e Moruzzi (2014) citam a importância do descarte das primeiras águas. Entretanto, somente o descarte não é totalmente eficiente na remoção de micro-organismos, é necessário aplicar processos de desinfecção.

> "As águas pluviais coletadas e armazenadas requerem tratamento prévio ao aproveitamento para promover a remoção de sólidos e a exclusão e/ou inativação de micro-organismos potencialmente patogênicos, visando a assegurar a qualidade da água." (NAKADA; MORUZZI, 2014).

Após ser coletada e tratada de acordo com o uso final da água, a mesma deve ser armazenada em local próprio. O reservatório pode estar localizado tanto no interior da residência, como no exterior ou mesmo sob o solo, para este fim são utilizadas caixas d'água ou cisternas à venda com facilidade no mercado. O mau acondicionamento da água pluvial pode gerar inúmeros problemas, tanto na saúde dos usuários como para a tubulação da residência, com entupimentos por algas e microrganismos provenientes do reservatório. Sendo assim, nota-se a necessidade de integração entre os processos: na captação deve ocorrer o descarte das primeiras águas para não sobrecarregar a filtragem, e esta por sua vez ser eficaz a ponto de não gerar muitos transtornos na armazenagem.

3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA ÁGUA PLUVIAL

O uso da água pluvial para abastecimento residencial tem diversas vantagens e desvantagens. Segundo Plínio Tomaz (2003), o aproveitamento da água pluvial em residências, além de gerar economia de água potável, pode diminuir picos de inundações. Os impactos na preservação do meio ambiente também estão na utilização de estruturas já existentes como telhados, lajes e rampas, redução de investimentos na captação de água em locais distantes do meio urbano, tendo impacto na redução dos custos energéticos de transporte e tratamento da água, além da diminuição da carga pluvial nos sistemas de drenagem urbana, o que diminui riscos de inundações como citado anteriormente (LIMA et al. 2011).

O quadro (Quadro 1) a seguir apresenta as principais vantagens e desvantagens do aproveitamento da água pluvial.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens do aproveitamento da água pluvial

Vantagens	**Desvantagens**
Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo)	Suprimento é limitado (depende da frequência de chuvas e da área da superfície de captação)
Fácil manutenção	Custo inicial alto
Baixos custos de operação e manutenção	Qualidade da água vulnerável
Qualidade relativamente boa (captada no telhado)	
Baixo impacto ambiental	Possível rejeição cultural
As tecnologias disponíveis são flexíveis	
Construção simples	
Serve além de fonte de água, como uma medida não estrutural para drenagem urbana.	

Fonte: Adaptado de GOULD *et al.* (1999 *apud* SILVA;DOMINGOS, 2007)

Fica evidente que o número de vantagens supera as desvantagens e analisando podemos concluir que os pontos negativos podem ser tratados com a conscientização da população e o desenvolvimento de processos mais eficientes com menor custo. Sendo assim, a maior desvantagem é o suprimento limitado, por isso é necessário analisar os índices pluviométricos da região e realizar um estudo de viabilidade.

Considerando a contribuição para um planeta mais sustentável, aplicar um sistema de aproveitamento de água pluvial é mais vantajoso do que podemos listar aqui. Os custos do fornecimento de água potável hoje para as residências incluem desde o ambiental, de se retirar água de rios e mananciais e causar inundações, até o custo financeiro, como elevado gasto com energia elétrica e manutenção das centrais de tratamento de água. De acordo com Gonçalves (2009), "cerca de 3% do consumo nacional de eletricidade é destinado ao setor de abastecimento de água e tratamento de esgotos e, desse total, mais de 90% da energia destina-se ao uso de motores e bombas". Quando cada residência se torna uma porcentagem sustentável, os custos governamentais diminuem no que tange

o abastecimento de água e energia elétrica, assim o investimento pode ser redirecionado para outras áreas carentes como educação e saúde. Nesse aspecto, percebe-se que a busca pela sustentabilidade está diretamente ligada à qualidade de vida.

4 APLICAÇÃO EM JUIZ DE FORA/MG

4.1 Pesquisa

Juiz de Fora é uma cidade conhecida pelo forte comércio de rua e centros educacionais, que são tidos como destaque na região da Zona da Mata. Entretanto, questões tecnológicas ainda são pouco desenvolvidas na região, incluindo elementos que auxiliam na sustentabilidade local como os sistemas de aproveitamento de água pluvial. Muitos clientes precisam buscar componentes em outras regiões, o que encarece ainda mais a execução do sistema.

Uma vez que o sistema de aproveitamento de água pluvial pode ser montado a partir de elementos simples que encontramos no mercado, é comum deparar com pessoas que fazem seu próprio sistema ou mesmo profissionais que improvisam com os elementos disponíveis para projetar algo personalizado para determinada residência.

O questionário feito é constituído de perguntas de múltipla escolha focando na sustentabilidade em projetos e no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial na cidade e região da Zona da Mata em Minas Gerais. Foi feita uma lista de escritórios de arquitetura juiz-foranos, selecionados a partir de lista telefônica e um site local de contatos profissionais. Sendo assim, o questionário foi enviado a partir da plataforma *Survey Monkey* a 144 estabelecimentos, com uma taxa de resposta de 22,22%. O questionário compreende 7 questões e foi aplicado de forma anônima. Pressupõe-se que a pesquisa não despertou interesse suficiente a ponto de ter 100% na taxa de respostas. Segue abaixo o questionário aplicado:

1) Qual a preocupação com a sustentabilidade no projeto?

2) Existe a tentativa de trabalhar com elementos que promovam a sustentabilidade da edificação? Como, por exemplo, sistemas de reaproveitamento de água, geração de energia alternativa, materiais reciclados ou reutilizados, entre outros.

3) Existe acompanhamento pós-obra para avaliar a eficácia dos sistemas?

4) Como a empresa profissional define sua atuação em prol da sustentabilidade no mercado?

5) Um dos meios de promover a sustentabilidade é utilizando sistemas de aproveitamento de água pluvial. Esse tipo de sistema já foi usado em algum projeto da empresa em Juiz de Fora e Região?

6) Houve tentativa de implantar um sistema de aproveitamento de água pluvial? Qual foi a situação na ocasião?

7) Sobre os materiais empregados no projeto de aproveitamento de água pluvial:

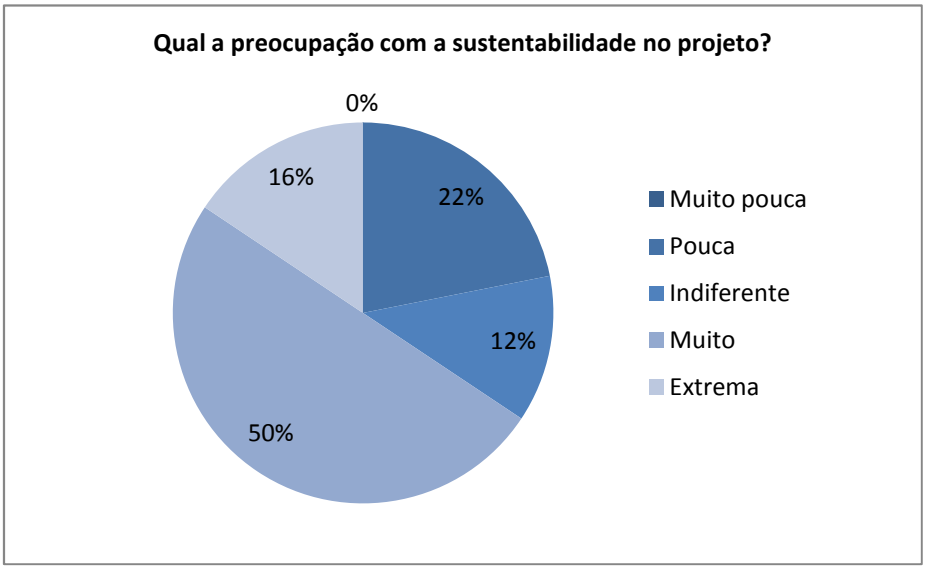
As perguntas foram formuladas com o intuito de estabelecer uma imagem da utilização dos sistemas de aproveitamento de água pluvial em Juiz de Fora.

4.2 Análises de resultados

Os resultados refletem uma preocupação superficial com a sustentabilidade, com certo descaso que no tange a real utilização de elementos na construção sustentável. Tal resultado pode ser caracterizado como determinada falta de conhecimento e recursos na área, uma vez que os profissionais se auto avaliam, na sua maioria, com uma atuação pouco satisfatória e precisam encomendar materiais em outras regiões, o que dificulta o processo.

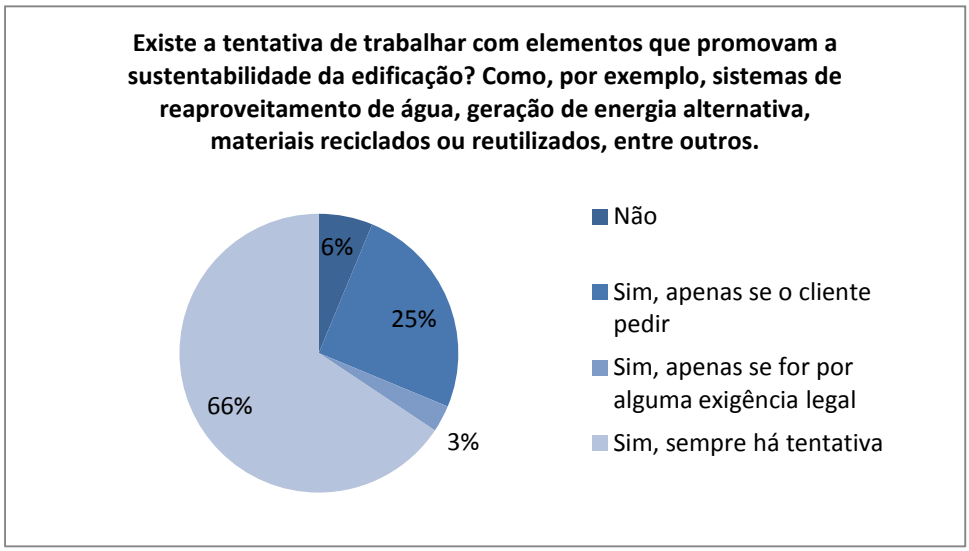
Considerado o universo da pesquisa, 50% relatam que a preocupação com a sustentabilidade no projeto é muita, enquanto 16% consideram sua preocupação extrema e 22% a consideram pouca (Gráfico 01). Sobre a tentativa de trabalhar com elementos que promovam a sustentabilidade, como sistemas de gestão de água, geração de energia ou uso de materiais reciclados 66% responderam que sempre há tentativa de utilização, enquanto 25% trabalham com os sistemas apenas se o cliente pedir (Gráfico 02).

Gráfico 01



Fonte: Autores

Gráfico 02



Fonte: Autores

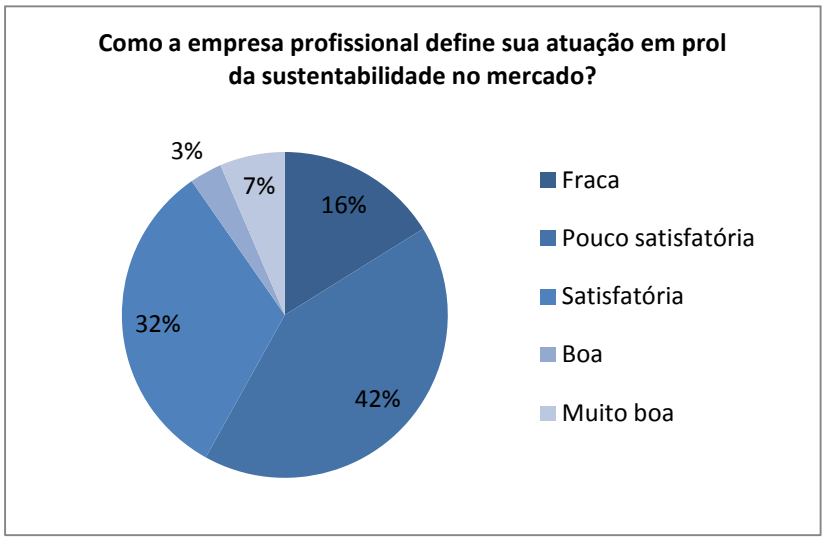
Apesar de positivas as respostas sobre preocupações com a sustentabilidade, 78% não fazem o acompanhamento pós-obra a fim de avaliar a eficácia dos sistemas, o que pode comprometer o resultado e o potencial dos sistemas (Gráfico 03). Nota-se que os profissionais também são exigentes quanto ao próprio trabalho, 42% dos entrevistados classificam a atuação da sua empresa em prol da sustentabilidade como pouco satisfatória, enquanto 32% consideram satisfatória e apenas 7% consideram a atuação muito boa (Gráfico 04).

Gráfico 03



Fonte: Autores

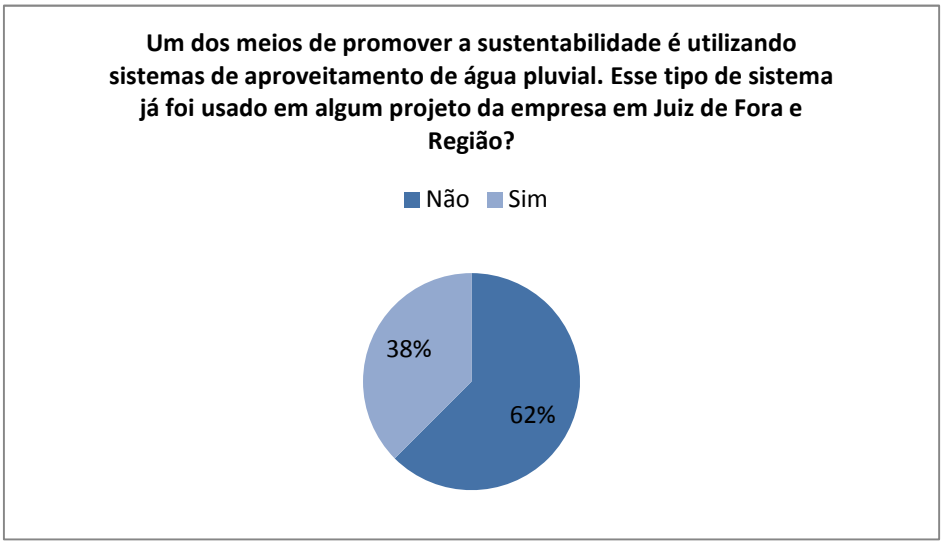
Gráfico 04



Fonte: Autores

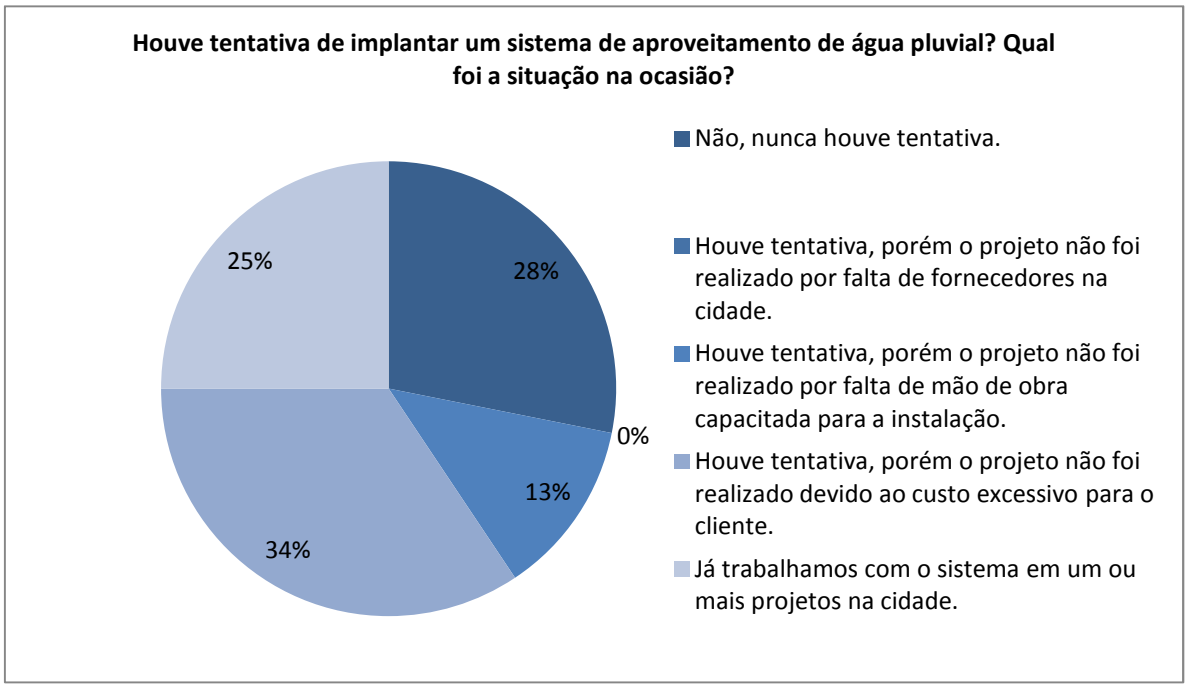
Sobre o uso dos sistemas de aproveitamento de água pluvial em Juiz de Fora, os dados tendem para um fator positivo, uma vez que apenas 38% nunca fizeram uso do sistema e 62% já aplicou o sistema em algum projeto (Gráfico 05). Entretanto a falta de uso de um sistema para a água pluvial não exclui a tentativa dos profissionais de projetar, sendo que 28% nunca tentou sequer implantar o sistema, enquanto que para 13% o projeto não foi realizado por falta de mão de obra capacitada, 34% alegaram o custo excessivo para o cliente, e 25% realmente trabalharam com o sistema em um ou mais projetos na cidade (Gráfico 06). Nota-se que se houvessem no mercado produtos e mão de obra adequados o uso dos sistemas de aproveitamento de água pluvial poderia ser intensificado na região.

Gráfico 05



Fonte: Autores

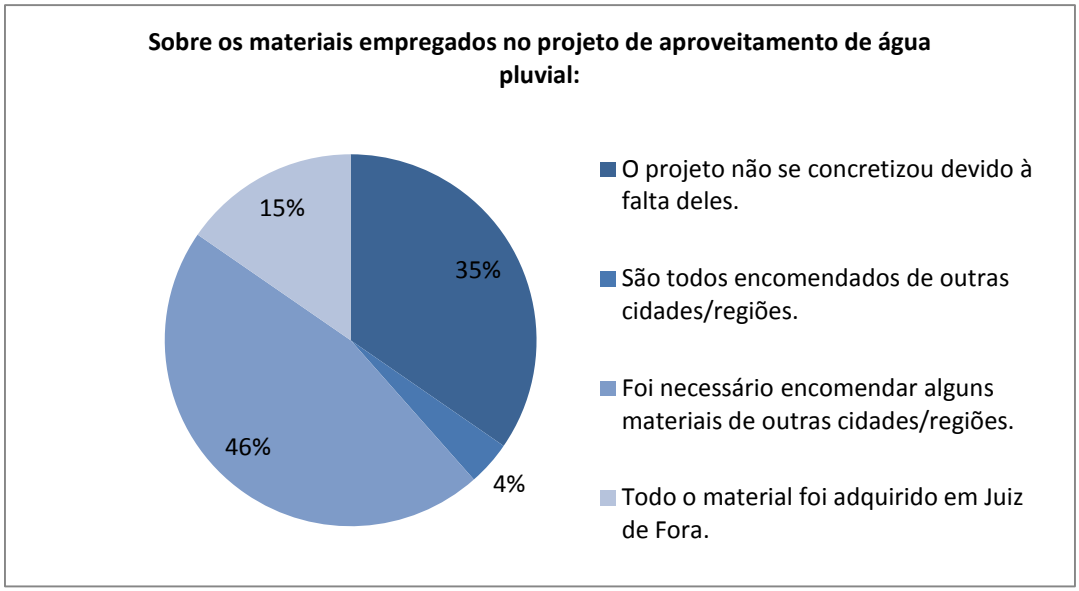
Gráfico 06



Fonte: Autores

O último dado que a pesquisa destaca é sobre os materiais empregados no sistema de aproveitamento de água pluvial. Dos entrevistados, 35% declarou que o projeto não se concretizou devido à falta dos materiais, 46% afirmam que tiveram a necessidade de encomendar de outras cidades e apenas 15% conseguiram adquirir todo o material em Juiz de Fora (Gráfico 07).

Gráfico 07



Fonte: Autores

5 CONCLUSÕES

Percebe-se uma tendência de incorporação de conceitos de sustentabilidade na prática profissional. Entretanto existem barreiras tanto de conhecimento como burocráticas para a implantação de elementos específicos na construção sustentável.

O artigo apresenta uma pesquisa em andamento direcionada para uma dissertação de mestrado, por esta razão o recorte foi feita especificamente na cidade de Juiz de Fora/MG. Contudo, o questionário pode ser aplicado em diversas cidades e estabelecer um cenário regional e/ou nacional sobre o tema.

Conclui-se que apesar do pessimismo de alguns autores sobre a má gestão dos recursos hídricos no Brasil, o que gera dificuldades na implantação de sistemas devido à burocracia excessiva, muitos profissionais mantêm uma postura positiva quanto à sustentabilidade em projetos e se esforçam para fazer o possível. Contrariando a hipótese primária deste trabalho de que a falta de materiais e mão de obra impediria a instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial na cidade, a pesquisa mostra uma quantidade significativa de projetos que contribuem para a gestão dos recursos hídricos.

Este trabalho abre espaço para novas reflexões acerca dos produtos disponíveis no mercado juiz-forano, pois nota-se que o sistema é utilizado numa escala considerável e que elementos podem ser adquiridos na cidade ou região. Conclui-se que há oportunidades de crescimento para o mercado de elementos específicos para o aproveitamento de água pluvial, pois a procura se mostra intensa, evidenciando a falta de materiais e mão de obra.

Entretanto, surge ainda a necessidade de pesquisa sobre a eficácia dos produtos e quais são as possibilidades de melhoria. Também ficam abertos questionamentos sobre o potencial médio de economia de água potável na cidade, sendo necessário o estudo mais profundo dos materiais utilizados em cada projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à CAPES pelo apoio em pesquisa e ensino. Agradecemos ao programa que de forma direta e indireta contribuiu para a realização desta e tantas outras pesquisas. Agradecemos também aos inúmeros autores que pesquisam e divulgam seu conhecimento e assim possibilitam reflexões sobre seus trabalhos, promovendo cada vez mais o engrandecimento da pesquisa no Brasil.

REFERÊNCIAS

FOSTER, Norman. **Architecture and Sustainability**. Foster+Partners, 2013. Disponível em: "http://www.fosterandpartners.com/media/546486/essay13.pdf". Acesso em 08/11/2015.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coordenação). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352p.

LIMA, Jeferson Alberto de et al. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial**: análise de 40 cidades da Amazônia. Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2011, vol.16, n.3, pp. 291-298. ISSN 1413-4152.

MAY, Simone. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 189p.

MINIKOWSKI, Marcelo; MAIA, Adelena Gonçalves. **Sistemas de aproveitamento de água de chuva no município de Irati (PR)**. Revista acadêmica ciências agrárias e ambientais, Curitiba, v.7, n.2, p. 181-188, 2009.

NAKADA, Liane Yuri Kondo and MORUZZI, Rodrigo Braga. **Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento**. Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2014, vol.19, n.1, pp. 1-9. ISSN 1413-4152.

ROCKSTRÖM, Johan et al. **A safe operating space for humanity**. In. Revista Nature – Vol. 461, n.24, Setembro/2009.

SINDUSCON. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo, Prol Editora Gráfica, 2005.

SILVA, V.N.; DOMINGOS, P. **Captação e manejo de água de chuva**. Saúde & Ambiente em Revista, v. 2, n. 1, p. 68-76, 2007.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água da chuva**: Para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2003. 184p.

TUNDISI, José Galizia. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos**. Revista USP, São Paulo, n.70, p. 24-35, junho/agosto, 2006.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

QUALIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS REMOVIDOS DO GRADEAMENTO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO[1]

ERBIS, Patricia (1), FIORI, Simone (2), FERNANDES, Vera M. Cartana (3), GIL, Anelise Sertoli (4), SCORTEGAGNA, Vinicius (5), FERREIRA, Matheus (6), ADAMES, Daniela (7)

(1)UPF, e-mail: 106730@upf.br; (2)UPF, e-mail: sfiori@upf.br; (3)UPF, e-mail: cartana@upf.br; (4) UPF, e-mail: anelise.gil@upf.br; (5)UPF, e-mail: viniciuss@upf.br; (6)UPF, e-mail: matheusferreira@upf.br; (7)UPF, e-mail: adames.db@gmail.com

RESUMO

Os resíduos sólidos encontrados no gradeamento de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) são dos mais diversos. Este gradeamento, realizado na fase preliminar do processo, consiste em separar esses resíduos sólidos do efluente e tratar cada um deles separadamente com a finalidade de proteção dos equipamentos e unidades subsequentes de tratamento e garantia de um bom funcionamento da mesma. A caracterização desses resíduos, qualitativamente e quantitativamente é de difícil realização em função dos diversos usos aos quais a água é submetida, que variam desde clima, situação social e econômica e hábitos da população. O objetivo desse trabalho foi caracterizar os resíduos removidos do gradeamento de estações de tratamento de esgoto e confrontar os resultados encontrados, analisando as diferenças entre os dados provenientes de uma estação com resíduos oriundos de uma instituição educacional, com os resultados gerados por uma estação que recebe resíduos gerados por uma cidade. Os resultados encontrados indicaram que há uma chegada notável de resíduos grosseiros no sistema, em ambas as estações analisadas, o que indica a provável interligação de condutores pluviais com a rede de esgoto, e a relevante presença da gordura solidificada e do aglomerado de fezes/cabelos/folhas retidos durante o período de caracterização do sistema.

Palavras-chave: Esgoto sanitário. Gordura. Sólidos grosseiros.

ABSTRACT

The Solid waste found on the pretreatment of a Sewage Treatment Station (STS) is the most diverse. This grating, which is done in the preliminary stage of the process, is to separate these solid waste effluents and destine each separately in order to protect the equipment and subsequent treatment units and guarantee a smooth running of it. The characterization of such waste, qualitatively and quantitatively is challenging to perform due to the different uses to which water is submitted, ranging from climate, social and economic situation and habits of the population. The aim of this study was to characterize the waste removed from the railing of sewage treatment stations and to compare the results obtained by analyzing the differences between the results from a station which receives waste water from an educational institution, with the results produced by a station that receives waste generated from a city. The results indicated that there is a remarkable arrival of coarse waste in the

[1] ERBIS, Patricia, FIORI, Simone, FERNANDES, Vera M. Cartana, GIL, Anelise Sertoli, SCORTEGAGNA, Vinicius, FERREIRA, Matheus, ADAMES, Daniela. Qualificação e quantificação de resíduos removidos do gradeamento de estações de tratamento de esgoto doméstico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

system, both stations analyzed, which indicates the likely interconnection rainwater conductors with the sewer, and the significant presence of solidified fat and agglomerate stool/hair/sheets retained during system characterization period.

***Keywords**: Sanitary sewage. Fat. Coarse solids.*

1 INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde define saúde como o estado de completo bem estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doenças. Pela mesma organização, vem a definição de saneamento que é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o seu bem-estar físico, mental ou social. Uma associação de ambas permite a visualização de que o bom funcionamento de um é a garantia de resultantes positivas da outra.

O desenvolvimento urbano vem acompanhado de uma maior demanda dos bens necessários à vida saudável de uma comunidade para que ela possa usufruir deles na quantidade e qualidade ideal para seu progresso satisfatório. Dentre estes bens, estão o conjunto de serviços que define o Saneamento Básico, necessário para se atingir este propósito, que partem do abastecimento de água potável, esgoto sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e frenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A água que utilizamos em nossas diversas atividades segue seu curso carregando toda poluição agregada, até seu destino final, que compreende na coleta e transporte dessa água poluída para uma Estação de Tratamento de Esgoto. Para que as ETE's possam operar de forma correta e manter sua eficiência, é preciso além de um projeto adequado, de uma operação que garanta seu funcionamento dentro das condições.

A partir disso, vê-se necessária a investigação de fatores como a geração de resíduos específicos de uma ETE em sua fase preliminar, observando-se a evolução populacional de cidades, bairros, localidades, instituições, que afetam não só no aumento em sua visão extensiva, mas também nas consequências operacionais do sistema.

A remoção de sólidos grosseiros nas fases preliminares de Estações de Tratamento de Esgoto tem finalidades fundamentais como a proteção dos dispositivos de transporte dos esgotos nas suas diferentes fases, líquida e sólida. Um sistema bem executado, sem problemas de funcionamento, e por sua vez, sem consequências geradas, proporciona tranquilidade e satisfação dos usuários para com a mesma.

Neste contexto, esse trabalho originou-se da necessidade de se preencher essa lacuna, pesquisando opções para a definição, em projetos futuros de estações de tratamento de esgoto, de possíveis melhorias nos sistemas, com a ajuda da caracterização dos materiais que chegam a esse tipo de sistema.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo constituiu-se em analisar as principais características dos resíduos sólidos retidos no sistema de gradeamento de uma Estação de Tratamento de Esgoto de um bairro residencial de uma cidade de porte médio do norte do Rio Grande do Sul e de uma Estação de Tratamento de Esgoto localizada em uma Instituição de Ensino Superior da mesma cidade.

A partir disso, fez-se necessário o estudo dos processos e operações realizadas em ETE's que possuem correlação com a geração desses resíduos, além de geração de valores para comparação e confronto de dados resultantes entre as estações que recebem resíduos de populações distintas.

2.1 Caracterização do objeto de estudo

A primeira ETE está localizada em uma Instituição de Ensino Superior (IES) que atende mais de 16 mil alunos e possui mais de 50 prédios de atendimento ao público, também apresenta uma Estação de Tratamento de Esgoto (Figura 1) que recebe em média 2,2 L/s de esgoto. Sua alimentação é proveniente de uma população flutuante que em períodos de férias, diminui consideravelmente.

Figura 1 – Estação de Tratamento da Instituição de Ensino Superior



Fonte: Os autores (2014)

A Estação é operada por funcionários que acompanham diariamente o funcionamento do sistema. Seu sistema é composto por: gradeamento primário, gradeamento secundário, desarenador de duplo canal, calha Parshall, tanque de acumulo/bombeamento, reator anaeróbio tipo UASB, lodo ativado, decantador secundário e leito de secagem.

Já a segunda Estação de Tratamento de Esgoto analisada está localizada (Figura 2), foi inaugurada e entrou em operação em novembro de 2010 e

tem capacidade de projeto para tratar 54 L/s, porém atualmente opera com uma vazão média de 9 litros por segundo. É procedente de um equivalente populacional de 13 mil habitantes.

Figura 2 – Estação de Tratamento de Esgoto do bairro residencial



Fonte: Os autores (2014)

Segundo o Plano municipal de saneamento básico de Passo Fundo (PMSB)(2015), sistema de Tratamento de Esgoto é composto por: gradeamento, desarenador de duplo canal, bombeamento, reator anaeróbio tipo UASB, filtro biológico, tabuleiros alagados Wetland e leito de secagem.

2.2 Avaliação quanti-qualitativa dos resíduos

A primeira fase da pesquisa consistiu-se em visitas técnicas às Estações de Tratamento de Esgoto estudadas onde foi possível conhecer a rotina do sistema e registrar, por meio de planilhas e tabelas, a quantidade e o tipo de material que chegava até o sistema inicial.

Na ETE da IES, a remoção dos resíduos do gradeamento (Figura 3) foi feita diariamente pelo supervisor do local com o auxílio de uma "pá coadeira" (Figura 4) para retirada dos materiais que chegam até a fase preliminar da Estação. Essa remoção foi feita todos os dias no período da manhã e da tarde e em ocasiões esporádicas onde a quantidade de resíduo acumulado foi notável.

Figura 3 – Tratamento Preliminar ETE da IES – Gradeamento



Fonte: Os autores (2014)

Figura 4 – "Pá coadeira"



Fonte: Os autores (2014)

Na ETE que atende o bairro residencial, a remoção dos sólidos retidos e a limpeza das grades (Figura 5) foram realizadas também diariamente e de forma manual, com a ajuda de um garfo (Figura 6). Todo material retido no gradeamento era descartado em tonéis e quinzenalmente encaminhado

para o descarte em um aterro sanitário da operadora.

Figura 5 – Tratamento Preliminar ETE bairro residencial – Gradeamento



Fonte: Os autores (2014)

Figura 6 – Garfo utilizado para remoção de resíduos



Fonte: Os autores (2014)

Basicamente, a caracterização nas duas ETE's consistiu-se inicialmente da separação manual dos resíduos removidos do gradeamento.

Após a classificação, efetuou-se a pesagem individual dos materiais. Para a realização desta etapa foram utilizadas uma balança digital de alta pressão com graduação de 1g e capacidade de 5kg e sacos de lixo de 15kg, além dos equipamentos de proteção individual para o manuseio do material removido.

O material era retirado do tratamento preliminar e separado de acordo com sua característica. Em seguida o material passava pelo processo de pesagem. Se caracterizado como gordura, a mesma era colocada em sacos de lixo e, então, medido sua massa.

Após a pesagem, todo material era colocado em um reservatório e tampado. Quando o reservatório era totalmente preenchido pelo material removido do tratamento preliminar, era esvaziado e recolhido por uma empresa terceirizada, bem como o lodo do leito de secagem.

2.3 Estudo Comparativo

Após a avaliação quantitativa e qualitativa desses resíduos, fez-se a comparação de resultados obtidos entre as ETE's, por meio do confronto de dados contabilizados após os cinco meses de pesquisas de campo.

Essa comparação também foi feita com literaturas existentes, que já avaliaram preliminarmente a geração de resíduos no gradeamento primário de outras Estações de Tratamento de Esgoto.

2.4 Verificação da necessidade de melhorias

Foram verificados possíveis fatores intervenientes no processo de retenção de resíduos, destacando-se o espaçamento das grades e verificação da necessidade de se ampliar o número de grades. A verificação foi realizada comparando a situação encontrada nas duas ETE's com a legislação vigente e com critérios da boa prática.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O processo de caracterização foi realizado durante 14 semanas por meio de visitas técnicas á campo nas duas estações de tratamento de esgoto citadas anteriormente.

3.1 Caracterização ETE – IES

A Estação de Tratamento de Esgoto da Instituição de Ensino Superior atingiu uma massa total de resíduos coletados de 28,43 Kg (Tabela 1) durante o período de avaliação da geração de resíduos.

Tabela 1 – Caracterização geral – ETE IES

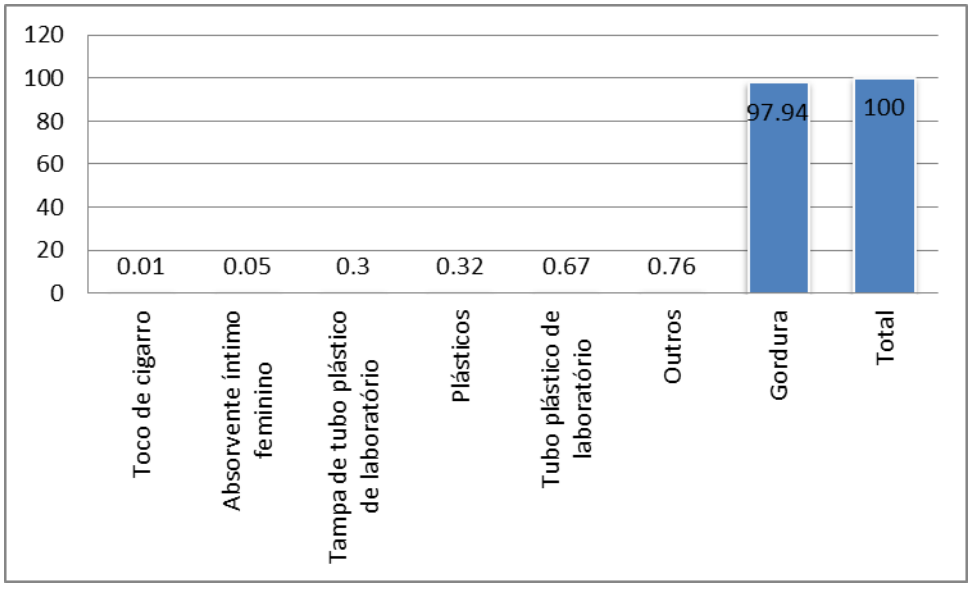
Material	Peso	
	Kg	%
Toco de cigarro	0,002	0,01
Absorvente íntimo feminino	0,015	0,05
Tampa de tubo plástico de laboratório	0,084	0,30
Plásticos	0,092	0,32
Tubo plástico de laboratório	0,190	0,67
Outros	0,217	0,76
Gordura	27,847	97,94
Total	**28,432**	**100,00**

Fonte: Os autores (2014)

Como já era esperado, por ser o material mais frequente e de maior quantidade, a massa de gordura compreendeu 97,94% da totalidade do material retido no sistema.

Em segundo lugar, com uma porcentagem de 0,76%, ficou o grupo dos materiais que foram aglomerados por não aparecerem tão constantemente como: as folhas de árvores, fezes e cabelos, lenço umedecido e vegetação.

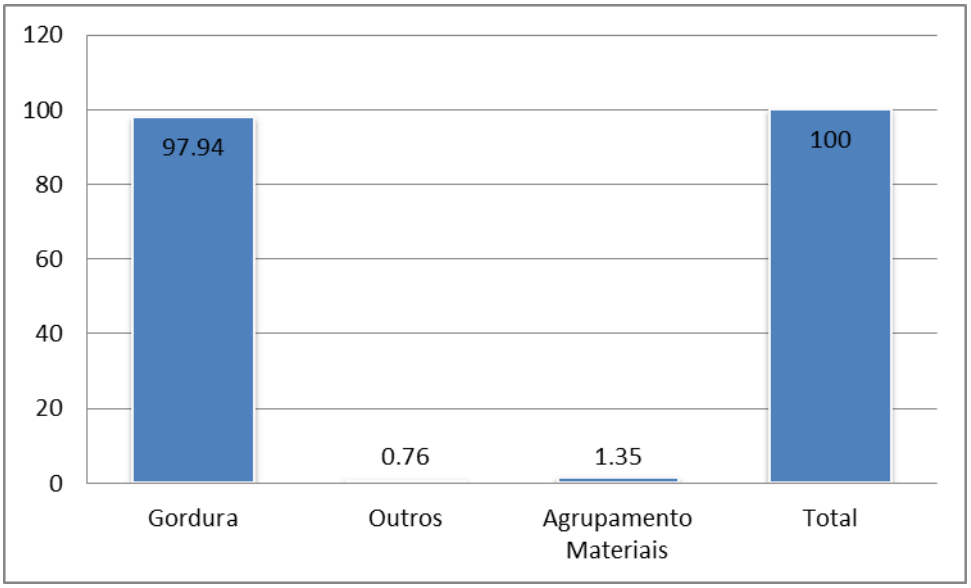
Gráfico 1 – Relação: Material x Porcentagem de peso ETE IES



Fonte: Os autores (2014)

Agrupando todos os materiais de menor massa, em um grupo denominado "agrupamento materiais", à exceção do grupo dos "outros" e da "gordura", obteve-se mais uma comparação de que a gordura, ainda assim se destaca como material praticamente absoluto na Estação de UPF.

Gráfico 2 – Relação: Material x Porcentagem de peso ETE IES



Fonte: Os autores (2014)

3.2 Caracterização ETE - bairro residencial

Já nas primeiras coletas, pode-se notar que a quantidade de material retirado semanalmente na ETE que atende o bairro residencial, era bem mais expressiva do que na ETE da Instituição de Ensino Superior.

No montante da massa coletada durante o período de caracterização, a ETE apresentou cerca de 244,44 Kg de massa em sua totalidade, conforme o Tabela 2 a seguir.

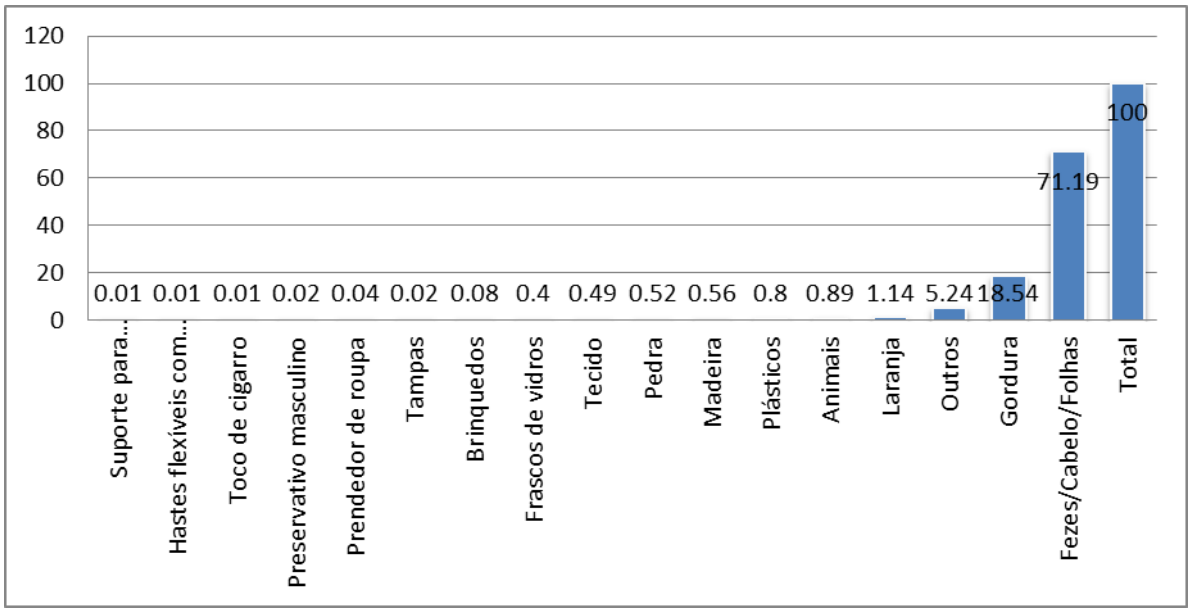
A aglomeração de materiais deu-se em forma de grupos. O grupo dos animais compreendeu ratos, caramujos e cobras. Os prendedores de roupas referem-se aos prendedores plásticos e os de madeira. As tampas compreenderam tampas de creme dental, tampas de refrigerante PET, tampas de detergente, tampa de desinfetante e tampa de shampoo. Os frascos de vidro somaram um vidro de café e uma garrafa. O grupo denominado "outros" originou-se da somatória de inúmeros itens não tão frequentemente encontrados no sistema e de pouca massa. Os demais grupos incluíram as somas semanais pelo tipo do resíduo.

Tabela 2 – Caracterização geral – ETE bairro residencial

Material	Peso	
	Kg	%
Suporte para detergente sanitário	0,018	0,01
Hastes flexíveis com pontas de algodão	0,030	0,01
Toco de cigarro	0,031	0,01
Preservativo masculino	0,050	0,02
Prendedor de roupa	0,106	0,04
Tampas	0,059	0,02
Brinquedos	0,197	0,08
Frascos de vidros	0,977	0,40
Tecido	1,191	0,49
Pedra	1,281	0,52
Madeira	1,364	0,56
Plásticos	1,948	0,80
Animais	2,169	0,89
Laranja	2,798	1,14
Outros	12,822	5,24
Gordura	45,325	18,54
Fezes/Cabelo/Folhas	174,054	71,19
Total	**244,477**	**100,00**

Fonte: Os autores (2014)

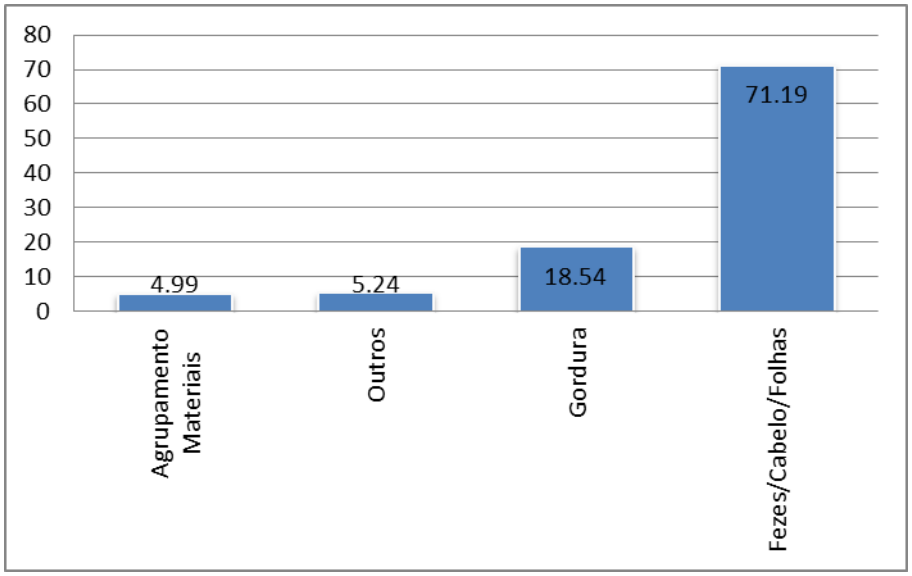
Gráfico 3 – Relação: Material x Porcentagem de peso ETE bairro residencial



Fonte: Os autores (2014)

De modo igual ao realizado na ETE da UPF, agrupou-se os materiais de menor valor ("agrupamento materiais") e fez-se um comparativo de porcentagens. Nesse caso, ficaram de fora o grupo dos "outros", da "gordura", e "fezes/cabelo e folhas" (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Relação: Material x Porcentagem de peso ETE bairro residencial



Fonte: Os autores (2014)

Entretanto, mesmo com a grande retenção de resíduos sólidos no gradeamento primário da Estação de Tratamento do bairro residencial, ainda pode-se observar que um volume considerável de materiais ainda passa pelas grades iniciais.

Esse material chega até as demais etapas do tratamento e acaba prejudicando o bom funcionamento do sistema, dificultando a passagem do efluente e interrompendo sua constante vazão.

4 ANÁLISE COMPARATIVA

Analisando os resultados encontrados nas duas Estações de Tratamento de Esgoto situadas em Passo Fundo/RS, pode-se observar diversos fatores intervenientes e relevantes do efluente examinado.

Na Estação de Tratamento de Esgoto da IES o maior volume de material barrado no gradeamento primário foi o de gordura. Houve, também, uma notável quantidade de tubos plásticos de laboratório e suas respectivas tampas. Seus valores de massa não foram tão expressivos, mas em quantidade numérica contabilizavam valor relevante. Possivelmente, a origem desses materiais deve-se ao fato do despejo indevido dos mesmos por meio dos laboratórios da instituição que utilizam esses materiais para pesquisas e estudos.

Foi notável também a presença de folhas e vegetação junto ao sistema de gradeamento e aumento da vazão em alguns períodos, o que indica uma provável ligação de tubulações pluviais junto às redes coletoras de esgoto no campus. Essa ligação incorreta pode gerar, também, o aumento de vazão. Há, também, a possibilidade de existirem infiltrações de grande porte em órgãos assessórios e juntas de tubulações em locais de tubulações

antigas.

Segundo Jordão e Pessoa (2005), períodos de estiagem seguidos de períodos de chuvas geralmente causam um acréscimo na geração desses resíduos, pois, à medida que há o aumento das vazões no sistema de coleta, diversos materiais que nela estavam depositados são carregados para a rede, principalmente nas ligações incorretas.

Porém, a relação entre a geração de resíduos do tratamento preliminar e a ocorrência de chuvas no período pode ser notada na Estação de Tratamento da Instituição de Ensino Superior de forma inversa, pois em semanas onde ocorreu um maior índice pluviométrico, houve uma maior vazão do sistema, mas a quantidade de material coletado foi de menor importância do que nas semanas onde a chuva foi nula ou de menor intensidade. Isso ocorreu porque a chuva em abundância que chegava ao tratamento preliminar era imediatamente liberada pelo extravasor do sistema e, consequentemente, junto a ela o material suspenso.

Já na ETE que atende o bairro residencial, notou-se que o maior volume barrado nas grades foi de fezes, cabelos e folhas. O material fecal e os cabelos advém de bacias sanitárias e ralos de chuveiros. Já a presença de folhas pode ser atribuída a interligações indevidas de condutores pluviais com a rede de esgoto, que faz com que as folhas acumuladas nos telhados ou vias públicas sejam encaminhadas para as ETE's e fiquem retidas nos tratamentos preliminares. A mistura desses materiais gera um aglomerado pastoso que, por essa característica, adere mais resíduos ao longo do percurso do efluente e acaba por não passar pelo gradeamento. Se não houvesse a presença do material indevido (folhas e cabelos), provavelmente a matéria fecal iria seguir seu curso e passar normalmente pela ETE.

Nesta mesma ETE também foi notória a presença constante de animais como ratos, cobras e baratas. Podemos atribuir esse fato aos períodos chuvosos que provocaram o afogamento e arraste destes animais na tubulação até os tratamentos preliminares.

Foram encontrados, com frequência, materiais de maior massa e dimensão. Sua presença pode ser atribuída, também como as folhas, a indevida interligação de tubulações pluviais à rede de esgoto ou uma possível inexistência de tampões nos poços de visita, permitindo ingresso desse lixo mais grosseiro.

Segundo o PMSB (2015), há um ponto crítico em um cruzamento entre ruas do sistema de esgotamento sanitário que abastece o bairro residencial. Neste ponto ocorrem ligações indevidas de água pluvial, o que vem ao encontro dos resultados encontrados através da caracterização.

Os resíduos como, tampas de creme dental, prendedores de cabelo, hastes flexíveis com pontas de algodão, sabonetes, escovas de dente, suportes para detergente sanitário e até preservativos estão associados a atividades executadas em banheiros.

Os prendedores de roupas, tanto de plástico como madeira, podem estar

integrados as atividades realizadas junto a áreas de serviço, bem como alguns tipos de tecidos também coletados.

Em ambas as Estações caracterizadas, a presença de gordura nas grades do sistema preliminar era frequente e de volume considerável. Este fato é corroborado pelo PMSB (2015), que apresenta dados informados pela CORSAN sobre as principais causas encontradas de obstrução de coletores, que são as gorduras provenientes das cozinhas, objetos e utensílios de uso geral.

Os resíduos gordurosos acabam se solidificando com o passar do tempo. Nos piores casos, o diâmetro interno das tubulações pode diminuir até o ponto de causar entupimento das instalações internas do imóvel, da rede coletora e consequentemente o retorno dos despejos.

Na ETE da IES, o percentual de gordura encontrado atingiu 97,94%. Esse valor considerável pode ser justificado pela presença de inúmeros restaurantes estabelecidos na Instituição e esta diretamente associado à manutenção inadequada ou a inexistência de manutenção nas caixas de gordura.

Na Estação que abastece o bairro residencial, a gordura compreendeu o segundo material de maior porcentagem removido com 18,54%. Podemos, também, justificar esse fato pela manutenção inadequada de caixas de gordura ou inexistência de manutenção ou, até mesmo, ausência deste dispositivo nas residências.

Em relação aos valores totais em massa a Estação que abastece o bairro residencial, representa, em massa, 244,47Kg, contra 28,43Kg da estação da Instituição de Ensino Superior.

Considerando os totais médios de resíduos retidos durante processo de caracterização, observou-se que a presença de resíduos no esgoto afluente da ETE do bairro residencial é cerca de oito vezes maior que na ETE IES. Tal resultado é coerente com o esperado, com base na vazão que cada Estação recebe.

Em relação ao gradeamento segundo a NBR – 12208/1992, o espaçamento entre as grades depende da classificação à qual ela se enquadra. Essa classificação é adotada a partir de três critérios: a velocidade através da grade, a inclinação em relação a horizontal e a perda de carga mínima a ser considerada no cálculo. No caso de limpeza manual, a perda de carga deve ser calculada para 50% de obstrução da grade. Se grossa varia de 40mm a 100mm. A grade média vai de 20mm a 40mm e a grade fina de 10mm a 20mm.

Analisando o sistema de tratamento da ETE Arroio Miranda, notou-se que o mesmo obedece a NBR-12208 que dita o espaçamento entre as grades. Entretanto, ainda há uma notável quantidade de resíduos que passa pelo gradeamento preliminar e chegam às demais etapas, o que pode gerar obstrução futura e prejuízo ao tratamento.

Na ETE da Instituição de Ensino Superior, durante o período de

caracterização não houve problemas de funcionamento ou relatos de complicações nas demais etapas do sistema.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho constitui-se em uma análise qualitativa e quantitativa dos resíduos que ficam retidos na fase preliminar do tratamento de esgoto de duas Estações de Tratamento de Esgoto de uma mesma cidade.

Em função da análise e comparação dos resultados, podem ser estabelecidas sugestões para contribuir para a melhoria e o bom funcionamento dos sistemas de tratamento de esgoto.

A redução dos intervalos de limpeza das grades, gerando um menor acúmulo de resíduos no sistema preliminar pode ser destacada como uma medida benéfica para o sistema. Ressalta-se, também, que a simples limpeza periódica e de forma adequada das caixas de gordura por parte dos usuários diminuiria consideravelmente a massa desses resíduos no sistema.

Vale ainda ressaltar que os volumes de gordura retirados das caixas durante a manutenção periódica devem ser encaminhados para disposição em aterros sanitários, uma vez que as estações de tratamento convencionais, como as estudadas neste trabalho, não são capazes de tratar ente resíduo, ou seja, o fato da gordura chegar à estação de tratamento não significa que a disposição é adequada.

Dentre as principais recomendações está a realização de campanhas de educação ambiental e sanitária, visto a diversidade de materiais lançados no sistema, e de forma a conscientizar os usuários de que a gordura proveniente dos aparelhos sanitários não deve ser encaminhada para o sistema, pois obstrui tubulações, gerando patologias e manutenção precoce, além de prejudicar os processos de nas estações de tratamento de esgoto. Se esta realidade for transferida para as edificações unifamiliares que são atendidas por sistemas individuais de tratamento com tanque séptico e sumidouro, o problema gerado pela falta de manutenção nas caixas de gordura é ainda grave, uma vez que esta impermeabiliza as paredes dos sumidouros, impedindo a infiltração do efluente após tratamento no solo, além de se solidificar no tanque séptico prejudicando os processos de tratamento.

AGRADECIMENTOS

A equipe de operadores das Estações de Tratamento de Esgoto analisadas, pelo auxílio e disponibilidade de tempo para o desenvolvimento desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12208**: Projeto de estações de elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

CESAN. Apostila de Tratamento de Esgoto. Julho de 2013.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.ibeg.gov.br/cidadesat/>. Acesso em: 4 de maio de 2014.

JORDÃO, E, P. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3.ed. Rio de Janeiro: ABES,1995.

MORGADO, M. **Caracterização da composição de resíduos removidos em gradeamento de ETE's.** Revista Hydro. n. 89, p. 16-27,2014.

PASSO FUNDO**. Plano municipal de saneamento básico de Passo Fundo (PMSB).** Passo Fundo: Prefeitura Municipal de Passo Fundo, 2015.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.**3.ed. Belo Horizonte: UFM; 2005.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

TEMPO DE TRANSBORDAMENTO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL COM RESERVATÓRIO DE BRITA[1]

FERREIRA, Armando Traini (1); ILHA, Marina Sangoi de Oliveira (2)

(1) UNICAMP, e-mail: armandotraini@uol.com.br; (2) UNICAMP, e-mail: milha@fec.unicamp.br

RESUMO

O dimensionamento de sistemas de infiltração de água no solo tem sido feito considerando-se a somatória das diferenças dos volumes de escoamento de chuva e da infiltração do solo subjacente, sem considerar as variações temporais da umidade do solo durante a infiltração de água pluvial. A analogia científica do escoamento de água no solo com fluxos de calor permite equacionar a variação de umidade interna do volume de controle do pavimento e das camadas subjacentes de forma transiente. Assim, pode-se determinar com maior precisão as variáveis envolvidas, em especial o tempo de transbordamento de um sistema de infiltração de água, o qual é de fundamental importância para o amortecimento o pico de enchente a jusante desse sistema, ou seja, na rede urbana de drenagem. Este trabalho tem como objetivo propor um equacionamento para a determinação do tempo de transbordamento de um pavimento permeável com reservatório de brita. O modelo proposto foi validado por meio de dados obtidos em uma montagem experimental conduzida em outra pesquisa. Foram encontradas diferenças inferiores a 10% entre os valores obtidos pelo modelo em campo, indicando a aderência do modelo.

Palavras-chave: Analogia cientifica. Fluxo de calor. Água pluvial. Drenagem no lote. Pavimento permeável.

ABSTRACT

Water infiltration systems dimensioning have been done by the sum of the differences between rainwater volumes and soil infiltration, without any reference to temporal variation of soil moisture during rainwater infiltration. Scientific analogy between water flow in the soil and heat flow by conduction allows equating the transient variation of the internal moisture of the pavement and underlying layers. In consequence, it is possible to estimate the overflow time of infiltration systems. This variable is important for minimizing the flood flow damping in the urban drainage system. This article proposes an overflow time equating of permeable pavements with stones reservoir. The proposed model was validated by experimental data. Results indicate differences less than 10% between overflow times obtained by the model and in the field, which indicates the adherence of the proposed model.

Keywords*: Scientific analogy. Heat flow. Rainwater. On lot drainage. Permeable pavement.*

[1] TRAINI, Armando Traini; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Tempo de transbordamento de pavimento permeável com reservatório de brita. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O acréscimo do escoamento superficial decorrente das superfícies impermeabilizadas contribui para o aumento da vazão de água pluvial que se destina ao sistema urbano, tornando cada vez mais frequentes as enchentes nas cidades.

Os sistemas de infiltração têm sido empregados para mitigar os impactos da impermeabilização do solo urbano, trata-se de uma medida não estrutural de drenagem, em que os problemas são tratados na sua origem, no caso, os lotes urbanos (GOMES-ULLATE et al, 2010).

Sistemas de infiltração atuam no amortecimento da vazão gerada pelo escoamento superficial, pois parte da água é infiltrada. Além disso, contribuem para um atraso no direcionamento dessa vazão, pois antes de extravasar, parte da água irá infiltrar conforme Scholz, Grabowieki (2006).

Nem sempre esta abordagem é suficiente para evitar as enchentes, sendo importante a limpeza e manutenção das redes urbanas de drenagem, além do adequado dimensionamento das mesmas.

Dentre os sistemas de infiltração, destacam-se os pavimentos permeáveis, os quais são compostos por uma camada superior de brita, concreto poroso, piso intertravado ou asfalto, e as camadas subjacentes de solo (CIRIA, 2015), permitindo a percolação e/ou o acúmulo temporário de água e diminuindo o escoamento superficial.

O tempo de transbordamento do pavimento permeável, também denominado de tempo de enchimento do poço, ou seja, período de tempo compreendido entre a primeira gota de chuva tocar o pavimento e a primeira gota a transbordar pelo sistema, é uma variável importante para o seu dimensionamento, pois a partir do momento em que a extravasão ocorrer, a vazão decorrente do escoamento superficial se direcionará para a rede urbana e, somada às contribuições das demais superfícies impermeabilizadas, resultará nas denominadas vazões de enchente.

Para pavimentos permeáveis com infiltração total no solo (infiltração tipo A), o tempo de transbordamento é determinado, conforme ABNT (2015), por meio da diferença entre a intensidade pluviométrica e a infiltração de água nas camadas subsequentes. Consiste em um método simplificado, que considera valores constantes e sem interações entre as camadas ao longo do tempo e que pode, em função disso, implicar em dimensionamento inadequado desse sistema.

Inserido nesse contexto, este trabalho tem como objetivo propor um equacionamento para a determinação do tempo de transbordamento de pavimento permeável com reservatório de brita, a partir da analogia científica do escoamento de água no solo com fluxos de calor por condução em meios sólidos.

2 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE TRANSBORDAMENTO

Para o desenvolvimento desse trabalho, foi considerada a analogia existente entre o fluxo de calor por condução em meios sólidos e o escoamento de água no solo. Assim, inicialmente foram levantadas as equações principais que regem estes dois fenômenos.

No caso do fluxo de calor por condução, foi considerado o princípio da conservação de energia térmica de um meio sólido para um volume de controle, em que a variação da energia interna corresponde ao fluxo de calor no meio circundante durante um intervalo de tempo definido, ou seja:

$$-c\rho V dT = \frac{kAs\,\Delta T}{\Delta t} \quad (1)$$

Em que:

c = calor específico do meio estudado [J/(kg.°C)]

ρ = massa específica do meio estudado [kg/m^3]

V = volume do meio estudado [m^3]

ΔT = variação da temperatura durante o intervalo de tempo [s]

ks = condutividade térmica do meio circundante [W/(m.°C)]

As =área superficial [m^2]

Δt = intervalo de tempo

De maneira análoga, para o escoamento de água no solo tem-se que a variação do volume hidráulico do meio estudado iguala-se ao fluxo hidráulico no meio circundante durante um intervalo de tempo definido (Δt), ou seja:

$$\frac{\Delta x * \Delta h_i * A_p}{\Delta t} = \frac{k * A_p * \Delta h_m}{\Delta x} \quad (2)$$

Em que:

Δx = espessura da camada "x' [m]

Δhi = diferença de umidade entre a camada "i" e a camada "i+1" [%]

Ap = área do pavimento [m^2]

Δt = intervalo de tempo analisado na iteração "i" [s]

k = condutividade hidráulica do elemento analisado [m/s]

Δh_m = diferença de umidade das camadas analisadas, no tempo "m" [%]

Assim, a partir da equação anterior, pode-se determinar a variação da umidade interna do pavimento permeável e das camadas de solo imediatamente abaixo dele. Para tanto, considerou-se a decomposição do

escoamento de água nas "n" camadas do sistema de infiltração, compostas pelo pavimento permeável e pelo solo até uma profundidade pré-definida em:

a) Escoamento no pavimento permeável de espessura ΔXp;

b) Escoamento na primeira camada de solo imediatamente abaixo do pavimento permeável;

c) Escoamento em uma camada "i" (genérica), com influência temporal na camada "i-1";

d) Escoamento na camada "n", com influência temporal da camada "n-1".

Para a determinação do escoamento pelo pavimento permeável, foi utilizada a espessura obtida empiricamente a partir da definição de que o tempo de enchimento do pavimento do pavimento permeável seja igual à duração da chuva de projeto. Ou seja, considerou-se que o pavimento permeável deve ter capacidade para absorver a intensidade de precipitação, descontando-se a infiltração no solo, conforme proposto por Araujo (2000). Assim, tem-se que:

$$H = \frac{\left(i_p + \frac{i_p}{A_p} * A_c - i_E\right)}{f} * t_p \qquad (3)$$

Em que:

H = espessura do pavimento permeável [mm];

i_p = intensidade da chuva de projeto [mm/h];

i_E = taxa de infiltração no solo [mm/h];

t_p = duração da chuva [h];

A_c = área de contribuição para o pavimento permeável [m^2];

A_c = área do pavimento permeável [m^2];

f = porosidade do pavimento permeável [%]

Para a determinação da profundidade do solo a ser analisada, pode-se igualar o fluxo hidráulico no solo e no pavimento permeável através da mesma área e durante o mesmo intervalo de tempo Δt (Eq 2). Assim, tem-se:

$$\frac{A_s * e_p * \eta_p}{\Delta t} = \frac{A_s * e_s * \eta_s}{\Delta t} \qquad (4)$$

Ou seja:

$$e_s = \frac{\eta_p}{\eta_s} * e_p \quad (5)$$

Em que:

e_s = espessura equivalente do solo [m];

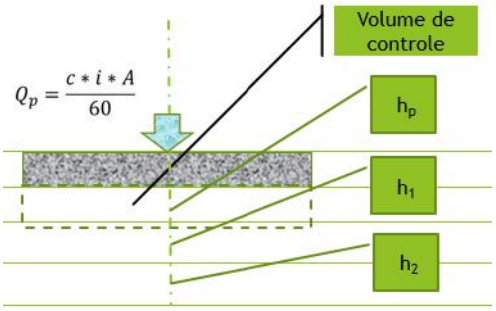
η_p = porosidade do pavimento [%]

η_s = porosidade do solo [%]

e_p = espessura do pavimento [m]

A Figura 1 apresenta o volume de controle considerado para o desenvolvimento da modelagem do escoamento de água no solo por meio da analogia com o fluxo de calor em meios sólidos. Para cada situação de análise, tem-se um processo iterativo com a verificação dos valores da umidade na condição inicial e nas camadas inferiores.

Figura 1: Definição do volume de controle na primeira camada sob o pavimento permeável com os valores iniciais de umidade no pavimento (hp), na primeira camada inferior (h1) e na segunda camada inferior (h2).



Fonte: Os autores

A primeira camada, que consiste no volume de controle no próprio pavimento, recebe a influência direta da vazão de projeto Q_p, sendo que a regra de iteração temporal é dada por:

$$h_1^{n+1} = h_1 + \left(\frac{2 * h_p - 3 * h_1 + h_2}{\Delta X}\right) * \frac{k_s * \Delta t}{\Delta X * \eta_s} \quad (6)$$

Em que:

$h_{p\ m+1}$ = umidade no pavimento no tempo "m+1" [%];

h_p = umidade inicial do pavimento [%];

k_s = condutividade hidráulica do solo [m/s];

Ap = área do pavimento [m^2];

h_1 = umidade na primeira camada inferior ao pavimento [%];

ΔX = espessura da primeira camada inferior ao pavimento [m];

Δt = incremento de tempo para as iterações [s];

h_p = porosidade do pavimento [%];

ΔXp = espessura do pavimento [m].

A próxima camada a ser modelada é a imediatamente inferior ao pavimento, considerando-se a umidade h_p do pavimento e as umidades h_1 e h_2 nas respectivas camadas inferiores, sendo a regra de iteração temporal correspondente:

$$h_1^{m+1} = h_1 + \left(\frac{2 * h_p - 3 * h_1 + h_2}{\Delta X}\right) * \frac{k_s * \Delta t}{\Delta X * \eta_s} \quad (7)$$

Em que:

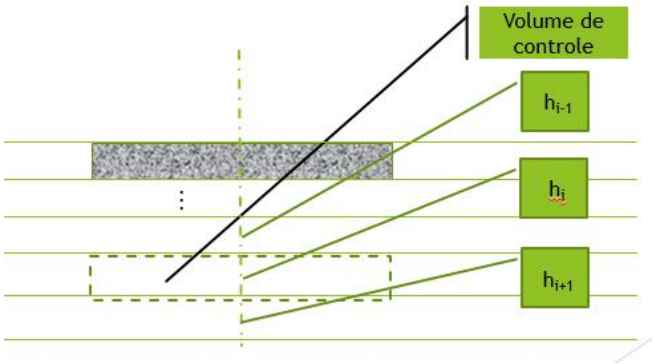
h_1^{m+1} = umidade na primeira camada sob o pavimento no tempo "m+1" [%];

h_2 = umidade na segunda camada inferior ao pavimento [%].

De maneira similar, para uma camada genérica "i", utilizando-se a umidade na camada "i-1", na própria camada "i" e na camada "i+1", tem-se (Figura 2):

$$h_i^{m+1} = h_i + \left(\frac{h_{i+1} - 2 * h_i + h_{i-1}}{\Delta X}\right) * \frac{k_s * \Delta t}{\Delta X * \eta_s} \quad (8)$$

Figura 2: Definição do volume de controle na camada "i" sob o pavimento permeável, com os valores iniciais de umidade na própria camada "i" (h_i) e na primeira camada inferior (h_{i+1}) e na primeira camada superior (h_{i-1}).

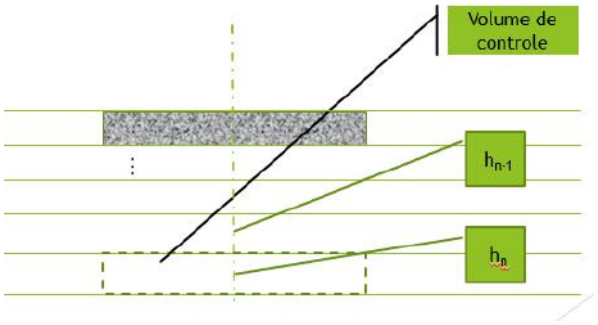


Fonte: Os autores

Por fim, para a última camada considerada ("n"), tem-se a seguinte regra de iteração (Figura 3):

$$h_n^{m+1} = h_{n-1} + \left(\frac{h_{in-1} - h_n}{\Delta X}\right) * \frac{k_s * \Delta t}{\Delta X * \eta_s} \quad (9)$$

Figura 3: Definição do volume de controle na camada "n" sob o pavimento permeável, com os valores de umidade na própria camada "n" (h_n) e na primeira camada imediatamente superior (h_{n-1}).



Fonte: Os autores

Para a validação da modelagem proposta, foram considerados os resultados obtidos em medições realizadas em uma montagem experimental desenvolvida por Reis, Ilha (2014). Foram analisadas dez vazões afluentes variando 4,24 m^3/h e 8,54 m^3/h em um pavimento permeável com espessura de 0,35 m, área de 7,5 m^2 (5m x 2,5m) e 1% de declividade.

A variação temporal da umidade ao longo das camadas do solo foi considerada igual a 10s, seguindo-se o mesmo critério adotado nas medições.

Assim, a partir da diferença, em minutos, entre o início do ensaio e o tempo em que a lâmina d´água extravasa o pavimento, tem-se o tempo de transbordamento do sistema, que é quando o escoamento começa a se direcionar para a rede pública de drenagem.

A partir da Eq. 2, considerando-se os dados obtidos por Reis, Ilha (2014) e utilizando-se o maior valor da condutividade hidráulica dos ensaios, tem-se que $e_s \approx 4*e_p$ ou seja, foram analisadas 4 camadas sob o pavimento permeável.

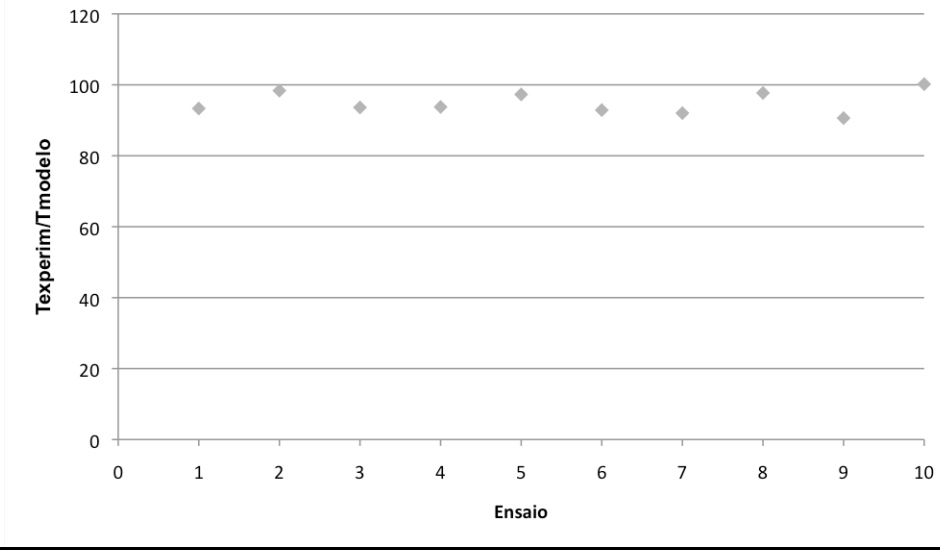
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tempo de transbordamento obtido por Reis, Ilha (2014) para o pavimento experimental (7,5 m^2, espessura de 0,35m, 1% de declividade; condutividade hidráulica do solo determinada *in loco* para cada ensaio de vazão) variou entre 8 e 16min. Quando determinados pelo modelo proposto, o tempo de transbordamento variou entre 8 e 17min, indicando a sua aderência para as vazões consideradas nas simulações (Figura 4).

Figura 4: Tempo de transbordamento obtido nos ensaios (montagem experimental - $T_{experim}$) e com a modelagem proposta (T_{modelo})

Ensaio	Vazão (m^3/h)	Tempo de transbordamento (s)	
		Montagem experimental	Modelagem
1	4,24	952	1020
2	6,05	723	735
3	6,37	646	690
4	6,48	661	705

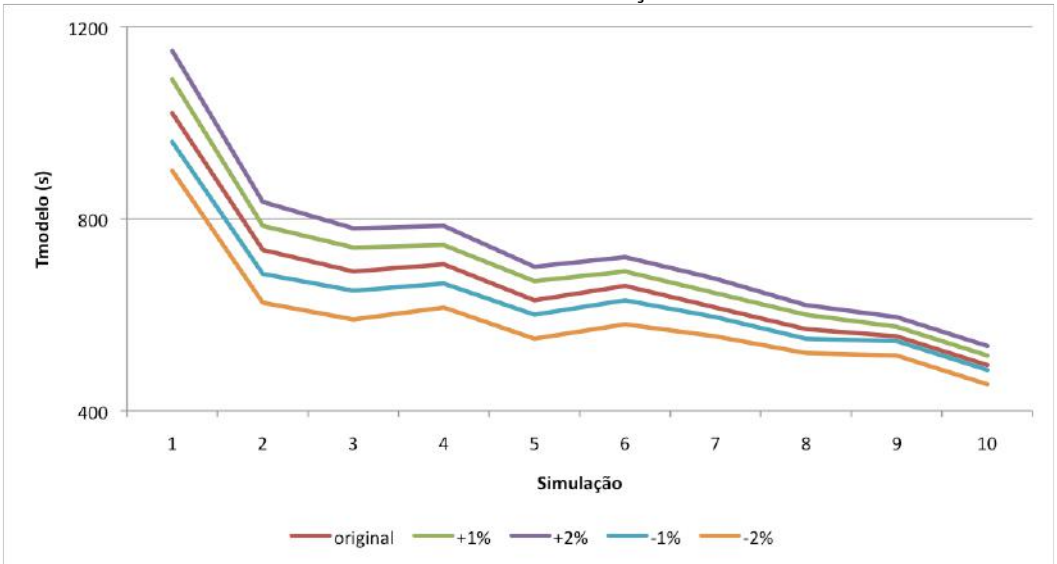
5	6,68	613	630
6	6,77	613	660
7	7,5	566	615
8	7,51	557	570
9	8,38	503	555
10	8,54	496	495



Fonte: Os autores

Quanto maior a condutividade hidráulica, maior o volume infiltrado e, consequentemente, maior o tempo de transbordamento. Nesse sentido, para evidenciar a sensibilidade do modelo proposto, a Figura 5 apresenta os resultados da simulação desenvolvida com uma condutividade diferenciada do solo, nesse caso, com acréscimos de 1% e 2% e diminuições de 1% e 2% nos valores dessa grandeza em relação à camada anterior, ou seja, a condutividade na camada "i+1" corresponde a acréscimos de 1% e 2% e diminuições de 1% e 2% na camada "i".

Figura 5: Análise de sensibilidade do modelo proposto, considerando-se acréscimos e diminuições de 1% e 2% e diminuições de 1% e 2% na condutividade hidráulica da camada do solo "i+1" em relação à camada "i"



Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

O modelo teórico proposto nesse trabalho para determinação do tempo de transbordamento de pavimentos permeáveis com reservatório de brita está baseado na analogia entre o escoamento de água no solo e o fluxo de calor por condução em meios sólidos.

As diferenças entre os valores do tempo de transbordamento determinados pelo modelo proposto e aqueles obtidos por Reis, Ilha (2014) foram sempre inferiores a 10% para as vazões consideradas, indicando a aderência do equacionamento constante nesse trabalho.

A modelagem proposta permite a consideração de condutividades hidráulicas diferenciadas entre as camadas do solo, representando um importante avanço no método atualmente empregado para o dimensionamento de pavimentos permeáveis.

Os resultados obtidos evidenciam um grande potencial do emprego da analogia científica entre o escoamento de água no solo e o fluxo de calor por condução em meios sólidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e do IFSP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo para o desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, I.A. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte.** 2005. 155p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015

ARAUJO. P.R.; TUCCI, C.E.M.; GOLDENFUM, J.A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v.5, n. 3, p. 21-29. 2000

CIRIA. The SuDs Manual. London. 2015. p. 392.

REIS, R.PA.; ILHA, M.S.O. Performance evaluation of experimental pervious pavements with and without stone reservoir, CIB W062 Symposium. 2014.

SCHOLZ, M.; GRABOWIEKI,P. Review of permeable pavement systems. **Building and Environment**. v. 42, p. 3830-3836, 2007.

GOMES-ULLATE,E. et al. Analysis and Contrast of Different Pervious Pavements for Management of Storm-Water in a Parking Area in Northem Spain. **Water Resouces Management**. v. 25, n. 6, p. 1525-1535, 2011

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MODELOS PARA A DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES EM SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA: ESTADO DA ARTE[1]

FERREIRA, Tiago de Vasconcelos Gonçalves (1); GONÇALVES, Orestes Marraccini (2)

(1) USP, e-mail: tiagovasconcelos@usp.br; (2) USP, e-mail: orestes.goncalves@usp.br

RESUMO

As rotinas para a determinação da vazão máxima provável, propostas na metade do século passado, precisam ser revisadas e readequadas para a realidade atual. Diversos estudos comprovam que esses modelos conduzem a valores de vazões superdimensionados quando comparados a situações reais. Assim, os procedimentos tradicionais para determinação das vazões de projeto de edificações, que foram desenvolvidos para situações experimentais particulares dos propositores, precisam ser substituídos por modelos mais adequados e flexíveis. O objetivo deste trabalho é a apresentação dos modelos para a determinação das vazões em sistemas prediais de água. Assim, a partir de uma revisão bibliográfica, foram estudados todos os modelos propostos desde a última revisão do estado da arte sobre o tema, apresentada no "20th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings", em 1993, organizado pelo CIB W062. Com a difusão dos computadores, algumas abordagens ao problema foram propostas, como a aplicação da lógica nebulosa, simulações utilizando os processos estocásticos, teoria dos grafos e aproximações de curvas de densidade de probabilidade. Com isso, novas possibilidades podem ser incorporadas na rotina dos projetistas de sistemas prediais.

Palavras-chave: Modelos probabilísticos, Vazões de projeto, Sistemas prediais de água.

ABSTRACT

Routines for determining the maximum flow rate proposals in the past half century, need to be reviewed and readapted to the current reality. Several studies show that these models lead to values oversized flows compared to real situations. Thus, the traditional procedures for determining building design flows, which were developed for particular experimental situations of proposers need to be replaced by more appropriate and flexible models. The objective of this work is the study of models for determining the flow rate in buildings systems. Thus, from a literature review, we studied all the proposed models since the last revision of the state of the art on the subject, presented in the "20th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings" in 1993, organized by the CIB W062. With the spread of computers, some approaches to the problem have been proposed, such as the application of fuzzy logic, simulations using the stochastic processes, graph theory and approximation the normal curve. Thus, new possibilities can be incorporated into routine designers building systems.

***Keywords**: ENTAC2016. Paper. Publication.*

[1] FERREIRA, Tiago de Vasconcelos Gonçalves; GONÇALVES, Orestes Marraccini. Modelos para a determinação das vazões em sistemas prediais de água: estado da arte. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

As rotinas propostas na metade do século passado para determinação de vazões nos sistemas prediais de água precisam ser revisadas e readequadas para a nova realidade de projeto, considerando o uso eficiente da água. Diversos estudos comprovam que esses modelos conduzem a valores de vazões superdimensionados quando comparados a situações reais. Assim, os diferentes procedimentos tradicionais para determinação das vazões de projeto de edificações, que foram desenvolvidos para situações experimentais particulares dos propositores, precisam ser substituídos por modelos mais adequados e adaptáveis.

Diversos autores (GALOWIN, 2008; INGLE, KING, SOUTHERTON, 2014; TINDALL E PENDLE, 2015) questionam os métodos atuais para determinação de vazão de projeto e enfatizam a necessidade de um modelo para atender aos padrões de conservação de água e energia existentes atualmente. Wu et al. (2014) avalia que, diante do esforço empreendido nos últimos anos para a redução da demanda de água, os métodos convencionais para a obtenção de vazão geram valores superestimados no sistema de distribuição de água, e enfatiza a necessidade de modelos mais completos e eficientes. Para Ingle, King, Southerton (2014), vazões superestimadas geram desperdício de materiais e não atendem aos os princípios do desenvolvimento sustentável.

Este trabalho apresenta estudo dos modelos para determinação das vazões em sistemas prediais de água. Para isso, foi feita uma revisão bibliográfica acerca do tema, onde levantou-se os modelos propostos desde a última revisão do estado da arte sobre o tema, apresentada no "20th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings", em 1993, organizado pelo CIB W062.

2 REVISÃO SOBRE OS MODELOS

Alguns dos principais aspectos relativos ao procedimento de determinação das vazões de projeto foram comentados por Konen e Gonçalves (1993), como o nível de desempenho do sistema, o custo e o tempo envolvidos na implementação desse sistema e a flexibilidade de ajuste de um modelo de projeto que possa ser aplicado em diferentes contextos, da forma mais abrangente possível. Autores de todo o mundo propuseram o enfoque desse problema com o uso da teoria da probabilidade.

O modelo probabilístico clássico para determinação de vazão de projeto foi desenvolvido por Roy B. Hunter. O modelo de Hunter (1940), como é conhecido, é até hoje amplamente utilizado em países como Estados Unidos e Inglaterra. O modelo considera que a probabilidade de que *r* aparelhos estejam em uso simultâneo em um grupo de *n* aparelhos instalados de um mesmo tipo, de forma que ($n \geq r$), com a utilização da função de probabilidade binomial.

A partir do modelo de Hunter, outros modelos mais evoluídos foram

propostos, que podem ser citados de forma resumida – a formulação completa, inclusive comentada, pode ser encontrada em Konen e Gonçalves (1993): Webster, em 1972, utilizou a distribuição binomial generalizada; Courtney, em 1976, utilizou a distribuição de probabilidade multinomial; Kiya, em 1974, apresentou um modelo de simulação através do método de Monte Carlo; Konen, em 1980 e 1984, sugeriu novos valores de pesos para o modelo de Hunter; Murakawa, em 1985, utilizou a distribuição de Poisson e teoria das filas para determinação das vazões.

No Brasil, houve a proposição de um modelo probabilístico idealizado por Gonçalves (1986), caracterizado como "aberto", devido a sua ampla adaptabilidade às condições adversas que podem existir para determinação de vazão de projeto. O propositor abordou as variáveis intervenientes de forma aleatória, com a obtenção da esperança matemática e variância. Nesse modelo, a probabilidade de que um determinado aparelho esteja em funcionamento pode ser obtida através de uma função de probabilidade do tipo Beta-Binomial. Em seguida, as vazões de um determinado trecho são aproximadas da função de densidade do tipo Gama, e com a aplicação do nível de desempenho estabelecido pelo projetista, o valor da vazão de projeto é obtido.

3 ESTUDO DE MODELOS DESENVOLVIDOS ENTRE 1994 E 2015

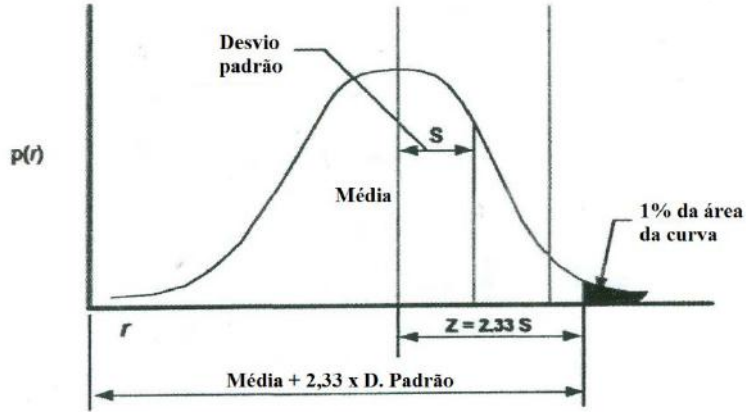
Diversas abordagens probabilísticas foram dadas ao problema ao longo dos últimos 20 anos, entretanto, com pouco impacto nas aplicações práticas – houve uma preferência de "adequação" dos primeiros modelos empíricos para situações e tipologias mais específicas. Com a difusão dos computadores, algumas abordagens ao problema foram propostas: aplicação da lógica nebulosa, simulações utilizando os processos estocásticos, teoria dos grafos e aproximações de curvas de densidade de probabilidade. Apresenta-se a seguir modelos desenvolvidos entre 1994 e 2015, com diferentes enfoques.

3.1 Modelo de Wistort (1994)

O autor propôs o uso de um modelo probabilístico baseado na aplicação analítica do modelo de Hunter, de forma revisada. Uma vez que o modelo de Hunter emprega o uso da distribuição binomial para a obtenção do número de aparelhos em uso simultâneo, Wistort (1994) concluiu que essa aplicação exige bastante esforço computacional. Vale ressaltar que o trabalho foi publicado no ano de 1994; atualmente, é simples a aplicação computacional do modelo de Hunter.

Para facilitar a aplicação do modelo, o autor aproximou a distribuição binomial com a distribuição normal, devido a excelente correlação que existe entre as duas curvas – com o formato de "sino" (Figura 1). O mesmo critério de desempenho de Hunter foi estimado por Wistort, com o cálculo da vazão que representa a probabilidade acumulada de 99% de ocorrência.

Figura 1 – Exemplo de figura



Fonte: Wistort (1994)

A Dessa forma, pode-se estimar a vazão de pico utilizando Equação 1.

$$Q_{99\%} = \sum_{k=1}^{k} q_k n_k p_k + (z_{99\%})\sqrt{\sum_{k=1}^{k} q_k^2 n_k (p_k - p_k^2)} \quad (1)$$

Onde,

k é o número de aparelhos sanitários a ser considerado no trecho;

q_k é a característica do aparelho sanitário do tipo k;

n_k é o número total de cada aparelho sanitário do tipo k;

p_k é a probabilidade de que o aparelho k esteja em funcionamento (Equação 2).

$$p_k = \frac{t_k}{T_k} \quad (2)$$

$z_{99\%}$ é um parâmetro característico da distribuição normal. No caso da abordagem relativa à vazão de probabilidade acumulada de 99%, Z sempre terá o valor de 2.33. Para casos de aplicação em pequenas residências, o autor recomenda o uso de Z = 3.

As considerações sobre o valor Z feitas pelo autor são motivadas pela baixa correlação existente entre as curvas de distribuição de probabilidade da binomial e normal, quando o número de aparelhos sanitários é pequeno e, assim, o resultado tende a ser subestimado.

3.2 Modelo de Alitchkov (1998)

Os métodos empíricos e os modelos probabilísticos propostos para o estudo das vazões fornecem apenas os valores de vazão máxima provável em um determinado instante de tempo. Alitchkov (1998) considera que a informação necessária ao projetista para a adequada configuração do sistema de distribuição de água deve possuir um nível de precisão e de detalhe além das fornecidas pelos modelos citados. Dentre essas informações, algumas necessitam de investigações mais precisas:

- como determinar o nível de desempenho do sistema;
- qual intervalo de tempo ao qual se aplica uma função de densidade adequada;
- a determinação do período de pico.
- diferentes elementos do sistema podem ser dimensionamentos para intervalos de período de picos diferentes.

Com foco nessa abordagem, o autor propôs um modelo de simulação estocástica para o cálculo das vazões de sistemas de distribuição de água. Esse modelo é baseado a partir do conhecimento do número de aparelhos sanitários e o consumo médio anual de cada aparelho sanitário. Um aprofundamento do modelo desenvolvido pelo autor pode ser consultado em Alitchkov (1998) e Alitchkov (2000).

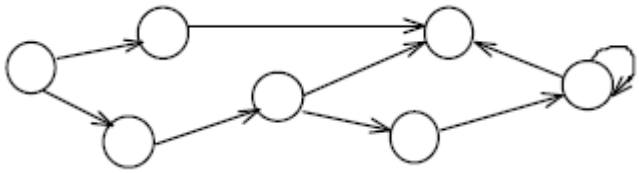
3.3 Modelo de simulação através da teoria dos grafos (PETRUCCI, 2001)

Petrucci (2001) propôs um modelo para o estudo das interações entre os componentes de um sistema predial de água a partir do tratamento probabilístico das atuações dos usuários em relação ao sistema. Essa proposta permite uma avaliação completa desse sistema durante toda sua fase de operação, sob ótica do comportamento hidráulico a partir de um nível de desempenho esperado. Para isso, o autor desenvolveu um modelo de simulação em ambiente computacional.

A caracterização de um componente pode ser feita através de um registro de banco de dados que contenha as informações necessárias para o processo de configuração do sistema. Um tubo de PVC soldável, por exemplo, deve apresentar suas características dimensionais (diâmetro de entrada, diâmetro de saída e comprimento), nível ou cota das extremidades, vazão atuante no componente e a equação da perda de carga.

Para o estudo do comportamento de todas as interações entre as partes, ou subsistemas, o autor considerou a abordagem do problema através da teoria dos grafos. Na Figura 2 pode-se observar uma representação de um grafo, com a notação do conjunto de vértices (componentes) e arestas (relações).

Figura 2 –Representação pictográfica de um grafo

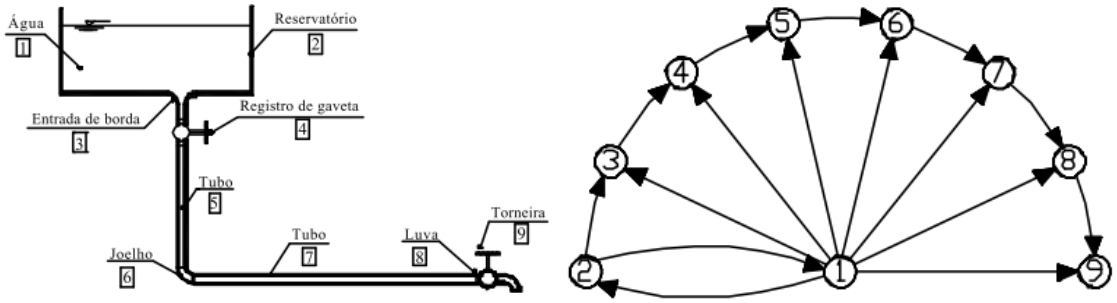


Fonte: Petrucci (2001)

A partir do conhecimento dos componentes que formam o sistema estudado (vértices do grafo) e as relações entre esses componentes (arestas do grafo), é possível fazer uma representação de um sistema predial de

água através da teoria dos grafos. A Figura 3 tem uma possível reprodução do grafo de um sistema de distribuição de água.

Figura 3 –Representação pictográfica de um grafo



Fonte: Petrucci (2001)

Uma vez estabelecias as relações através de pelo menos uma propriedade de igualdade entre os subsistemas, pode-se, para cada relação, obter um vetor que corresponde ao conjunto de igualdades. A equação 3 mostra essa denotação e a equação 4 corresponde ao vetor "R", que tende a simplificar o estado de um sistema com algumas poucas propriedades.

$$r_{ij} \equiv \mathrm{U}\{p_{ki} = p_{mj}\} \quad (3)$$

$$R \equiv \mathrm{U}_{i=1,j=1}^{n,n}\{r_{ij}\} \quad (4)$$

O que pode ser observado com a definição dessas relações é a caracterização completa de um sistema em função das relações entre os componentes. Por exemplo, no sistema da Figura 3, algumas dessas relações podem ser obtidas, como a vazão de entrada e saída de um componente em função da pressão estática ao qual opera o sistema, e etc. A Tabela 1 demonstra a influência de cada componente dentro de um sistema, e as relações entre os subsistemas.

Tabela 1 – Relações entre os componentes

Componente		Leis aplicáveis
Número	Tipo	
2	Reservatório	$H_{s2} = y$
3	Saída de borda	$Q_{e3} = Q_{s3}$; $H_{s3} = H_{e3} - \Delta H(Q_{s3})$
4	Válvula de gaveta	$Q_{e4} = Q_{s4}$; $H_{s4} = H_{e4} - \Delta H(Q_{s4})$
5	Tubo	$Q_{e5} = Q_{s5}$; $H_{s5} = H_{e5} - \Delta H(Q_{s5}) + Z_{e5} - Z_{s5}$
6	Joelho	$Q_{e6} = Q_{s6}$; $H_{s6} = H_{e6} - \Delta H(Q_{s6})$
7	Tubo	$Q_{e7} = Q_{s7}$; $H_{s7} = H_{e7} - \Delta H(Q_{s7}) + Z_{e7} - Z_{s7}$
8	Luva	$Q_{e8} = Q_{s8}$; $H_{s8} = H_{e8} - \Delta H(Q_{s8})$
9	Torneira	$Q_{s9} = Q_{s9}$; $Q_{s9} = Cd \cdot H_{e9}^{a}$

Fonte: Petrucci (2001)

3.4 Modelo de simulação com o uso da lógica nebulosa (OLIVEIRA et al., 2013)

Existem fatores subjetivos, aos quais está sujeito o comportamento humano, que podem influenciar no nível de solicitação de um sistema de distribuição de água. Oliveira et al. (2013) propôs um modelo de simulação que

considerou algumas dessas variáveis nebulosas, como a temperatura da água disponível nos pontos de utilização, a temperatura externa do ambiente, se o usuário está atrasado ou não, dentre outros, para estabelecer um ambiente de simulação para determinação da vazão em uma residência unifamiliar. O modelo proposto abrangeu apenas a utilização do chuveiro, equipamento com maior influência na vazão de projeto em sistemas prediais de distribuição de água.

Para o estabelecimento do momento de uso de um determinado aparelho sanitário, os autores consideraram o uso de uma simulação de Monte Carlo. Caso o evento se caracterizasse como o uso do chuveiro, o tempo de banho foi obtido através do uso da lógica nebulosa. Caso contrário, o tempo era obtido pelo método dos três pontos proposto por Gonçalves (1986).

3.5 Modelo de simulação estocástica de demanda de água residencial (BLOKKER; VREEBURG; VAN DIJK, 2010)

Blokker, Vreeburg e van Dijk (2010) e propuseram o estudo do momento de acionamento, intensidade e duração do uso de um determinado aparelho sanitários de uma residência utilizando o modelo "Poisson Rectangular Pulse" (PRP). Além de fornecer a vazão de pico de um determinado sistema, é possível o estudo do consumo de água durante todo um período pré-estabelecido.

Neste tipo de abordagem, a ocorrência de uso de um determinado aparelho sanitário é determinada em função de sua distribuição de probabilidade, assim como sua duração e vazão. Para a obtenção das vazões, o modelo utiliza as equações 5 e 6.

$$Q = \sum_{k=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} \sum_{i=1}^{F_{jk}} B\left(I_{ijk}, D_{ijk}, \tau_{ijk}\right) \quad (5)$$

$$B\left(I_{ijk}, D_{ijk}, \tau_{ijk}\right) = \begin{cases} I_{ijk} & \tau < T < \tau_{ijk} + D_{ijk} \\ 0 & caso\ contrário \end{cases} \quad (6)$$

Onde,

i é o número de aparelho sanitários em utilização de 1 até Fjk;

j é o número de pessoas atendidas pelo aparelho sanitário de 1 até N;

k é o número total de aparelhos sanitários de 1 até M;

D é a duração do uso do aparelho sanitário do tipo *k* pelo usuário j na ocorrência i, em segundos;

I é a vazão do aparelho sanitário em uso;

τ é o momento de acionamento do aparelho sanitário.

Através de pesquisas de demanda de água anteriormente realizadas, foram definidas as densidades de probabilidade das variáveis intervenientes do modelo. Por exemplo, os autores consideraram que um chuveiro normal, possui frequência de uso Binomial com duração de uso determinada pela distribuição chi-quadrada. Já uma bacia sanitária, possui frequência de uso

de acordo com uma Poisson e tempo de operação fixo (de acordo com o volume da caixa acoplada).

3.6 Modelo de Wistort modificado (2014)

Diante das limitações apresentadas pelo modelo de Wistort (1994), quando há um número pequeno de aparelhos sanitários no trecho considerado, Buchberger et al. (2015) propuseram o Modelo de Wistort modificado a partir do truncamento da distribuição binomial na probabilidade de ocorrência de vazões nulas (número de aparelhos em funcionamento igual à 0. A Equação 7 mostra o truncamento da proposta de Wistort na ocorrência de vazões nulas,

$$Q_{99\%} = \frac{1}{1-p_0}\left[\sum_{k=1}^{k} q_k n_k p_k + (z_{99\%})\sqrt{\left((1-p_0)\sum_{k=1}^{k} n_k p_k (1-p_k) q_k^2\right) - p_0\left(\sum_{k=1}^{k} n_k p_k q_k\right)^2}\right] \quad (7)$$

Onde,

k, q_k, n_k, p_k, t_k e $z_{(99\%)}$ já foram definidos em Wistort (1994);

p_0 é a probabilidade de ocorrência de vazões nulas, que pode ser calculada através da equação 8.

$$p_0 = \prod_{k=1}^{k}(1-p_k)^{n_k} \quad (8)$$

Outra contribuição dada pelos autores foi com a possiblidade de considerar alguns ambientes como um único grupo de aparelhos sanitários. Um tradicional exemplo que pode ser dado para a aplicação desse conceito é o caso de um banheiro, que geralmente é acessado por uma única pessoa e, enquanto em operação, restringe o uso dos demais usuários do ambiente sanitário. Para isso, deve-se obter a probabilidade de uso do próprio grupo e uma vazão que represente essa probabilidade.

Considerando que os aparelhos sanitários pertencentes a um grupo possuem independência probabilística, o produto da probabilidade de os aparelhos não estarem em funcionamento, é dado pela expressão 9.

$$p_{desl} = \prod_{k=1}^{k}(1-p_k) \quad (9)$$

Para a obtenção da vazão característica desse grupo, os autores propuseram a classificação de todas as vazões possíveis em ordem crescente e, a partir de sua probabilidade de ocorrência e com o critério de desempenho estabelecido, a vazão pode ser determinada. A Tabela 2 mostra um exemplo utilizado pelo autor no caso de um banheiro tradicional estadunidense. No exemplo, a vazão considerada foi de 0,44 L/s.

Tabela 2 – Cálculo da vazão do grupo de aparelho sanitário

Casos estudados	Vazão (L/s)	Probabilidade de ocorrência	Probabilidade (sem vazões nulas)	Probabilidade Acumulada
Nenhum em funcionamento	0	0,936293	-	-
Lavatório	0,09	0,024008	0,37685	0,37685
Chuveiro	0,12	0,024131	0,37878	0,75563

Lavatório + Chuveiro	0,22	0,000619	0,00971	0,76534
Bacia Sanitária	0,25	0,009458	0,14845	0,91379
Lavatório + Bacia Sanitária	0,34	0,000243	0,00381	0,9176
Chuveiro + Bacia Sanitária	0,37	0,000244	0,00383	0,92143
Banheira	**0,44**	**0,004826**	**0,07576**	**0,99719**
Lavatório + Chuveiro + Bacia Sanitária	0,47	0,000006	0,00009	0,99728
Lavatório + Banheira	0,53	1,24E-04	0,00194	0,99922
Bacia Sanitária + Banheira	0,69	0,000049	0,00077	0,99999
Lavatório + Bacia Sanitária + Banheira	0,79	0,000001	0,00002	1,00000

Fonte: Buchberger et al. (2015)

Algumas considerações podem ser feitas a partir da abordagem dos autores para a consideração do banheiro como um único aparelho sanitário (ou um grupo de aparelhos):

- o tratamento do banheiro como um único aparelho sanitário surge a partir da consideração de que um único usuário pode acessar os equipamentos em determinado instante de tempo, e ainda, que o acesso a este ambiente sanitário para os demais usuários fica temporariamente bloqueado enquanto em uso por este usuário;
- existem situações em que, mesmo ocupado, o banheiro pode ser acessado pelos demais usuários do ambiente sanitário. Em uma suíte, por exemplo, ao qual o público (casal) de um determinado dormitório pode acessar o ambiente mesmo com um outro usuário utilizando-o. Assim, cabe ao projetista a interpretação de quais ambientes sanitários serão classificados como de uso exclusivo.
- a consideração de independência probabilística propostas pelos autores não pode ser aplicada sem a devida interpretação. Por exemplo, existem probabilidades condicionais que precisam ser consideradas nesse contexto, como o uso do lavatório após o uso da bacia sanitária; uso do chuveiro após o uso da bacia sanitária e etc. Nessa situação há, inclusive, probabilidade de dois aparelhos sanitários estarem em funcionamento simultaneamente;
- algumas atividades consideradas pelos autores para o cálculo da vazão, como o uso do lavatório, chuveiro e da bacia sanitária simultaneamente, não condiz com a realidade e deve ser retirada de análise. É improvável que um único usuário acesse três equipamentos sanitários ao mesmo tempo.

Diante das considerações feitas, se faz necessário uma abordagem mais completa para que esta proposta do banheiro como um grupo de aparelhos sanitários seja aplicável.

4 COMENTÁRIOS FINAIS

Os modelos apresentados com propostas analíticas de aplicação, mostraram pouca evolução na abordagem do problema – foi exposto uma simplificação para a aplicação da metodologia proposta por Hunter (1940). Em projetos de engenharia, se mostra desnecessária a tentativa de simplificar a aplicação de um modelo, visto que este pode ser utilizado de forma complexa através do uso do computador. Além disso, a tentativa de imposição do banheiro como um único ambiente sanitário se mostra válida, uma vez que o ambiente é usualmente acessado por um único usuário, restringindo a utilização dos demais. Entretanto, a abordagem mostrada necessita da consideração de algumas probabilidades condicionais.

É possível observar uma tendência, nos últimos anos, para o uso de modelos de simulação para abordar o problema. Esses modelos fornecem uma visão geral do comportamento das solicitações do sistema de distribuição de água durante todo um período de tempo determinado. Algumas vantagens podem observadas com a aplicação da simulação do comportamento humano sobre o sistema:

- o projetista tem uma visão geral das vazões que ocorrem no sistema durante todo um período de tempo determinado e não apenas a vazão de pico. Com isso, é possível dimensionar o sistema de acordo com o critério de desempenho desejado;
- a quantidade de água reservada em um edifício pode ser estudada através de modelos de simulação, assim como o funcionamento de alguns equipamentos mecânicos pertencente a esse sistema, como bombas de recalque. Além de auxiliar no dimensionamento do sistema de reservação, é possível o estudo da operação do edifício;
- a produção de águas residuais também pode ser estudada através de modelos de simulação, que pode auxiliar no processo de tomada de decisão de sistemas de água não potável.

Entretanto, em modelos de simulação, a quantidade de informações que precisam estar disponíveis é suficientemente grande, o que pode dificultar o seu uso. São necessários diversos estudos e em diversas camadas do problema para que sejam aplicados com eficiência.

REFERÊNCIAS

ALITCHKOV, D. K. Implementation of Stochastic Model for Simulation of the flow rates in the water supply and drainage systems for buildings. W062 - Proceedings of the 24th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. **Anais...** Roterdã, Países Baixos: CIB W062 - Water Supply and Drainage, 1998.

_____. Statistical Method For Estimation of Peak Water Demands in Water Supply System for Buildings. W062 - Proceedings of the 26th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. **Anais...** Rio de Janeiro, Brasil: CIB W062 - Water Supply and Drainage, 2000.

BLOKKER, E. J. M.; VREEBURG, J. H. G.; Van Dijk, J. C. Simulating Residential Water Demand with a Stochastic End-Use Model. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 136, n. Janeiro/Fevereiro, p. 19-26, jan 2010. ISSN 0733-9496. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000002>. Acesso em: 01 fev. 2016. doi: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000002.

BUCHBERGER, S. G. et al. **Peak Water Demand Study: Probability Estimates for Efficient Fixtures in Single and Multi-family Residential Buildings**. American Society of Plumbing Engineers. 2015. Disponível em: <https://www.aspe.org/sites/default/files/Peak_Water_Demand_Study_Draft_for%20_Peer_Review.pdf >. Acesso em: 27 jan. 2016.

GALOWIN, L. S. "Hunter" Fixture Units Development. W062 - Proceedings of the 34th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. **Anais...** Hong Kong, China: CIB W062 - Water Supply and Drainage, 2008.

GONÇALVES, O. M. **Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria**. São Paulo, 1986. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

HUNTER, R. B. **Methods of estimating loads in plumbing systems**. US Department of Commerce, National Bureau of Standards, 1940.

INGLE, S.; KING, D. C.; SOUTHERTON, R. Design and Sizing of Water Supply Systems Using Loading Units – Time for a Change? W062 - Proceedings of the 40h International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. **Anais...** São Paulo, Brasil: CIB W062 - Water Supply and Drainage, 2014.

KONEN, T. P.; GONÇALVES, O. M. Summary of Mathematical Models for the Design of Water Distribution Systems Within Buildings. W062 - Proceedings of the 20th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. **Anais...**Roterdã, Países Baixos: CIB W062 - Water Supply and Drainage, 1993.

OLIVEIRA, L. H. de et al. Modelling of water demand in building supply systems using fuzzy logic. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 34, n. 2, p. 145-163, maio 2013. ISSN 0143-6244. Disponível em: <http://bse.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0143624411429381>. Acesso em: 02 fev. 2016. doi:10.1177/0143624411429381.

PETRUCCI, A. L. **Metodologia para Seleção de Configuração em Sistema Predial de Água Fria**. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

TINDALL, J.; PENDLE, J. Are we significantly oversizing domestic water systems?. CIBSE Technical Symposium. **Anais...** Londres, Inglaterra: 2015.

WU, G. Z. et al. Comparison between the traditional methods and the simulation method in water supply load calculation methods for office building. W062 - Proceedings of the 40h International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. **Anais...** São Paulo, Brasil: CIB W062 - Water Supply and Drainage, 2014

WISTORT, R. A new look at determining water demand in buildings: ASPE direct analytical method. American Society of Plumbing Engineers Convention. **Anais...**Kansas City, Missouri: American Society of Plumbing Engineers, 1994

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

INFLUÊNCIA DE SISTEMAS INDIVIDUAIS NO DIMENSIONAMENTO DE ETE[1]

FIORI, Simone (1); FERNANDES; Vera M. Cartana (2); GIL, Anelise Sertoli (3); SCORTEGAGNA, Vinicius (4); FERREIRA, Matheus (5); FERNANDES, Julia Cartana (6)

(1) UPF, e-mail: sfiori@upf.br; (2) UPF, e-mail: cartana@upf.br; (3) UPF, e-mail: anelise.gil@upf.br; (4) UPF, e-mail: viniciuss@upf.br; (5) UPF, e-mail: matheusferreira@upf.br; (6) UPF, e-mail: 113642@upf.br

RESUMO

A reponsabilidade ambiental tem sido priorizada em qualquer projeção de desenvolvimento das cidades brasileiras. Assim, o saneamento básico e seus componentes evidenciam-se, as estações de tratamento de esgoto (ETE's) são infraestruturas fundamentais para tratar efluentes residuais urbanos. Este artigo analisa a influência do sistema individual de tratamento já existente em uma cidade no RS, composto por tanque séptico e filtro anaeróbio em edificações, como pré-tratamento, antes do seu lançamento na rede coletora pública, para verificar a relação área/eficiência. Foi realizado o balanço de massas da ETE e análise da área total comparando os resultados. Para o dimensionado da ETE foram considerados dois cenários, no primeiro, o esgoto afluente à ETE chega de forma bruta; e no segundo, com o pré-tratamento antes citado. Nos resultados obtidos, o tratamento preliminar e o secundário não sofreram alterações pois estes sistemas não foram influenciados pelas cargas orgânicas afluentes. Já no tanque de aeração do sistema de lodos ativados e leitos de secagem, houve redução de quase 30% e 40% respectivamente, pois são dimensionados levando-se em consideração a carga de DBO afluente e o volume de lodo gerado no sistema. Por fim, esse trabalho contribui para o desenvolvimento de sistemas públicos de tratamento de esgotos.

Palavras-chave: Esgotamento sanitário. Redução de área de ETE. Saneamento básico.

ABSTRACT

An environmental conscience has been prioritized in any development projection in Brazil. Therefore, the basic sanitation and their components are highlighted, sewage treatment stations are fundamental infrastructures to treat urban waste. This paper analyzes the influence of already existent individual sewage treatment system in a Brazilian southern city, composed by septic tank e anaerobic filter in buildings, as a pretreatment, before its release in the public network, to verify the dependency between area and efficiency. Was conducted a mass balance of the sewage treatment station and an analyze of the total area comparing the results. Aiming to dimension the sewage treatment station were considered two scenarios, firstly, the swage affluent to the sewage treatment station arrives in a gross form, secondly, with a pretreatment explained before. On the achieved results the preliminary and secondary treatment did not suffered modifications once these systems were not influenced by the affluents organic amounts. However, in the aeration tank of the

[1] FIORI, Simone, FERNANDES, Vera M. Cartana, GIL, Anelise Sertoli, SCORTEGAGNA, Vinicius, FERREIRA, Matheus, FERNANDES, Julia Cartana. Influência de sistemas individuais no dimensionamento de ETE. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

activated sludge and drying beds, were reductions of almost 30% and 40% respectively, since they are dimensioned considering the affluent DBO e the sludge volume generated by the whole system. Lastly, this paper contributes to the development of the public sewage treatment systems.

***Keywords**: Sewage system. Station area reduction. Basic sanitation.*

1 INTRODUÇÃO

Com relação aos componentes do saneamento básico: resíduos sólidos e seu manejo, abastecimento de água potável, esgotamento sanitário e limpeza urbana, cada vez mais exige-se a coexistência de uma preocupação com a preservação ambiental, a saúde pública, aspectos estéticos e legais com exigências tecnológicas, econômicas e de simplicidade de execução.

Desta forma fica evidente a necessidade de se pesquisar alternativas para aumentar eficiência de remoção e tratamento dos resíduos urbanos. A respeito especificamente do tratamento do esgoto sanitário, este artigo propõe uma solução para aperfeiçoar a relação área/eficiência das infraestruturas responsáveis pela remoção de poluentes do esgoto antes do seu lançamento em seu destino final, as ETE´s, diminuindo as cargas orgânicas através de um pré-tratamento realizado em sistemas individuais em edificações.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o intuito de comprovar e quantificar a real funcionalidade desse tratamento prévio ao lançamento na rede pública de esgoto se fez um estudo de caso de uma ETE em uma região de uma cidade no RS. Determinou-se as cargas orgânicas afluentes à ETE e a requerida área para esse volume, primeiramente em um cenário sem qualquer tratamento prévio e, posteriormente com um tratamento individual com tanque séptico e filtro anaeróbio em edificações, para comparar os resultados.

Para realizar esse estudo comparativo baseou-se no plano de saneamento básico do município, nas normas vigentes e bibliografias específicas. Inicialmente foi necessário começar delimitando uma região do município, definindo população de projeto e região de implantação da ETE, bem como determinar o volume de esgoto e cargas orgânicas a serem gerados pela região escolhida em função da população. Foi preciso também quantificar a eficiência de remoção de cargas orgânicas de todas as unidades da ETE, para se verificar as concentrações finais do esgoto tratado, comparando com o requerido para o respectivo corpo receptor.

2.1 Caracterização do Município

O Município em estudo possui população de 15.240 habitantes (IBGE, 2010). Destes, 11.131 residem na área urbana e 4.109 habitantes residem na área rural, com uma taxa de urbanização de 73,04%.

Localizado na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, pertencendo hidrograficamente à bacia do Alto Jacuí.

Conforme dados gerais obtidos na FEE (Fundação de Economia e Estatística), na FAMURS (Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul), no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil e no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o município fica caracterizado assim:

- Área (2010): 783,1 km²

- Densidade Demográfica (2010): 19,5 hab./km²

- PIB per capita (2008): R$ 16.226

2.2 A Lei do Saneamento Básico e o PMSB

A lei nº 11.445 de 05/01/2007 estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Ela discorre sobre os princípios fundamentais, como universalização do acesso para propiciar à população a disponibilidade de serviços dos componentes do saneamento básico.

Especificamente no capítulo II da lei em questão, ela discorre sobre o exercício da titularidade dos serviços públicos de saneamento básico. A lei obriga o titular destes serviços a elaborar um plano de saneamento básico, além da exigência de prestar ou delegar os serviços, definindo também os responsáveis pela fiscalização e regulação dos mesmos.

Também estão previstos na lei de saneamento básico, no seu capítulo VII, o estabelecido de como deve ser realizado o sistema de coleta e tratamento dos efluentes domésticos.

Segundo o PMSB (Plano Municipal de Saneamento Básico) do município, apenas 2200 dos cerca de 15240 habitantes da cidade tem seu esgoto coletado e tratado pela concessionária.

No restante da cidade, o esgoto doméstico é tratado ou pelo sistema tanque séptico e filtro anaeróbio ou lançado bruto na rede pluvial, sendo que neste último caso isto ocorre na região central da cidade, onde se concentram a maioria das edificações.

Segundo o PMSB, os períodos de projeto para cada prazo estão entre 1 e 4 anos para curto prazo, 4 e 8 anos para médio prazo e 8 e 20 anos para longo prazo. Sendo assim, ficaram estabelecidas, respectivamente, ações para cada horizonte, com relação a elaboração do projeto executivo, continuidade da implantação de interceptores e universalização do sistema de esgoto sanitário.

2.3 Tratamentos individuais

Considerando-se que o PMSB do município em estudo prevê a continuidade da implantação de tanques sépticos e filtros anaeróbios torna-se de extrema importância uma breve descrição deste tipo de sistema individual.

2.3.1 Tanques sépticos

Utilizados em sistemas residenciais, condomínios, edifícios multifamiliares, os tanques sépticos são dispositivos de tratamento de esgotos destinados a receber a contribuição de um ou mais domicílios, retendo os efluentes por um período de tempo estabelecido, sedimentando e estabilizando os compostos químicos.

Segundo PACHECO JORDÃO (2011, p 402), "É importante lembrar que os tanques sépticos são dispositivos de tratamento primário de esgotos, os quais não atingem eficiências maiores que 50% para Sólidos suspensos (SS) e 30% de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) ".

Segundo a ABNT NBR 7229/93, os sistemas de tanques sépticos aplicam-se primordialmente ao tratamento de efluentes domésticos, não podendo ser utilizado para tratamento de efluentes industriais ou semelhantes.

É importante citar também que o lodo gerado pelos tanques sépticos deve ser recolhido em intervalos de tempo pré-definidos, e que também é necessário um tratamento complementar aos efluentes deste sistema.

2.3.2 Filtros anaeróbios

Os filtros anaeróbios consistem basicamente em tanques contendo leito de pedras ou outro material inerte que serve de suporte para aderência e desenvolvimento de microrganismos. Podem ser utilizados como a principal unidade de tratamento, mas são mais adequados para pós-tratamento. Usualmente, os filtros anaeróbios são utilizados como tratamento complementar aos tanques sépticos.

Segundo PACHECO JORDÂO (2011, p.424), "no Brasil, após a inclusão dos filtros anaeróbios na Norma da ABNT, estas unidades passaram a ser largamente usadas como forma complementar de tratamento aos tanques sépticos".

Como principais vantagens para a instalação de filtros anaeróbios estão a baixa concentração de matéria orgânica dos efluentes dele, boa eficiência de remoção de cargas orgânicas, facilidade de construção e operação, não necessita de recirculação de lodo.

2.4 Estação de tratamento e esgoto (ETE)

Segundo a ABNT NBR 12209/2011, a concepção de tratamento de efluentes domésticos através de ETE's deve atender a vários requisitos, com certa sequência de estudos preliminares, tais como:

- População de projeto;
- Vazões de esgoto e cargas orgânicas afluentes a ela;
- Exigências ambientais e legais a serem atendidas;

- Características requeridas para o efluente tratado nas diversas etapas do plano;
- Disposição final, corpo receptor e reúso previsto dos efluentes líquidos e sólidos;
- Levantamento topográfico prévio, sondagens de solo, previsão de cotas de enchentes;
- Avaliação de gases poluentes;
- Avaliação de afluentes não domésticos a ETE;

Os critérios gerais, o dimensionamento das unidades e a sequência dos níveis de tratamento ficam a cargo do projetista. Segundo a ABNT NBR 12209, existem quatro níveis principais que são utilizados como padrão com diferentes sub-níveis possíveis. São eles:

- Tratamento preliminar: gradeamento, desarenador;
- Tratamento primário: decantador primário;
- Tratamento secundário: lagoas de estabilização, lodo ativado, filtro aeróbio, tratamento anaeróbio, reator UASB, etc.;
- Tratamento terciário ou pós-tratamento: lagoas de maturação, desinfecção, etc.;

Para este estudo de caso, não serão indicados os destinos para as matérias sólidas removidas no sistema de tratamento, pois o objetivo principal é apenas o comparativo de áreas geradas e a discussão dos seus resultados.

Segundo a ABNT NBR 12209, o desaguamento de lodo pode ser realizado por processos naturais ou por processos mecânicos.

Os leitos de secagem são classificados como processos naturais, sendo realizados somente em casos em que o lodo está estabilizado, como o caso deste estudo de caso, em que o lodo sai estabilizado do tanque de aeração.

Os sistemas simplificados de tratamento de esgotos se diferenciam dos fluxogramas conhecidos como convencionais, por conciliar dentre as tecnologias citadas, aquelas que requerem menor consumo de energia, menor custo de implantação e de operação, mão de obra menos especializada, contudo mantendo a eficiência do tratamento do esgoto.

2.5 Sequência e roteiro para a pesquisa

O roteiro para o trabalho tem a seguinte sequência:

1º: Conhecer o PMSB do município;

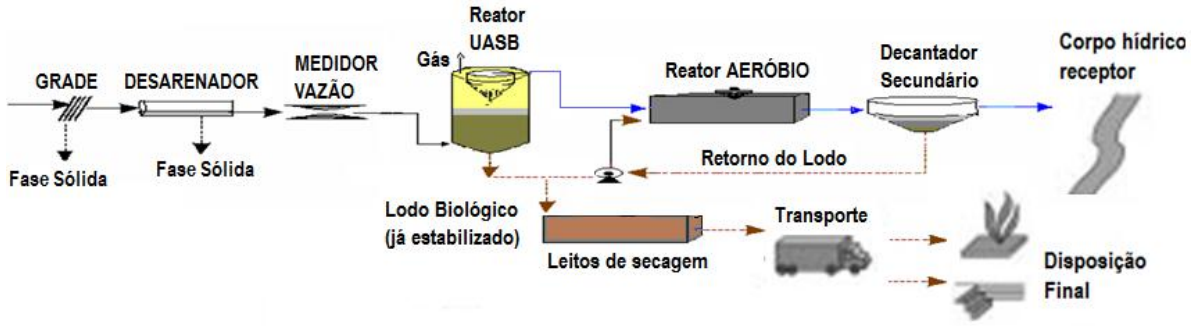
2º: Definir a região do município em que será realizado o estudo de caso e, de forma concomitante, será determinado o local de implantação da ETE;

3º: Quantitativos de esgoto e cargas orgânicas a serem geradas pela região definida.

4º: Realizar a análise da redução de cargas orgânicas dos esgotos domésticos provenientes das edificações;

5º: Dimensionar a ETE, realizando o balanço de massas de entrada e saída em cada fase.

Figura 1 – Fluxograma para ETE de pequeno porte



Fonte: Jordão e Pessôa (2005)

2.6 Descrição dos níveis do processo

Para o sistema de tratamento da ETE deste artigo, foi seguido o fluxograma da figura 1, sendo abaixo descrito:

- O esgoto é gerado pelas edificações da região específica da cidade a ser estudada;
- A rede coletora conduz o esgoto até o sistema de entrada da estação de tratamento de esgotos onde o esgoto bruto passa por uma unidade de gradeamento. Para facilitar a limpeza da grade, será usado o auxílio de um ancinho;
- Segue ao desarenador ou caixa de areia, com este sistema se proporciona melhorias na capacidade de limpeza e eficiência global;
- O esgoto então segue para o medidor de vazão, ou calha parshall;
- Para este artigo, não foi adotado sistema de tratamento primário por decantadores, descartado devido ao tratamento posterior a ser utilizado ser por Reator UASB. Isto é possível devido ao seu sistema ser anaeróbio, onde o lodo gerado também é "decantado", porém ocorre uma estabilização de sua biomassa em seu interior, causando a não necessidade de remoção deste lodo, dispensando assim o uso do decantador primário, que geraria lodo a ser removido, o que não acontece neste caso;
- O esgoto então segue para o reator UASB, posteriormente para o sistema de lodo ativado convencional, composto por tanque de aeração e decantador secundário. O Lodo estabilizado excedente do sistema de lodo ativado segue para leitos de secagem e, posteriormente, disposição final.

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na apresentação dos resultados, serão demonstrados apenas os valores finais obtidos para o dimensionamento de cada unidade dos níveis de tratamento.

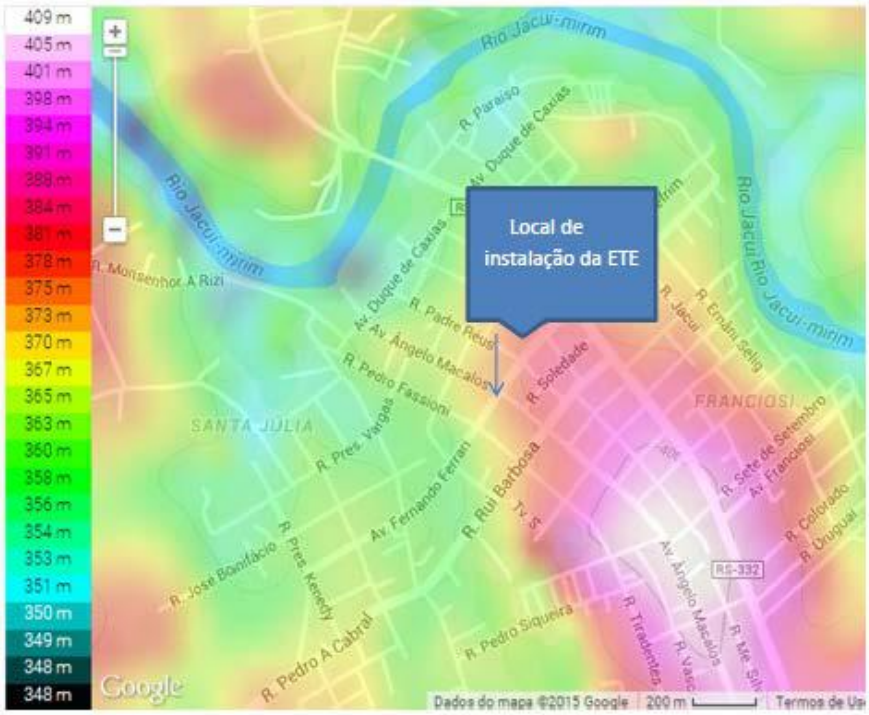
Serão apresentados também as eficiências individuais das unidades, o balanço de massas das mesmas e eficiências globais da ETE, com e sem o tratamento individual.

3.2 Local de Instalação da ETE

O local escolhido para implantação do estudo de caso e da ETE se deve a topografia da região, pois o esgoto pode ser coletado e encaminhado para a estação por gravidade e também por ser a região, segundo dados do Censo IBGE 2010, a que possui maior incidência de lançamento de esgoto "in natura" na rede pluvial sem tratamento.

A figura 2 demonstra a situação topográfica do município em estudo, justificando o local escolhido para a implantação da ETE, pois as curvas de nível convergem, na região de estudo, para um ponto mais baixo, próximo ao corpo receptor que receberá o efluente da estação.

Figura 2 – Topografia da cidade em estudo – RS



Fonte: Topographic Maps (www.topographic.map.com)

3.3 Corpo Receptor

Os efluentes terão como destino final o Rio Jacuí, que abastece a cidade, servindo também como divisa para o município vizinho. Este rio, possui as seguintes características no trecho que receberá o esgoto tratado:

— Classe 1 de qualidade de água;

- C_{DB05} = 3 mg/L;
- C_{DQO} = 5 mg/L;
- $C_{coliformes}$ < 1000 NMP/100 mL;
- C_N = 4 mg/L;
- C_P = 0,6 mg/L.;
- Vazão de estiagem = 100m^3/s.

Para rios de classe 1, consultando a resolução do CONAMA 357, encontram-se os seguintes parâmetros de lançamento para o efluente da ETE:

- C_{DB05} < 3 mg/L;
- C_{DQO} < 6 mg/L;
- C_{ss} < 500 mg/L;
- $C_{coliformes}$ = 200 NMP/100 mL;
- C_N < 3,7 mg/L;
- C_P < 0,1 mg/L.;

Onde:

C_{DB05} = concentração de DBO_5; C_{DQO} = Concentração de DQO; C_{ss} = Concentração de sólidos suspensos; $C_{coliformes}$ = Concentração de Coliformes; C_N = Concentração de Nitrogênio; C_P = Concentração de Fósforo.

3.4 População de projeto

No levantamento dos dados sobre a incidência do sistema tanque séptico-filtro anaeróbio, segundo o IBGE, no município, região de estudo de caso, constatou-se:

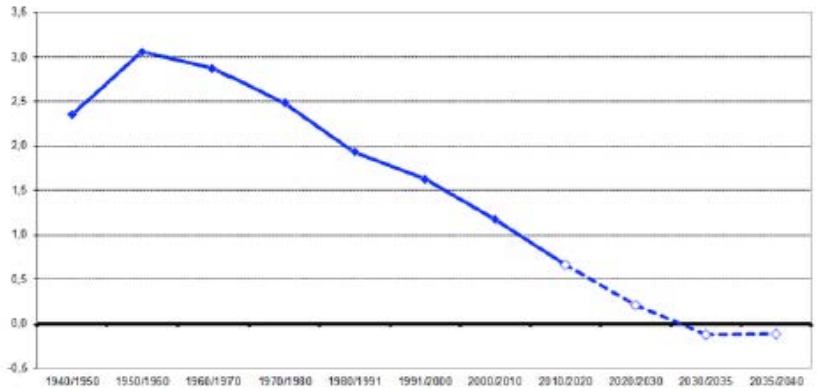
- População do bairro: 1932 pessoas (2010);
- Residências totais do bairro: 402 (2010);
- Residências que lançam o esgoto "in natura" na rede pluvial: 240;
- Residências com tratamento por tanque séptico-filtro anaeróbio: 162;
- Período de projeto da ETE: 20 anos (2015-2035).

Para dimensionamento a ETE, é necessário ter a projeção da população do bairro para o ano final do projeto (2035), e para isso necessita-se o índice da relação do crescimento populacional (q), para assim definir-se a população de projeto. Para isso, faz-se o cálculo da população futura, relacionado abaixo:

- População da cidade ano 2000: 16185 habitantes (IBGE;
- População da cidade ano 2010: 15240 habitantes (IBGE).

Como houve decréscimo na população da cidade, a população futura é definida usando a taxa e crescimento demográfico em nível nacional, conforme demonstra a figura 3:

Figura 3 - Gráfico com a taxa e crescimento da população brasileira



Fonte: IBGE (2010)

De acordo com o gráfico, a taxa de crescimento demográfico brasileiro, entre os anos de 2000 e 2010 foi de 1,3% A.A.

Sendo assim, a população foi calculada e o valor obtido foi de 2636 hab para o bairro centro do município em estudo, para o período de projeto de 20 anos.

3.5 Dados Inicias do esgoto doméstico

Para dimensionamento da ETE, são necessários dados iniciais de matéria gerada pela população, para geração das cargas orgânicas afluentes a ETE. Estes dados, retirados da ABNT NBR 12209 e de bibliografias específicas, são:

- DBO5 = 54 g/hab. dia;
- DQO = 100 g/hab. dia;
- SS = 60 g/hab. dia;
- N = 10 g/hab. dia;
- P = 1,3 g/hab. dia;
- Coliformes Totais = NMP/100 ml (Metacalf e Eddy);
- Temperatura do esgoto doméstico: 20º C (Nuvolari);
- Consumo médio por habitante = 200 l/dia. hab;
- Coeficiente de retorno água-esgoto = 0,8;
- K1 = 1,2; K2 = 1,5; K3 = 0,5.

3.6 Vazões de entrada na ETE

As vazões afluentes na estação de tratamento serão as seguintes:

- Vazão Máxima = 759,17 L/dia;
- Vazão Média = 421,76 L/dia
- Vazão Mínima = 210,88 L/dia

3.7 Dimensionamento da ETE - Sem tratamento individual

Com a obtenção das vazões afluentes de esgoto, é possível realizar o dimensionamento da ETE. Primeiramente, será considerada a hipótese do esgoto chegando de forma bruta à rede, sem tratamento individual das residências.

Após o dimensionamento da ETE, sem a redução de cargas por tratamentos individuais, as áreas totais de cada nível de tratamento ficam de acordo com a tabela 1:

Tabela 1 – Áreas necessárias para cada nível da ETE – Sem tratamento individual

Área dos níveis da ETE – Sem tratamento individual	
Elementos	**Área (m²)**
Gradeamento	0,36
Desarenador	2,02
Calha Parshal	0,70
Reator UASB	28,11
Tanque de Aeração	33,70
Decantador secundário	18,77
Leitos de Secagem	395,40
Total	**479,05**

Fonte: Autor (2015)

Para a obtenção dos valores apresentados na tabela 1 foram realizadas as seguintes etapas de dimensionamentos:

- Cálculo das cargas orgânicas
- Cálculo das Concentrações orgânicas
- Gradeamento
- Desarenador
- Calha Parshall
- Reator Uasb
- Balanço de massas no reator UASB
- Lodo Ativado

- Balanço de Massas para o Sistema de Lodo Ativado
- Leitos de secagem
- Vazão de Mistura
- Eficiências globais de remoção da ETE.

3.8 Dimensionamento da ETE com redução de cargas orgânicas através de tratamento individual

Segundo o IBGE, 59,7 % das residências lançam o esgoto de forma bruta na rede pluvial e os outros 40,3% tratam individualmente antes de lança-los. De posse destas informações, é possível quantificar as cargas orgânicas afluentes que irão ser usadas para dimensionar a ETE. As etapas utilizadas para o dimensionamento foram as mesmas para o cálculo sem tratamento individual.

Após o dimensionamento da ETE, com a redução de cargas por tratamentos individuais, as áreas totais de cada nível de tratamento ficam de acordo com a tabela 2.

As tabelas 1 e 2 apresentadas anteriormente demonstram as áreas resultantes para cada nível de tratamento da ETE. Para o tratamento preliminar, as áreas do gradeamento, desarenador e calha parshall não se alteram ao comparar-se o dimensionamento com e sem o tratamento individual (TI) por tanque séptico – filtro anaeróbio, pois para estes sistemas iniciais não se consideram as cargas orgânicas afluentes.

No restante do dimensionamento, as áreas do reator UASB e do decantador secundário não se alteram (com e sem TI), pois estes sistemas são dimensionados de acordo com a vazão afluente a eles. A única área que se altera é a o tanque de aeração do sistema de lodo ativado, pois esta unidade é dimensionada levando-se em consideração a carga de DBO afluente a ele. Esta redução se dá na ordem de 30% aproximadamente.

A tabela 3 demonstra os resultados das concentrações resultantes do esgoto efluente da ETE.

Tabela 2 – Áreas necessárias para cada nível da ETE – Com tratamento individual

Área dos níveis da ETE – Sem tratamento individual	
Elementos	**Área (m²)**
Gradeamento	0,36
Desarenador	2,02
Calha Parshal	0,70
Reator UASB	28,11
Tanque de Aeração	24,18
Decantador secundário	18,79
Leitos de Secagem	395,40

Total	**469,56**

Fonte: Autor (2015)

De acordo com a tabela 3, pode-se perceber que todas as concentrações efluentes da ETE não atendem a resolução do CONAMA 357/2005, exceto a concentração de sólidos em suspensão (SS).

Entretanto, ao lançarmos no corpo hídrico, as cargas orgânicas se misturam, fazendo com que a concentração resultante desta mistura atinja, para DBO e DQO, o fixado pela resolução para rios da classe 1. Sendo assim, por mais que as concentrações de fósforo e nitrogênio fiquem acima do indicado, ao atingirmos as concentrações de DBO e DQO, já se considera suficiente para comprovar a eficácia da ETE.

Tabela 3 – Comparativo das concentrações da ETE com a resolução CONAMA 357/2005

SUBSTANCIA	Limite CONOMA 357/2005	Sem tratamento Individual				Com tratamento individual			
		Efluente ETE	Atende	Após Mistura	Atende	Efluente ETE	Atende	Após Mistura	Atende
DBO (mg/L)	3	15,33	N	3	S	10,98	N	2,94	S
DQO (mg/L)	6	28,42	N	5	D	20,34	N	4,91	S
SS (mg/L)	500	7,58	S	NSA	NSA	4,97	S	NSA	NSA
N (mg/L)	3,7	34,89	N	3,99	N	32,69	N	3,97	N
P (mg/L)	0,1	4,53	N	0,6	N	4,25	N	0,59	N

Legenda: S – sim; N – Não; NSA – Não se aplica.

Fonte: Autor (2015)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando-se as tabelas 1 e 2, num comparativo geral das áreas percebe-se que a influência do uso de tanque séptico – filtro anaeróbio é mínima na redução de áreas para o dimensionamento de uma ETE, pois essa se dá somente no tanque de aeração do sistema de lodo ativado.

A redução, no âmbito geral da ETE, é de 9,49 m² em área e 1,9%. Considerando que se trata de uma estação de pequeno porte, que requer normalmente pequenas áreas e que normalmente os sistemas usados neste dimensionamento são os adotados em pequenas cidades, neste estudo de caso, a redução de cargas por tratamento individual à montante de ETE não se configura como um processo vantajoso no quesito otimização de áreas.

Cabe salientar que foram utilizados coeficientes de redução médios em cada sistema da ETE, ou seja, em cada etapa do tratamento pode-se obter reduções maiores de cargas. Contudo, para o sistema escolhido para esta estação, é muito provável que não haja influência nas áreas requerias ao final do dimensionamento.

Torna-se importante analisar ainda que, apesar da alta eficiência de cada nível de tratamento, pode ocorrer das concentrações dos efluentes não atenderem ao requisitado pelos órgãos regulamentadores, o que ocorreu

com o fósforo (P), que não atingiu os padrões do CONAMA 357/2005. Por isso, o projetista de uma ETE deve estar atento e prever soluções para o caso do não atingimento dos padrões requisitados.

Fica a critério de cada projetista a adoção ou não deste tipo de sistema no tratamento de efluentes domésticos, assim como o aproveitamento ou não dos tratamentos individuais existentes nas edificações, salientando-se que a análise de um caso isolado, como é deste artigo, não deve servir como parâmetro único na análise e na decisão de se implantar este sistema adotado neste estudo de caso.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

_____.**12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

_____.**13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução 357/2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, seção 1, 08 de janeiro de 2007, página 3.

CORSAN – Companhia Rio-Grandense de Saneamento. **Diretrizes para implantação de loteamentos**, 2006, 18p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 08 jun. 2015.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**, Rio de Janeiro, 4ª edição, p. 385-442, 2011.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ESCOPO PARA COMISSIONAMENTO DE SISTEMAS PREDIAIS[1]

ISHIDA, Christianne dos Santos Figueiredo (1); OLIVEIRA, Lucia Helena de (2)

(1) IFSP, e-mail: christianne@ifsp.edu.br; (2) PCC/EP/USP, e-mail: lucia.helena@usp.br

RESUMO

Os avanços tecnológicos dos sistemas prediais implicam em maior rigor no planejamento, detalhamento de projetos, controle de execução e capacitação de profissionais de operação e manutenção, para atender os requisitos de projeto do proprietário. O comissionamento contribui para evitar falhas no edifício desde a concepção à demolição. No Brasil, o comissionamento é mais difundido em sistemas prediais de ar condicionado tendo em vista eficiência energética e economia de água. Não há normas ou orientações para o emprego do comissionamento no Brasil. Neste contexto, o objetivo deste artigo é propor um escopo de comissionamento para orientar a contratação e a utilização deste processo de modo eficaz. A metodologia adotada para o desenvolvimento do escopo foi a pesquisa bibliográfica, tendo como base as diretrizes de comissionamento propostas por instituições internacionais e a estrutura dos manuais de escopo, coordenados pelo SECOVI/SP. Os resultados são diretrizes que compõem o escopo de comissionamento das atividades, das competências e dos produtos gerados em todas as suas etapas e para cada uma das fases do ciclo do edifício. Os resultados deste trabalho contribuem para que profissionais possam atender aos requisitos de projeto do proprietário, além de melhorar a qualidade, o desempenho e a sustentabilidade dos edifícios.

Palavras-chave: Comissionamento. Escopo. Sistemas prediais.

ABSTRACT

Technological advances in building systems implies greater rigor in the planning, project detailing, execution control and training of operating and maintenance professionals, to meet the owner's project requirements. Commissioning helps prevent failures in the building from design to demolition. In Brazil, the commissioning is more widespread in building air conditioning systems with a view to energy efficiency and water savings. There are no standards or guidelines for the use of commissioning in Brazil. In this context, the main of this article is to propose a commissioning scope to guide the recruitment and use of this process effectively. The methodology used to develop the scope was the literature, based on the commissioning guidelines proposed by international institutions and the structure of the scope of manuals, coordinated by SECOVI / SP. The results are guidelines that make up the commissioning scope of activities, skills and products generated in all its stages and each stage of the building cycle. The results of this study contribute to professionals to meet the owner's project requirements, and improve the quality, performance and sustainability of buildings.

***Keywords**: Commissioning. Scope. Building systems.*

[1] ISHIDA, Christianne dos Santos Figueiredo; OLIVEIRA, Lucia Helena de. Escopo para comissionamento de sistemas prediais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os edifícios, em função dos avanços tecnológicos dos sistemas prediais, necessitam de maior planejamento, detalhamento de projetos, controles de execução e treinamento dos profissionais de operação e manutenção para atender os requisitos de projeto do proprietário.

Em geral, estes requisitos têm como premissa os conceitos de sustentabilidade, qualidade e desempenho. É necessário que na concepção do edifício todos requisitos do proprietário sejam verificados para o edifício durante o seu ciclo de vida, pois as falhas na concepção dos edifícios começam pela má interpretação, por parte da equipe técnica, destes requisitos. Esta falha da comunicação percorre toda a cadeia produtiva do edifício, o que contribui para gerar falhas de planejamento, projeto, execução e manutenção.

No Brasil, o comissionamento é mais difundido em sistemas prediais de ar condicionado e de iluminação tendo como meta a alta eficiência energética e a economia de água. Em geral, é aplicado somente na fase final de execução para verificar o funcionamento dos equipamentos. São utilizadas pequenas partes do comissionamento ou denomina-se comissionamento pequenas tarefas do processo. Deste modo, os benefícios do comissionamento não são percebidos.

Assim, o objetivo deste trabalho é propor um escopo de comissionamento para orientar a contratação e a utilização deste processo por meio de uma estrutura integrada e sistêmica.

2 COMISSIONAMENTO

Comissionamento é um processo para atender aos requisitos de projeto do proprietário, documentar as fases do ciclo de vida do empreendimento, capacitar os profissionais de operação e manutenção, com o objetivo de evitar falhas, diminuir desperdícios e retrabalhos, melhorar a qualidade, o desempenho e a sustentabilidade (ISHIDA; OLIVEIRA, 2014).

Pode ser utilizado em momentos diferentes do ciclo de vida do empreendimento, e recebe, segundo Baechler e Farley (2011), as seguintes denominações:

- **Comissionamento** é o processo utilizado em empreendimentos que serão construídos ou sofrerão grande obra de renovação;
- **Recomissionamento** é o comissionamento periódico para empreendimentos que já foram comissionados anteriormente;
- **Retrocomissionamento** refere-se ao comissionamento dos empreendimentos existentes e faz recomendações para melhorar o desempenho e assegurar operação eficiente (BAECHLER; FARLEY, 2011).

Segundo resultados de pesquisas relatadas por WBDG (2012), os proprietários podem obter redução de custos operacionais de cerca de US$ 4, durante os primeiros cinco anos de ocupação, como um resultado direto de cada US$ 1

investido em comissionamento. No entanto, o custo de não comissionamento é igual ao custo de correção de deficiências mais os custos de operações ineficientes.

A comunicação é fundamental no comissionamento e, para isso, as equipes devem se comunicar com clareza para atingir seus objetivos. O comissionamento facilita a comunicação por meio da definição de metas de desempenho e de exigências de reuniões regulares entre todos os membros da equipe (CACX, 2006).

O planejamento do comissionamento é a base para as fases de planejamento, projeto, execução e operação e manutenção do edifício, tendo em vista o atendimento aos requisitos de projeto do proprietário.

Assim, o comissionamento deve ser iniciado na fase de planejamento da edificação. Segundo WBDG (2012), este envolvimento precoce propicia o desenvolvimento dos requisitos de projeto do proprietário, a formação da equipe de base do projeto e o desenvolvimento manuais de operação e manutenção.

3 ESCOPO PARA COMISSIONAMENTO DE SISTEMAS PREDIAIS

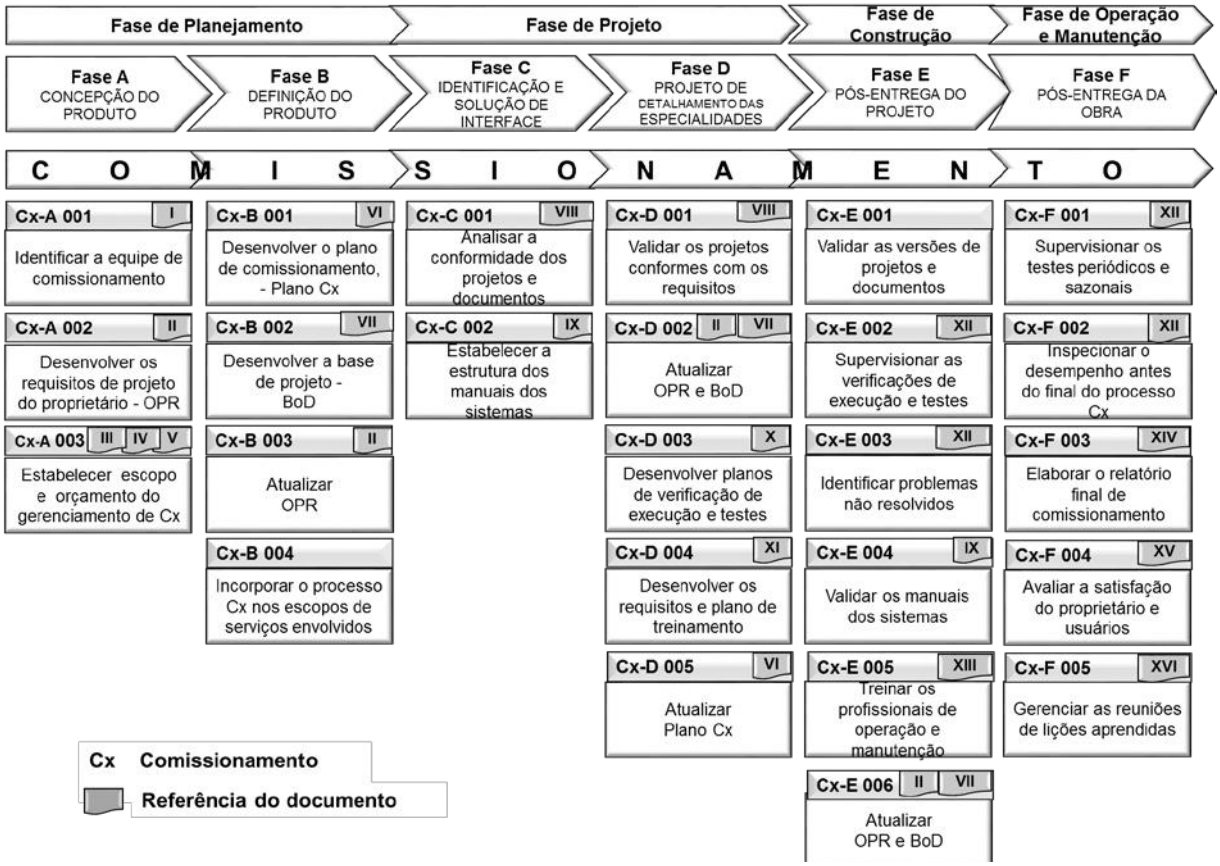
Com base nas diretrizes de comissionamento, propostas pelas instituições internacionais como *American Society of Heathing Refrigeration and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE), *U. S. General Services Administration* (GSA), *National Environmental Balancing Bureau* (NEBB), *National Institute of Building Sciences* (NIBS), *California Commissioning Collaborative* (CACX), *Environmental Protection Agency* (EPA) e na estrutura dos manuais de escopo para a contratação de projetos e serviços imobiliários, coordenados pelo SECOVI/SP, propõe-se o escopo para comissionamento de sistemas prediais por meio da descrição de atividades, das competências e dos produtos gerados em cada etapa do comissionamento e em cada uma das fases do ciclo do edifício. No entanto, neste artigo são apresentados a estrutura geral do escopo para comissionamento e uma descrição das etapas desenvolvidas.

A palavra comissionamento recebe a abreviatura de Cx, conforme guias e normas internacionais como ASHARE (2013).

Na Figura 1 são apresentadas as fases do edifício e do comissionamento (planejamento, projeto, construção, operação e manutenção) correspondentes às fases do ciclo de vida do edifício, fase A à fase F, propostas pelo manual de escopo, AGESC (2012), o qual é referenciado na NBR 15575-6 (ABNT, 2013).

As etapas das fases do comissionamento são denominadas de Cx-A 001 a Cx-F 005 e cada etapa mostra a numeração do documento envolvido (I a XVI).

Figura 1– As fases do edifício e as etapas do processo de comissionamento



Fonte: Autoras.

Os agentes e as disciplinas envolvidos no ciclo de vida de um edifício, depende do tamanho e da complexidade deste, e para este escopo de comissionamento são denominados: construtor; coordenação de projetos; equipe de projetos; gerenciamento de comissionamento; gerenciamento de execução; gerenciamento de facilidades e profissionais de operação e manutenção; proprietários; usuários; especialistas.

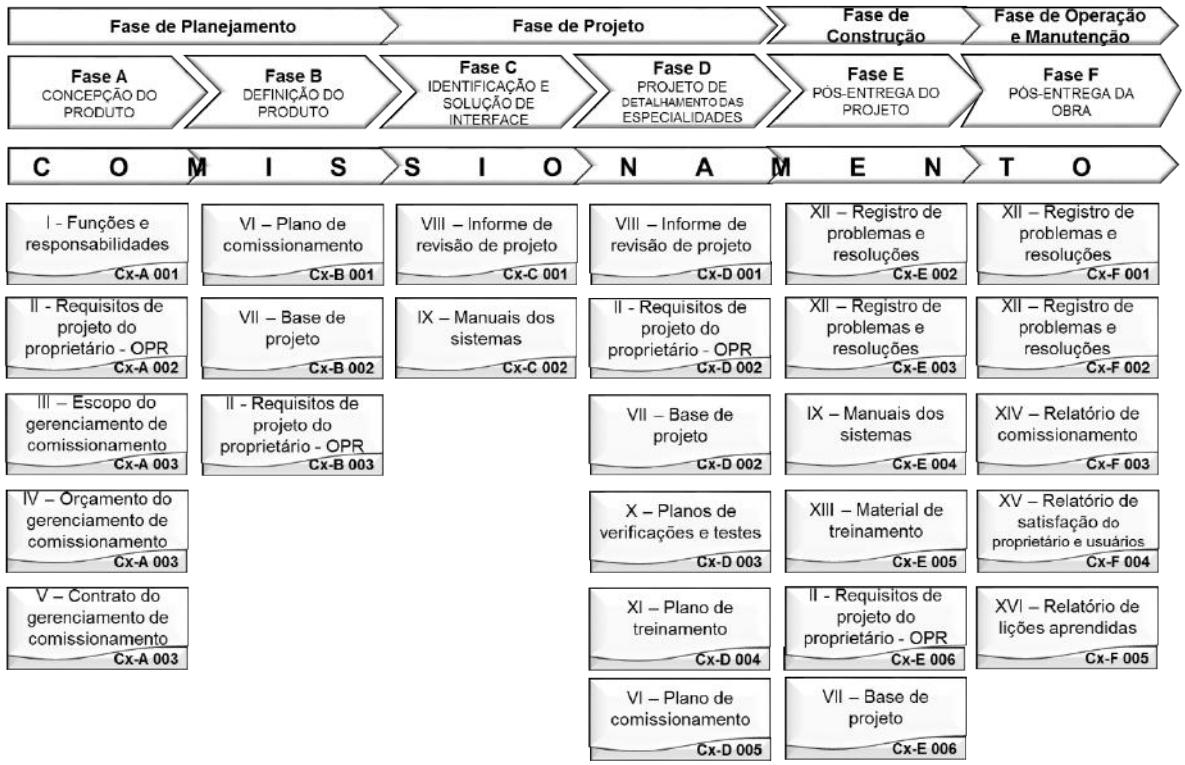
Os especialistas são os profissionais das áreas de acessibilidade; acústica; água fria, água quente, arquitetura de interiores; automação predial; certificação; compensação arbórea; comunicações; conforto; consultor jurídico; estrutura; fundações; geotécnica; impermeabilizações; instalações elétricas; iluminotécnica; paisagismo; proteção contra incêndio; revestimentos; segurança patrimonial; telecomunicações; transporte mecanizado; topografia e vedação.

Na Figura 2 é apresentada a relação dos documentos (I a XVI), gerados em cada fase do comissionamento (fase A à Fase F), com a citação da etapa de referência (Cx-A 001 à Cx-F 005).

Toda a documentação gerada por meio do comissionamento deve seguir a

padronização e nomenclatura estipulada pela equipe de comissionamento. Todas alterações realizadas devem possuir rastreabilidade com controle das versões atualizadas.

Figura 2 – Relação de documentos gerados por fase e etapa do comissionamento



Fonte: Autoras.

Com base no apresentado em ASHARE (2013), ASHARE 0 (2013), GSA (2005), GSA (2014), GSA (2014a), GSA (2015), GSA (2015a), GSA (2015b), GSA (2015c), Stannus e Priece (2005), Agúston e Jensen (2012), Cleto (2010), EPA (2009), Rodrigues (2010) e Novva Solutions (2013) as etapas do escopo de comissionamento para sistemas prediais, são apresentadas por fase a seguir.

Na Fase A – Concepção do Produto (Fase de Planejamento):

- **Cx-A 001 - Identificar a equipe de comissionamento**
  Nesta etapa identificam-se os sistemas a serem comissionados e compõem-se a equipe de comissionamento.
  A equipe, em geral, é composta por representantes de: construtor; coordenação de projetos; equipe de projeto; especialistas, gerenciamento de comissionamento; gerenciamento de execução; gerenciamento de facilidades e profissionais de operação e manutenção; proprietário.
  Os representantes dos especialistas para a equipe de comissionamento dependem da definição dos sistemas a serem comissionados, entre eles destacam-se os sistemas prediais de: condicionamento de ar, ventilação e exaustão; água fria; água quente; energia; iluminotécnica; comunicações; proteção contra incêndio; segurança patrimonial; transporte mecanizado.

Conforme a complexidade, a criticidade, os requisitos de projeto do proprietário, o grau de disponibilidade e segurança requeridos, o alcance do comissionamento e os recursos financeiros pré-definidos, o gerente de comissionamento aloca os profissionais necessários para o gerenciamento de comissionamento.

O gerente de comissionamento dificilmente domina todas as disciplinas envolvidas no comissionamento. Por isso, inclui em sua equipe profissionais especializados, de preferência não envolvidos no ciclo de vida do edifício, para ter outra visão das soluções para os sistemas, além de técnicos de comissionamento para efetuarem as verificações e testes estipulados no comissionamento.

- **Cx-A 002 - Desenvolver os requisitos de projeto do proprietário (OPR)**

  Nesta etapa são descritos os requisitos de projeto do proprietário e critérios para a operação do edifício com descrição da qualidade, desempenho, sustentabilidade, facilidade de operação e manutenção e propósitos do edifício. Portanto, deve transmitir os desejos do proprietário de forma clara com os requisitos do edifício, os parâmetros e os critérios de avaliação.

  Os OPR devem ser claros e específicos para formar a base a partir da qual todo o projeto, construção, aceitação e decisões operacionais são tomadas.

  Os OPR devem ser atualizados no decorrer das fases do edifício.

  Nesta etapa a equipe de comissionamento é composta por representantes de: construtor; coordenação de projetos; equipe de projeto; especialistas, gerenciamento de comissionamento; gerenciamento de execução; gerenciamento de facilidades e profissionais de operação e manutenção e proprietário. Caso contrário, o representante da área não incluída deve auxiliar no desenvolvimento do OPR.

  Os requisitos de projeto do proprietário devem ser revisados e adequados ao longo de todo o processo de comissionamento como, por exemplo, nos itens de custos e viabilidade econômica; viabilidade técnicas e novas tecnologias.

  O detalhamento técnico deve ser efetuado na base de projeto.

- **Cx-A 003 - Estabelecer escopo e orçamento do gerenciamento de comissionamento**

  Descrever a abrangência e o escopo do gerenciamento de comissionamento.

  A equipe do gerenciamento de comissionamento e os outros integrantes da equipe de comissionamento podem participar das outras equipes do ciclo de vida do edifício, mas não deixam de ter um custo para o comissionamento. Por este motivo, o orçamento do gerenciamento de comissionamento não pode ser confundido com o orçamento do comissionamento.

  No comissionamento consideram-se os custos adicionais dos outros representantes da equipe de comissionamento, como o representante do gerenciamento de projetos e demais profissionais de sua equipe.

Na Fase B - Definição do Produto (Fase de Planejamento)

- **Cx-B 001 – Desenvolver o plano de comissionamento (Plano Cx)**
  Nesta etapa é fornecida a orientação para a organização do comissionamento que consta das seguintes atividades: definir o cronograma do comissionamento, os requisitos de documentação, os papéis e responsabilidades; as linhas de comunicação e as ferramentas para avaliar o desempenho e documentar os sistemas dos edifícios.
- **Cx-B 002 – Desenvolver a base de projeto (BoD)**
  Fornecer as informações técnicas detalhadas das decisões de projeto para atender os OPR e garantir sua análise e compreensão.
  A base de projeto deve ser revisada continuamente para se adequar as alterações dos sistemas e dos OPR.
- **Cx-B 003 – Atualizar os requisitos de projeto do proprietário (OPR)**
  Atualizar as informações dos requisitos de projeto do proprietário.
- **Cx-B 004 – Incorporar o comissionamento nos escopos de serviços envolvidos**
  Inserir os serviços necessários para desenvolvimento do comissionamento nos escopos, cronogramas e orçamentos dos agentes e disciplinas envolvidas no comissionamento.

Na Fase C - Identificação e Solução de Interfaces (Fase de Projeto)

- **Cx-C 001 – Analisar a conformidade dos projetos e documentos**
  Examinar os documentos específicos dos sistemas que serão comissionados e documentar todas as observações sobre questões que podem não cumprir os requisitos de projeto do proprietário.
- **Cx-C 002 – Estabelecer a estrutura dos manuais dos sistemas**
  Estabelecer a estrutura dos manuais de sistemas com todas as informações necessárias, tais como: instalação, operação, processo de comissionamento, com índice e referências cruzadas.
  As informações e documentações deverão estar digitalizadas. A nomenclatura da informação deve considerar a localização em relação ao sistema principal do edifício, com itens e divisões, para simplificar o uso e atualizações futuras. No processo de recomissionamento atualizar as versões dos dados dos softwares utilizados para armazenar as informações.
  A cópia impressa atualizada deverá estar disponível para os profissionais de operação e manutenção do edifício.

Na Fase D - Projeto de Detalhamento (Fase de Projeto)

- **Cx-D 001 – Validar os projetos conformes com os requisitos**
  Examinar os documentos específicos dos sistemas a serem comissionados e validar as alterações decorrentes do não atendimento dos requisitos de projeto do proprietário.
- **Cx-D 002 – Atualizar os requisitos de projeto do proprietário e a base de projeto**
  Atualizar as informações dos requisitos de projeto do proprietário e a base

de projeto.

- **Cx-D 003 – Desenvolver planos de verificação de execução e testes**
  Desenvolver os procedimentos e testes a serem verificados durante a execução do sistema para garantir que estejam de acordo com os requisitos de projeto do proprietário. Os planos devem estabelecer condições passo a passo das verificações e testes necessários para alcançar os resultados esperados.
  Os registros das verificações e testes devem conter dados, observações e medidas. Estes podem ser registrados com fotografias, planilhas e meios apropriados, o que permite sua rastreabilidade, para validação e utilização futura.
  Os testes devem contemplar o desempenho ativo, com mudanças das características de utilização usuais dos sistemas, e o desempenho passivo, em condições de utilização usuais dos sistemas.
- **Cx-D 004 – Desenvolver os requisitos e plano de treinamento**
  Configurar e preparar o plano de treinamento para os profissionais de operação e manutenção e usuários do edifício, em conformidade com os requisitos de projeto de proprietário.
- **Cx-D 005 – Atualizar o plano de comissionamento**
  Atualizar o plano de comissionamento.

Na Fase E – Pós-entrega do projeto (fase de construção)

- **Cx-E 001 – Validar as versões de projetos e documentos**
  Supervisionar, no início da fase de construção, se as versões dos projetos e documentos a serem utilizadas na execução dos sistemas estão atualizadas.
- **Cx-E 002 – Supervisionar as verificações de execuções e testes**
  Supervisionar a verificação e testes durante a execução dos sistemas para garantir que os sistemas e instalações estejam de acordo com os requisitos de projeto do proprietário.
- **Cx-E 003 – Identificar problemas não resolvidos**
  Identificar os problemas não resolvidos para garantir que os mesmos sejam solucionados.
- **Cx-E 004 – Validar os manuais dos sistemas**
  Verificar de os manuais dos sistemas estão de acordo com a estrutura e requisitos estabelecidos na fase C.
- **Cx-E 005 – Treinar os profissionais de operação e manutenção**
  Treinar os profissionais de operação e manutenção e os usuários para que os sistemas implementados, sejam operados, cuidados, ajustados e mantidos.
- **Cx-E 006 – Atualizar os requisitos de projeto do proprietário e a base de projeto**
  Atualizar os requisitos de projeto do proprietário e a base de projeto.

Na Fase F – Pós-entrega da obra (fase de operação e manutenção)

- **Cx-F 001 – Supervisionar os testes periódicos e sazonais**

Supervisionar os testes periódicos e sazonais para garantir que os sistemas e instalações estejam de acordo com os requisitos de projeto do proprietário.

- **Cx-F 002 – Inspecionar o desempenho antes do final do comissionamento**
  Antes do final do comissionamento, o gerenciamento de comissionamento deve inspecionar o desempenho do edifício em uso para verificar os problemas não resolvidos e indicar soluções e responsabilidades para resolução nas garantias dos sistemas.
- **Cx-F 003 – Elaborar o relatório final de comissionamento**
  Apresentar o relatório final de comissionamento com o resumo de todas as tarefas, as conclusões e a documentação do comissionamento. O relatório aborda o desempenho real dos sistemas em relação aos projetos, memoriais e aos requisitos de projeto do proprietário.
- **Cx-F 004 – Avaliar a satisfação do proprietário e usuários**
  Avaliar a satisfação dos proprietários e usuários para verificar possíveis falhas no processo de comissionamento e aplicar como base de comissionamento futuros.
- **Cx-F 005 – Gerenciar as reuniões de lições aprendidas**
  Realizar reuniões com a equipe de comissionamento para levantar os pontos positivos e negativos do comissionamento e propor melhorias para os futuros comissionamentos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comissionamento não é complexo, é trabalhoso, mas necessário para suprir a principal falha setor da construção civil, que é a falta de comunicação e interação entre os profissionais, proprietários e usuários envolvidos no ciclo de vida do edifício.

O desenvolvimento deste artigo permite concluir que:

- o comissionamento deve ser iniciado na fase de planejamento e ser concluído, pelo menos, um ano após o início da operação do edifício;
- a comunicação é fundamental para a execução do comissionamento;
- o planejamento do comissionamento é a base de todo processo;
- a documentação é necessária para que o edifício possa ser operado e mantido com qualidade, desempenho e sustentabilidade, e para executar o recomissionamento periodicamente;
- o comissionamento é executado por uma equipe multidisciplinar e não por um único profissional;
- o comissionamento beneficia os profissionais de planejamento, projeto e construção do edifício, mas os maiores beneficiados são os proprietários, profissionais de operação e manutenção e usuários do edifício.

REFERÊNCIAS

ÁGÚSTSSON, R. Ö; JENSEN, P. A. Building commissioning: what can Denmark learn from the U.S. experience? **Journal of performance of constructed facilities**, v. 26, n. 3, p. 271-278, June 2012.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Guideline 0-2013**: the commissioning process. Atlanta: ASHRAE, 2013. 68p.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **ASHRAE 202-2013**: commissioning process for buildings and system. Atlanta: ASHRAE, 2013. 50p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-6**: Edificações habitacionais — desempenho: parte 6: sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS GESTORES E COORDENADORES DE PROJETO (AGESC). **Manual de escopo de projetos e serviços de coordenação de projetos**. 2. ed. [São Paulo]: nov. 2012. Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manual/Ver/1449>. Acesso em: 09 mai. 2015.

BAECHLER, M.; FARLEY, J. **A guide to building commissioning**. Washington: Pacific Northwest National Laboratory, 2011, 47p. Prepared for U.S. Department of Energy: building technologies program, in 25/11/2011.

CALIFORNIA COMMISSIONING COLLABORATIVE (CACX). **California commissioning guide**: news buildings. Sacramento, CA: California Commissioning Collaborative, 2006, 75 p.

CLETO, L. T. **O processo de comissionamento**: dentro do programa de certificação LEED. Porto Alegre, RS: ANPRAC, 10 nov. 2010. 31 p. Disponível em: <http://www.anprac.org.br/PDF_PARA_DOW/Processo_de_comissionamento_tomaz.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2014.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Building commissioning guidelines**. Washington: EPA, Jan. 2009. 60 p.

GRONDZIK, W. T. **Principles of building commissioning**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2009. 132p.

ISHIDA, C. S. F.; OLIVEIRA, L. H. Inter-relação entre os consceitos de comissionamento, qualidade, desempenho, sustentabilidade e coordenação de projeto e sua aplicação em sistemas prediais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XV, 2014, Maceió. **Anais**... Porto Alegre: Entac, 2014. p. 2730-2739. Disponível em: < http://www.infohab.org.br/entac2014/2014.php>. Acesso em: 15 jan. 2015.

NOVVA SOLUTIONS. **Comissionamento**. São Paulo: 2013. Disponível em: <http://www.novvasolutions.com/#!comissionamento/cdxf>. Acesso em: 18 jul. 2014.

RODRIGUES, M. S. **O processo de comissionamento**: ASHRAE Guideline 0-2005. Porto Alegre, RS: ANPRAC, 10 nov. 2010. 27 p. Disponível em: <http://www.anprac.org.br/PDF_PARA_DOW/Processo_de_comissionamento.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2014.

STANNUS, W. S.; PRICE, B. **Integrated systems commissioning**. Victoria, Australia: A. G. Coombs, Feb. 2005. 8 p. Disponível em http://www.agcoombs.com.au/downloads/white_papers/Integrated%20Systems%20Commissioning.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2014.

U. S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. **The building commissioning guide**. Washington: GSA Public Service, Apr. 2005. 84 p.

U. S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. **Define owner´s project requirements with the customer agency**. Washington: GSA Public Service, Nov. 2014. Disponível em: < http://www.gsa.gov/portal/category/21600>. Acesso em: 04 jul. 2015.

U. S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. **Design stage**. Washington: GSA Public Service, Nov. 2014a. Disponível em: < http://www.gsa.gov/portal/category/21069>. Acesso 04 jul. 2015.

U. S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. **Additional project costs**. Washington: GSA Public Service, Apr. 2015. Disponível em: < http://www.gsa.gov/portal/content/101960>. Acesso em:04 jul. 2015.

U. S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. **Develop preliminary commissioning plan**. Washington: GSA Public Service, Apr. 2015a. Disponível em: < http://www.gsa.gov/portal/category/21067>. Acesso em: 04 jul. 2015.

U. S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. **Identify commissioning team**. Washington: GSA Public Service, Apr. 2015b. Disponível em: < http://www.gsa.gov/portal/category/21599>. Acesso em: 04 jul. 2015.

U. S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. **Planning stage**. Washington: GSA Public Service, Apr. 2015c. Disponível em: <http://www.gsa.gov/portal/category/21066>. Acesso 04 jul. 2015.

WHOLE BUILDING DESIGN GUIDE PROJECT MANAGEMENT COMMITTEE (WBDG). **Building commissioning**. Washington, DC: WBDG – National Institute of Building Sciences, Jun. 11 2012. Disponível em: <http://www.wbdg.org/project/buildingcomm.phpf>. Acesso em: 24 ago. 2012.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

SUBSÍDIOS PARA A ESCOLHA DO MATERIAL UTILIZADO PARA INSTALAÇÕES DE GÁS: AÇO, COBRE E MULTICAMADA[1]

MOURA, Aline (1); SANTOS, Fernanda (2); SOUZA, Ubiraci (3); KATO, Camila (4)

(1) FDTE, e-mail: aline.moura@fdte.org.br; (2) FDTE, e-mail: fernanda.santos@fdte.org.br; (3) USP, e-mail: ubiraci.souza@produtime.com.br; (4) FDTE, e-mail: camila.kato@fdte.org.br

RESUMO

As instalações para receber a passagem de gás podem utilizar diferentes materiais. Historicamente, o sistema de gás era feito com tubulações de aço; com o passar dos anos, o cobre passou a ser utilizado e, aos poucos, o multicamada (polietileno-alumínio-polietileno ou polietileno reticulado-alumínio-polietileno reticulado) vem surgindo como uma nova opção. Dentro deste contexto, o executor pode ter dificuldades para definir qual material utilizar. A escolha do melhor material para gás leva em conta vários fatores; neste trabalho é feita a análise de aspectos relevantes, quais sejam: produtividade, técnicas construtivas e organização do trabalho. A análise envolve discussões baseadas em pesquisa bibliográfica e visitas a obras com os serviços em execução para comparar instalações de gás com aço, cobre e multicamada. Este trabalho está inserido numa ampla pesquisa sobre composições unitárias. Tal pesquisa envolve um estudo minucioso com coleta de dados em campo sobre produtividade e consumo de materiais para estes tipos de tubulações de gás. Atualmente, têm-se os estudos de tubulação de aço e cobre concluídos; já o de multicamada encontra-se em desenvolvimento. Este estudo é de suma importância para auxiliar na definição de qual material utilizar nas instalações de gás levando em conta os aspectos anteriormente citados.

Palavras-chave: Gás. Aço. Cobre. Multicamada.

ABSTRACT

The pipes installations to receive the gas can use different materials. Historically, the gas system was made with steel pipes; along the years, copper has come to be used, and slowly, the multilayer (polyethylene-aluminum-polyethylene or polyethylene reticulated aluminum-polyethylene reticulated) is appearing as a new option. In this context, the executor may have trouble defining what material to use. The choice of the best material for gas takes into account several factors; this work is done the analysis of relevant aspects, namely: productivity, construction techniques and work organization. The analysis involves discussions based on literature and visits to buildings with services running to compare gas installations with steel, copper and multilayer. This work is set in large research unit compositions. This research involves a detailed study with field data collection on productivity and consumables for these types of gas pipes. Currently, there are the pipes steel and studies completed copper; since the multilayer is under development. This study is very important to help define which materials used in gas installations considering the aspects mentioned above.

***Keywords**: Gas. Steel. Copper. Multilayer.*

[1] MOURA, A.S.; SANTOS, F.G.; SOUZA, U.E.L.; KATO, C.S.. Subsídios para a escolha do material utilizado para instalações de gás: aço, cobre e multicamada. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

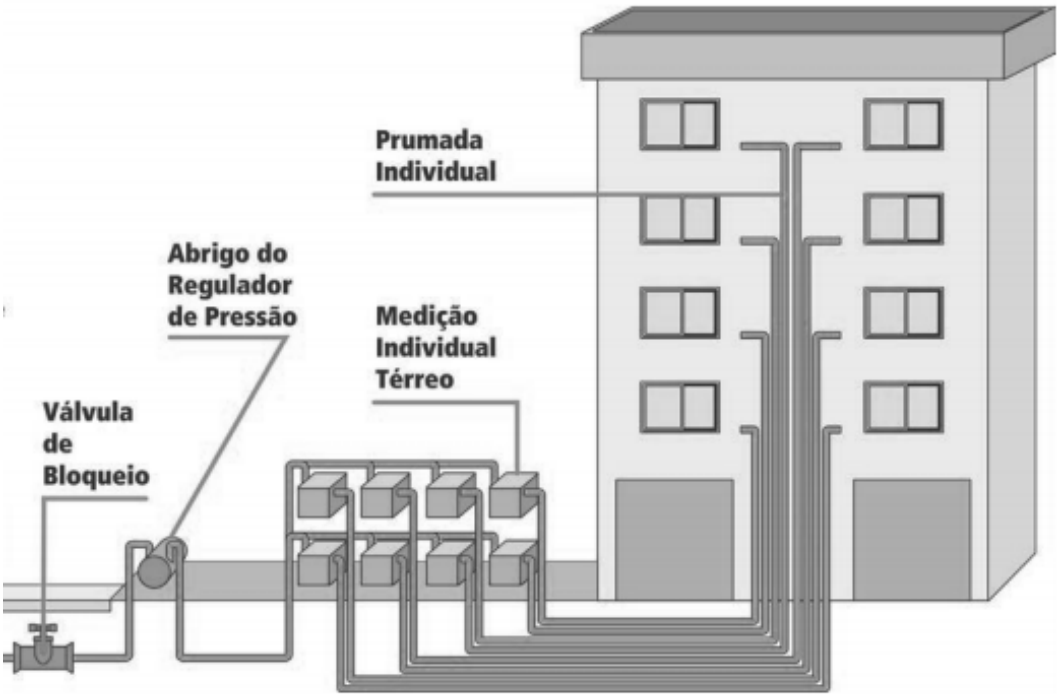
1 INTRODUÇÃO

Antigamente, o gás combustível residencial era amplamente fornecido através de botijões. Com o passar dos anos, com o intuito de aperfeiçoar as construções e ter mais eficiência na distribuição, foi iniciada a colocação de tubulações para fornecimento de gás diretamente da rua ao ponto de consumo dentro de uma edificação (GAZETA DO POVO, 2015).

Segundo a NBR 15526 (ABNT, 2012), o produto é entregue pela concessionária ao consumidor. Após a entrada na edificação a tubulação é encaminhada até a prumada (tubulação vertical que conduz o gás para um ou mais pavimentos) e depois ao ramal (tubulação que parte da prumada e tem seu fim no ponto de consumo).

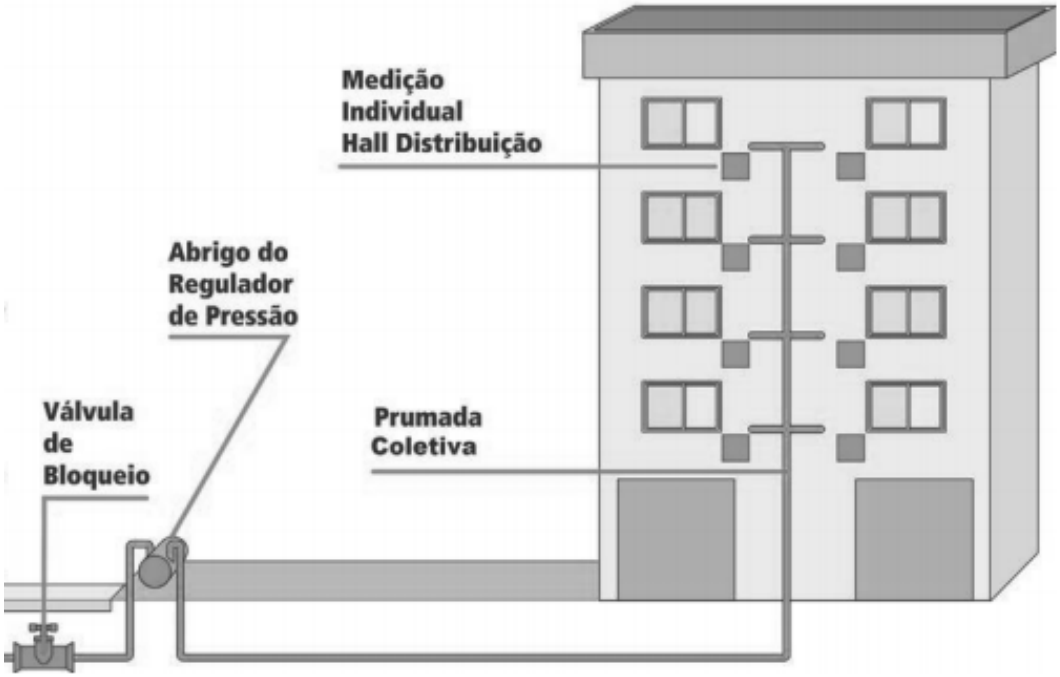
As instalações de gás podem ter prumada individualizada ou coletiva, isto altera o tamanho da rede de instalação (COMGÁS, 2009). Quando as tubulações partem de um centro de medição individualizado, conforme Figura 1, o consumo de materiais é maior. Já a Figura 2 apresenta um modelo de edificação com prumada única e medição no pavimento de utilização.

Figura 1 – Tubulação de gás com prumada individualizada



Fonte: Tigre (2014)

Figura 2 – Tubulação de gás com prumada coletiva



Fonte: Tigre (2014)

Alguns materiais são utilizados nas tubulações para essa finalidade, dentre eles estão o aço, o cobre e o multicamada, que serão abordados no presente artigo.

O aço utilizado nas tubulações prediais é chamado de aço carbono. As instalações são compostas por tubos e conexões, a junção destas peças ocorre através de solda ou rosca, de acordo com a metodologia utilizada em cada obra. Sua durabilidade está relacionada às condições de exposição e à agressividade do meio em que se encontra (TÉCHNE, 2005).

Os tubos de cobre são muito utilizados em instalações de gás por minimizar reparos, o que evita transtornos futuros na edificação, e por conta da boa estanqueidade da tubulação. É um material que suporta altas temperaturas, tem durabilidade e segurança nas instalações (ELUMA, 2009).

O multicamada, composto por camada interna de alumínio e externa de polietileno ou polietileno reticulado unidas por adesivo. Apresenta boas caraterísticas de elasticidade e vida útil duradoura (TIGRE, 2014).

Nas instalações de aço e de cobre, a mudança de direção exige a colocação de conexões, itens muito impactantes no custo do sistema de gás e que influenciam negativamente a produtividade da mão-de-obra. Apesar disto, são materiais muito utilizados por fazer uso de equipes com experiência na instalação. O multicamada, por sua vez, conta com tubos semiflexíveis, onde os desvios são facilmente conseguidos através de curvamentos, o que gera uma redução no consumo das conexões e uma menor possibilidade de vazamentos de gás no encaminhamento da tubulação.

Devido às diferentes opções para utilização e deficiência nas informações encontradas, principalmente sobre o multicamada, que aos poucos vem sendo inserido no mercado de instalações, os três materiais apresentam diferenças em relação à produtividade, aos métodos de execução e ao dimensionamento de equipe, que serão abordados neste artigo.

2 OBJETIVO

Tendo em vista que a escolha do melhor material para tubulações de gás engloba vários fatores, dentre os quais há uma relevância com relação à produtividade, às técnicas construtivas e à organização do trabalho, este artigo apresenta um estudo feito através de coletas de dados em campo sobre produtividade e consumo de materiais para instalações em aço, cobre e multicamada, tendo como objetivo auxiliar a tomada de decisão sobre qual tipo de tubulação adotar para as instalações de gás.

3 MÉTODO DE TRABALHO

O presente artigo está inserido numa ampla pesquisa sobre aferição de composições unitárias, realizado pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) para o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). A Figura 3 apresenta um esquema da metodologia adotada para desenvolver o presente artigo.

Figura 3 – Metodologia de trabalho adotada



Fonte: Os autores

A aferição das composições orçamentárias se dá a partir da definição do tema a ser abordado. Este artigo trata de tubulações para gás em aço, cobre e multicamada. O entendimento do serviço é fundamental para definir qual caminho adotar para obter as informações necessárias à análise.

A partir da definição do tema, aprimora-se o entendimento para que a obtenção dos dados seja feita de forma clara e objetiva.

As coletas feitas em campo verificam quais são as tarefas presentes na execução, os materiais utilizados, as técnicas empregadas, a equipe envolvida e o tempo de duração das atividades.

Com os dados já levantados, é feito o processamento dos mesmos e em seguida a análise matemática e estatística, visando identificar quais os fatores que afetam a produtividade e, ao final da observação das informações, geram-se os indicadores de produtividade e os consumos de materiais e equipamentos referentes a cada composição unitária.

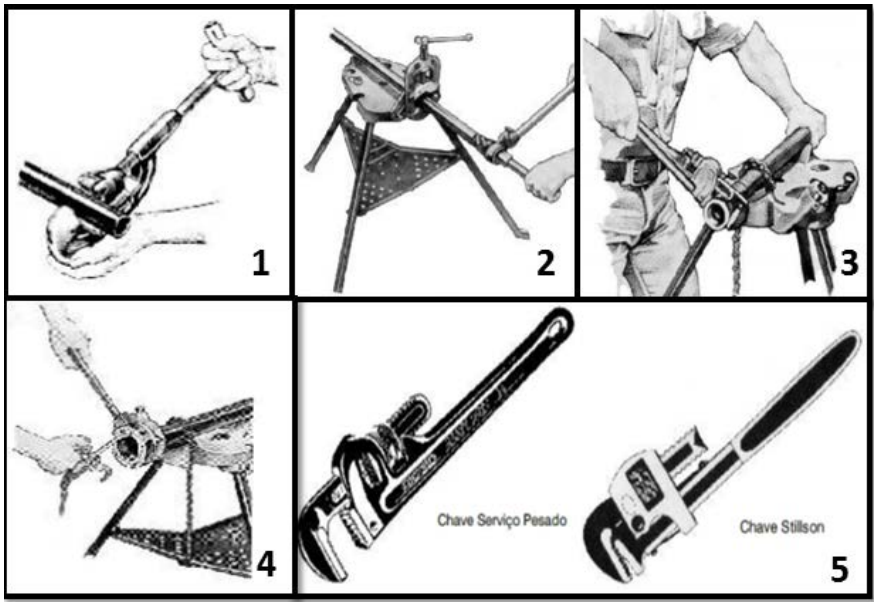
4 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

As tubulações em aço no sistema de gás podem ter junção através de rosca ou soldagem. A rosca é um processo muito utilizado, sua execução deve obedecer aos seguintes procedimentos (RIDGID, 2008):

- Primeiro é feito o corte do tubo, pode ser feito a frio, através do corta tubo, que é mais rápido, ou a quente, através de policorte ou maçarico.
- Após o corte, é possível que o tubo fique com algumas rebarbas, então se retira as sobras;
- Para a fabricação da rosca deve-se utilizar uma rosqueadeira bem afiada para garantir que os filetes sejam feitos dentro das normas e com um melhor acabamento;
- Após a fabricação da rosca, passa-se zarcão para garantir maior resistência à corrosão na região da rosca, tanto no tubo como na conexão;
- Com o objetivo de melhor vedação da junção entre o tubo e a conexão, após a passagem do zarcão, faz-se a colocação da estopa ou da fita veda rosca;
- Após a preparação do tubo e da conexão, faz-se a junção dessas peças através de uma ferramenta de aperto. O aperto é muito importante para evitar vazamentos.

Alguns dos procedimentos podem ser exemplificados na Figura 4.

Figura 4 – Instalação do Aço com rosca



Fonte: Adaptado de Ridgid (2008)

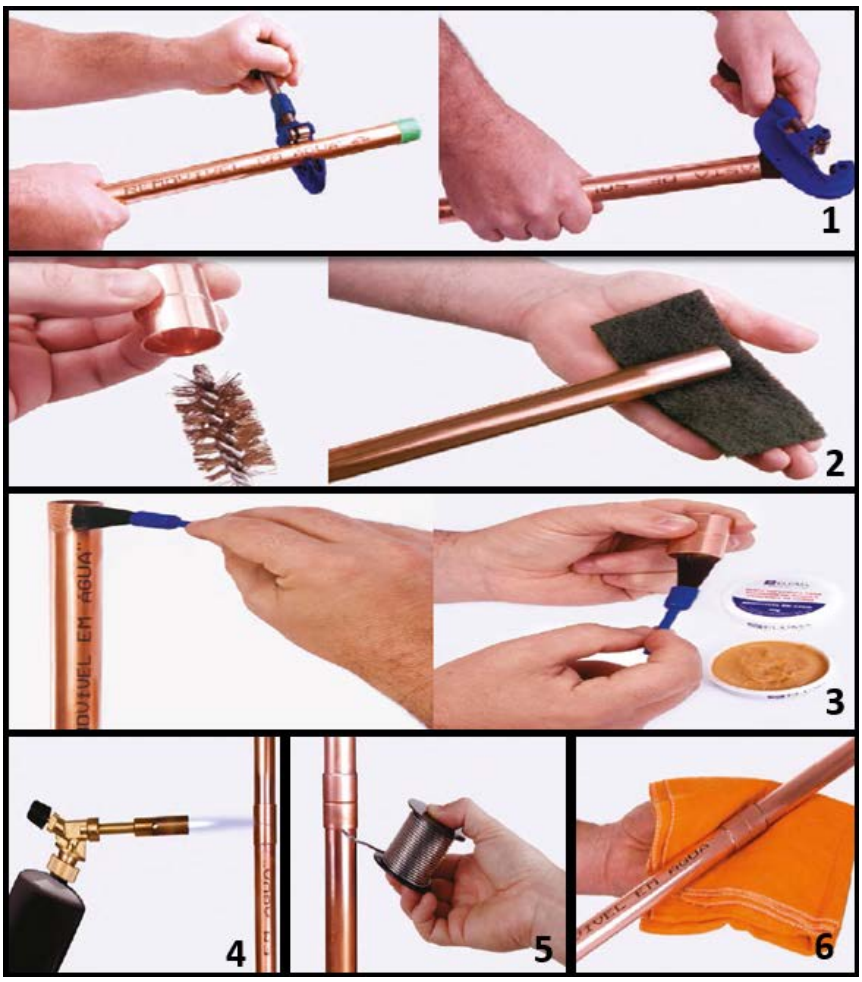
O processo de junção por soldagem, para os tubos de aço carbono, é feito através da solda elétrica do tubo com a conexão ou tubo com tubo. O procedimento para execução de soldagem inclui: primeiro verifica-se o comprimento do trecho a ser instalado e é feito o corte do tubo de aço. Após o corte é feita a retirada das rebarbas. Para uma junção completa, as extremidades do tubo e da conexão devem estar limpas, a fim de reduzir as interferências no momento da soldagem. Com as peças já preparadas, elas são encaixadas e inicia-se o processo de soldagem com eletrodo revestido, penetrando por toda a junta (ESAB, 2003).

As tubulações em cobre no sistema de gás são instaladas através da soldagem. Este processo de junção se dá através da solda do tubo com a conexão. As ferramentas necessárias para o processo são: cortador, lixa, pasta para solda, maçarico e fio de solda. O procedimento para execução de soldagem deve-se executar as seguintes etapas (ELUMA, 2009):

- Preparar o tubo, cortando-o na medida necessária e, em seguida, deve-se utilizar o "escariador", acoplado à ferramenta de corte, para retirar as possíveis rebarbas que tenham ficado no tubo;
- Após o corte as peças devem ser preparadas para receber a solda. Com a lixa é feita a limpeza da bolsa da conexão e da superfície do tubo;
- O próximo passo é aplicar uma pasta específica para soldagem nas regiões que foram limpas (ponta do tubo e bolsa da conexão);
- Com o maçarico, o tubo e a conexão, já encaixados, são aquecidos. Sem a chama, o fio de solda, em estanho, é colocado em um ou dois pontos até que a solda derreta e corra em torno da junção, fazendo a completa vedação;
- A última etapa consiste em retirar o excesso de solda da junção entre o tubo e a conexão.

A Figura 5 apresenta uma sequência de execução das junções entre tubos e conexões de cobre através do processo de soldagem.

Figura 5 – Processo de instalação do cobre



Fonte: Adaptado de Eluma (2009)

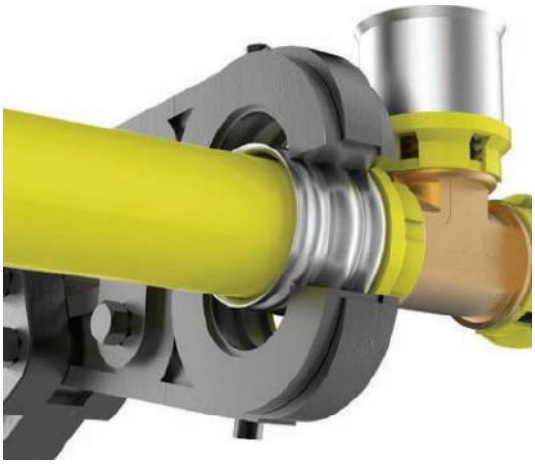
As tubulações em multicamada no sistema de gás podem ter junções de três maneiras diferentes, através de crimpagem, anel deslizante ou termofusão.

No processo de união por crimpagem é utilizado alicate crimpador para conformar o anel metálico da conexão ao tubo, dispensando o uso de adesivos. Para este tipo de união as principais ferramentas utilizadas são: o alicate cortador de tubos, o alicate crimpador e o calibrador/chanfrador. O processo ocorre da seguinte forma (TIGRE, 2014):

- Corta-se o tubo na medida necessária, o "chanfrador" é inserido na ponta do tubo até o limite da ferramenta, produzindo um chanfro na parte interna do tubo, facilitando a união;
- O tubo é colocado na ponta da conexão, de maneira que a ponta do tubo apareça no furo de checagem da conexão;
- Em seguida, para fixar a conexão ao tubo, o alicate crimpador é apertado na parte metálica. O alicate é fechado totalmente para garantir a estanqueidade da união.

A Figura 6 apresenta a etapa de crimpagem da conexão ao tubo.

Figura 6 – Processo de crimpagem de tubo multicamada



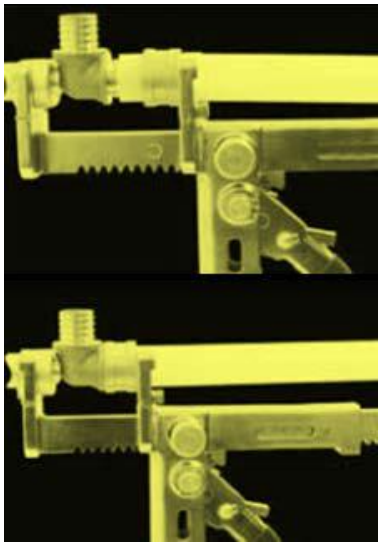
Fonte: Tigre (2014)

O processo de união por anel deslizante envolve as seguintes ferramentas: anel metálico, alicate alargador de tubos, alicate cortador de tubos e a ferramenta de montagem e desmontagem. O procedimento é feito conforme descrito a seguir (ASTRA, 2014):

- Encaixe-se o anel deslizante na extremidade do tubo;
- Com o auxílio do alicate alargador é criada uma bolsa no tubo para que a conexão consiga ser encaixada;
- A conexão metálica é introduzida na bolsa feita no tubo, deixando um espaço de dois milímetros entre a ponta do tubo e o final da conexão;
- Com o auxílio da ferramenta de montagem, o anel desliza sobre a bolsa e é pressionado até que ele sobreponha a união do tubo com a conexão.

A Figura 7 exemplifica o processo de deslize do anel sobre o tubo.

Figura 7 – Processo de junção com anel deslizante



Fonte: Astra (2014)

O processo de junção por termofusão para os tubos de multicamada é realizado da seguinte forma (TIGRE, 2012):

- Limpam-se os bocais da termofusora, o tubo e as conexões com um pano com álcool;
- O corte dos tubos é feito com tesoura para evitar rebarbas;
- Simultaneamente são introduzidos o tubo e a conexão em seus respectivos bocais, de forma perpendicular à placa termofusora;
- Depois de passado o tempo de fusão, as peças são retiradas da termofusora;
- Imediatamente é executada a junção entre o tubo e a conexão de forma alinhada (TIGRE, 2012).

A Figura 8 exemplifica o processo de junção por termofusão.

Figura 8 – Processo de junção por termofusão



Fonte: Tigre (2012)

5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O arranjo e as funções dos operários envolvidos puderam ser adquiridos através da análise das coletas de campo e das referencias bibliográficas. Nas instalações hidráulicas a equipe é comumente formada por um oficial e um ajudante, com possibilidade de exceções, como, por exemplo, o prazo da obra que exija uma maior rapidez na execução e uma equipe formada por um oficial e um ajudante não atenda às necessidades.

No sistema de gás o oficial era o operário de maior importância, ele executava as principais atividades do serviço. O ajudante era responsável por tarefas como corte e lixamento das peças, transporte dos materiais no pavimento, além de auxiliar o oficial em seus afazeres (se preciso). A Tabela 1 exibe o tamanho da equipe observada nas obras visitadas, de acordo

com o serviço em estudo.

Tabela 1 – Organização do trabalho

Material	Técnica	Nº de oficiais	Nº de ajudantes	Total de operários envolvidos
Aço	Rosca	1	1	2
Aço	Solda	2	1	3
Cobre	Solda	1	1	2
Multicamada	Crimpagem	1	1	2
Multicamada	Anel deslizante	1	1	2
Multicamada	Termofusão	1	1	2

Fonte: Os autores

Conforme a Tabela 1 pode-se verificar que para a execução das tubulações em aço soldado são utilizados dois oficiais. Um desses oficiais é referente ao soldador, funcionário especializado para a execução da solda dos tubos e que se torna necessário na equipe por ter experiência na execução da solda elétrica.

6 PRODUTIVIDADE

A produtividade foi definida no sistema de gás através da aplicação das composições aferidas. Devido às dificuldades diferenciadas para cada parte do sistema (variação do número de conexões por metro linear de instalação, acessibilidade, posição de montagem e diâmetros de tubos), a análise foi feita separadamente em subgrupos (prumada e ramal). A prumada é o trecho referente às tubulações verticais que saem do pavimento de fornecimento de gás e chegam até o pavimento de consumo. Os ramais tratam-se das tubulações que partem da prumada e chegam até o ponto de utilização final.

Além disso, foram analisadas as dificuldades de instalação para cada grupo de conexão, são eles: dois acessos alinhados (2AA, por exemplo: luva), dois acessos inclinados (2AI, por exemplo: cotovelo 90°) e conexões com três acessos (3A, por exemplo: tê).

Os dados dispostos na Tabela 2 foram separados de acordo com seu material em ramais de gás. A Razão Unitária de Produção (RUP) refere-se à produtividade da equipe como um todo, onde se soma os coeficientes de produtividade de cada funcionário envolvido na equipe, de acordo com a Tabela 1 apresentada no item anterior.

As análises do grupo de multicamada ainda não foram concluídas.

Tabela 2 – Produtividade em ramais de gás

Material	Técnica	Razão Unitária de Produção (RUP) – ramais de gás							
		Hh/m tubo		Hh/ conexão 2AA		Hh/ conexão 2 AI		Hh/ conexão 3 A	
		1/2"	3/4"	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"
Aço	Rosca	0,346	0,594	0,346	0,594	0,518	0,890	0,692	1,186

Aço	Solda	0,342	0,588	0,342	0,588	0,516	0,882	0,687	1,176
Cobre	Solda	0,330	0,566	0,296	0,508	0,446	0,762	0,594	1,018

Fonte: Os autores

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para instalações de prumadas de acordo com o material e técnica utilizados.

Tabela 3 – Produtividade em prumadas de gás

Material	**Técnica**	**Razão Unitária de Produção (RUP) – prumadas de gás**							
		Hh/m tubo		**Hh/ conexão 2AA**		**Hh/ conexão 2 AI**		**Hh/ conexão 3 A**	
		2"	**2 1/2"**	**2"**	**2 1/2"**	**2"**	**2 1/2"**	**2"**	**2 1/2"**
Aço	Rosca	0,956	1,040	1,290	1,404	1,934	2,104	2,580	2,806
Aço	Solda	1,134	1,257	1,533	1,695	2,298	2,544	3,066	3,393
Cobre	Solda	0,188	0,222	0,254	0,300	0,380	0,450	0,506	0,600

Fonte: Os autores

Conforme as Tabelas 2 e 3, é possível observar que quanto menor o diâmetro menor a RUP, ou seja, diâmetros maiores demandam mais tempo de execução do que diâmetros menores. Com relação ao tipo de tubo verifica-se que o cobre é mais fácil do que o aço e dentro das técnicas utilizadas para as instalações de aço, a rosca demanda mais tempo de execução do que a solda.

Comparando as conexões, a análise envolveu o estudo das dificuldades de instalação de cada tipo de peça. Estas dificuldades foram determinadas através de pesos (quanto maior significa mais difícil ou mais esforço para execução) que classificam cada tipo de conexão, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Ponderação das conexões

Conexão	**Encaixe inicial**	**Encaixes posteriores**	**Direções diferentes para os encaixes posteriores**	**Peso conexão**
2AA	1	1	0	2
2AI	1	1	1	3
3A	1	2	1	4

Fonte: Os autores

Com base nos pesos das conexões, as RUPs puderam ser determinadas aplicando a ponderação (peso da conexão mais presente na instalação dividido pelo peso de cada conexão).

Apesar de não ter o estudo do grupo de tubos em multicamada, tem-se uma ideia, através dos dados já levantados em obra e das pesquisas bibliográficas, de que ele apresenta uma redução no consumo de conexões, item muito impactante na produtividade de uma equipe.

7 CONCLUSÃO

Após a análise dos materiais citados neste artigo, conclui-se que a escolha de qual material utilizar para tubulações de gás envolve não só a produtividade da mão-de-obra, como também as técnicas que serão aplicadas e a organização do trabalho para se aliar ao cronograma e aos prazos da obra.

O entendimento das produtividades em cada trecho da instalação aqui apresentados, prumada e ramal, auxilia não só a definição de qual material é mais eficiente relacionado à execução como também impacta na avaliação de custos e dimensionamento de equipe para que o conjunto total dos itens esteja em concordância com o que o cliente espera ter como resultado final.

Desta forma, acredita-se que este estudo possa, além de colaborar na definição dos materiais e métodos a serem utilizados, auxiliar a contratação de mão-de-obra na execução de instalações de tubulações de gás e ampliar as referências de produtividade deste serviço e contribuir positivamente para a melhor gestão das atividades relacionadas a ele.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 15526**: Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2012a.

ASTRA. **Manual Técnico**. Sistemas Hidráulicos, Jundiaí, SP, jun. 2014. Disponível em: < http://www.astra-sa.com.br/arquivos/pdf%5Cmanual-tecnico-astrapex.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2016.

COMGÁS. **RIP Regulamento de Instalações Prediais** - Gás, São Paulo, SP, out. 2009. Disponível em: <http://www.comgas.com.br/pt/Documents/RIP%202009.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2016.

ELUMA. **Tubos e Conexões de Cobre.** Catálogo Técnico, jan. 2009. Disponível em: < http://www.cfg.com.br/up_catalogos/Eluma_-_2009.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2016.

ESAB. **Soldagem de Tubulações.** 18 mar. 2003. Disponível em: < http://www3.esab.com.br/literatura/apostilas/Apostila_Soldagem_de_Tubulacoes.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2016.

GAZETA DO POVO. **Migração para gás natural impulsiona expansão da rede em Curitiba.** 4 abr. 2015. Disponível em: < http://www.gazetadopovo.com.br/imoveis/migracao-para-gas-natural-impulsiona-expansao-da-rede-em-curitiba-c44vmscpmo2eh1lsu8p33ojh6 >. Acesso em: 19 abr. 2016.

RIDGID. **Instalações de Tubos de Aço.** Catálogo Técnico, dez. 2008. Disponível em: < http://www.portalridgid.com.br/suporte/catalogos/InstalacoesTubosAco.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2016.

TÉCHNE. **Instalações Hidráulicas**. Mar. 2009. Disponível em: < http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/144/ipt-responde-tubulacoe.aspx>. Acesso em: 19 abr. 2016.

TIGRE. **Alpex Gás Tigre**. Catálogo Técnico, Joinville, SC, 3 nov. 2014. Disponível em: < http://www.tigre.com.br/_upload/catalogo_tecnico/20140527142804.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2016.

TIGRE. **Orientações Técnicas sobre Instalações de Termofusão**. Catálogo Técnico, Joinville, SC, jul. 2012. Disponível em: < http://www.tigre.com.br/_upload/catalogo_tecnico/20121008163551.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSIÇÃO DE FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE PROJETOS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS PREDIAIS[1]

PAIXÃO, Thyago César Rodrigues (1); SILVA, Marcelo Henrique Apolinario (2); REIS, Ricardo Prado Abreu (3)

(1) UFG, e-mail: thyagocrp@gmail.com; (2) UFG, e-mail: marcelo-henriquer@hotmail.com; (3) UFG, e-mail: ricardoprado.reis@outlook.com

RESUMO

Nas edificações, a incidência das patologias nos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS), ainda é grande. As patologias nos SPHS podem se originar na fase de projetos, no material empregado, na etapa de construção, ou durante o uso dos sistemas. Na fase de projeto elas são relacionadas às não conformidades, que surgem sempre que uma prescrição, requisito ou recomendação não são atendidos. O objetivo deste trabalho é propor uma ferramenta de avaliação da qualidade de projetos dos SPHS. Para isto, foram levantadas 112 não conformidades recorrentes que incidem nos projetos dos sistemas de água fria, água quente, esgoto e águas pluviais – sendo suficientemente abrangentes para avaliar qualitativamente tais projetos. A validação da ferramenta se deu pela sua aplicação em um projeto hidráulicos e sanitários de um edifício existente. A aplicação da ferramenta a tal projeto indicou grandes possibilidades de melhorias no mesmo, sendo consideravelmente grande a quantidade de não conformidades verificadas.

Palavras-chave: Construção civil. Sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Patologia das construções. Qualidade de projeto.

ABSTRACT

In buildings, the incidence of pathologies in water supply and drainage facilities (WSDF), is still great. Pathologies in WSDF can originate in the design phase, in the material used, in the construction phase or during the use of the systems. In the design phase they are related to non-conformities that arise whenever a prescription requirement or recommendation are not met. The aim of this research is to propose an evaluation tool of quality projects of WSDF. Therefore, 112 nonrecurring conformities that affect projects design, were raised. In this survey were covered design projects of water supply, hot water, sewage and stormwater drainage – the chosen criteria were sufficiently comprehensive to evaluate qualitatively such projects. The validation of the proposed assessment tool was given by its application in a plumbing system design project of a multi-floor building. The application of such a design tool indicated great possibilities of improvements in the plumbing system design, being considerably large the amount of non-conformities verified.

***Keywords**: Civil Construction. Plumbing systems. Water supply. Drainage systems. Buildings Pathologies. Design Quality.*

[1] PAIXÃO, Thyago César Rodrigues; SILVA, Marcelo Henrique Apolinario; REIS, Ricardo Prado Abreu. Proposição de ferramenta de avaliação qualitativo de projeto hidráulico e sanitários prediais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo - SP. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a preocupação com relação à qualidade nos processos de concepção e execução de obras vem se tornando cada vez mais criteriosa. Aliando as inovações tecnológicas na indústria da construção à crescente exigência de qualidade das pessoas, amparadas legalmente pelo Código de Defesa do Consumidor, as empresas construtoras vêm procurando formas de se adequarem para se manterem competitivas no mercado. Apesar disso, nas edificações, a frequência de incidência e as causas das patologias nos sistemas considerados "complementares", dentre eles os Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS), ainda é grande e têm sido pouco pesquisadas.

Assim, a avaliação das patologias relacionadas aos projetos dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários é de fundamental importância por possibilitar o emprego de ações corretivas e preventivas. Ressalta-se ainda que intervenções nessa fase normalmente são de baixo custo se comparadas às fases posteriores (SILVA, 2008).

Desta forma, o presente trabalho propõe uma ferramenta de avaliação qualitativa de projetos hidráulicos e sanitários prediais, em forma de lista de verificações, de forma que possa ser utilizada para auxiliar na identificação das não conformidades recorrentes dos projetos de SPHS.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem das patologias nos SPHS

A construção de uma edificação abrange mais do que simplesmente a concepção, projeto e execução da obra. Têm-se também as etapas de operação e manutenção, compreendendo-se assim toda sua vida útil. Os processos patológicos podem ter origem em qualquer umas dessas fases (SOARES, 2010; CARVALHO JUNIOR, 2013 e GNIPPER, 2010).

Carvalho Junior (2013) cita que as principais causas de patologias em SPHS é de origem endógena, como: falhas de projeto (40%), falhas de execução (28%), qualidade dos materiais (18%), uso das instalações (10%), e diversos (4%).

Ressaltando as patologias originadas em projetos, Lichtenstein (1985) relaciona tais problemas às falhas de compatibilização entre os diversos projetos da edificação, à baixa qualidade dos materiais especificados ou especificações inadequadas e a falhas nos projetos propriamente ditos: detalhamento insuficiente, omitido ou errado; detalhe construtivo inexequível; falta de clareza; falta de padronização gráfica e erros de dimensionamento.

2.2 Normas técnicas

Atualmente no Brasil existem várias Normas referentes aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Cada uma das instalações que foram objeto desse

trabalho possui normatização específica: água fria (NBR 5626 - ABNT, 1998); água quente (NBR 7198 - ABNT, 1993); esgoto sanitário (NBR 8160 - ABNT, 1999) e águas pluviais (NBR 10844 - ABNT, 1989).

2.3 Boas práticas de engenharia e de projeto

Ao se projetar os sistemas prediais, algumas práticas de projeto são adotadas pelos bons profissionais. Apensar de não serem exigências normativas, a adoção destas práticas visa facilitar o fluxo de informações entre projetista e executor e, também, a evitar situações que possam favorecer a degradação do sistema, dificultar a sua operação e manutenção, entre outros. Estas práticas, estão relacionadas ao bom senso e à experiência do projetista e, são as chamadas de "*boas práticas de projeto*". Sua aplicação é muito subjetiva e varia de acordo com a personalidade e conhecimento técnico de cada profissional. Assim, pode gerar controvérsias e abrem espaço para que nem sempre sejam seguidas.

2.4 Obrigatoriedade legal

Segundo a Constituição Federal (BRASIL, 1988) "ninguém será obrigado a fazer ou deixar de fazer alguma coisa senão em virtude de lei". As normas expedidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), uma entidade privada sem fins lucrativos, não são leis. Entretanto, quando uma edificação se torna produto em uma relação de compra e venda, tal empreendimento se sujeita ao Código de Defesa do Consumidor (lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990). Segundo essa lei "*É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços (...) colocar no mercado de consumo qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas (...) pela Associação Brasileira de Normas Técnicas*" (BRASIL, 1990). Desta forma, os SPHS, por serem constituintes das edificações, estão sujeitos a tal legislação, sendo o empreendedor o responsável por qualquer não conformidade normativa presente na edificação.

2.5 Não conformidades

Uma não conformidade surge sempre que uma prescrição, requisito ou recomendação não são atendidos.

As não conformidades originam "patologias manifestas (perceptíveis pelos sentidos), em curso (ainda sem sintomas aparentes) ou potenciais (com alguma probabilidade ou nível de risco de se manifestarem)" (GNIPPER, 2010). É conveniente, então, considerar as não conformidades de projeto como patologias potenciais, e, por conta disso, devem ser corrigidas preventivamente, visando impedir sua manifestação.

3 METODOLOGIA

Com base nas pesquisas bibliográficas e nas normas técnicas vigentes, fez-se uma listagem das patologias mais comuns aos SPHS, decorrentes da fase de

projetos. Tais patologias foram relacionadas a não conformidades normativas ou de práticas projetuais.

Assim, elaborou-se *check-lists* com critérios de não conformidades, um para cada sistema do SPHS. Cada sistema foi dividido em subgrupos, conforme Figura 1.

Figura 1 - Estruturação do *check-list* para avaliação de projetos de SPHS.



Fonte: Os autores

Os *check-lists* foram desenvolvidos no formato de planilha eletrônica a fim de facilitar o preenchimento e a compreensão dos dados observados nos projetos de SPHS. A planilha inicia-se pela identificação da origem da não conformidade: "N" (Normativa) e "B" (Boas Práticas de Projeto). Na coluna seguinte são listados os critérios para cada subgrupo do SPHS. A presença ou ausência de determinada não conformidade é registrada nas colunas "ID" (Identificado), "N ID" (Não identificado) ou, se for o caso, "N A" (Não se aplica). Há ainda a coluna "Observação", destinada a qualquer anotação que seja pertinente. Por fim, a coluna, "ID MIT" (Identificado, porém mitigado), se faz presente para os casos em que a não conformidade não foi ou não pôde ser completamente reparada, mas o projetista lançou mão de técnicas visando minimizar suas consequências. Ao fim de cada subgrupo há espaços para a adição de novos itens de acordo com a especificidade de cada projeto. A Figura 2 apresenta a estrutura do *check-list* de avaliação.

Figura 2 - Estrutura dos *check-lists* de avaliação qualitativa de projeto de SPHS.

SISTEMA HIDRÁULICO-SANITÁRIO						
Origem	**Subgrupo**	**ID**	**N ID**	**N A**	**Observação**	**ID MIT**
N	Critério 1		X			
B	Critério 2	X				X

Fonte - Os autores

Os resultados obtidos do preenchimento dos *check-lists* de cada sistema são convertidos em um quadro resumo, separados pelos subgrupos dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários e, em gráficos tipo teia, que facilitam a visualização da quantidade de não conformidades verificadas em projeto.

Para validar a aplicabilidade dos *check-lists* propostos, aplicou-se os mesmos ao projeto hidráulico-sanitário de um edifício de tipologia escolar de oito pavimentos, contendo sistemas de água fria, esgoto e águas pluviais.

4 RESULTADOS

Como resultado, inicialmente são apresentados os critérios propostos na ferramenta de avaliação de projetos. O Quadro 1 apresenta os principais critérios de não conformidades referentes aos requisitos dos projetos do Sistema de Predial de Água Fria. Para esse, foram definidos um total de 35 critérios de não conformidades tidas como recorrentes, sendo 20 não conformidades normativas e 15 não conformidades às boas práticas de projeto.

Quadro 1 – Critérios de não conformidades do sistema de Água Fria

ÁGUA FRIA (CONTINUA.)	
Reservação	
N	Tubulação de aviso de extravasamento do reservatório descarregando em local inadequado
N	Reservatório inferior enterrado, semienterrado ou apoiado sem rebaixo ou caixa de sucção impedindo total esgotamento
N	Ausência de tubo-sifão para tomada de água para consumo ao fundo do reservatório elevado quando esse armazena também a reserva de combate a incêndio
N	Ausência ou insuficiência de folga das paredes laterais de reservatório inferior com paredes limítrofes do subsolo, e da laje de fundo com o piso
N	Adoção de reservatório de maior capacidade com câmara única (sem septo separador) em edificações não residenciais unifamiliares isoladas
N	Formato alongado do reservatório inferior, com zonas de estagnação, dificultando a renovação da água
N	Ausência de proteção dos pontos de inspeção dos reservatórios contra entrada de água e luminosidade
B	Reservatório em posição inadequada
Instalação elevatória	
N	Insuficiência de espaço na casa de bombas
N	Ausência de amortecedores de vibração nas bases de apoio e saídas de bombas
B	Válvula de retenção comum a ambas as saídas de bombas de recalque
B	Pressurizador em local inadequado
Distribuição	
N	Ausência de registros de fechamento para comando individual das colunas de distribuição de água
N	Barrilete em espaço inadequado ou insuficiente para manobras do sistema e manutenção
N	Ausência de tubulação exclusiva para alimentação de água fria a válvulas de descarga de bacias sanitárias
N	Tubulações plásticas expostas ao tempo
N	Não cumprimento das pressões mínimas e máximas nas instalações recomendadas por Norma

	ÁGUA FRIA (CONTINUAÇÃO)
	Distribuição
N	Ausência de tubos de ventilação ou dispositivo quebrador de vácuo em colunas de distribuição de água fria
N	Tubulação com suportes espaçados inadequadamente
N	Peças de utilização na parede contígua aos ambientes habitados
N	Central de redução de pressão com uma única válvula redutora de pressão
N	Tubulação de água fria alimentando simultaneamente válvula de descarga de bacia sanitária e aquecedor central privado ou coletivo
N	Ausência de dispositivo adequado de prevenção contra refluxo na alimentação de torneiras de jardins, aspersores, fontes, cascatas, piscinas e/ou chafarizes
B	Adoção de PVC marrom soldável classe 15 para tubulações suscetíveis de golpes de aríete ou com pressão superior a 40 m.c.a.
B	Ramais de distribuição de água fria formando sifões invertidos com possibilidade de acúmulo de ar em suas partes altas
B	Ausência de tubulação exclusiva para alimentação de água fria a aquecedor central privado ou coletivo
	Projeto
B	Ausência de detalhamento dos ambientes sanitários
B	Ausência de detalhamento de elementos específicos importantes
B	Escala inadequada
B	Ausência de compatibilização com projeto arquitetônico
B	Ausência de compatibilização com sistema estrutural
B	Ausência de compatibilização com sistema predial elétrico
B	Insuficiência de informações no Memorial Descritivo
B	Insuficiência de informações no Memorial de Cálculo
B	Insuficiência de informações na Lista de Materiais

Fonte: Os autores

No Quadro 2 estão listados os principais critérios de não conformidades com relação aos projetos do Sistema de Predial de Água Quente. Para esse, foram levantados um total de 23 critérios, sendo 6 não conformidade normativas e 17 não conformidades às boas práticas de projeto.

Quadro 2 – Critérios de não conformidades do sistema de Água Quente

	ÁGUA QUENTE (CONTINUA.)
	Reservação
B	Posicionamento inadequado do reservatório de água quente (boiler)
B	Não observância à pressão máxima de trabalho do boiler
N	Dimensionamento incorreto dos aquecedores de acumulação
	Distribuição
N	Não cumprimento das pressões mínimas e máximas nas instalações recomendadas por Norma
N	Ausência de lira ou conexão de expansão em trechos retilíneos longos de tubulações de água quente
N	Ausência de sistema de recirculação de água quente
N	Ausência de registros de fechamento para comando individual das colunas de distribuição onde há geração central de água quente
N	Ausência de amortecedores de vibração nas bases de apoio e saídas de bombas de circulação de água quente
B	Extensão insuficiente de braço de flexão em derivações de colunas de distribuição de água quente devido à falta de espaço
B	Ausência de registros de fechamento nas derivações de ramais de distribuição de água quente de ambientes sanitários

ÁGUA QUENTE (CONTINUAÇÃO)	
Distribuição	
B	Ausência de registros de fechamento nas derivações de ramais de distribuição de água quente a jusante de aquecedores
B	Ramais de distribuição de água quente formando sifões invertidos com possibilidade de acúmulo de ar em suas partes altas
B	Ausência de respiro ou dispositivo eliminador de ar em pontos altos de ramais de distribuição de água quente
B	Superdimensionamento das tubulações de água quente
Projeto	
B	Ausência de detalhamento dos ambientes sanitários
B	Ausência de detalhamento de elementos específicos importantes
B	Escala inadequada
B	Ausência de compatibilização com projeto arquitetônico
B	Ausência de compatibilização com sistema estrutural
B	Ausência de compatibilização com sistema predial elétrico
B	Insuficiência de informações no Memorial Descritivo
B	Insuficiência de informações no Memorial de Cálculo
B	Insuficiência de informações na Lista de Materiais

Fonte: Os autores

No Quadro 3 tem-se os principais critérios de não conformidades que são encontradas no Sistema de Predial de Esgoto Sanitário. Quanto a esse sistema, foram levantados 30 critérios de não conformidades, sendo 16 não conformidades normativas e 14 não conformidades às boas práticas de projeto.

Quadro 3 – Critérios de não conformidades do sistema de Esgoto Sanitário

ESGOTO SANITÁRIO (CONTINUA.)	
Coleta e transporte	
N	Possibilidade de ocorrência de retrossifonagem em aparelho sanitário
N	Declividade insuficiente das tubulações de esgoto
N	Existência de mudanças de direção em 90° em trechos horizontais de ramais de descarga e esgoto, subcoletores e coletores prediais
N	Especificação de material inadequado para condução de esgoto com características específicas
N	Possibilidade de transmissão inadequada de ruídos devido à configuração das instalações de esgoto
N	Ligação de tubulações de esgoto de aparelhos sanitários onde são utilizados detergentes em regiões de ocorrência de sobrepressão
N	Inexistência ou subdimensionamento de caixa de gordura coletiva
N	Ausência, inadequação e/ou inacessibilidade de dispositivos de inspeção em bases de tubos de queda e mudanças de direção de subcoletores e coletores prediais de esgoto
B	Ralo posicionado no centro do box
B	Ligação de tubulações de esgoto de aparelhos sanitários onde não são utilizados detergentes em regiões de ocorrência de sobrepressão
B	Lançamento de águas servidas da máquina de lavar roupa diretamente na caixa sifonada
B	Possibilidade de danos em pé de coluna (causados por eventuais golpes de sólidos que são escoados pelo tubo de queda)
B	Ausência de Válvula de Retenção de Esgoto em edificação em que possa ocorrer o retorno do esgoto da rede urbana
Ventilação	
N	Ausência ou ventilação ineficiente do sistema de esgoto

ESGOTO SANITÁRIO (CONTINUAÇÃO)	
Ventilação	
N	Tubo ventilador distante do desconector
N	Tubulação de ventilação com diâmetro insuficiente
N	Tubulação de ventilação com aclive insuficiente
N	Posicionamento inadequado da extremidade de colunas de ventilação de esgoto e tubos ventiladores primários
N	Ausência de ventilação adequada em pontos acima e abaixo de desvios de tubos de queda
N	Ramal de ventilação ligado a coluna de ventilação a menos de 15 cm acima do nível de transbordamento da água do mais alto dos aparelhos sanitários, excluindo-se os que despejam em ralos ou caixas sifonadas de piso
N	Ausência de terminais de ventilação adequados nas extremidades de colunas de ventilação e de tubos ventiladores primários
Projeto	
B	Ausência de detalhamento dos ambientes sanitários
B	Ausência de detalhamento de elementos específicos importantes
B	Escala inadequada
B	Ausência de compatibilização com projeto arquitetônico
B	Ausência de compatibilização com sistema estrutural
B	Ausência de compatibilização com sistema predial elétrico
B	Insuficiência de informações no Memorial Descritivo
B	Insuficiência de informações no Memorial de Cálculo
B	Insuficiência de informações na Lista de Materiais

Fonte: Os autores

O Quadro 4 apresenta os principais critérios de não conformidades que são encontrados no Sistema de Predial de Águas Pluviais. Para esse sistema, foram levantadas 24 não conformidades tidas como recorrentes, sendo 9 não conformidades normativas e 15 não conformidades às boas práticas de projeto.

Quadro 4 – Não conformidades do sistema de Água Pluvial

ÁGUAS PLUVIAIS (CONTINUA)	
Coleta	
N	Subdimensionamento de áreas de contribuição
N	Declividade incorreta de lajes
N	Quantidade insuficiente de ralos em lajes
N	Subdimensionamento da seção de calhas
N	Ausência de declividade das calhas de beiral ou de platibanda
N	Falta de extravasor nas calhas
B	Declividade incorreta das áreas de contribuição externas
B	Ausência de declividade das calhas de água-furtada
B	Dimensionamento de saída única para o esgotamento de calhas
B	Posicionamento inadequado de pontos de drenagem
Transporte	
N	Subdimensionamento dos condutores verticais
N	Falta de especificação de tubulação reforçada nos condutores verticais de águas pluviais
N	Ausência de dispositivos de inspeção em condutores horizontais de águas pluviais
B	Inadequação e/ou inacessibilidade de dispositivos de inspeção em condutores horizontais de águas pluviais
B	Existência de mudanças de direção em 90° em condutores horizontais de águas pluviais
B	Dimensionamento de tubulações com diâmetros superiores ao cobrimento disponível

ÁGUAS PLUVIAIS (CONTINUAÇÃO)	
Projeto	
B	Ausência de detalhamento de elementos específicos importantes
B	Escala inadequada
B	Ausência de compatibilização com projeto arquitetônico
B	Ausência de compatibilização com sistema estrutural
B	Ausência de compatibilização com sistema predial elétrico
B	Insuficiência de informações no Memorial Descritivo
B	Insuficiência de informações no Memorial de Cálculo
B	Insuficiência de informações na Lista de Materiais

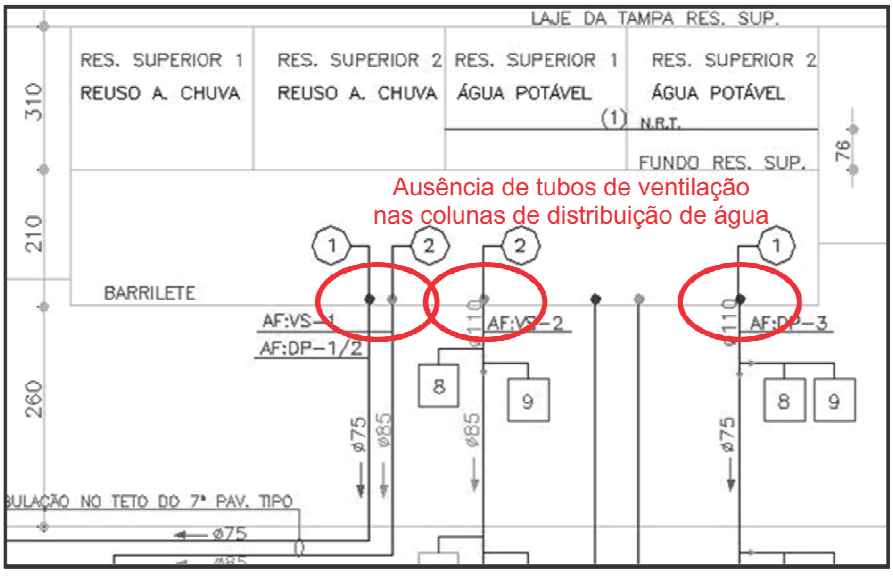
Fonte: Os autores

4.1 Aplicação da ferramenta de avaliação proposta

Por meio da aplicação dos check-lists apresentados anteriormente, procedeu-se à análise dos projetos dos SPHS do empreendimento em estudo. Não foi possível aplicar a ferramenta para o sistema de água quente, devido a edificação não possuir esse sistema.

Assim, de mão do projeto analisou-se cada um dos sistemas separadamente. As Figuras 3, 4 e 5 apresentam algumas das não conformidades detectadas no projeto, sendo: (1) ausência do tubo de ventilação na coluna de distribuição de água fria, critério que aponta não conformidade com a NBR 5626 (ABNT, 1998); (2) utilização de caixa sifonada interligada ao ramal da pia da copa e, a não utilização de caixa de gordura a montante da interligação do subcoletor predial, uma não conformidade com a NBR 8160 (ABNT, 1999) e (3) emprego de conexões 90° raio curto na mudança de direção dos condutores horizontais, não conformidade identificada no sistema de águas pluviais NBR 10844 (ABNT, 1989).

Figura 3 – Ausência de tubos de ventilação nas colunas de distribuição de água.

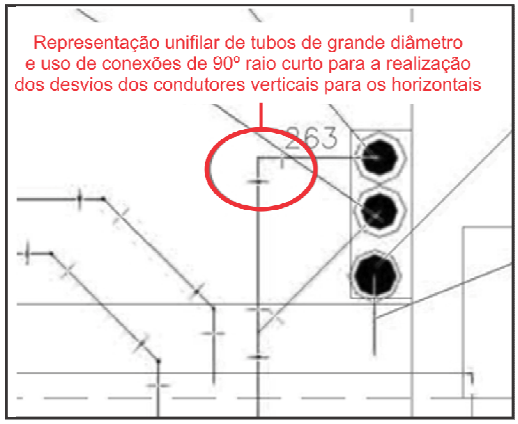


Fonte: Fornecido pelo contratante, adaptada pelos autores

Figura 4 – Inexistência de caixa de gordura.



Figura 5 – Condutor horizontal com mudança de direção em 90°.



Fonte: Fornecido pelo contratante, adaptada pelos autores

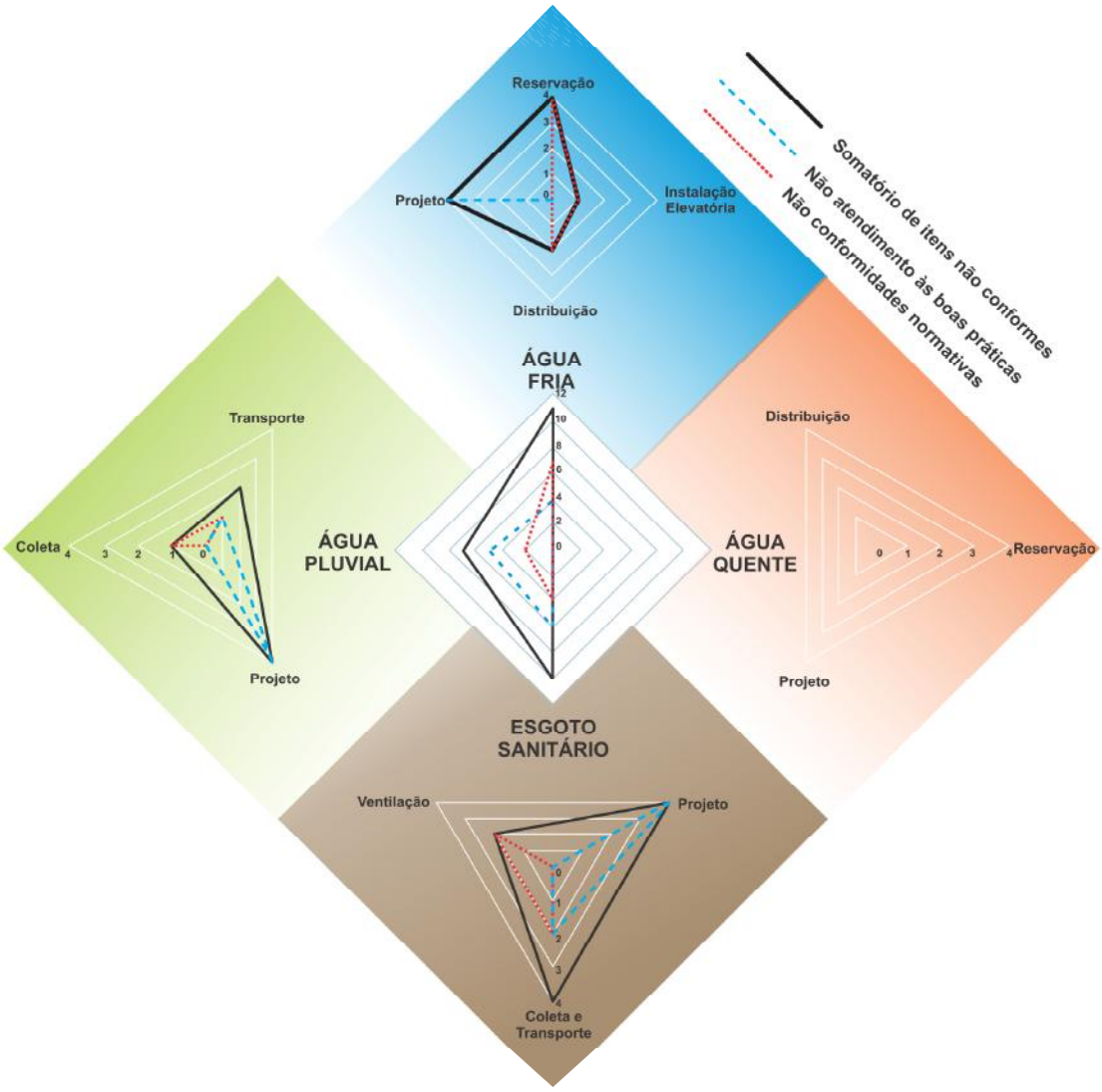
Após o preenchimento total do formulário de verificação, os resultados são traduzidos na forma de uma tabela resumo onde são apontadas as quantidades de não conformidades, absolutas e relativas, para cada sistema do projeto de SPHS (Tabela 1). Em conjunto da tabela resumo, os resultados são apresentados por meio de um gráfico (Figura 6) que expõem as quantidades absolutas de não conformidades verificadas em projeto, sendo os quatro gráficos das extremidades referentes a cada sistema hidráulico-sanitário e seus subgrupos, e, o gráfico central referente à quantidade total de não conformidades por sistema.

Tabela 1 – Não conformidades observadas nos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários.

Sistema	Total de itens do *check-list*	Quantidade Não Aplicada	Quantidade de não conformidades normativas	Quantidade de não atendimento às boas práticas	Quantidade relativa de não conformidades normativas	Quantidade relativa de não atendimento às boas práticas
Água Fria	35	9	7	4	27%	15%
Água Quente	23	23	0	0	0%	0%
Esgoto Sanitário	30	5	4	6	16%	24%
Água Pluvial	24	7	2	5	12%	29%

Fonte: Os autores

Figura 6 – Quantidades verificadas de não conformidades normativas e de boas práticas considerando cada um dos sistemas e subgrupos avaliados.



Fonte: Os autores

Analisando-se os gráficos da Figura 6, foram constatadas 13 não conformidades normativas, sendo a maior incidência no sistema de água fria. Tal fato, indica uma provável falta de conhecimento normativo por parte do projetista, um aspecto preocupante visto que as normas técnicas devem ser obrigatoriamente atendidas. Quanto ao não atendimento às boas práticas, foram verificadas ao todo 15 critérios não atendidos, sendo a maior incidência no sistema de esgoto. Apesar destes não serem critérios legalmente obrigatórios, o não seguimento pode evidenciar falta de conhecimento dos padrões e práticas adotadas pela empresa, ou pouca experiência do projetista.

A quantidade significativa de itens não conformes relevam grande potencialidade patológica na edificação em estudo, sendo muito provável

a manifestação de patologias se não forem feitas intervenções com vista a reparar os erros de projeto.

5 CONCLUSÕES

Levantando-se as principais não conformidades que incidem nos projetos de SPHS foi constatado que parte considerável dos itens dos check-lists são referentes às "boas práticas de engenharia", evidenciando possíveis falhas de abrangência das normas vigente e dando margem para que não sejam cumpridas.

Quanto à aplicabilidade da ferramenta de avaliação de projetos proposta, por meio da avaliação do projeto de SPHS de uma edificação existente, pode-se identificar com maior facilidade falhas de projeto que possam vir a se tornarem manifestações patológicas. A ferramenta apontou as principais falhas em cada sistema do projeto de SPHS estudado e, caso tivesse sido aplicada durante a etapa de projeto, facilitaria o procedimento de ajustes e correções por parte do projetista.

A ferramenta proposta encontra-se em desenvolvimento, e ainda possui a limitação de não levar em consideração a gravidade das não conformidades nem a quantidade observada (repetitividade). Ao considerar todas as não conformidades com o mesmo peso e valor, pode-se mascarar a potencialidade patológica de determinada não conformidade, dificultando uma correta avaliação dos resultados e priorização das ações corretivas ou preventivas a serem adotadas com vista a sanar as falhas identificadas.

Por fim, pode-se afirmar que a ferramenta proposta é capaz de avaliar qualitativamente os projetos de SPHS, podendo ser aplicada em qualquer fase da vida útil da edificação, seja para prevenir manifestações patológicas futuras, seja para auxiliar na compreensão de manifestações patológicas já instaladas.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____.**NBR 7198:** Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993.

_____.**NBR 8160:** Sistemas prediais de esgoto sanitário- Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

_____.**NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Lei nº. 8078, de 11 de setembro de 1990. **Código de Defesa do Consumidor.**

Diário Oficial da União, Brasília, DF, DF, v.128, n.176, p.1, 10 set. 1990.

CARVALHO JÚNIOR, R**.; Patologias em Sistemas Prediais Hidráulicos-Sanitários**. São Paulo: 1 ed. Editora Blucher, 2013. 216 p.

GNIPPER, S. F. **Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 2010. 307p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2010.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções: procedimentos para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. São Paulo, 1985. 191 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1985.

MARTINS, M. S.; HERNANDES, A. T.; AMORIM, S. V. Ferramentas para melhoria do processo de execução dos sistemas hidráulicos prediais. In: III SIBRAGEC – Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. 16-19 set. 2003, São Carlos. **Anais**... São Carlos: ANTAC, sn. 2003.

SILVA, C. F. C.; SOUSA, R. V. R.; MONTEIRO, E. C. B. Análise das patologias de uma edificação da cidade do Recife – Estudo de caso. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC. 7-10 de outubro de 2008, Fortaleza, Ceará, 2008. **Anais...,**. Porto Alegre: ANTAC, 2018. 9p.

SOARES, D. A. F.; **Patologias em Sistemas Hidráulicos Prediais e de Prevenção Contra Incêndio**. 2010. Disponível em: <http://creaweb.crea-pr.org.br/pro-area/arquivosAula/curso37/modulo1/fontepesquisa/Apostila%20Patologias%20em%20Sistemas%20Hidr%C3%A1ulicos.pdf >. Acesso em: 22 de abril de 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DESEMPENHO DE TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NOS LOTES URBANOS[1]

REIS, Ricardo Prado Abreu (1); ILHA, Marina Sangoi de Oliveira (2)

(1) EECA/ UFG, e-mail: ricardoprado.reis@outlook.com; (2) FEC/Unicamp, e-mail: milha@fec.unicamp.br

RESUMO

A impermeabilização de áreas edificadas resulta no aumento do escoamento superficial, podendo contribuir para uma maior frequência de cheias urbanas. Visando diminuir o impacto da impermeabilização das superfícies urbanas, sistemas de infiltração de água de chuva vêm sendo propostos como medida compensatória de drenagem predial. Este trabalho objetiva avaliar o desempenho hidrológico de trincheiras de infiltração de água de chuva quanto a redução do volume de escoamento descarregado no sistema de drenagem urbano. Para tanto, foram executadas trincheiras de infiltração em uma área experimental a fim de possibilitar o monitoramento das vazões de entrada, volume infiltrado e volume extravasado durante eventos de chuva simulados, considerando-se vazões de 6,7 m³/h e 8,5 m³/h. Assim, foi possível construir os hidrogramas de saída dos sistemas e mensurar a parcela retida e infiltrada em relação ao volume de chuva de projeto. Observando uma eficiência de redução de escoamento superficial de aproximadamente 70%, devido a implantação da trincheira de infiltração, valor entre 14,6% e 16,1% superior ao esperado em projeto, foi possível destacar a relevância da adoção de sistemas de infiltração como medidas de desenvolvimento de baixo impacto para o controle de escoamento superficial em edificações urbanas.

Palavras-chave: Trincheiras de Infiltração. Infiltração de Água de Chuva. Drenagem na Fonte. Sistemas Prediais.

ABSTRACT

As a consequence of the impervious built-up areas it can be cited the increase in surface runoff, that consequently contributes to a higher frequency of urban flooding. In order to reduce the impact caused by compaction and sealing of large urban surfaces, stormwater infiltration techniques, have been widely proposed as a compensatory measure for building drainage. This research aims to evaluate the hydrologic performance of stormwater infiltration trenches to reduce runoff volume discharged into the urban drainage system. To that end, an infiltration trench was built in an experimental area in order to allow monitoring input flow rates, infiltrated volume and overflowed volume during simulated rain events, considering flow of 6.7 m³/h and 8.5 m³/h. Thus, it was possible to construct the discharge hydrograph of the systems and measure the amount of water retained and infiltrated by the system in relation to the total volume of design rain project. Observing a runoff reduction efficiency of approximately 70% due to the infiltration trench implementation, value between 14.6% and 16.1% higher than expected in the design, it was possible to highlight the

[1] REIS, Ricardo Prado Abreu; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Desempenho de trincheiras de infiltração de água de chuva para controle do escoamento superficial nos lotes urbanos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

importance of adopting infiltration systems as low-impact development measures for the control runoff in urban built-up areas.

***Keywords**: Infiltration trenchers. Low Impact Development. Source Drainage, On-lot Drainage, Storm Water Infiltration.*

1 INTRODUÇÃO

O excesso de escoamento superficial é uma das consequências do crescimento desordenado das áreas impermeabilizadas, proporcionadas pelo processo de desenvolvimento das cidades. Visando minimizar os impactos ocasionados por este processo, técnicas mais sustentáveis de concepção de sistemas de drenagem de água pluvial vêm sendo desenvolvidas e investigadas nas últimas décadas. Segundo Stephens e Maclean (2011), a descentralização das estratégias de gestão de águas pluviais no meio urbano é uma importante medida para se obter um melhor desempenho dos sistemas de drenagem urbana. Para isto, devem ser adotadas soluções distintas, mas que se complementam, para a gestão do escoamento superficial gerado por diferentes intensidades de chuva (chuvas frequentes, chuvas intensas e eventos extremos) nas áreas urbanas, tais como: lotes edificados, áreas públicas e áreas de risco.

Dentre as soluções compensatórias de drenagem urbana, podem ser citados os sistemas de drenagem no lote. Segundo Nascimento e Baptista (2009) e Hinman (2012), tratam-se de técnicas de gerenciamento de águas pluviais aplicadas a parcelas pequenas ou individuais de solo urbano, que visam conservar as características naturais do terreno por meio de ações da engenharia e, assim, possibilitam o manejo mais sustentável das águas pluviais dentro de lotes edificados. Este conceito integram as práticas de desenvolvimento de baixo impacto LID (*Low Impact Development*) ou SUDS (*Sustainable Drainage System*).

Dentre as diversas práticas LID, as soluções que induzem a infiltração da água de chuva no solo têm sido frequentemente as mais pesquisadas e empregadas. Considerando que as áreas pavimentadas correspondem em média de 60% a 70% da área construída das edificações urbanas Ferguson (2005), sistemas de infiltração de água de chuva, como as trincheiras, se mostram uma estratégia importante para o gerenciamento de água pluvial no lote.

As trincheiras de infiltração constituem-se em valas de grande comprimento e pequena largura preenchidas com material granular Browne et al. (2013). Segundo Akan e Houghtalen (2003), as trincheiras normalmente são executadas com profundidades entre 0,6 a 3,0 m e preenchidas com material granular de porosidade acima de 30% e diâmetro entre 3 e 8 cm. Lima (2009) e Göbel et al. (2009) recomendam a utilização de material de preenchimento com porosidade acima de 35% (seixos, britas e outros), envolto em manta geotêxtil. Silva, Carvalho e Palmeira (2012) ainda citam o uso de materiais alternativos, tais como as garrafas PET, para o preenchimento das trincheiras de infiltração. Assim, o fluxo da água que

escoa superficialmente e é conduzido para o interior das trincheiras ficam armazenados até que, de forma gradual, o processo de infiltração da água de chuva para o solo esgote todo o volume ali armazenado.

A prática construtiva mais frequentemente observada consiste na utilização das trincheiras para a captação da água de escoamento superficial que passa sobre a sua superfície. Contudo, a introdução de tubos perfurados de descarga de águas pluviais no interior das trincheiras, possibilita um melhor aproveitamento do reservatório de amortecimento formado pelas trincheiras, já que desta forma, elas passam a receber diretamente a água provenientes de outras áreas impermeabilizadas de uma edificação.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento hidrológico de duas trincheiras experimentais de infiltração de água de chuva quanto ao controle de escoamento superficial, quando submetidas a ensaios com duas vazões de descarga, simulando chuvas com diferentes períodos de retorno.

2 MATERIAL E METODOS

No desenvolvimento desta pesquisa foram executadas duas trincheiras de infiltração experimentais, as quais foram dimensionadas de forma a receber em seu interior a vazão de chuva equivalente à captada por uma cobertura de fibrocimento de 10 x 5 m com inclinação de 10%. O experimento conta com bombas centrífugas com vazão regulável e medidores classe "D" para a simulação de chuvas e medição da vazão de água em tempo real.

As trincheiras foram executadas por meio de uma escavação de 0,80 m de profundidade e 5,0 m de comprimento. No fundo desta vala foi executada a trincheira, com uma seção de 0,60 x 0,60 m e 5,0 m de comprimento, preenchida com brita nº 1, envolta em manta geotêxtil (Bidim® RT-7), e aterrada por uma camada de 20 cm de areia.

Um tubo de descarga DN 100, perfurado com aproximadamente 120 furos de 5/16" por metro linear, foi instalado dentro da trincheira a uma altura de 0,40 m do fundo. Outro tubo DN 100 perfurado foi instalado na face superior da trincheira, a fim de funcionar como dreno quando a trincheira atingir sua capacidade máxima de operação.

Nas Figuras 1 a 3 observam-se as etapas executivas e o detalhe esquemático das trincheiras de infiltração utilizadas para o desenvolvimento desta pesquisa.

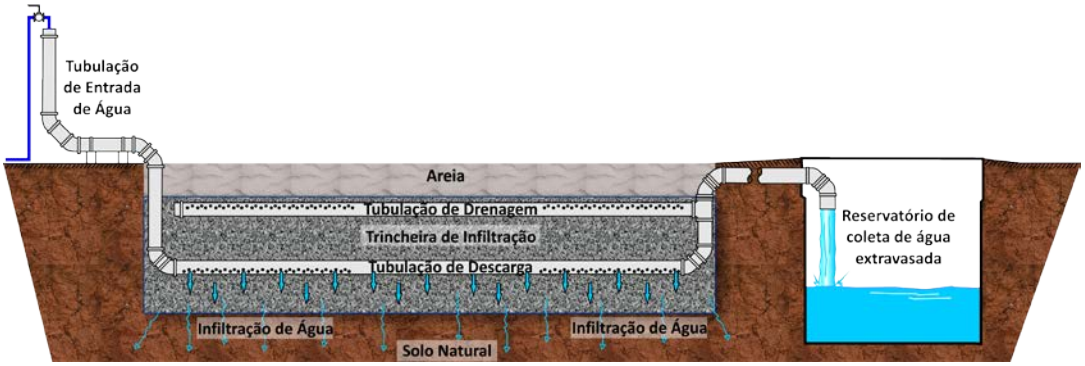
Figura 1 – Fases de implementação: escavação e instalação da trincheira de infiltração.



Figura 2 – Fase final da instalação das trincheiras de infiltração.



Figura 3 – Detalhe esquemático da trincheira de infiltração experimental.

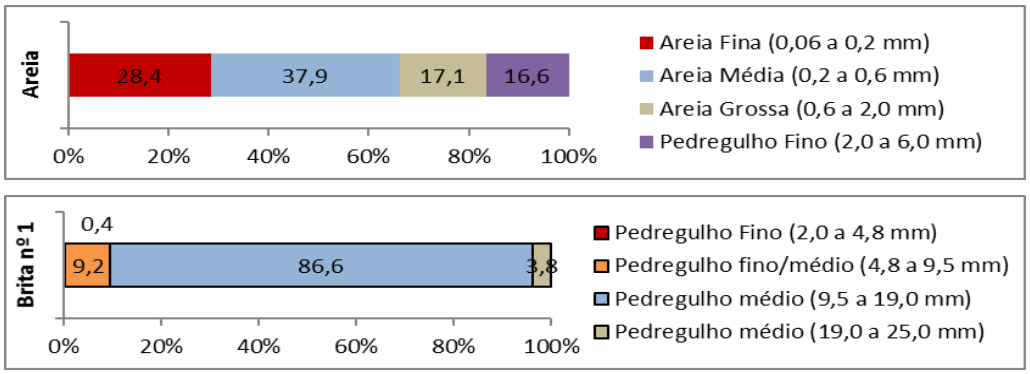


Com a finalidade de definir de forma mais precisa a capacidade de retenção das trincheiras, os materiais empregados no seu preenchimento (brita e areia), foram caracterizados quanto à fração granulométrica, porosidade e massa específica. Esses materiais foram comprados em lojas de materiais de construção do mercado da cidade onde foi desenvolvido o estudo experimental.

O procedimento utilizado para a determinação da fração granulométrica foi o peneiramento e pesagem do material previamente seco em estufa. A Figura 4 mostra as frações granulométricas resultantes.

A determinação da porosidade considerou valores com o material em estado natural e, posteriormente, com o material compactado por vibração durante 15 segundos. A porosidade foi determinada por meio da pesagem em recipiente com massa e volume conhecido (Quadro 1).

Figura 4 - Fração granulométrica dos materiais de preenchimento empregados na execução das trincheiras de infiltração.



Quadro 1- Valores de porosidade dos materiais utilizados no preenchimento das trincheiras de infiltração, considerando a situação compactada e não compactada.

	Material de Preenchimento			
	Areia		**Brita**	
	Não compactada	**Compactada**	**Não compactada**	**Compactada**
Porosidade amostra 1	38,50 %	32,00 %	46,53 %	42,68 %
Porosidade amostra 2	36,97 %	40,41 %	45,37 %	42,24 %
Porosidade amostra 3	36,59 %	32,77 %	45,88 %	42,70 %
POROSIDADE MÉDIA	**37,35 %**	**35,06 %**	**45,93 %**	**42,54 %**

Para a determinação da massa especifica utilizou-se a pesagem em recipiente de volume conhecido, com água e, posteriormente, com o material de peso conhecido mais água. O Quadro 2 mostra os valores de massa especifica dos materiais de preenchimento em estado natural.

Quadro 2 - Valores de massa específica dos materiais utilizados no preenchimento das trincheiras de infiltração.

	Material de Preenchimento	
	Areia	**Brita**
Massa específica dos grãos	2,62 g/cm³	2,79 g/cm³

A taxa de infiltração do solo foi determinada por meio dos valores médios de ensaios de rebaixamento de água feito no local de estudo em três poços de 0,15 m de diâmetro e 2,50 m de profundidade, escavados a trado sem revestimento, conforme critérios da ABGE (1996). Resultando em uma taxa de infiltração de 2,53 x 10^{-5} $m^3/m^2/s$. Amostras retiradas a cada 0,50 m de escavação desses três poços, até a profundidade de 2,50 m, indicaram que o solo pode ser classificado entre argila arenosa e silte arenoso, conforme o método de classificação granulométrica (ASTM D 2487, 2010).

Por meio dos parâmetros levantados dos materiais de preenchimento e das dimensões executivas das trincheiras de infiltração, pode-se recalcular o volume útil de projeto, que é igual a 920 litros, considerando a camada de brita mais a camada de areia utilizada no aterro até a metade da seção do tubo extravasor. Este valor foi utilizado para comparar o desempenho de retenção das trincheiras de infiltração em projeto e o desempenho observado em campo.

Para a avaliação do desempenho hidrológico dos sistemas de infiltração, além dos medidores de vazão, também foram empregados sensores de nível de água posicionados dentro de cada unidade de infiltração (trincheira de infiltração) e, também, dentro de reservatórios interligados a jusante do extravasor de cada sistema. Assim, foi possível traçar os hidrogramas levando em consideração as vazões de entrada e saída e os intervalos de tempo necessários para o enchimento total e o esgotamento dos mesmos.

Antes de cada ensaio os sistemas de infiltração foram enchidos e esvaziados por três vezes consecutivas, a fim de elevar o grau de umidade e de saturação do solo na região de contorno, de modo a simular a pior condição de funcionamento dos mesmos. O enchimento das trincheiras foi realizado com as mesmas vazões definidas para o ensaio e, era mantido até que o reservatório de captação do volume extravasado, posicionado a jusante da trincheira atingisse a sua capacidade limite, 500 Litros. Os quatro enchimentos e esvaziamentos consecutivos foram realizados em intervalos de 6h:12h:6h, considerando vazões de chuva de elevada intensidade e curta duração, geram uma condição que dificilmente ocorrerá em um cenário real. Com isso, criou-se um cenário que representa uma condição crítica de funcionamento. Assim, só foram considerados como resultados para as análises os dados coletados a partir do 4º procedimento de enchimento.

2.1 Avaliação do Desempenho Hidrológico

Visando avaliar o desempenho das trincheiras de infiltração de água de chuva foram adotadas duas chuvas de ensaio com vazões de 8,56 m^3/h e 6,79 m^3/h e, com duração de 11 minutos e 30 segundos e 15 minutos respectivamente. A primeira vazão de ensaio representa uma chuva de projeto com período de retorno de aproximadamente 13 anos e a segunda, uma chuva com período de retorno próxima de 7 anos. Estas definições foram feitas considerando-se a área de contribuição da área experimental,

equivalente a 53 m^2 (considerando a declividade da cobertura) e a equação de chuva para a cidade de Campinas-SP, elaborada por ZUFFO e LEME (2005). Ao todo foram realizados quatro ensaios, dois para cada vazão. Por fim, o tempo de ensaio foi definido de acordo com a capacidade limite de armazenamento do tanque que recebe a água de extravasamento das trincheiras de infiltração.

Assim, considerando-se os cenários de ensaio e os volumes úteis de projeto das trincheiras de infiltração, as capacidades de retenção seriam de 56%, para a vazão de 8,56 m^3/h e 11 minutos e meio de duração e, de 54% para a vazão de ensaio de 6,79 m^3/h com duração de 15 minutos. Nestes cenários, a taxa de infiltração foi desconsiderada, seguindo as recomendações de Campisano, Creaco e Modica (2011), que indicam ser muito baixo o percentual infiltrado em terrenos argilosos de baixa permeabilidade, para ser considerado na determinação do volume de sistemas de infiltração de água de chuva dimensionados com chuvas intensas e de pequena duração.

Para a avaliação do desempenho dos sistemas de infiltração foram monitorados o tempo de enchimento das trincheiras de infiltração e os volumes retido, infiltrado e de extravasamento. Os hidrogramas construídos para as vazões de saída e entrada nos sistemas de infiltração foram comparados com o hidrograma representativo do sistema sem nenhuma estratégia de infiltração, gerado por meio do método da curva cinemática (FHA, 2001), utilizado para o cálculo do tempo de concentração em pequenas áreas construídas e, também, observando o escoamento local.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 observa-se o conjunto de hidrogramas de saída do sistema experimental com e sem as trincheiras de infiltração para o estudo com a vazão de 8,56 m^3/h e duração de 11 minutos e meio. Por sua vez, o conjunto de hidrogramas de saída do sistema experimental com e sem as trincheiras de infiltração para os ensaios realizados com a vazão de 6,79 m^3/h e duração de 15 minutos está apresentado na Figura 6.

Em ambos os ensaios nota-se que as trincheiras de infiltração foram capazes de reduzir consideravelmente o volume descarregado de água pluvial. Para a maior vazão, as trincheiras foram capazes de reduzir em média 70,6% do volume total de ensaio, considerando a medição ao final do escoamento. Para a vazão de 6,79 m^3/h os sistemas foram capazes de reduzir em 70,1% o volume total da chuva, também, considerando a medição ao final do escoamento. Neste sentido, considerando-se a eficiência esperada de projeto, os resultados apresentaram um desempenho superior, indicando uma influência maior do que a prevista do volume infiltrado durante o enchimento do sistema, mesmo para um solo com características argilosas.

A fim de avaliar as condições após o extravasamento, as duas trincheiras tiveram suas vazões de extravasamento medidas. A comparação das vazões de extravasamento em relação ao pico de vazão gerado sem os sistemas de infiltração mostra que houve amortecimento no pico da vazão

máxima do hidrograma de, aproximadamente, 12% para a vazão de 8,56 m³/h e, um amortecimento de 13,7% para a vazão de 6,79 m³/h.

Figura 5 - Hidrogramas de escoamento considerando cenários com e sem as trincheiras de infiltração e com vazão de ensaio de 8,56 m³/h e duração de 11 minutos e meio.

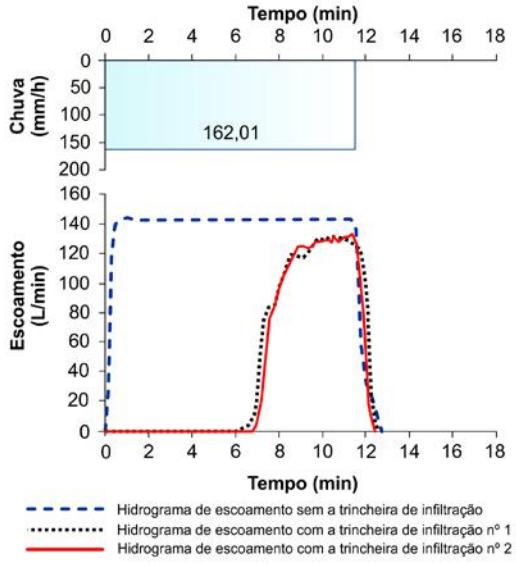
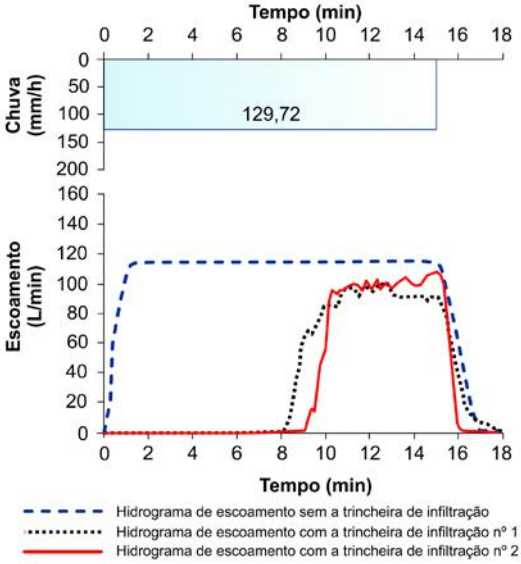


Figura 6 - Hidrogramas de escoamento considerando cenários com e sem as trincheiras de infiltração e com vazão de ensaio de 6,79 m³/h e duração de 15 minutos.



Na Figura 7 pode-se observar as porcentagens médias dos volumes de água retida, infiltrada e extravasada em dois períodos de análise para as trincheiras de infiltração, considerando os ensaios com a vazão de 8,56 m³/h. No período T1, têm-se os volumes percentuais imediatamente anteriores à ocorrência de extravasamento, e no período T2, os volumes percentuais imediatamente após o final da descarga de água no interior das trincheiras.

No período T1, aproximadamente um decimo do volume de água descarregado dentro das trincheiras foi infiltrado nos 6 minutos e 40 segundos iniciais. No período T2, igual a 11 minutos e 30 segundos, contabilizados após o início da chuva simulada, 68,5% do volume gerado até aquele momento foi retido e infiltrado pelo sistema.

Os perfís dos volumes durante a fase de enchimento das trincheiras e início do esvaziamento podem ser analisados na Figura 8. Por meio desta Figura, pode-se observar que o volume de infiltração permanece praticamente constante, durante todo o período de enchimento e extravasamento. Isto é atribuído a condição da região de contorno, onde a o grau de saturação elevado, atribui propriedades de percolação próximas à capacidade de campo do solo. Assim, pode-se dizer que o ensaio representa uma situação crítica, equivalente a pior situação considerada em projeto, conforme esperado. Ainda por meio da Figura 8, pode-se notar que, quando o sistema atinge sua capacidade limite, o volume retido permanece constante enquanto que o volume extravasado é crescente, até o momento em que a água deixa de ser descarregada dentro da trincheira e o extravasamento

finda alguns segundos após o período T2 (fim da descarga). Neste momento, o volume retido somado ao volume infiltrado representa 70,6% do volume total escoado, conforme citado anteriormente.

Figura 7 - Porcentagens Média para a vazão de 8,56 m³/h (Final do ensaio aos 11 minutos e meio.

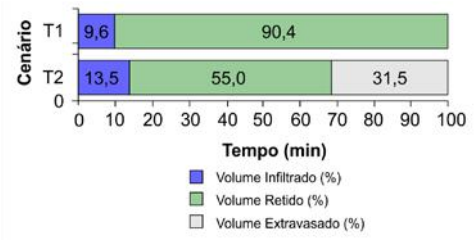
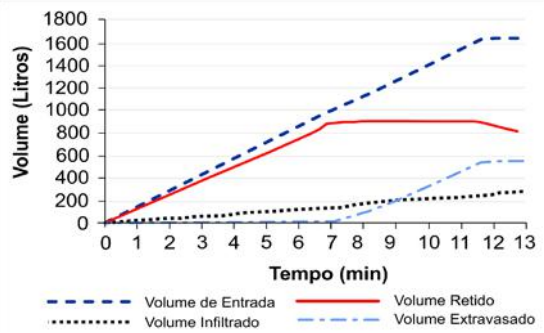


Figura 8 – Perfil hidrológico de escoamento durante a fase de enchimento, considerando o ensaio com vazão de 8,56 m³/h.



As porcentagens médias dos volumes de água retida, infiltrada e extravasada em dois períodos de análise para as trincheiras de infiltração, considerando os ensaios com a vazão de 6,79 m³/h são apresentadas na Figura 9. No período T1, aproximadamente um decimo do volume de água descarregado dentro das trincheiras foi infiltrado nos 8 minutos e 30 segundos iniciais. No período T2, igual a 15 minutos, contabilizados após o início da chuva simulada, 67,5% do volume gerado até aquele momento foi retido e infiltrado pelo sistema. Similarmente ao ensaio de maior vazão, observa-se, por meio da Figura 10, que volume infiltrado acumulado é representado por uma curva com crescimento constante, indicando que a percolação de água no solo está ocorrendo em um solo com elevado grau de saturação, próximo a sua capacidade de campo. Nesta Figura também pode-se observar que após o término do extravasamento, a eficiência da trincheira de infiltração, considerada a soma do volume retido e infiltrado em relação ao volume total escoado, foi de 70,1%.

A Figura 10 apresenta os perfís dos volumes durante a fase de enchimento e início do esvaziamento.

Figura 9 - Porcentagens Média para vazão de 6,79 m³/h (Final do ensaio aos 15 minutos e meio.

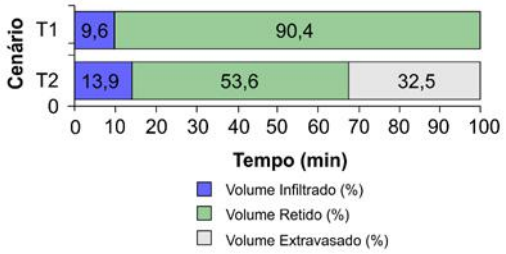
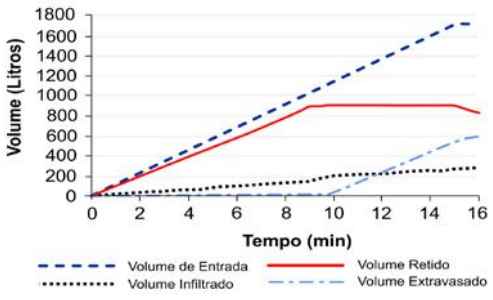


Figura 10 - Perfil hidrológico de escoamento durante a fase de enchimento, considerando o ensaio com vazão de 6,79 m³/h.



4 CONCLUSÕES

Os sistemas de infiltração de água de chuva são soluções com grande potencial para a compensação do aumento do escoamento da água pluvial gerado pela impermeabilização de áreas durante a construção de edificações.

O desenvolvimento desta pesquisa, embasada na observação do funcionamento em campo de trincheiras de infiltração, pode auxiliar no estabelecimento de critérios mais precisos, que poderão ser utilizados para uma melhor concepção e implementação desse sistema em áreas edificadas mais sustentáveis. Obviamente que estudos mais criteriosos de avaliação da capacidade estrutural do solo, de contaminação da água subterrânea, de permeabilidade do solo, de processos de manutenção, entre outros, devem ser considerados caso a caso, quando se pretende adotar sistemas de infiltração como práticas de baixo impacto na construção de edificações.

Este estudo mostrou que sistemas de infiltração de água de chuva podem ser integrados aos sistemas prediais de água pluvial, proporcionando redução do volume escoado e, também, amortecimento das vazões de pico do hidrograma de escoamento.

Os resultados obtidos mostraram que as trincheiras de infiltração estudadas foram capazes de reter e infiltrar uma porcentagem superior a esperada em projeto. Assim, destaca-se que as trincheiras de infiltração dimensionadas a partir do equacionamento usualmente empregado, resultou em um volume superestimado para as vazões ensaiadas, o que enfatiza a necessidade de consideração da taxa de infiltração durante o dimensionamento desses sistemas.

Além do bom desempenho quanto à redução do volume total escoado, ressalta-se que mesmo quando submetidas a condições extremas de operação, quando o volume de chuva foi maior que o suportado pelas trincheiras, resultando em extravasamento, ainda assim houve redução no pico de vazão de saída do sistema predial de água pluvial na ordem de 12,0% a 13,7%.

Os resultados obtidos indicam a necessidade de um aprimoramento nos processos de dimensionamento dos sistemas prediais de infiltração de água de chuva. Visto que, o comportamento esperado, a partir do dimensionamento usual dos sistemas, o qual leva em conta apenas o volume de chuva gerado pela precipitação de projeto, não resultou em desempenhos similares aos dos sistemas de infiltração investigados na montagem experimental.

Em ambos os casos, os hidrogramas indicaram que a estrutura dos sistemas de infiltração proporcionou melhora no desempenho do sistema predial de água pluvial, conferindo, assim, maior grau de sustentabilidade com a gestão da água pluvial no próprio lote.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos pelo apoio financeiro e apoio de desenvolvimento:

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CIS Guanabará – Centro Cultural de Inclusão e Integração Social da Unicamp

Eternit, Aqualimp, Amanco e EcoTelhado

REFERÊNCIAS

AKAN, A. Osman; HOUGHTALEN, Robert J. **Urban hydrology, hydraulics, and stormwater quality: engineering applications and computer modeling**. Wiley. 392p. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. ***Ensaios de Permeabilidade em Solos:* orientações para sua execução no campo: procedimentos**. ABGE, Boletim nº. 4, São Paulo. 1996.

ASTM Standard D2487 – 10. **Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)**. American Society for Testing Materials International, DOI: 10.1520/ D2487 – 10. West Conshohocken, PA. 2010.

Browne, D.; Deletic, A.; Mudd, G. M.; Fletcher, T. D. A two-dimensional model of hydraulic performance of stormwater infiltration systems. **Hydrological Processes**, v. 27, p. 2785-2799 Wiley Online Library. 2013.

CAMPISANO, A.; CREACO, E.; MODICA, C. A Simplified approach For the Design of Infiltration Trenches. **Water Science & Technology**, v. 64, n. 6, p. 1362-1367, 2011.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Urban Drainage Design Manual**. 2nd ed. Washington: Departament of Transportation. Hydraulic Engineering Circular n. 22. 2001.

FERGUSON, B. K. *Porus Pavements*. **Taylor & Francis** – CRC Press. 576 p. 2005.
GÖBEL, P.; ZIMMERMANN, J.; KLINGER, C.; STUBBE, H.; COLDEWEY, W. G. **Recommended urban storm water infiltration devices for different types of run-off under varying hydrogeological conditions**. Journal of Soils and Sediments, Urban Impact on soils and groundwater. Research Article., v. 8, n. 4, p. 231–238. doi: 10.1007/s11368-008-0020-6, 2009.

LIMA, V. C. G. da R. (2009). **Análise experimental e numérica de trincheiras de infiltração em meio não saturado**. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 170p. 2009.

HINMAN, Curtis. ***Low Impact Development: Technical Guidance Manual For Puget Sound***. Washington State University WSU Puyallup Research & Extension Center. Puget Sound Action Team. Tacoma –WA, 365p. 2012.

NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B. ***Técnicas Compensatórias em Águas Pluviais*.** In: Righetto, Marozzi (Coord.) Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio Grande do Norte. ABES - PROSAB , Cap. 4. 397p. 2009.

SILVA, Joseleide Pereira, CARVALHO, José Camapum, PALMEIRA, Ennio Marques. Capítulo 18 - **Trincheiras como estrutura de infiltração**. Organizadores: CARVALHO, José Camapum, GITIRANA Jr. Gilson de Farias Neves, CARVALHO, Eufrozina Terezinha Leão. Tópicos sobre infiltração: teoria e prática aplicadas a solos tropicais. Série Geotecnia – UnB. Brasília - DF. p. 353- 374. 2012.

STEPHENS K.A., MACLEAN L - ***Re-inventing urban hydrology in british columbia: runoff volume management for watershed protection*** *(2003).* Available at: <http://www.epa.gov/owow/NPS/natlstormwater03/38Stephens.pdf>. Accessed on 2011, June 2011.

ZUFFO, A. C.; LEME, P. E. GRADEX e Santa Barbara: método híbrido para cálculo de vazão de projeto para macrodrenagem urbana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., João Pessoa, 2005. **Anais...** João Pessoa, 2005.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PESQUISA DE ACEITAÇÃO DE MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA EM SISTEMAS PREDIAIS[1]

SCHROTH, Aline R. (1); OKUBARA, Taise F. (2); BEZERRA, Stella M.C. (3)

(1) UTFPR, e-mail: aline.rschroth@gmail.com; (2) UTFPR, e-mail: t.okubara@gmail.com; (3) UTFPR, e-mail: stella.utfpr@gmail.com

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi verificar a aceitação de um grupo de entrevistados quanto a quatro medidas de uso racional de água: (1) aproveitamento de água de chuva para torneiras externas, (2) aproveitamento de água de chuva para descargas em sanitários, (3) reúso de água cinza tratada para descargas em sanitários e (4) investimento em metais e louças eficientes. O método utilizado foi aplicação de uma pesquisa de mercado, em amostra com 295 participantes que espontaneamente responderam ao questionário. As respostas foram compiladas para o total da amostra e para as categorias analisadas: local de residência, idade, renda fixa individual, nível de escolaridade e área de atuação profissional. Os resultados apontaram maior aceitação para o aproveitamento de água de chuva, em relação ao reúso de água cinza tratada. O investimento em metais e louças sanitárias foi condicionado ao aumento no custo. A análise dos resultados indicou que os entrevistados foram receptivos as medidas apresentadas para uso racional de água. Ao mesmo tempo, as respostas obtidas sugerem que o mercado consumidor carece de regulamentação sobre o uso de fontes alternativas de água e de incentivos fiscais para expandir a adoção de medidas de uso racional de água nos sistemas prediais.

Palavras-chave: Aceitação. Água de chuva. Água cinza. Uso racional. Edificações.

ABSTRACT

This work presents a research into patterns of acceptance by a surveyed group of people regarding four measures of rational water use in buildings: (1) rainwater usage for external taps, (2) rainwater usage for toilet flushing, (3) reuse of treated grey water for toilet flushing and (4) willingness to invest into water efficient fixtures. The data collection methodology included a market research applied on a sample of 295 participants, whom spontaneously answered the questionnaire. The answers were compiled for the whole sample as well as for the analyzed categories: region of residency, age, individual income, level of education and professional area. The results indicated higher acceptance of rainwater usage in comparison to reuse of treated grey water. Investment in water efficient fixtures was conditioned to the increase in costs. However, final analysis showed that the surveyed group was receptive to the presented measures of rational water use. Nevertheless, it was also noticed that lack of specific regulation regarding use of alternative water sources and absence of tax benefits are factors holding back a larger scale adoption of water saving measures in building systems.

***Keywords**: Acceptance. Rainwater. Grey water. Rational use. Buildings.*

---

[1] SCHROTH, Aline R.; OKUBARA, Taise F.; BEZERRA, Stella M.C. Pesquisa de aceitação de medidas de uso racional de água em sistemas prediais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O uso racional de água nos sistemas prediais está se popularizando em função de duas principais noções: necessidade e limitação da disponibilidade de água potável. A primeira refere-se à sobrevivência dos indivíduos, enquanto que a segunda compreende a disponibilidade e custo do abastecimento de água potável. A tônica deste assunto, no Brasil, ocorreu devido à crise hídrica de 2014 e 2015 no Estado de São Paulo, a partir da qual medidas de uso racional de água foram mais intensamente incentivadas. Um exemplo foi a redução de 30% do custo da fatura daqueles que economizassem mais de 20% do consumo de água relativo ao mês anterior (SABESP, 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar percepções de um grupo de entrevistados quanto a quatro medidas de uso racional de água em sistemas prediais: (1) aproveitamento de água de chuva para torneiras externas, (2) aproveitamento de água de chuva para descargas em sanitários, (3) reúso de água cinza tratada para descargas em sanitários e (4) investimento em metais e louças eficientes. Esta avaliação foi resultado de uma experiência didática de realização de pesquisa de mercado, na disciplina de Psicologia Aplicada ao Trabalho, no curso de Engenharia Civil de uma universidade no sul do Brasil. Segundo o SEBRAE (2016), a pesquisa de mercado é uma ferramenta estratégica para identificação de problemas e oportunidades no mercado consumidor. Portanto, os resultados permitiram identificar aspectos quanto à aceitação de medidas de uso racional de água nos sistemas prediais e sinalizaram oportunidades de aumentar seu uso nas edificações.

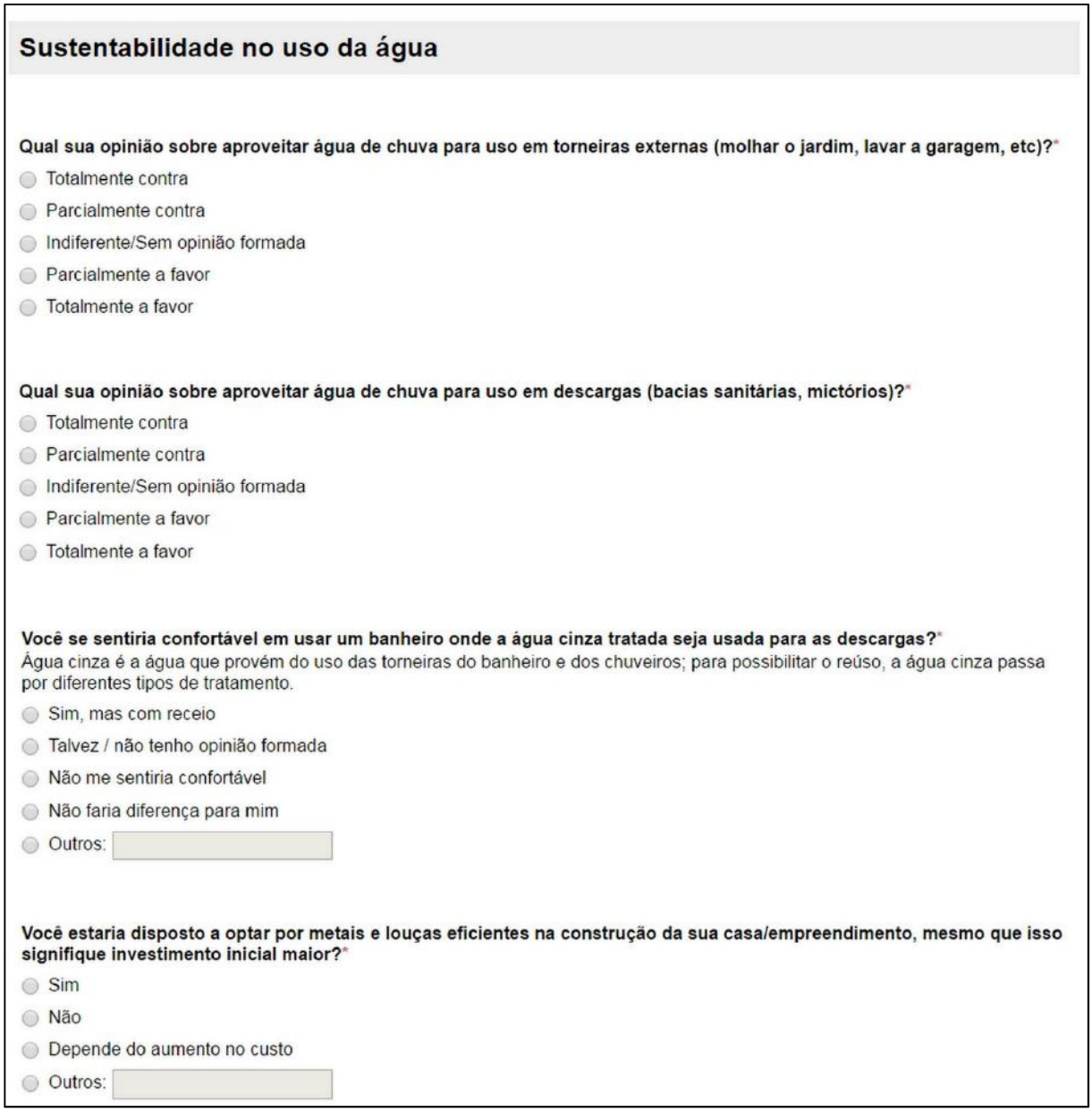
2 MÉTODOS

A metodologia utilizada foi aplicação de um questionário on-line do tipo pesquisa de mercado, seguida de análise das respostas obtidas espontaneamente.

2.1 Questionário e amostra

A primeira parte do questionário apresentou as seguintes perguntas: local de residência, idade, renda fixa individual, nível de escolaridade e área de atuação profissional. Na segunda parte do questionário foram apresentadas quatro questões que abordavam a aceitação dos entrevistados quanto às seguintes medidas de uso racional de água: (1) aproveitamento de água de chuva para torneiras externas, (2) aproveitamento de água de chuva para descargas em sanitários, (3) reúso de água cinza tratada para descargas em sanitários e (4) investimento em metais e louças eficientes. Junto à questão sobre reúso de água cinza tratada foi incluída uma breve explicação sobre o assunto. As perguntas e respectivas opções de respostas da segunda parte do questionário estão na Figura 1.

Figura 1 – Perguntas quanto ao uso racional de água



Sustentabilidade no uso da água

Qual sua opinião sobre aproveitar água de chuva para uso em torneiras externas (molhar o jardim, lavar a garagem, etc)?*

- Totalmente contra
- Parcialmente contra
- Indiferente/Sem opinião formada
- Parcialmente a favor
- Totalmente a favor

Qual sua opinião sobre aproveitar água de chuva para uso em descargas (bacias sanitárias, mictórios)?*

- Totalmente contra
- Parcialmente contra
- Indiferente/Sem opinião formada
- Parcialmente a favor
- Totalmente a favor

Você se sentiria confortável em usar um banheiro onde a água cinza tratada seja usada para as descargas?*

Água cinza é a água que provém do uso das torneiras do banheiro e dos chuveiros; para possibilitar o reúso, a água cinza passa por diferentes tipos de tratamento.

- Sim, mas com receio
- Talvez / não tenho opinião formada
- Não me sentiria confortável
- Não faria diferença para mim
- Outros:

Você estaria disposto a optar por metais e louças eficientes na construção da sua casa/empreendimento, mesmo que isso signifique investimento inicial maior?*

- Sim
- Não
- Depende do aumento no custo
- Outros:

Fonte: Os autores

O questionário foi disponibilizado on-line na plataforma Google Drive durante o período de 20 de junho de 2015 a 5 de julho de 2015. A amostra foi composta pelos entrevistados que espontaneamente responderam o questionário, totalizando 295 participantes. Portanto, a amostra não foi definida em função de análises estatísticas de representatividade. Desta forma, os resultados devem ser contextualizados, antes de extrapolados para qualquer outro cenário.

2.2 Análise dos dados

Após a coleta de dados, as respostas do questionário foram compiladas para toda a amostra e também classificadas para grupos com indivíduos de características semelhantes de local de residência, idade, renda fixa individual, nível de escolaridade e área de atuação profissional.

O fator local de residência foi abordado no questionário como questão aberta, em que o entrevistado escrevia o nome da cidade que residia no momento. Estes resultados foram separados de acordo com a região geográfica do Brasil: Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. O termo "Internacional" foi atribuído para os entrevistados que não residiam no Brasil no momento da pesquisa.

A idade dos entrevistados também foi informada em questão aberta e posteriormente foi agrupada nas seguintes faixas etárias: até 25 anos, de 26 a 35 anos, de 36 a 45 anos, de 46 a 55 anos e acima de 56 anos.

A renda fixa individual foi compilada de acordo com a resposta assinalada entre as seguintes opções, em referência ao número de salários mínimos: abaixo de 1, entre 1 e 5, entre 6 e 10, entre 11 e 15, entre 16 e 20, acima de 21. Além destas, tinha uma opção para aqueles que não possuíam renda fixa.

O fator nível de escolaridade foi respondido nas seguintes opções: ensino fundamental incompleto, ensino fundamental completo, ensino médio incompleto, ensino médio completo, ensino superior incompleto e ensino superior completo.

A área de atuação foi respondida em questão aberta e posteriormente classificada nas categorias construção civil, exatas, saúde, indústria criativa, humanas, financeira, educação, autônomos, serviço público e outros. A descrição do que foi considerado em cada categoria está indicada no Quadro 1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas foram tabuladas com o uso do software Excel, atribuindo porcentagens para cada alternativa nas quatro questões quanto ao uso racional de água (Figura 1). As porcentagens foram calculadas para o total dos entrevistados e também de acordo com o local de residência, idade, renda fixa individual, nível de escolaridade e área de atuação profissional, conforme apresentadas a seguir.

Quadro 1 – Classificação dos entrevistados por área de atuação

Área de atuação	**Descrição**
Construção civil	Profissionais e estudantes de engenharia civil e de arquitetura e urbanismo.
Exatas	Profissionais e estudantes de engenharias: mecânica, elétrica, química, produção, naval, ambiental e florestal; e profissionais de tecnologia da informação. Aqui não estão incluídas as áreas de engenharia civil, arquitetura e urbanismo, pois foram contempladas na categoria "Construção civil".
Saúde	Profissionais e estudantes de medicina, biomedicina, enfermagem, nutrição, fisioterapia, farmácia, odontologia, educação física e psicologia.
Indústria criativa	Profissionais e estudantes de marketing, publicidade e propaganda, design de produto, moda, fotografia e música.
Humanas	Empresários, profissionais de atividades administrativas de diversos níveis, da área jurídica e de relações internacionais. Aqui não estão incluídos os empresários que indicaram a área de negócios, pois foram contemplados na categoria "Financeira". Os empresários da "Construção civil" também foram contemplados na respectiva categoria.
Financeira	Profissionais e estudantes de ciências econômicas, contabilidade e serviço bancário.
Educação	Professores e coordenadores pedagógicos, independente da área específica de atuação acadêmica.
Autônomos	Entrevistados que não declararam a área de atuação, mas informaram ser autônomos.
Serviço público	Servidores públicos de diversas áreas, exceto professores e coordenadores pedagógicos, pois foram contemplados na categoria "Educação".
Outros	Os entrevistados que não se enquadram nas demais categorias, ou não exerciam atividade profissional no momento da pesquisa.

Fonte: Os autores

3.1 Água da chuva para torneiras externas

Os resultados referentes à pergunta sobre aproveitamento de água de chuva para torneiras externas estão compilados na Tabela 1. As Figuras 2 até 6 indicam as respostas "totalmente a favor", pois estas foram em número muito superior às demais alternativas.

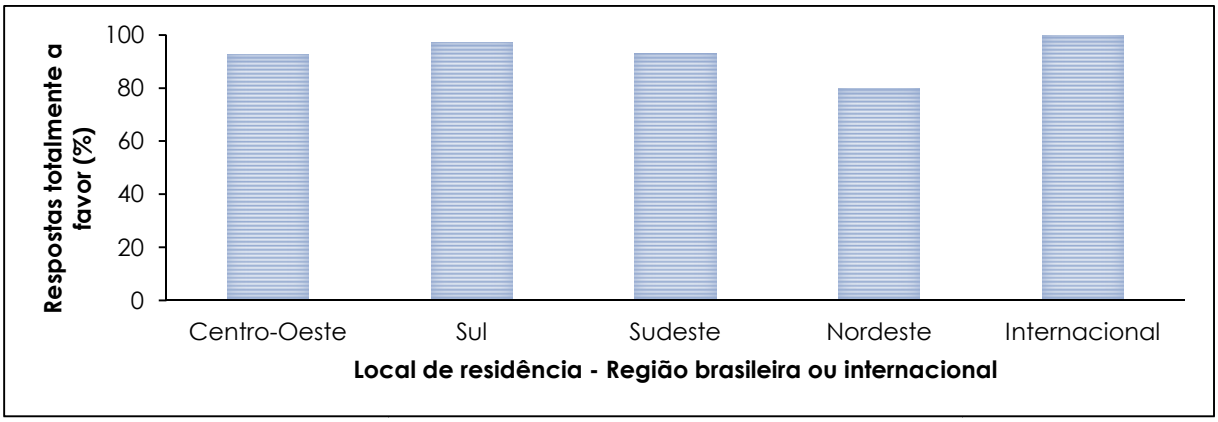
Os moradores de todas as regiões responderam ser favoráveis ao aproveitamento de água de chuva para torneiras externas, uma vez que a alternativa "totalmente a favor" obteve no mínimo 80% em todas as regiões (Figura 2). Os 100% dos entrevistados residentes fora do Brasil, agrupados sob "Internacional", responderam ser "totalmente a favor"; porém, a amostra foi de apenas seis (6) participantes, o que impossibilitou traçar tendências específicas para moradores no exterior. No Brasil, a região Sul apresentou maior aceitação (97,20%) e a região Nordeste a menor (80%). No entanto, é importante salientar que os demais 20% dos participantes da região Nordeste marcaram a alternativa "parcialmente a favor", portanto não representando rejeição a esta medida.

Tabela 1 – Resultados obtidos para aproveitamento de água de chuva para uso em torneiras externas

	Qual sua opinião sobre aproveitar água de chuva para uso em torneiras externas (molhar o jardim, lavar a garagem, etc)?					
Critérios	**Tamanho da amostra**	**Totalmente a favor**	**Parcialmente a favor**	**Indiferente/ Sem opinião formada**	**Parcialmente contra**	**Totalmente contra**
Local de residência						
Centro-Oeste	41	92,68%	4,88%	2,44%	0,00%	0,00%
Sul	214	97,20%	2,34%	0,47%	0,00%	0,00%
Sudeste	29	93,10%	6,90%	0,00%	0,00%	0,00%
Nordeste	5	80,00%	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Internacional	6	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Idade						
Até 25	153	96,73%	3,27%	0,00%	0,00%	0,00%
De 26 a 35	50	100,00%	0,00%	0,47%	0,00%	0,00%
De 36 a 45	55	92,73%	5,45%	1,82%	0,00%	0,00%
De 46 a 55	32	90,63%	6,25%	3,13%	0,00%	0,00%
Acima de 56	5	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Renda fixa individual						
Não possui	60	95,00%	3,33%	1,67%	0,00%	0,00%
Abaixo de 1	28	96,43%	3,57%	0,00%	0,00%	0,00%
Entre 1 e 5	119	98,32%	1,68%	0,00%	0,00%	0,00%
Entre 6 e 10	35	97,14%	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%
Entre 11 e 15	19	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Entre 16 e 20	8	87,50%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%
Acima de 21	26	84,62%	11,54%	3,85%	0,00%	0,00%
Nível de escolaridade						
Fundamental incompleto	3	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Fundamental completo	3	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Médio incompleto	5	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Médio completo	13	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Superior incompleto	122	96,72%	3,28%	0,00%	0,00%	0,00%
Superior completo	149	94,48%	4,14%	1,38%	0,00%	0,00%
Área de atuação						
Construção civil	63	93,65%	6,35%	0,00%	0,00%	0,00%
Exatas	28	92,86%	7,14%	0,00%	0,00%	0,00%
Saúde	52	98,08%	1,92%	0,00%	0,00%	0,00%
Indústrica criativa	19	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Humanas	53	94,34%	1,89%	3,77%	0,00%	0,00%
Financeira	16	87,50%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%
Educação	8	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Autônomos	15	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Serviço público	7	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Outros	34	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total						
Total para amostra	295	95,93%	3,39%	0,68%	0,00%	0,00%

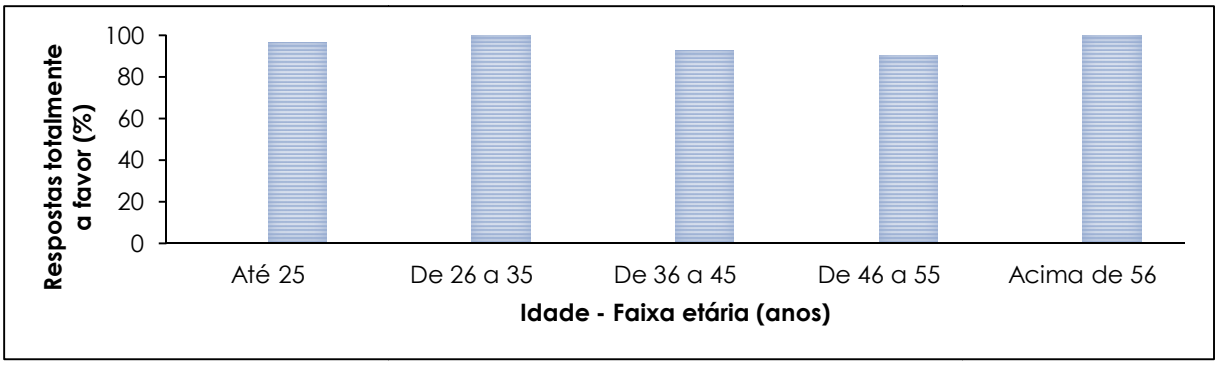
Fonte: Os autores

Figura 2 – Totalmente a favor ao uso de água da chuva em torneiras externas de acordo com o local de residência



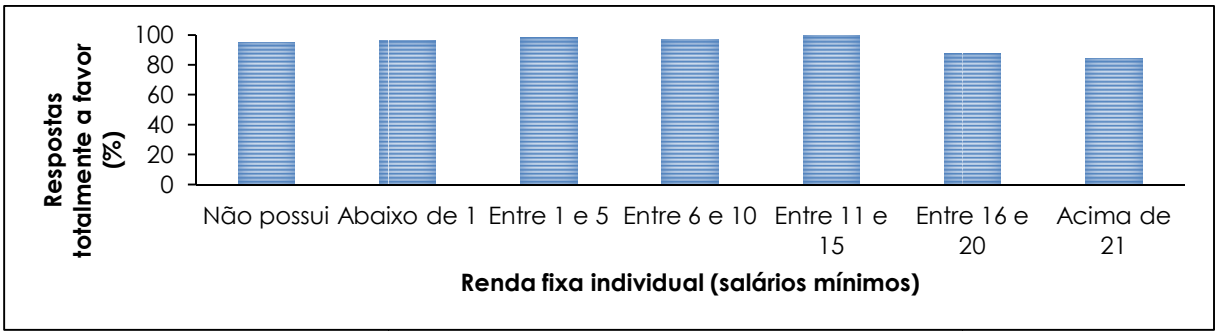
A aceitação do aproveitamento de água de chuva em torneiras externas também foi elevada na análise das respostas por faixa etária (Figura 3). A variação das respostas "totalmente a favor" ficou entre aproximadamente 90% para a faixa etária de 46 a 55 anos e atingiu 100% para a faixa entre 26 e 35 anos, assim como para os entrevistados acima de 56 anos de idade.

Figura 3 – Totalmente a favor ao uso de água da chuva em torneiras externas de acordo com a idade



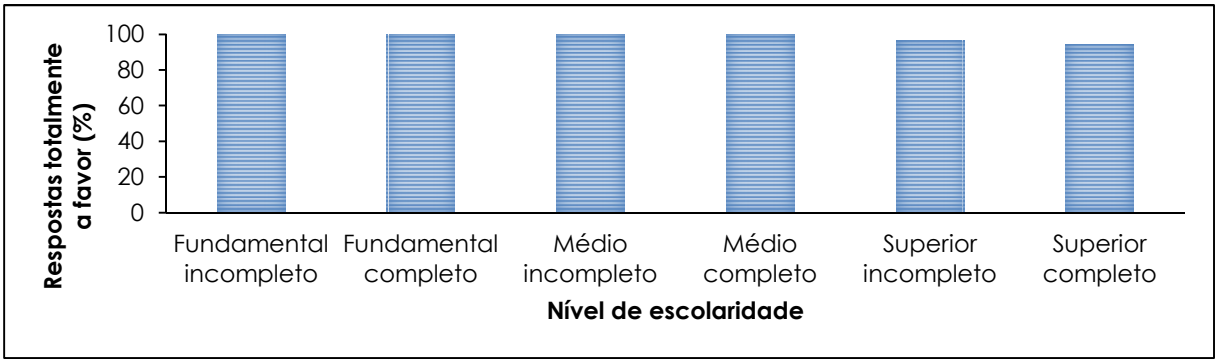
Em termos de renda fixa individual mensal, a aceitação para o aproveitamento de água de chuva em torneiras externas foi de 100% para faixa entre 11 e 15 salários mínimos (Figura 4). Nas demais faixas salariais, os resultados "totalmente a favor" também foram elevados, sendo no mínimo 84,62% (acima de 21 salários mínimos).

Figura 4 – Totalmente a favor do uso de água da chuva em torneiras externas de acordo com a renda fixa individual



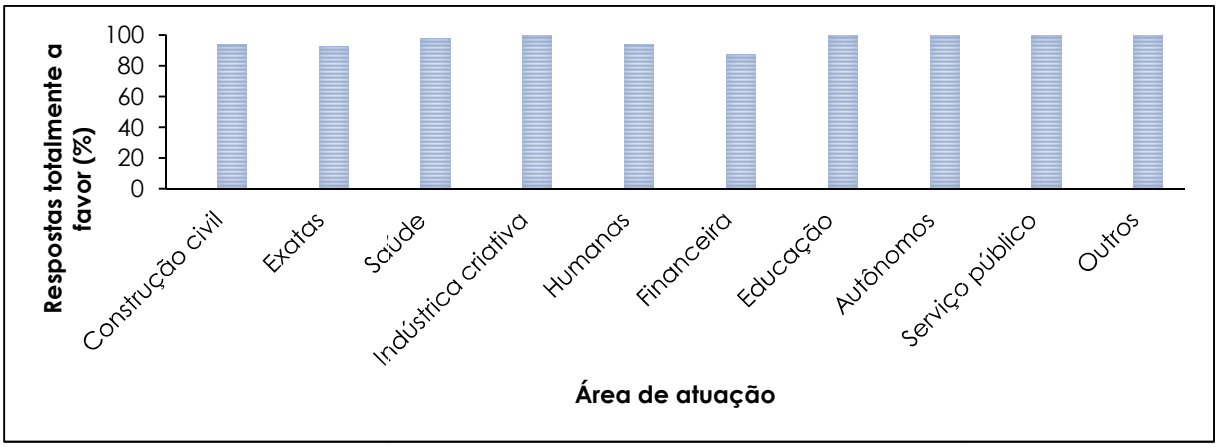
É interessante notar que a aceitação quanto ao aproveitamento da água de chuva nas torneiras externas é de 100% para os grupos com níveis de escolaridade fundamental e médio. Esta aceitação diminui um pouco para o nível de escolaridade superior incompleto (96,72%) e superior completo (94,48%), mesmo assim com elevada aceitação (Figura 5).

Figura 5 – Totalmente a favor ao uso de água da chuva em torneiras externas de acordo com o nível de escolaridade



A pergunta sobre aproveitamento de água de chuva para uso em torneiras externas, quando compiladas por área de atuação, também resultou na maioria das respostas em "totalmente a favor" (Figura 6). O menor percentual destas respostas ficou nos entrevistados da área Financeira (87,50%), valor que também representa uma elevada aceitação.

Figura 6 – Totalmente a favor ao uso de água da chuva em torneiras externas de acordo com a área de atuação profissional



Do total de entrevistados, aproximadamente 96% sinalizaram ser totalmente a favor do aproveitamento de água de chuva em torneiras externas (283 respostas de 295 entrevistados, Tabela 1).

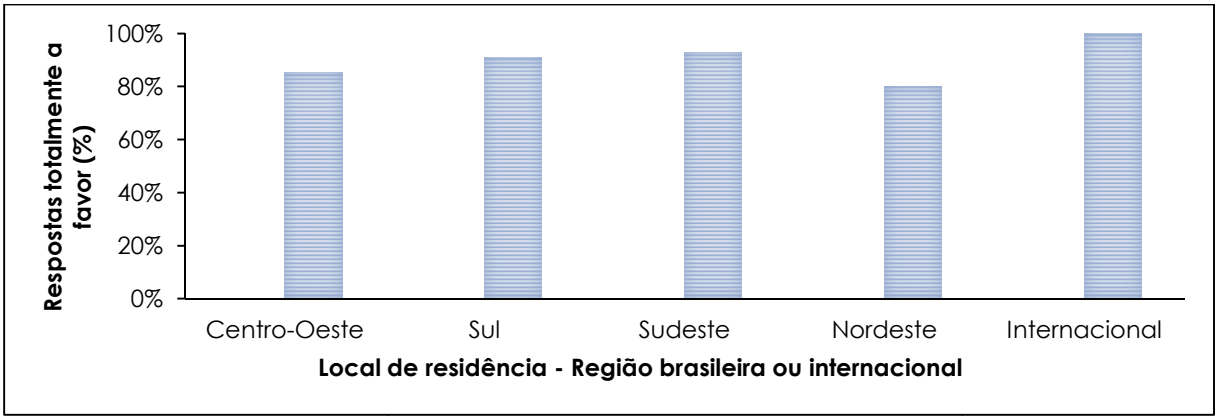
Na sequência são apresentados os resultados referentes ao uso de água de chuva para descargas em sanitários.

3.2 Água da chuva para descargas em sanitários

Os resultados referentes à pergunta sobre o aproveitamento de água de chuva para descargas em sanitários estão compilados na Tabela 2. As respostas "totalmente a favor" foram em número muito superior às demais alternativas.

Os moradores de todas as regiões foram propícios ao aproveitamento de água de chuva para descargas em sanitários, pois a alternativa "totalmente a favor" teve no mínimo 80% dos entrevistados em cada local de residência analisado (Figura 7). A mesma tendência de aceitação total foi observada para todas as categorias analisadas, portanto os demais gráficos não serão apresentados.

Figura 7 – Totalmente a favor ao uso de água da chuva para descarga em sanitários de acordo com o local de residência



Do total de entrevistados, 90,51% (267 respostas de 295 entrevistados) sinalizaram ser totalmente a favor do aproveitamento de água de chuva para descargas em sanitários (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados obtidos para aproveitamento de água de chuva para uso em descargas em sanitários

	Qual sua opinião sobre aproveitar água de chuva para uso em descargas (bacias sanitárias, mictórios)?					
Critérios	**Tamanho da amostra**	**Totalmente a favor**	**Parcialmente a favor**	**Indiferente / Sem opinião formada**	**Parcialmente contra**	**Totalmente contra**
Local de residência						
Centro-Oeste	41	85,37%	7,32%	2,44%	0,00%	4,88%
Sul	214	91,12%	7,94%	0,47%	0,00%	0,47%
Sudeste	29	93,10%	6,90%	0,00%	0,00%	0,00%
Nordeste	5	80,00%	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Internacional	6	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Idade						
Até 25	153	90,20%	8,50%	0,00%	0,00%	1,31%
De 26 a 35	50	90,00%	8,00%	2,00%	0,00%	0,00%
De 36 a 45	55	87,27%	10,91%	1,82%	0,00%	0,00%
De 46 a 55	32	96,88%	0,00%	0,00%	0,00%	3,13%
Acima de 56	5	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Renda fixa individual						
Não possui	60	95,00%	3,33%	1,67%	0,00%	0,00%
Abaixo de 1	28	96,43%	3,57%	0,00%	0,00%	0,00%
Entre 1 e 5	119	98,32%	1,68%	0,00%	0,00%	0,00%
Entre 6 e 10	35	97,14%	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%
Entre 11 e 15	19	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Entre 16 e 20	8	87,50%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%
Acima de 21	26	88,46%	7,69%	0,00%	0,00%	3,85%
Nível de escolaridade						
Fundamental incompleto	3	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Fundamental completo	3	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Médio incompleto	5	80,00%	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Médio completo	11	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Superior incompleto	122	90,98%	9,02%	0,00%	0,00%	0,00%
Superior completo	145	89,66%	7,59%	1,38%	0,00%	1,38%
Área de atuação						
Construção civil	63	87,30%	12,70%	0,00%	0,00%	0,00%
Exatas	28	92,86%	7,14%	0,00%	0,00%	0,00%
Saúde	52	94,23%	5,77%	0,00%	0,00%	0,00%
Indústrica criativa	19	84,21%	15,79%	0,00%	0,00%	0,00%
Humanas	53	88,68%	3,77%	3,77%	3,77%	0,00%
Financeira	16	87,50%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%
Educação	8	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Autônomos	15	80,00%	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Serviço público	7	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Outros	34	97,06%	0,00%	0,00%	2,94%	0,00%
Total						
Total para amostra	295	90,51%	7,80%	0,68%	0,00%	1,01%

Fonte: Os autores

Esta reação favorável ao uso de água de chuva, como fonte alternativa para abastecimento de pontos que não exijam água potável (torneiras externas e descargas em sanitários), pode ser explicada devido à crescente divulgação do tema. Exemplo disso são as cartilhas de orientações quanto ao aproveitamento de água de chuva, apoiadas por instituições diversas, como a Prefeitura de São Paulo (PAVS, 2015), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2015) e o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná (CREA-PR, 2010).

Na sequência são apresentados os resultados referentes ao reúso de água cinza tratada para descargas em sanitários.

3.3 Reúso de água cinza tratada para descargas em sanitários

Os resultados referentes à pergunta sobre reúso de água cinza tratada para descargas em sanitários estão compilados na Tabela 3. Nesta questão, as respostas "Não faria diferença para mim" foram em número superior às demais alternativas.

Uma fração referente a pouco mais da metade dos entrevistados respondeu ser indiferente quanto ao conforto, caso utilizassem banheiro com água cinza tratada (≈ 58%, Tabela 3). Destes, a região Sudeste corresponde a maior porcentagem, sendo 79,31% (Figura 8).

Figura 8 – Não sentiria diferença ao usar banheiros com reúso de água cinza tratada em descargas em sanitários de acordo com o local de residência

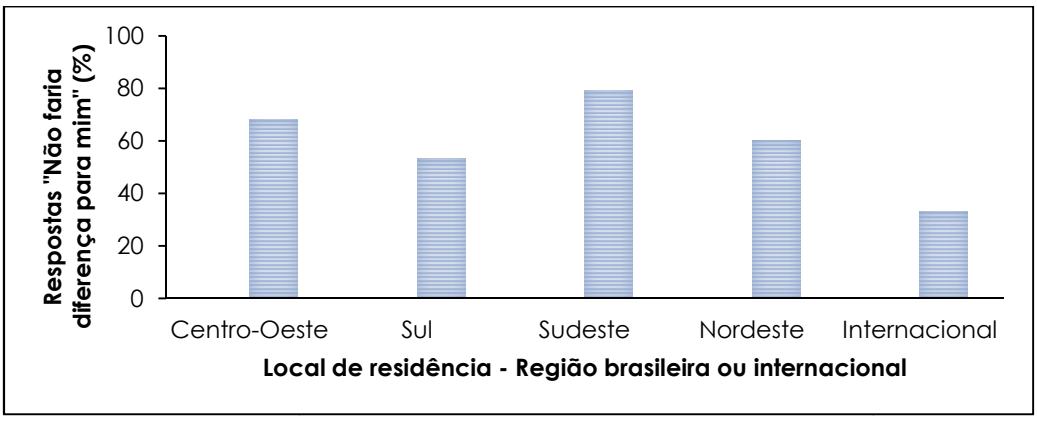


Tabela 3 – Resultados obtidos para reúso de água cinza tratada para uso em descargas em sanitários

		Você se sentiria confortável em usar um banheiro onde água cinza tratada seja usada para as descargas?				
Critérios	**Tamanho da amostra**	**Sim, mas com receio**	**Talvez / Não tenho opinião formada**	**Não me sentiria confortável**	**Não faria diferença pra mim**	**Outras respostas**
Local de residência						
Centro-Oeste	41	9,76%	14,63%	4,88%	68,29%	2,44%
Sul	214	19,63%	14,95%	4,21%	53,27%	7,94%
Sudeste	29	6,90%	6,90%	3,45%	79,31%	3,45%
Nordeste	5	20,00%	20,00%	0,00%	60,00%	0,00%
Internacional	6	0,00%	50,00%	0,00%	33,33%	16,67%
Idade						
Até 25	153	19,61%	15,03%	4,58%	53,59%	7,19%
De 26 a 35	50	8,00%	20,00%	2,00%	70,00%	0,00%
De 36 a 45	55	21,82%	16,36%	5,45%	45,45%	10,91%
De 46 a 55	32	6,25%	6,25%	3,13%	78,13%	6,25%
Acima de 56	5	20,00%	0,00%	0,00%	80,00%	0,00%
Renda fixa individual						
Não possui	60	18,33%	18,33%	6,67%	48,33%	8,33%
Abaixo de 1	28	17,86%	17,86%	3,57%	50,00%	10,71%
Entre 1 e 5	119	17,65%	15,13%	3,36%	60,50%	3,36%
Entre 6 e 10	35	14,29%	11,43%	2,86%	60,00%	11,43%
Entre 11 e 15	19	21,05%	10,53%	0,00%	63,16%	5,26%
Entre 16 e 20	8	25,00%	0,00%	0,00%	75,00%	0,00%
Acima de 21	26	3,85%	15,38%	7,69%	69,23%	3,85%
Nível de escolaridade						
Fundamental incompleto	3	33,33%	0,00%	33,33%	33,33%	0,00%
Fundamental completo	3	0,00%	33,33%	0,00%	66,67%	0,00%
Médio incompleto	5	40,00%	0,00%	0,00%	60,00%	0,00%
Médio completo	11	23,08%	7,69%	0,00%	61,54%	7,69%
Superior incompleto	122	15,57%	13,93%	4,92%	57,38%	8,20%
Superior completo	145	16,55%	15,86%	3,45%	58,61%	5,52%
Área de atuação						
Construção civil	63	19,05%	9,52%	3,17%	58,73%	9,52%
Exatas	28	17,86%	10,71%	3,57%	60,71%	7,14%
Saúde	52	11,54%	26,92%	3,85%	51,92%	5,77%
Indústrica criativa	19	21,05%	21,05%	0,00%	52,63%	5,26%
Humanas	53	3,77%	11,32%	9,43%	69,81%	5,66%
Financeira	16	31,25%	37,50%	0,00%	25,00%	6,25%
Educação	8	50,00%	25,00%	25,00%	0,00%	0,00%
Autônomos	15	20,00%	6,67%	6,67%	66,67%	0,00%
Serviço público	7	0,00%	28,57%	0,00%	71,43%	0,00%
Outros	34	23,53%	5,88%	2,94%	64,71%	2,94%
Total						
Total para amostra	295	16,61%	14,91%	4,07%	57,97%	6,44%

Fonte: Os autores

Ao analisar estas respostas surgiu a dúvida quanto à objetividade da pergunta que foi apresentada. A intenção era perguntar sobre o conforto em usar um banheiro onde água cinza tratada fosse usada, em termos da tranquilidade associada ao fato de não ser água potável na descarga. Porém, apenas ao receber as respostas do questionário, foi observada a ambiguidade da palavra conforto no sentido de comodidade de uso da louça sanitária, sem necessariamente estar associado à qualidade da água usada na sua descarga. Desta forma, o foco da pergunta pode ter sido mal

interpretado e esta questão deverá ser reformulada caso venha a ser utilizada em um novo questionário.

Da mesma forma, ao receber as respostas e comentários, foi observada a ausência de uma alternativa referente à aceitação irrestrita desta prática, pois faltou incluir uma opção de resposta "sim, sem nenhum receio". Isto foi sinalizado por alguns entrevistados na opção "outros".

Em função destas equivocidades na pergunta e alternativas de respostas, a análise de aceitação quanto ao reúso de água cinza tratada nas descargas em sanitários ficou comprometida e os demais gráficos não serão apresentados.

Porém, vale salientar que alguns entrevistados (49 respostas de 295, ou ≈ 17%) responderam "sim, mas com receio". É razoável assumir que este receio pode estar associado à preocupação quanto ao risco biológico, ao usar água cinza tratada nas descargas em sanitários (bacias e mictórios). Portanto, coloca-se aqui a ressalva de que a pergunta não foi direta sobre qual o tipo do receio. Possivelmente, a regulamentação quanto ao tratamento para reúso de água cinza nos sistemas prediais, bem como definição de parâmetros de qualidade para reúso, poderão refletir de forma positiva na aceitação desta medida pelos usuários.

De qualquer forma, conforme apresentado na Tabela 3, a maioria dos entrevistados sinalizou para a aceitação do reúso de água cinza tratada para descargas em sanitários, pois as respostas "sim, mas com receio" (≈ 17) e "não faria diferença para mim" (≈ 58%) totalizaram aproximadamente 75%.

Na sequência são apresentados os resultados referentes ao investimento em metais e louças eficientes.

3.4 Investimento em metais e louças eficientes

Os resultados referentes à pergunta sobre investimento em metais e louças eficientes estão compilados na Tabela 4.

As respostas "sim" e "depende do aumento no custo" resultaram respectivamente em ≈ 43% e ≈ 56%, portanto esta questão foi a que apresentou maior divisão de opiniões.

Por exemplo, a maioria dos moradores das regiões "Centro-Oeste" (≈ 63%), "Sul" (≈ 57%) e "Sudeste" (≈ 52%) indicou que a adoção de metais e louças eficientes dependeria do aumento no custo, enquanto que a maioria dos participantes do Nordeste (≈ 60%) e internacional (≈ 67%) sinalizou que estaria disposta a fazer a compra (Figura 9).

Tabela 4 – Resultados obtidos para adoção de metais e louças eficientes

	Você estaria disposto a optar por metais e louças eficientes na construção da sua casa/empreendimento, mesmo que isso signifique investimento inicial maior?			
Critérios	**Tamanho da amostra**	**Sim**	**Depende do aumento no custo**	**Não**
Local de residência				
Centro-Oeste	41	36,59%	63,41%	0,00%
Sul	214	42,06%	57,01%	0,93%
Sudeste	29	48,28%	51,72%	0,00%
Nordeste	5	60,00%	40,00%	0,00%
Internacional	6	66,67%	33,33%	0,00%
Idade				
Até 25	153	36,60%	63,40%	0,00%
De 26 a 35	50	42,06%	57,01%	0,93%
De 36 a 45	55	48,28%	51,72%	0,00%
De 46 a 55	32	60,00%	40,00%	0,00%
Acima de 56	5	66,67%	33,33%	0,00%
Renda fixa individual				
Não possui	60	40,00%	60,00%	0,00%
Abaixo de 1	28	39,29%	60,71%	0,00%
Entre 1 e 5	119	38,66%	60,50%	0,84%
Entre 6 e 10	35	48,57%	51,43%	0,00%
Entre 11 e 15	19	47,37%	52,63%	0,00%
Entre 16 e 20	8	50,00%	50,00%	0,00%
Acima de 21	26	57,69%	38,46%	3,85%
Nível de escolaridade				
Fundamental incompleto	3	33,33%	66,67%	0,00%
Fundamental completo	3	66,67%	33,33%	0,00%
Médio incompleto	5	0,00%	100,00%	0,00%
Médio completo	11	53,85%	46,15%	0,00%
Superior incompleto	122	38,52%	61,48%	0,00%
Superior completo	145	45,52%	53,10%	1,38%
Área de atuação				
Construção civil	63	47,62%	52,38%	0,00%
Exatas	28	35,71%	60,71%	3,57%
Saúde	52	46,15%	53,85%	0,00%
Indústrica criativa	19	26,32%	68,42%	5,26%
Humanas	53	35,85%	64,15%	0,00%
Financeira	16	37,50%	62,50%	0,00%
Educação	8	25,00%	75,00%	0,00%
Autônomos	15	60,00%	40,00%	0,00%
Serviço público	7	57,14%	42,86%	0,00%
Outros	34	50,00%	50,00%	0,00%
Total				
Total para amostra	295	43,05%	56,27%	0,68%

Fonte: Os autores

Em termos de idade, a maior porcentagem de respostas "depende do aumento no custo" (63,40%) corresponde ao grupo mais jovem, de até 25 anos, enquanto que a menor porcentagem para esta mesma alternativa (33,33%) é dos participantes mais maduros, ou seja, acima de 56 anos (Figura 10). Isto pode ser associado às questões de estabilidade financeiras, pois estas tendem a ser adquiridas ao longo dos anos.

Figura 9 – Adoção de metais e louças eficientes de acordo com o local de residência

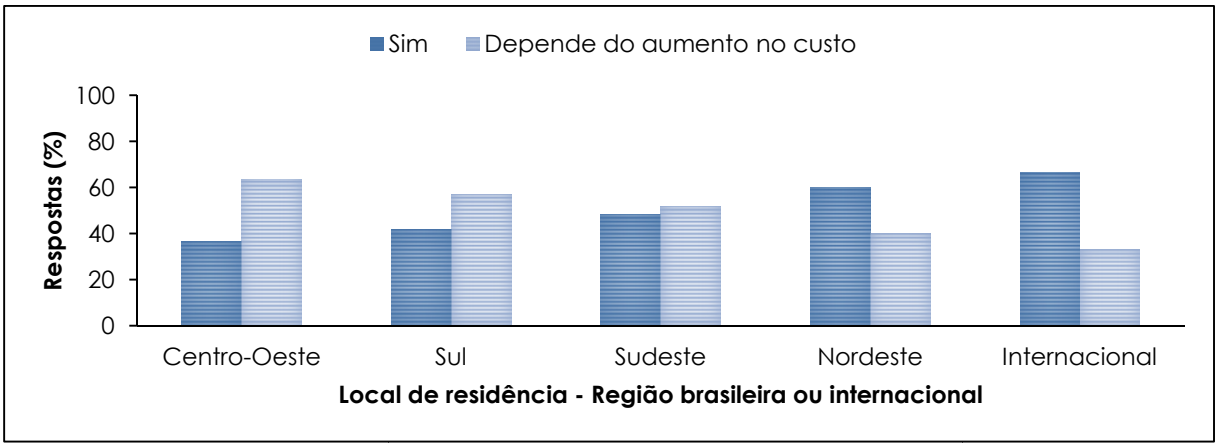
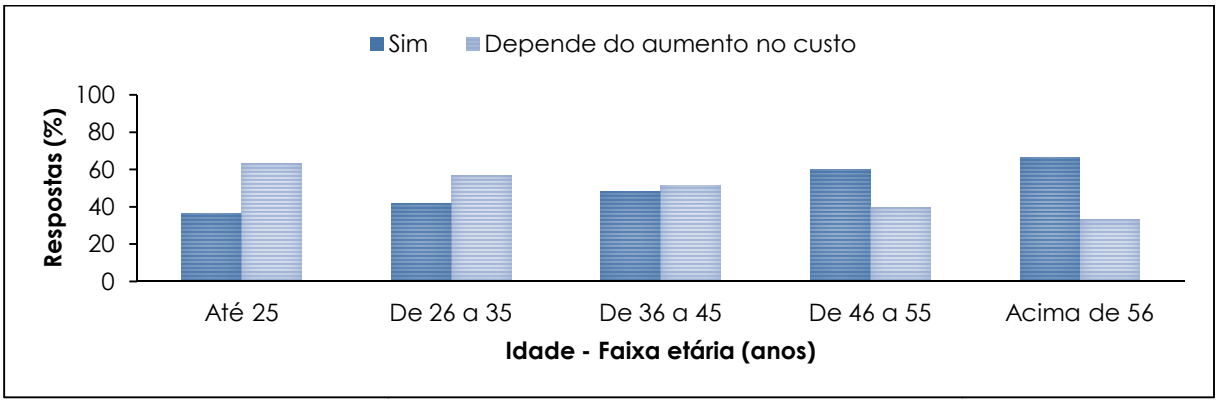


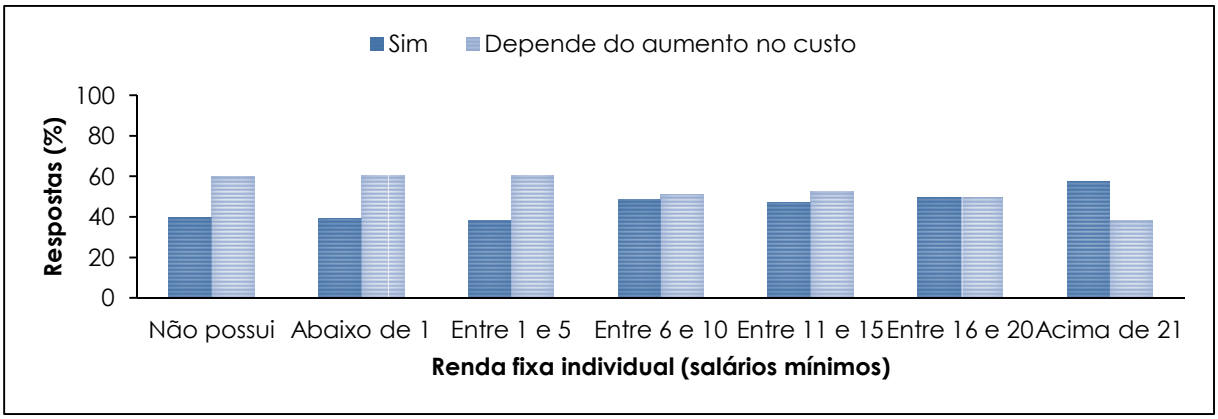
Figura 10 – Adoção de metais e louças eficientes de acordo com a idade



Da mesma forma, em termos de renda fixa individual, pode-se notar que o grupo de maior renda (acima de 21 salários mínimos), foi o único no qual houve maior porcentagem de respostas "sim" (≈ 58%) (Figura 11). Ainda, é interessante observar que a categoria "entre 16 e 20 salários mínimos" apresentou igual número de respostas entre as alternativas indicando a disposição para a compra e aquela indicando depender do aumento do custo. Para as demais faixas de renda, todas inferiores a estas duas, a maioria dos entrevistados condicionou a compra de metais e louças eficientes ao aumento no custo.

A maioria dos entrevistados compilados nas categorias nível de escolaridade e área de atuação profissional também indicou o custo como condicionante da escolha (Tabela 4).

Figura 11 – Adoção de metais e louças eficientes de acordo com a renda fixa individual



Esta pergunta também seria passível de melhoria, ao incluir, por exemplo, faixas de valores de acréscimos na compra de metais e louças eficientes, quando comparados aos convencionais. Desta forma, seria possível avaliar se mais entrevistados estariam dispostos a comprar os metais e louças eficientes, em função de faixas de acréscimo variadas.

De qualquer forma, a maioria dos entrevistados não apresentou rejeição a esta opção, pois ≈ 43% sinalizaram estar dispostos a optar por metais e louças eficientes e ≈ 56% sinalizaram disposição em investir nestes, porém condicionado ao aumento no custo. As respostas negativas foram de apenas ≈ 1%. Uma possível explicação para este resultado deve estar relacionada à ideia da economia de água alcançada pela utilização de metais e louças eficientes, seja pelo aspecto financeiro ou de preservação ambiental. A disponibilização de uma ferramenta de cálculo simplificado de tempo de retorno de investimento, a partir do acréscimo no custo da compra, bem como a inclusão de incentivos fiscais, provavelmente contribuiria para a decisão de aquisição destes materiais.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho viabilizou exercitar a prática de pesquisa de mercado, por meio de exercício didático, realizado durante graduação em engenharia civil. O objetivo da pesquisa foi avaliar o comportamento de usuários de sistemas prediais, quanto a quatro medidas de uso racional de água. Além da obtenção de respostas para as perguntas apresentadas, foi possível verificar algumas deficiências no questionário elaborado. Por exemplo, em trabalhos futuros, as perguntas e alternativas de respostas quanto ao reúso poderão ser melhoradas para maximizar o aproveitamento dos dados obtidos. Além disso, é possível expandir as alternativas de respostas quanto ao investimento em louças e metais eficientes.

Com relação ao perfil dos entrevistados, foram 295 pessoas que espontaneamente responderam ao questionário. A maioria das respostas

veio de pessoas que residiam na região Sul (214), recebiam renda fixa individual mensal entre 0 e 5 salários mínimos (207) e possuíam nível de escolaridade superior completo ou incompleto (271). As três principais áreas de atuação profissional foram construção civil (63), humanas (53) e saúde (52). Vale salientar que a maioria dos entrevistados era jovem, pois 203 pessoas tinham no máximo 35 anos de idade. Com este perfil de jovens, é possível assumir que a amostra contemplou potenciais adeptos das práticas de uso racional de água nos sistemas prediais e que ainda estarão no mercado consumidor por vários anos.

Diante deste cenário de pesquisa, a quase totalidade dos entrevistados respondeu ser totalmente a favor do aproveitamento de água de chuva em torneiras externas (≈ 96%) e em descargas em sanitários (≈ 91%). Em termos da aceitação ao reúso de água cinza tratada nas descargas em sanitários, apesar das ressalvas apresentadas no item 3.3, uma parcela de aproximadamente 75% dos entrevistados sinalizou para a aceitação desta prática. Portanto, ao avaliar o uso de fontes alternativas de água, foi constatado que a maioria dos entrevistados respondeu ser totalmente favorável ao uso de água de chuva em torneiras externas e em descargas em sanitários, além de não ter sinalizado rejeição ao reúso de água cinza tratada nas descargas em sanitários. Quanto ao investimento em louças e metais eficientes, aproximadamente 43% estariam dispostos a comprá-los. Na parcela dos demais entrevistados, que responderam que a opção dependeria do aumento no custo (≈ 56%), faltou avaliar faixas de valores no aumento do custo da compra que pudessem ser aceitas.

Concluindo, os resultados da pesquisa de mercado realizada neste trabalho sugerem que o mercado consumidor está sim receptivo à adoção de medidas de uso racional de água nos sistemas prediais, mas que ainda carece de informações e incentivos para que sejam mais amplamente utilizadas.

REFERÊNCIAS

CREA-PR CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA DO PARANÁ. **Uso/Reúso da água**. 2010. 32p. Disponível em: <venus.maringa.pr.gov.br/residuos/arquivo.php?id=96>. Acesso em: 22 abr. 2016.

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. São Paulo, 2015. 28 p. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia2.php?id=240239>. Acesso em: 6 abr. 2016.

PAVS. Programa Ambientes Verdes e Saudáveis. **Cartilha de Orientações para a Captação e Armazenamento da Água da Chuva**. 2015. 28p. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/saude/Cartilha%20cisterna%20final%20(6)%2018-6-2015.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2016.

SABESP COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sabesp aprova novas faixas de bônus para quem economiza água.** São Paulo, 27 out. 2014. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalhe.aspx?secaold=65&id=6324>. Acesso em: 6 abr. 2016.

SEBRAE SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Pesquisa de mercado: o que é e para que serve**. 11 jan. 2016. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/pesquisa-de-mercado-o-que-e-e-para-que-serve,97589f857d545410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 16 abr. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

GESTÃO DA QUALIDADE E ABRANGÊNCIA DA INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO BÁSICO[1]

SCOLARI, Felipe (1), FIORI, Simone (2), FERNANDES, Vera M. Cartana (3), GIL, Anelise Sertoli (4), SCORTEGAGNA, Vinicius (5), FERREIRA, Matheus (6), VANZ, Luisa Dametto (7)

(1) UPF, e-mail: 113636@upf.br; (2) UPF, e-mail: sfiori@upf.br; (3) UPF, e-mail: cartana@upf.br; (4) UPF, e-mail: anelise.gil@upf.br; (5) UPF, e-mail: viniciuss@upf.br; (6) UPF, e-mail: matheusferreira@upf.br; (7) UPF, e-mail: luisavanz@gmail.com

RESUMO

Em um cenário onde a questão ambiental e o desenvolvimento sustentável estão sendo cada vez mais discutidas e compreendidas como conceitos essenciais para o bem-estar do ser humano, o saneamento básico e sua infraestrutura se encaixam como pilares fundamentais para tais conceitos. É portanto, de extrema importância a execução de uma gestão controlada e bem estruturada dos sistemas de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de drenagem urbana e de coleta e tratamento de resíduos sólidos. A partir do estudo do Sistema Integrado de Gestão do Ambiente Urbano (SIGAU) e do levantamento dos dados necessários para a aplicação de sua metodologia de cálculos foi possível caracterizar e avaliar, por meio de uma lista de indicadores e valores de referência que buscam retratar o panorama de cada aspecto analisado, a infraestrutura de saneamento básico de um município no RS. Após a obtenção dos índices parciais para os quatro fatores abordados da infraestrutura do saneamento básico, o índice final de Abrangência e Qualidade da Infraestrutura pode ser estabelecido como L=0,5929 e, portanto, chegando a um valor que representa uma condição aceitável, mas muito próxima de uma condição pobre que é, ainda, a realidade de muitas cidades brasileiras.

Palavras-chave: Saneamento básico. Infraestrutura. SIGAU.

ABSTRACT

In a scenario where environmental issues and sustainable development are being increasingly discussed and understood as essential concepts for human welfare, sanitation and infrastructure fit as fundamental pillars for such concepts. It is therefore extremely important to perform a controlled and well-structured management of water supply systems, sanitation, urban drainage and collection and treatment of solid waste. From the study of the Integrated Urban Environmental Management (SIGAU) and the collection of data necessary for the implementation of its calculation methodology was possible to characterize and evaluate, through a list of indicators and benchmarks that seek to portray the overview of each aspect analyzed, the sewerage infrastructure in the municipality of RS. After obtaining the partial indexes for the four factors discussed in sanitation infrastructure, the final index of Coverage and Infrastructure Quality can be set as L = 0.5929 and thus reaching a value that represents an acceptable condition, but very close to a poor condition that is also the reality of many Brazilian cities.

[1] SCOLARI, Felipe, FIORI, Simone, FERNANDES, Vera M. Cartana, GIL, Anelise Sertoli, SCORTEGAGNA, Vinicius, FERREIRA, Matheus, VANZ, Luisa Dametto. Gestão da qualidade e abrangência da infraestrutura de saneamento básico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016

***Keywords**: Basic sanitation. Infrastructure. SIGAU .*

1 INTRODUÇÃO

É notável que o desenvolvimento da humanidade em conjunto com a sua necessidade de organizar-se em sociedade desencadeou uma profunda mudança no estado inicial em que nosso meio ambiente se encontrava.

Com base nos estudos realizados por Rossetto (2003) em sua Tese de doutorado com a concepção do Sistema Integrado de Gestão do Ambiente Urbano (SIGAU), pode-se aplicar o sistema nas diversas etapas de gestão.

Com a utilização do SIGAU e a sua flexibilidade de aplicação a partir da análise de indicadores, fica claro que um sistema que englobe diferentes aspectos em relação ao desenvolvimento controlado e estruturado de um município é de grande valia para o órgão gestor municipal, mas também para o público em geral, afinal, conforme Kayano; Caldas (2002), a participação popular exerce uma forte influência na elaboração e implementação de políticas públicas.

Como o Sistema SIGAU apresenta uma extensa gama de indicadores colocados em divisões e subdivisões, o foco escolhido para o estudo durante este projeto foi o fator crítico que diz respeito à abrangência e qualidade da infraestrutura, mais precisamente aos temas: abastecimento de água, drenagem urbana, coleta e tratamento de esgoto, coleta e tratamento de resíduos sólidos.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo geral a aplicação da metodologia do sistema SIGAU como meio para a obtenção do índice de "Abrangência e qualidade de Infraestrutura Urbana", utilizando o método como base para uma avaliação do ambiente urbano em um Munícipio do RS referente às questões do saneamento básico.

2 SISTEMA SIGAU

O modelo do Sistema Integrado de Gestão do Ambiente Urbano (SIGAU) foi elaborado pela Arquiteta e Urbanista Adriana Marques Rossetto, em sua Tese de doutorado defendida em 2003. De acordo com Rossetto (2003), o sistema baseia-se nas premissas de equidade social, prudência ecológica e eficiência econômica que sustentam o conceito de sustentabilidade definidos por Sachs (1993).

O modelo SIGAU é compreendido em quatro dimensões para a identificação dos aspectos que englobam a sustentabilidade urbana, sendo elas: perspectiva social, ambiental, físico-ambiental e econômica.

Com base nestes fatores críticos, o SIGAU propõe uma lista de indicadores que buscam retratar o panorama de cada aspecto analisado. A proposição destes indicadores utiliza a estrutura PER (Pressão/Estado/Resposta) que, segundo Rossetto (2003, apud Trentin 2008 p. 29) é um sistema de indicadores

proposto e adotado pelos países da OECD1 que se baseia no conceito de causalidade. A estrutura de agregação dos indicadores utiliza planilhas do Microsoft Excel, possibilitando a combinação dos dados de forma sistêmica e a interpretação dos resultados de uma forma bem abrangente.

Dentre as quatro perspectivas propostas no sistema, encontra-se, ainda, a subdivisão em fatores críticos. Para este trabalho, foram analisados somente os fatores relacionados ao Saneamento, sendo o quadro 1 uma demonstração dos fatores críticos da perspectiva físico-espacial, chamando atenção para o item "Abrangência e Qualidade da Infraestrutura" que foi aprofundado neste trabalho.

Quadro 1 – Perspectivas englobadas no sistema SIGAU.

Perspectiva Físico-Espacial			
Fatores Críticos			
Organização Físico-Espacial	**Abrangência e Qualidade da Infraestrutura**	**Perspectiva Físico-Ambiental**	**Perspectiva Econômica**
Distribuição espacial da população	Abastecimento de água	Praças e parques	Condições de temperatura
Organização dos usos	Drenagem urbana	Mobiliário urbano	Condições dos ventos
Preservação do patrimônio histórico construído	Coleta e tratamento de esgoto	Oferta de equipamentos urbanos de serviços públicos	Condições da insolação
Adequação da malha urbana	Coleta e tratamento de resíduos sólidos	Oferta de espaços com diferentes escalas de utilização e domínio	Condições da umidade relativa do ar
Ocupações ilegais em áreas de riscos	Oferta de energia elétrica		Paisagens cênicas e perspectivas visuais
	Sistema viário veicular e de pedestres		Controle de odores
			Grau de permeabilidade...

Fonte: Adaptado de Rosseto (2003).

3 MÉTODO DA PESQUISA

O munícipio em estudo está localizado na zona fisiográfica denominada Alto Uruguai, na Mesorregião do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2010 o Município possui população de 16.154 habitantes, sendo que 2.292 pessoas vivem na área rural do Município.

3.1 Roteiro metodológico

Os procedimentos metodológicos necessários para a realização desta pesquisa foram divididos em três etapas, sendo elas: Etapa 1: Levantamentos dos dados para a aplicação dos indicadores; Etapa 2: Aplicação dos indicadores no Sistema SIGAU; Etapa 3: Análise dos índices obtidos.

Para iniciar a Etapa 1, caracterizada pela execução do levantamento dos dados que foram necessários para a aplicação dos mesmos junto ao sistema SIGAU, foram utilizados como fonte destas informações órgão públicos relacionados à cada tipo de informação; sendo a Companhia Riograndense de Saneamento CORSAN e SNIS para os itens referentes ao abastecimento de água, a Prefeitura Municipal do município para os itens referentes à coleta e tratamento de resíduos sólidos e à drenagem urbana e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE para os itens referentes à coleta e tratamento de esgoto.

Após a coleta de todos os dados, a segunda fase consistiu no preenchimento das planilhas do sistema SIGAU.

Por fim, após a obtenção dos resultados gerados pelo sistema de gestão SIGAU, foi necessária a análise dos resultados de forma a caracterizar o município do estudo, gerando ao final da análise um índice que enquadra a infraestrutura de saneamento básico no município nos limites de 0 e 1 trabalhados no SIGAU. Podendo, com isso, avaliar a situação do município é satisfatória (bom), aceitável ou insatisfatória (pobre), para cada um dos setores do saneamento básico, e ao final para a infraestrutura total do município.

4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

4.1 Caracterização do município

A partir do estudo de caso efetuado por Fiori (2006) para outro município do RS, foi possível a utilização dos mesmos indicadores do sistema SIGAU para a avaliação da infraestrutura do saneamento do município em estudo.

A partir da Lei 11.445, fez-se necessário a formulação do plano de saneamento básico para todos os municípios, sendo a apresentação dele indispensável para obtenção de qualquer recurso perante a união.

O Poder Executivo do município viabilizou um convênio de Cooperação Técnica com o Estado do Rio Grande do Sul, em consonância com o art. 241 da Constituição Federal, o qual definiu a forma da atuação associada nas questões ao Saneamento Básico (água e esgoto e coleta seletiva de lixo) do Município, bem como delegou à Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul - AGERGS a regulação dos serviços públicos delegados de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário.(PMSB, 2011).

4.2 Aplicação dos indicadores no município em estudo

A aplicação da metodologia do SIGAU permitiu a análise da situação do município em relação aos tópicos do saneamento básico, sendo o reflexo da coleta dos dados referentes à cidade. A simulação calculada através dos parâmetros e valores hipotéticos estabelecidos por Rossetto (2003) permite que o cenário da infraestrutura de saneamento básico seja monitorado e, eventualmente, melhorado com o auxílio dos apontamentos feitos pelo sistema.

É necessário que alguns parâmetros dos indicadores de primeiro niível sejam estabelecidos de modo que seus valores pudessem ser normalizados, a análise comparativa entre os valores ideais e os piores valores para um determinado indicador pode ser observada no quadro 2.

Quadro 2 – Exemplo de cálculo do valor ideal e do pior valor

Volume de água nos reservatórios	**Valor ideal**	
	Valor atual do volume de água nos reservatórios * valor ideal do índice pluviométrico	m³/mês
	Valor atual do índice pluviométrico	
	Pior valor	
	Valor atual do volume de água nos reservatórios * valor pior do índice pluviométrico	m³/mês
	Valor atual do índice pluviométrico	

Fonte: Adaptado de Fiori (2006)

4.2.1 Índices parciais obtidos

De modo a obter o índice geral de Abrangência e Qualidade de Infraestrutura Urbana, o sistema gerou primeiro, índices parciais para cada subsistema, referente a cada tema dentro dos fatores críticos abordados neste trabalho.

Os índices parciais foram obtidos por meio da agregação dos indicadores básicos e dos indicadores de primeiro nível, servindo como base para a composição do segundo nível de indicadores desta pesquisa. O próximo nível de agregação, o terceiro nível, consiste em gerar o índice geral da avaliação integrada.

4.2.1.1 Abastecimento de água por rede pública

O fornecimento de água na área urbana é realizado pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), sua captação para o abastecimento público do município na zona urbana é realizada através de uma barragem de médio porte localizada no Arroio Abaúna e também por meio de captação subterrânea de dois poços.

A partir dos indicadores contidos no quadro 3 pode-se calcular o restante dos níveis na metodologia do SIGAU.

Quadro 3 – Indicadores compostos do fator crítico Abastecimento de água por rede pública

População urbana	Volume de água tratada na ETA	Investimentos realizados em abastecimentos de água
Taxa de crescimento populacional	Porcentagem da população atendida por rede de abastecimento de água	Legislação de uso e ocupação do solo urbano
Volume de água nos reservatórios	Consumo médio per capita de água	
	Volume total de água consumido efetivo	
	Volume total de água consumido medido nos hidrômetros	
	Extensão da rede de abastecimento de água	
	Porcentagem de vias servidas com rede pública de abastecimento de água	

Fonte: Adaptado de Rosseto (2003)

A análise do resultado de agregação para este conjunto de indicadores demonstra que o valor calculado para o índice parcial de Abastecimento de Água por Rede Pública atingiu, de acordo com a classificação adotada na pesquisa, uma situação considerada aceitável, conforme pode ser observado no quadro 4.

Quadro 4 – Valores limites e índice de abastecimento de água por rede pública

Abrangência e qualidade da infraestrutura				
Fator crítico	Bom	Aceitável	Pobre	**Índice obtido**
Abastecimento de água por rede pública	$L < 0,3$	$0,3 \leq L \leq 0,6$	$L > 0,6$	0,5234

Entretanto, conforme se pode visualizar nos dados do quadro 5, o valor obtido com a aplicação do sistema no conjunto de indicadores de abastecimento de água por rede pública, pode-se observar que o índice parcial deste fator crítico obteve como resultado um valor mais próximo do considerado pobre do que do considerado aceitável.

De uma maneira geral este resultado pode ser explicado pelo fato de que os valores de referência adotados refletem aspectos positivos em relação à demanda de água na cidade, uma vez que quase 100% da população é

atendida pela rede de serviço de abastecimento de água e também pelo fato de que a rede existente atinge cerca de 95% das vias da área urbana. Porém, pode-se apontar negativamente, por exemplo, o indicador volume de água nos reservatórios ser relativamente pequeno devido ao fato de o município contar com uma capacidade total de seus reservatórios de apenas 975 m³.

4.2.1.2 Drenagem urbana

A partir dos indicadores contidos no quadro 5 pode-se calcular o restante dos níveis na metodologia do SIGAU.

Quadro 5 – Indicadores compostos do fator crítico Drenagem urbana

População urbana	% de vias com rede de drenagem	Legislação de ocupação de uso do solo urbano
Taxa de crescimento populacional	% de vazios urbanos	Recursos utilizados em ampliação a melhoria da rede de drenagem (macro micro)
Índice pluviométrico	% de áreas alagáveis	
	Extensão da rede/Macrodrenagem	Fiscalização e controle de ocupação e degradação de banhados, cursos de água e nascente
	Extensão da rede/Macrodrenagem	

Fonte: Adaptado de Rosseto (2003)

Para o índice parcial de Drenagem Urbana o valor obtido indica um estado considerado "Aceitável", de acordo com a classificação adotada na pesquisa, conforme pode ser observado na quadro 6.

Quadro 6 – Valores limites e índice parcial de drenagem urbana

Abrangência e qualidade da infraestrutura				
Fator crítico	Bom	Aceitável	Pobre	**Índice obtido**
Drenagem urbana	$L < 0,3$	$0,3 \leq L \leq 0,6$	$L > 0,6$	0,5579

A partir disso, é visto que a existe a necessidade do estabelecimento de um plano municipal de drenagem urbana, pois mesmo que o município possua 80% das vias com rede de drenagem, estas não o fazem de modo efetivo. Desta forma, a definição de melhorias na capacidade de escoamento de acordo com os recursos se faz necessária de modo a assegurar maior controle e fiscalização dentro da área urbana.

4.2.1.3 Rede pública de coleta e tratamento de esgoto

O município não possui um sistema coletivo de esgotamento sanitário. A situação existente é feita através de tanque séptico, filtro anaeróbico e sumidouro ou, então, tanque séptico e filtro ligado à rede pluvial.

Quadro 7 – Indicadores compostos do fator crítico Rede pública de coleta e tratamento de esgoto

População urbana	Extensão da rede de coleta de esgoto	Recursos destinados à instalação da estação de tratamento de esgoto
Taxa de crescimento populacional	% das vias em esgoto sanitário inadequado	
Estimativa do volume de esgoto gerado	Volume de esgoto coletado	Legislação especifica relativa ao destino de efluentes líquidos
	Volume de esgoto tratado	
	% da população que é atendida pela rede de coleta pública de esgoto	Capacidade da estação de tratamento de esgoto

Fonte: Adaptado de Rosseto (2003)

O valor encontrado para o índice parcial da Rede Pública de Coleta e Tratamento de Esgoto foi de 0,96, conforme pode ser observado no quadro 8. Este valor representa um cenário "Pobre", de acordo com a classificação adotada na pesquisa, demonstrando uma situação considerada alarmante.

Quadro 8 – Valores limites e índice parcial de rede publica de coleta de tratamento de esgoto

Abrangência e qualidade da infraestrutura				
Fator crítico	Bom	Aceitável	Pobre	**Índice obtido**
Rede pública de coleta de tratamento de esgoto	$L < 0,3$	$0,3 \leq L \leq 0,6$	$L > 0,6$	0,9654

Diante deste cenário, é de extrema importância que se levante a possibilidade de investimentos para a implantação de um sistema de coleta e uma estação de tratamento de esgoto que poderia beneficiar em termos de melhora nas condições ambientais e qualidade dos recursos hídricos da região, não só o município em estudo, mas também municípios vizinhos que não se localizam a distâncias muito grandes como é o caso de outro município – distante a 5 Km.

4.2.1.4 Coleta e tratamento de resíduos sólidos

O aterro sanitário municipal está implantado em uma área de 7.000 m², sendo que junto ao aterro opera uma Central de Triagem. A empresa terceirizada pela Prefeitura opera com 1 caminhão que faz a coleta todos os dias da semana, totalizando em média um valor de 250 toneladas por mês de resíduos sólidos coletados.

Quadro 9 – Indicadores compostos do fator crítico Coleta e tratamento de resíduos sólidos

<table>
<tr><td>População urbana</td><td>Capacidade do aterro sanitário</td><td rowspan="2">Recursos destinados a instalação da nova célula de tratamento de lixo de aterro sanitário</td></tr>
<tr><td>Taxa de crescimento populacional</td><td rowspan="2">% da população atendida por serviço de coleta de resíduos sólidos</td></tr>
<tr><td>Estimativa do volume de resíduos sólidos gerados per capita</td><td>Programa destinado a coleta seletiva de lixo</td></tr>
<tr><td></td><td>Volume de lixo concentrado</td><td rowspan="2">Incentivos a cooperativas de reciclagem e separação do lixo</td></tr>
<tr><td></td><td>Volume de lixo reciclado</td></tr>
<tr><td></td><td>Volume de lixo separado para compostagem</td><td></td></tr>
</table>

Fonte: Adaptado de Rosseto (2003)

O resultado de agregação para este conjunto de indicadores demonstrou que o valor do índice parcial de Coleta e Tratamento de Lixo Doméstico atingiu, de acordo com a classificação adotada na pesquisa, uma situação considerada "Aceitável", conforme pode ser observado no quadro 10.

Quadro 10 – Valores limites e índice parcial de coleta e tratamento de resíduos sólidos

Abrangência e qualidade da infraestrutura				
Fator crítico	Bom	Aceitável	Pobre	**Índice obtido**
Coleta e tratamento de resíduos sólidos	$L < 0,3$	$0,3 \leq L \leq 0,6$	$L > 0,6$	0,5053

Apesar de a cidade contar com um serviço coleta de lixo doméstico que atende 100% da população, problemas podem ser detectados em relação ao destino final dado aos resíduos sólidos no município.

O município possui uma Lei referente a coleta seletiva, a qual tem previsão para ter início a partir de fevereiro de 2016, portanto, essa ação firma a expectativa de melhorar o cenário do município visto que a coleta de forma seletiva tende a fazer com que o número de resíduos sólidos encaminhados para a reciclagem aumente, o que acarretaria em uma melhora no índice da coleta e tratamento dos resíduos sólidos.

Outro aspecto apontado é em relação ao indicador "Volume de lixo separado para a compostagem", que alerta para o descaso da reutilização do composto orgânico, que poderiam ser tratados pelo processo de compostagem e assim ser reutilizado.

4.2.2 Índice de abrangência e qualidade de infraestrutura

Para a elaboração do índice geral de Abrangência e Qualidade de Infraestrutura Urbana, o sistema agregou os índices parciais referentes aos quatro temas dos fatores críticos abordados na pesquisa, conforme quadro 11.

Quadro 11 – Índices parciais obtidos na pesquisa

Abrangência e qualidade da infraestrutura				
Fator crítico	Bom	Aceitável	Pobre	**Índice obtido na pesquisa**
Coleta e tratamento de resíduos sólidos	L < 0,3	0,3 ≤ L ≤ 0,6	L > 0,6	0,5053
Rede pública de coleta de tratamento de esgoto	L < 0,3	0,3 ≤ L ≤ 0,6	L > 0,6	0,9654
Drenagem urbana	L < 0,3	0,3 ≤ L ≤ 0,6	L > 0,6	0,5579
Abastecimento de água por rede pública	L < 0,3	0,3 ≤ L ≤ 0,6	L > 0,6	0,5234

No quadro 12 é demostra como foi obtido o índice de abrangência e qualidade da infraestrutura para o abastecimento de água, para exemplificar a composição do resultado.

Quadro 12 – Agregação de indicadores para composição do índice "abastecimento de água por rede pública".

AGREGAÇÃO DE INDICADORES			
BÁSICOS	PRIMÁRIO	SECUNDÁRIO	TERCIÁRIO
12 INDICADORES	10 INDICADORES	ABASTECIMENTO DE ÁGUA POR REDE PÚBLICA	ABRANGÊNCIA E QUALIDADE DA INFRAESTRUTURA
População Urbana	População Urbana		
Taxa de crescimento populacional	Taxa de crescimento populacional		
Volume de água nos reservatórios	Volume de água nos reservatórios		
Volume de água tratada na ETA	Volume de água tratada na ETA		
Porcentagem da população atendida por rede de abastecimento de água	% da população atendida por rede de abastecimento de água		
Consumo médio per capita de água	Consumo médio per capita de água		
Volume total de água consumido efetivam.	Volume total de água consumido efetivamente		
Volume de água consumido medido nos hidrômetros	Volume de água consumido medido nos hidrôme		
	Extensão da rede de abastecimento de água		
Extensão da rede de abastecimento de água	% de vias servidas com rede pública de abastecimento de água		
Porcentagem de vias servidas com rede pública de abastecimento de água			
Investimentos realizados em abastecimento de água			
Legislação de uso e ocupação do solo urbano			

No quadro 13 se pode observar o valor numérico do índice geral obtido. É notável que o resultado encontrado para o Índice de Abrangência e Qualidade de Infraestrutura Urbana para o município de Getúlio Vargas demonstra a precariedade do sistema de Saneamento Básico como um todo.

Quadro 13 – Índice de abrangência e qualidade da infraestrutura urbana

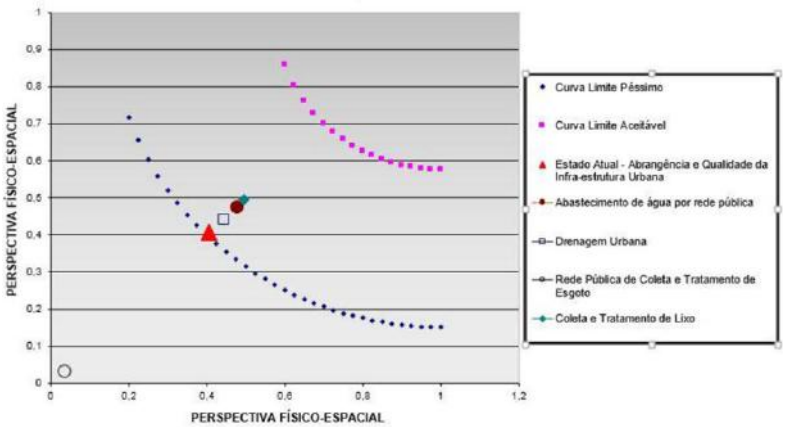
Abrangência e qualidade da infraestrutura	Bom	Aceitável	Pobre	**Índice obtido na pesquisa**
	L < 0,3	0,3 ≤ L ≤ 0,6	L > 0,6	0,5929

O índice geral revela um problema grave, principalmente em relação às redes de serviço de esgotamento sanitário à população, devido ao fato de que o município não dispõe de rede pública de coleta de esgoto, sendo este o fator crítico com pior desempenho na pesquisa, correspondendo ao valor que beira o 01 (um) e consequentemente, o pior resultado possível dentro da plataforma do SIGAU.

O melhor desempenho da Avaliação Integrada foi do fator crítico "Coleta e Tratamento de Resíduos Sólidos", que atingiu um valor aceitável. Os fatores críticos "Drenagem Urbana" e "Abastecimento de Água por Rede Pública" também se encontram em situações aceitáveis.

Os resultados são condizentes com a situação da grande maioria dos municípios brasileiros, sobretudo os de pequeno porte como é o caso do município estudado, onde o descaso com a coleta e o destino final do esgoto ainda é realidade, tendo em vista a proporcionalidade da cobertura da rede de água em relação à rede de esgoto. A Figura 1 apresenta o Índice de abrangência e qualidade da infraestrutura do município obtido, e pode-se observar que os índices obtidos estão muito próximos da curva de limite "péssimo" do que a curva limite "aceitável" ou ideal.

Figura 1 - Índice de abrangência e qualidade da infraestrutura do município em estudo.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do método SIGAU confirmou a importância de uma ferramenta de monitoramento que contribui para o aumento de controle nos processos de planejamento. O emprego do sistema mostrou-se de grande valia para esta pesquisa, na medida em que aumentou o grau de compreensão de um sistema de indicadores e a partir de que estes indicadores são formados tendo em visto que o SIGAU atua, realmente, como uma ótima ferramenta para que se possa efetuar um controle do ambiente urbano por intermédio da análise de indicadores socioambientais e, ao mesmo tempo permitindo estabelecer mudanças no cenário urbano.

Os resultados encontrados fazem jus à realidade em que o município se encontra, como por exemplo, os indicadores do fator crítico "Rede Pública de Coleta e Tratamento de Esgoto", que obtiveram um desempenho alarmante – beirando o pior valor possível do Sistema – entre os índices parciais, refletindo a situação em que se encontra a cidade atualmente, onde a rede de coleta e o tratamento inexistem, incidindo diretamente sobre o índice geral de "Abrangência e Qualidade de Infraestrutura Urbana".

De um modo geral, a avaliação da infraestrutura realizada para o Município estudado apresentou-se satisfatória em relação aos objetivos propostos inicialmente, mesmo que os resultados tenham sido considerados pouco favoráveis, mostrando, assim, a realidade ainda pobre de grande parte das cidades brasileiras em relação à preocupação com os processos que envolvem o saneamento básico.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei no 11.445, de 05 de janeiro de 2001. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, seção 1, 08 de janeiro de 2007.

BRASIL. **Plano de Saneamento Básico. Ministério das Cidades, Brasília, DF**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/download/apresentacoes/pmat/9ap1_Plano_Saneamento_junho_2011_RJ.pdf>. Acessado em 27 ago. 2015.

FIORI, S. **Indicadores Urbanos: Avaliação, Adequação e Aplicação em Passo Fundo – RS/Brasil**. 2006. 95f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acessado em 18 ago. 2015

KAYANO, J.; CALDAS, E. L. **Indicadores para o diálogo. In: Novos contornos da gestão local: conceitos em construção**. São Paulo. Polis. Programa de Gestão pública e Cidadania. FGV-EAESP. 2002.

PMSB. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Getúlio Vargas**. 2011

ROSSETTO, A. M. **Proposta de um Sistema Integrado de Gestão do Ambiente Urbano (SIGAU) para o Desenvolvimento Sustentável de Cidades.** 2003. 133f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TRENTIN, P. **Aplicação experimental de indicadores físico-espaciais do sistema integrado de gestão do ambiente urbano (SIGAU/2003) na área central de Itajaí/SC.** 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

REGRAS DE VERIFICAÇÃO DE MODELOS BIM PARA PROJETOS DE SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO[1]

TAKAGAKI, Carolina Yumi Kubo (1); OLIVEIRA, Lúcia Helena de (2); CORRÊA, Fabiano Rogério (3)

(1) PCC/EP/USP, e-mail: carolina.takagaki@usp.br; (2) PCC/EP/USP, e-mail: lucia.helena@.usp.br; (3) PCC/EP/USP, e-mail: fabiano.correa@usp.br

RESUMO

O processo de projeto proposto pela Modelagem da Informação da Construção (BIM) possibilita, dentre outros benefícios, uma melhor visualização da interação dos subsistemas do edifício. No entanto, a análise destes subsistemas no BIM é limitada. O objetivo deste trabalho é apresentar uma solução para a verificação do projeto de sistemas prediais de esgoto sanitário, por meio da criação e implementação de regras de verificação de modelos BIM, com base na norma técnica brasileira. Uma forma de implementação proposta utiliza o programa Solibri Model Checker (SMC). Em casos nos quais a verificação não foi possível de ser implementada no SMC, criou-se uma rotina automatizada para analisar o modelo. Os resultados mostram que regras simples e relacionadas a propriedades de elemento ou componente do modelo podem ser parametrizadas no SMC, permitindo uma correção mais rápida e dinâmica por parte dos projetistas e coordenadores de projeto. Para regras mais complexas, o usuário convencional não tem como contornar as limitações do SMC, já que este não possui uma interface aberta de acesso às suas funcionalidades. Conclui-se que a verificação de projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário ainda carece de ferramentas e regras de verificação adequados para extrair todo o potencial dos processos BIM.

Palavras-chave: Building Information Modeling (BIM). Solibri Model Checker (SMC). Industry Foundation Classes (IFC). Regras de verificação. Sistemas prediais de esgoto sanitário.

ABSTRACT

The design process proposed by the Building Information Modeling (BIM) enables, among other benefits, a better visualization of the interaction of the building subsystems. However, the analysis of these subsystems in the BIM is limited. The aim of this work is to present a solution for the building sewage systems project verification, through the creation and implementation of verification rules of BIM models, based on the Brazilian standard. One way of implementing proposal uses Solibri Model Checker program (SMC). In cases in which checking could not be implemented in the SMC, it was created an automated routine to analyze the model. The results show that simple rules and the related properties of element or component of the model can be parameterized in the SMC, allowing a more rapid and dynamic correction by designers and project coordinators. For complex rules, the conventional user has no way to overcome the limitations of the SMC, since this does not have an open interface to access its features. Therefore, it is concluded that the verification

[1] TAKAGAKI, Carolina; OLIVEIRA, Lúcia; CORRÊA, Fabiano. Regras de verificação de modelos BIM para projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

of sewage systems designs still lacks adequate verification rules and tools to extract the full potential of the BIM processes.

***Keywords**: Building Information Modeling (BIM). Solibri Model Checker (SMC). Industry Foundation Classes (IFC). Verification rules. Sewage building systems.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos os sistemas prediais tiveram diversos avanços tecnológicos que merecem destaque, principalmente quanto a novos materiais, componentes, sistemas e processos de execução. Portanto, há a necessidade de avanço também no modo como os projetos são desenvolvidos.

Em geral, cada subsistema do edifício é projetado por um profissional de uma área de atuação específica e cabe ao coordenador de projetos a compatibilização das diversas disciplinas do projeto, uma vez que surgem inúmeros conflitos devido à falta de cooperação entre os envolvidos no processo. Isso ocorre em função de um fluxo contínuo de troca de informações e interdependência entre os envolvidos (RUSCHEL *et al.*, 2013).

Apesar de as tecnologias de informação já estarem sendo utilizadas no setor da construção, o desafio é explorá-las com foco na melhoria do processo como um todo. A baixa utilização de tecnologias de informação que automatizem os processos é apontada como um dos entraves do setor da construção com relação à automação e integração de seus processos.

Neste sentido, o emprego do processo de projeto segundo a Modelagem da Informação da Construção ou BIM (EASTMAN *et al.*, 2011) pode interligar os diversos subsistemas de uma edificação, uma vez que engloba todo o ciclo de vida da construção por meio de sua modelagem integrada.

Com relação à elaboração de um projeto, toda edificação deve ter seu projeto e execução em conformidade com as normas técnicas, leis e regulamentos. Para atender às normas técnicas, é necessário verificar inúmeros elementos, suas propriedades e a relação entre eles. Atualmente, esta verificação é realizada manualmente por projetistas e coordenadores de projetos.

Devido aos diferentes profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto, as informações também estão em formatos distintos. Por isso, é necessário garantir que haja fluidez dos fluxos de informações e interoperabilidade entre as diferentes disciplinas de projeto. Busca-se obter esta compatibilidade por meio do IFC (Industry Foundation Classes), que surgiu como o formato público e universal que representa uma das maneiras mais eficientes e conhecidas de interoperabilidade no BIM (buildingSMART, 2014).

Neste contexto, a criação de regras computacionais a partir de normas técnicas e de boas práticas de projeto pode simplificar e automatizar a verificação e a compatibilização de projetos de subsistemas do edifício. O BIM pode auxiliar neste processo. Apesar da existência de alguns softwares,

como o Solibri (SOLIBRI, 2014), para verificação automática de regras gerais, o Brasil ainda não dispõe de verificação automática para sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

Assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver regras de verificação e de validação de modelos BIM para projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário com base na NBR8160 (ABNT, 1999) e em boas práticas de projeto, tendo em vista facilitar o trabalho de coordenadores de projetos.

2 VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE MODELOS BIM

Dentro do processo de projeto em BIM, o coordenador de projeto usa uma ferramenta computacional para integrar os diversos subsistemas que compõe o edifício. Neste ambiente virtual de integração, é possível visualizar interferências geométricas entre os diferentes subsistemas e submeter o projeto a um conjunto de regras para verificar a sua adequação aos requisitos recomendados por normas técnicas, regulamentos ou por boas práticas no setor da construção. No entanto, não existe atualmente um conjunto de regras de verificação de sistemas prediais, que correspondam às recomendações das normas técnicas brasileiras, para que o projeto seja verificado automaticamente.

Algumas pesquisas utilizaram o BIM para a automatização de regras de verificação de projetos de subsistemas de uma edificação. Zhang *et al.*(2013), Inhan *et al.* (2013) e Dimyadi *et al.* (2008) desenvolveram pesquisas de verificações de regras para projetos de combate a incêndio, enquanto Wu *et al.* (2004) e Lee (2010) desenvolveram pesquisas referentes a verificação de acessibilidade e circulação. Todas estas pesquisas utilizaram o BIM para a automatização de regras.

No entanto, com relação a sistemas prediais hidráulicos e sanitários, segundo Costa *et al.* (2014), há poucas publicações sobre BIM disponíveis nas bases de dados nacionais e internacionais. Esta é a contribuição deste trabalho para o tema, tendo em vista os benefícios que o BIM proporciona no desenvolvimento de projetos.

2.1 Industry Foundation Classes - IFC

No setor da construção a informação tende a se tornar cada vez mais complexa e abundante, uma vez que cada profissional usa um software diferente e é responsável por um sistema específico. Assim, é necessário um modelo de dados não-proprietário que viabilize a troca de informação entre ferramentas distintas. Para contornar tal problema, foi criado o IFC (MARTINS, 2009).

O IFC tem como escopo todo o ciclo de vida da edificação, representando os elementos reais da construção e do processo construtivo por meio de objetos digitais.

Os modelos proprietários de cada subsistema produzidos podem se transformar pelas diferentes ferramentas de autoria em modelos IFC e serem

criadas regras e rotinas que verifiquem estes modelos para obter uma verificação automatizada do projeto.

2.2 Solibri Model Checker - SMC

A principal proposta do SMC é indicar potenciais problemas e conflitos na modelagem do projeto de uma edificação, melhorando a qualidade do modelo BIM e das informações nele contidas.

O SMC utiliza modelos BIM salvos em formato IFC e não aceita outros formatos de arquivos nativos de softwares BIM como Revit, ArchiCAD, VectorWorks e etc.

Além das verificações de interferência entre subsistemas, o SMC tem diversas outras funcionalidades, tais como (KHEMLANI, 2009):

- juntar diversos modelos e salvar em um único arquivo compactado;
- detectar conflitos com base em regras e, não somente, em geometria como o NavisWorks executa;
- possibilitar a visualização de modelos e "caminhar" pelo modelo;
- comparar duas versões de um modelo e ver as diferenças;
- gerar quantitativos; e
- elaborar relatórios e compartilhar resultados do modelo de verificação com outros programas.

2.2.1 Funcionamento do SMC

Apresenta-se a seguir a ferramenta "Gerenciador de regras", que é responsável pelo desenvolvimento de regras no SMC; o modo para elaborar as regras de verificação; e o conceito de filtros de seleção, necessário para desenvolver filtros nas regras.

2.2.1.1 Gerenciador de regras

No gerenciador do conjunto de regras há diversas regras classificadas por disciplina, tais como: arquitetura, mecânica, elétrica e hidráulica. Pode-se, também, alterar parâmetros de regras, adicionar, remover, renomear, modificar descrições de regras e de conjunto de regras.

Para criar as regras de sistemas prediais hidráulicos e sanitários é necessária a utilização de regras genéricas. Em sua maioria, as regras existentes referem-se à geometria dos objetos e à verificação de suas propriedades, ou seja, interseção de componentes, distância entre componentes, existência de certa propriedade, componente em contato com outro componente etc. A existência destas regras genéricas e parametrizáveis permite a criação das regras propostas neste trabalho.

2.2.1.2 Desenvolvimento de regras

O SMC contém uma biblioteca de regras prontas, porém a maioria dessas regras gerais do SMC referem-se à verificação de acessibilidade e de sistemas de combate à incêndios. Ressalta-se que muitas regras não podem ser adaptadas para outras disciplinas de projeto.

É possível criar uma regra customizada utilizando as regras padrões e criar todas as suas interações necessárias adicionando, removendo ou modificando parâmetros de uma regra pré-existente.

2.2.1.3 Filtros de seleção

Os filtros são importantes na criação de novas regras no SMC. Eles selecionam somente os componentes específicos com base em uma condição de sub-regras para aprofundar a verificação (LIPP, 2015).

Os modelos utilizados para as análises deste trabalho utilizam a geometria sólida extrudada. Esta é a representação usual utilizada na compatibilização de arquivos gerados por softwares como Autodesk Revit e DDS-CAD para o formato IFC. Algumas verificações podem necessitar de ajustes, caso a representação geométrica tenha outra representação.

2.3 Classificação e elaboração das regras de verificação

As regras de verificação podem ser classificadas de diversas formas. Solihin e Eastman (2015), com base na complexidade das mesmas, propõem a classificação descrita a seguir.

2.3.1 Classe 1 - Regras que requerem um ou alguns dados específicos

Estas regras são informações que estão contidas nos parâmetros do projeto. São regras de pouca complexidade e de simples verificação. São, em geral, regras para a verificação de medidas de comprimentos e diâmetros, posicionamento de um elemento, de elementos em contato e de existência de componentes.

2.3.2 Classe 2 - Regras que requerem um valor derivado simples

As regras desta classe necessitam de valores derivados de informações de entidades contidas no projeto. Exemplos típicos desta classe são regras que necessitam de dados derivados, como distância entre dois componentes. Neste caso, a distância não está explícita nos dados do projeto, porém ela pode ser calculada de forma simplificada com dados disponíveis no projeto. São, em geral, regras de verificação de distância entre elementos, de localização de elementos e de cotas de elementos.

2.3.3 Classe 3 – Regras que requerem uma estrutura de dados complexa

Estas regras requerem uma estrutura maior de dados com semântica complexa, ou seja, estes dados não são simples de serem obtidos e é necessário explorar as relações entre os elementos.

Estas regras somente podem ser desenvolvidas com o auxílio de ferramenta externa ao SMC ou com a associação de ambas, pois o SMC não extrai as informações necessárias para as verificações propostas.

As ferramentas externas ao SMC são os programas computacionais de verificação que utilizam as informações contidas no modelo IFC para que exerçam funções não disponíveis no SMC. A elaboração das regras da classe 3 possibilita a verificação de declividade de elementos, do parâmetro diâmetro e de elementos conectados um ao outro, de distância e comprimento de componentes, da distância entre elementos, da existência de elementos no sistema e da verificação referente à localização de elementos.

2.3.4 Classe 4 - Regras que requerem uma "prova de solução"

As regras da classe 4 são regras mais complexas que requerem uma "prova de solução", ou seja, as verificações destas regras podem resultar em uma sugestão para a solução de possíveis problemas do projelo.

3 METODOLOGIA

Para a obtenção dos resultados, o trabalho foi desenvolvido por meio das seguintes etapas:

- levantamento de critérios de projeto, recomendados pela norma de sistemas prediais de esgoto sanitário NBR 8160 (ABNT, 1999);
- desenvolvimento das regras de verificação por meio do SMC; as informações necessárias para a execução das regras são extraídas do modelo BIM, que está no formato IFC; e
- validação das regras: o software executa cada uma das regras pertinentes ao conteúdo do projeto e tem como resultado a conformidade ou não dos diversos elementos do projeto com relação à norma de sistemas prediais de esgoto sanitário – NBR 8160 (ABNT,1999).

Com os critérios de projeto, recomendados pela NBR 8160 (ABNT, 1999), foram identificados os que podem ser verificados no software SMC.

Os dados referentes aos sistemas prediais de esgoto sanitário foram obtidos por meio do projeto em formato IFC. Para analisar a aplicabilidade das verificações, foram feitos testes com modelos em IFC.

As regras foram criadas com a utilização do software SMC, com o objetivo de identificar o limite de sua trabalhabilidade.

O desenvolvimento das regras de verificação de projetos, tendo como base

a NBR 8160 (ABNT, 1999) e informações de projetistas, possibilita avaliar a sua adaptabilidade com relação à parametrização na criação de regras e verificar as suas limitações na elaboração das mesmas. Além disso, propõe-se o que pode ser desenvolvido com ferramentas que não o SMC, para auxiliar a verificação automática das regras propostas.

4 RECOMENDAÇÕES NORMATIVAS

São apresentadas quinze recomendações relativas ao sistema predial de esgoto sanitário e elaboradas com base na NBR 8160 (ABNT, 1999), que podem ser empregadas para automatizar a avaliação de projetos por meio do BIM. Muitas das recomendações normativas são amplas, vagas e abstratas, que podem gerar diferentes interpretações e não são possíveis de serem analisadas por um computador, pois dependem muito mais da percepção e análise do profissional. Assim, foi possível desenvolver, nesta etapa da pesquisa, as quinze verificações apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Resumo das verificações dos sistemas prediais de esgoto sanitário

Verificações		
Sistema Predial de Esgoto Sanitário		
	Dados de entrada	**Fórmula de verificação**
1	Cotas montante e jusante, trecho de tubulação e distância entre estes pontos	Declividade ≥ 1%; sendo Declividade = ((Cota1) - (Cota2))/(Distância x) ×100
2	Cotas montante e jusante de tubo e distância entre estes pontos no eixo das abcissas (x)	Declividade ≤ 5%; sendo Declividade = ((Cota1) - (Cota2))/(Distância x) ×100
3	Diâmetro da tubulação de ventilação, ramal de esgoto e ramal de descarga	Diâm.tub.ventilação ≤ Diâm.ramal esgoto ou ramal descarga
4	Existência do prolongamento do tubo de ventilação e sua altura e localização da extremidade aberta	Extrem. aberta distância ≥ 4m de janelas, portas ou vãos; e altura prolong. > 2m acima da cobertura ou prolong. > 0,3m.
5	Diâmetro tubo a montante e diâmetro do tubo a jusante	Diâm. montante ≤ Diâm. jusante
6	Distância mínima entre caixa de inspeção e tubo de queda	Distância entre caixa de inspeção e tubo de queda ≥ 2m
7	Diâmetro da coluna de ventilação, ligações à coluna e localização da extremidade superior	Diâmetro uniforme; ligada a subcoletor ou tubo de queda
8	Comprimento coletor predial	Comprimento < 15m
9	Diâmetro coletor predial	Diâmetro > 100mm
10	Distância entre desconector e o tubo ventilador	Diâmetro conforme tabela 5.1da NBR 8160 (ABNT,1999)
11	Distância entre dois dispositivos de inspeção	Distância entre dispositivos < 25 metros
12	Comprimento do trecho entre um ramal de descarga e um ponto de inspeção	Comprimento do trecho < 10 metros.

13	Distância entre ligação do coletor predial e dispositivo de inspeção mais próximo	Distância < 15 metros
14	Ligações do ramal de esgoto do piso térreo	Ramal de esgoto ligado tubo independente direto à caixa de inspeção e não a tubo de queda
15	Diâmetro ramal de descarga	Diâmetro conforme tabela 5.2

Fonte: Os autores (2016)

5 REGRAS DE VERIFICAÇÃO

As regras de verificação, apresentadas neste item, têm como base as recomendações normativas do item 4.

As regras são inicialmente desenvolvidas e implementadas no SMC. Quando não foi possível fazer tal implementação, devido à interface limitada de construção de regras no SMC, implementou-se as mesmas numa rotina automática externa, ou seja, foram criados programas computacionais de verificação empregando conceitos de armazenamento de dados do IFC para a obter as informações necessárias destas verificações.

O Quadro 2 apresenta as regras de verificação das recomendações da classe 1, propostas para sistemas prediais de esgoto sanitário.

Quadro 2 – Regras de verificação da classe 1 para sistemas prediais de esgoto sanitário

Classe 1	
Verificação do parâmetro comprimento	**Verificação do parâmetro diâmetro**
Recomendação 8: Comprimento do coletor predial	**Recomendação 9:** Diâmetro mínimo do coletor predial
	Recomendação 15: Diâmetro mínimo do ramal de descarga

Fonte: Os autores (2016)

O Quadro 3 apresenta as regras de verificação das recomendações da classe 2, propostas para sistemas prediais de esgoto sanitário.

Quadro 3 – Regras de verificação da classe 2 para sistemas prediais de esgoto sanitário.

Classe 2	
Verificação de distância entre elementos	**Verificação da localização de elementos**
Recomendação 10: Distância máxima de desconector ao tubo ventilador	**Recomendação 14:** Ramal de esgoto do pavimento térreo

Fonte: Os autores (2016)

O Quadro 4 apresenta as regras de verificação das recomendações da classe 3, propostas para sistemas prediais de esgoto sanitário.

Quadro 4 – Regras de verificação da classe 3 para sistemas prediais de esgoto sanitário (continua)

Classe 3		
Verificação de declividade de elementos	**Verificação do parâmetro diâmetro e de elementos conectados um ao outro**	**Verificação de distância e comprimento de componentes**
Recomendação 1: Declividade mínima	**Recomendação 3**: Diâmetro do ramal de ventilação de esgoto menor ou igual ao do ramal de esgoto ou de descarga	**Recomendação 4:** Prolongamento do tubo de ventilação
Recomendação 2: Declividade máxima de 5%	**Recomendação 5:** Diâmetro a montante menor ou igual a jusante nas tubulações	**Recomendação 6:** Distância mínima entre caixa de inspeção e tubo de queda

Fonte: Os autores (2016)

Quadro 4 – Regras de verificação da classe 3 para sistemas prediais de esgoto sanitário (conclusão)

Classe 3		
Verificação de declividade de elementos	**Verificação do parâmetro diâmetro e de elementos conectados um ao outro**	**Verificação de distância e comprimento de componentes**
	Recomendação 7: Coluna de ventilação	**Recomendação 11:** Caixas e componentes de inspeção
		Recomendação 12: Distância entre ramal de descarga e de esgoto e dispositivos de inspeção
		Recomendação 13: Distância entre ligação do coletor predial e dispositivo de inspeção mais próximo

Fonte: Os autores (2016)

Neste trabalho não são propostas regras de verificação da classe 4, pois elas requerem maior complexidade na verificação de regras e o SMC não é capaz de verificar tais regras por meio de suas ferramentas atuais.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao analisar projetos de diversos profissionais, notam-se diferentes informações. Alguns projetos são detalhados e organizados, enquanto outros apresentam diversas inconsistências. Isto dificultou a verificação de regras, pois não há um padrão nos projetos e, inicialmente, foi necessário alterar os projetos para depois realizar as verificações. Para analisar a verificação das

recomendações normativas, padronizaram-se todas as informações contidas no projeto de modo a facilitar a utilização dos mesmos nas verificações.

Ressalta-se a importância, portanto, da existência de diretrizes de modelagem dentro dos processos BIM e a a necessidade de projetos com informações claras, concisas e padronizadas.

Com relação à análise do SMC, como ferramenta para a elaboração de regras de verificação de sistemas prediais de esgoto sanitário, ele se mostrou restrito, principalmente, com as regras de verificação das classes 3 e 4, que exigem uma estrutura de dados mais complexa. As regras de verificação das classes 1 e 2, que são regras em que os parâmetros estão contidos no projeto ou são facilmente calculadas, foram possíveis de serem elaboradas no SMC.

As verificações de sistemas prediais de esgoto sanitário são limitadas à adaptação de regras gerais do SMC, o que restringe o desenvolvimento destas regras de verificação propostas neste trabalho.

As regras simples de comparação e de propriedades podem ser parametrizadas no SMC e apresentam resultados de fácil visualização, o que permite agilizar a correção de projetos por parte de projetistas e de coordenadores de projeto.

Enfim, o SMC possui ferramentas e propriedades para a verificação de regras mais simplificadas, enquanto que regras mais complexas exigem o processamento do arquivo IFC com rotinas computacionais externas, como opção viável quanto à automatização de verificação de regras.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem como foco a verificação de projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário, de acordo com NBR 8160 (ABNT, 1999) e o software BIM escolhido para isto foi o SMC. Pode-se afirmar que:

- é possível desenvolver regras de verificação de projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário no SMC, porém elas são limitadas a regras de comparações e análises simples de parâmetros;
- o SMC mostrou-se, em geral, um software limitado na verificação de regras em sistemas prediais de esgoto sanitário;
- com relação ao BIM, observa-se que não há uma padronização dos modelos. Há uma grande diferença entre o nível de informação e a forma como elas são armazenadas em cada modelo. O modelo deve vir com as propriedades corretas para que seja possível fazer certas verificações, ou seja, a informação já deve estar no parâmetro correto, desde a sua modelagem.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 8160**: Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução. Rio de Janeiro, 1999.

buildingSMART. 2014. Internacional home of open BIM. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/>. Acesso em: 01 de setembro de 2014.

COSTA, C.H.A; STAUT, S.L.S.; ILHA, M.S.O. Projeto de sistemas prediais hidráulicos sanitários com BIM: Mapeamento da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió, 2014, p.2760-2769.

DIMYADI, J.; AMOR, R.; SPEARPOINT, M. Sharing Building Information using the IFC Data Model for FDS Fire Simulation. In: 9TH IAFSS SYMPOSIUM ON FIRE SAFETY SCIENCE. **Proceedings...**Alemanha, 2008.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook – A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2a. ed. New Jersey, 2011.

INHAN, K.; JUNGSIK, C.; GEUNHA, C. Development of Rule-based Checking Modules for the Evacuation Regulations of Super-tall Buildings in Open BIM Environments. **Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers**, v. 18, n. 2, p. 83-92, 2013.

KHEMLANI, L. **Solibri Model Checker**: AECbytes Product Review. AECbytes. 2009. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/review/2009/SolibriModelChecker.html>. Acesso em: 02 de agosto de 2013.

LEE, J. **Automated checking of building requirements on circulation over a range over a range of design phases**. Dissertation. Georgia Institute of Technology, 2010.

LIPP, J. Self-configuring rulesets. 2015. Disponível em: <https://solibri.wordpress.com/tag/self-configuring-rulesets/>. Acesso em: 26 out. 2015.

MARTINS, J.P. Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos. 2009. 437 f. Tese de Doutorado - Universidade do Porto, Portugal. 2009.

RUSCHEL, R.; VALENTE, C.; CACERE, E.; QUEIROZ, S. O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil. **REEC Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 7, n. 3, p. 36-54, 2013. Disponível em: < http://revistas.ufg.emnuvens.com.br/reec/article/view/27487>. Acesso em: 03 dez. 2014.

SOLIBRI. Solibri Model Checker, v9, 2014. Disponível em: <http://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/>. Acesso em: 03 dez. 2014.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. Classification of rules for automated BIM rule checking development. **Automation in Construction**, Elsevier, v. 53, p. 69–82, 2015.

WU S.; LEE W.; KOH, G.; AOUAD, G.; FU, C. An IFC-based space analysis for building accessibility layout for all users. **Construction Innovation**, v.4, n.3, p. 129-141, 2004.

ZHANG, S., TEIZER, J., LEE, J., EASTMAN, C.; VENUGOPAL, M., 2012, Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. **Automation in Construction**, Elsevier, v.29, p.183-195, 2013.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DE FALHAS EM TUBULAÇÕES DE CPVC PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE RAIOS X[1]

TANINAGA, Simone N. (1); SOWMY, Daniel S. (2); SCABBIA, Andre Luiz G. (3)

(1) IPT, e-mail: simonen@ipt.br; (2) IPT / POLI-USP, e-mail: dss@ipt.br; (3) IPT, e-mail: scabbia@ipt.br

RESUMO

Atualmente as tubulações de CPVC são amplamente utilizadas em sistemas hidráulicos prediais de água quente. Sua boa resistência química e à altas temperaturas, bem como a facilidade de instalação são algumas das características que motivam a sua utilização. Como qualquer componente dos sistemas hidráulicos prediais, as tubulações de CPVC estão sujeitas a falhas que podem ter origens diversas. Para a determinação das causas de falhas destas tubulações, existem diversas técnicas e ensaios, destrutivos e não destrutivos. Entre os não destrutivos está a tomografia computadorizada por absorção de raios X (TCRX) que nos últimos anos tem sido utilizada na avaliação dimensional, geométrica e da qualidade de materiais, também é uma alternativa para análise de falhas. Este artigo, que possui caráter exploratório, após apresentar a revisão bibliográfica das atuais técnicas utilizadas na investigação da origem de falhas de tubulações de CPVC, expõe resultados de análises de corpos de prova de tubulações de CPVC submetidos à tomografia computadorizada de raios X. Os corpos de prova foram preparados com falhas conhecidas, simulando erros de instalação e armazenamento. Espera-se com este estudo aumentar o conhecimento sobre uso da TCRX aplicada na investigação de falhas em tubulações de CPVC, identificando suas limitações e vantagens.

Palavras-chave: Tubos e conexões. CPVC. Falhas. Tomografia computadorizada

ABSTRACT

Nowadays CPVC pipes are widely used in hot water systems in building installations. Its good chemical resistance and high temperatures as well as the ease installation are some of the features that motivate their use. Like any building installations component, hot water systems CPVC pipes and fittings are subject to failures that have different origins. To determine the cause of failure of these pipes, there are several techniques and tests, destructive and non-destructive. Computed tomography X-ray which in recent years has been used in the dimensional, geometric evaluation and quality materials, is also an alternative to failure analysis of CPVC pipes. This article, which has exploratory character, after presenting a literature review of current techniques used in the investigation of the origin of CPVC piping failures, exposes results of CPVC joints submitted to computed tomography X-ray. The samples were prepared with known failures caused by poor installation procedure and improper storage. It is hoped that this study increase the knowledge of the use of computed tomography X-ray applied to the failure investigation in CPVC pipes, identifying limitations and advantages.

[1] TANINAGA, Simone N.; SOWMY, Daniel S.; SCABBIA, Andre Luiz G. Avaliação de falhas em tubulações de CPVC para sistemas hidráulicos prediais de água quente por método não destrutivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Pipes and fittings. CPVC. Failures. Computed Tomography.*

1 INTRODUÇÃO

O policloreto de vinila clorado (CPVC) é um dos mais importantes polímeros utilizados em tubos e conexões na atualidade. O CPVC é produzido pela pós-cloração do policloreto de vinila (PVC) e oferece uma mistura de resistência a produtos químicos e intempéries, resistência mecânica e baixo custo de instalação para diversas aplicações, incluindo aplicações em altas temperaturas. (MERAH, 2008)

Como qualquer componente dos sistemas hidráulicos prediais, os tubos e conexões de CPVC para água quente estão sujeitos a falhas que podem ter origens diversas.

Para a determinação das causas de falhas destas tubulações, existem diversas técnicas e ensaios, destrutivos e não destrutivos, cuja aplicabilidade depende de cada caso a ser analisado.

A tomografia computadorizada por absorção de raios X (TCRX) – técnica originalmente concebida para realização de diagnósticos médicos – nos últimos anos tem sido utilizada na avaliação dimensional, geométrica e da qualidade de materiais, também é uma alternativa para análise de falhas não destrutiva de tubulações de CPVC.

Este artigo, que possui caráter exploratório, após apresentar a revisão bibliográfica das atuais técnicas e ensaios utilizados na investigação da origem de falhas de tubulações de CPVC, expõe resultados de análises de corpos de prova de juntas de CPVC submetidos à tomografia computadorizada de raios X. Os corpos de prova foram preparados com falhas conhecidas, simulando erros de instalação e armazenamento.

Espera-se com este estudo, aumentar o conhecimento do uso da TCRX aplicada na investigação de falhas em tubulações de CPVC, identificando suas limitações, vantagens e desvantagens.

2 TUBULAÇÕES DE CPVC PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE

Os tubos de CPVC são produzidos através do processo de extrusão e as conexões são moldadas por injeção. No Brasil, devem atender aos critérios estabelecidos pela Norma Brasileira ABNT NBR 15884:2010, e são fabricados nos diâmetros de 15 mm a 114 mm, e SDR[2] igual a 11. Devem ser projetados para uma vida útil de 50 anos para uma pressão máxima de serviço (estática + sobrepressão) de 900 kPa.

A execução das juntas entre os tubos e conexões de CPVC deve ser realizada por meio de adesivo específico para CPVC, que provoca um processo de soldagem a frio. Segundo Ebnesajjad (2008), neste processo, as áreas a serem unidas são amolecidas por meio de um solvente (ou mistura

[2] SDR (standard dimension ratio) é a relação diâmetro/espessura

de solventes) presente no adesivo que dissolve o polímero a temperatura ambiente. Quando isto ocorre, a cadeia polimérica ganha uma significante liberdade para se movimentar e se emaranha com outras cadeias igualmente dissolvidas do outro componente a ser unido. Após um determinado período (tempo de cura), o solvente se evapora, e então as cadeias poliméricas perdem a sua mobilidade. Este processo deixa uma massa sólida (resina) de cadeias poliméricas emaranhadas, que constitui a solda.

Para que a soldagem ocorra adequadamente deve existir uma interferência entre o diâmetro externo do tubo e o diâmetro interno da conexão, promovendo desta forma uma pressão entre as superfícies que serão unidas. Caso encaixe entre o tubo e a conexão esteja com folga, a soldagem não ocorrerá.

3 PRINCIPAIS CAUSAS DE FALHAS EM TUBULAÇÕES DE CPVC

Como quaisquer componentes dos sistemas hidráulicos prediais, as tubulações para água quente, sejam elas de material plástico ou metálico estão sujeitas à falhas.

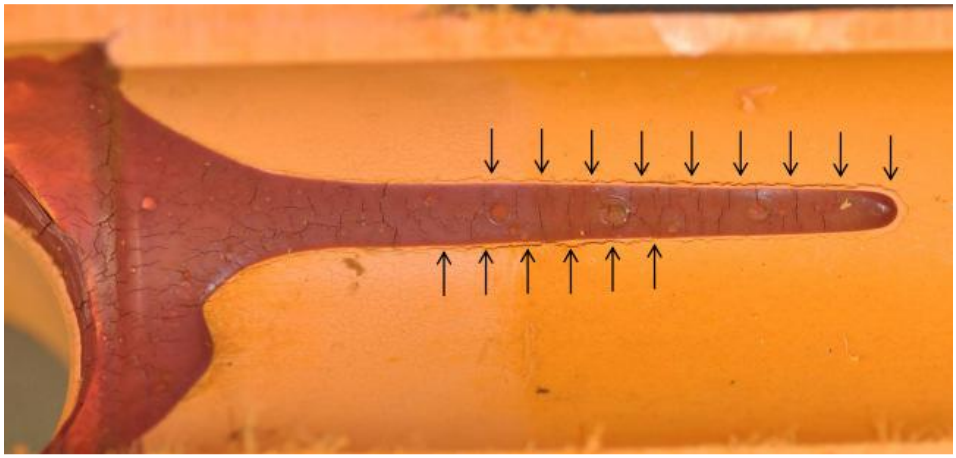
A experiência oriunda das investigações de falhas tem mostrado que, como qualquer outro produto plástico, um grande número de falhas não ocorre no tubo propriamente dito, mas nas suas juntas (FARSHAD, 2006).

Falhas ocasionais podem ser causadas por inúmeros fatores, entretanto, a instalação inadequada é geralmente a causa mais comum quando ocorre uma falha em tubulações de CPVC. (PRIDDY, 2013). Ainda de acordo com este autor e Passamaneck (2010), as causas mais frequentes de falhas em tubulações de CPVC devido às práticas inadequadas de instalação são:

- Aplicação de adesivo em excesso: o excesso de adesivo pode causar o enfraquecimento das paredes do tubo. O adesivo aplicado em excesso pode escorrer para o interior do tubo ou conexão, favorecendo a ocorrência de *stress cracking* [3]em seu entorno (ver Figura 1);

[3] Segundo Priddy (2012), o stress cracking (fissuramento sob tensão) é um mecanismo de falha que ocorre quando tubos e conexões de CPVC sob tensão absorvem determinados contaminantes químicos que aumentam a mobilidade das cadeias poliméricas, permitindo que o seu emaranhamento se desfaça, o que reduz sua resistência e fragiliza local de ocorrência.

Figura 1 – Fissuras devido ao *stress cracking* ao redor do excesso de adesivo na superfície interna do CPVC



Fonte: Pfaendtner (2014)

- Aplicação de adesivo insuficiente: A aplicação insuficiente de adesivo pode gerar vazios nas áreas de contato entre o tubo e a conexão, que resultarão em vazamentos;
- Uso de adesivo não aprovado pelo fabricante do tubo: esta prática pode resultar em junta não unida adequadamente, podendo gerar vazamentos ou separação dos tubos e conexão;
- Inserção inadequada do tubo na conexão: um desalinhamento pode resultar em espessuras do adesivo diferenciadas ao longo da circunferência do tubo, que pode dificultar a adesão das áreas onde a espessura do adesivo for muito fina. A insuficiente inserção do tubo na conexão ou um tubo cortado fora de esquadro, pode reduzir a área de adesão resultando em uma menor resistência mecânica da junta;
- Utilização de suportes inadequados / espaçamento entre os suportes inadequados: a utilização de suportes inadequados podem impedir expansão térmica dos tubos de CPVC, gerando a ocorrência de rupturas na região dos suportes.

4 ENSAIOS PARA INVESTIGAÇÃO DE FALHAS EM TUBULAÇÕES PLÁSTICAS

Kirker (2012) afirma que uma investigação das causas de falha em tubulações em CPVC requer conhecimento único e, dependendo do caso, de métodos de análises especializados tais como: análise do material através de microscópio e várias técnicas de análises químicas (cromatografia gasosa / espectrometria de massa, espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) etc.).

Segundo Hayes et al. (2011) deve-se realizar um exame cuidadoso do tubo e eventuais rupturas pois esta análise geralmente identificará um modo particular de falha e auxiliará na determinação de sua causa raiz. Afirma ainda que a fractografia é uma técnica muito utilizada por metalurgistas e engenheiros forenses para caracterizar a fabricação, esforços solicitantes e histórico ambiental da área fraturada.

A Tabela 1 apresenta as principais causas de falhas em tubulações de CPVC devido a instalação deficiente e respectivos métodos - na sua maioria destrutivos - geralmente utilizados para realização de diagnósticos.

Tabela 1 – Principais causas de falhas em tubulações de CPVC devido instalação inadequada e métodos de ensaio geralmente utilizados para diagnóstico

Causa raiz da falha	**Ensaio**
Excesso de adesivo	Corte e inspeção
Adesivo insuficiente	Corte e inspeção
Abraçadeiras inadequadas	Inspeção no local
Espaçamento das abraçadeiras inadequado	Inspeção no local
Abraçadeiras muito apertadas	Verificação da ovalização / marca das abraçadeiras no tubo
Instalação não permite a expansão térmica das tubulações	Inspeção no local
Tubos não alinhados	Inspeção no local
Inserção do tubo na conexão não suficiente	Corte e inspeção
Tubos com rebarba	Corte e inspeção
Tubos não chanfrados	Corte e inspeção
Tubos cortados fora de esquadro	Corte e inspeção

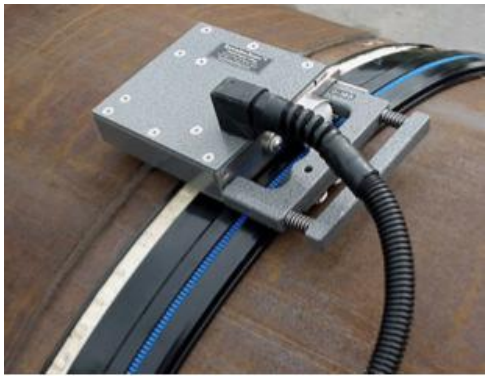
Fonte: adaptado de Priddy (2013)

De acordo com Andreucci (2013), os métodos não destrutivos mais frequentes para a verificação de juntas soldadas são a radiografia e o ultra-som. A radiografia é um método que se baseia na absorção diferenciada da radiação penetrante pela peça que está sendo inspecionada, sendo que esta absorção depende de diferenças de densidade e espessura do material ou até mesmo diferenças de composição (vide Figura 2). Segundo este autor, a tomografia também pode ser considerada como um método não destrutivo porém sua aplicação é limitada em função da aplicação restrita a peças pequenas.

Figura 2 – Radiografia digital – inspeção em campo



(a) Técnica de radiografia digital direta em uma solda de tubulação



(b) A placa digitalizadora gira ao redor da solda por um guia fixo no tubo



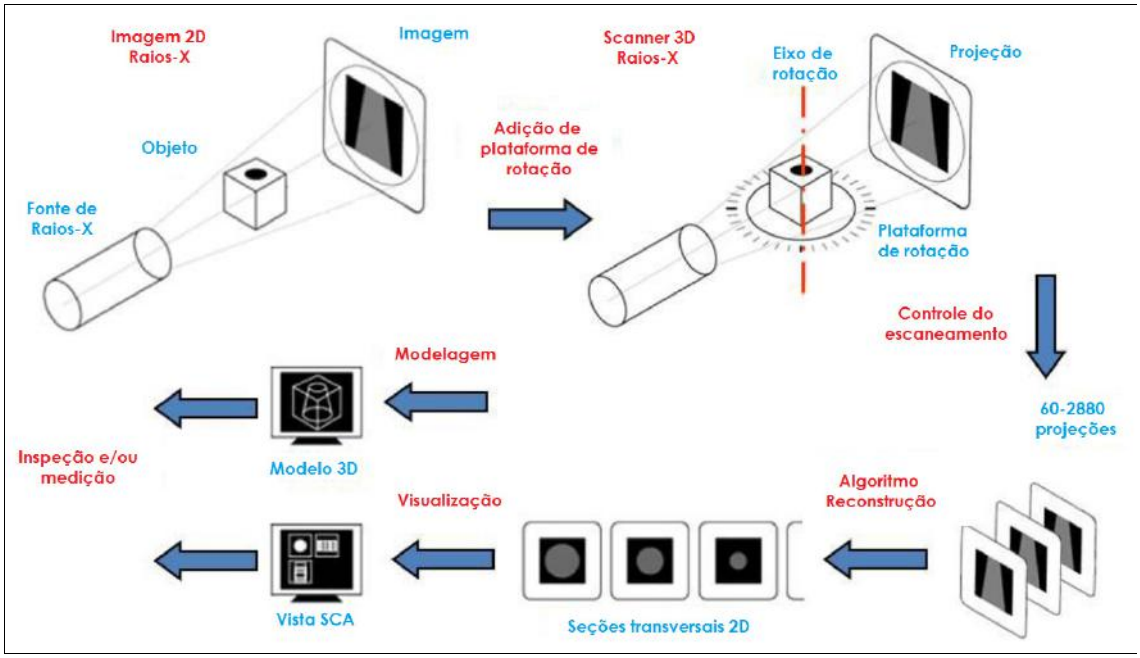
(c) Arquivo eletrônico gerado pela radiografia digital

Fonte: Andreucci (2013)

Ito et al. (2013) afirmam que a radiografia de raios X é um método não destrutivo amplamente utilizado, permitindo a obtenção de informações sobre o tamanho da falha e sua posição dentro do item analisado, porém apresenta um ponto fraco em relação a determinação de espessuras pois as imagens geradas são bidimensionais. Sobre a TCRX, os autores afirmam que não é adequada para a detecção de fissuras de tubos em campo porque o equipamento tem grandes dimensões, entretanto ressaltam que este método permite a determinação de dimensões sem a perda de qualidade das informações devido a reestrutução da imagem tomográfica.

De acordo com Silva (2013), em um sistema de TCRX, a amostra inspecionada é rotacionada sob radiação emitida por uma fonte de raios X. A distribuição de intensidade da radiação, após atravessar o objeto, é determinada por meio de um detector e digitalmente armazenada como uma projeção 2D. As projeções resultantes da rotação completa da amostra definem a entrada do algoritmo matemático usado para construir um volume que representa a amostra interna e externamente. A Figura 3 apresenta a visão geral deste processo.

Figura 3 – Visão geral do processo de medição por TCRX



Fonte: Malcom, Liu e Lifton (2013)

5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O experimento teve como objetivo simular a execução inadequada de juntas soldáveis de CPVC e verificar como estas podem ser caracterizadas, mensuradas ou identificadas através da TCRX (ver Figura 4).

Figura 4 – Etapas do experimento realizado



Fonte: Os autores

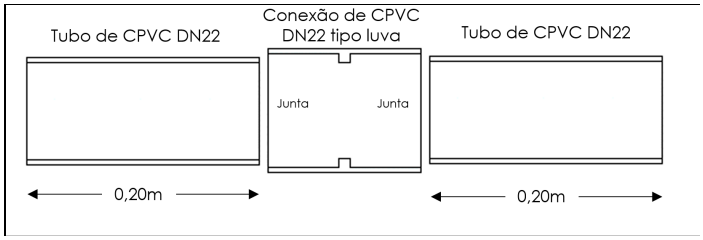
Para a realização das juntas foram utilizados tubos e conexões (tipo luva soldável) de CPVC de diâmetro externo 22 mm e adesivos para sistemas hidráulicos prediais de água quente de diversos fabricantes.

O diâmetro externo dos tubos e o diâmetro interno da bolsa das conexões devem proporcionar um "encaixe" justo, de forma que as superfícies fiquem pressionadas uma contra a outra visando favorecer o processo de soldagem química. A ocorrência de defeitos nas superfícies a serem unidas (depressões e ressaltos por exemplo), e tubos e conexões em não conformidade dimensional podem ocasionar em juntas soldáveis com desempenho inadequado. Desta forma, os tubos e conexões utilizados neste experimento foram previamente submetidos às análises visual e dimensional previstas pela Norma Brasileira ABNT NBR 15884:2010 Partes 1 e 2.

A análise dimensional dos tubos e conexões foi realizada através da TCRX (menor divisão de 0,001 mm). Em relação à análise das conexões de CPVC, a TCRX apresentou grande vantagem pelo fato de ser um método não destrutivo, facilitando a medição de características internas tais como o diâmetro interno da bolsa e a espessura de parede do fundo da bolsa.

Cada corpo de prova ensaiado consistia em uma montagem composta por 2 segmentos de tubos e uma conexão conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Montagem dos corpos de prova



Fonte: Os autores

As juntas soldadas dos corpos de prova foram executadas de forma a simular procedimentos de execução da junta inadequados conforme apresentado na Tabela 2.

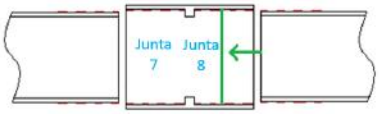
Tabela 2 – Procedimento de execução inadequado aplicado no preparo dos corpos de prova

Procedimento correto segundo a ABNT NBR 15884-3:2010 (até DN54)	**Procedimento de execução inadequado simulado**	**Procedimento aplicado no corpo de prova**
Aplicação de uma fina camada uniforme, no ponta do tubo e na bolsa da conexão.	Aplicação de adesivo em excesso	Aplicação de 3 camadas de adesivo.
Aplicação de uma fina camada uniforme, no ponta do tubo e na bolsa da conexão.	Aplicação insuficiente de adesivo	Aplicação de uma fina camada aplicada de forma não uniforme, apenas na ponta do tubo.
Tubos cortados em esquadro e remoção das rebarbas.	Tubos cortados fora de esquadro e sem remoção de rebarbas	A ponta do tubo cortada fora de esquadro (aproximadamente 20 °) e as rebarbas não foram removidas.
As superfícies a serem unidas não devem ser lixadas.	Lixamento das superfícies a serem soldadas	As superfícies da ponta do tubo e da bolsa da conexão a serem unidas foram lixadas com lixa nº150.
Devem ser utilizados apenas os adesivos aprovados pelo fabricante.	Aplicação de adesivo não aprovado pelo fabricante do tubo / conexão	Utilização de adesivo não aprovado pelo fabricante do tubo ou da conexão.
Não há	Inserção insuficiente do tubo na bolsa da conexão	A ponta do tubo foi inserida até cerca de 50% da profundidade da bolsa.
Os tubos devem ser protegidos por tela de polietileno de alta densidade com negro de fumo e percentual de sombreamento de 80%	Armazenamento do tubo em área descoberta sem a proteção adequada	Tubo em exposição solar por 90 dias (irradiação solar de 1.5 GJ/m^2).

Fonte: Os autores

Foram preparados 4 corpos de prova, totalizando 8 juntas que foram numeradas de 1 a 8, de acordo com o detalhamento apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Detalhamento do preparo dos corpos de prova

Corpo de prova	**Preparo da junta do lado esquerdo**	**Preparo da junta do lado direito**
A 	**Junta 1:** Tubo, conexão e adesivo do mesmo fabricante. Aplicação do adesivo em excesso. Não foi aplicado o ¼ de volta.	**Junta 2:** Tubo (exposto a intempéries), conexão e adesivo do mesmo fabricante. Aplicação do adesivo em excesso.
B 	**Junta 3:** Tubo, conexão e adesivo do mesmo fabricante. Aplicação insuficiente de adesivo.	**Junta 4:** Tubo (exposto a intempéries), conexão e adesivo do mesmo fabricante. Aplicação insuficiente de adesivo.
C 	**Junta 5:** Tubo, conexão e adesivo do mesmo fabricante. Tubo cortado fora de esquadro e sem remoção de rebarbas.	**Junta 6:** Tubo, conexão e adesivo do mesmo fabricante. Superfícies do tubo e da conexão lixadas com lixa nº150
D 	**Junta 7:** Tubo e conexão de fabricantes diferentes, e adesivo aprovado pelo fabricante da conexão. Aplicação de pouco adesivo.	**Junta 8:** Tubo, conexão e adesivo do mesmo fabricante. Aplicação de pouco adesivo e inserção insuficiente do tubo na conexão.

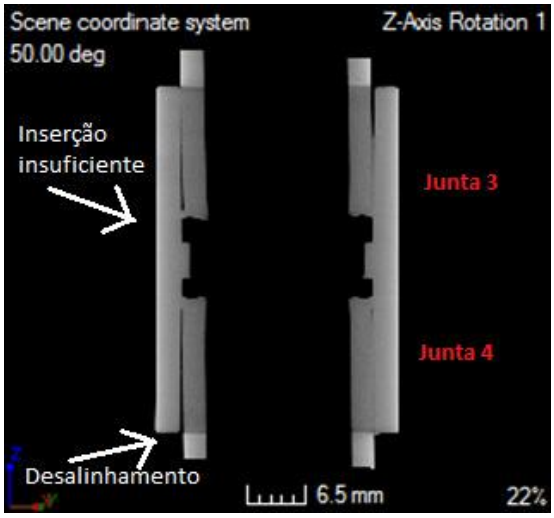
Fonte: Os autores

Após a realização das juntas, os corpos de prova foram submetidos à TCRX e depois ao ensaio de verificação da resistência à pressão hidrostática interna de curta duração conforme especificado pela Norma Brasileira ABNT NBR 15884-1:2010 (pressão hidrostática interna de 3,6 MPa, água em água, por 6 minutos em banho termoestabilizado em 82 °C) visando confirmar a ocorrência da falha.

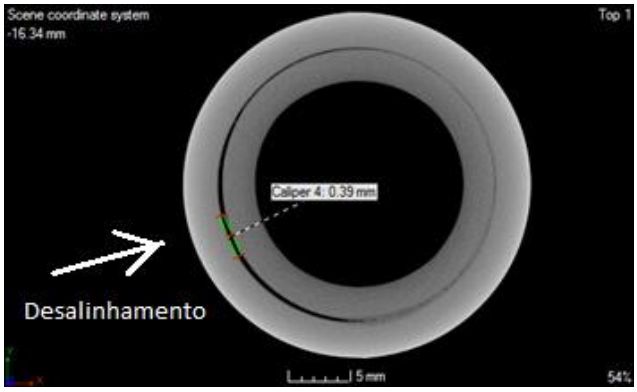
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através da TCRX foi possível identificar claramente o desalinhamento do tubo em relação à conexão e mensurar o ângulo e descentralização do tubo em relação à conexão. A inserção insuficiente do tubo na conexão (ver Figura 6) também foi identificada através da TCRX.

Figura 6 – Corpo de prova B - Desalinhamento do tubo, adesivo e inserção do tubo insuficientes



(a) Corte longitudinal

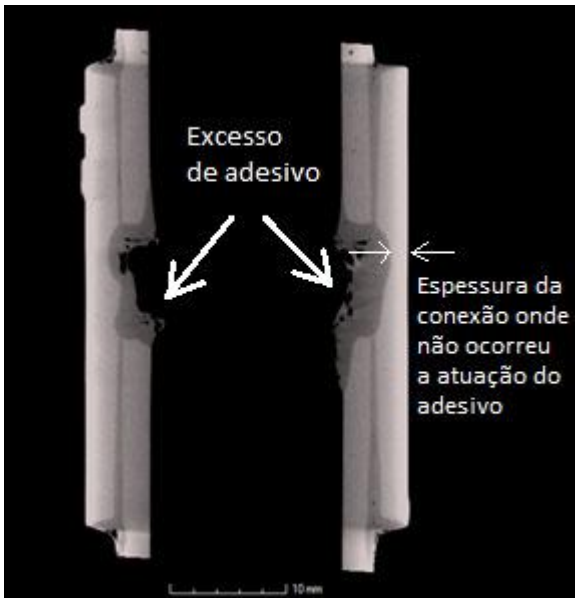


(b) Corte transversal da junta 4

Fonte: Os autores

A aplicação de adesivo em quantidade maior do que a recomendada pelo fabricante foi identificada através do acúmulo de adesivo no interior da conexão como pode ser observado na Figura 7. As áreas de coloração mais escura indicam menor densidade do material e correspondem às regiões onde houve a atuação do adesivo. É possível mensurar as espessuras de parede do tubo e conexão após a atuação do adesivo.

Figura 7 – Corpo de prova A - Acúmulo de adesivo no interior da conexão



Fonte: Os autores

A Tabela 4 apresenta o resumo dos resultados das medições e informações extraídas da análise por TCRX.

Tabela 4 – Medições e informações extraídas das imagens geradas pela TCRX

Corpo de prova	**Junta**	**(1) Desalinhamento máximo encontrado**	**(2) Existência de adesivo no interior da conexão?**	**(3) Profundidade de inserção do tubo (P_i)**	**(4) Presença de vazios nas áreas soldadas?**
A	1	Não identificado	Sim, espessura média de adesivo de 0,58 mm na bolsa	86%	Sim, 5%
	2	Não identificado	Sim, espessura média de adesivo de 0,47 mm no batente	100%	Sim, 0,5%
B	3	4,10 °	Não	84%	Sim, 17%
	4	1,67 °	Não	88%	Sim, 11%
C	5	Não identificado	Sim, espessura média de adesivo de 0,79 mm na bolsa	83%	Sim, 3%
	6	Não identificado	Sim, espessura média de adesivo de 0,42 mm no batente	100%	Sim, 8%
D	7	Não identificado	Não	92%	Sim, 25%
	8	Não identificado	Não	56%	Sim, 35%

Fonte: Os autores

Os valores apresentados na Tabela 4 foram obtidos da seguinte forma:

- Desalinhamento máximo (coluna 1) entre tubo e conexão: o desalinhamento foi identificado através da análise das imagens. O ângulo e a descentralização foram mensurados através da ferramenta específica do software do equipamento de TCRX;
- Existência de adesivo no interior da conexão (coluna 2): foram analisados cortes longitudinais das juntas a cada 45°. A espessura do adesivo depositado no interior da conexão foi determinada através da medição da espessura de parede total e subtraindo-se a espessura da conexão original no local do acúmulo (seja na bolsa ou no batente da conexão). O acúmulo de adesivo no interior da conexão pode resultar na fragilização do local devido ao mecanismo de fissuramento sob tensão (stress cracking);
- Profundidade de inserção do tubo na bolsa da conexão (coluna 3): Cada fabricante dimensiona sua conexão para que junta soldada seja resistente e estanque durante a sua utilização. Assim, o ideal para uma junta soldada é que o tubo seja inserido até o final da bolsa da conexão, de forma a garantir que a área soldada seja aquela inicialmente dimensionada pelo fabricante da conexão. Como a profundidade de bolsa da conexão varia conforme seu fabricante, os valores de profundidade de inserção da Tabela 4 são apresentados em percentual, conforme a fórmula a seguir:

$$P_i\,(\%) = \frac{P_{i45°}}{P_b}$$

Onde:

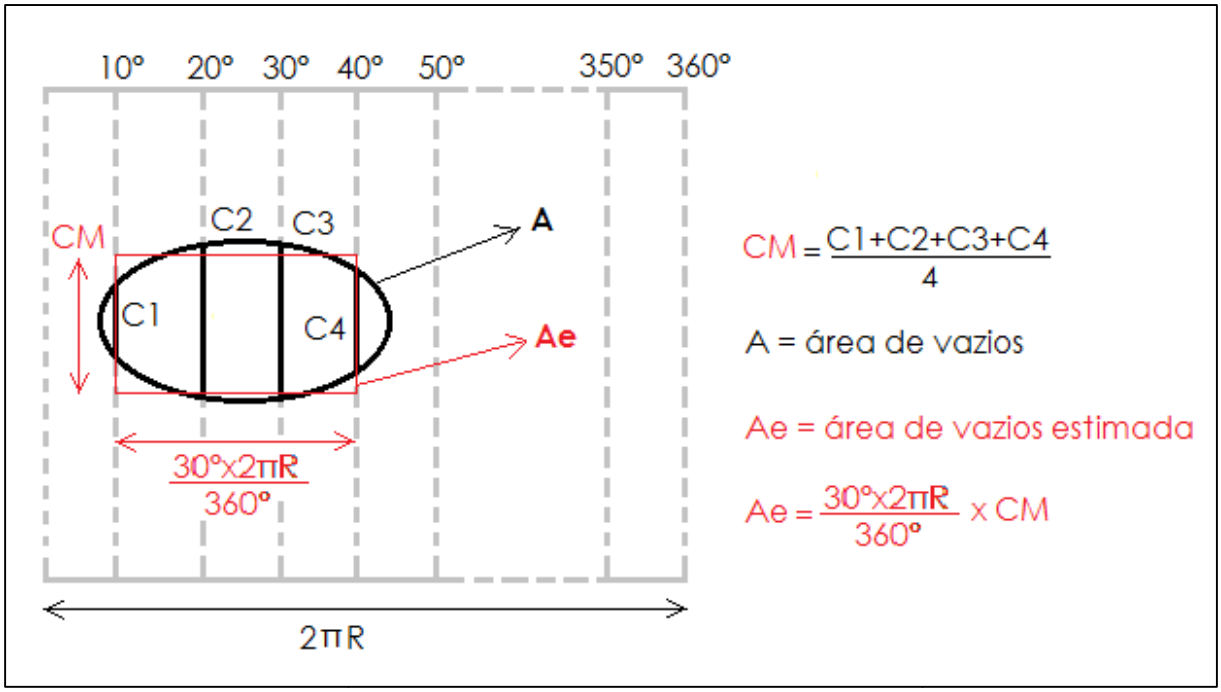
P_i é a profundidade de inserção do tubo na conexão da junta "i", em %;

$P_{i45°}$ é a média das profundidades de inserção do tubo na conexão da junta "i" medidas nos perfis longitudinais da junta, a cada 45 °, em mm;

Pb é a profundidade da bolsa da conexão da junta "i", em mm.

- Área de vazios (coluna 4): as áreas de vazios, que consistem nos locais onde não ocorreu a soldagem, foram identificadas visualmente e mensuradas por aproximação da área ocupada. Para cada área de vazios, seu comprimento longitudinal (C) foi medido em perfis longitudinais retirados a cada 10 °. Cada área de vazios foi estimada conforme a Figura 8, sendo a área total a somatória de todas elas. É importante salientar que esta aproximação foi realizada apenas para fins comparativos dos resultados deste experimento.

Figura 8 – Estimativa da área de vazios das juntas



Fonte: Os autores

Como pode ser observado na Tabela 5, nenhum dos corpos de prova resistiu ao ensaio de verificação da resistência à pressão hidrostática interna de curta duração. É importante ressaltar que a localização e formato das regiões onde a soldagem não ocorreu podem implicar em vazamentos e até mesmo no desprendimento do tubo da conexão, independentemente do tamanho de sua área.

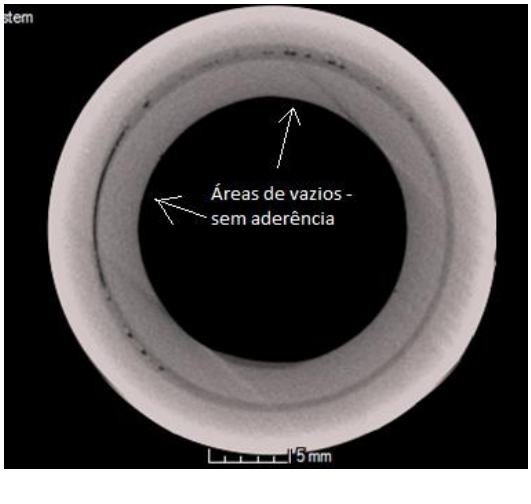
Tabela 5 – Área efetivamente soldada x resultado do ensaio de resistência à pressão hidrostática interna

Corpo de prova	**Junta**	**Percentual da área efetivamente soldada**	**Resultado do ensaio de resistência à pressão hidrostática**
A	1	81%	Tubo se desprendeu da conexão quando atingiu 3.040 kPa.
	2	99,5%	Sem ocorrências
B	3	67%	Tubo escapou quando atingiu 2.452 kPa.
	4	77%	Sem ocorrências
C	5	80%	Vazamento quando atingiu 2.893 kPa. Com a aplicação da pressão, o tubo apresentou desalinhamento devido à menor área de contato na face cortada fora de esquadro.
	6	92%	Sem ocorrências
D	7	67%	Sem ocorrências
	8	21%	Tubo se desprendeu da conexão quando atingiu 686 kPa.

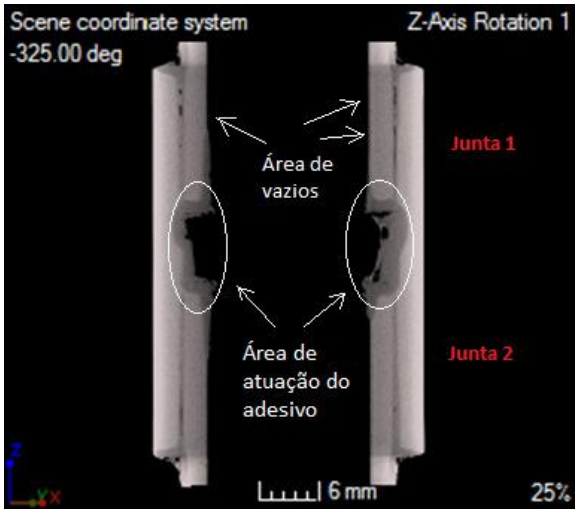
Fonte: Os autores

Apesar das juntas 1 e 2 do corpo de prova A terem sido realizadas com a aplicação de adesivo em excesso, durante a pressurização houve o desprendimento do tubo da junta 1. Após a análise das imagens da tomografia, foram constatados vazios nas regiões da solda (ver Figura 9). O fato de não ter sido realizado o ¼ de volta após a aplicação do adesivo pode ter ocasionado a distribuição não uniforme do adesivo, originando áreas onde não ocorreu a solda (vazios).

Figura 9 – Corpo de prova A – Área de vazios na região da solda



(a) Corte transversal da junta 1



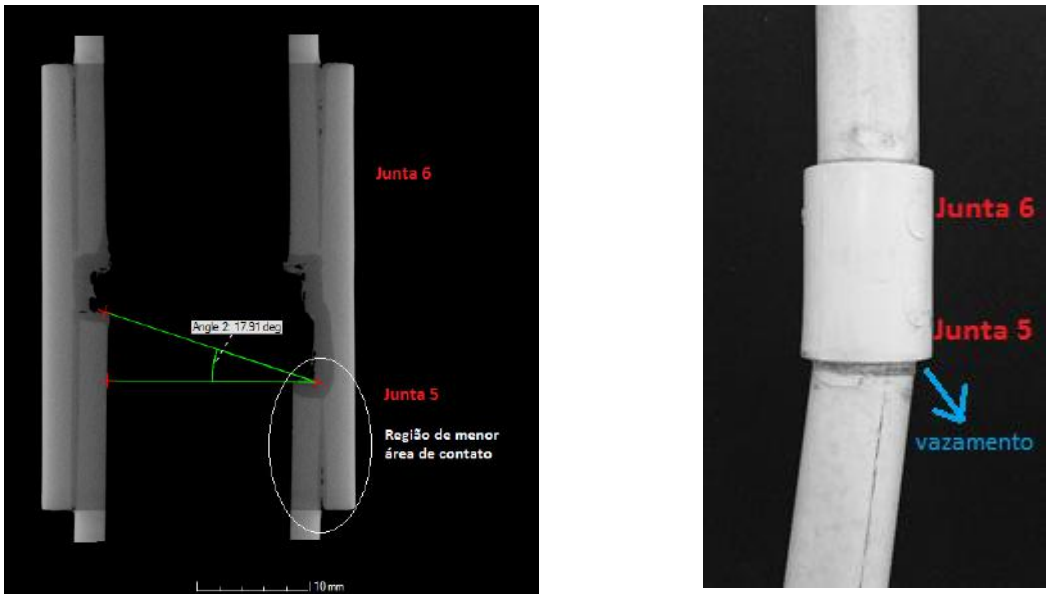
(b) Corte longitudinal

Fonte: Os autores

A junta 5 do corpo de prova C foi preparada com tubo cortado fora de esquadro sem a remoção das rebarbas (ver Figura 10a), e a junta 6 foi preparada com tubo e conexão com as superfícies lixadas. Quando da aplicação da pressão hidrostática, o tubo da junta 5 se deslocou na região de menor área de contato causando um desalinhamento e

consequentemente o vazamento (ver Figura 10b).

Figura 10 – Corpo de prova C



(a) Imagem da junta obtida por tomografia computadorizada de raios X

(b) Foto da junta após ensaio de pressão hidrostática interna

Fonte: Os autores

Não foi possível identificar diferenças entre as juntas realizadas com tubos sem exposição e tubos submetidos à exposição solar por 90 dias. Da mesma forma, não identificada pelas imagens da TCRX, diferenças nas juntas que caracterizasse o procedimento de lixamento das superfícies unidas.

7 CONCLUSÕES

A utilização da TCRX demonstrou ser uma eficiente técnica para a análise dimensional dos tubos e principalmente das conexões de CPVC, cujo método de análise tradicional é destrutivo. Neste caso, o uso da TCRX representou uma grande vantagem pois além de evitar o corte da peça, o método possibilita a medição de características dimensionais em qualquer seção longitudinal e transversal. Desta forma, representa uma técnica notável não só para avaliação dimensional convencional mas principalmente para o desenvolvimento de produtos.

Em relação à avaliação das juntas soldáveis de CPVC, foi possível identificar alguns dos erros de instalação que foram simulados nos corpos de prova ensaiados. A aplicação de adesivo em excesso foi identificada pela presença de regiões maiores e mais escuras (de menor densidade) nas regiões de soldagem. Para os adesivos ensaiados, verificou-se que quando da sua aplicação em maior quantidade, este altera a densidade das áreas de contato tornando-a menor do que a inicial (ver Figura 9b). Entretanto, neste experimento não foi objeto determinar se esta alteração de densidade reduz a resistência mecânica da junta. Através da TCRX foi possível mensurar a espessura de adesivo acumulado no interior da conexão.

Os problemas de instalação relacionados às características geométricas das juntas, tais como desalinhamento, inserção insuficiente do tubo na bolsa da conexão e o uso de tubo cortado fora de esquadro puderam ser facilmente identificadas e caracterizadas pela TCRX. As áreas onde não ocorreu a solda entre as superfícies podem ser claramente identificadas e mensuradas pela TCRX.

A identificação das regiões da junta onde não ocorreu a solda também foi bem caracterizada pela TCRX. Foi possível estimar a área efetivamente soldada das juntas por método utilizado neste experimento para mensurar as áreas de vazios (regiões onde não ocorreu a solda). Os valores estimados das áreas efetivamente soldadas de cada junta apresentaram-se coerentes com os resultados dos ensaios de resistência à pressão hidrostática interna de curta duração obtidos, ou seja, juntas com menores valores de área soldada apresentaram vazamento ou desprendimento do tubo da conexão.

As juntas realizadas com os tubos expostos à irradiação solar (1.5 GJ/m^2), o uso de adesivo não aprovado pelo fabricante dos tubos e conexões e o lixamento das superfícies a serem soldadas não foram identificadas pela TCRX neste experimento.

Concluindo, os resultados obtidos neste experimento mostram a viabilidade da utilização da TCRX para a investigação da origem de falhas em juntas soldáveis de tubulações de CPVC, possibilitando a caracterização das juntas de forma não destrutiva.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem todo o apoio prestado pelo técnico Sérgio Ferraz da Silva do Laboratório de Instalações Prediais e Saneamento e pela equipe do Laboratório de Micromanufatura, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

AMBLER, Roger E.. CPVC: The material of choice in metal-finishing plants. **Metal Finishing,**Rickmansworth, p.24-28, ago. 1996. Bimensal.

ANDREUCCI, Ricardo. **Radiologia Industrial.** São Paulo: Andreucci, Assessoria e Serviços Técnicos Ltda, 2013. 118 p. Disponível em: <http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/Radiologia-Nov-2013_pdf substituir.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15884-1:2010 VERSÃO CORRIGIDA:2011**: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria — Policloreto de vinila clorado (CPVC) Parte 1: Tubos - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 26 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15884-2**: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria — Policloreto de vi. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 21 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15884-3**: Sistema de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria — Policloreto de vinila clorado (CPVC) Parte 3: Montagem, instalação, armazenamento e manuseio. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 13 p

EBNESAJJAD, Sina. **ADHESIVES TECHNOLOGY HANDBOOK.** 2. ed. Norwich: William Andrew, 2008. 361 p

FARSHAD, Mehdi. **Plastic Pipe Systems: Failure Investigation and Diagnosis.** EUA: Elsevier Science, 2006. 224 p.

HAYES, Michael D. et al. Challenges in Investigating Chlorinated Polyvinyl Chloride Pipe Failures. **Journal of ASTM International.** West Conshohocken, p. 1-12. nov. 2010.

ITO, Masayasu et al. APPLICABILITY OF X-RAY RADIOGRAPHY FOR INTEGRITY ASSESSMENT OF AGED PIPES IN THE JMTR. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MATERIAL TESTING REACTORS, 6., 2013, Bariloche. **Proceedings... .** Bariloche: Cnea, 2013. p. 1 - 10. Disponível em: <http://www.invap.com.ar/ismtr/images/stories/trabajos/Ito-Paper.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016

KIRKER, Erick. How CPVC Works and why it fails. **Claims Magazine,** New York, v. 60, n. 3, p.30-33, mar. 2012. Mensal. Disponível em: <http://www.propertycasualty360.com/Claims-Magazine/march-2012>. Acesso em: 02 fev. 2016

MALCOLM, Andrew A.; LIU, Tong; LIFTON, Joseph J.. Case Studies in the Use of Computed Tomography for Non-Destructive Testing, Inspection and Measurement. In: SINGAPORE INTERNATIONAL NDT CONFERENCE & EXHIBITION, 2., 2013, Singapura. **Proceedings... .**Singapura: Ndtss, 2013. p. 1 - 16. Disponível em: <http://www.ndt.net/article/SINCE2013/content/papers/23_Malcolm.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2015.

MERAH, Nesar. Natural weathering effects on some properties of CPVC pipe material. **Journal of Materials Processing Technology.** Dhahran, Saudi Arabia, p. 198-201. mar. 2007.

MERAH, N.; AL-QAHTANI, T.; KHAN, Z.. Effects of strain rate and temperature on tensile properties of CPVC pipe material. **Plastics, Rubber And Composites.** [s.l.], p. 353-358. abr. 2008.

PFAENDTNER, Jeff. **Material Failures in Fire Protection Systems.** Orlando: Crane Engineering, 2014. 39 slides, color. Disponível em: <http://www.nfpa.org/~/media/files/research/research-foundation/symposia/2014-supdet/2014-papers/supdet2014pfaendtner.pdf?la=en.>. Acesso em: 10 dez. 2015.

PASSAMANECK, Mark. How to Avoid CPVC System Failure. **Plumbing Systems & Design - American Society Of Plumbing Engineers,** Illinois, p.8-11, set. 2010. Mensal. Disponível em:

<https://www.aspe.org/sites/default/files/webfm/ArchivedIssues/2010/201009/ForensicEngineering.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2015.

PRIDDY, Duane. **Why Do PVC & CPVC Pipes Occasionally Fail?** Midland: Plastic Failure Labs, [2013]. 16 p. Disponível em: <http://www.californiasprinklerfitters.org/files/WhyCPVC-OccasFail.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2015.

PRIDDY, Duane; ARNOLD, Brad; BATTJES, Kevin. When CPVC pipes and fittings fail in hydronic heating systems. **Plastics Engineering,** Hoboken, v. 68, n. 4, p.24-29, abr. 2012. Mensal.

SILVA, Diogo Cesar Borges; BALDO, Crhistian Raffaelo. ANÁLISE DE MATERIAIS E DIMENSIONAMENTO DE PEÇAS METÁLICAS UTILIZANDO TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE RAIOS X. In: CONGRESSO DA QUALIDADE EM METROLOGIA REDE METROLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 13., 2013, São Paulo. **Anais... .** São Paulo: Remesp, Abimaq, 2013. p. 1 - 10. Disponível em: <http://remesp.org.br/enqualab2013/arquivos/28.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO LABORATORIAL DE DESEMPENHO DE BACIAS SANITÁRIAS DE VOLUME DE DESCARGA DE 4,8 LITROS[1]

GONÇALVES, Orestes M. (1); VALENCIO, Isabella P. (2)

(1) USP, e-mail: orestes.goncalves@usp.br; (2) USP, e-mail: isabella_valencio@usp.br

RESUMO

Este artigo tem por objetivo caracterizar laboratorialmente as bacias sanitárias de 4,8L/descarga nas condições de instalação brasileiras e avaliar o critério de transporte de sólidos a fim de verificar se a redução do volume de descarga afeta de forma negativa o desempenho do sistema predial de esgoto sanitário. A bibliografia consultada mostra que há bacias sanitárias de 4,8L/descarga que apresentam desempenho compatível com o de bacias sanitárias de 6,8L/descarga em condições específicas de declividade e diâmetro da tubulação de esgoto predial. Entretanto, essas condições são críticas no Brasil: baixa declividade e diâmetro de 100mm. Este artigo avaliou, em laboratório, 20 bacias sanitárias de 4,8L/descarga. Foram realizados todos os ensaios constantes nos documentos: NBR 15097 (ABNT, 2011), NBR 15491 (ABNT, 2010), ASME A112.19.2 (ASME, 2013) e transporte de pasta de soja, conforme estudo da PERC (2012). Os resultados dos ensaios laboratoriais indicam que o problema encontrado na redução do volume de descarga pode estar no transporte dos dejetos no sistema predial de esgoto sanitário e não na remoção dos dejetos da própria bacia sanitária. O não atendimento aos requisitos avaliados por 65% das amostras indica a necessidade de evolução dos produtos.

Palavras-chave: Bacia sanitária de 4,8L/descarga. Redução do consumo de água. Desempenho do sistema predial de esgoto sanitário.

ABSTRACT

This paper aims to characterize, in the laboratory, low flush toilets (4,8L/flush) in the conditions of building installation used in Brazil and evaluate the transport of solid in order to verify if the reduction of flush volume has a negative effect in the performance of the drainage system. The bibliography shows that low flush toilets (4,8L/flush) can present performance feature compatible with the toilet with 6,8L/flush under specified conditions of slope and diameter of drainage system. However, these conditions are critical in Brazil: low slope and 100mm diameter. This paper evaluated, in the laboratory, 20 4,8Lpf toilets. All tests set out in the following documents were performed: NBR 15097 (ABNT, 2011), NBR 15491 (ABNT, 2010), ASME A112.19.2 (ASME, 2013) e soybean paste transport test, according to a study of PERC - Plumbing Efficiency Research Coalition - "The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings" (2012). The results of laboratory tests indicate that the problem in reducing the flush volume can be the removal of waste from building drainage system and not in the removal of the waste of the toilets. Failure to meet the requirements assessed by 65% of the samples indicates the need for products development.

***Keywords**: Low flush toilet (4,8L/flush). Water conservation. Drainage system performance.*

[1] VALENCIO, Isabella P.; GONÇALVES, Orestes M. Avaliação Laboratorial de Desempenho de Bacias Sanitárias de Volume de Descarga de 4,8 Litros. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Sistemas Prediais. São Paulo: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Em 1997, com a finalidade de promover o uso eficiente da água nos edifícios, o Governo Federal, no âmbito do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), fomentou a realização de estudos para que se estabelecesse em norma o limite máximo de utilização nas descargas das bacias sanitárias.

O estudo para avaliar a possibilidade de reduzir o volume de água para 6,8L/descarga, realizado entre 1998 e 2002, no Brasil, mostrou que esse volume seria mais eficiente, pois evitaria as descargas duplas e, portanto, economizaria maior volume de água (OLIVEIRA, 2002).

Foi estabelecido que o volume de 6,8L/descarga deveria ser adotado gradativamente pelos fabricantes até 2002 (OLIVEIRA, 2002). Assim, o consumo passou de 12L (admitido até 2002) para 6,8L (após 2002), volume este estabelecido na norma atual do produto NBR 15097 (ABNT, 2011).

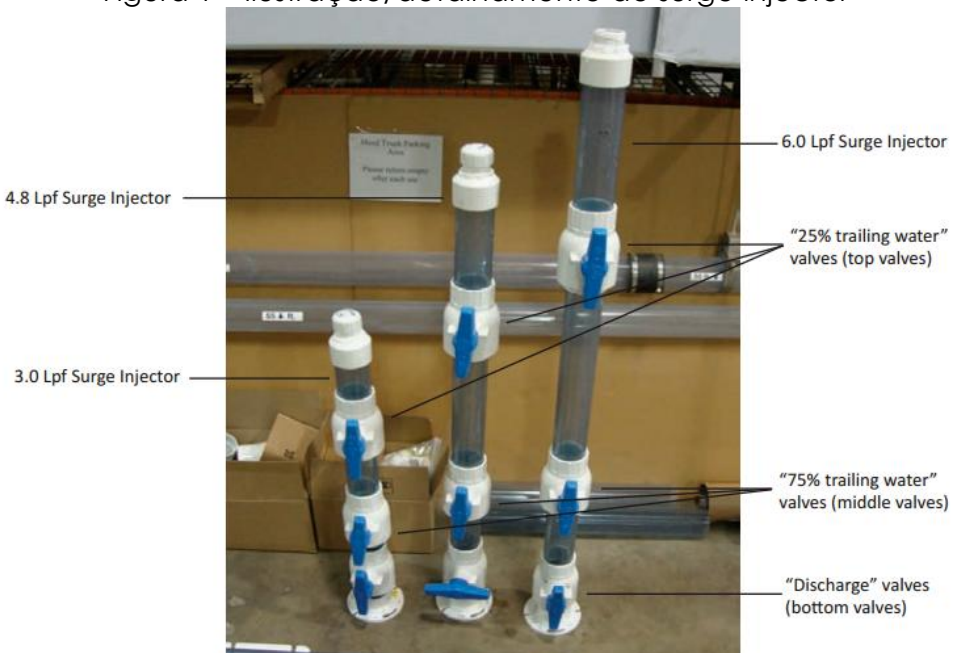
Com a finalidade de aprofundar o conhecimento neste assunto, o objetivo deste artigo é apresentar os resultados da etapa laboratorial do Estudo Avaliação de Desempenho do Sistema Predial de Água e de Esgoto Sanitário com o Uso de Bacias Sanitárias de Volume de Descarga de 4,8L.

2 ESTUDOS REALIZADOS PELA PLUMBING EFFICIENCY RESEARCH COALITION (PERC)

A PERC (2012) verificou os efeitos da adoção de diferentes variáveis, dentre elas declividade da tubulação de esgoto predial de 1 e 2% e volumes de descarga de 3,0; 4,8 e 6,0L. As descargas foram simuladas por um equipamento denominado *surge injector*, que fornece volume de descarga constante, diminuindo a variação no volume de descarga que a bacia sanitária poderia apresentar (Figura 1). Apesar desse estudo não ter sido conclusivo, relata problemas de entupimentos com descargas de 3,0L e aponta que o desempenho das descargas de 6,0L pode ser melhor do que das de 4,8L para a limpeza total do ramal de descarga. O transporte de sólidos nesse estudo foi avaliado laboratorialmente por meio de um tubo de acrílico que simula o ramal de descarga de 41 metros, mídias de pasta de soja e mídias de papel higiênico.

Neste mesmo estudo também foi possível verificar que descargas de 3,0L necessitam de pelo menos 4 vezes mais descargas sucessivas para remover todas as mídias da tubulação do que descargas de 6,0L. Isso indica que uma bacia sanitária com volume de descarga menor pode não ser econômica, uma vez que necessita de mais descargas para ter o desempenho compatível com a bacia sanitária de 6,0L/descarga. A Figura 2 e Figura 3 apresentam essas informações.

Figura 1 – Ilustração/detalhamento do surge injector



Fonte: PERC (2012)

No eixo das abscissas são indicadas as diferentes amostras ensaiadas e cada variável indica uma condição de ensaio (Tabela 1).

Tabela 1 - Detalhamento das variáveis para o eixo das abscissas das Figuras 2 e 3

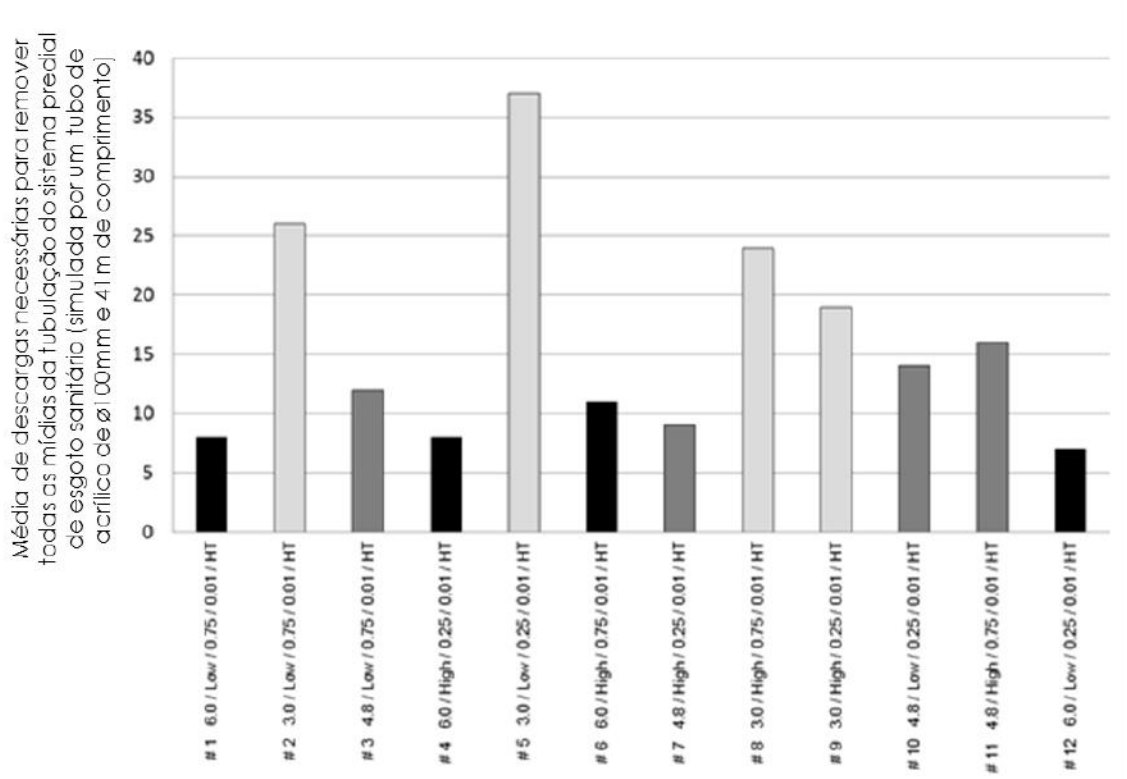
1ª variável	# 1; # 2; ...; # 12	Número da amostra ensaiada
2ª variável	3.0; 4.8; 6.0	Volume consumido por descarga
3ª variável	Low; High	Taxa de descarga
4ª variável	0.75; 0.25	Porcentagem de água no injetor
5ª variável	0.01	Declividade do ramal de descarga
6ª variável	HT	Modelo do papel higiênico utilizado como mídia – high tensile

Fonte: Adaptado de PERC (2012)

Analisando as três primeiras barras do gráfico da Figura 2 tem-se que todas as variáveis são as mesmas, com exceção do volume que é 6,0L, 3,0L e 4,8L, respectivamente. Nota-se que para a descarga de 3,0L foram necessárias 26 descargas para remover as mídias, enquanto que para descargas de 6,0L e 4,8L foram necessárias 8 e 12 descargas, respectivamente. Portanto, para a bacia sanitária de 3,0L/descarga foram utilizados 78L para limpeza da tubulação e para as bacias sanitárias de 6,0L/descarga e 4,8L/descarga foram utilizados, respectivamente, 48L e 57,6L.

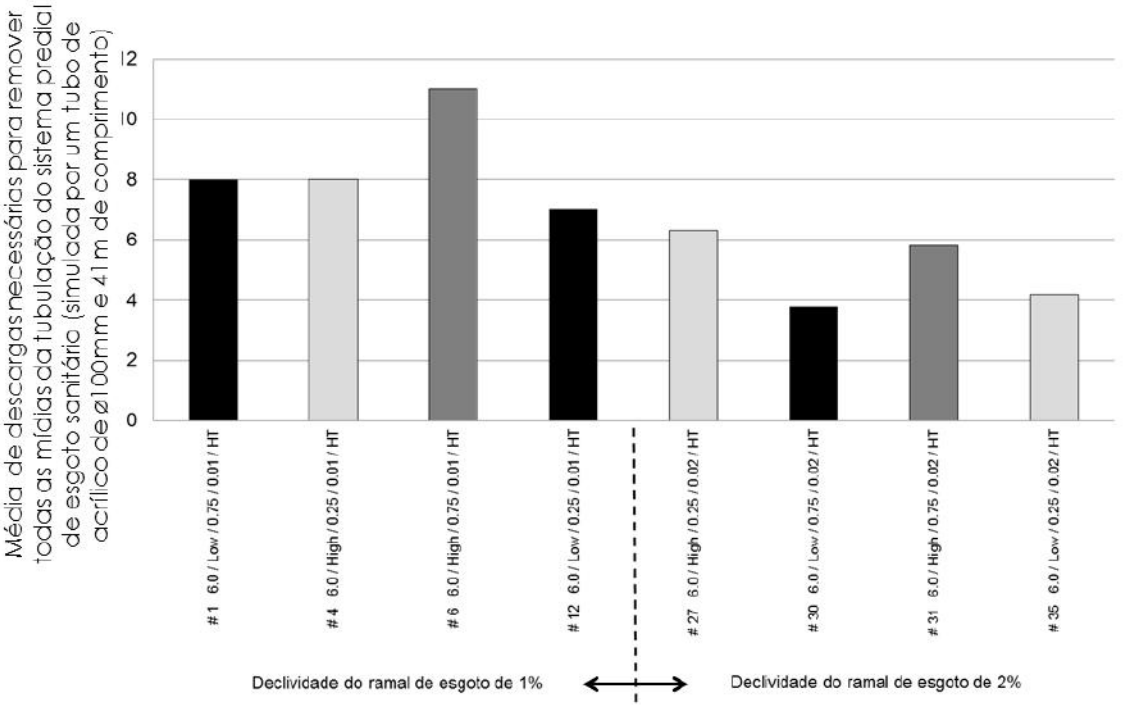
Outra diferença indicada neste estudo é o impacto da declividade do ramal de esgoto. Uma bacia sanitária pode precisar de até o dobro de descargas para remover as mídias do ramal predial de esgoto sanitário quando as declividades variam de 2 para 1%. Para o mesmo volume de descarga (6,0L/descarga na Figura 3), nota-se uma redução média de 3 descargas para a limpeza total da tubulação do sistema predial de esgoto sanitário quando aumenta-se a declividade da tubulação de 1 para 2%.

Figura 2 - Média de descargas necessárias para remover todas as mídias da tubulação



Fonte: Adaptado de PERC (2012)

Figura 3 - Diferença entre declividade de 1% e 2% da tubulação do sistema predial de esgoto sanitário

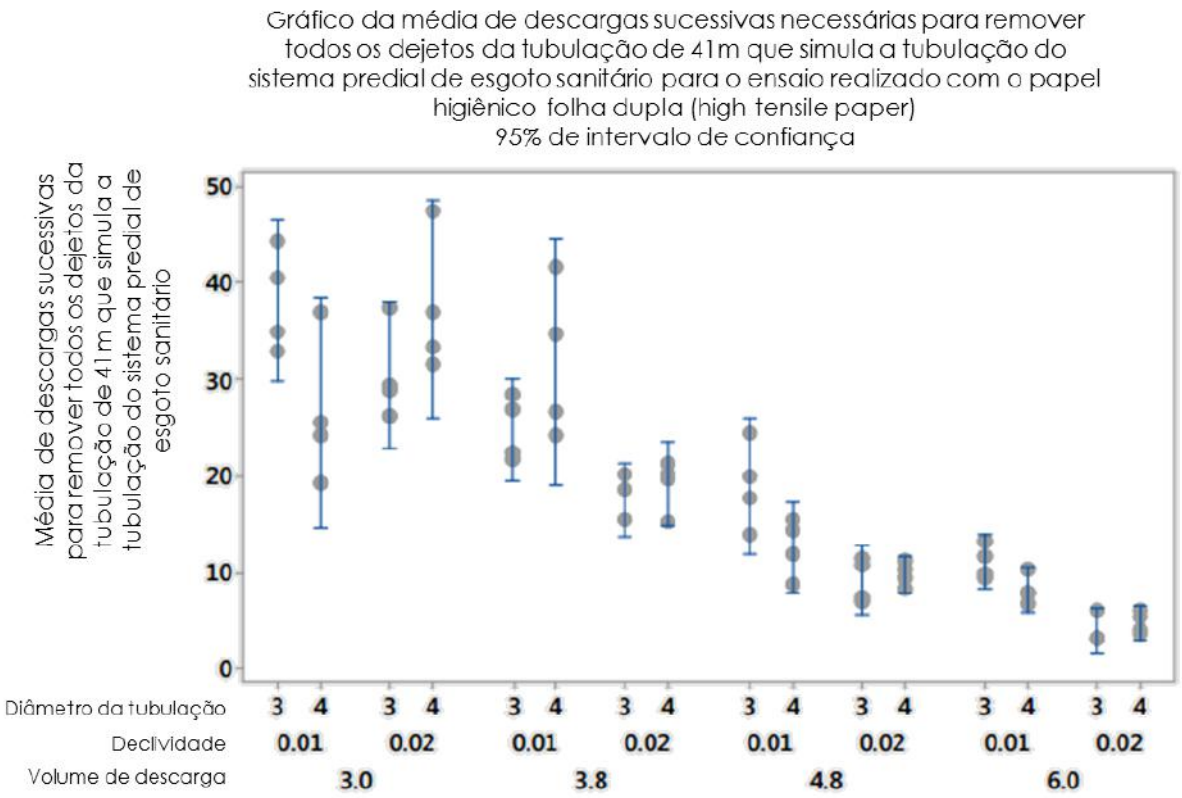


Fonte: Adaptado de PERC (2012)

A segunda fase do estudo da PERC (2015) analisou principalmente os efeitos de duas variáveis: volume de 3,8L/descarga e seção transversal da tubulação do sistema predial de esgoto sanitário ø75mm.

Os resultados mostraram que a redução do volume de 4,8L/descarga para 3,8L/descarga faz com que o desempenho do sistema decaia (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**). A diminuição do diâmetro de 100mm para 75mm não indicou melhoria no desempenho do sistema.

Figura 4 - Médias de descarga para limpeza da tubulação



Fonte: PERC (2015)

3 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA E DE ESGOTO SANITÁRIO COM O USO DE BACIAS SANITÁRIAS DE 4,8L/DESCARGA

O objetivo principal é caracterizar laboratorialmente as bacias sanitárias de 4,8L/descarga nas condições de instalação predial utilizadas no Brasil e avaliar o critério de transporte de sólidos a fim de verificar se a redução do volume de descarga afeta de forma negativa o desempenho do sistema predial de esgoto sanitário.

Foram realizados todos os ensaios previstos nas normas brasileiras NBR 15097 (ABNT, 2011) e NBR 15491 (ABNT, 2010), além do ensaio de remoção de pasta de pasta de soja conforme a ASME A112.19.2 (2013) e transporte de pasta de soja conforme estudo da PERC (2012).

Para a realização dos ensaios foi utilizada uma bancada que simula as condições reais de instalação da bacia sanitária (Figura 5). Esta bancada

possui medidores de vazão, hidrômetros, bomba hidráulica, balança, termômetro, reservatório de água etc., e foi construída de acordo com a NBR 15097 (ABNT, 2011). A bancada de ensaios possui também um tubo de 18,0m de comprimento, declividade de 1% e diâmetro de 100mm que simula o ramal de esgoto predial (Figura 6).

Figura 5 – Esquema da bancada de ensaios

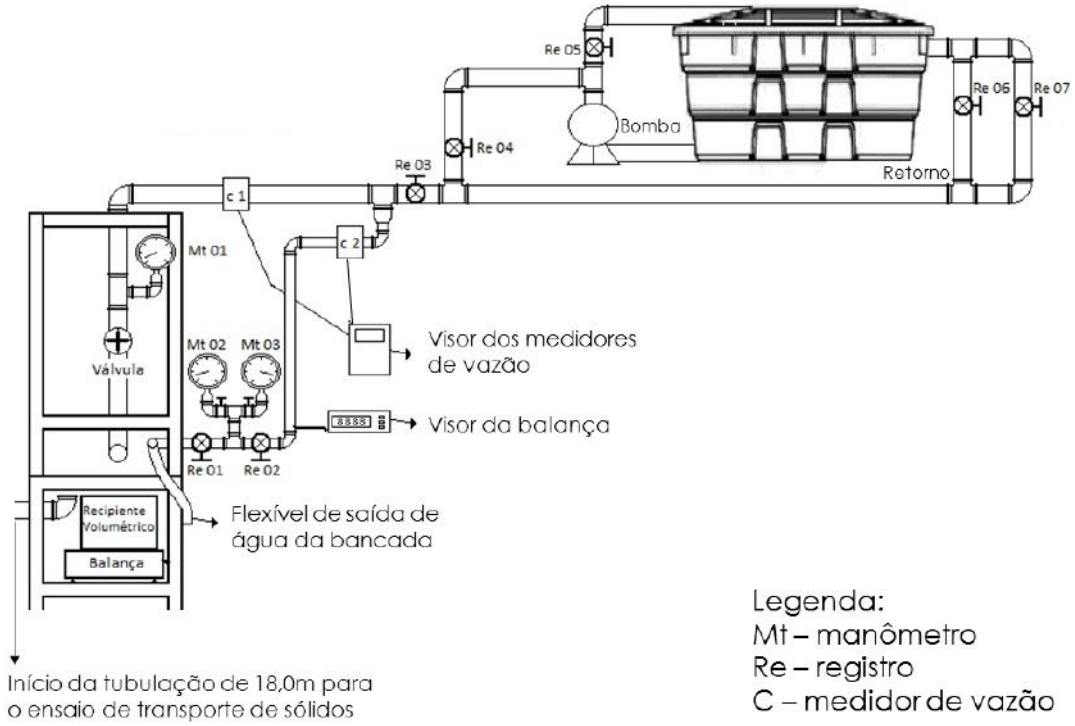


Figura 6 - foto do tubo de transporte (simulação do ramal de esgoto)



O ensaio de determinação do volume consumido por descarga das bacias sanitárias foi realizado para confirmar que as amostras utilizam 4,8L/descarga e os demais ensaios foram realizados conforme o método de ensaio dos documentos de referência, porém considerando o volume de descarga de 4,8±0,3L.

A avaliação prospectiva consistiu na análise da capacidade da bacia sanitária transportar sólidos deformáveis nas seguintes condições da tubulação do sistema predial de esgoto sanitário: declividade de 1% e diâmetro de 100mm. Essa avaliação foi baseada no estudo da PERC (2012). Essa etapa não foi utilizada para "aprovar" ou "reprovar" nenhuma amostra. Os resultados desta avaliação serão posteriormente comparados com o resultado da etapa de campo (em andamento).

A Tabela 2 apresenta os ensaios que foram realizados no estudo e a Tabela 3 as mídias de ensaio.

Tabela 2 - Requisitos avaliados

NORMA DE REFERÊNCIA	REQUISITOS	MÉTODOS DE ENSAIO E VALORES ESPECIFICADOS
NBR 15097	Volume consumido/descarga[2]	O volume de água consumido por descarga, em 400 e 30kPa, deve ser igual a 4,8±0,4L.
	Remoção de mídia composta	Após acionar o aparelho de descarga com 20 esponjas de poliuretano e 8 folhas de papel kraft no poço da bacia, o número de mídias removidas na primeira descarga deve ser no mínimo 22. As mídias que não forem removidas na primeira descarga devem ser totalmente removidas na segunda descarga.
	Remoção de esferas	Após acionar o aparelho de descarga com 100 esferas de polipropileno no poço da bacia sanitária, a média do número de esferas removidas da bacia deve ser no mínimo 80.
	Lavagem de parede	Traçar uma linha ao longo de todo o perímetro da bacia sanitária a 25 mm abaixo dos pontos de saída de água. Após a descarga: - a média da soma dos comprimentos dos segmentos de linha de tinta remanescentes deve ser de no máximo 50mm; - nenhum segmento remanescente deve ser maior que 13mm.
	Remoção de grânulos	Adicionando-se 100cm³ de polietileno de alta densidade e 100 esferas de nylon na bacia, a média dos grânulos visíveis no poço da bacia após a descarga deve ser no máximo 125 e a média de esferas de nylon visíveis no poço não deve ser superior a 5.
	Respingos de água	Após as descargas, a média do número de respingos com diâmetro igual ou maior que 5mm acima do plano de transbordamento da bacia deve ser de, no máximo, 8.

[2] Para o ensaio de volume consumido por descarga foi adotado o limite de 4,8 ± 0,4 litros. O limite atual da norma NBR 15097 (ABNT, 2011) é de 5,8L a 7,1L.

	Reposição do fecho hídrico	Após cada descarga a bacia sanitária deve apresentar reposição do fecho hídrico maior ou igual a 50mm.
	Transporte de sólidos	A distância média percorrida por esfera ao longo do ramal de descarga deve ser igual ou maior que 10,0m.
NBR 15491	Resistência ao uso	A caixa de descarga, após ser submetida a 15.000 ciclos de funcionamento, não deve apresentar quebra ou dano.
	Resistência à carga estática	A caixa de descarga deve resistir a um esforço de compressão de 100N, aplicado durante 300s, sem que ocorram fraturas ou deteriorações que impeçam seu funcionamento normal ou alterem o seu aspecto exterior.
	Tempo de enchimento	O tempo necessário para abastecer a caixa de descarga até o volume útil menos 200ml deve ser no máximo 240s.
	Capacidade do extravasor	A distância entre o nível da água no interior da caixa de descarga e o nível de afogamento do dispositivo anti-retorno da torneira de boia ou da extremidade da saída de água dessa torneira deve ser no mínimo 5mm.
	Estanqueidade da torneira de boia	A torneira de boia deve ser estanque quando submetida à pressão hidrostática de 24kPa e 600kPa.
	Estanqueidade da caixa de descarga	A caixa de descarga não deve apresentar vazamento pelo obturador do mecanismo de descarga ou vazar por qualquer parte do corpo.
	Esforço de acionamento	O esforço de acionamento necessário para acionar a caixa deve ser no máximo 30N.
	Resistência do mecanismo de acionamento	O mecanismo de acionamento deve resistir a um esforço do valor de 5 vezes o esforço necessário para acionar a caixa.
ASME A112.19.2	Remoção de pasta de soja não encapsulada	Após acionar o aparelho de descarga com 07 mídias de pasta de soja não encapsuladas e 4 bolas de papel no poço da bacia sanitária, todas as mídias devem ser removidas e o fecho hídrico deve ser reposto em 4 das 5 repetições realizadas.
	Remoção de pasta de soja encapsulada	Acionar o aparelho de descarga com 07 mídias de pasta de soja e 4 bolas de papel no poço da bacia sanitária.
PERC (2012)	Transporte de pasta de soja	Acionar o aparelho de descarga com 07 mídias de pasta de soja e 4 bolas de papel no poço da bacia sanitária e verificar a distância percorrida pelas mídias em cada descarga sucessiva.

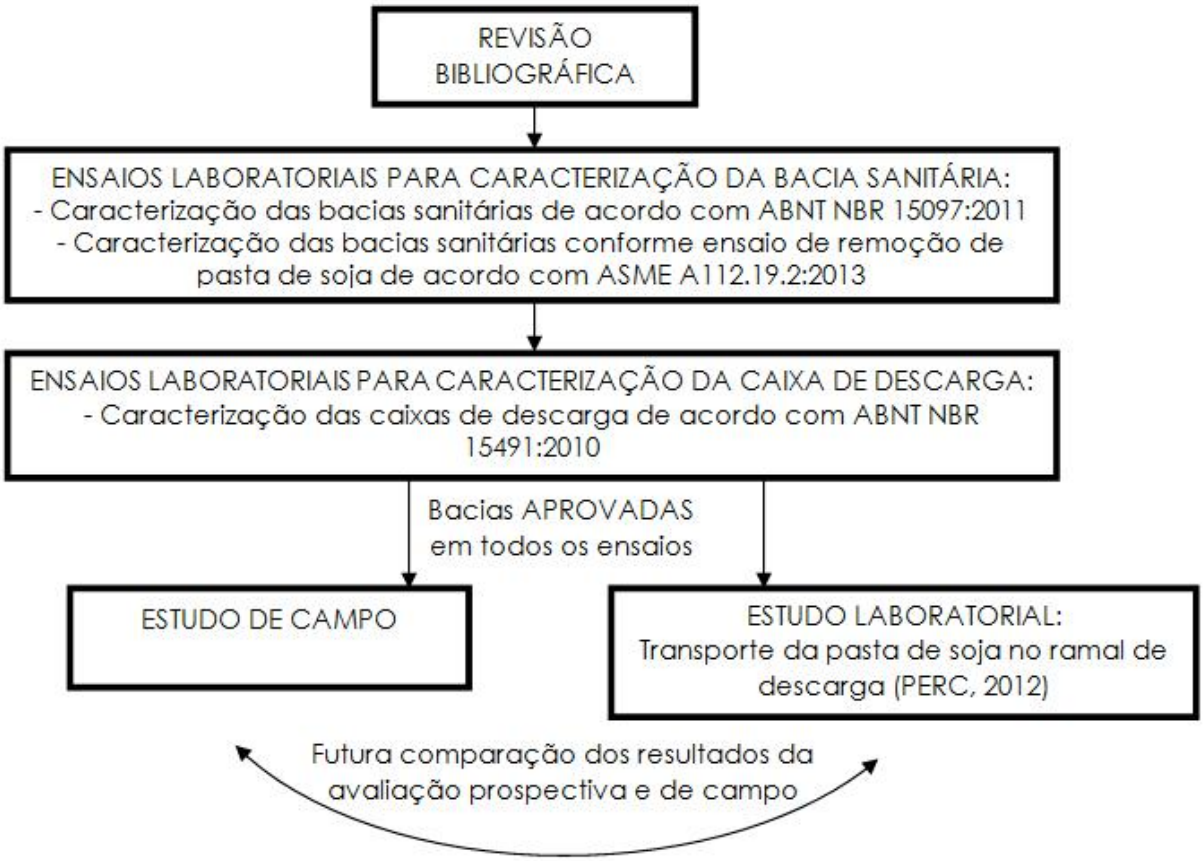
Tabela 3 - Mídias utilizadas nos ensaios laboratoriais

MÍDIAS	ENSAIO
Esferas de polipropileno - (19,0±0,3)mm de diâmetro; - massa específica entre 0,85 e 0,90g/cm^3; - 100 esferas/repetição.	Remoção de esferas e Transporte de sólidos
Caneta solúvel em água.	Lavagem de parede
Grânulos de polietileno: - 100cm^3; - diâmetro de (4,32±0,25)mm; - densidade entre 0,94 e 0,97g/cm^3. Esferas de nylon: - densidade entre 1,15 e 1,19kg/m^3;	Remoção de grânulos

- diâmetro de (6+0,25)mm; - 100 esferas/repetição	
Folhas de papel Kraft: - (19x15)cm Esponjas sintéticas de poliuretano: - (20±1)mm x (20±1)mm x (28,5±3)mm; - densidade de (17±1,7)kg/m^3.	Remoção de mídia composta
Pasta de soja: - Sete mídia/ repetição; - (50±4)g/mídia; - Comprimento: (100±3)mm/mídia; - Diâmetro: (25±6)mm/mídia; - Densidade: (1,15±0,10)g/ml/mídia. Papel higiênico: 4 bolas/repetição	Ensaio de remoção de pasta de soja e Ensaio de transporte de pasta de soja

Os ensaios foram realizados de acordo com um fluxograma (Figura 7), sendo que assim que constatada uma reprovação, os demais ensaios são paralisados.

Figura 7 - Fluxograma de realização dos ensaios



4 RESULTADOS DA ETAPA LABORATORIAL

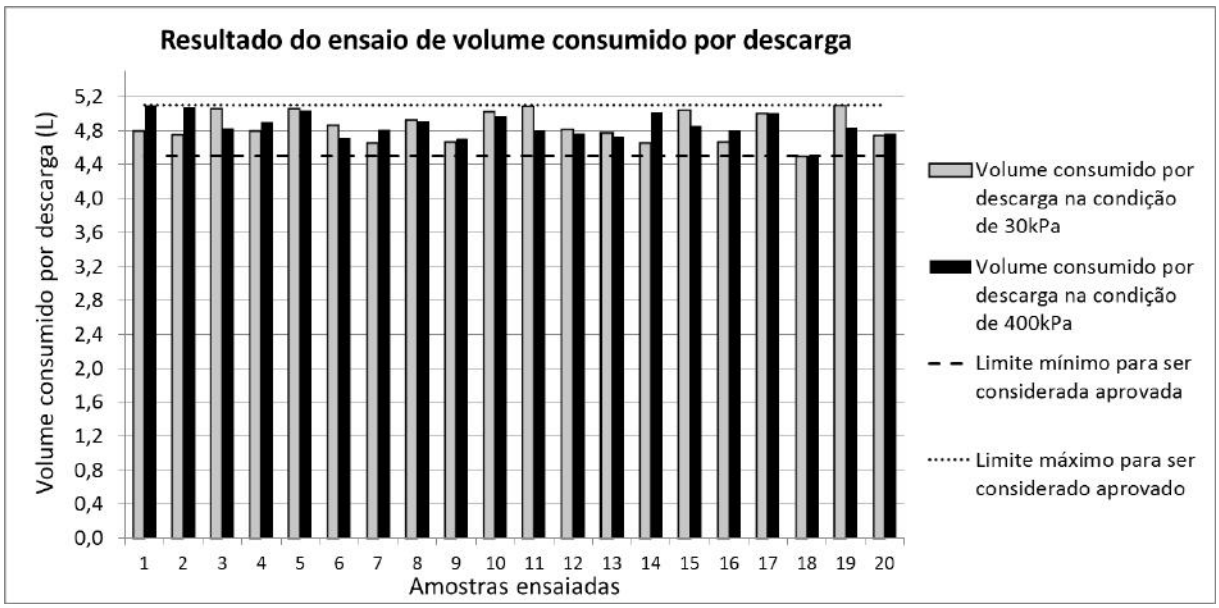
Os ensaios que avaliam o desempenho das bacias sanitárias são projetados para verificar se o produto atende às funções desejadas pelos usuários e pelo sistema:

- Os ensaios de remoção das diversas mídias (esferas, grânulos e mídia composta) verificam se a bacia sanitária possui capacidade de remover os dejetos da própria bacia. Caso o produto não atenda a algum destes requisitos é possível que, em campo, a bacia sanitária apresente entupimentos;
- O ensaio de transporte de sólidos verifica a capacidade da bacia sanitária de transportar os dejetos ao longo do ramal de esgoto para evitar entupimentos nas tubulações prediais e públicas de esgoto sanitário;
- O ensaio de lavagem de parede verifica se a bacia sanitária faz a limpeza adequada de seu interior, a fim de evitar a contaminação e desconforto do usuário;
- O ensaio de reposição do fecho hídrico verifica se a bacia sanitária faz a autossifonagem e recompõe o fecho hídrico mínimo para evitar o retorno de gases ao ambiente sanitário;
- O ensaio de respingos de água verifica se, durante a descarga, a água do poço da bacia sanitária respinga para fora da bacia, evitando a contaminação do usuário.
- Os ensaios de verificação do desempenho da caixa de descarga estão relacionados ao consumo de água, segurança e conforto do usuário:
- Os ensaios de estanqueidade da torneira de boia e estanqueidade da caixa de descarga são realizados para verificar se o produto não apresenta vazamentos;
- Os ensaios de tempo de enchimento, esforço de acionamento e capacidade do extravasor são requisitos ligados ao conforto do usuário;
- Os ensaios de resistência ao uso, estanqueidade da boia e resistência do mecanismo de acionamento avaliam a capacidade do produto resistir ao uso;
- O ensaio de resistência à carga estática está relacionado à segurança do usuário

Todas as bacias sanitárias ensaiadas utilizam o volume de descarga de 4,8±0,3L, conforme mostra Figura 8.

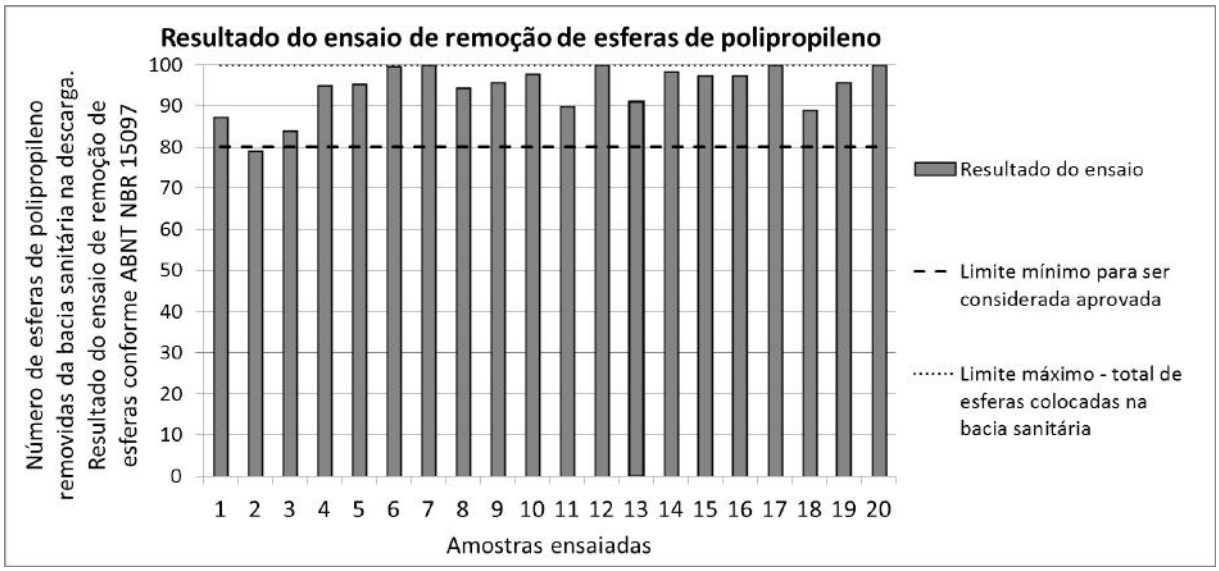
Os resultados mostram que todas as amostras são capazes de remover o mínimo de esferas exigido pela norma brasileira da própria bacia sanitária (Figura 9), mas quatro amostras não transportam as mídias pela tubulação predial de esgoto sanitário até a distância mínima exigida pela norma. O que indica que o maior problema encontrado na redução do volume de descarga pode estar na remoção dos sólidos da rede predial e pública de esgoto sanitário.

Figura 8 – Resultado do ensaio de determinação do volume/descarga



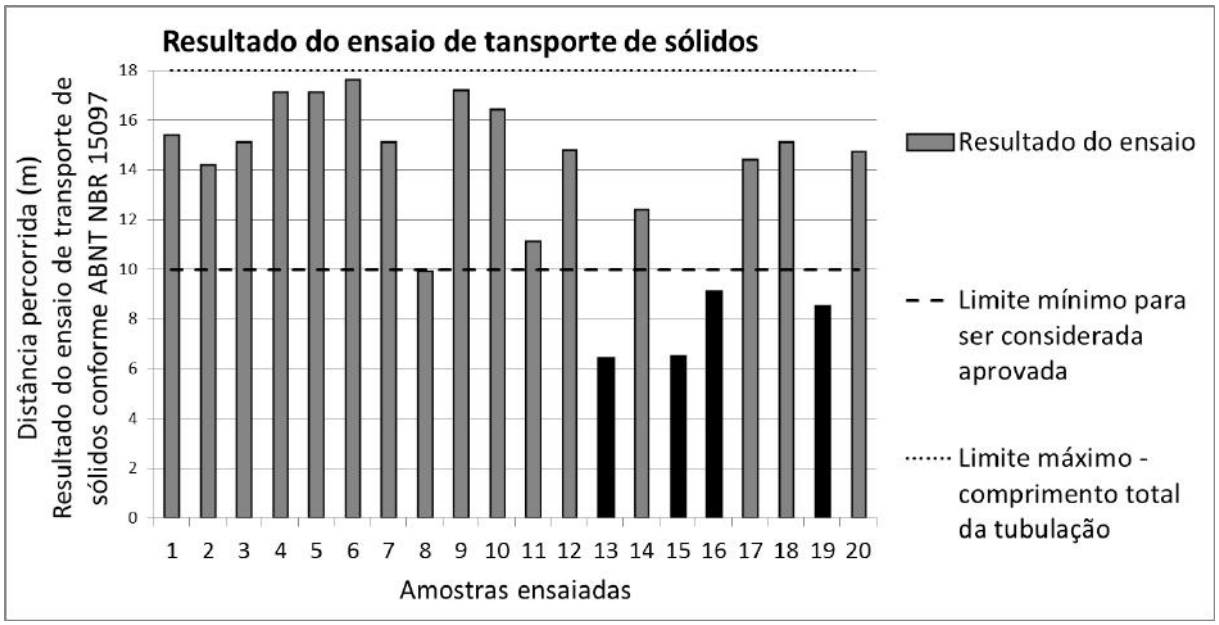
Fonte: Os autores

Figura 9 – Resultado do ensaio de remoção de esferas



Fonte: Os autores

Figura 10 – Resultado do ensaio de transporte de sólidos



Fonte: Os autores

O não atendimento na NBR 15097 (ABNT, 2011) em 35% das amostras avaliadas mostra a necessidade de evolução dos produtos.

Na fase seguinte (remoção de pasta de soja), foram ensaiadas apenas 13 das 20 amostras iniciais. Destas, nove foram consideradas aprovadas e quatro foram reprovadas.

O ensaio de remoção de pasta de soja é um ensaio mais crítico do que os demais ensaios de remoção de mídias da própria bacia sanitária realizados e ainda não está previsto na norma brasileira. Entretanto, já é um ensaio comumente realizado nos EUA e Europa. Das amostras avaliadas neste requisito, 31% foram reprovadas.

Após essa etapa, restaram nove amostras aprovadas, mas o fabricante da amostra nº2 optou por não dar continuidade neste estudo com esse modelo, restando oito amostras para continuidade no estudo. Nessas amostras foram realizados os ensaios de funcionamento da caixa de descarga. Uma amostra foi reprovada no requisito de estanqueidade da caixa de descarga.

Assim, sete amostras foram consideradas aprovadas em todos os ensaios laboratoriais realizados, que representa 35% das amostras avaliadas.

O resumo dos resultados encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios realizados

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA	ENSAIOS REALIZADOS	AMOSTRAS ENSAIADAS																			
		Fabricante 1					Fabricante 2	Fabricante 3	Fabricante 4			Fabricante 5		Fabricante 6					Fabricante 7		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
NBR 15097	Volume consumido por descarga	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Remoção esferas	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Remoção de mídia composta	**R**	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Lavagem de parede	A	A	A	A	**R**	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Remoção de grânulos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Reposição do fecho hídrico	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	**R**	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Respingos de água	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Transporte de sólidos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	**R**	A	**R**	**R**	A	A	**R**	A
ASME A112.19.2	Remoção de pasta de soja não encapsulada		A[3]	**R**	A		A	**R**	**R**	A	A		A		**R**			A	A		A
NBR 15491	Tempo de enchimento				A		A			A	A		A					A	A		A
	Capacidade do extravasor				A		A			A	A		A					A	A		A
	Estanqueidade da torneira de boia				A		A			A	A		A					A	A		A
	Estanqueidade da caixa de descarga	NR			A	NR	A			A	A	NR	**R**	NR		NR	NR	A	A	NR	A
	Esforço de acionamento		NR	NR	A		A	NR	NR	A	A		A		NR			A	A		A
	Resistência do mecanismo de acionamento				A		A			A	A		A					A	A		A
	Estanqueidade da boia				A		A			A	A		A					A	A		A
	Resistência ao uso				A		A			A	A		A					A	A		A
	Resistência à carga estática				A		A			A	A		A					A	A		A
RESULTADO FINAL		**R**	-	**R**	A	**R**	A	**R**	**R**	A	A	**R**	**R**	**R**	**R**	**R**	**R**	A	A	**R**	A

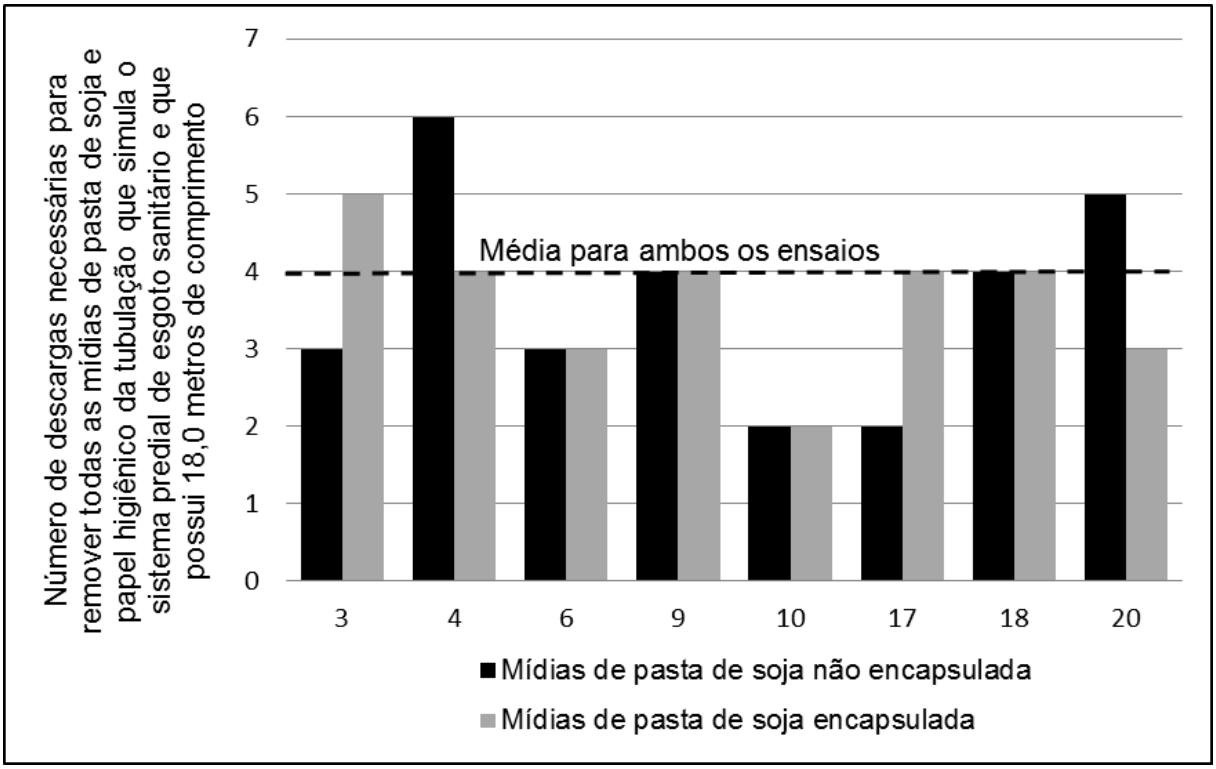
NR: não realizado

[3] A empresa optou por não dar continuidade com esta amostra

A fim de caracterizar o desempenho das bacias sanitárias com relação ao transporte de mídias ao longo da tubulação do sistema predial de esgoto sanitário, foi realizado o ensaio de transporte de pasta de soja, visando medir a quantidade de descargas necessárias para remover todas as mídias da tubulação de 18,0m de comprimento. Esse ensaio foi baseado no estudo da PERC (2012). O resultado encontra-se na Figura 11.

Este ensaio foi realizado tanto com as mídias de pasta de soja encapsuladas como não encapsuladas, assim como previsto no ensaio de remoção de pasta de soja da ASME (2013). O resultado de ambos os ensaios foi similar, com a média de quatro descargas para a remoção de todas as mídias da tubulação de 18,0m de comprimento.

Figura 11 - Número de descargas necessárias para remover todas as mídias da tubulação



Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

Com a realização dos ensaios foi possível verificar que existem modelos de bacias sanitárias de 4,8L/descarga que atendem a todos os requisitos normativos e, portanto, poderiam reduzir o consumo de água utilizado pelas bacias sanitárias nas edificações. Entretanto, estes ensaios não são suficientes para afirmar que esta alteração não causaria transtornos à população.

Foram observadas bacias sanitárias que atendem o requisito de remoção dos dejetos da própria bacia sanitária. O que mostra que alguns produtos

possuem tecnologia suficiente para trabalhar com o volume de 4,8L/descarga. Entretanto, há também produtos que não atendem a requisitos mínimos de desempenho, o que indica a necessidade de evolução do setor.

O problema maior se dá com relação ao desempenho do sistema de esgoto sanitário. A utilização de bacias sanitárias de 4,8L/descarga sem o estudo aprofundado do efeito no desempenho do sistema predial de esgoto sanitário pode causar transtornos à população como, por exemplo, o entupimento desta tubulação.

Os resultados mostram um grande potencial de desempenho para parte das amostras ensaiadas, mas ressalta-se a necessidade de realização de estudo de campo para conclusão mais precisa.

A fase de campo deste estudo encontra-se em andamento e o resultado será posteriormente comparado com os resultados obtidos na fase laboratorial.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **ASME A112.19.2**: Ceramic Plumbing Fixtures. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.097**: Aparelhos sanitários de material cerâmico: Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio. São Paulo. ABNT, 2011.

_____. **NBR 15.491**: Caixa de descarga para limpeza de bacias sanitárias - Requisitos e métodos de ensaio. São Paulo. ABNT, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. B. de. **Avaliação do desempenho funcional de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido com relação à remoção e transporte de sólidos**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

OLIVEIRA, L. H. de. **As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios**. Universidade Federal de Goiás, Goiás: Antac, 2002.

PERC. Plumbing Efficiency Research Coalition. **The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings**. 2012.

PERC. **Plumbing Efficiency Research Coalition. The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings**. Phase 2. 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MEDIÇÃO DE DESEMPENHO EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE INSTRUMENTO PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMAS ERP[1]

ABREU, Bárbara Daitx de (1); ISATTO, Eduardo Luis (2)

(1) UFRGS, e-mail: bsdabreu@gmail.com; (2) UFRGS, e-mail: eduardo.isatto@gmail.com

RESUMO

Sistemas ERP tem sido cada vez mais empregados por empresas da construção. Porém, tanto o sucesso de sua implementação como sua eficiência e eficácia como sistema de apoio à tomada de decisão requerem que se leve em conta as características específicas do setor quando da seleção desse tipo de software. Este artigo apresenta uma ferramenta de auxílio ao processo de aquisição de sistemas ERP, a ser utilizada para sua avaliação frente às necessidades do sistema de indicadores de desempenho da empresa. O estudo adotou a design science research (pesquisa construtiva) como estratégia de pesquisa, a partir da necessidade de avaliação de um novo sistema ERP por parte de uma empresa construtora e incorporadora de médio porte. O estudo de caso compreendeu a identificação do problema, a concepção do artefato (instrumento de avaliação de sistemas ERP), e posterior aplicação e avaliação de sua eficácia na solução do problema identificado. O método adotado para a elaboração do instrumento, sua instanciação e seu teste em uma situação real são a principal contribuição deste estudo para empresas construtoras eventualmente interessadas em avaliar o grau de adequação de alternativas de sistemas ERP ao seu sistema de indicadores de desempenho.

Palavras-chave: Sistemas ERP, Indicadores de desempenho de obras, Avaliação de software.

ABSTRACT

ERP systems have been used by many construction companies. However, the success of their implementation as well as their efficiency and effectiveness as a decision support system requires that the particularities of the construction sector are taken into consideration during the selection of this kind of software. This paper presents a tool for evaluating ERP systems alternatives against the needs of the construction company performance indicators system. The study adopted Design Science Research as the research strategy, due to the need of a medium size construction company to evaluate a new ERP system. The case study comprised the comprehension of the problem, the design of the artifact (the evaluation tool) and its implementation and effectiveness evaluation in terms of the solution of the problem. The method that was adopted to design the evaluation tool, its instantiation, and its test in a real situation are the main contributions from this research for the construction companies that wish to evaluate the degree of fitness of ERP alternatives against their performance indicators systems.

***Keywords**: ERP Systems, Performance indicators of Works, Software avaliation.*

[1] ABREU, Bárbara Daitx de; ISATTO, Eduardo Luis. Medição de desempenho em empresas de construção: desenvolvimento de instrumento de avaliação de sistemas ERP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas de gestão integrada – também conhecidos como sistemas de *Enterprise Resource Planning* (ERP) – é fundamental para a padronização e integração das informações entre os diversos setores da organização. Um número crescente de empresas vem adotando tais sistemas nos últimos anos, e a literatura especializada no assunto tem abordado diversos aspectos referentes à sua implantação e uso nas empresas.

Porém, devido às peculiaridades que envolvem a construção civil, a adoção de sistemas de gestão integrada em empresas do setor enfrenta diversas dificuldades, as quais têm sidos raramente abordadas na literatura.

Assim, este artigo tem por objetivo propor um instrumento voltado para seleção de sistemas ERP por construtoras, para contemplar tanto as peculiaridades do setor como características específicas de cada empresa, quanto ao sistema de indicadores de desempenho adotado pela organização.

2 SELEÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO INTEGRADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Um dos objetivos da implantação de sistemas ERP é a consolidação da coleta, medição e análise de diversos indicadores de negócios da empresa, resultando numa expressiva melhoria da produtividade (GAMBÔA, 2005). Um indicador de negócios consiste numa medida de determinada atividade da empresa, através de informações que podem ser medidas, comparadas e administradas (PINTO JUNIOR, 2006).

Para a implantação de um sistema ERP em uma empresa da construção é relevante que se considere o fato da produção ocorrer por projetos. Assim, cada empreendimento consiste em negócio único e de longa duração, o que demanda que os sistemas de gestão integrada também incorporem medidas de desempenho dos projetos, normalmente indicadores de prazo, custo e escopo.

Como são atualmente ofertados no mercado diversos sistemas ERP de características distintas, um fator importante a ser levado em conta quando da seleção desses sistemas é sua capacidade de configuração para ajuste ao sistema de indicadores de desempenho da empresa.

3 PROPOSTA DE INSTRUMENTO PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMAS ERP

3.1 Método ponderado de avaliação e método AHP

Segundo Nishiwaki Junior (2005, p. 78), um método de avaliação deve refletir e auxiliar o consenso das partes envolvidas, promovendo uma padronização de parâmetros de avaliação, como forma de assegurar que os resultados obtidos sejam confiáveis. Tomando como exemplo a avaliação de fornecedores, Isatto (1997) cita o método categórico, o método ponderado, a proporção de custo e a auditoria da qualidade, sendo os dois primeiros os

mais utilizados. Dentre esses, o método ponderado demanda maiores informações a respeito do desempenho, porém permite uma avaliação considerando uma gama pré-definida de critérios. As maiores dificuldades na aplicação deste método residem na definição prévia do conjunto de critérios a serem avaliados e seus respectivos pesos.

Uma das formas de definição dos pesos dos critérios de avaliação é através da utilização do método denominado *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que consiste na "[...] redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares." (SILVA, 2007, p. 37). Segundo Lee e Kim (2000), a AHP caracteriza-se pela facilidade de uso e simplicidade de entendimento, permitindo que a avaliação seja feita de forma clara, intuitiva e racional (MURALIDHAR et al., 1990).

Para Silva (2007, p. 40-48), "O método AHP divide o problema geral em avaliações de menor importância, enquanto mantém a participação desses problemas menores na decisão global.". A autora afirma ainda que "O AHP é baseado na habilidade humana inata de fazer julgamentos sobre problemas diversos e foi aplicado em projetos de decisão e planejamento em cerca de vinte países.". Por isso, o método representa um grande auxílio à tomada de decisão, sendo reconhecido como teoria de ponta, pois se avaliam múltiplos critérios (NISHIWAKI JUNIOR, 2005).

O método AHP combina dois aspectos relevantes para a avaliação de desempenho: (a) permite organizar atributos de avaliação hierárquicamente, de forma que a análise se dê separadamente nos diferentes níveis, e (b) formaliza a importância relativa entre os atributos através das preferências dos indivíduos pela comparação entre pares de atributos.

3.2 Elaboração do instrumento de avaliação do sistema ERP

O instrumento de avaliação de sistema ERP consiste em um conjunto de planilhas eletrônicas, as quais incluem uma interface de entrada e saída de dados e um sistema para o cálculo comparativo dos pesos através de operações de matrizes conforme previsto no método AHP.

Nishiwaki Junior (2005), divide o processo do AHP em três etapas, a saber:

- estruturação de hierarquia de decisão;
- comparação dos critérios dois a dois em relação a sua importância para a obtenção do objetivo;
- cálculo do vetor peso da prioridade de cada critério.

São esses os passos iniciais a serem seguidos para desenvolvimento da ferramenta, os quais estão listados a seguir.

3.2.1 Estruturação da hierarquia de decisão

O primeiro passo para a elaboração de uma ferramenta de avaliação de sistemas ERP consiste na identificação dos principais intervenientes no

processo de medição de desempenho da empresa, aqueles indivíduos envolvidos na coleta de dados e/ou análise dos resultados apresentados pelos indicadores. Após, procede-se uma análise do sistema de indicadores de desempenho existente a partir da visão dos intervenientes identificados, abrangendo os seguintes itens:

- quais os indicadores comumente medidos pela empresa;
- quais as informações necessárias para sua medição e a forma de coleta das mesmas;
- quais informações adicionais são necessárias para a verificação e controle dos dados utilizados para a medição;
- quais cruzamentos de dados são importantes para viabilizar a medição do indicador;
- de que forma o indicador deve ser apresentado (tabelas, gráficos, entre outros).

A partir dessa análise, identificam-se os critérios requeridos do sistema ERP para que se coletem e analisem cada indicador utilizado, isto é, quais funcionalidades o sistema necessita apresentar para que seja considerado uma forma viável de coleta de indicadores. Posteriormente, esses critérios deverão ser agrupados hierarquicamente em vários níveis. Recomenda-se que o nível mais alto reflita o aspecto da organização a ser medido por um indicador, enquanto os níveis inferiores representam critérios mais específicos, na medida das necessidades. Os critérios de nível imediatamente inferior devem refletir as etapas do processo de medição, como:

- inserção dos dados que permitirão a coleta das informações necessárias para a medição do indicador;
- verificação dos dados inseridos para conferência das informações e eventuais rastreamentos de falhas no processo (o que normalmente pode ser garantido com a emissão de determinados relatórios pelo sistema);
- análise dos dados inseridos e seus impactos no resultado final do indicador;
- outras etapas consideradas importantes para a medição do indicador.

3.2.2 Comparação dos critérios dois a dois em relação à sua importância

Para a definição dos pesos, os critérios de um mesmo nível devem ser comparados dois a dois. Para cada nível, monta-se uma matriz, em que se dispõem todos os critérios agrupados sob um mesmo nível. Recomenda-se que se inicie pelo nível de maior detalhamento. Estas matrizes podem ser construídas a partir de uma planilha eletrônica, na qual os critérios são listados em linha e coluna, formando uma tabela. O julgamento entre dois critérios deverá refletir as respostas de duas perguntas: qual dos elementos é mais importante com respeito a um critério de nível superior, e com que intensidade. A comparação entre os critérios de cada nível é feita a partir de uma escala de 1 a 9, em que 1 indica que ambos os critérios possuem o mesmo nível de importância e 9 aponta que um critério tem absoluta

importância sobre o outro. Assim, forma-se uma matriz quadrada, onde as posições da diagonal serão sempre 1, pois um elemento é igualmente importante a ele mesmo. Para preencher os outros elementos da matriz fora da diagonal, fazem-se os julgamentos determinando-se a intensidade de importância. O elemento mais importante da comparação é sempre usado como um valor inteiro da escala, e o menos importante, como o seu inverso. Assim, se o elemento-linha é menos importante do que o elemento-coluna da matriz, entra-se com o valor recíproco na posição correspondente. Devido à relação de reciprocidade e à necessidade de consistência entre duas atividades ou critérios, os recíprocos dos valores são inseridos na matriz criada quando uma comparação entre duas atividades já foi realizada.

3.2.3 Cálculo do vetor peso da prioridade de cada critério

Após a comparação dos critérios em cada matriz, procede-se o cálculo dos pesos, os quais são dados pelo principal autovetor normalizado. A normalização do autovetor pode ser feita pela divisão de cada elemento das colunas pela soma total da coluna, seguido da soma desses elementos recém calculados em cada linha. Em seguida, faz-se a divisão do vetor coluna resultante por n, que é a dimensão da matriz.

3.3 Processo de avaliação do sistema ERP com o emprego do instrumento proposto

Após a atribuição dos pesos dos critérios, procede-se a análise do ERP a ser avaliado quanto ao seu atendimento. É importante que a avaliação dos sistemas disponíveis seja realizada pelos colaboradores identificados durante a etapa de diagnóstico, pois são os principais envolvidos no processo de coleta de dados para cálculo dos indicadores.

Essa avaliação consiste na atribuição de uma nota ao *software* segundo cada critério avaliado, a qual pode variar entre 1 e 5, que significam: (1) Não atende, (2) Atende se alterações forem feitas, (3) Atende parcialmente, (4) Atende satisfatoriamente e (5) Atende muito satisfatoriamente. Cabe ressaltar que só devem ser atribuídas notas aos critérios dos níveis mais baixos da hierarquia, pois as notas dos critérios de níveis superiores serão calculadas automaticamente pela ponderação das notas atribuídas, segundo os pesos calculados para cada critério.

4 ESTUDO DE CASO

A estratégia de pesquisa adotada foi a *design science research* (pesquisa construtiva) em uma empresa construtora de médio porte, a qual necessitava optar entre adotar o sistema ERP utilizado por uma empresa parceira ou manter o *software* até então utilizado. O método de pesquisa empregado compreendeu um estudo de caso para identificação do problema, a concepção do artefato (instrumento de avaliação de sistemas ERP) e posterior avaliação de sua eficácia na solução do problema identificado.

A empresa estudada já utilizava um ERP, o qual será aqui denominado "ERP A". Em virtude da formação de sociedade com uma empresa de grande porte, foi solicitado pela empresa sócia a adoção do sistema por ela utilizado ("ERP B") para que houvesse um alinhamento das informações e procedimentos entre as duas organizações. Assim, a partir dos dados coletados a respeito dos indicadores de desempenho das obras medidos pela empresa, empreendeu-se a elaboração de uma ferramenta que avaliasse os dois sistemas quanto ao atendimento às necessidades de informação para medição desses indicadores.

4.1 Elaboração do protótipo

Para facilitar a visualização e cálculo dos pesos e notas ponderadas, recomenda-se a utilização de planilhas eletrônicas, como o *software Excel®*. Para isso, listam-se os critérios a serem avaliados em uma única coluna. Recomenda-se a diferenciação de cada nível colorindo-se as células, pois facilita o posterior agrupamento dos critérios nas matrizes de cálculo dos pesos. Ao lado da coluna dos critérios, alocam-se os pesos posteriormente calculados. Em seguida, criam-se colunas para a atribuição de notas. O número de colunas dependerá de quantos *softwares* serão comparados. Pode-se criar uma última coluna para que o usuário da ferramenta insira comentários a respeito da nota ou do critério avaliado, para posterior comparação com a avaliação de outros colaboradores.

É interessante que se bloqueiem as células da coluna de atribuição de notas nas linhas referentes a critérios pertencentes a níveis que não são os mais baixos, pois sua nota é calculada segundo a ponderação das notas atribuídas aos níveis inferiores. Assim, evita-se que o usuário atribua, por engano, uma nota a um critério de nível superior.

4.2 Diagnóstico do sistema de indicadores existente

A coleta de dados na empresa foi feita a partir de entrevistas com os envolvidos no processo de medição de desempenho das obras, a saber, duas engenheiras responsáveis pelo setor de Planejamento e Controle da empresa, bem como o engenheiro residente de uma das obras em andamento. Também foram feitas análises de manuais de processos internos. A partir daí, apontaram-se as informações necessárias para a manutenção deste sistema.

A empresa possui um sistema de indicadores de desempenho bem estruturado. A figura 1 resume os indicadores medidos.

Figura 1 –Esquematização do sistema de desempenho das obras medidos pela empresa

Indicador	Objetivo	Meta	Periodicidade	Forma de coleta	Responsável pela coleta/processamento
Desvio de custo	Acompanhar o percentual de economia ou de aumento no custo das obras de acordo com os valores previstos em orçamento	1% de economia em relação ao previsto em orçamento	Mensal	Emissão de relatório pelo sistema ERP atualmente em uso pela empresa X, cujas informações permitem atualizar uma planilha padrão gerada em Excel	Engenheiros do setor de Custos e Planejamento
Desvio de prazo	Acompanhar a evolução física da obra de acordo com o previsto no planejamento	< ou = ao previsto em contrato	Mensal	Acompanhamento da obra é feito em planilha no *software* MS Project. As medições físicas são cadastradas no sistema, que gera um relatório cujas informações permitem atualizar uma planilha padrão gerada em Excel	Engenheiros do setor de Custos e Planejamento, em conjunto com o engenheiro de cada obra
PAP (Programa de Avaliação de Processos)	Acompanhar o alinhamento das obras às normas de qualidade estabelecidas pela empresa bem como aos valores estabelecidos pela ISO 9001 e PBPQ-H	85%, com mínimo de 70% de conformidade	Mensal	Check list	Empresa terceirizada aplica o check list mensalmente e encaminha os resultados ao setor de Qualidade da empresa X
PAS (Programa de Avaliação da Segurança)	Acompanhar o alinhamento das obras às normas de segurança vigentes	85%, com mínimo de 70% de conformidade	Mensal	Check list	Empresa terceirizada aplica o check list mensalmente e encaminha os resultados ao setor de Qualidade da empresa X
Qualidade do produto	Acompanhar a satisfação do cliente com o produto final	< 4,5% de não conformidades	Na entrega da obra e 1 ano após a entrega	Questionário	Diretor de marketing e vendas / coordenadora da Qualidade

Fonte: Os autores

A montagem da ferramenta para disponibilização aos avaliadores consiste na execução do primeiro passo do método AHP. Os passos seguintes devem ser percorridos pelos colaboradores, de forma que a opinião de cada elemento reflita a hierarquização pelo método AHP, o que resultará na definição do peso de cada critério em relação aos demais do mesmo nível.

4.3 Definição dos critérios de avaliação e de sua hierarquia

Para a avaliação da performance do ERP frente às necessidades do sistema de indicadores de desempenho das obras da empresa estudada, optou-se pela divisão dos objetivos em indicadores de custo e de prazo, pois apenas esses dois aspectos abordados pelos indicadores medidos pela empresa são passíveis de controle via sistema – os indicadores de qualidade e segurança são medidos nas obras utilizando-se listas específicas. Estes objetivos foram classificados hierarquicamente em quatro níveis, sendo o mais alto deles classificado como nível 1.

Com relação aos **indicadores de qualidade e de segurança**, uma vez que a coleta de dados é feita *in loco*, a funcionalidade que poderia ser oferecida por um sistema nesse sentido seria o de cadastro dos *check-lists* mensais, de modo a criar um histórico das notas atribuídas para cada obra, bem como um *ranking* entre os empreendimentos.

A medição de **indicadores de custo** aborda as atividades desempenhadas

na empresa que permitem o controle dos custos das obras. Assim, foram propostos critérios a serem atendidos pelo sistema ERP a ser implantado de modo a suportar tais atividades. Os critérios que devem ser atendidos para que a **estruturação dos custos** possa ser feita no sistema de acordo com os procedimentos adotados pela organização são os seguintes:

- separação dos custos das obras;
- utilização de preços adotados ou composições;
- execução de cópias de planilhas de orçamentos entre obras cadastradas no sistema;
- manutenção de diferentes versões de orçamento de uma mesma obra;
- integração com planilhas eletrônicas (importações/exportações de dados).

A **verificação das apropriações de custos** permite a identificação do item do orçamento para o qual foi gerado determinado valor, obtido através do lançamento de notas fiscais de compra ou serviço, ou mesmo movimentações de caixa. Tal verificação proporciona o controle dos custos de cada item do orçamento, além de permitir a identificação de eventuais distorções de custos causadas por apropriações feitas em itens equivocados, possibilitando que se façam ajustes. Assim, é interessante que o sistema ERP possibilite esta conferência, a qual pode ser feita pela discriminação das apropriações **por período** ou **por item de orçamento**.

A **análise dos custos** gerados para cada obra permite a verificação do comparativo dos custos orçados com o que foi realizado. Para que isso seja possível, é necessário que o sistema permita um acompanhamento dos **contratos** firmados para cada empreendimento e **dos pedidos de compra** gerados pelas obras. Assim, é importante que o ERP permita a verificação das seguintes informações referentes aos contratos lançados:

- verificação de preços unitários dos insumos/serviços contratados;
- quantidades e valores contratados por contrato;
- quantidades e valores medidos de cada contrato;
- previsões de pagamento dos contratos lançados;
- possibilidade de edição de contratos para o cadastramento de aditivos.

O mesmo acontece com os pedidos de compra. Para que esta verificação seja possível, é necessário que o sistema ERP permita a inserção e visualização das seguintes informações:

- preços unitários dos insumos/serviços;
- quantidades e valores pedidos;
- quantidades e valores medidos;
- previsões de pagamento dos pedidos de compra lançados.

A **verificação dos custos mensais** fornece informações necessárias para medição do indicador de custo. Os critérios necessários para esta verificação são os seguintes:

- discriminação de valores comprometidos em valores pagos e a pagar;
- atualização automática dos custos de acordo com indexadores;
- cruzamento de dados dos custos mensais com os valores orçados.

A **medição de indicadores de prazo** aborda as atividades desempenhadas na empresa referentes ao acompanhamento das obras. Assim, é necessário que o sistema ERP permita a **entrada de dados referentes à evolução física das obras**. As possibilidades de inserção dessas informações no ERP são o **cadastramento de cronogramas de projeto e medições físicas de itens orçados** diretamente no sistema ou através da **integração com MS Project® (importações/exportações de dados).**

O **acompanhamento da evolução física dos empreendimentos** é feito pela emissão de relatórios referentes ao que foi medido para cada item do orçamento ao longo do mês. No caso da medição dos indicadores de prazo medidos na empresa, essa conferência é feita mensalmente, após a inserção dos valores medidos no cronograma de cada obra. As alternativas de consulta a dados de medição de acordo com as necessidades de informação dos indicadores de prazo da empresa são as seguintes:

- apresentação das medições em percentuais;
- apresentação das medições em quantitativos;
- discriminação das medições por período.

O fornecimento **de relatórios de acompanhamento das obras** é um facilitador da coleta de dados referentes à evolução física dos empreendimentos. Em geral, estes relatórios oferecem comparativos entre situações da obra que agilizam a obtenção dos valores dos indicadores de prazo. As possibilidades de cruzamento de dados a serem oferecidas pelo sistema ERP para monitoramento desses indicadores são:

- cruzamento de dados do cronograma previsto com os valores medidos;
- comparação dos valores medidos no mês em questão com os valores acumulados;
- diferentes formas de apresentação dos relatórios.

4.4 Definição dos pesos dos critérios e atribuição de notas aos ERP

Para definição dos pesos, critérios de mesmo nível foram comparados dois a dois pela engenheira do setor de Custos e Planejamento da empresa, responsável pelo cálculo mensal dos indicadores de custo e prazo das obras. Assim, matrizes foram geradas pela avaliação de critérios atribuída pela colaboradora para cada nível, conforme recomendações do método AHP. A partir dessas matrizes, calcularam-se os pesos de cada critério de avaliação.

Feito isso, a mesma colaboradora procedeu a avaliação dos sistemas ERP quanto ao atendimento de cada item.

4.5 Avaliação comparativa dos sistemas ERP

A figura 2 apresenta a ferramenta em sua forma final, com os pesos calculados e notas atribuídas pela colaboradora. Os critérios de nível 1 (temas) estão representados com a cor vermelha, os critérios de nível 2 (subtemas) pelas linhas de cor amarela, os critérios de nível 3 estão sinalizados com a cor laranja e os critérios de nível 4 foram identificados com a cor bege. As células pintadas em cinza indicam que, para esses critérios (de níveis 1, 2 e 3, este último em caso de existência de critérios de nível 4 logo abaixo), o cálculo da nota é feito automaticamente, a partir da ponderação das notas e pesos dos critérios inferiores.

De acordo com os resultados mostrados na Figura 2, as duas alternativas avaliadas se mostram bastante distintas em termos das suas capacidades. Com relação aos indicadores de custo, os dois sistemas seriam adequados às necessidades da empresa. Ainda que o ERP A demonstre ser a melhor escolha, o ERP B poderia ser utilizado para a medição deste indicador, desde que fossem feitas algumas adaptações nos procedimentos da empresa. Entretanto, no que se refere aos indicadores de prazo, a ferramenta aponta que o ERP B não é adequado para a sua medição, uma vez que suas funcionalidades não contemplam o acompanhamento da evolução física das obras. Quanto aos indicadores de qualidade e segurança, nenhum dos sistemas apresentou a possibilidade de acompanhamento desses índices.

Desta forma, observou-se, através da aplicação da ferramenta, que o ERP a ser implantado não atenderia parte considerável dos processos de negócio da organização. Isto possibilitou o debate prévio das possíveis adaptações necessárias para a utilização do software quanto à medição dos indicadores de desempenho de suas obras. Cabe ressaltar, portanto, que a contribuição oferecida pela ferramenta proposta não consiste apenas na identificação do melhor *software*, mas também dos aspectos em que ele se destaca ou apresenta deficiências.

Figura 2 – Ferramenta aplicada para avaliação de sistema ERP em estudo de caso

Critério de Avaliação	Peso	Avaliação ERP A	Avaliação ERP B	Comentários
Medição de indicadores de qualidade	0,1	1	1	Nenhum dos dois sistemas contempla o cadastro de check-lists de qualidade
Possibilidade de cadastro dos check-lists aplicados nas obras	0,5	1,0	1,0	
Possibilidade de criação de ranking de notas das obras por período	0,5	1,0	1,0	
Medição de indicadores de segurança	0,1	1,0	1,0	Nenhum dos dois sistemas contempla o cadastro de check-lists de segurança
Possibilidade de cadastro dos check-lists aplicados nas obras	0,5	1,0	1,0	
Possibilidade de criação de ranking de notas das obras por período	0,5	1,0	1,0	
Medição de indicadores de custo	0,4	5,0	4,3	Ambos os sistemas permitem a medição deste indicador
Estruturação dos custos no sistema	0,1	4,8	4,5	
Separação de custos das obras	0,5	5,0	5,0	O ERP A permite a separação dos custos em unidades construtivas, enquanto o ERP B permite o cadastro de diferentes projetos
Possibilidade de utilização de preços adotados ou composições	0,3	5,0	4,0	
Cópia de planilhas de orçamentos entre obras cadastradas no sistema	0,2	5,0	5,0	O carregamento das informações referentes a cada orçamento no ERP B é feito pelo upload de um mesmo arquivo em Excel
Manutenção de diferentes versões de orçamento de uma mesma obra	0,1	5,0	2,0	
Integração com Excel (importações/exportações de dados)	0	1,0	5,0	O ERP A permite a emissão de relatórios em formato .xls, mas não permite o carregamento de planilhas de Excel no sistema
Verificação das apropriações de custos	0,3	5,0	3,7	
Discriminação por período	0,7	5,0	3,0	O ERP B apresenta apenas o que foi gasto anteriormente ao mês base, não discriminando o mês do desembolso
Discriminação por item do orçamento	0,3	5,0	5,0	
Análises de custos	0,1	5,0	3,6	
Contratos	0,5	5,0	2,6	Não é possível o acompanhamento de contratos pelo ERP B
Verificação de preços unitários dos insumos/serviços dos contratos lançados	0	5,0	3,0	
Quantidades e valores contratados de cada contrato lançado	0,2	5,0	2,0	
Quantidades e valores medidos de cada contrato lançado	0,3	5,0	2,0	
Previsões de pagamento de cada contrato lançado	0,4	5,0	4,0	
Possibilidade de edição de contratos para o cadastramento de aditivos	0,1	5,0	1,0	
Pedidos de compra	0,5	5,0	4,6	
Preços unitários dos insumos/serviços	0	5,0	5,0	
Quantidades e valores pedidos	0,2	5,0	5,0	
Quantidades e valores medidos	0,4	5,0	4,0	
Previsões de pagamento de cada pedido de compra lançado	0,4	5,0	5,0	
Verificação de custos mensais	0,6	5,0	4,7	
Discriminação de valores comprometidos em valores pagos e a pagar	0,2	5,0	5,0	
Atualização automática dos custos de acordo com indexadores	0,1	5,0	1,0	O ERP B não atualiza nenhum dado de preço automaticamente
Cruzamento de dados dos custos mensais com os valores orçados	0,7	5,0	5,0	
Medição de indicadores de prazo	0,4	4,2	2,2	O ERP B não permite o acompanhamento direto da evolução física da obra
Inserção de dados de evolução das obras	0,4	4,2	2,0	
Possibilidade de cadastramento de cronogramas de projeto e medições físicas de itens orçados	0,8	4,0	2,0	Isto pode ser feito no ERP B pelo carregamento de planilhas em Excel. O ERP A apresenta um submódulo com esta funcionalidade
Integração com MS Project (importações/exportações de dados)	0,2	5,0	2,0	
Acompanhamento das medições das obras	0,4	4,9	2,9	
Apresentação das medições em percentuais	0,6	5,0	3,0	
Apresentação das medições em quantitativos	0,1	4,0	2,0	
Discriminação das medições por período	0,4	5,0	3,0	
Fornecimento de relatórios de evolução	0,4	3,6	1,8	
Cruzamento de dados do cronograma previsto com os valores medidos	0,8	4,0	2,0	
Comparação dos valores medidos no mês em questão com os valores acumulados	0,1	1,0	1,0	A empresa acompanha a evolução física das obras através de planilhas em Excel , nas quais são feitos esses cruzamentos
Formas de apresentação dos relatórios	0,2	3,0	1,0	
Resultado final		3,9	2,8	O ERP A é mais adequado que o ERP B

Fonte: Os autores

5 CONCLUSÃO

A ferramenta proposta neste trabalho visa à avaliação prévia de sistemas ERP com o objetivo de prever eventuais dificuldades de adequação aos processos de negócio de empresas de construção, sob o enfoque dos sistemas de medição de desempenho das obras. A importância dessa análise reside no fato de que é imprescindível evitar que se iniciem implantações de sistemas que, durante sua utilização ou durante a própria implantação, apresentem incompatibilidades com procedimentos adotados pelas organizações.

A utilização do método AHP permitiu que a avaliação dos sistemas guardasse uma relação direta com as necessidades de informação de cada usuário bem como sua impressão sobre o desempenho de cada sistema naquele aspecto em particular.

Por fim, a ferramenta proposta se mostrou de fácil implementação e uso. Isso foi possível porque sua concepção envolve basicamente a utilização de planilhas eletrônicas, tendo assim as vantagens adicionais de baixo custo, pouca necessidade de recursos computacionais e rapidez de implementação.

REFERÊNCIAS

GAMBÔA, F. A. R. **Método para gestão da qualidade em implementações de sistemas integrados de gestão de recursos.** 2005. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SATTO, E. L. Avaliação de Fornecedores de Materiais em Empresas de Construção Civil. In: CARLOS TORRES FORMOSO (Org.). **Métodos e Ferramentas para a Gestão da Qualidade e Produtividade na Construção Civil**. Porto Alegre: Programa da Qualidade e Produtividade na Construção Civil no Rio Grande do Sul, 1997. Não paginado.

LEE, J. W.; KIM, S. H. Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection. **Computers and Operations Research**, Amsterdam, v. 27, n. 4, p. 367-382, Apr. 2000.

MURALIDHAR, K.; SANTHNANM, R.; WILSON, R. L. Using the analytic hierarchy process for information system project selection. **Information and Management**, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 87-95, Feb. 1990.

NISHIWAKI JUNIOR, E. **Proposta de critérios para a avaliação de sistemas ERP**. 2005. 114 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PINTO JUNIOR, R. P. S. A necessidade dos indicadores para a gestão. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 3., 2006, Resende. **Anais eletrônicos...** Resende: Associação Educacional Dom Bosco, 2006. Não paginado.

SILVA, D. M. R**. Aplicação do método AHP para avaliação de projetos industriais.** 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

BIM NO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL[1]

BAGNO, Rodrigo (1); ARANTES, Eduardo (2)

(1) UFMG, e-mail: rodrigobagno@gmail.com; (2) UFMG, e-mail: arantes@demc.ufmg.br

RESUMO

O objetivo desta pesquisa de mestrado é a análise de um modelo BIM 5D, visando comparar os resultados obtidos através desta nova tecnologia com os provenientes de métodos tradicionais de orçamentação. Os resultados deste artigo são parciais e tem referência no método de pesquisa *constructive research*. Busca-se, através da criação de um modelo BIM 5D, solucionar ou minimizar os problemas do processo tradicional de orçamentação. A pesquisa envolveu o domínio do problema, proposição, implementação e teste da solução, ponderação do escopo, identificação e análise das contribuições. O domínio do problema abrangeu os temas BIM (*Building Information Modeling*) 5D e processo de orçamentação. Utilizou-se um modelo 3D, de uma obra pública, com elementos e dados referentes à arquitetura e estrutura. Após estudo e validação do modelo 3D, realizou-se a exportação para o software *Vico* de orçamentação BIM 5D. Constatou-se que uma orçamentação baseada em modelos BIM gera benefícios como extração automática de quantitativos e criação de planilha orçamentária vinculada ao modelo 3D. Porém, para obtenção de todos os benefícios proporcionados pela tecnologia BIM 5D, problemas relacionados com a qualidade do modelo e falta de padronização das informações precisam ser resolvidos.

Palavras-chave: BIM 5D. Levantamento de Quantidades. Planilha de orçamento.

ABSTRACT

The purpose of this master's research is the analysis of a 5D BIM model, with focus on comparing the results obtained from this new technology with the results from traditional approach of budgeting. The results of this article are partials and have reference in the constructive research method. It is intended to create a 5D BIM model to solve or reduce problems of the traditional budgeting process. The research is developed through the following steps: understanding the problem domain, formulation of a solution, development and pre-testing, implementation and analysis. The problem domain involved the themes BIM (Building Information Modeling) and budgeting process. It is used a 3D BIM model from a public construction with elements and data of architecture and structure. After validation, this model was exported to Vico software, that works with BIM 5D budget. It was found that a BIM budget generates benefits such as automatic extraction of quantitative and creating budget spreadsheet linked to the 3D model. However, for obtaining all the benefits of BIM 5D, problems related to the quality of the model and lack of standardization of information need to be solved.

Keywords: BIM 5D. Quantity take-off. Cost plans.

[1] BAGNO, Rodrigo; ARANTES, Eduardo. BIM no processo de orçamentação de um empreendimento residencial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

As principais características de um sistema de gerenciamento de custos eficiente estão relacionadas à disponibilidade das informações em todas as etapas do ciclo de vida de um projeto (EASTMAN *et al.,* 2014) e ao tempo de geração das informações (DRUCKER[2], 1995 *apud* KERN 2005).

Dentro da gestão de custos de um projeto a orçamentação é definida por Giammusso (1991) como o processo que determina o custo de um empreendimento antes da sua realização.

O processo de orçamentação convencional, baseado em projetos 2D ou modelos 3D não paramétricos, apresenta problemas. Segundo Ferreira (2015), o principal problema está no levantamento de quantidades, que é feito de forma manual, demanda muito tempo, está sujeito a erro humano e tende a propagar imprecisões.

De acordo com Smith (2014), a tecnologia BIM 5D que trata da estimativa de custos e orçamentação das construções, proporciona quantificação automática precisa, reduz a variabilidade dos resultados e torna o processo mais ágil.

O objetivo da pesquisa é demonstrar como a tecnologia BIM pode contribuir com o processo de orçamentação. Para elaboração de um modelo BIM 5D, partiu-se de um modelo BIM 3D de uma obra do programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal. Paralelamente, foi realizado um orçamento na metodologia convencional, visando comparar os métodos.

Em decorrência do estágio atual da pesquisa, o foco principal do artigo foi no processo de levantamento de quantidades e formação da planilha orçamentária. Contudo, etapas posteriores, como atualizações do orçamento e comparação de diferentes soluções de projetos, serão investigadas na continuação da pesquisa de mestrado.

2 PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO

Mattos (2014) define orçamentação como o processo de elaboração do orçamento que envolve identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma série de itens. Este autor determina três fases e um total de doze etapas para o processo de orçamentação.

A primeira fase consiste no estudo das condicionantes, abrangendo as etapas de: leitura e interpretação de projetos e especificações técnicas; leitura e interpretação do edital; visita técnica. A segunda fase abrange as etapas de: identificação dos serviços; levantamento de quantidades; discriminação dos custos diretos; cotação de preços; definição de encargos sociais e trabalhistas. A terceira fase é o fechamento do orçamento, através das etapas de definição da lucratividade, cálculo dos benefícios e despesas indiretas (BDI) e desbalanceamento da planilha de orçamento.

[2] DRUCKER, P. The information executives truly need. Harvard Business Review, Boulder, v. 73, n.1, p. 54-62, jan/fev 1995

Esta classificação de Mattos (2014) toma como base obras públicas e com regime de contratação a preço global, por se tratar da modalidade de orçamento mais complexa. Obras privadas ou com outro regime de contratação podem ter algumas etapas eliminadas.

3 BIM 5D

Um modelo BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação. Ele possui uma rica base de dados que auxiliam as decisões que devem ser tomadas durante o ciclo de vida da edificação (AIA, 2007).

A capacidade de agregação de dimensões a um modelo BIM 3D é definida como modelagem "nD". BIM 5D é a associação da variável custo ao modelo 3D, com o objetivo de obtenção instantânea de quantidades e estimativas de custo (EASTMAN *et al.*, 2014). Ferreira (2015) afirma que um modelo BIM 5D pode ser usado para monitorar e controlar os custos de uma obra.

Uma orçamentação baseada em modelos BIM gera inúmeros benefícios com relação aos processos tradicionais. Segundo Badra (2012), o modelo 3D melhora o entendimento do projeto, além de possuir todas as especificações e definições geométricas e paramétricas para geração automática dos quantitativos. Para Ferreira (2015), a modelagem 5D reduz a duração da etapa de levantamento de quantidades, permite que as restrições orçamentárias sejam levadas em consideração no processo de desenvolvimento do produto, apoiando as tomadas de decisões, desde as etapas iniciais de concepção do produto.

3.1 BIM como suporte ao processo de orçamentação

A tecnologia BIM disponível atualmente não permite uma análise orçamentária completa diretamente do *software* de modelagem. É necessária a transferência do modelo para uma ferramenta externa por formatos IFC (*Industry Foundation Class*) ou por transferência direta (*plug-ins*), quando os *softwares* utilizam o mesmo formato de definição de dados (MONTEIRO e MARTINS, 2013).

Segundo Eastman *et al.* (2014), orçamentistas podem utilizar três opções para utilização do BIM como suporte ao processo de orçamentação. A primeira opção consiste em exportar quantitativos para um *software* de orçamentação 2D. A segunda opção consiste em utilizar uma ferramenta específica para levantamento de quantitativos, que importa dados de ferramentas BIM e possui recursos para levantamentos manuais complementares.

A última opção se baseia na conexão direta entre componentes BIM e o software de orçamentação. Neste processo, uma ferramenta BIM conecta diretamente a um pacote de orçamentação via *plug-in,* permitindo a associação de componentes do modelo diretamente aos serviços da

planilha orçamentária.

Nas duas primeiras opções, a tecnologia BIM contribui apenas com a automatização do levantamento de quantidades. A terceira opção apresenta como diferenciais a automatização das atualizações da planilha orçamentária quando o modelo é alterado e a facilidade na comparação dos custos de diferentes soluções de projeto.

3.2 Obstáculos para utilização do BIM 5D

Em pesquisa realizada com empresas australianas, especializadas em orçamentação, constatou-se que a principal dificuldade para utilização do BIM 5D é devido a qualidade dos modelos. Se o modelo não é concebido adequadamente os resultados gerados não são confiáveis. O *clash detection* apresenta limitações para checar todas as informações que são relevantes para uma orçamentação 5D eficiente. Outros problemas citados na pesquisa se referem à baixa demanda por parte dos clientes, falta de padronização e problemas de interoperabilidade (SMITH, 2014).

4 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa adotado foi *constructive research*, que segundo Lukka (2003) tem sido muito utilizado na engenharia. Esta ampla adoção é pela possibilidade de alinhar pesquisas acadêmicas com problemas de mercado. Este mesmo autor estabelece sete etapas para o desenvolvimento de uma *constructive research*. O quadro 1 mostra estas etapas e esquematiza o desenvolvimento desta pesquisa.

A plataforma *Vico,* da empresa *Trimble,* foi escolhida para pesquisa devido à perspectiva inovadora de trabalhar de forma integrada o gerenciamento de custos (5D) e tempo (4D) a partir de um modelo paramétrico 3D.

Quadro 1 – Delineamento adotado para *constructive research*

Fases de uma *constructive research* segundo Lukka (2003)	**Fases desta pesquisa**
Encontrar um problema prático relevante e com potencial de contribuição teórica	- Utilização do conceito BIM no processo de orçamentação visando à automatização e minimização de erros
Examinar o benefício potencial de pesquisa a longo prazo para o setor alvo	- Apresentação da pesquisa ao setor (academia, construtora, empresas especializada em gerenciamento de projetos, empresas de softwares BIM) e busca por parcerias
Obter domínio prático e teórico do tópico	- Revisão bibliográfica - Experiência prática do pesquisador
Propor uma solução inovadora e desenvolver uma construção que solucione um problema real	- Formulação teórica e prática para automatização do levantamento de quantidades a partir de um modelo BIM 3D
Implementar a solução e testar como ela funciona	- Extração automática de quantidades - Criação de um modelo BIM 5D

Ponderar o escopo de aplicabilidade da solução	- Validação do modelo BIM 3D - Validação do levantamento de quantitativos automatizado por meio da comparação com o processo tradicional; - Validação da modelagem BIM 5D por meio da comparação com o processo tradicional;
Identificar e analisar as contribuições teóricas	- Discussão teórica

Fonte: Os autores

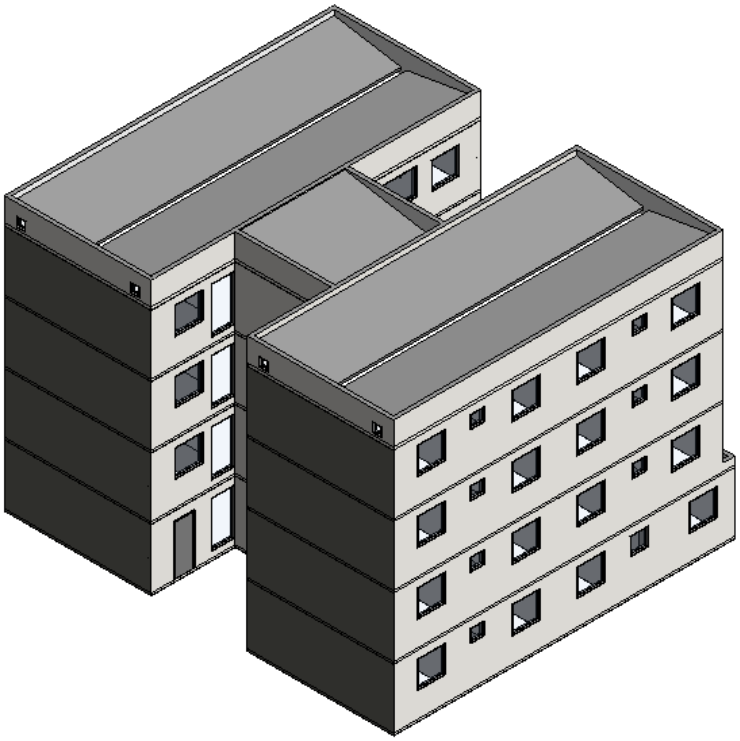
5 RESULTADOS

Os resultados obtidos tiveram como base um modelo 3D referente a um empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal, que possui elementos e dados de arquitetura e estrutura.

5.1 Estudo e validação do modelo BIM 3D

Inicialmente fez-se um estudo do modelo BIM 3D, visando validar sua utilização para criação de um modelo BIM 5D. O modelo não possui complexidade geométrica e apresenta padronização dos pavimentos da edificação, conforme figura 1.

Figura 1 - imagem do modelo em *Revit* 2014



Fonte: Autores

Na análise dos objetos paredes e pisos, constatou-se uma modelagem de elementos únicos com diversas camadas. Isto significa que um elemento parede possui as diversas camadas de alvenaria, reboco/gesso liso, pintura e

cerâmica.

Outra constatação importante é o fato do modelo não possuir elementos nem dados referentes a louças, metais, acessórios, bancadas, soleiras, peitoris, rodapés, itens de serralheria, impermeabilização, instalações. Todas as informações constantes nesse modelo foram sintetizadas na tabela 1.

Tabela 1 - Elementos e dados constantes no modelo

Descrições	**Parede (fachada)**		**Parede (entre comodos internos)**		**Piso**	**Teto**	**Portas**	**Janelas**
	Revestimento	**Acabamento**	**Revestimento**	**Acabamento**				
Banheiro	Reboco/ Emboço	Cerâmica Incefra 32x56 cm	Reboco/ Emboço	Cerâmica Incefra 32x56 cm	contra-piso + revestimento cerâmico	forro em PVC	Porta 60x210	Janela 59x57
Estar / Jantar apartamentos 01 e 02	-	-	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 80x210	Janela 149x117
Estar / Jantar apartamentos 03 e 04	-	-	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 80x210	Janela 99x117
Quarto (entre cozinha e banho) com parede virada para Fachada Norte	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 70x210	Janela 119x117
Quarto (demais quartos)	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 70x210	Janela 119x117
Cozinha	Reboco/ Emboço	Cerâmica Incefra 32x56 cm	Reboco/ Emboço	Cerâmica Incefra 32x56 cm	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	-	Janela 119x117
Circulação	-	-	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	-	-
Hall do Térreo	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 90x210	Janela 99x117
Hall dos demais pavimentos	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	-	Janela 99x117
Escada	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	-	-
Telhados e Coberturas								
Cobertura	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	telhado básico / genérico		-	-
Fachada								
Fachada Norte	Reboco Externo	Pintura Externa (apenas para parede da cobertura)	-	-	-	-	-	-
	Demais pavimento bloco de concreto aparente	-				-		
Fachadas Leste, Oeste e Sul	Reboco Externo	Pintura Externa	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autores

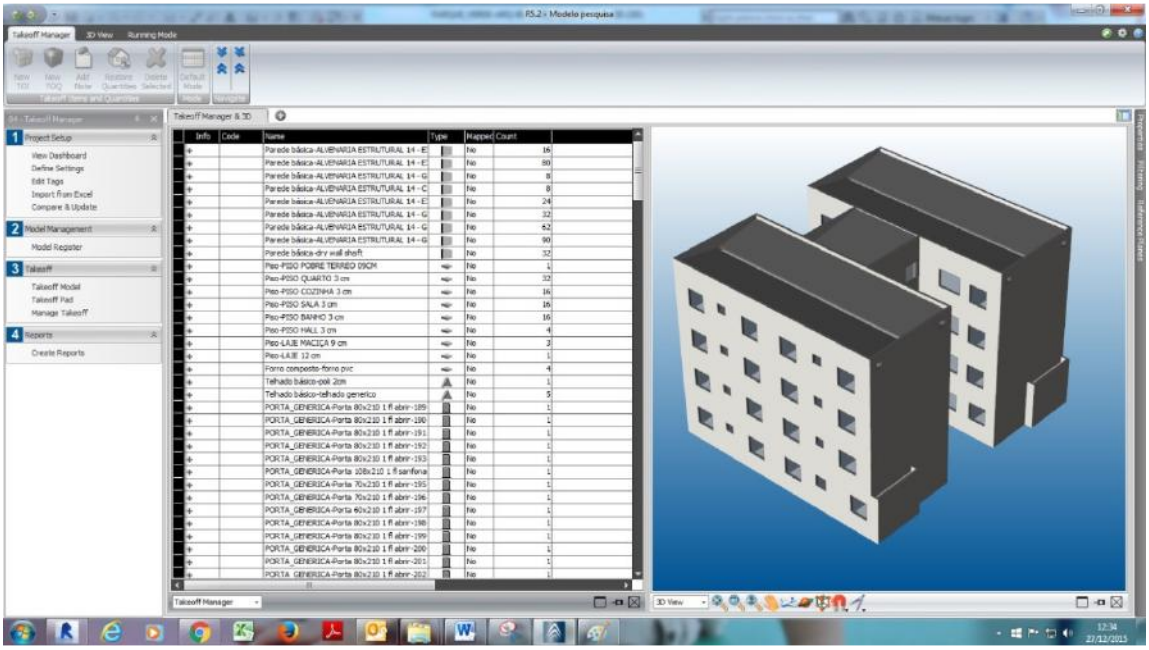
Detectou-se a inexistência de atribuição de um sistema de classificação para os objetos do modelo em estudo. Segundo Manzione (2013), os sistemas de classificação são importantes, pois auxiliam a organização dos processos.

Apesar das limitações do modelo 3D em estudo, ele foi validado por atender aos objetivos desta pesquisa, que é permitir a criação de um modelo BIM 5D e a comparação com a metodologia tradicional de orçamentação.

5.2 Levantamento de quantidades

Para possibilitar a extração automática de quantidades, o modelo do *Revit* foi exportado para o *Vico* através de um *plug-in*. Após verificação do modelo no *Vico* (figura 2), constatou-se que não há problema de interoperabilidade entre este *software* e o *Revit, pois não* houve perda de informações.

Figura 2 - Modelo no *Vico*



Fonte: Autores

Após a importação, o módulo *Takeoff Manager*, do *software Vico*, permitiu a extração automática de quantitativos do modelo por elemento importado, conforme figura 3. Apesar da extração de quantidades ser automática, é responsabilidade do engenheiro orçamentista avaliar, compreender e organizar as informações geradas.

Paralelamente, foi realizado o levantamento de quantidades pela metodologia tradicional em planilhas no Excel, através da leitura e interpretação de projetos de arquitetura 2D. O quadro 2 traz a comparação da quantidade de horas trabalhadas, de um orçamentista, na etapa de levantamento de quantidades para o projeto em estudo nas duas metodologias de orçamentação.

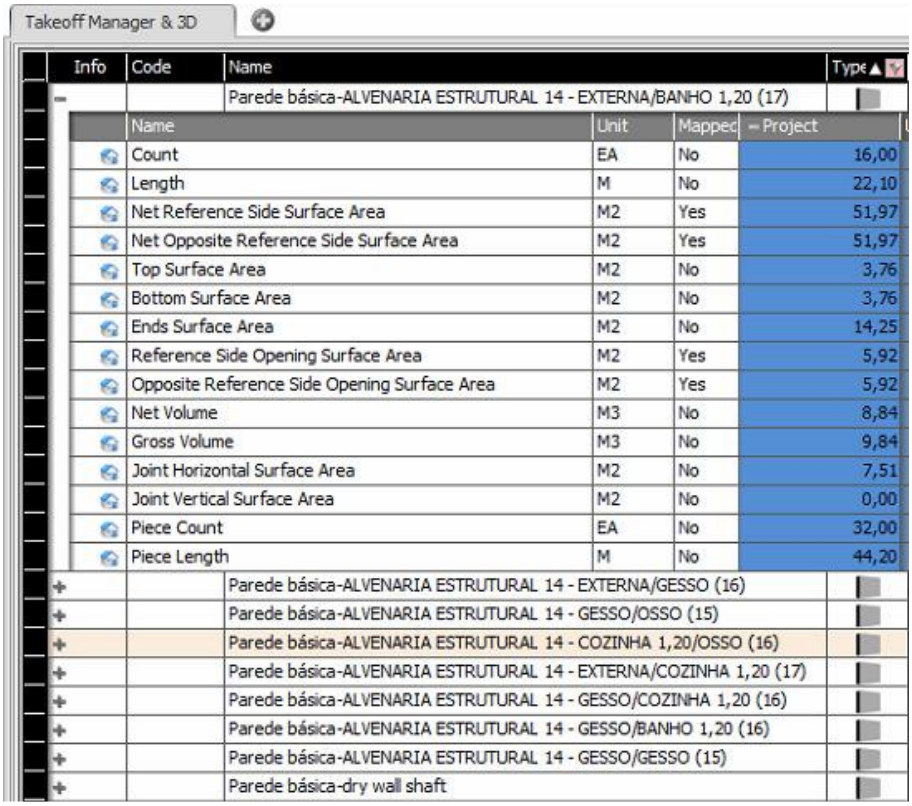
A tabela 2 apresenta a comparação dos levantamentos de quantidades, dos serviços que compõem o custo direto da obra, obtidos pela metodologia tradicional e pela metodologia BIM. A sexta coluna apresenta a diferença em percentual das duas colunas anteriores, obtidos pela equação:

Diferença = (quantitativo 2D – quantitativo BIM)/ (quantitativo BIM)

A sétima coluna, observação, traz as justificativas para as diferenças

encontradas. Muitos itens apresentam diferenças pouco representativas devido a arredondamentos e/ou a maior precisão das informações vinculadas a um modelo BIM.

Figura 3 - Quantitativos fornecidos pelo Vico para um elemento parede



Fonte: Autores

Quadro 2 – Demanda de tempo do orçamentista

Descrição	**Metodologia Tradicional**	**Metodologia BIM 5D**
Estudo e interpretação dos projetos/modelo	10 horas	5 horas
Levantamento de Quantidades	30 horas	0 horas
Interpretação e organização dos quantitativos para alimentação da planilha de orçamento		10 horas
TOTAL	**40 horas**	**15 horas**

Fonte: Autores

Os itens 14.4 e 14.5, portas P04 e P05, apresentaram diferenças devido a um erro no levantamento de quantidades convencional. Esse erro teve origem na falta de detalhamento do projeto 2D que não possui legenda para esquadrias nem cota destes elementos. Assim, o orçamentista levantou a porta de 90x210 cm como sendo uma porta de 108x210 cm. Este tipo de erro não acontece com a tecnologia BIM, pois o modelo contém a informação que não está explícita no projeto 2D, conforme figura 4.

Os demais itens que apresentaram diferença significativa apresentam

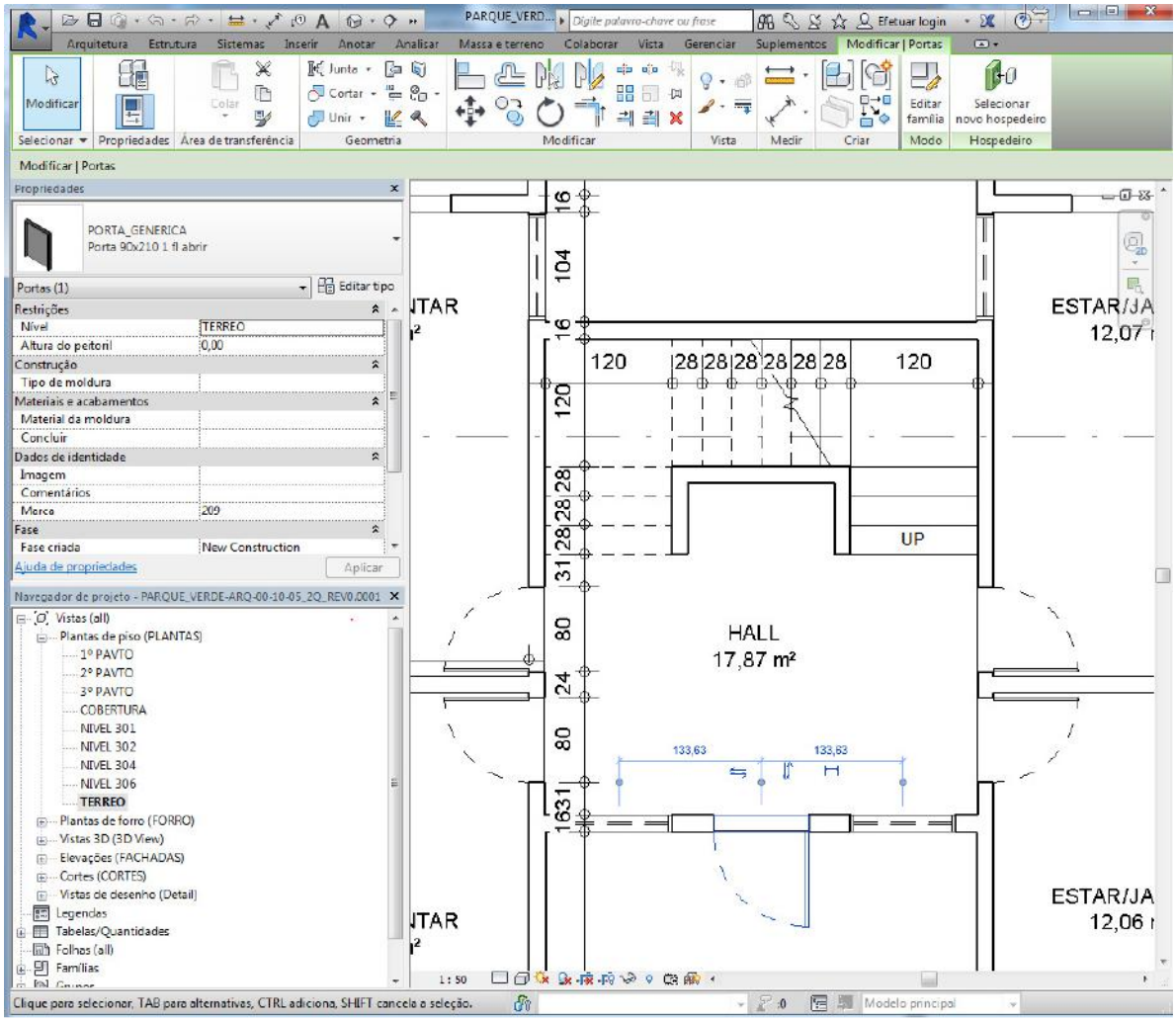
problemas de modelagem. Os quantitativos desses itens têm como origem os elementos paredes. Os problemas são referentes à ausência de modelagem por camada, à falta de critérios e padronização e às sobreposições de elementos.

Tabela 2 - Planilha comparativa dos levantamentos de quantidades

7	**Servicos Iniciais**					
7.1	Locação da obra	m2	195,63	195,63	0,00%	
8	**Estrutura em concreto armado**					
8.1	Laje de piso sobre terreno em concreto armado h=8 cm com tela soldada malha 10x15 cm diâmetro do aço de 5 mm	m2	195,63	195,63	0,00%	
8.2	Forma para estrutura em madeira plastificada 14 mm (utilização 4x), inclusive com escoramento	m2	751,29	751,29	0,00%	
8.3	Concreto Estrutural usinado e bombeado 30 Mpa	m3	73,37	73,37	0,00%	
8.4	Armacao aco CA-50/60	kg	6.603,30	6.602,96	0,01%	arredondamento
8.5	Escada em concreto armado moldada "in loco"	m2	20,74	20,75	-0,05%	arredondamento
9	**Vedações e Alvenaria estrutural**					
9.1	Alvenaria estrutural em bloco de concreto de 14 cm, com argamassa de assentamento industrializada	m2	1.476,13	1.323,26	11,55%	problemas na modelagem dos elementos paredes
9.2	Drywall	m2	29,75	29,66	0,30%	arredondamento
10	**Revestimento Interno de Paredes**					
10.1	Reboco/Emboço, com argamassa industrializada - 2 cm	m2	560,98	546,43	2,66%	problemas na modelagem dos elementos paredes
10.2	Gesso liso	m2	1.570,40	1.404,29	11,83%	problemas na modelagem dos elementos paredes
10.3	Cerâmica Incefra 32x56 cm (0,20 cm) até h=1,08 m, inclusive rejunte	m2	553,10	546,43	1,22%	problemas na modelagem dos elementos paredes
11	**Revestimento Externo de Paredes**					
11.1	Reboco/Emboço, com argamassa industrializada - 3 cm	m2	681,11	571,48	19,18%	problemas na modelagem dos elementos paredes
12	**Revestimento Interno de Tetos**					
12.1	Gesso liso	m2	641,86	641,42	0,07%	arredondamento
13	**Piso**					
13.1	Contra-piso	m2	682,36	681,72	0,09%	arredondamento
13.2	Cerâmica, inclusive rejunte	m2	682,36	681,72	0,09%	arredondamento
14	**Esquadrias de Madeira**					
14.1	Porta de madeira - P01 - 60x210cm	un	14,00	14,00	0,00%	
14.2	Porta de madeira - P02 - 70x210cm	un	28,00	28,00	0,00%	
14.3	Porta de madeira - P03 - 80x210cm	un	24,00	24,00	0,00%	
14.4	Porta de madeira - P04 - 108x210cm	un	3,00	2,00	50,00%	erro no levantamento de
14.5	Porta de madeira - P05 - 90x210cm	un		1,00	-100,00%	quantidades manual (1 P05 foi
15	**Esquadrias de alumínio com vidro**					
15.1	Janela de alumínio com vidro - J01 - 40x40cm	un	8,00	8,00	0,00%	
15.2	Janela de alumínio com vidro - J02 - 59x57cm	un	14,00	14,00	0,00%	
15.3	Janela de alumínio com vidro - J03 - 79x77cm	un	2,00	2,00	0,00%	
15.4	Janela de alumínio com vidro - J04 - 99x117cm	un	8,00	8,00	0,00%	
15.5	Janela de alumínio com vidro - J05 - 99x197cm	un	8,00	8,00	0,00%	
15.6	Janela de alumínio com vidro - J06 - 119x117cm	un	46,00	46,00	0,00%	
16	**Forros**					
16.1	Forro de PVC	m2	39,75	39,72	0,08%	arredondamento
18	**Pintura**					
18.1	Pintura látex sem massa. Subempreitado material e mão de obra.	m2	641,86	641,42	0,07%	arredondamento
18.2	Pintura látex com massa. Subempreitado material e mão de obra.	m2	1.578,28	1.404,29	12,39%	problemas na modelagem dos elementos paredes
18.3	Textura (fachada)	m2	681,11	571,48	19,18%	problemas na modelagem dos elementos paredes
19	**Telhados e Coberturas**					
19.1	Telhado em telha de fibrocimento com estrutura de sustentação metálica	m2	174,32	174,28	0,02%	arredondamento

Fonte: Autores

Figura 4 - Informações sobre uma esquadria em um modelo BIM



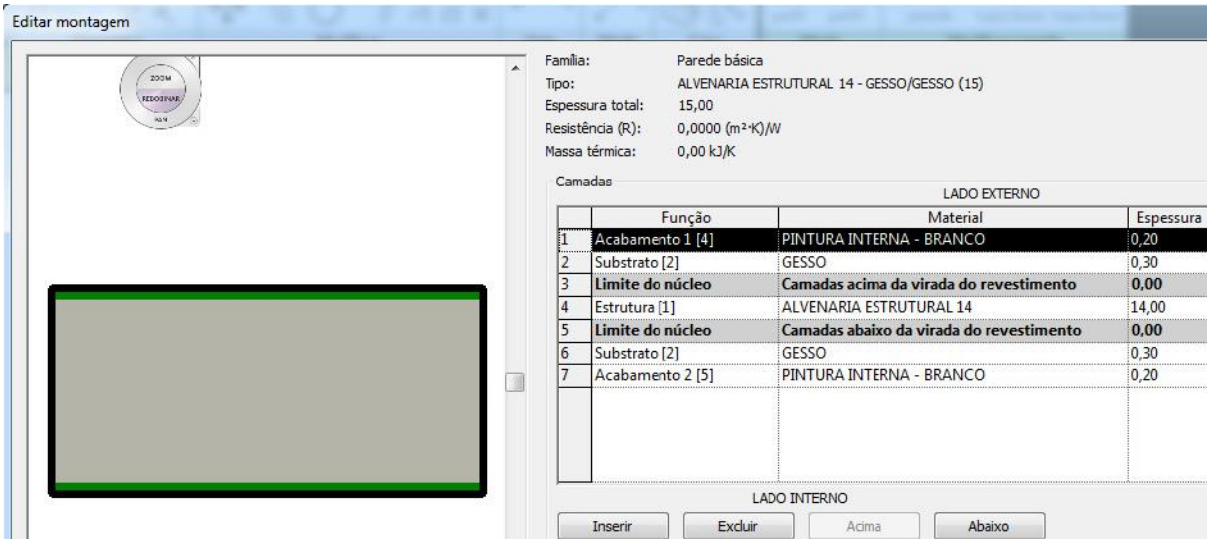
Fonte: Autores

No modelo em estudo foi diagnosticado que os objetos paredes foram modelados como elementos únicos que possuem diversas camadas, conforme figura 5. Por esse critério existem oito tipos de paredes diferentes no Revit, devido às especificações e espessuras das camadas conforme figura 3.

Este critério de modelagem gera algumas limitações. Primeiramente, para obtenção do quantitativo de cada serviço da planilha de orçamento é necessário criar uma fórmula que some os quantitativos de cada um dos elementos. Isso pode ser mais trabalhoso do que o levantamento tradicional para obras complexas que possuam inúmeros elementos.

Outro problema é que este tipo de modelagem não permite a diferenciação de alturas das camadas dentro de um mesmo elemento. Assim, dificulta-se ou inviabiliza-se a orçamentação BIM 5D para obras que possuem paredes revestidas em cerâmica somente até certa altura. O mesmo ocorre para obras, nas quais o revestimento da parede vai até a altura do forro, enquanto a alvenaria vai até o fundo de um elemento estrutural.

Figura 5 - Existência de diversas camadas em um elemento parede

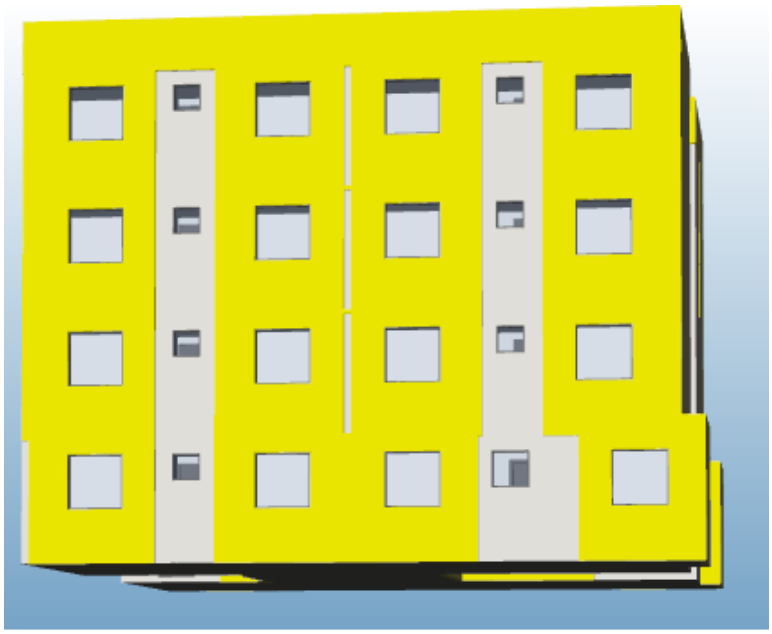


Fonte: Autores

Como a obra em questão é muito simples, a estrutura, em alvenaria auto-portante, não possui vigas e as poucas paredes revestidas com cerâmica têm todas as camadas com mesma altura, isto não prejudicou a pesquisa.

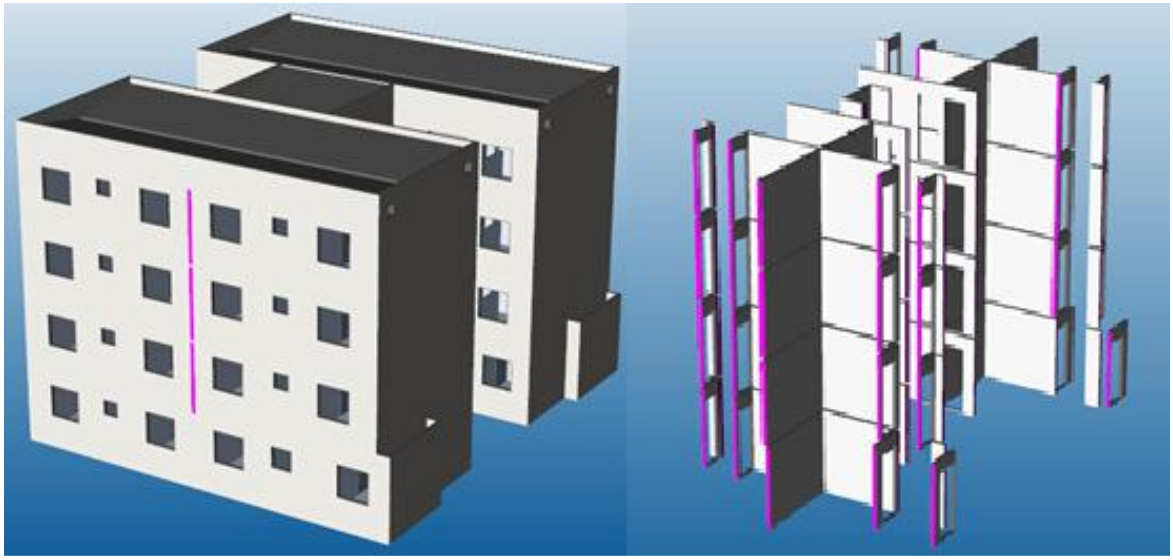
Além da ausência da modelagem por camadas, outro problema identificado foi a falta de critérios e padronizações de modelagem. Na figura 6, o elemento destacado em amarelo foi modelado com um critério no primeiro pavimento e outro nos demais. Nos pavimentos 2, 3 e 4, parte do trecho destacado em rosa, na figura 7, não foi incluído na área de fachada, pois faz parte da área lateral de outro elemento parede. Isto gera um trabalho extra e não automatizado para obtenção de áreas parciais de um elemento.

Figura 6 - Destaque em amarelo de um elemento parede



Fonte: Autores

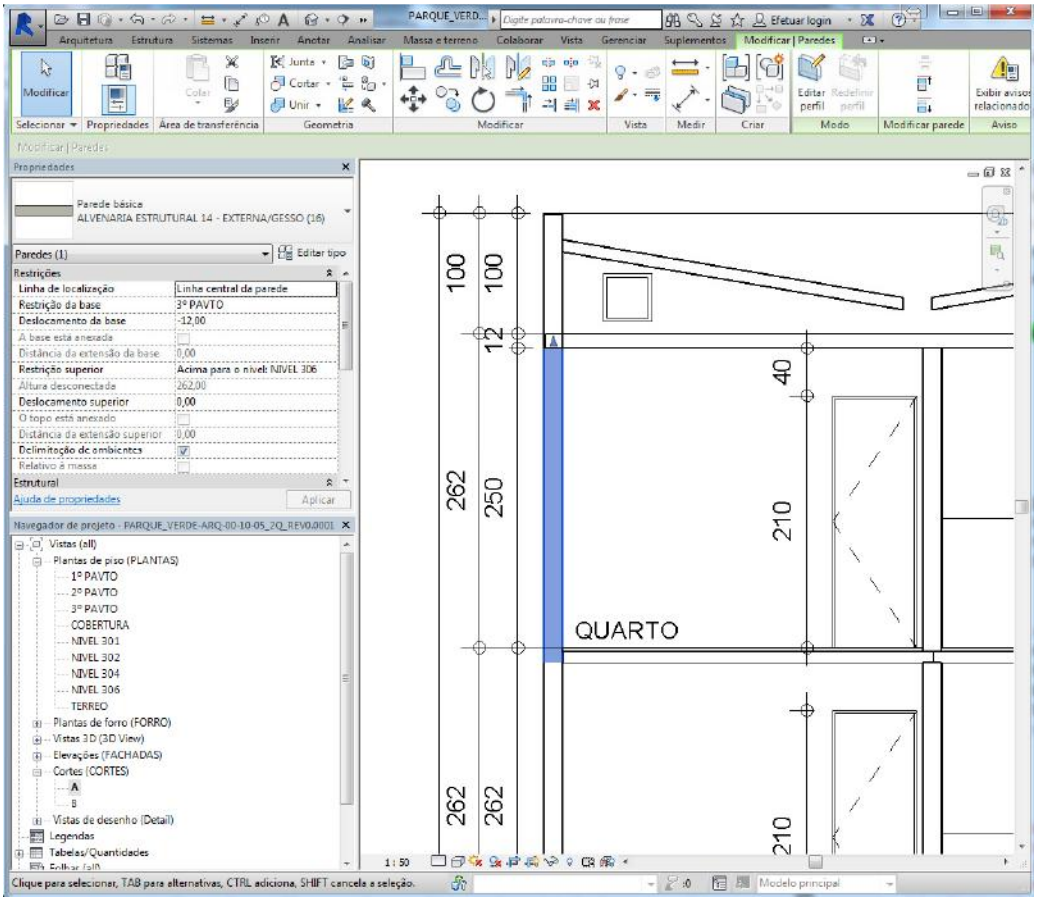
Figura 7 - Destaque em rosa da área lateral de um elemento parede



Fonte: Autores

Outro erro de modelagem descoberto foi a sobreposição de elementos. O elemento parede selecionado na figura 8 é representado apoiando no elemento parede do pavimento inferior. Assim, há uma sobreposição com o elemento laje.

Figura 8 - Elemento parede selecionado no corte



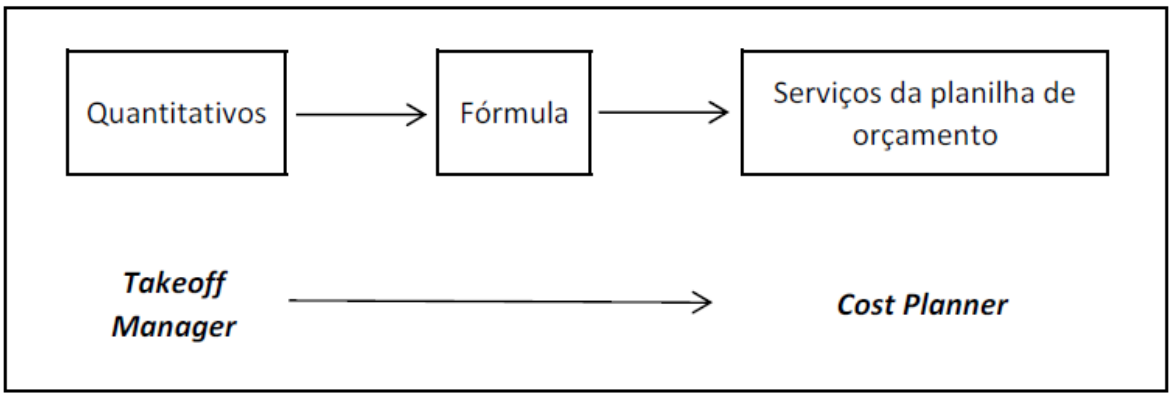
Fonte: Autores

5.3 Planilha de Orçamento

A elaboração da planilha de orçamento pela metodologia convencional foi realizada no *excel* e no *software* de orçamento Compor 90, ao passo que pela metodologia BIM, foi realizada no módulo *Cost Planner* do *software Vico*.

Para não inviabilizar a criação de uma planilha de orçamento com a tecnologia BIM 5D, utilizou-se a flexibilidade do software de orçamentação 5D. Esse, assim como é feito no processo convencional, permite a criação de fórmulas para associação das quantidades, do Takeoff, à planilha orçamentária, do *Cost Planner,* conforme figura 9. Este procedimento visou contornar o problema das quantidades que estavam com erro devido às falhas na concepção do modelo 3D.

Figura 9 - Fluxo das informações entre o *Cost Planner e o Takeoff*



Fonte: Autores

A tecnologia BIM não apresentou benefícios iniciais para elaboração da planilha de orçamento, pois não foi criada de forma automatizada nem reduziu a quantidade de horas trabalhadas conforme quadro 3. Em ambas as metodologias, os quantitativos e relação dos serviços diretos foram obtidos através da definição de fórmulas que relacionam a planilha ao levantamento de quantidades.

Quadro 3 – Demanda de tempo do orçamentista

Descrição	**Metodologia Tradicional**	**Metodologia BIM 5D**
Definição da EAP	4 horas	4 horas
Alimentação das quantidades dos serviços através de fórmulas que relacionam os resultados do levantamento de quantidades com os serviços.	8 horas	8 horas
Associação dos serviços ao banco de dados de custo do *software* de orçamentação	4 horas	4 horas
TOTAL	**16 horas**	**16 horas**

Fonte: Autores

Apesar de não apresentar benefícios em um primeiro momento, a tecnologia BIM 5D apresentou como vantagem o fato dos serviços da planilha orçamentária estarem diretamente vinculados aos elementos do modelo 3D. Isso significa que qualquer alteração no modelo gera atualizações automáticas na planilha de orçamento.

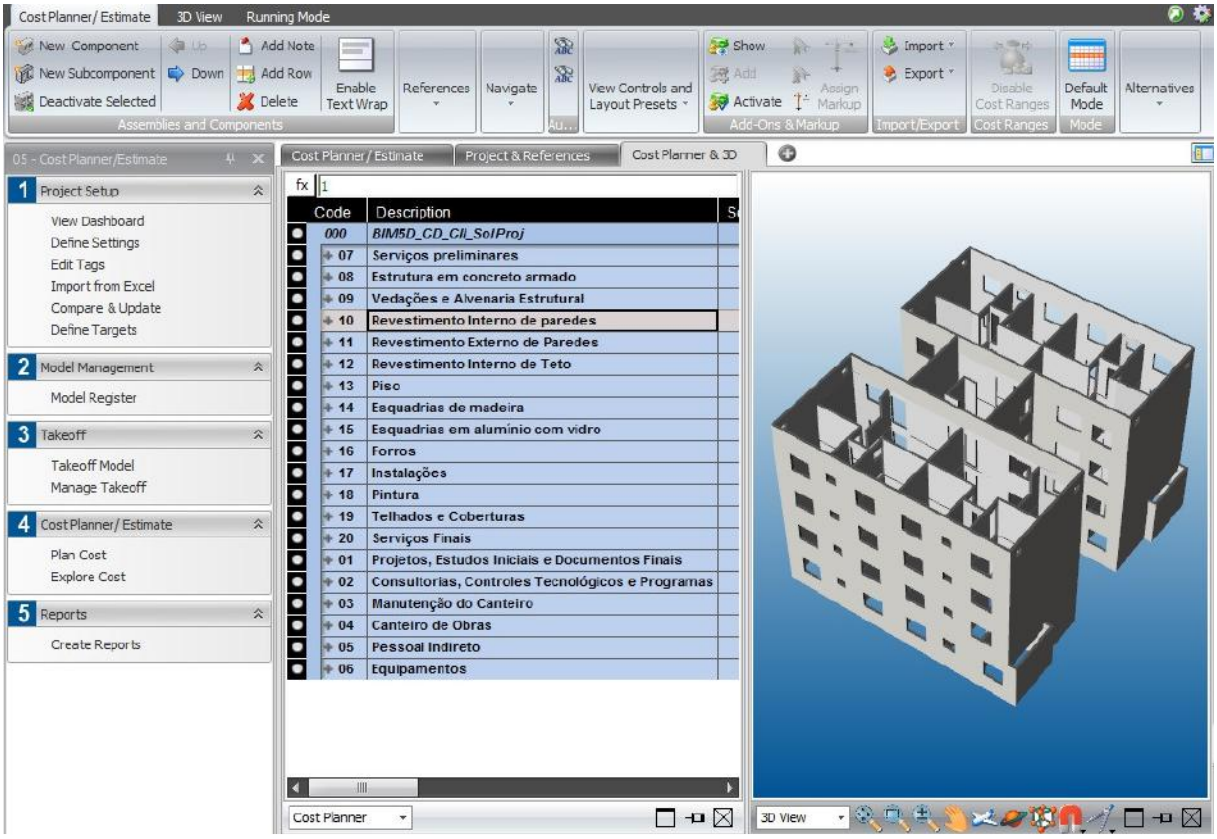
Até o momento da elaboração deste artigo a pesquisa encontrava-se com o modelo BIM 5D criado, ou seja, existe uma planilha orçamentária associada aos elementos do modelo, conforme figura 10 e 11. Na continuação dos estudos serão exploradas a atualização automática do orçamento e a comparação de diferentes soluções de projetos e métodos construtivos.

Figura 10 - Planilha orçamentária BIM 5D

Code	Description	Source ..	Qty	Base Cost
000	*BIM5D_CD_CI*	1,00	*1,00*	*836.503,30*
01	Projetos, Estudos Iniciais e Documentos Finais	1,00	*1,00*	*21.000,00*
02	Consultorias, Controles Tecnológicos e Programas	1,00	*1,00*	*4.953,76*
03	Manutenção do Canteiro	1,00	*1,00*	*18.420,00*
04	Canteiro de Obras	1,00	*1,00*	*12.787,58*
05	Pessoal Indireto	1,00	*1,00*	*79.447,61*
06	Equipamentos	1,00	*1,00*	*35.985,49*
07	Serviços preliminares	1,00	*1,00*	*1.145,93*
08	Estrutura em concreto armado	1,00	*1,00*	*159.788,08*
09	Vedações e Alvenaria Estrutural	1,00	*1,00*	*80.198,37*
10	Revestimento Interno de paredes	1,00	*1,00*	*101.843,72*
11	Revestimento Externo de Paredes	1,00	*1,00*	*28.730,01*
12	Revestimento Interno de Teto	1,00	*1,00*	*18.180,98*
13	Piso	1,00	*1,00*	*64.940,40*
14	Esquadrias de madeira	1,00	*1,00*	*19.550,00*
15	Esquadrias em alumínio com vidro	1,00	*1,00*	*49.843,02*
16	Forros	1,00	*1,00*	*794,35*
17	Instalações	1,00	*1,00*	*69.500,00*
18	Pintura	1,00	*1,00*	*59.622,69*
19	Telhados e Coberturas	1,00	*1,00*	*6.971,32*
20	Serviços Finais	1,00	*1,00*	*2.800,00*

Fonte: Autores

Figura 11 - Planilha orçamentária vinculada ao modelo 3D



Fonte: Autores

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES

Objetivando uma maior redução das horas trabalhadas de um orçamentista, sugere-se que a concepção do modelo siga um sistema de classificação como *OmniClass, Uniformat* ou que seja adotada uma estrutura analítica de projeto (EAP) modelo da empresa. Assim, os quantitativos já seriam extraídos agrupados por serviços e/ou por itens da EAP. A padronização permitiria a utilização de templates da planilha orçamentária (módulo *Cost Planner)* com vínculos pré-definidos com o módulo *Takeoff*.

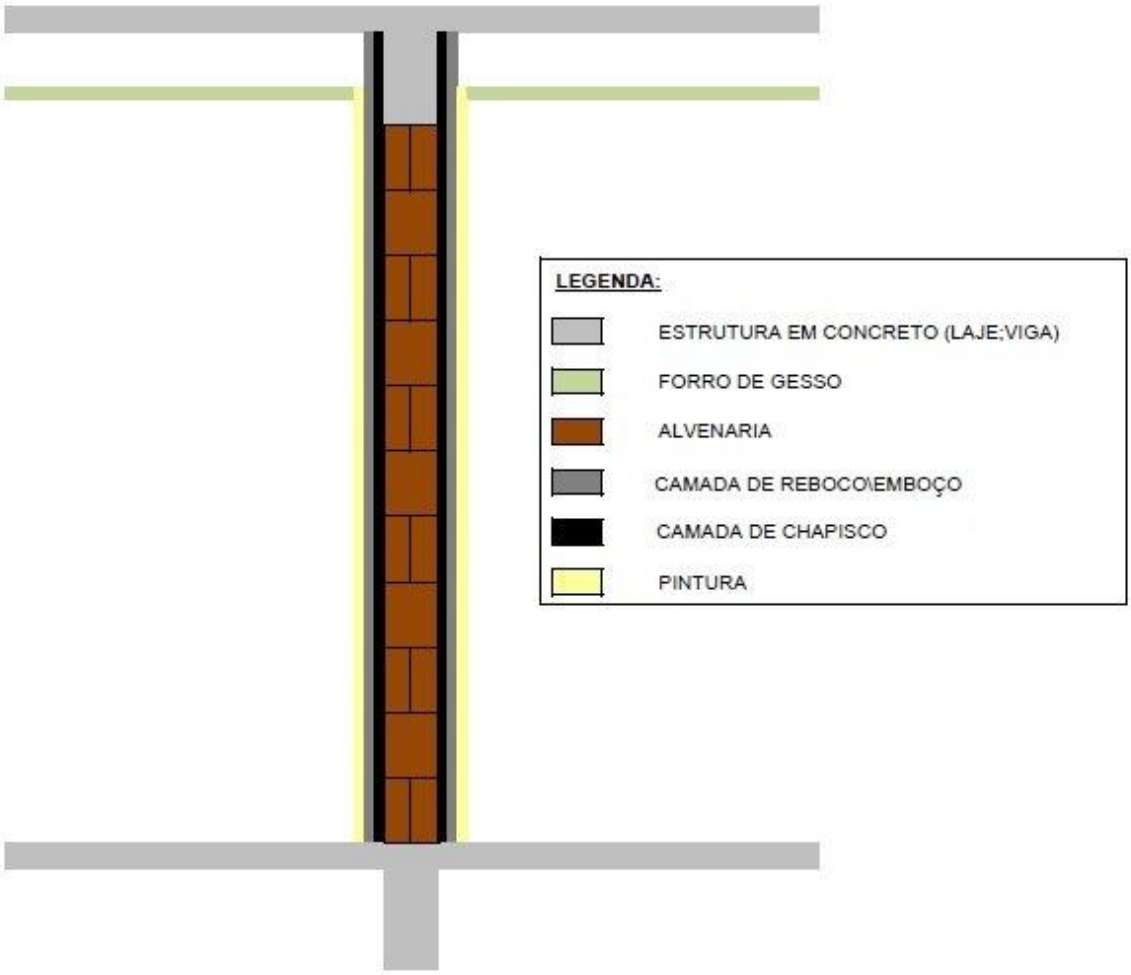
Para solucionar o problema dos elementos únicos com diversas camadas, sugere-se a modelagem por camadas. Neste tipo de modelagem cada camada deve ser representada por um elemento, conforme figura 12.

A adoção deste critério de modelagem resolveria vários problemas: os quantitativos no *software* de orçamentação BIM referente à alvenaria, reboco, gesso liso, pintura, contra-piso, revestimento de piso, revestimento de parede estariam agrupados e em um item único; os quantitativos seriam precisos para obras mais complexas, que possuem camadas com alturas diferentes.

Um modelo com este critério poderia ser utilizado para outros fins. Seria possível realizar simulações 4D, com a execução das camadas em momentos diferentes. Seria possível também o monitoramento e controle do custo de uma obra comparando o previsto com o realizado para cada

camada.

Figura 12 - Sugestão de modelagem por camadas para o elemento parede



Fonte: Autores

Uma contribuição obtida nesta etapa da pesquisa é a constatação da necessidade de padronização dos critérios de modelagem e que os modelos sejam concebidos pensando nas etapas e formas de execução da obra.

Para evitar sobreposição de elementos sugere-se que o modelo BIM 3D seja verificado e validado antes da modelagem 5D. Segundo Forgues *et al.* (2012), é necessário a validação do modelo BIM 3D por um software que permita identificar erros de modelagem e interferências, antes da criação de um modelo 5D.

Na geração do orçamento, a vinculação dos elementos do modelo com os serviços da planilha orçamentária proporciona atualizações automáticas e facilidade na comparação dos custos de diferentes soluções. Ao passo que na metodologia tradicional, estas atualizações e simulações de diferentes soluções de projetos são realizadas manualmente.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até o presente momento da investigação, os resultados apresentam-se satisfatórios, na medida em que foi possível a criação de um modelo BIM 5D e a sua comparação com um orçamento na metodologia tradicional. As análises comparativas confirmam alguns benefícios gerados pela tecnologia BIM 5D, citados na literatura, como extração automática de quantidades e criação de uma planilha orçamentária vinculada ao modelo 3D. Outros benefícios como atualizações automáticas do orçamento serão aprofundados no decorrer da pesquisa de mestrado.

Destacam-se nas análises do trabalho a questão de que o modelo 3D parametrizado necessita ser concebido, desenvolvido e preparado para o melhor uso do BIM 5D, de forma a atingir melhores resultados e benefícios oriundos dessa tecnologia. Nessa direção, a pesquisa de mestrado tem a pretensão de concluir seus estudos com a elaboração de diretrizes para o processo de modelagem.

Considerando as etapas de orçamentação definidas por Mattos (2014), constatam-se as principais contribuições da tecnologia BIM para as etapas de identificação dos serviços e levantamento de quantidades. Vantagens também são obtidas na discriminação dos custos diretos, devido à associação direta dos elementos do modelo à planilha orçamentária.

Os problemas encontrados nesta pesquisa destacam a importância da realização paralela do processo tradicional de orçamentação em uma etapa inicial de implantação da tecnologia BIM 5D. Isto é fundamental para validação do modelo e dos resultados.

Vale lembrar que a investigação em curso limita-se a analisar dados de um modelo BIM de um empreendimento público específico. Para que os resultados sejam generalizados para as demais construções, outras pesquisas precisam ser desenvolvidas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery**: a working definition. California 2007.

BADRA, P. A. L. **Guia prático de orçamento de obras: do escalímetro ao BIM**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2012. 266p.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquittos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483p.

FERREIRA, B. M. L. **Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação**. 2015, 52f. Dissertação – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.

FORGUES, D; IORDANOVA, I; VALDIVIESO, F; STAUB-FRENCH, S. **Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: a case study**. Construction Research Congress. 2012. ASCE, p. 778-786. 2012.

GIAMMUSSO, S. E. **Orçamento e custos na construção civil**. 2.ed. São Paulo: PINI, 1991, 181 p.

KERN, Andréa Parisi. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. Tese. Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

LUKKA, K. **The constructive research approach**. In Ojala, L. & Hilmola, O.-P. (eds.) Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1: 2003, p.83-101.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 324 f. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**: dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. 2. ed. São Paulo: PINI, 2014. 277p.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. **A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design**. Automation in Construction. v. 35, p. 238-253. 2013. Disponível em: http://www-sciencedirect-com.ez27.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0926580513000721 Acesso em: 14/09/2015.

SMITH, P. BIM & the 5D Project cost manager. Procedia – Social and Behavioral Sciences, Dubrovnik, v. 199, p. 475-784, mar. 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

USO DA SIMULAÇÃO BIM 4D PARA APOIO À GESTÃO DOS PROCESSOS LOGÍSTICOS EM OBRAS DE SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO[1]

BATAGLIN, Fernanda S. (1); VIANA, Daniela D. (2); PEÑALOZA, Guillermina A. (3); SMOLINSKI, Ana Júlia (4); FORMOSO, Carlos T. (5); BULHÕES, Iamara R. (6)

(1) UFRGS, e-mail: fernanda.saidelles@gmail.com; (2) UFRGS, email: danidietz@gmail.com; (3) UFRGS, e-mail: arq.guillerminapenaloza@gmail.com; (4) UFRGS, e-mail: anajulia.gouveia@gmail.com; (5) UFRGS, e-mail: formoso@ufrgs.br; (6) UFRGS, e-mail: ibulhoes@yahoo.com.br

RESUMO

A pré-fabricação representa uma tendência na indústria da construção, por permitir melhorias no setor. Em contrapartida, este tipo de tecnologia construtiva altera as formas de planejamento e controle do empreendimento resultando em uma produção no canteiro muito rápida. Por isso são necessários mecanismos de avaliação da sequencia de montagem para, quando necessário, informar alterações de demanda de peças a fábrica de componentes. Além disto, processos logísticos têm um papel crucial no sucesso do empreendimento. Neste contexto, o uso de *Building Information Modeling* (BIM), em especial as simulações 4D, permite a criação de modelos virtuais com cenários de montagem. O objetivo do trabalho é compreender o potencial de utilização da simulação BIM 4D para apoio à gestão dos processos logísticos em obras de sistemas pré-fabricados de concreto, definindo sequências de lotes a serem entregues e a sequência de montagem. O estudo adotou a abordagem metodológica da *Design Science Research*. Foi realizado um estudo empírico em um empreendimento, no qual foi analisada a situação existente, implementadas melhorias no planejamento e controle logístico, sendo ao final avaliados os resultados. Como resultados, observaram-se melhorias na visualização dos processos por meio da simulação BIM 4D e no compartilhamento de informações entre os intervenientes.

Palavras-chave: Pré-fabricação. Simulação BIM 4D. Processos logísticos.

ABSTRACT

Prefabrication represents a trend in the construction industry by enabling improvements in the industry. However, this type of construction technology changes project planning and control, resulting in very fast site production. Therefore, it is necessary to have evaluation mechanisms for the assembly sequence so that, when necessary, it is possible to inform on time changes in the demand of components to the manufacturing plant. Moreover, logistics processes tend to play a key role in the success of the project. In this context, the use of Building Information Modeling (BIM), in particular 4D simulations, allows the creation of virtual

[1] BATAGLIN, Fernanda S.; VIANA, Daniela D.; PEÑALOZA, Guillermina A.; SMOLINSKI, Ana Júlia ; FORMOSO, Carlos T.; BULHÕES, Iamara R.. Uso da simulação BIM 4D para apoio a gestão dos processos logísticos em obras de sistemas pré-fabricados de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

models with assembly scenarios. The aim of this research work is to understand the potential use of BIM 4D simulation to support the management of logistics processes in projects that use prefabricated concrete systems, defining the sequence of batches to be delivered and the assembly sequence. Design Science Research was the methodological approach adopted. One empirical study was carried out in one construction project, involving an assessment of the existing situation, implementation of improvements in logistics planning and control, and assessment of the results. As a result, there were improvements in visualizing processes through 4D simulations and information sharing among stakeholders.

***Keywords**: Prefabrication. BIM 4D simulation. Logistics process.*

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por construções mais eficientes, rápidas, seguras e de qualidade tem feito com que algumas empresas se voltem para uma produção mais industrializada. O movimento de industrialização da construção teve início a partir do uso extensivo de pré-fabricação depois da segunda guerra mundial. Recentemente, o uso de elementos industrializados tem evoluído para o uso de sistemas construtivos industrializados (BONEV; WÖRÖSCH; HVAM, 2015).

Nestes sistemas, uma vantagem competitiva é a entrega rápida de produtos customizados às necessidades do cliente, como é o caso dos produtos *engineer-to-order* (ETO), projetados por encomenda. Em um sistema de produção focado em produtos ETO, a produção do projeto dos componentes depende da solicitação de um cliente (GOSLING; NAIM, 2009). O nível de padronização das peças pode variar conforme o produto, impactando na complexidade do sistema de produção, que inclui os processos de projeto, fabricação e montagem (RUDBERG; WIKNER, 2004).

Desta forma, percebe-se que a adoção de um nível mais elevado de industrialização na construção vai além da pré-fabricação. Para Lessing (2006), a pré-fabricação deve ser entendida como um dos elementos da industrialização da construção, que também inclui um sistema de planejamento e controle adequado, um relacionamento de longo prazo com a cadeia de suprimentos, um sistema logístico integrado ao processo construtivo, entre outros.

Devido à necessidade de maior atenção aos processos logísticos da obra, são necessários mecanismos de avaliação da sequencia de montagem que para quando necessário, informar alterações de demanda de peças à fábrica de componentes. Com a finalidade de auxiliar no planejamento dos processos logísticos, a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), em especial as simulações BIM 4D, podem funcionar, principalmente, como ferramenta de visualização e comunicação e, ainda como uma prática para melhorar a colaboração.

O objetivo deste trabalho é compreender o potencial da utilização da simulação BIM 4D para apoio à gestão dos processos logísticos em obras de sistemas pré-fabricados de concreto. São apresentados resultados do estudo realizado em uma edificação, a qual tinha parte da estrutura pré-fabricada

de concreto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Gestão dos processos logísticos em sistemas de produção *Engineer-to-order*

Os processos logísticos têm um papel importante no contexto de sistemas construtivos pré-fabricados, e devem ser considerados no planejamento e controle de obras desta natureza.

A eficácia do planejamento depende da sincronização entre os processos de projeto, fabricação e montagem no canteiro de obras. Essa sincronia muitas vezes acaba sendo dificultada pela natureza do sistema de produção, caracterizados como *Engineer-to-order* (ETO). Nesse sistema, os processos de produção e montagem se desconectam e, muitas vezes, em função do planejamento não confiável no canteiro de obras e comunicação insuficiente entre fábrica e montagem (MATT; DALLASEGA; RAUCH, 2014).

Laufer e Tucker (1987) salientam que o planejamento, na maioria das empresas de construção, foca-se em planejar o tempo e não métodos. Segundo os mesmos autores, o planejamento de "como realizar" deveria proceder simultaneamente à tomada de decisões relativas aos recursos e tempo do seu uso.

De acordo com Hawkins (2010), concepção, planejamento e controle dos processos de um canteiro de obras é tarefa difícil, tornando altamente variáveis o tempo, custo, qualidade, segurança e desempenho das construções. Ainda conforme o mesmo autor, os profissionais da construção estão mais conscientes do papel que a logística, corretamente planejada e executada, desempenha na produção de resultados bem sucedidos.

2.2 Building Information Modeling (BIM)

Schlueter e Thesseling (2009) afirmam que os modelos BIM são considerados um rico repositório capaz de armazenar diferentes tipos de informações. Esses tipos de informações incluem informações geométricas relacionadas diretamente com a forma da construção em três dimensões, informações semânticas que descrevem as propriedades dos componentes e informações topológicas que captam as dependências dos componentes.

De acordo com Eastman *et al.* (2011), os modelos da construção são caracterizados por componentes de construção representados por objetos que "sabem o que eles são" e que podem ser associados com atributos computáveis e regras paramétricas; componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam; dados consistentes e não redundantes e por fim, dados coordenados de forma que todas as visualizações de um modelo sejam representadas de maneira coordenada.

2.2.1 Nível de desenvolvimento (*Level of development* - LOD)

O nível de desenvolvimento (LOD) refere-se ao grau em que a geometria e informações dos elementos foram pensadas (BIMForum, 2015) no modelo 3D. De acordo com AIA (2013), o LOD pode ser dividido em cinco níveis, 100, 200, 300, 400 e 500. A diferença entre eles é a forma de representação de cada elemento e a quantidade de informações disponíveis desses elementos. No presente estudo, foram utilizados os LOD 200, onde cada elemento é representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou conjunto genérico com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação e o LOD 300, onde cada elemento é representado como um sistema, objeto ou conjunto específico com precisão em relação à quantidade, tamanho, localização e orientação (AIA, 2013).

2.2.2 Simulação 4D

BIM 4D reúne informações de tempo ao modelo 3D, permitindo aos planejadores uma visão do progresso da construção no ambiente 4D. Com o processo de análise e modelagem, os projetos podem beneficiar aumento da transparência do processo, aumento da flexibilidade da sequencia durante o processo de planejamento e aumento da capacidade de todos os participantes visualizarem o processo (HARRIS; ALVES, 2013).

As ferramentas de visualização 4D podem demonstrar todo o progresso da construção de maneira nítida e mostrar os potenciais conflitos existentes no canteiro de obras (CHAU; ANSON; ZHANG, 2005). Os métodos de planejamento baseados em modelos podem melhorar a comunicação entre os stakeholders do projeto e ajudar a evitar falhas no planejamento (TULKE; HANFF, 2007).

3 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada para esse trabalho é a pesquisa construtiva, ou *Design Science Research*. É uma pesquisa que procura explorar novas alternativas de soluções para resolver problemas, explicar o processo exploratório e ainda melhorar o processo de resolução dos problemas (HOLMSTROM; KETOKIVI; HAMERI, 2009).

O processo de pesquisa foi dividido em duas fases. A primeira fase consistiu na identificação e entendimento do problema prático na obra da empresa parceira. A segunda fase compreendeu a concepção e implementação de soluções com a participação e envolvimento de vários setores da empresa.

As fontes de evidências utilizadas neste estudo foram entrevistas semiestruturadas com os diferentes intervenientes, análises de documentos e das práticas de planejamento e controle adotados pela empresa, observação direta em visitas de acompanhamento a obra e participações em reuniões de planejamento de curto prazo. Foram também realizadas visitas à sede da empresa e à fábrica, para explorar o funcionamento das

unidades de projeto, produção, expedição e montagem, suas operações e como ocorre a interação entre esses setores.

No artigo são apresentados resultados parciais de um estudo desenvolvido em um empreendimento localizado em Porto Alegre/RS. O empreendimento será sede do campus de uma universidade e é caracterizado pela presença de estrutura mista, com parte moldada in loco e parte com elementos pré-fabricados de concreto.

Fundamentadas nas análises e entendimento dos processos internos da empresa são propostas algumas soluções para melhorias no desempenho da empresa e, mais particularmente, da obra. Essas soluções foram desenvolvidas em conjunto com integrantes do projeto de pesquisa e da empresa.

A modelagem explorada durante a pesquisa foi realizada em duas etapas principais. Primeiramente, os arquivos dos projetos arquitetônicos do empreendimento, disponibilizados pela empresa em Auto CAD 2D, foram modelados em 3D no software *Revit*.

A terminologia dos componentes do projeto foi relevante durante a modelagem pela utilização das informações na realização do planejamento de cargas. Outra informação relevante para a modelagem foi o nível de desenvolvimento do modelo 3D. O nível de desenvolvimento utilizado para o modelo foi LOD 300 para os elementos da estrutura pré-fabricada de concreto e LOD 200 para a modelagem do canteiro de obras e entornos.

Com os arquivos do modelo 3D disponíveis juntamente com o cronograma das atividades de montagem, a simulação 4D foi realizada no software *Synchro Professional*.

Os tempos das atividades de modelagem para o desenvolvimento da simulação BIM 4D são apresentados, em resumo, na Tabela 1. Cabe salientar que a obra foi dividida em três setores, e que os tempos apresentados são relativos a modelagem de cada setor separadamente.

Tabela 1 – Resumo da duração das atividades de modelagem.

Atividade	**Duração**		
	SETOR 1	SETOR 2	SETOR 3
Modelagem 3D do empreendimento em Revit	15h	8h	8h
Modelagem do canteiro de obras em Revit	6h	4h	4h
Simulação 4D no Synchro (atribuição de recursos as atividades e inserção de equipamentos)	20h	16h	12h
Total	41h	28h	24h

Fonte: Os autores

No decorrer da modelagem 3D foram identificadas necessidades de alterações no modelo que facilitariam a utilização. O detalhamento das lajes alveolares foi uma das principais. No projeto, as lajes foram especificadas

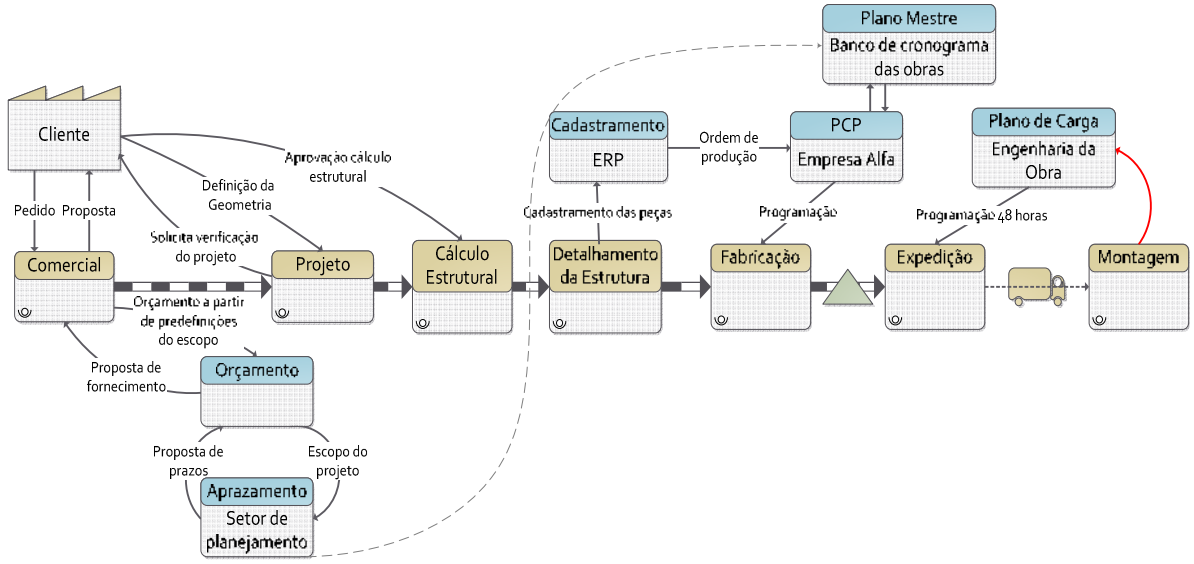
alveolares e estavam sendo modeladas conforme o mesmo. Ao finalizar a primeira etapa de modelagem (setor 1) percebemos o tempo excessivo para exportar o modelo do software Revit e importar no software Synchro. Dessa forma, como o detalhamento das lajes não influenciava o entendimento e utilização do modelo 4D, as mesmas foram consideradas maciças, com especificação de espessura e comprimento. Sendo assim, o nível de desenvolvimento para modelagem das lajes foi LOD 200, considerando que a forma dos elementos lajes foi modelada aproximada.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Práticas de planejamento existentes

A Figura 1 apresenta o processo tradicional adotado pela empresa, com representação do fluxo de informações e materiais para as unidades organizacionais da empresa.

Figura 1 - Fluxo da empresa.



Fonte: Os autores

O fluxo inicia no contato cliente/comercial, que repassa predefinições de escopo ao setor de orçamentos e o mesmo faz análises e quantificações, e responde ao comercial com uma proposta. Nesta etapa é realizado o aprazamento da obra pelo setor de planejamento. Esse processo se repete até o acordo entre cliente e representante comercial.

Após a venda, a engenharia inicia os projetos preliminares, que são enviados ao cliente para verificação. Com a validação do projeto pelo cliente, o cálculo estrutural e o detalhamento da estrutura são realizados.

Com a estrutura detalhada, inicia-se o cadastramento das peças no sistema ERP. Com estas informações são geradas ordens de compra de materiais e ordens de produção para fabricação. O setor de planejamento e controle

da produção (PCP) da fábrica recebem as ordens de produção e programam a fabricação.

Finalizada a fabricação das peças, as mesmas são estocadas. A expedição das peças acontece diante o recebimento do plano de cargas. Por fim, as peças solicitadas são enviadas a obra e submetidas à montagem.

Os setores mais diretamente envolvidos neste processo são: fábrica, expedição e montagem no canteiro de obras. Dessa forma, identificamos algumas peculiaridades, descritas a seguir.

Na fábrica, o processo de produção dos componentes influenciava a sequência de montagem das peças no canteiro de obras. A produção era realizada em grandes lotes com intenção de otimizar as fôrmas, gerando grande quantidade de estoque no pátio da fábrica.

Na expedição, o processo de carregamento das carretas para envio a obra era realizado a partir do recebimento dos planos de cargas. Mesmo essa ferramenta descrevendo somente as peças que seriam utilizadas pela montagem no período solicitado, o setor de expedição visava à otimização de cargas para o transporte. Por isso, as cargas incompletas recebiam peças que não seriam utilizadas em breve, mas que já estavam produzidas e disponíveis em estoque.

No canteiro de obras, foi possível identificar diversas frentes de trabalho em andamento. Fato que ocorria devido ao recebimento de peças aleatórias, ausência de lotes de montagem bem definidos e a presença de peças não solicitadas conforme a sequencia. A chegada dessas peças desnecessárias ocasionava áreas de estoque abrangentes no canteiro de obras, restringindo a área necessária para trânsito de equipamentos, rotas de pessoas e acessos de materiais.

4.1.1 Planos de cargas

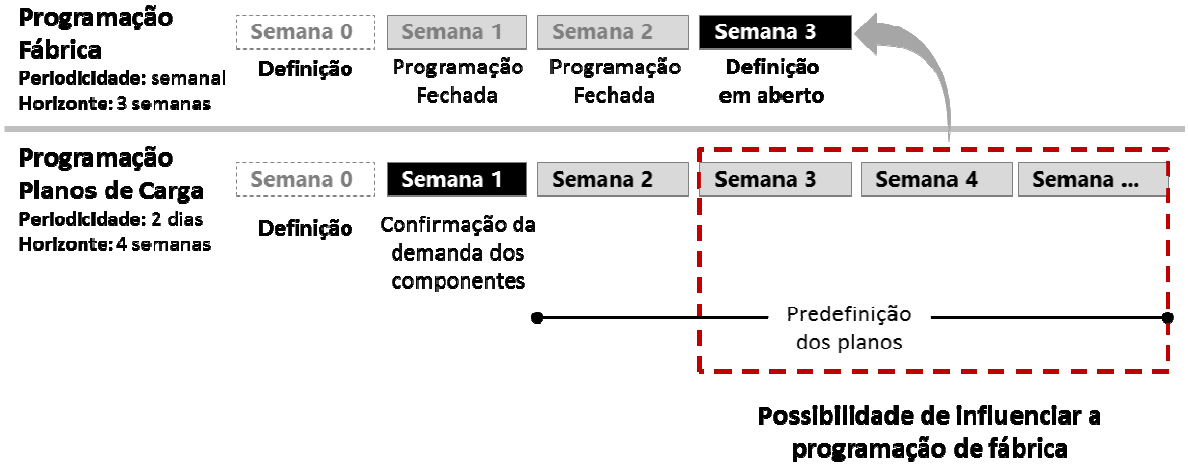
O plano de carga é uma ferramenta que descreve as peças que compõem a carga do caminhão, e quando devem chegar ao local. São relacionados com os componentes necessários à sequência de montagem e com a capacidade do caminhão.

O processo de elaboração dos planos de carga é estritamente manual. São utilizados os projetos impressos em 2D e o cronograma. A combinação entre ambos gera uma lista das peças que serão utilizadas na data planejada. Baseados nessa lista de peças e com a definição da carga máxima para o transporte são realizadas as cargas. Existe ainda um relatório fornecido pelo setor de planejamento e controle da produção que contém o status atualizado de cada peça. Então, é feito o cruzamento manual de informações entre o plano de cargas e o relatório do status das peças com intenção de confirmar as datas nas quais as peças necessárias serão disponibilizadas pela fábrica.

Os planos de cargas eram enviados a cada 2 dias diretamente ao setor de expedição. Pelo curto período de tempo, ocorria frequentemente que peças que configuravam a sequencia de montagem estabelecida na obra não estavam produzidas, acarretando em atrasos na obra.

Em reunião com os pesquisadores foi sugerido aumentar o horizonte do plano de cargas na tentativa de amenizar falhas. Os planos de cargas passaram a ser enviados com antecedência de 15 dias diretamente ao setor de planejamento e controle da produção, servindo para confirmar a produção na fábrica, sendo revisados pelo engenheiro de obras e posteriormente, confirmado com o setor da expedição, a cada 2 dias, a quantidade de cargas, a data de entrega e a organização das peças nas cargas. A Figura 2 representa a estratégia para utilização dos planos de cargas com tentativa de facilitar e tornar mais clara a comunicação entre os setores.

Figura 2 – Estratégia do plano de cargas.



Fonte: Os autores

4.2 Simulação BIM 4D para apoio à gestão dos processos logísticos

Com base nas análises e entendimento dos processos internos da empresa, verificou-se a falta de sincronização entre os setores, principalmente entre fábrica, expedição e montagem, que influenciavam diretamente os processos logísticos do canteiro de obras. Além disso, salienta-se a necessidade de comunicação e colaboração entre os intervenientes.

Na tentativa de propor melhorias, a introdução de novas tecnologias, como o uso de *Building Information Modeling* (BIM), em especial as simulações 4D, poderiam apoiar como ferramenta de geração, visualização e avaliação dos processos logísticos e na elaboração dos planos de cargas, contribuindo no aumento da eficiência dos processos. Além disso, identificamos que o plano de cargas, ferramenta já existente no âmbito da empresa, poderia ser utilizado como agente facilitador na comunicação entre os setores.

4.2.1 Simulação de cenários

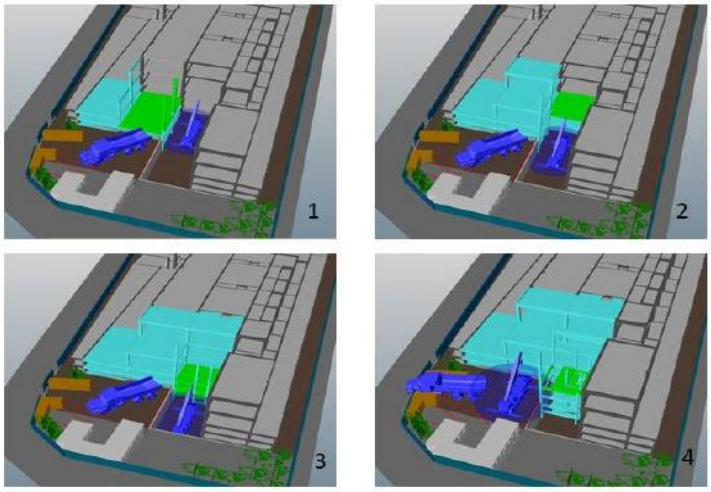
A primeira abordagem foi empregada para melhoria na visualização dos espaços físicos do canteiro de obras e análise de viabilidade quanto ao cumprimento das sequências de montagem pré-definidas dos elementos pré-fabricados (Figura 3). Além disso, a simulação BIM 4D foi utilizada para a simulação de diferentes cenários de montagem (Figura 4). A realização dos planos de execução das atividades visavam à otimização da montagem e o uso dos recursos disponíveis. Esses recursos incluíam os componentes pré-fabricados, os equipamentos e a mão de obra.

Figura 3 – Layout do canteiro de obras.



Fonte: Os autores

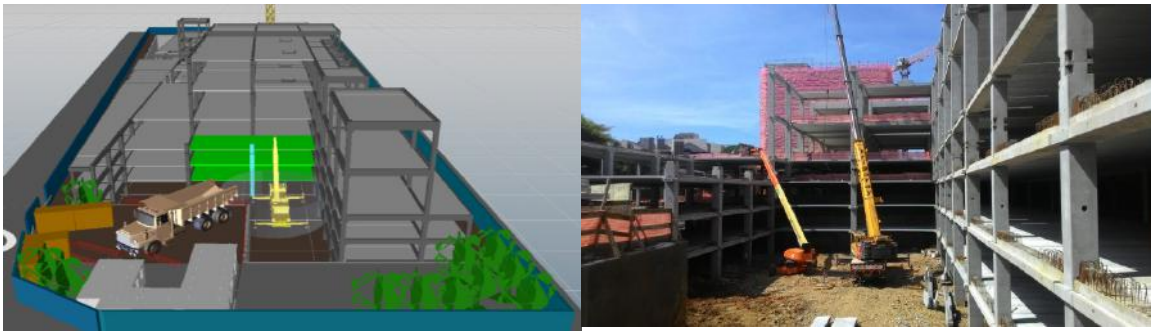
Figura 4 – Imagens da simulação 4D.



Fonte: Os autores

A simulação BIM 4D foi utilizada nas reuniões de planejamento com a equipe da obra e a partir das discussões, as informações no modelo eram atualizadas. A Figura 5 mostra as similaridades do modelo 4D com o trabalho executado no canteiro de obras.

Figura 5 – Comparação entre a simulação 4D e a montagem.



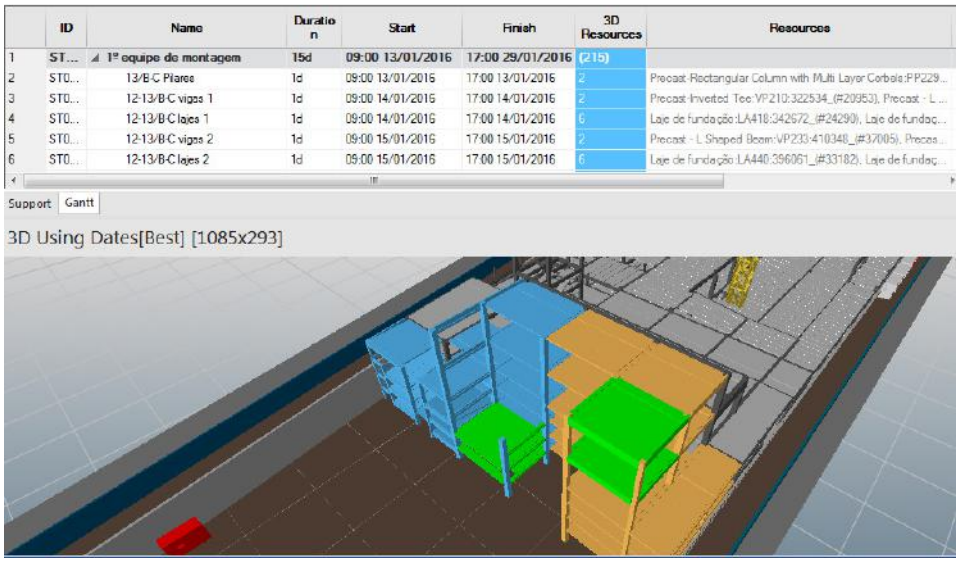
Fonte: Os autores

4.2.2 Assistência à elaboração dos planos de cargas

A simulação BIM 4D contém informações nos objetos capazes de auxiliar na elaboração dos planos de cargas. Relacionando os objetos do modelo tridimensional com as tarefas programadas na simulação, poderíamos facilitar o processo e diminuir as possibilidades de erros durante a realização do planejamento das cargas.

A Figura 6 representa a interface do software de modelagem 4D, na qual temos o Gantt com as atividades a serem executadas e o modelo 3D que ao ser importado mantém informações geométricas, semânticas e topológicas de cada elemento modelo.

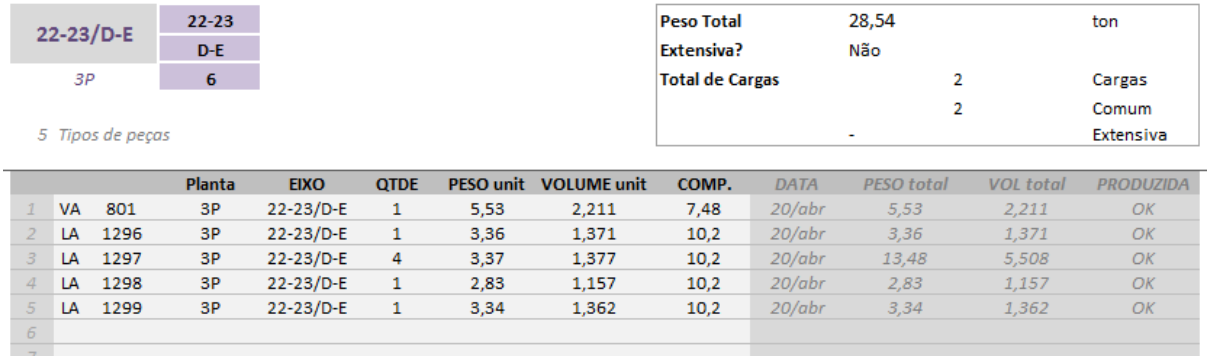
Figura 6 – Interface do software Synchro Professional para simulação BIM 4D.



Fonte: Os autores

Utilizando os dados da simulação BIM 4D e o relatório fornecido pela produção com o status atualizado das peças, criamos uma ferramenta auxiliar no Microsoft Excel (Figura 7) que faz o cruzamento automático desses dados e gera a lista de peças programadas para uma data de montagem.

Figura 7 – Ferramenta auxiliar para elaboração dos planos de cargas.



22-23/D-E			22-23									
			D-E									
3P			6									
5 Tipos de peças												
Peso Total			28,54								ton	
Extensiva?			Não									
Total de Cargas							2				Cargas	
							2				Comum	
							-				Extensiva	
			Planta	EIXO	QTDE	PESO unit	VOLUME unit	COMP.	DATA	PESO total	VOL total	PRODUZIDA
1	VA	801	3P	22-23/D-E	1	5,53	2,211	7,48	20/abr	5,53	2,211	OK
2	LA	1296	3P	22-23/D-E	1	3,36	1,371	10,2	20/abr	3,36	1,371	OK
3	LA	1297	3P	22-23/D-E	4	3,37	1,377	10,2	20/abr	13,48	5,508	OK
4	LA	1298	3P	22-23/D-E	1	2,83	1,157	10,2	20/abr	2,83	1,157	OK
5	LA	1299	3P	22-23/D-E	1	3,34	1,362	10,2	20/abr	3,34	1,362	OK
6												

Fonte: Os autores

Segundo relatos da equipe de obra, responsável pela elaboração do planejamento das cargas, o uso da simulação BIM 4D juntamente com a planilha auxiliar, reduziu o tempo gasto nessa atividade em aproximadamente 1/3 do tempo anteriormente utilizado nessa atividade.

Os principais benefícios foram melhorias na visualização dos processos por meio da simulação 4D devido à disponibilidade de informações dos componentes, principalmente geométricas e de localização. Também melhorias no compartilhamento de informações entre os diferentes setores que utilizam a ferramenta (produção/expedição/montagem), resultando em maior praticidade e confiabilidade na elaboração dos planos de cargas.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho contribuiu para o entendimento dos processos que ocorrem em ambientes de pré-fabricação do tipo *Engineer-to-order*. Com isso, foi possível propor alternativas que contribuíssem para melhorias no desempenho tanto da obra como da empresa.

Para a pesquisa, foi visto potencial de utilização de tecnologias *Building Information Modeling* (BIM), em especial a simulação BIM 4D, como ferramenta de apoio, atuando no estudo de sequenciamentos de montagem e definição de lotes a serem entregues no canteiro de obras. A simulação BIM 4D trouxe contribuições relacionadas à estabilidade do fluxo de trabalho que acabam demandando processos logísticos de montagem mais eficazes com a garantia de redução de erros e dos tempos de execução do empreendimento.

A utilização da simulação BIM 4D para apoio a elaboração dos planos de cargas foi facilitada pela capacidade de rápidas alterações nos planos de ataque e a troca de informações com a ferramenta auxiliar que foi elaborada. Apesar de a empresa não utilizar a modelagem BIM para a elaboração de todos os seus projetos, alguns clientes já demandam o uso da tecnologia. A partir deste estudo, observou-se que a ampla utilização de projetos em BIM facilitaria tanto o processo de projeto, como o de logística em obra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e CAPES pelos recursos financeiros aplicados à pesquisa e a empresa pela oportunidade do estudo.

REFERÊNCIAS

AIA. Document G202 – 2013 Copyright © 2013 by **The American Institute of Architects.**

BIM Forum. **Level of Development Specification**: For Building Information Models. Version 2015. [Acessado em 30/03/2015: http://bimforum.org/lod/]

BONEV, M.; WÖRÖSCH, M.; HVAM, L. Utilizing platforms in industrialized construction: A case study of a precast manufacturer. **Construction Innovation**, v. 15, n. 1, p. 84–106, jan. 2015.

CHAU, K. W.; ANSON, M.; ZHANG, J. P. 4D dynamic construction management and visualization software: 1. Development. **Automation in Construction**, v. 14, n. 4, p. 512–524, 2005.

EASTMAN, C.; EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2 ed. John Wiley & Sons, Inc., 2011.

GOSLING, J.; NAIM, M. M. Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. **International Journal of Production Economics**, v. 122, n. 2, p. 741–754, 2009.

HARRIS, B.; ALVES, T. D. C. L. 4D Building Information Modeling and field operations: an exploratory study. **Iglc-21**, p. 811–820, 2013.

HAWKINS, Glenn. Industrialised, integrated and intelligent construction project logistics. **Industrialised, Integrated, Intelligent sustainable Construction**, p. 163. 2010.

HOLMSTROM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A.-P. Bridging Practice and Theory : A Design Science Approach. **Decision Science**, v. 40, n. 1, p. 65–87, 2009.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, v. 5, n. 3, p. 243–266, 1987.

LESSING, J. **Industrialised house-building**. [s.l: s.n.].

MATT, D. T.; DALLASEGA, P.; RAUCH, E. Synchronization of the manufacturing process and on-site installation in ETO companies. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 457–462, 2014.

RUDBERG, M.; WIKNER, J. Mass customization in terms of the customer order decoupling point. **Production Planning & Control**, v. 15, n. 4, p. 445–458, jun. 2004.

SCHLUETER, A.; THESSELING, F. Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages. **Automation in Construction**, v. 18, n. 2, p. 153–163, 2009.

TULKE, J.; HANFF, J. 4D Construction Sequence Planning – New Process and Data Model. **Proceedings of CIB-W78 24th International Conference on Information Technology in Construction**, p. 79–84, 2007.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

SMART CAMPUS: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE CONCEITOS INTELIGENTES NA CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"[1]

DE SÁ, Caio Muraki (1); PARADA, Lilian Etienne (2); STRENGARI, Luis Augusto Bertoni (3); HELLMEISTER, Marina Seki (4); MARINS, Karin Regina de Casas Castro (5)

(1) USP, e-mail: caiomuraki@gmail.com; (2) USP, e-mail: lilian.parada@gmail.com; (3) USP, e-mail: lstrengari@gmail.com; (4) USP, e-mail: marina.hellmeister@gmail.com; (5) USP, e-mail: karin.marins@usp.br

RESUMO

Tendo como motivação os desafios existentes nos grandes centros urbanos e os resultados que a inclusão da tecnologia na infraestrutura urbana vem trazendo às chamadas "cidades inteligentes", este trabalho é baseado na aplicação de conceitos inteligentes na Cidade Universitária – "Armando de Salles Oliveira", campus da Universidade de São Paulo (USP), na Capital. Seu resultado final foi o desenvolvimento de um aplicativo para apoio ao uso e operação do sistema de compartilhamento de bicicletas no Campus. Essa proposta se enquadra na perspectiva mundial de ampliação dos recursos destinados aos meios não motorizados de transporte em cidades, assim como de integração da tecnologia da informação para eficientização e facilitação do uso desses meios. Nomeado "CICLUSP", o aplicativo foi desenvolvido não somente para desempenhar funções-padrão de um sistema similar de apoio ao compartilhamento de bicicletas, mas, principalmente, para agregar funções inovadoras que otimizariam o sistema, que vão além do estado da arte e técnica atualmente existentes, gerando maior interação, utilização e captação de dados para aperfeiçoamento contínuo do sistema. Além do detalhamento de cada uma destas funções, desenvolveu-se uma interface gráfica e toda sua programação em plataforma Android Studio, de forma a se obter a versão beta do CICLUSP.

Palavras-chave: Aplicativo. Bicicletas. Cidades Inteligentes. Inovação.

ABSTRACT

By having as a motivation the existing challenges in large urban centers and the results that the inclusion of technology in urban infrastructure has brought to the so-called 'smart cities', this paper is based on the application of smart concepts on the USP campus 'Armando de Salles Oliveira', located in the capital Sao Paulo. Its final result was the development of an app to support the use and operation of the bike sharing system on the campus. This proposal comprehends the global perspective of pursuing alternatives for non-motorized transportation in cities, as well as the integration of Information Technology (IT) and its efficiency to facilitate the use of these alternatives. Named 'CICLUSP', the application was developed not only to perform standard functions of a regular bike sharing system, but mainly to add innovative features that optimize the system and go beyond the state of art and the

[1] DE SÁ, Caio Muraki; PARADA, Lilian Etienne; STRENGARI, Luis Augusto Bertoni; HELLMEISTER, Marina Seki; MARINS, Karin Regina de Casas Castro. *Smart Campus*: Proposta de Aplicação de Conceitos Inteligentes na Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira". In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

existent techniques, producing more interaction, usability, data collection, and continuous improvement to the system. In addition to the details of each of these functions, a graphical user interface and its programming was developed in Android Studio in order to obtain the beta version of the CICLUSP app.

***Keywords**: App. Bike. Innovation. Smart Cities.*

1 INTRODUÇÃO

Em âmbito mundial, as cidades vêm se expandindo nos dois últimos séculos, crescendo em tamanho e se tornando mais complexas em suas relações, à medida que a migração às zonas urbanas também cresce aceleradamente. De acordo com o Fundo Populacional das Nações Unidas, até 2030, estima-se que 5 bilhões de pessoas irão viver em zonas urbanas. Com isto, as cidades estão enfrentando uma variedade de riscos, preocupações e problemas para suprir e superar estes efeitos (NAM; PARDO, 2011).

Ao mesmo tempo, durante a última década, a evolução e aplicação da tecnologia ao cotidiano urbano alteraram a forma de interação entre os cidadãos. Celulares viabilizam, a qualquer momento, o acesso à informação e serviços, de forma que a população se adaptou, sem perceber, a um novo modo de vida (DEPARTMENT FOR BUSINESS INNOVATION & SKILLS, 2013).

Assim, a partir da necessidade de novas formas de planejar as cidades e da crescente inserção da tecnologia ao cotidiano urbano, surgiram as "ideias inteligentes". Cidades inteligentes utilizam o poder de redes de comunicação, do sensoriamento sem fio e de sistemas de gerenciamento e operação de dados para solucionar desafios urbanos atuais e futuros (CLARKE, 2013). A infusão de tecnologia da informação à infraestrutura física aperfeiçoa facilidades e conveniências, aumenta a eficiência, conserva recursos, previne e identifica problemas, corrige-os rapidamente e auxilia na tomada de decisão (KANTER; LITOW, 2009).

Baseando-se nas dificuldades que a maioria das cidades vêm apresentando para o desenvolvimento de processos inteligentes aplicados à escala urbana, algumas iniciativas em menores escalas vêm servindo de exemplo para experimentação e viabilização de novas soluções. Projetos de bairros, campus universitários e até ruas inteligentes estão propagando os benefícios dessas ideias e, assim, servindo como protótipos para que cidadãos, administradores públicos e investidores privados experimentem suas vantagens e utilidades.

Tendo isso em mente, surge a motivação do desenvolvimento de ideias inteligentes aplicáveis à Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" (CUASO), Campus central da Universidade de São Paulo, localizado no município de São Paulo. Além de oferecer diversos benefícios aos usuários do campus, a implementação de soluções inteligentes nessa área, entendida como "*Urban Lab*", oferece a oportunidade de experimentação de soluções para a cidade de São Paulo e, também, para outras cidades brasileiras.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é discutir possibilidades de aplicação de ideias inteligentes a campi universitários, em especial à CUASO, e

apresentar o desenvolvimento de uma das soluções propostas, um aplicativo para apoio ao uso e operação do sistema de compartilhamento de bicicletas no Campus, que agrega funções inovadoras que otimizam o sistema e vão além do estado da arte e técnica atualmente existentes, gerando maior interação, utilização, captação de dados *para* aperfeiçoamento contínuo do sistema.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO E APLICAÇÃO DAS IDEIAS INTELIGENTES NA GESTÃO URBANA

As necessidades de adaptação do cenário atual vêm exigindo que administração pública, cidadãos e entes privados tenham que se integrar e compartilhar objetivos para a obtenção de benefícios coletivos e, assim, um meio urbano mais eficiente e profícuo.

No início do século XXI, surgiram as primeiras ideias sobre a "cidade inteligente". O *Smart Cities Council*, principal conselho internacional na área, define cidade inteligente como a que utiliza tecnologia da informação e da comunicação para melhorar sua habitabilidade, funcionalidade e sustentabilidade (SMART CITIES COUNCIL, 2013). Assim, não se criam, necessariamente, departamentos ou funções novas, mais é a integração entre as unidades administrativas e as atividades, e a forma com que são concebidos e operados os sistemas, que diferencia as cidades inteligentes das tradicionais.

Em termos de habitabilidade, sistemas inteligentes garantem maior conforto, segurança e bem-estar aos usuários (SMART CITIES COUNCIL, 2013). Quanto à funcionalidade, a integração da infraestrutura urbana com análise de dados faz com que os processos e interações sejam otimizados (RIOS, 2014). Ademais, a busca pelo desenvolvimento de um ambiente urbano sustentável é uma das maiores motivações em tornar uma cidade tradicional, inteligente. Em termos ambientais, a gestão integrada melhora a eficiência, estimula o uso racional e reduz a demanda por recursos, minimizando impactos. Em termos sociais e econômicos, cidades inteligentes facilitam o acesso à educação e serviços de saúde, ampliando a participação de cidadãos e comunidades frequentemente excluídos do processo de planejamento urbano (KANTER; LITOW, 2009).

Mesmo com seus benefícios, a maior parte das iniciativas inteligentes envolve o uso de tecnologias inovadoras que dependem do desenvolvimento de novos recursos e ferramentas de gestão. Como resultado, requerem um ambiente empreendedor e inovador onde investidores efetivamente interagem e onde modelos de trabalho e negócios podem ser criados e novas tecnologias implementadas (CENTRE FOR CITIES, 2014).

Neste sentido, algumas das principais barreiras e desafios para a implementação e operação das cidades inteligentes são:

- "Financiamento" versus "risco" embutido em métodos não tradicionais;

- Falta de conhecimento sobre os recursos e soluções em tecnologia de informação e comunicação;
- Segmentação da atuação de departamentos e secretarias públicas, sem atuar de forma holística para a integração de informações;
- Questões relacionadas à privacidade e segurança dos dados coletados e compartilhados dos usuários;
- E, por fim, mas não menos importante, o engajamento dos cidadãos para colaborar e participar do processo de planejamento e gestão das cidades.

Assim, constata-se que, embora o caminho para seu desenvolvimento e aplicação de ideias inteligentes ainda tenha obstáculos, a necessidade por mudanças tem se sobressaído e diversas iniciativas têm sido efetivamente colocadas em prática. Contudo, no escopo de campus universitário, o número de exemplos ainda é ínfimo. Partindo-se dos potenciais que cidades universitárias têm para servir de laboratório para aplicação de conceitos inovadores em escala urbana, entende-se que o desenvolvimento de um campus inteligente se mostra como grande oportunidade para se identificar os benefícios intrínsecos a esta nova forma de planejar, assim como diagnosticar e avaliar seus riscos e desafios envolvidos.

3 SOLUÇÕES INTELIGENTES APLICÁVEIS À CUASO, CAMPUS DA USP NA CAPITAL

Para identificar soluções inteligentes aplicáveis à CUASO, foram analisados os principais desafios e oportunidades no âmbito da gestão e uso do Campus, focando em áreas como: água, energia, mobilidade, segurança e comunicação. Para isso, além de revisão bibliográfica, foram colhidas opiniões de seus principais usuários (estudantes e funcionários) e da própria administração local (Prefeitura do Campus).

Foram identificadas e caracterizadas, em nível preliminar, doze possíveis aplicações de conceitos inteligentes na CUASO, abrangendo:

- Totens informativos sobre o consumo hídrico e eficiência energética das unidades;
- Lixeiras inteligentes e autossustentáveis;
- Uso inteligente da água;
- Análise da eficiência energética nas unidades;
- Aplicativo para divulgação de informações, notícias e eventos;
- Cartão USP integrado aos serviços existentes na Universidade;
- Aplicativo para uso e apoio ao sistema de compartilhamento de bicicletas;
- Pontos de ônibus inteligentes;
- Câmeras inteligentes para controle de tráfego e acesso;
- Aplicativo de carona entre usuários;
- Aplicativo para indicação e alerta de incidentes;

- Câmeras inteligentes para vigilância.

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) de hierarquização multicriterial foi utilizado para selecionar uma aplicação a ser detalhada. Trata-se de uma metodologia amplamente utilizada para apoio à priorização de projetos e avaliação de alternativas frente a um conjunto de critérios, visando-se, assim, identificar aquela que melhor satisfaz os requisitos da situação local (VARGAS, 2010). Para isso, foram definidos seis critérios e treze subcritérios, conforme indicado na figura 01, considerando prazo mais curto da implantação, viabilidade técnica e financeira, grau de envolvimento da comunidade e da administração, assim como possibilidade de replicação da solução em outros ambientes urbanos.

Figura 01 – Critérios e subcritérios analisados



Fonte: Elaboração própria

A análise demonstrou que a solução com maior potencial de aplicação da CUASO seria o aplicativo de celular para o futuro sistema de compartilhamento de bicicletas no Campus.

4 A SOLUÇÃO DE APLICATIVO PARA APOIO AO COMPARTILHAMENTO DE BICICLETAS

4.1 Funcionalidades do aplicativo

Este aplicativo tem como objetivo utilizar a tecnologia para tornar um serviço urbano, no caso o uso de bicicletas compartilhadas, mais interligado e eficiente, ou seja, alinhado aos "conceitos inteligentes".

Com o aplicativo, o sistema cicloviário da CUASO seria capaz de integrar o usuário tanto à Prefeitura do Campus quanto à administradora do sistema.

Ao conectar o usuário a uma plataforma de dados, é possível mensurar a taxa de uso de bicicletas e conhecer padrões de atividade do usuário, o que acaba contribuindo para a melhoria do sistema. Como exemplo, tendo coletados os dados referentes à taxa de ocupação das estações, é possível, para a administradora, redimensionar a quantidade de bicicletas disponível em cada estação conforme o horário do dia, de forma a evitar falta ou superlotação nas mesmas. Com isso, a "cidade" sabe mais sobre si própria e o "sistema" sobre seus usuários.

O aplicativo foi desenvolvido tendo como foco central os usuários do Campus e as funcionalidades que poderiam ser úteis em seu dia-a-dia. Para identificá-las, realizou-se pesquisa *online*[2] visando identificar quais seriam os principais problemas dos sistemas de compartilhamento de bicicletas em uso e compreender os anseios daqueles que já utilizam os sistemas existentes. Além disso, foram estudadas as aplicações existentes em outras cidades brasileiras e no exterior[3], a fim de utilizá-las como referência para desenvolver a solução para a CUASO.

4.2 Versão beta – "CICLUSP"

Denominado "CICLUSP", o aplicativo teve seu design e layout desenvolvidos no software "Adobe Illustrator". A programação foi feita na plataforma "Android Studio" e o aplicativo foi disponibilizado para versões Android 5.0 ou superior. Além disso, utilizou-se o "Material Design" (GOOGLE, 2015) como referência, para padronização da identidade visual.

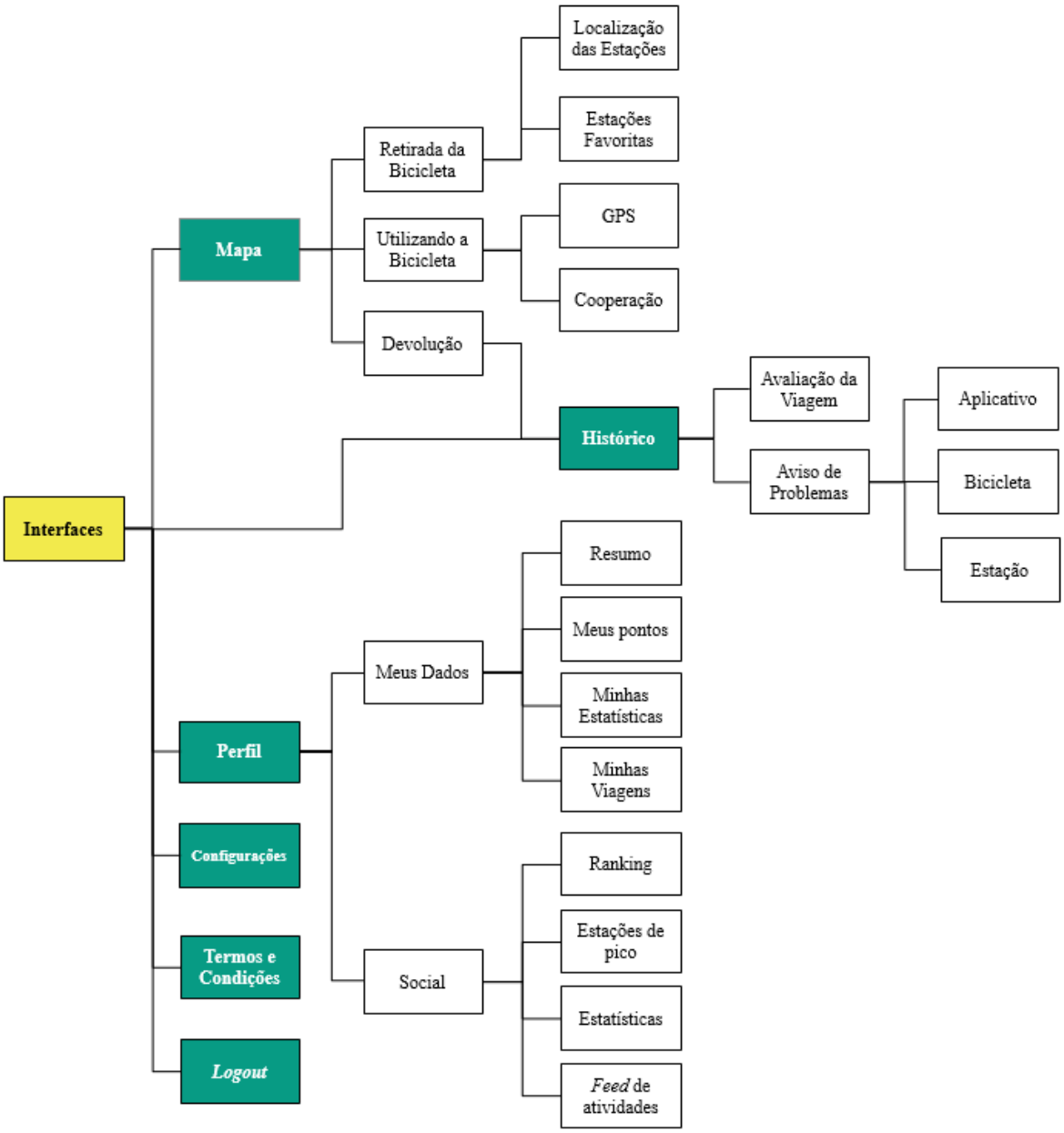
O aplicativo foi estruturado por meio do desenvolvimento de *interfaces*, vinculadas às principais funcionalidades propostas, organizadas em seis módulos principais, sendo três principais e três de apoio, a saber (figura 2):

- Mapa que indica os parâmetros de uso de bicicletas e posicionamento das estações de aluguel;
- Registro do histórico dos usos e reporte de problemas;
- Definição e registro do perfil do usuário;
- Configurações do aplicativo;
- Termos e condições de uso do aplicativo;
- *Logout* (encerramento do sistema).

[2] Realizada de 14/09 a 06/11 através da plataforma Google Forms, contabilizando a opinião de 203 pessoas – usuários ou não dos sistemas de compartilhamento existentes em São Paulo.

[3] Exemplos no Brasil: Bradesco CicloSampa, Itaú BikeSampa e Rio, Bike BH e Nossa Bike; no exterior: Velo'v (Lyon), Vélib (Paris), Bixi (Montreal), Divvy (Chicago), Bicing (Barcelona), entre outros.

Figura 02 – Principais interfaces e seções do CICLUSP



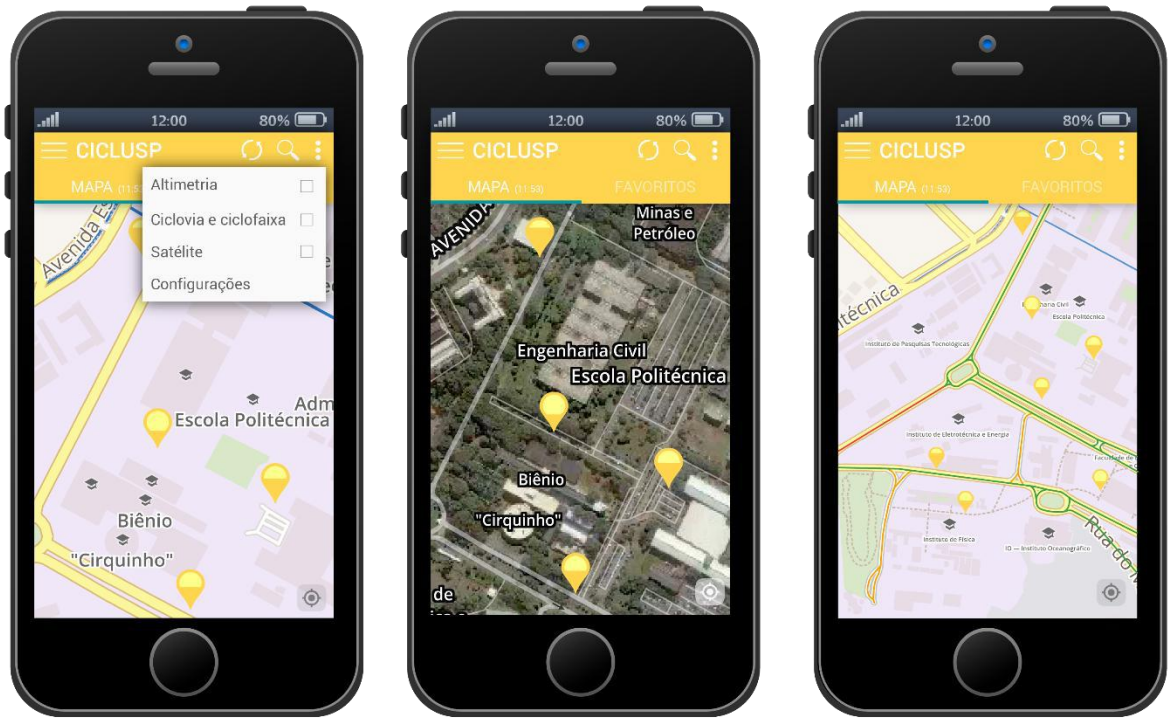
Fonte: Elaboração própria

Nesse trabalho, focar-se-á apenas nos módulos e respectivas interfaces que apresentam o funcionamento do sistema de compartilhamento de bicicletas e no aprimoramento da inteligência da infraestrutura.

4.2.1 Retirada e utilização das bicicletas

A interface geral do CICLUSP se constitui em um mapa da CUASO com marcadores tipo "pin", que indicam a posição das estações de aluguel e a situação de disponibilidade de bicicletas (figura 03 (a)). A visão geral do "Mapa" é ilustrada nas figuras seguintes, onde também é possível visualizar as opções de filtros para o mesmo, tais como visão de satélite (b) e classificação de altimetria das vias (c).

Figura 031 – Opções de visualização em "Mapa": satélite (b) e altimetria (c)

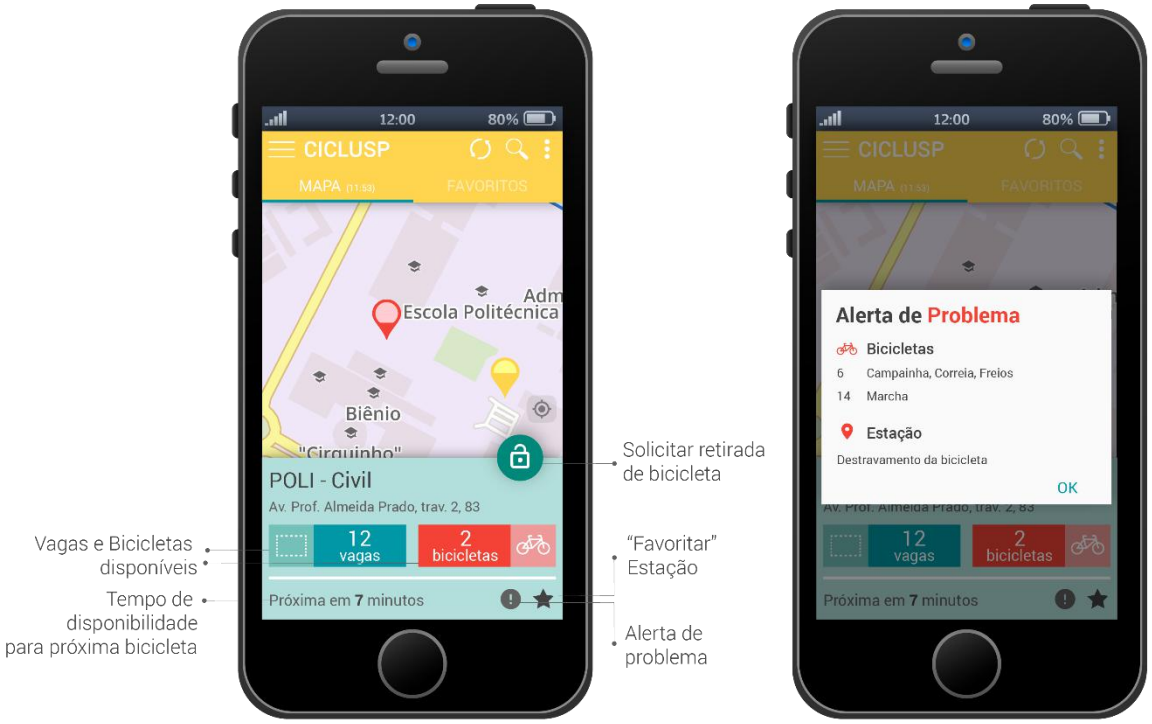


(a) (b) (c)

Fonte: Elaboração própria

Ao se selecionar a estação de origem, o "pin" muda para a cor vermelha e um resumo da situação da estação selecionada é mostrado em uma aba inferior, contendo o nome e localização da estação, o número de vagas e bicicletas disponíveis, além do tempo estimado para que a próxima bicicleta chegar à estação (Figura 04 (a)). Esta função seria executada mediante sensores GPS instalados nos pedais das bicicletas. Já o destino final dos usuários é informado por meio de cooperação, recurso que será detalhado mais à frente nesse trabalho. Ainda nesta aba, o usuário pode identificar se há algum problema com a estação ou em alguma das bicicletas, clicando no ícone com sinal de exclamação (ver Figura 04 (b)).

Figura 04 – Interface de seleção da estação de origem



(a) (b)

Fonte: Elaboração própria

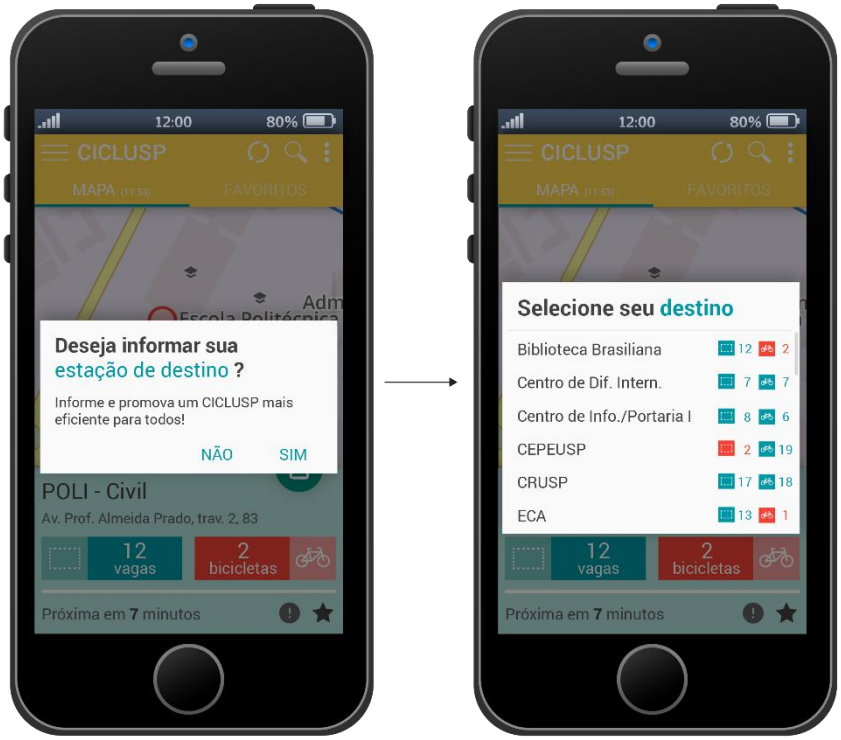
O desenvolvimento das funcionalidades para a retirada da bicicleta na estação, utilizando o aplicativo, é uma das principais inovações do projeto desenvolvido. Com base em pesquisa mencionada anteriormente, constatou-se que a quantidade de etapas e o tempo necessário para retirar a bicicleta nas estações são pontos que fazem o aluguel de bicicletas não ser considerado prático, motivo pelo qual muitos usuários deixam de utilizar o sistema. A operação complicada e demorada acaba deixando o usuário vulnerável ao furto de seu telefone celular, que em muitos sistemas é necessário para realizar o aluguel.

Nesse sentido, objetivou-se tornar a operação de retirada mais simples e prática possível. Para isso, propõe-se a instalação de sensores "beacon" nas estações de aluguel. Com isso, a identificação do usuário seria feita diretamente via *bluetooth* entre seu celular e a estação.

Voltando ao aplicativo de celular, tendo a estação selecionada, o usuário relata ao sistema seu interesse em retirar uma bicicleta na estação clicando sobre o botão com ícone de cadeado aberto (rever figura 04 (a)). Após, conforme mostra a figura 05(a), uma janela de diálogo pergunta se o usuário gostaria de informar sua estação de destino. Caso selecione "SIM", a tela em (b) aparece e o usuário seleciona aquela que será seu destino; caso selecione "NÃO", o usuário estará apenas informando o interesse em retirada. É nesta etapa que o sistema de gerenciamento consegue identificar, por meio do destino informado pelo usuário e pelo GPS da bicicleta, o tempo estimado para a disponibilidade de bicicletas nas estações. Dessa forma, como a cooperação do usuário é essencial, o

restante das funcionalidades do aplicativo foi pensado de forma que os usuários que mais cooperam também são os mais beneficiados.

Figura 05 – Cooperação e seleção da estação de destino

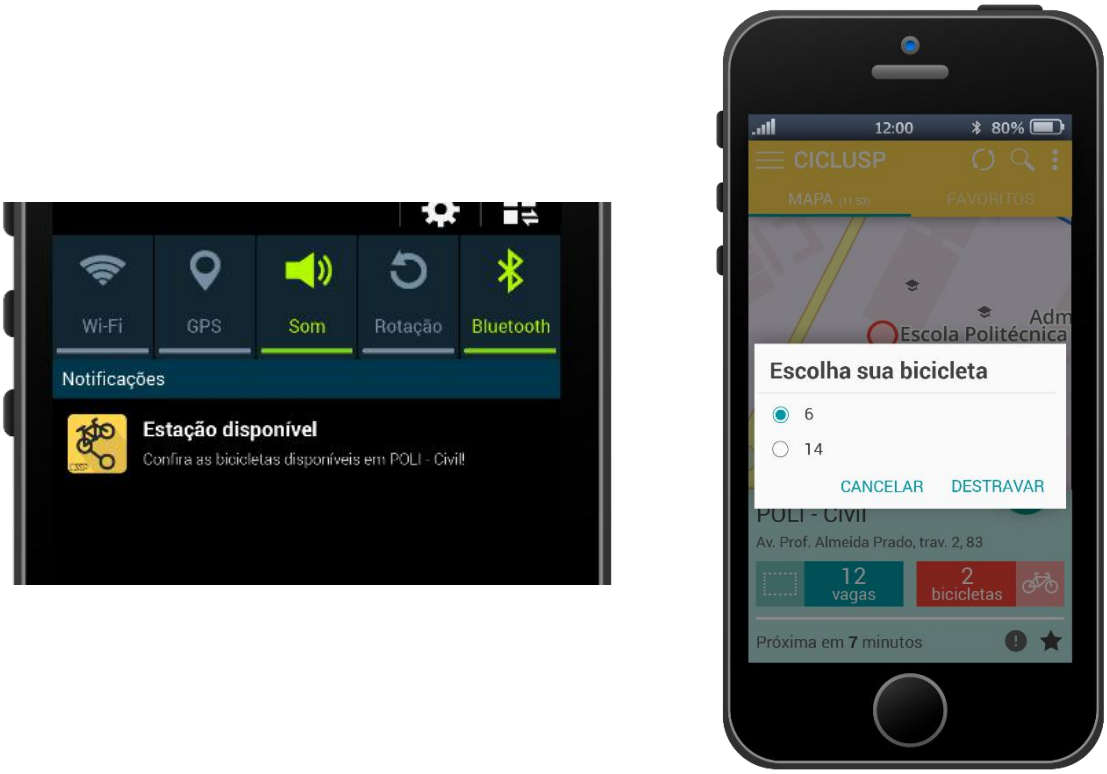


(a) (b)

Fonte: Elaboração própria

Após selecionado ou não o destino, o usuário tem então o *bluetooth* do seu celular ativado. À medida que o usuário se aproximar da estação (mínimo de 20 metros do sensor "beacon"), uma notificação (Figura 06 (a)) irá informá-lo que a estação foi identificada. Ao seguir esta notificação, o usuário é direcionado à *interface* final, ilustrada na figura 06 (b), onde há uma lista das bicicletas disponíveis para aluguel. O usuário pode verificar aquela que mais o agrada e selecioná-la. Clicando em "DESTRAVAR", a bicicleta selecionada é destravada e está pronta para ser utilizada.

Figura 06 – Notificação e comunicação para retirada da bicicleta



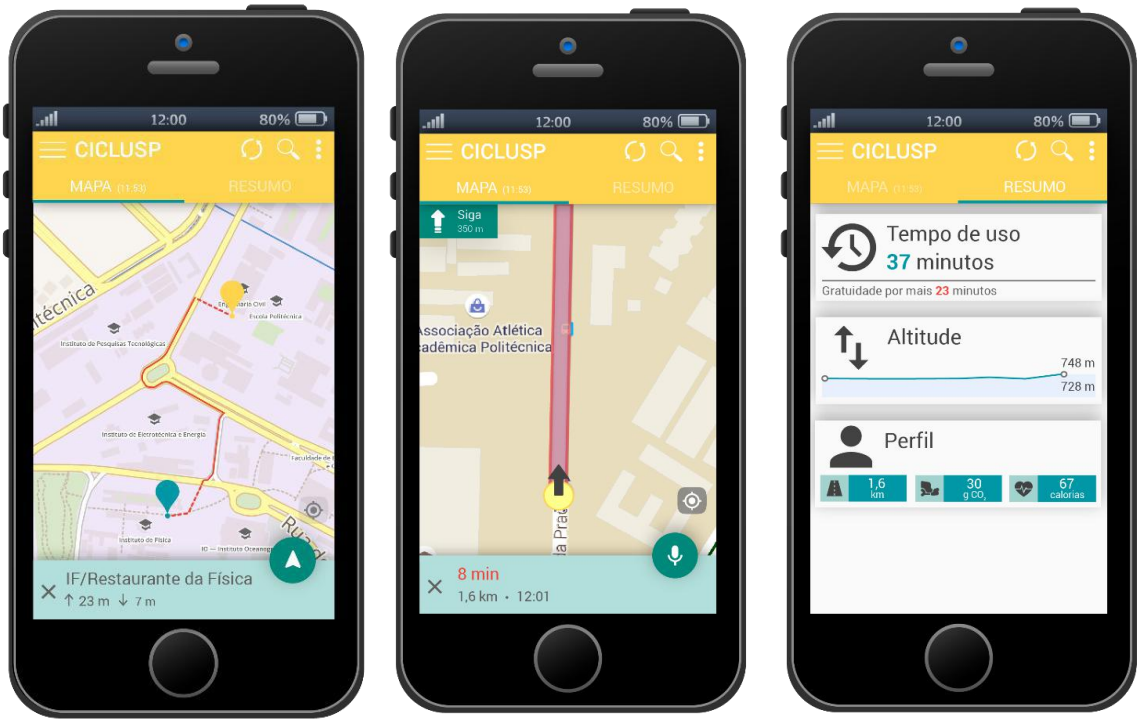
(a)

Fonte: Elaboração própria

Com isso, o sistema de retirada permite selecionar, previamente, a estação e a bicicleta em um local onde o usuário se sinta confortável em utilizar o celular. À medida em que se aproxima da estação, a comunicação via *bluetooth* viabiliza que a retirada seja rápida, prática e personalizada.

Após a retirada, o aplicativo reconhece três tipos de usuários: aqueles que não cooperam em informar seu destino final, aqueles que informam o destino sem ativar o GPS e aqueles que informam o destino e ativam seu GPS. Conforme citado anteriormente, há mais funcionalidades no aplicativo à medida que o usuário contribui com o sistema de captação de dados. Assim, para aqueles usuários que não informarem o destino final e não ligarem o GPS, não haverá funcionalidades adicionais, exceto após a devolução da bicicleta. Por outro lado, aqueles que informarem seu destino e ativarem o GPS (ver Figura 07), terão, dentre outros, sugestão de rota com base em altimetria (a), tempo estimado de chegada ao destino, navegação guiada por meio de áudio (b) e acompanhamento de consumo de calorias em tempo real (c).

Figura 07 – Funcionalidades para usuário que informa destino e ativa GPS



(a) (b) (c)

Fonte: Elaboração própria

4.2.2 Histórico de viagens e comunicação dos problemas

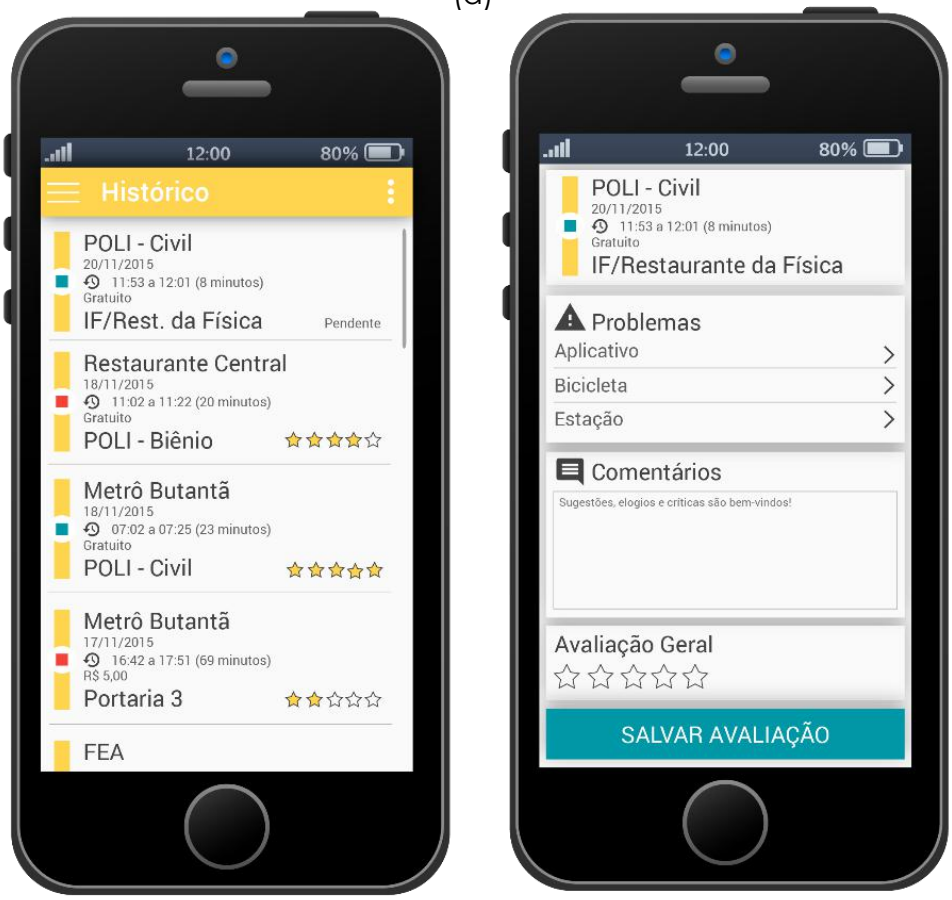
A principal função da interface "Histórico" é que o usuário consiga acompanhar sua experiência de forma clara, prática e possa reportar problemas à gerenciadora do sistema. Para esta, a cooperação do usuário é essencial para avaliar a qualidade do serviço prestado e a satisfação de seus usuários, assim como facilitar a coordenação de sua manutenção, auxiliando na identificação dos principais problemas, como e onde atuar.

Ao final de cada viagem, ao devolver sua bicicleta no destino, o usuário recebe uma notificação do CICLUSP para que faça uma avaliação de sua viagem (ver Figura 08 (a)). Ao clicar na notificação, o aplicativo abre a tela ilustrada em (c), onde há um resumo da viagem, com origem, destino, duração, data e se houve cobrança; há espaço para o usuário comunicar problemas no uso do aplicativo, da bicicleta nas estações de origem e/ou destino; pode, ainda, fazer comentários sobre assuntos que não estejam contemplados em "Problemas"; e, finalmente, o usuário pode dar uma nota de 1 a 5 como avaliação geral da viagem. Ao salvar sua avaliação, o usuário é direcionado a (b), onde há o histórico de todas suas viagens.

Figura 08 – Interface "Histórico"



(a)

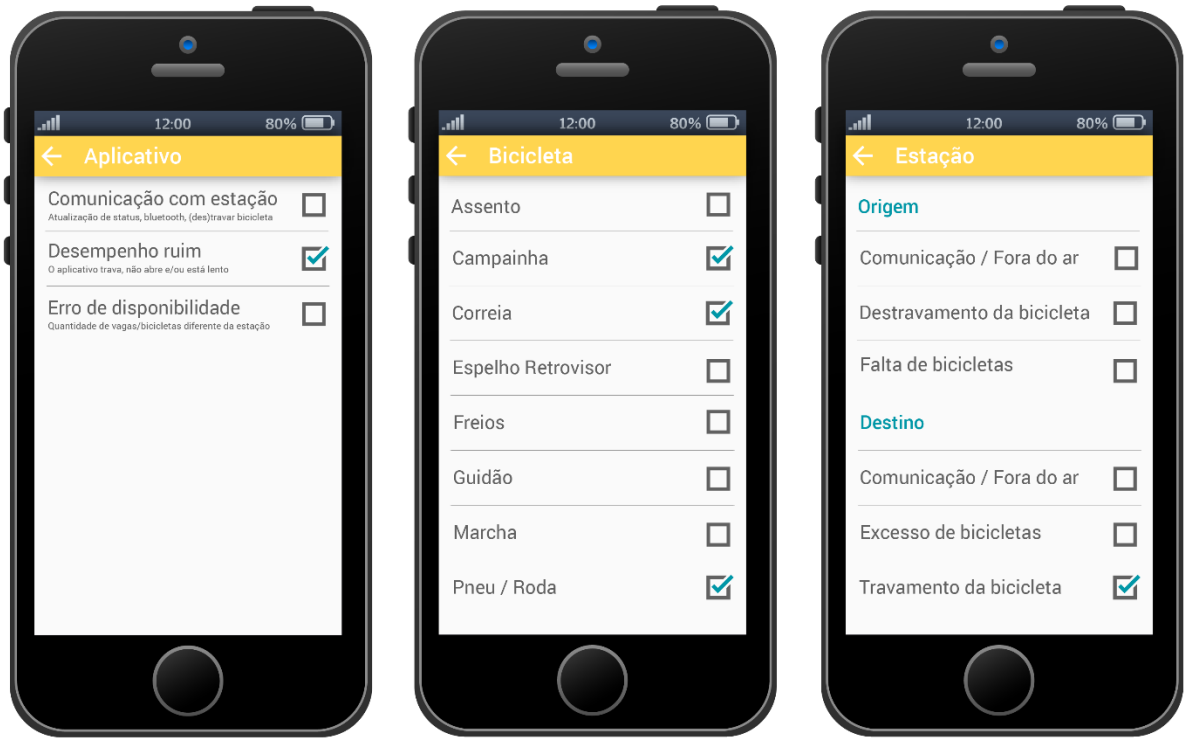


(b) (c)

Fonte: Elaboração própria

Ainda em "Problemas", para avisar sobre dificuldades ocorridas durante a viagem, o usuário pode acessar uma página contendo uma lista dos principais problemas relacionados ao uso do aplicativo, da estação ou da própria bicicleta, conforme mostrado na figura 09, facilitando, dessa forma, o reporte de problemas.

Figura 09 – Listagem de problemas frequentes



Fonte: Elaboração própria

4.2.3 Perfil do usuário

Com os dados coletados ao longo das viagens realizadas pelos usuários do CICLUSP e de suas informações pessoais, forma-se a *interface* "Perfil". Seu objetivo é estimular a utilização do aplicativo por meio da interação com seus usuários, utilizando, para isto, gráficos, estatísticas, compartilhamento em redes sociais e sistema de pontos.

A aba "Meus dados" (ver figura 10) apresenta o conjunto de informações do usuário para acompanhar sua participação no CICLUSP. Nesta, há um resumo de seus dados pessoais, número de viagens, quilometragem percorrida, gasto calórico e as emissões evitadas de gás carbônico por optar pelo deslocamento em bicicleta, quando comparado ao automóvel. Além disso, o usuário pode acompanhar sua própria pontuação, os valores médios da sua Escola/Faculdade, seu próprio histórico, bem como compartilhar suas viagens em redes sociais, estimulando o uso por mais pessoas.

A aba "Social" (ver figura 11), por outro lado, é igual para todos os usuários, contando com dados de interesse geral. Nessa seção, é possível ver o desempenho e a utilização do aplicativo em todas as unidades da USP; é possível, também, identificar estações com picos de uso, visualizar gráficos da situação média, ao longo do dia, das estações de interesse da maioria dos usuários, próximas às integrações com outros meios de transporte e aos restaurantes. Além disso, como em qualquer outra rede social, há um *Feed* de atividades para haver interação entre os usuários que utilizam o CICLUSP.

Figura 10 – Aba "Meus dados": resumo de dados das viagens do usuário



(a) (b)

(c)

Fonte: Elaboração própria

Figura 11 – Aba "Social": resumo de dados das viagens de todos usuários



(a) (b)

(c)

Fonte: Elaboração própria

5 CONCLUSÕES

Com base nos benefícios das soluções inteligentes e nas facilidades e autonomia que os campi universitários possuem para a implementação de ideias inovadoras, investigou-se, nesse trabalho, soluções inteligentes aplicáveis à CUASO, campus da USP na capital paulista, culminando com o desenvolvimento do aplicativo "CICLUSP".

O sistema de compartilhamento de bicicletas é uma importante solução para se promover a mobilidade, ao suportar e eficientizar um modo alternativo de transporte. O aplicativo desenvolvido representa proposta de um aperfeiçoamento do sistema de compartilhamento, tanto para o usuário quanto para a própria administração do sistema.

Restam questões a serem analisadas, principalmente no que tange ao detalhamento da implantação e infraestrutura de tecnologia da informação necessária e da análise de dados necessária para funcionamento do sistema. Contudo, o "CICLUSP" não é um resultado profícuo somente para a CUASO; sua possibilidade de aperfeiçoamento e replicação é ampla, dando espaço à implementação de soluções inteligentes inspiradas no "CICLUSP" no município de São Paulo e outros contextos urbanos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe da Prefeitura da CUASO e professores da Universidade de São Paulo pela contribuição e apoio ao desenvolvimento desse projeto.

REFERÊNCIAS

CENTRE FOR CITIES. **Smart Cities**. Centre for Cities 2014. Londres. Maio, 2014. Disponível em: <www2.schneider-electric.com>.

CLARKE, R. Y. **Smart Cities and the Internet of Everything: The Foundation for Delivering Next-Generation Citizen Services**. IDC Government Insights - White Paper – Sponsored by Cisco. Outubro, 2013.

DEPARTMENT FOR BUSINESS INNOVATION & SKILLS. **Smart Cities:** Background paper. Londres. Outubro, 2013. Disponível em: <www.gov.uk/bis>.

GOOGLE. **Material Design.** Disponível em: <http://www.google.com.br/design/spec/material-design>. Acesso em: 20 out. 2015.

KANTER, R. M.; LITOW, S. S. **Informed and Interconnected: A Manifesto for Smarter Cities.** Working Paper. Harvard Business School – Working Paper. Volume 09-141. Estados Unidos da América, 2009.

NAM, T.; PARDO, T. a. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. **Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference on Digital Government Innovation in Challenging Times.** p. 283–291, 2011. Disponível em: < http://goo.gl/kJJKtO>.

RIOS, C. Cidades inteligentes criam nova economia. **Gazeta do Povo**, p. 1, 2014.

SMART CITIES COUNCIL. **Smart City Readiness Guide: The planning manual for building tomorrow's cities today**. Smart Cities Council – Livability, Workability, and Sustainability. 2013.

VARGAS, R. Utilizando a Programação Multicritério (AHP) para Selecionar e Priorizar Projetos Na Gestão De Portfólio. (D, Ed.). **Anais do PMI Global Congress 2010.** Washington, DC - Estados Unidos: ed. 2010.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ESTUDO SOBRE A GESTÃO DA INFORMAÇÃO NO CONTROLE DE QUALIDADE DE OBRAS: UMA ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)[1]

BÖES, Jeferson Spiering (1); PATZLAFF, Jeferson Ost (2); GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf (3)

(1) UNISINOS, e-mail: boes.jeferson@gmail.com; (2) UNISINOS: jefersonop@unisinos.br;
(3) UNISINOS, e-mail: mgonzalez@unisinos.br

RESUMO

A indústria da construção civil gera um grande volume de informações durante o processo de projeto e execução. O gerenciamento de informações dos canteiros de obras em tempo real é um desafio para os gestores. Frente a esse contexto, o emprego da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) mostra-se um aliado em potencial aos gestores de obras para gerenciar as informações de maneira eficaz. Este estudo apresenta uma pesquisa realizada com profissionais da construção civil sobre a metodologia atual de gestão da informação, no que tange ao controle da qualidade dos serviços executados e sobre a viabilidade do uso de TIC neste processo. Buscou-se o entendimento dos problemas enfrentados pela metodologia tradicional de coleta de informações, o conhecimento sobre TIC e sua aplicabilidade no setor. O estudo apontou que os métodos atuais são considerados obsoletos, identificando-se as principais dificuldades encontradas na aplicação das Fichas de Verificação de Serviço (FVS), como também a constatação por parte dos entrevistados de que, apesar de desconhecerem algumas tecnologias que poderiam ser incorporadas ao processo, concordam que é viável o uso da TIC na aplicação de FVS.

Palavras-chave: TIC. Qualidade. Gestão. Construção Civil.

ABSTRACT

Building industry creates a large volume of information along of project and building processes. The management of information at building sites in real-time it is a challenge. Facing this context, the use of Information and Communication Technologies (ICT) shows a potential to manage information effectively. This study presents a survey with professionals of building sector about the current methodology of information management, regarding the quality control of services performed and the feasibility of the use of ICT in this process. It looks for to understand some problems related with actual method of gathering information, the knowledge of professionals about ICT and its potential to use in the industry. The study found that current methods are considered obsolete, identifying the main difficulties in applying Service Verification Forms (SVF), as well as, the perception of respondents that - although relatively unaware about ICT – they agree that it is feasible the use of ICT in the application of SVF.

***Keywords**: ICT. Quality. Management. Civil construction*

[1] BÖES, Jeferson Spiering; PATZLAFF, Jeferson Ost; GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. Estudo sobre a gestão da informação no controle de qualidade de obras: uma análise da aplicabilidade da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A falta de informação em tempo real e sua alta intensidade, são características da indústria da construção civil. (CHEN; KAMARA, 2011). Estes fatores criam obstáculos e reduzem a capacidade dos gestores acompanharem os indicadores de qualidade, prazos e custos, diminuindo sua habilidade de detectar ou controlar a variabilidade e incerteza inerentes nas atividades de construção (HOWELL; KOSKELA, 2000), tornando-se um desafio para os engenheiros coletarem as informações em tempo real em todos os locais da obra. (KIM et al., 2013).

Ainda, o grande volume de papel gerado, o tempo desprendido na coleta de dados, retrabalhos e a insegurança na informação associados aos métodos tradicionais usados na gestão da qualidade não condizem com a realidade vivida em um mundo globalizado, na qual toma-se como premissa a sustentabilidade e a otimização de tempo, recursos e o meio ambiente. (KIMOTO et al., 2005).

Neste sentido, fazem-se necessárias novas tecnologias e metodologias para troca da informação em tempo real, com destaque ao uso da Tecnologia da Informação e Comunicação, uma aliada em potencial como ferramenta de gestão, coleta de informação e automação na gestão da qualidade como um todo. (NASCIMENTO; SANTOS, 2008).

Frente a esse contexto, o presente estudo aborda as dificuldades da metodologia atual na gestão da qualidade, no que tange o controle de qualidade dos serviços, aponta os principais entraves e busca o entendimento de uma metodologia alternativa, com o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A qualidade na construção civil é percebida através do desempenho e durabilidade dos empreendimentos, em que a qualidade dos serviços associados torna um caráter essencial à qualidade dos empreendimentos. (BRAZ, 1999). O tema qualidade na construção civil no Brasil vem recebendo uma atenção especial e crescente, ganhando cada vez mais espaços em eventos técnicos e objetos de investimento da iniciativa privada, principalmente devido às novas exigências de desempenho somadas à busca da satisfação total do cliente. (BÖES, 2015).

A qualidade na construção civil deve ser vista de forma ampla, focando nas várias etapas de processo de produção e uso, sendo elas divididas em planejamento, projeto, fabricação de materiais, execução da obra e uso, passando pelas etapas do processo onde os diversos produtos e serviços serão agregados com seus diferentes níveis de qualidade, resultando um produto final que deva satisfazer as necessidades do usuário. (HIRSCHFELD, 1994).

Marosszeky et al. (2002) salientam que diversas empresas possuem sistemas de controle de qualidade bem evidenciados e abrangentes, entretanto, os

profissionais são resistentes em usufrui-los, pois acreditam que seu uso não leva à melhoria da qualidade do produto. Picchi e Agopyan (1993) também constatam essa realidade, quando afirmam que diversos profissionais da construção civil consideram que o controle informal é suficiente, por muitas vezes não terem trabalhado com um controle formalizado.

O setor da construção civil vem buscando elevar os padrões de qualidade de seus produtos e serviços, enfocando sua confiabilidade, durabilidade e, principalmente, o atendimento das necessidades do cliente, através de ações voltadas à inovação, redução de prazos e custos. (COSTA et al., 2005). Cardoso (2003) afirma que o acirramento da concorrência e as contínuas mudanças de paradigma influenciam as empresas a buscar melhorias técnico-econômicas em seus sistemas de gestão, de modo a obterem mais lucro, tornarem-se mais competitivas e atenderem à satisfação de seus clientes. Santos (2003) e Silveira et al. (2002) vão ao encontro de Cardoso (2003), quando afirmam que os empresários da construção civil veem-se impulsionados a repensar as formas de produção para gerar aumento na eficácia de seus processos construtivos, através de medidas voltadas à organização e à gestão.

A indústria da construção civil é caracterizada por possuir informação intensiva e que necessitam ser transferidas e trocadas durante todo ciclo de vida do projeto. (CHEN; KAMARA, 2011). A falta de informação em tempo real é uma característica da indústria da construção civil. Essa ausência cria obstáculos e reduz a capacidade dos gestores acompanharem os custos, prazos e demais indicadores de desempenho, diminuindo sua habilidade de detectar ou controlar a variabilidade e incerteza inerentes nas atividades de construção. (HOWELL; KOSKELA, 2000).

Atualmente, para gerenciar um empreendimento, não é mais suficiente utilizar metodologias tradicionais, com as quais o gestor não tem o controle satisfatório de todas as informações geradas entre os agentes intervenientes. (NASCIMENTO; SANTOS, 2008). Realizar um intercâmbio eficaz de informações entre os participantes de uma construção não é uma tarefa fácil, pois canteiros de obra com grandes áreas, condições climáticas adversas e recursos espalhados (KIM; LIM; KIM, 2011), tornando-se um desafio para os engenheiros coletar as informações em todos locais de uma obra em tempo real. Para este desafio, faz-se necessário o desenvolvimento de ferramentas com capacidade de detecção e comunicação adequadas para a troca de informação de forma eficaz. (KIM et al., 2013).

O uso de folhas de papel para a coleta de dados nos canteiros de obra ocasiona um desperdício de tempo e espaço entre o canteiro de obras e o escritório. (Kimoto et al., 2005). Para Nakagawa (2006), geralmente os dados coletados em obra são imprecisos e verbais. Nesta conjuntura, Kim, Lim e Kim (2011) apontam o emprego da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) para a solução na coleta da informação nas obras.

Estudos de caso, envolvendo dispositivos móveis em canteiros de obra foram realizados por Barbosa et al. (2013), Leão (2014), Izquierdo (2013) e Kim, et al.

(2013), que constataram que através das informações em tempo real melhorou-se a tomada decisão por parte da equipe de engenharia. Também, foi evidenciado que devido às diversas interfaces do sistema e ao acesso remoto, possibilitou-se o acompanhamento da obra por diversos setores de empresa.

Para Bowden et al. (2005), os dispositivos móveis permitem que a informação seja transferida a partir do campo para o escritório muito mais rápido que os sistemas tradicionais, baseados em papel. Eles citam como benefícios do uso de dispositivos móveis nos canteiros de obras:

a) melhoria da qualidade de trabalho;
b) não conformidade são detectadas anteriormente, o que leva a intervenção mais eficaz no que tange custos;
c) maior eficiência em alocar a tarefa;
d) os defeitos são imediatamente comunicados aos empreiteiros, agilizando o processo de correção;
e) redução da supervisão em campo, em função das inspeções serem realizadas corretamente e serem acompanhadas em tempo real do escritório;
f) relatórios produzidos facilmente e distribuídos rapidamente, detalhando todos os defeitos atribuídos a um serviço ou sub contratado;
g) instruções de tarefas disponíveis em campo, dispensando a ida ao escritório;
h) uso eficiente do tempo.

Moraes et al. (2006) observam o aumento de interesse das construtoras em explorar a TIC e destacam sete benefícios na aplicação de tecnologia de informação no setor da construção civil:

a) redução de tempo e custo através da eliminação de retrabalho durante as fases de projeto e construção, de modo que os dados possam ser elaborados uma única vez e disponíveis a todos envolvidos no projeto, gerando a redução no conflito de informações entre diferentes usuários;
b) melhoria na integração e comunicação interna, gerando acréscimo de produtividade;
c) alta eficiência e agilidade na elaboração de projetos;
d) trabalho eficiente de projetos permitindo simplificação na comunicação;
e) redução no custo de desenvolvimentos de softwares;
f) qualidade na tomada de decisão e aperfeiçoamento da organização através da reutilização do conhecimento;
g) enorme flexibilidade operacional e aumento de facilidades na integração de tarefas.

Um estudo de caso realizado por Böes (2015), ilustrado na figura 1, trouxe um comparativo para o controle de qualidade de uma obra, através do qual buscou-se comparar a metodologia tradicional ao com uso de folhas de papel com o uso da TIC.

Figura 1 – Comparativo metodologia tradicional X TIC

	Metodologia tradicional (uso de papel)		**Metodologia TIC**	
	Vantagens	**Desvantagens**	**Vantagens**	**Desvantagens**
Investimento	Não necessita de grandes investimentos financeiros	-	-	Necessita de investimento financeiro
	Não requer grande capacitação técnica dos funcionários			Requer conhecimentos básicos de informática
Processo	Processo conhecido pela empresa	-	-	Processo desconhecido pela empresa
Processo	Metodologia tradicional e de fácil domínio	-	-	Metodologia inovadora e pouco conhecida pelo mercado
	-	Retrabalho – Transmitir as informações do papel para planilha eletrônica	Não há necessidade de transmissão manual da informação	-
	-	Retrabalho – Reescrever FVS sujas ou danificadas durante inspeção	Não há necessidade de reescrever a FVS	-
	-	-	Velocidade na coleta de dados	-
	-	-	Redução das etapas do processo	-
	-	-	Centralização das informações	-
	-	Não gera indicadores automaticamente	Gera indicadores automaticamente	-
	-	Não gera indicadores automaticamente	Gera indicadores automaticamente	-
Mobilidade	Não requer conexão com internet para aplicação das FVS	-	Não requer conexão com internet para aplicação das FVS	-
	Não requer conexão com internet para emissão de relatórios e gestão	-	-	Requer conexão com internet para emissão de relatórios e gestão
	-	Carregar volumes de papel para campo	Carregar apenas o dispositivo móvel	-
Meio Ambiente	-	Acarreta em grandes espaços físicos para armazenamento das FVS	Não requer espaços físicos para armazenamento das FVS	-
	-	Geração excessiva de papel	Pouca geração de papel	-

Fonte: Böes (2015)

3 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa ocorreu entre os dias 09 de março e 26 de abril de 2015, através de questionário online. As abordagens para as entrevistas ocorreram via comunidades online de profissionais de Engenharia Civil e do setor de qualidade nas construções. Foram ouvidos setenta e um entrevistados, sendo

esses divididos em dois grupos: Grupo I e Grupo II. O Grupo I é formado por Técnicos de Qualidade, Técnicos em Edificação e alunos de graduação de Engenharia Civil e Arquitetura que atuam ou já atuaram em obras, no setor da qualidade (vinte e sete pessoas – 38% do total). O Grupo II representa profissionais com nível superior em Engenharia Civil ou Arquitetura que atuam ou já atuaram no setor da qualidade em obras (quarenta e quatro pessoas – 62%). A divisão entre dois grupos em função da titulação acadêmica deve-se à busca por visões diferentes sobre o mesmo problema, de uma ótica prática, envolvendo os estagiários e técnicos que atuam como coletores das informações em campo e os profissionais de nível superior que atuam como gestores.

Os entrevistados do Grupo I são oriundos de seis estados, representando três regiões geográficas do Brasil, enquanto os entrevistados do Grupo II possuem naturalidade de dez estados, abrangendo quatro regiões. No total, a entrevista abrangeu representantes de onze estados brasileiros e quatro regiões geográficas, sendo 42 do Rio Grande do Sul, 14 de São Paulo, 2 da Bahia, Minais Gerais e Rio de Janeiro, 4 do Ceará, 1 do Espírito Santo, Paraíba, Pernambuco, Paraná, e de Roraima.

O questionário consistiu nas seguintes perguntas:

a) Você já trabalhou em alguma empresa/obra que continha um Sistema de Gestão da Qualidade?

b) Você sabe o que é uma Ficha de Verificação de Serviço (FVS)?

c) Em sua opinião, a FVS é importante para garantir a qualidade de uma construção?

Para fins de balizar a pesquisa e considerar apenas, os entrevistados com conhecimento e experiência no assunto, para as perguntas seguintes, eliminou-se os que responderam "não" para as perguntas "a" e/ou "b". As perguntas "d" a "h" foram elaboradas a partir do Fluxograma da Ficha de Verificação de Serviço (FVS), representado na figura 2.

d) A realização, processamento e análise das FVS na empresa na qual teve contato com o Sistema de Gestão da Qualidade está de acordo com fluxograma descrito acima?

e) Qual grau de eficiência você considera esse processo?

f) Em relação à praticidade, como você considera esse processo?

g) Em relação à perda da informação ao longo de todas as etapas, como você considera seguro esse processo?

h) Quais as principais dificuldades encontradas na aplicação das FVS?

i) Você considera necessário novas metodologias para aplicação das FVS?

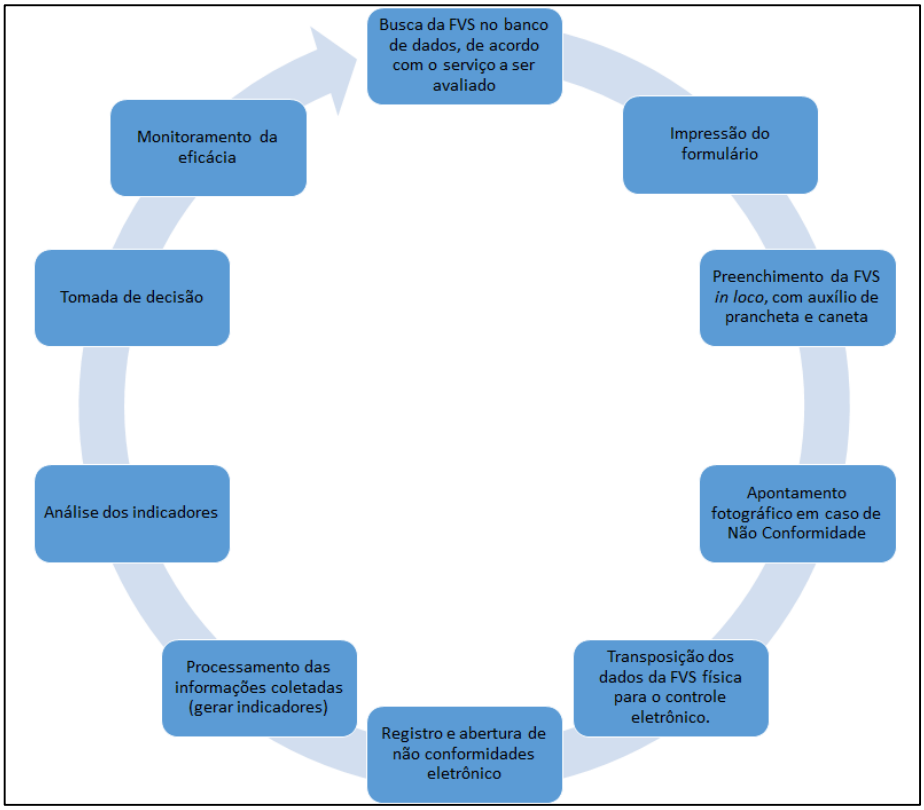
j) Quais melhorias você recomendaria para aplicação de FVS?

k) Você conhece algum *software*/aplicativo para a gestão da qualidade, onde exista as inspeções, não conformidades e a gestão como todo?

l) Na sua opinião, a realização de FVS em dispositivos moveis (tablets e smartphone) é viável em um canteiro de obras?

m) Na sua opinião, um *software*/aplicativo que permita que todo processo de coleta, processamento e análise das informações é vantajoso para a construção civil?

Figura 2 – Fluxograma da Ficha de Verificação de Serviço (FVS)



Fonte: Böes (2015)

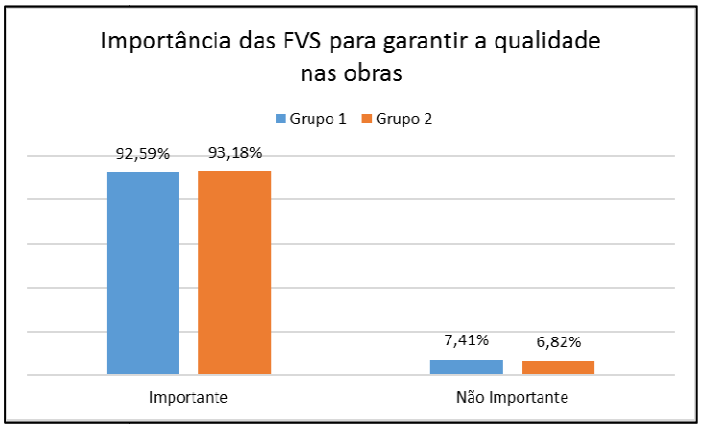
Após realizadas toda as entrevistas, as informações foram processadas e analisados os resultados.

4 RESULTADOS

Pode-se observar através da pesquisa que os dois grupos obtiveram resultados semelhantes. Todos entrevistados do grupo I e do grupo II afirmaram que tem conhecimento sobre um Sistema de Gestão da Qualidade. No entanto, 96,30% do grupo I e 97,73% do grupo II já trabalharam em alguma empresa ou obra com Sistema de Gestão da Qualidade. A mesma porcentagem repetiu-se sobre o significado da Ficha de Verificação de Serviço (FVS).

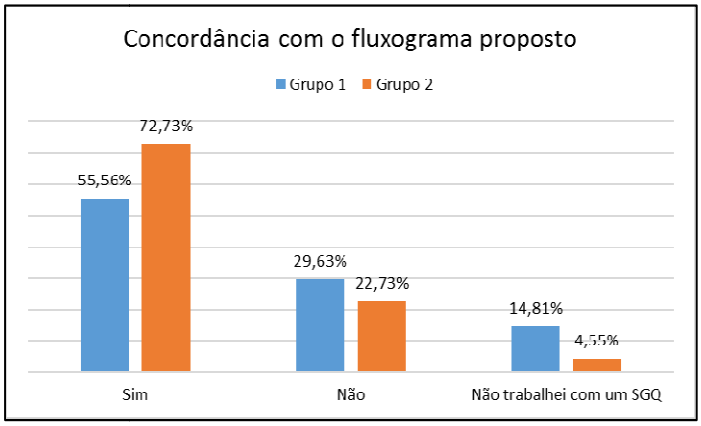
De acordo com o gráfico 1, 92,59% dos entrevistados do grupo I e 93,18% do grupo II consideram que as FVS possuem importância no que tange à garantia da qualidade das obras, e 55,56% do grupo I e 72,73% do grupo II concordavam com o fluxograma proposto, conforme por ser constatado no gráfico 2

Gráfico 1 – Importância das FVS para os entrevistados



Fonte: Böes (2015)

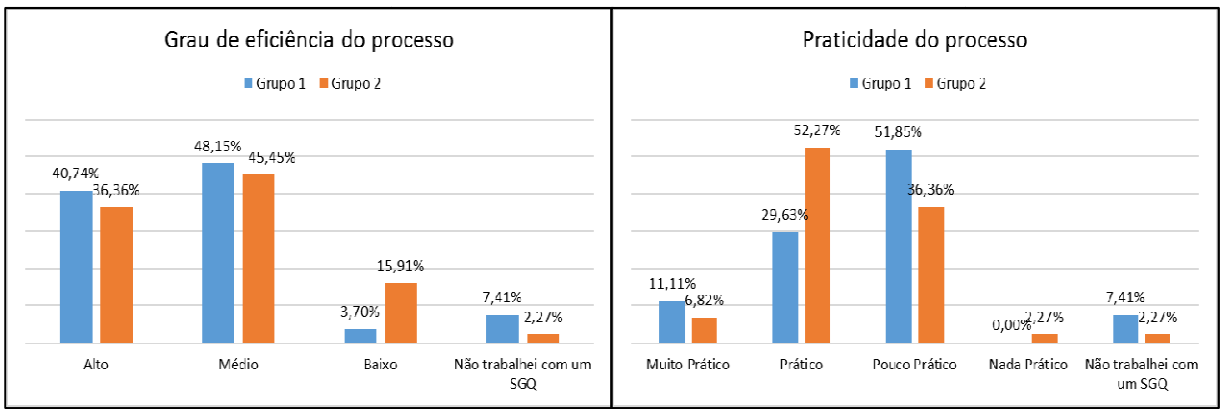
Gráfico 2 – Concordância do fluxograma proposto

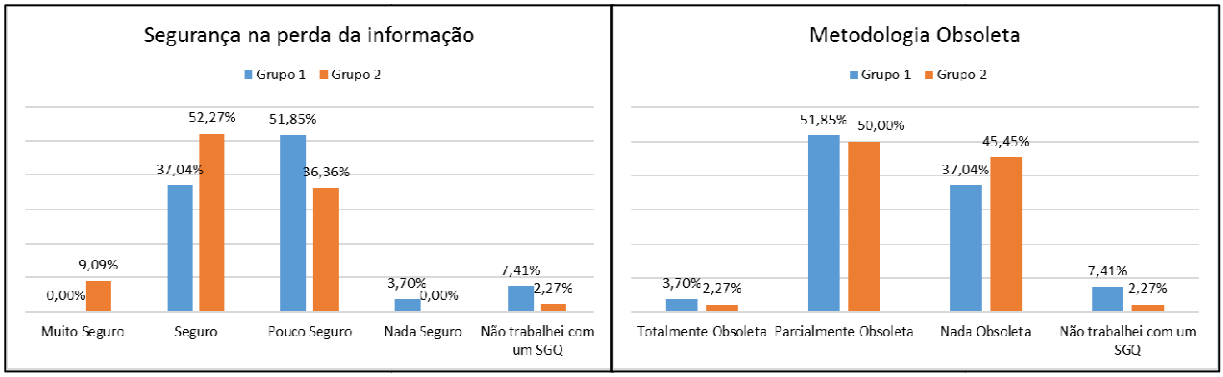


Fonte: Böes (2015)

Com relação ao nível de eficiência do fluxograma proposto, 88,89% do grupo I e 81,81% do grupo II consideram entre alto e médio. Quanto à praticidade do processo, o estudo uma diferença entre as partes, sendo 51,85% do grupo I consideram o processo pouco prático, 52,27% do grupo II consideram o processo apenas prático. Esta diferença permanece quanto questionados a respeito da segurança na perda da informação durante o processo. Com relação à metodologia, 51,85% do grupo I e 50% do grupo II consideraram parcialmente obsoleta, como apresenta o gráfico 3.

Gráfico 3 – Respostas dos entrevistados sobre a metodologia atual (uso de papel)

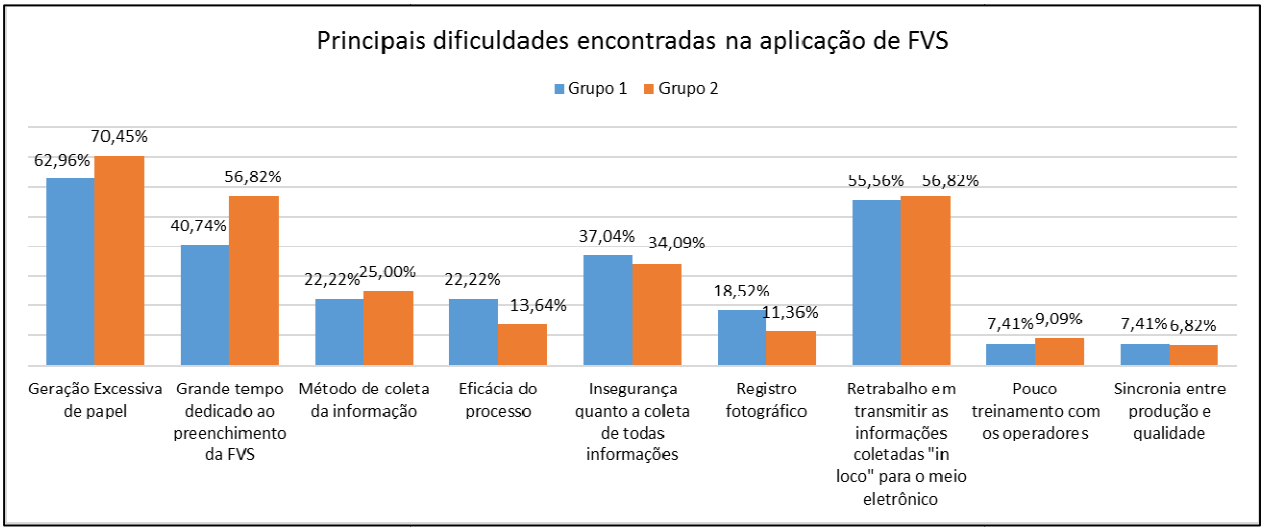




Fonte: Böes (2015)

Sobre as principais dificuldades encontradas na aplicação das FVS, ambos os grupos apontaram para geração excessiva de papel e o retrabalho em transmitir as informações coletadas *in loco* para o meio eletrônico, como os principais problemas enfrentados. Seguido destes, está o tempo desprendido para o preenchimento das FVS, eficácia do processo, insegurança quanto à coleta de todas as informações, registro fotográfico, treinamento de mão de obra e a sincronia entre os setores de produção e qualidade, como ilustra o gráfico 4.

Gráfico 4 – Principais dificuldades encontradas na aplicação de FVS

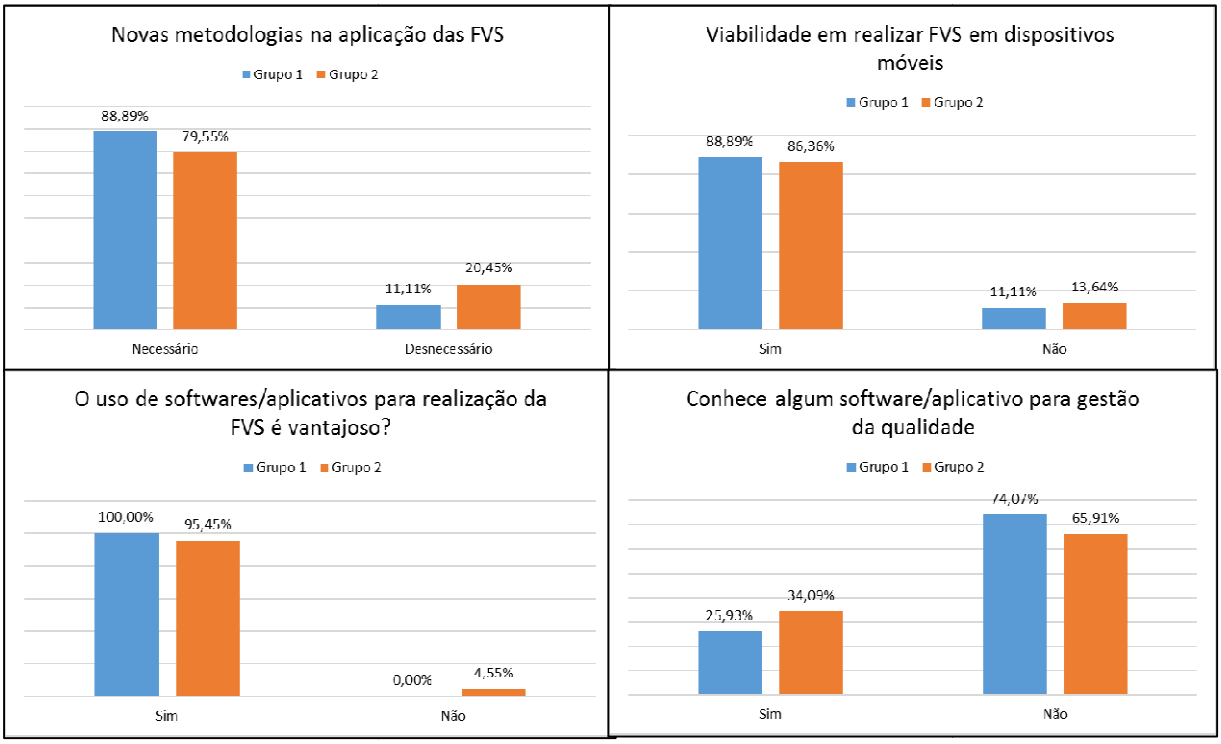


Fonte: Böes (2015)

Traçado o conhecimento do panorama atual e diagnosticada as principais dificuldades na aplicação das FVS, 88,89% do grupo I e 79,55% do grupo II consideram necessárias novas metodologias para aplicação das FVS. Propondo uma solução tecnológica e vindo de acordo com a tendência mundial de utilização de dispositivos móveis em diversas indústrias, ambos os grupos (88,89% Grupo I e 88,36% Grupo II) convergem sobre a viabilidade de utilização de dispositivos móveis para aplicação de FVS e compartilham a mesma resposta quanto às vantagens de utilizar um software e aplicativo para a realização de FVS, onde 100% do Grupo 1 e 95,45% do Grupo II consideram vantajoso. Entretanto, apesar do consenso em adotar novas

metodologias e do uso de *softwares* e aplicativos para realização de FVS, 74,07% do Grupo I e 65,91% do Grupo II desconhecem algum aplicativo para dispositivos móveis ou software para suprir esta necessidade, como mostra o Gráfico 5.

Gráfico 5 – Conhecimentos dos entrevistados sobre TIC e aplicações em FVS



Fonte: Böes (2015)

5 CONCLUSÃO

Com base no estudo, pode-se concluir que há uma tendência e concordância de que os métodos tradicionais de coleta das informações das FVS estão obsoletos e não transmite com total confiança e segurança as informações.

A pesquisa apontou que os métodos atuais possuem pouca praticidade e tem como principais dificuldades, a geração excessiva de papel, grande tempo desprendido para sua aplicação e o retrabalho em transmitir as informações do meio físico para o meio eletrônico. Neste contexto, os entrevistados consideram que se faz necessário o emprego de novas metodologias para a gestão da qualidade.

O emprego da Tecnologias da Informação para gestão da qualidade em canteiros de obra torna-se um mecanismo inovador, quando surge a utilização e um *software* como uma alternativa vantajosa e em potencial para essa aplicação. Entretanto, apesar da pesquisa apontar que o emprego de *tablets* e *softwares* na gestão da qualidade é viável e vantajoso, mais da metade dos entrevistados desconhecem meios que possibilitem o emprego desta tecnologia.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, G. et al. Qualidade de projeto na era digital integrada. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6, Campinas, 2013. **Anais...** Campinas, 2013.

BRAZ, A. J. de Oliveira. Da qualidade dos serviços da construção: contribuição para a sua melhoria em Portugal. Lisboa: Ministério do Equipamento Social. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1999.

BÖES, Jeferson Spiering. Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) aplicada ao sistema de qualidade de obras: estudo de caso. 2015, 155 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2015.

BOWDEN, S. et al. Making the case for mobile IT in construction. **Computing in Civil Engineering**, p. 1-12, 2005.

CARDOSO, F. F. **Certificações "setoriais" da qualidade e microempresas**: o caso das empresas especializadas de construção civil. 2003. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CHEN, Y.; KAMARA, J. M. A framework for using mobile computing for information management on construction sites. **Automation in Construction**, v. 20, n. 7, p. 776-788, nov. 2011.

COSTA, D. B. et al. Sistema de indicadores para benchmarking na construção civil: manual de utilização. Porto Alegre: UFGRS/PPGEC/NORIE, 2005.

HIRSCHFELD, H. A construção civil e a qualidade: informações e recomendações para engenheiros, arquitetos, gerenciadores, empresários e colaboradores que atuam na construção civil. São Paulo: Atlas, 1996.

HOWELL, G.; KOSKELA, L. Reforming project management: the role of lean construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 8., Brighton, 2000. **Anais...** Brighton, 2000.

IZQUIERDO, E. M. Á. **Developing a construction management *software* for mobile devices**. 2013. Proyecto final (Grado) – Grado em Ingeniería de la Edificación, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona- Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2013.

KIM, C. et al. On-site construction management using mobile computing technology. **Automation in Construction**, v. 35, p. 415-423, nov. 2013.

KIM, C.; LIM, H.; KIM, H. **Mobile computing platform for construction site management**. In: Proceedings of 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. Seoul, Korea. 2011.

KIMOTO, K. et al. The application of PDA as mobile computing system on construction management. **Automation in Construction**, v. 14, n. 4, p. 500–511, ago. 2005.

LEÃO, C. F. **Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade utilizando tecnologia de informação**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2014.

MAROSSZEKY, M. et al. Quality management tools for lean production: moving from enforcement to empowerment. In: **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, 10, 2002, Gramado. Proceedings... Gramado: IGLC, 2002.

MORAES, R. M. M. et al., Aplicação de tecnologia de informação no setor da construção civil. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru, 2006.

NAKAGAWA, Y. Real time performance information system. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN COSNTRUCTION, 14., Santiago, 2006. **Anais...** Santiago, 2006.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**, n. 11, p. 69-81, 2008.

PICCHI, F. A.; AGOPYAN, V. **Sistemas da qualidade na construção de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1993. 24 p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SANTOS, L. A. dos. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil**. 2003, 317 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, 2003.

SILVEIRA, D. R. D. et al. Qualidade na construção civil: um estudo de caso em uma empresa da construção civil no Rio Grande do Norte. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: Disponível em: <ttp://www.abepro.org.br/ biblioteca/ENEGEP2002_TR21_0969.pdf>. Acesso em: 13 maio 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

BIM EM GERENCIADORAS DE EMPREENDIMENTOS DE INFRAESTRUTURA[1]

CAREZZATO, Gustavo G.; BARROS, Mercia M. S. B.; SANTOS, Eduardo T.

(1) POLI-USP, e-mail: gustavo.carezzato@usp.br; (2) POLI-USP, e-mail: mercia.bottura@usp.br; (3) POLI-USP, e-mail: etoledo@usp.br

RESUMO

A metodologia BIM (*Building Information Modelling*) é considerada como uma nova abordagem da produção e gestão da informação em todas as fases do ciclo da construção civil. Todo o setor da construção civil nacional que busca no BIM um agente inovador para aperfeiçoar seus processos internos necessita passar por importantes reestruturações, e o segmento das gerenciadoras de grande porte que atuam em projetos na área de infraestrutura não é diferente. Visando apoiar a implantação e utilização do BIM nas empresas do setor da construção civil, neste trabalho são analisados os guias institucionais para implantação de BIM disponíveis no mercado brasileiro e desenvolvido um estudo de caso da implantação e utilização do BIM em empresa gerenciadora que atua em projetos de infraestrutura no país. Como conclusão, é sugerido o desenvolvimento de um documento técnico que possua diretrizes que norteiem os trabalhos de gestão das informações BIM que serão utilizadas por empresas gerenciadoras de grande.

Palavras-chave: BIM (Building Information Modelling). Gerenciamento da Informação. Planejamento de Obras.

ABSTRACT

The BIM (Building Information Modelling) methodology is considered as a new approach to information production and management in all phases of the construction cycle. All national construction industry sectors that seek BIM methodology as an innovative agent to improve their internal processes need to undergo important restructuring and large management companies which work on the infrastructure projects area are no different. Aiming to support implementation and use of BIM in construction sector companies, this work analyses BIM Guides produced by institutions in Brazil and develops a case study on an infrastructure project management company. As a conclusion, it is suggested the development of a technical document to guide the BIM information management work that will be used by large management companies.

***Keywords**: BIM (Building Information Modelling). Information Management. Construction Planning.*

1 INTRODUÇÃO

Todos os segmentos da construção civil nacional e internacional estão migrando para o BIM (*Building Information Modeling*), metodologia que vai muito além de simples modelagem virtual do empreendimento. Em países

[1] CAREZZATO, Gustavo G.; BARROS, Mercia M. S. B.; SANTOS, Eduardo T. BIM em gerenciadoras de empreendimentos de infraestrutura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

como EUA e Reino Unido, por exemplo, o nível de amadurecimento na utilização do BIM é alto, isso em razão destes países estarem utilizando a metodologia há mais de uma década (MCGRAW-HILL, 2014).

No Brasil, a implantação do BIM para a produção e gestão de projetos e da obra ainda é recente se comparado com os países antes citados, mas sua utilização vem crescendo nos últimos anos devido à constatação de seus benefícios junto a todos os elos da cadeia produtiva.

Muitas empresas pertencentes à cadeia da construção civil nacional estão se estruturando para desenvolver seus trabalhos baseados na metodologia BIM. Para as gerenciadoras de grande porte que atuam em projetos na área de infraestrutura não é diferente. Entretanto, por terem complexidade de serviços e operações distintas dentro da cadeia construtiva, a utilização da metodologia de forma plena por estas empresas é singular.

Conforme o relatório "Diálogos Setoriais para BIM no Brasil e na União Europeia 2015" (KASSEM; AMORIM, 2015) foram identificados fatores que devem ser considerados para aumentar ainda mais a adesão das empresas brasileiras ao BIM. Tais fatores são: 1) a inclusão do BIM como parte de uma estratégia macro do governo federal no setor da construção civil; 2) tornar o BIM gradualmente obrigatório em projetos a serem desenvolvidos para o governo federal; 3) desenvolvimento de manuais para utilização do BIM em projetos; 4) desenvolvimento e disponibilização ao público de bibliotecas digitais; 5) desburocratização dos incentivos fiscais para compra de equipamentos e ferramentas BIM; e 6) maior investimento em educação e treinamento. Sua adoção pode ser impulsionada pela definição, via órgãos governamentais, de normas BIM (SMITH, 2014).

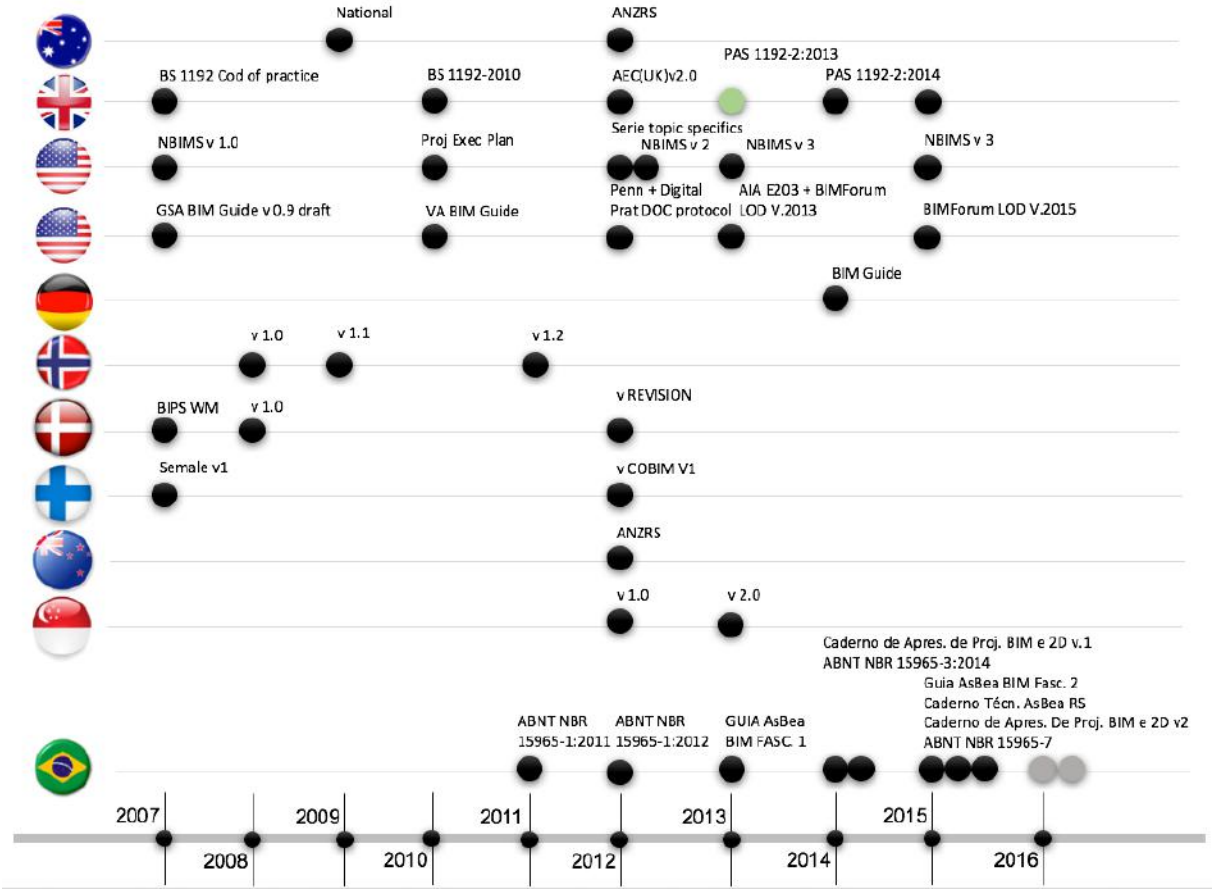
Comparando o número de guias e normas referentes a BIM disponíveis no mundo, EUA e Inglaterra lideram em número de publicações como pode ser observado na Figura 1 que mostra, em uma linha do tempo, o resultado de um levantamento realizado. Estes documentos estão servindo de base para o desenvolvimento de normas em vários países ao redor do mundo, inclusive no Brasil.

1.1 Objetivos

Visando apoiar a implantação e utilização do BIM nas empresas do setor da construção civil, entre elas as gerenciadoras de grande porte, este trabalho se propõe a atingir os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os guias institucionais para implantação de BIM disponíveis no mercado brasileiro;
- Desenvolver um estudo de caso da implantação e utilização do BIM em empresa gerenciadora que atua em projetos de infraestrutura no país;

Figura 1 – Linha do tempo em que são identificadas normas e guias BIM disponíveis em diversos países



Fonte: Autores

2 MÉTODO DE PESQUISA

Este artigo apresenta os resultados de pesquisa exploratória, em que são demonstrados os resultados da sondagem em guias e manuais nacionais disponíveis no mercado focados no tema de implantação de BIM e, tendo caráter descritivo, o estudo de caso realizado em uma gerenciadora de grande porte voltada ao setor de infraestrutura.

Os métodos utilizados neste trabalho são detalhados a seguir.

2.1. Pesquisa bibliográfica

Focando apenas o contexto nacional, foram identificados quatro documentos relevantes à pesquisa exploratória.

Ao analisar essa bibliografia com intuito de compreender as diretrizes necessárias para que uma empresa possa desenvolver trabalhos em BIM, foi constatada a indicação de uma série de determinações, conceitos e diretrizes.

2.2. Estudo de Caso

O estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa gerenciadora de grande porte, localizada na cidade de São Paulo, que será chamada neste trabalho de Empresa A. Esta empresa atua em diversos segmentos da construção civil nacional na área de infraestrutura (transporte, saneamento, etc.).

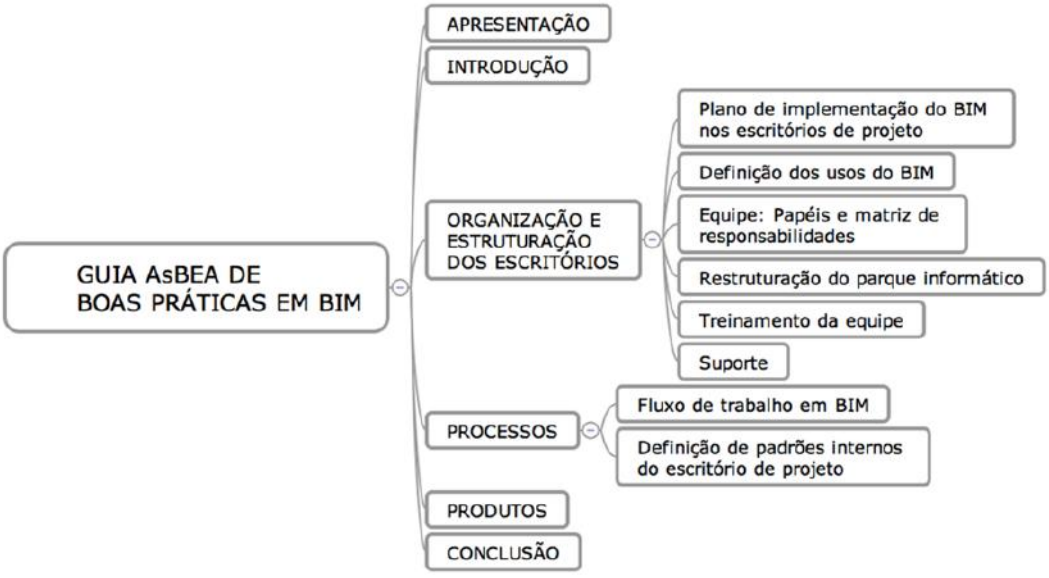
As informações da Empresa A sobre a utilização do BIM em suas atividades de gerenciamento foram obtidas a partir de entrevistas e levantamento de indicadores de resultados com os profissionais diretamente ligados à implantação, utilização da metodologia BIM e das análises de documentos internos, tais como manuais de procedimentos e matriz de maturidade. As atividades e suas etapas, as ferramentas utilizadas, seus benefícios e/ou barreiras foram as diretrizes para a elaboração do conteúdo das entrevistas e coleta de informações.

3 ANÁLISE DOS GUIAS INSTITUCIONAIS BRASILEIROS PARA IMPLANTAÇÃO DE BIM

3.1. Guia AsBEA-SP - Boas Práticas em BIM, fascículo 1 (ASBEA, 2013).

São abordados temas básicos para a implantação e utilização do BIM em empresas projetistas da cadeia da construção civil, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura do Guia AsBEA-SP – Vol.1



Fonte: Autores

Como ponto de partida, é sugerida a criação de um Plano de Implementação do BIM nos Escritórios de Projeto que tem como finalidade determinar claramente as atividades e as metas. Desta forma, caso seja comprovado que a implantação não está sendo bem-sucedida, pode-se

trabalhar no ponto específico da implantação que necessite de maior atuação.

A estrutura interna das empresas é impactada com a implantação e utilização do BIM. É necessária a criação de novas responsabilidades e papeis internos para que se possam atender às diferentes necessidades de produção e gestão da informação gerada pelo BIM. Atividades comuns dão lugar a atividades com alto nível de conhecimento técnico específico, exigindo conhecimento profundo na atividade que se exerce.

Como em toda mudança de paradigma, é esperado que exista resistência dos profissionais em todos os níveis hierárquicos da empresa. Para minimizar esta resistência, é necessário envolvimento de todos no novo processo, capacitando os envolvidos nas novas ferramentas, fluxos e processos de trabalho.

3.2. Guia AsBEA-SP - Boas Práticas em BIM fascículo 2 (ASBEA, 2015)

São demonstrados os novos métodos e posturas de trabalho entre todos os envolvidos na produção de projetos técnicos que utilizam a metodologia BIM. Na Figura 3 é possível verificar a estrutura do documento.

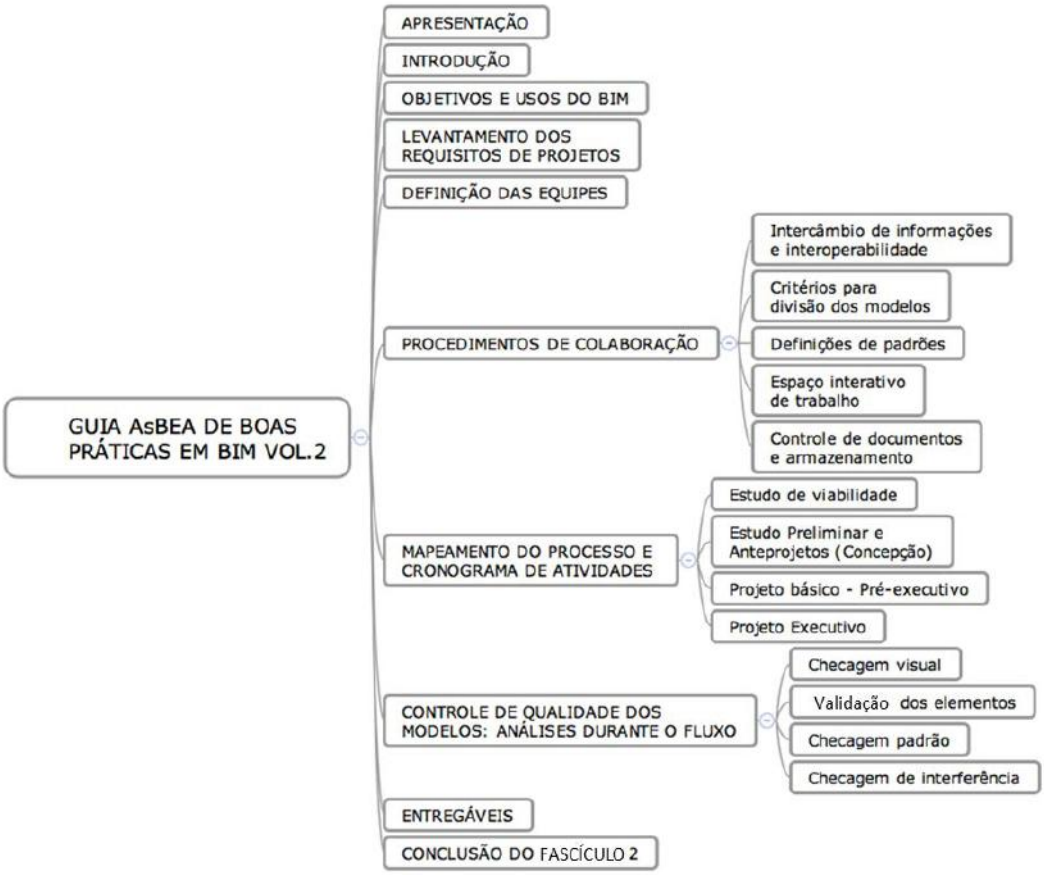
É colocada pelo Guia, como chave de sucesso para que se realize com efetividade um trabalho colaborativo utilizando a metodologia BIM, a criação de um documento, neste caso chamado de Plano de Execução BIM, que envolva a participação de todas as disciplinas. Este documento tem como objetivo garantir que todos estejam cientes das responsabilidades e oportunidades que estão associadas ao BIM.

As mudanças nos fluxos e nos processos de trabalho são colocadas como fundamentais para o sucesso do processo de trabalho colaborativo. O intercâmbio de informações, critérios para divisão do modelo, espaço interativo de trabalho, controle de documentos e armazenagem são atividades que precisam ser observadas e monitoradas pela equipe responsável pela coordenação do desenvolvimento do modelo para que não se perca a integridade das informações do trabalho.

Necessária também é a alteração do conteúdo das fases e etapas de trabalho, desenvolvendo o mapeamento do processo e cronograma das novas atividades e conteúdo a ser desenvolvido em cada etapa de modelagem. São apresentadas sugestões de fluxos para cada fase do projeto, desde o estudo de viabilidade até o projeto executivo.

Por último, o ponto discutido é referente à precisão das informações necessárias em todas as fases do processo. Dentro deste aspecto, o controle da qualidade dos modelos, com desenvolvimento de análises durante o fluxo de produção, é fundamental. Fazem parte das atividades de análise da qualidade do modelo: 1) checagem visual; 2) validade dos elementos; 3) checagem padrão e 4) checagem de interferências.

Figura 3 – Estrutura Guia AsBEA – Vol.2



Fonte: Autores

3.3. Caderno Técnico AsBEA-RS - Migração BIM (ASBEA/RS, 2015)

Resultado de reuniões frequentes do Grupo de Trabalho sobre o BIM, criado pela AsBEA-RS em 2010, o caderno tem como finalidade servir de material de apoio para todos que se interessam pela metodologia BIM aplicada à prática do desenvolvimento de projetos. São relatadas experiências de usuários que, na prática, desenvolveram suas próprias metodologias de trabalho para utilizar o BIM. Em seu conteúdo encontra-se informação sobre a adoção do BIM entre os anos de 2009 a 2012 nas empresas no setor da construção civil nacional (Figura 4).

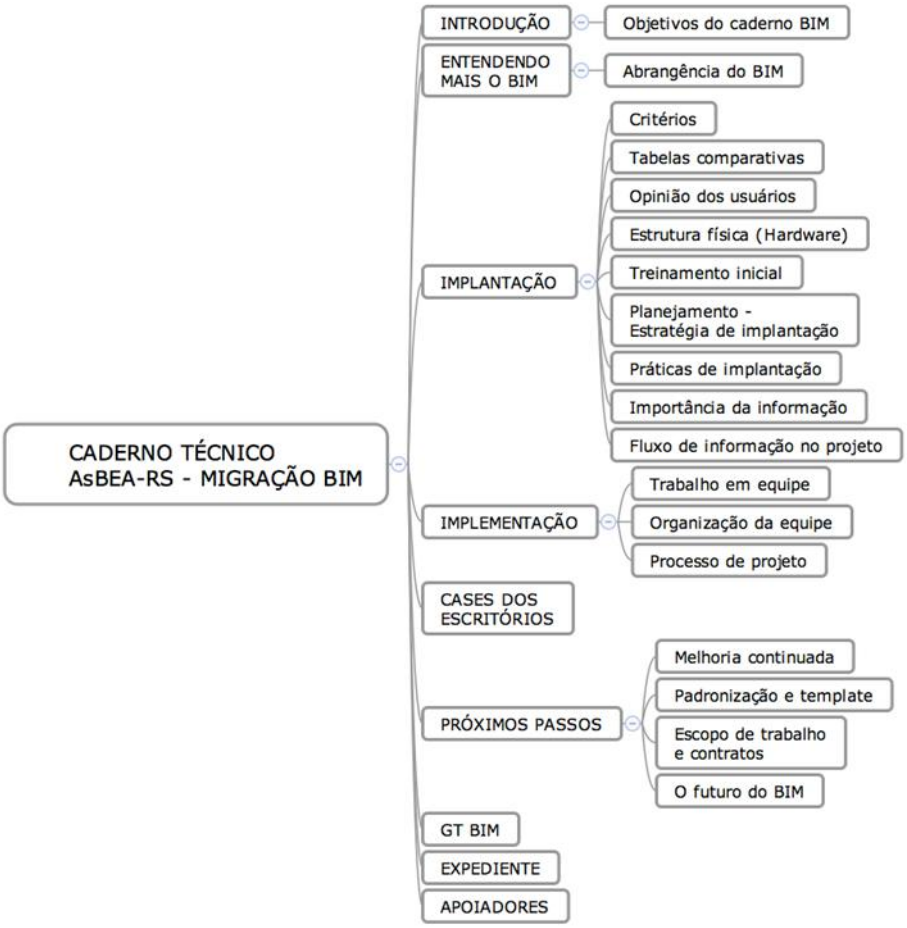
Como ponto de partida, o documento técnico descreve o que é o BIM para nivelar o conhecimento dos leitores sobre o assunto.

Em seguida, o documento sugere que a primeira ação a ser tomada para a migração para a nova tecnologia é a escolha do software a ser utilizado pela empresa – o que considera-se uma prática equivocada, pois os usos pretendidos para o BIM é que devem dirigir a escolha do software (CIC, 2011). Foram levantadas as principais ferramentas existentes no mercado para desenvolvimento de modelagem BIM. Neste contexto, a infraestrutura com equipamentos e sistema operacional tem grande importância juntamente com os treinamentos iniciais a serem ministrados a todos que farão parte da equipe interna de implantação.

Um capítulo é totalmente dedicado ao trabalho colaborativo onde se descreve a importância de inserção de toda informação do empreendimento no modelo digital onde todos os envolvidos trabalham em um único arquivo ou em arquivos ligados (arquivo central e arquivo federado, respectivamente). Acredita-se que a complexidade dos empreendimentos atuais e a inviabilidade de edição simultânea do mesmo arquivo relega a primeira alternativa somente a casos muito específicos.

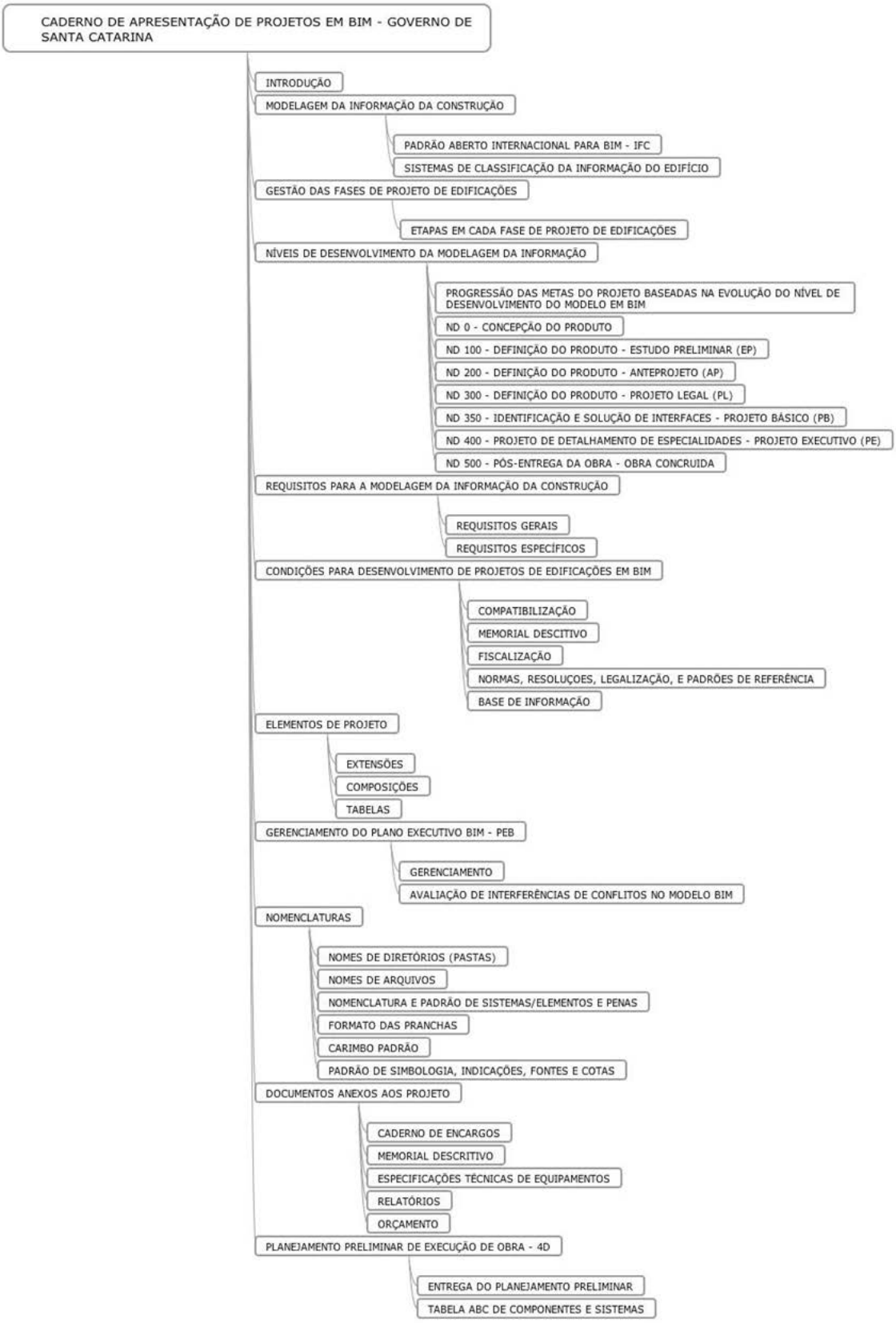
O nível de desenvolvimento do modelo com a devida inserção de informações durante as fases de projeto é um ponto que deve ser bem entendido por todos os envolvidos no processo, principalmente com o cliente. Maior esforço que o necessário para realização de determinada atividade pode gerar produção desnecessária causando custos não levantados na fase de orçamento, o que gera perda de lucratividade pela empresa.

Figura 4 – Estruturação Caderno Técnico AsBEA-RS



Fonte: Autores

Figura 5 – Estrutura Caderno BIM do Governo de Santa Catarina



Fonte: Autores

3.4. Caderno de Apresentação de Projetos em BIM do Governo de Santa Catarina

Sendo o primeiro documento técnico com especificações BIM publicado por um governo estadual, este documento de 2014 tem como objetivo dar diretrizes que devem ser utilizadas pelos prestadores de serviços do Estado com a utilização da metodologia BIM. Este documento, desenvolvido pela Secretaria de Planejamento, também deve ser utilizado como anexo em editais para contratação de serviços pelo Estado e que devem ser desenvolvidos com a metodologia.

Na Figura 5 pode ser observada a estrutura descrita no documento, onde são encontradas diretrizes técnicas de como os trabalhos em BIM devem ser desenvolvidos e entregues aos departamentos do Governo de Santa Catarina.

Desta forma, este documento possui estrutura mais abrangente e, ao mesmo tempo, mais técnica que os demais guias analisados neste trabalho.

4 ESTUDO DE CASO

A escolha da Empresa A ocorreu devido a sua atuação em gerenciamento de empreendimentos de grande porte em diversos segmentos de infraestrutura, por seu número de funcionários e presença em diversos estados do território nacional. Conforme a revista O Empreiteiro em sua 44ª edição do Ranking da Engenharia Brasileira – 500 Grandes da Construção, que indica as maiores empresas de engenharia brasileira, a Empresa A se mantém entre as primeiras colocadas no ranking há 5 anos consecutivos, apresentando última variação de receita 2013/2014 positiva, acima de R$1bilhão.

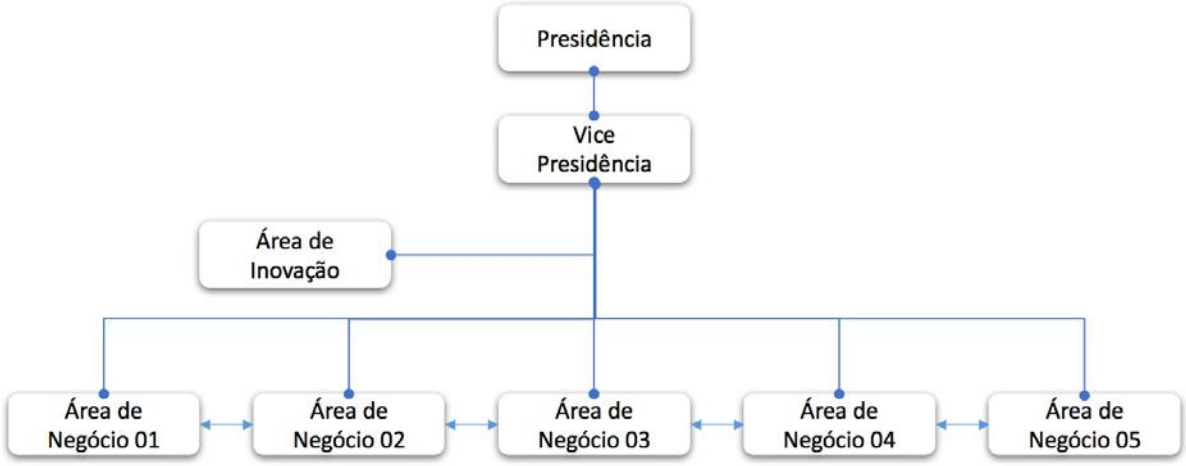
Foi escolhido para o estudo de caso um contrato em que a Empresa A atua no gerenciamento de projetos e da obra de um novo empreendimento de um cliente público, que será chamado neste documento de Cliente F.

No topo da cadeia da construção, os contratantes, sejam eles públicos ou privados, começaram a utilizar como base o documento de Santa Catarina. O Cliente F, por exemplo, usa aquele documento BIM como referência em suas licitações de contratação para desenvolvimento de projetos e gerenciamento dos novos empreendimentos focando o *Facility Management* (FM) - Gerenciamento de Facilidades.

4.1. Estrutura Organizacional da empresa estudada

Com o foco na importância de implantação de novas tecnologias, a Empresa A possui um setor independente na estrutura organizacional que é responsável pelo desenvolvimento de levantamento, testes e desenho de novos processos e metodologias, como é possível observar na Figura 6.

Figura 6 – Organograma do setor de engenharia da Empresa A



Fonte: Autores

As principais responsabilidades do setor de inovação envolvem:

- Implantar novos padrões conforme necessidade de cada inovação;
- Definir e revisar manuais internos;
- Disseminar a inovação internamente de forma a uniformizar os diferentes setores;
- Concentrar as lições aprendidas da inovação aplicada para atuar em melhorias e mitigar problemas nos futuros usos;
- Buscar melhorias nos serviços prestados;
- Planejar as metas e objetivos para a implantação das inovações.

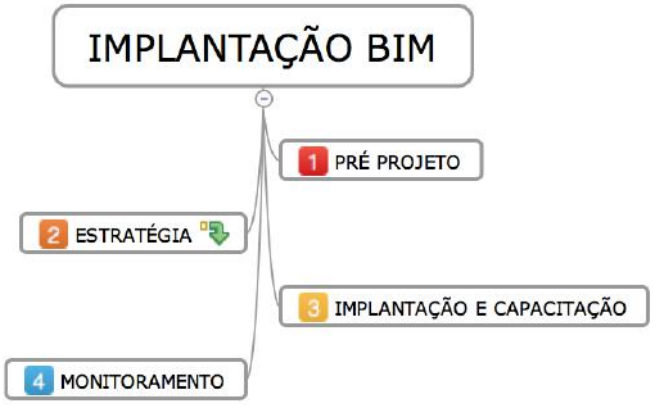
4.2. Metodologia de Inovação

Na Empresa A, por sua estrutura de prestação de serviços de engenharia para todos os segmentos da construção civil, a implantação de qualquer inovação se torna uma ação complexa. Toda implantação adotada deve atender ao escopo de cada contrato. No entanto, toda nova inovação deve ser aplicada de forma a integrar todos os serviços ofertados, estabelecendo padrões comuns a todas as áreas. Com este cenário, a metodologia BIM vem ao encontro da necessidade de atingir com mais agilidade a integração das áreas da empresa.

4.3. Implantação BIM

Para melhor aderência e aferição dos resultados referentes ao processo de implantação do BIM, a Empresa A desenvolve o processo de implantação BIM em 4 diferentes etapas, como é ilustrado na Figura 7:

Figura 7 – Etapas da implantação

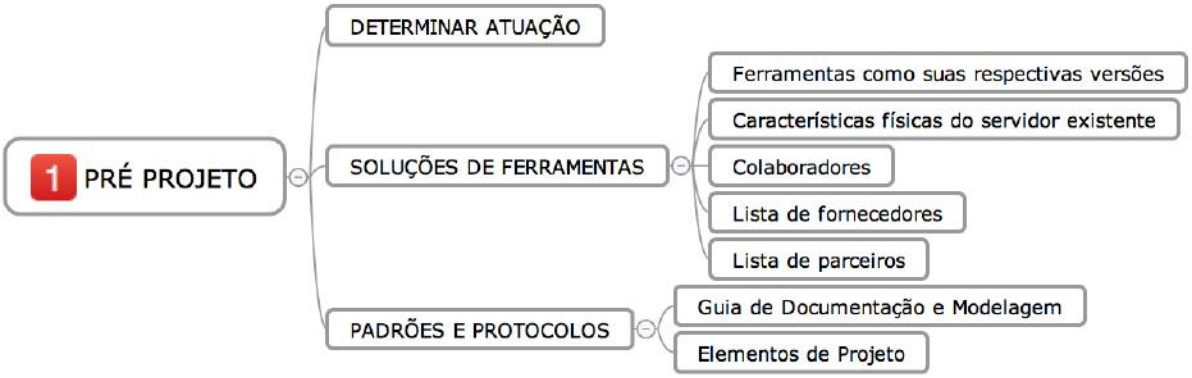


Fonte: Autores

4.3.1. Etapa de Pré-Projeto

Esta etapa destina-se ao conjunto de atividades a serem desenvolvidas como ponto de partida pelos departamentos internos da empresa para aprimorar a otimização dos custos com o início da utilização da metodologia BIM. Nesta etapa, como ilustrado na Figura 8, devem ser levantados dados e recursos para dar subsídios ao início da próxima etapa.

Figura 8 – Atividades da fase pré-projeto

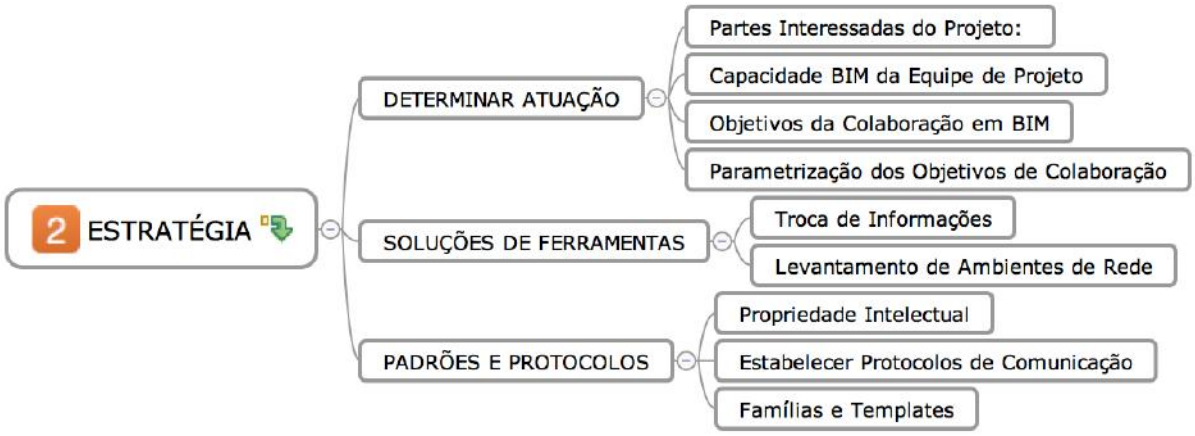


Fonte: Autores

4.3.2. Etapa de Estratégia

A etapa de estratégia se destina ao conjunto de atividades a serem desenvolvidas para melhor definir a estratégia de implantação. Seu foco é dar diretrizes para se evitar utilização de recursos com atividades desnecessárias ao plano de trabalho, otimizando tempo e os custos (Figura 9).

Figura 9 – Estrutura da etapa estratégia

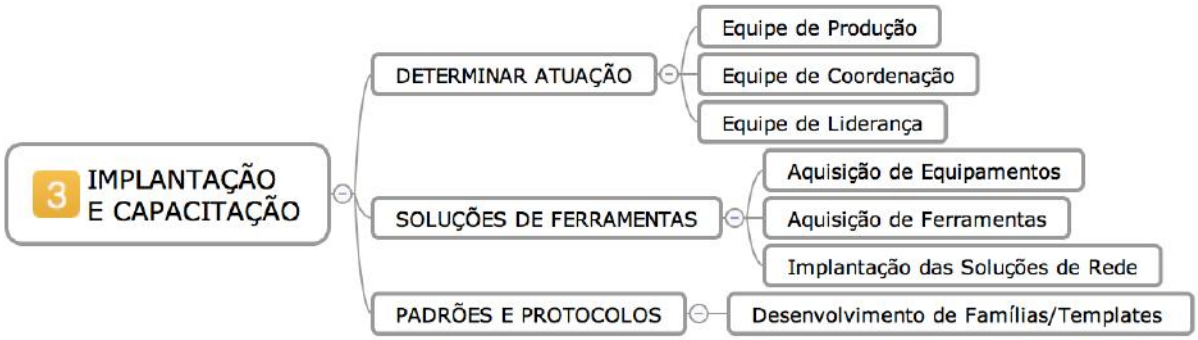


Fonte: Autores

4.3.3. Etapa de Implantação e Capacitação

A etapa de implantação e capacitação destina-se ao conjunto de atividades desenvolvidas durante a fase inicial de implantação, antes da execução dos primeiros projetos. Nesta fase deve ser identificado o escopo, determinar a atuação, adquirir as ferramentas necessárias e desenvolver os entregáveis a partir da metodologia desenvolvida como observado na Figura 10.

Figura 10 – Estrutura da fase de implantação e capacitação

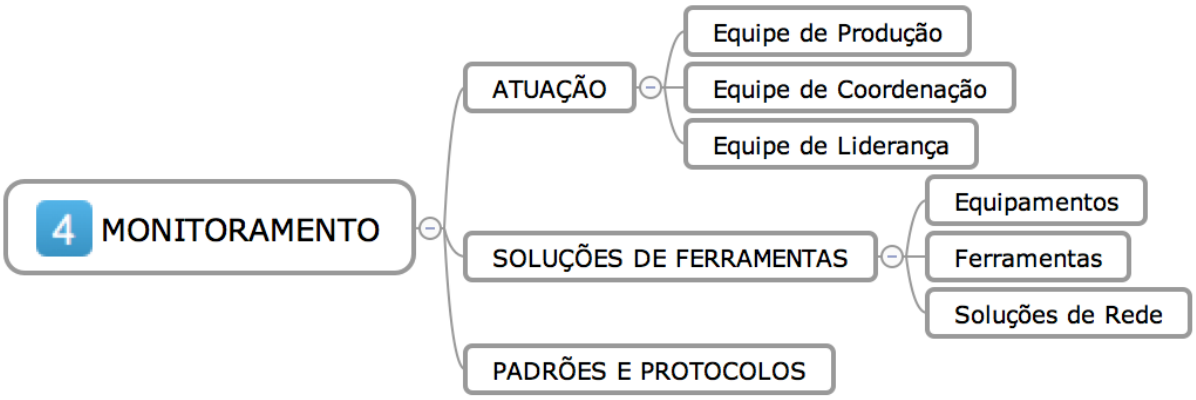


Fonte: Autores

4.3.4. Fase de Monitoramento

Na etapa de monitoramento (Figura 11), são verificados os processos e entregáveis do contrato estudado do setor onde a metodologia foi implantada. Nesta fase, a equipe BIM monitora os trabalhos em desenvolvimento certificando que os procedimentos internos desenvolvidos sejam seguidos.

Figura 11 – Estrutura da fase de monitoramento



Fonte: Autores

Com foco na continuidade do amadurecimento das atividades já iniciadas e da ampliação dos serviços a serem prestados em BIM, o setor responsável pela implantação das inovações faz o monitoramento da maturidade BIM na empresa.

O Nível de Maturidade serve para balizar a abrangência e aderência da implantação da metodologia BIM nas diversas áreas da empresa. Os resultados levantados servem como base para o desenvolvimento de novas estratégias internas referentes à metodologia.

O levantamento é dividido em três grupos (Compartilhamento, Operacional e Gerenciamento) e possuem subitens que são avaliados durante a etapa de monitoramento já apresentada neste documento.

O grupo Compartilhamento é destinado ao armazenamento e troca das informações que foram e estão sendo desenvolvidas pelos departamentos envolvidos na implantação do BIM.

- Interação de entrada;
- Interação de saída;
- Setor de planejamento BIM;
- Fragmentação da informação;
- Padronização da Informação;
- Organização do Nível de Desenvolvimento;
- Infraestrutura Física;
- Organização Hierárquica.

O grupo Operacional é destinado efetivamente a produção dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos.

- Grau de implantação;
- Uso na produção;
- Uso no gerenciamento;
- Uso no controle de qualidade;

- Sistemas Operacionais;
- Infraestrutura Operacional.

O grupo Gerenciamento é destinado aos que coordenam todas as atividades, dimensionam recursos físicos e pessoais e também fazem a negociação com fornecedores e, principalmente, com os clientes.

- Metas Estabelecidas;
- Objetivos buscados;
- Recursos disponíveis;
- Liderança;
- Estrutura de Responsabilidade.

5 RESULTADOS

Os resultados apresentados aqui são originários do levantamento de dados obtidos pela equipe responsável da Empresa A na implantação e monitoramento das atividades BIM. Desta maneira, puderam ser observadas as funcionalidades reais no que se havia planejado juntamente com a utilização do material de implantação desenvolvido pela equipe responsável.

Para apresentação dos valores levantados durante a etapa de monitoramento, a equipe responsável pela implantação da metodologia na Empresa A fez uma adaptação, como é possível ver na Figura 11, do diagrama de medição da maturidade BIM (*BRITISH STANDARDS INSTITUTION*, 2013) e utilizado no manual BIM do Governo de Santa Catarina já mencionado neste documento. Para servir de parâmetro de crescimento do nível de amadurecimento em BIM, o gráfico é dividido em diferentes níveis.

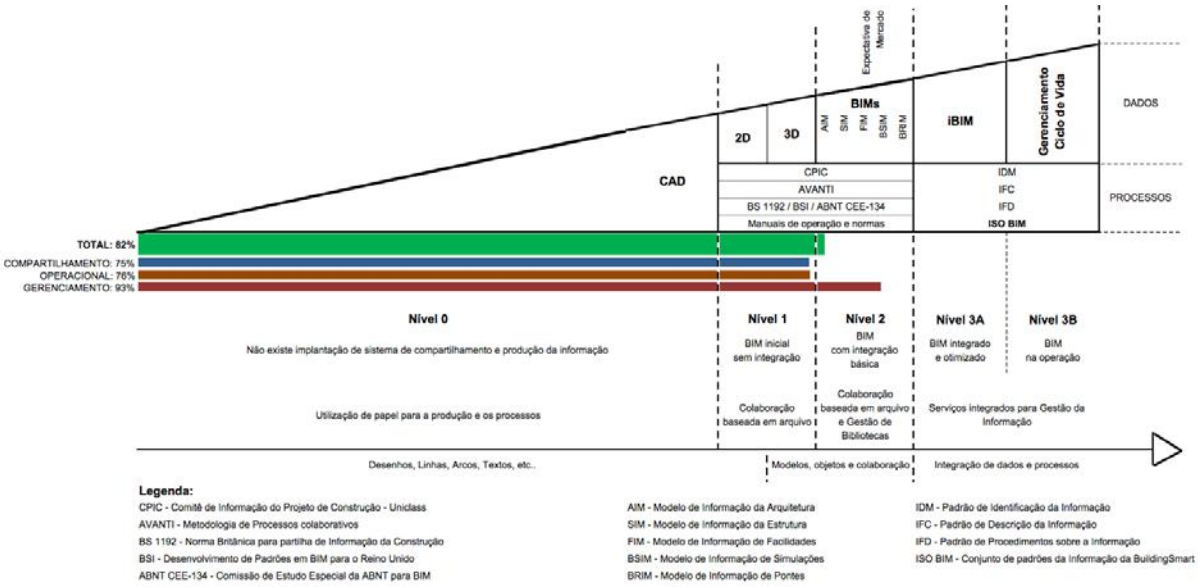
Os valores foram levantados pelo setor responsável da implantação de novas tecnologias da Empresa A, durante a fase de monitoramento das atividades em um departamento que está utilizando a metodologia BIM como impulso inovador no desenvolvimento de seus produtos.

Para obtenção dos dados, foi realizado monitoramento das atividades desenvolvidas pela equipe do contrato no período. O objetivo deste monitoramento é verificar o nível de maturidade BIM no contrato. A duração deste levantamento foi de 12 meses e os resultados foram apresentados internamente para comprovar a eficiência da utilização do BIM para a realização dos serviços no setor.

Após o período de monitoramento e levantamento de dados, foi possível verificar aumento considerável, como pode ser notado na Figura 12, nos três grupos de trabalho levantados.

Como pode ser observado após o trabalho de implantação elaborado pelo setor interno de inovação da Empresa A, houve amadurecimento total em compartilhamento de 75%, operacional de 76%, gerenciamento de 93%. Como resultante, a média de amadurecimento dos trabalhos BIM no contrato foi de 82%.

Figura 12 – Nível de maturidade BIM no caso estudado



Fonte: Adaptação pela Empresa A de BRITISH STANDARDS INSTITUTION (2015).

A partir do levantamento destes dados, é possível determinar que itens como infraestrutura física, organização hierárquica e sistemas operacionais devem receber melhorias para assim poderem obter índices melhores nos próximos monitoramentos.

6 CONCLUSÕES

Para obterem-se os níveis esperados de benefício com o uso de BIM, é necessária a criação de orientações claras e objetivas para nortear as empresas que estejam migrando ou expandindo suas operações na nova metodologia. Atualmente, como levantado neste documento, estão disponíveis Guias e Manuais Técnicos que pretendem dar tais diretrizes às empresas. Porém foi observado que alguns pontos devem ser melhor desenvolvidos para melhor entendimento do assunto.

Primeiramente, foi observado que em todos os documentos estudados o termo projeto refere-se ao produto ***design*** e não ao termo de empreendimento empregado neste artigo. Este fato pode, em primeiro plano, trazer certo desentendimento ao leitor sobre o assunto já que empresas de todas as áreas da cadeia da construção civil procuram tais documentos para adquirir base para suas atuais ou futuras atividades em BIM.

Em segundo, os documentos são em sua maioria desenvolvidos para a produção de projetos, tendo pouco ou nenhum enfoque na gestão da informação gerada durante as fases de desenvolvimento dos produtos e na execução do empreendimento.

Com este cenário, empresas pertencentes à cadeia da construção civil nacional estão se estruturando internamente para desenvolver seus trabalhos baseados não somente nos Guias e Manuais Técnicos BIM disponíveis no Brasil, mas também nos documentos desenvolvidos e utilizados em diversos outros países como Inglaterra, Austrália e Cingapura.

Como verificado no estudo de caso deste documento, uma empresa gerenciadora de grande porte necessita de diretrizes mais abrangentes para implantação e melhorias na utilização do BIM do que se apresenta aos escritórios de arquitetura. Seu foco de trabalho está no gerenciamento das informações geradas nas fases de ***design*** para serem usadas em todas as fases do empreendimento.

Desta maneira, este documento indica a necessidade de um Guia ou Documento Técnico nacional para que todos os setores da cadeia da construção civil tenham diretrizes claras e objetivas de como a informação gerada com a metodologia BIM deve ser desenvolvida, compartilhada e entregue, seja ela durante a criação, execução ou operação do empreendimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - AsBEA-SP **Boas Práticas em BIM**. Fascículo 1. São Paulo: AsBEA, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - AsBEA-SP **Boas Práticas em BIM**. Fascículo 2. São Paulo: AsBEA, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA / Regional RS - AsBEA-RS **Migração BIM**. Volume 2. Porto Alegre: AsBEA/RS, 2015.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **PAS 1192-2: 2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling**. The British Standards Institution, Londres, 2013. Disponível em: <http://shop.bsigroup.com/Navigate-by/PAS/PAS-1192-22013/>. Acesso em: 15 dez. 2015.

CIC **BIM Project Execution Planning Guide 2.0**, 2011.

CIC **Building Information Model (BIM) Protocol**: Standard Protocol for use in project using Building Information Models, 2013. BIM Standards. Disponível em: <http://www.bimtaskgroup.org/bim-protocol/>. Acesso em: 15 dez. 2015.

CIC Building Information Modelling Standards Draft 6.1. Construction Industry Council, **BIM Standards**. 2014.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors,** 2nd Edition. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., 2011.

GOVERNO DE SANTA CATARINA - SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO - COMITÊ DE OBRAS PUBLICAS **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM**. 2014. Caderno Técnico

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. **BIM:** Building Information Modeling no Brasil e na União Européia (Relatório do Projeto de Apoio aos Diálogos Setoriais União Européia – Brasil). MDIC/UE. Brasília, p. 162. 2015.

MCGRAW HILL **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets**: How contractors around the world are driving innovation with Building Information Modeling. Bedford: McGrawHill Construction, 2014

SMITH, P. BIM implementation - global strategies. **Procedia Engineering**, Amsterdan, v.85, p.482-492, 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DO USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NOS PROCESSOS E GESTÃO DE PROJETOS POR EMPRESAS DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

CASSILHA, Simone do Amaral (1); FANTONI, Bruna Barbosa (2); IAROZINSKI NETO, Alfredo (3)

(1) UTFPR, e-mail: simone.cassilha@gmail.com; (2) UTFPR, e-mail: brufantoni@gmail.com; (3) UTFPR, e-mail: alfredo.iarozinski@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho apresenta um diagnóstico da utilização de ferramentas tecnológicas por empresas de projeto do setor da construção civil. Buscou-se estabelecer um perfil das empresas a partir do estudo empírico das variáveis associadas às principais etapas de projeto. A pesquisa foi baseada em um survey onde foram levantados dados de 116 empresas. Os dados estão relacionados a 11 variáveis divididas em 6 categorias e foram analisados com base em estatística descritiva. Os resultados mostram que o setor é caracterizado ainda pelo uso incipiente das ferramentas tecnológicas disponíveis durante o desenvolvimento de projetos. O contexto encontrado mostra um espaço importante a ser ocupado na introdução de inovações no setor.

Palavras-chave: Construção civil. Processo de projeto. Gestão de projetos. Tecnologia da informação.

ABSTRACT

This paper presents an assessment of the use of technological tools for the construction industry design companies. It attempted to establish a profile of companies from the empirical study of the variables associated with the main project steps. The research was based on a survey of 116 companies where data were collected. The data are related to 11 variables divided into 6 categories, and were analyzed based on descriptive statistics. The results show that the sector is still characterized by incipient use of technological tools available for development projects. The context shows found an important space to be occupied in the introduction of innovations in the sector.

***Keywords**: Construction industry. Designing process. Project management. Information technology.*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel importante no contexto econômico do país, uma vez que representa em torno de 6% do PIB nacional e emprega cerca de 40% da mão de obra industrial (IBGE, 2011). Além disso, o setor é intensivo na utilização de informações, visto que um projeto produz centenas de documentos relacionados (NEWTON, 2002). Neste aspecto,

[1] MELHADO, S.B.; ONO, R.; VITTORINO, F.. Análise do uso de ferramentas tecnológicas nos processos e gestão de projetos por empresas do setor da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

percebe-se que a necessidade de cumprir e comprimir os prazos do empreendimento leva muitos projetos a serem desenvolvidos de forma inconsistente.

Nesta problemática enfrentada, a tecnologia da informação visa melhorar a colaboração e comunicação entre todos os agentes envolvidos, além de promover estreita relação com o produto em desenvolvimento, aumentando a precisão em relação ao produto final.

A introdução da Tecnologia da Informação na Indústria da Construção ainda é pequena em relação a outros setores. Isto se deve em grande parte devido a um conjunto de barreiras ligadas aos profissionais que atuam na área, aos seus processos longamente estabelecidos e a deficiências da própria tecnologia (SCHEER et al., 2007). Dado o tamanho do setor, os benefícios na integração da Tecnologia da Informação aos processos seriam enormes (NASCIMENTO e SANTOS, 2002).

Para efeito deste trabalho, a investigação foi delimitada às características projetuais de empresas de construção civil, localizadas em Curitiba e região metropolitana, no Estado do Paraná, que tem como atividade principal os seguintes subsetores de atuação: projetos de arquitetura e gerenciamento de projetos complementares, projetos de engenharia, e construção e incorporação de empreendimentos.

2 ESTUDOS RELACIONADOS AO USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO

O tema relacionado à inserção de novas tecnologias nos projetos da construção civil vem sendo tratado com frequência no meio acadêmico. Alguns estudos foram relacionados de acordo com a importância para o trabalho em desenvolvimento, e são mostrados a seguir.

Koskela et al. (2015) discutem a lógica de controle predominante na construção capaz de afetar a eficiência ao longo do ciclo de vida. Um grande número de agentes interage com o produto ao longo do processo, e o controle do fluxo de informações é um desafio significativo. A solução é discutida pela inserção de ferramentas como o BIM e outras tecnologias, abrangendo desde a concepção à construção e manutenção.

Mitropoulos e Howell (2002) investigam as deficiências durante o processo de projeto e propõem mudanças a fim de melhorar este. As soluções propostas foram: acelerar a descoberta das condições existentes, identificar as restrições do projeto, selecionar a equipe como decisão inicial, e acelerar o processo de projeto interativo.

Tzorzopoulos (2014) demonstra que, apesar de o uso da tecnologia demandar mudanças no conceito e processo de concepção dos projetos, estas alterações melhoram a qualidade e produtividade. A autora busca compreender e analisar as recomendações existentes na bibliografia sobre a implementação de BIM comparando-as a um caso real, em um escritório de projetos de arquitetura.

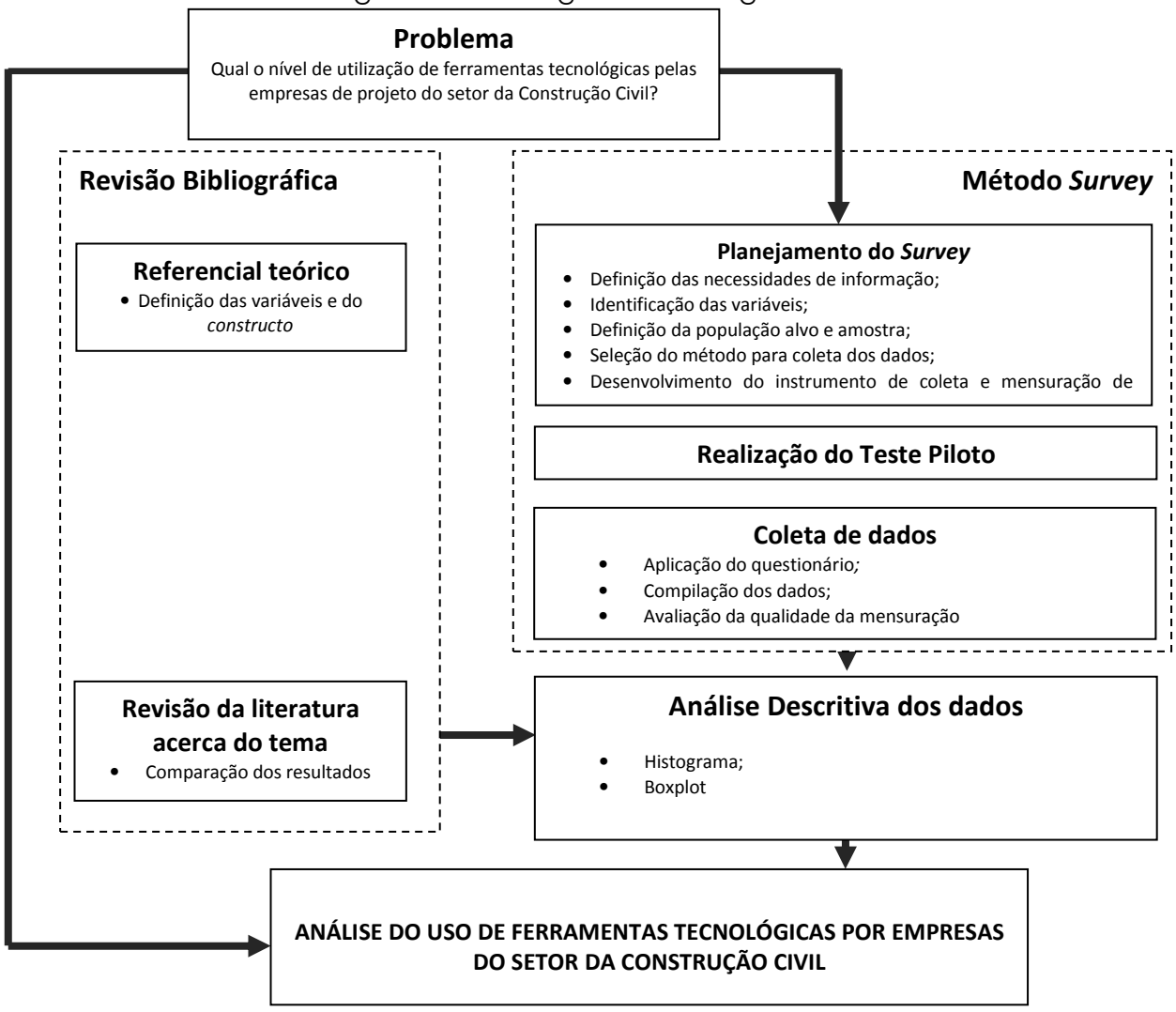
Coelho et al. (2015) estudam a implementação da modelagem da informação em uma empresa de arquitetura e destacam os principais obstáculos durante o processo, entre eles: a falta de planejamento estratégico e as necessidades de mudanças no próprio processo.

Scheer et al. (2007) realizam estudo de caso dos impactos da utilização de softwares CAD e BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura na cidade de Curitiba, e apresentam resultados em relação à produtividade, a maneira de visualização das informações, ao gerenciamento de informações e à interoperabilidade dos diversos sistemas.

3 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

A base metodológica da pesquisa é o Survey, que visa à obtenção de dados primários sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas, aliado à análise estatística descritiva. A Figura 1 apresenta as principais etapas da estratégia metodológica adotada, onde o método e os procedimentos estão descritos.

Figura 1 – Estratégia Metodológica



Fonte: Autores (2016)

3.1 Planejamento do Survey

O planejamento foi dividido em cinco etapas: definição das necessidades de informação; identificação das variáveis; definição da população alvo e amostra; seleção do método para coleta dos dados e desenvolvimento do instrumento de coleta e mensuração de dados. A partir dos estudos relacionados ao tema foram identificadas as principais variáveis a serem estudadas.

Cada grupo de variáveis corresponde a um constructo, que representa um conceito associado à teoria de base do estudo. Os constructos estão associados as etapas clássicas do desenvolvimento dos projetos, e são formados por 6 agrupamentos de variáveis, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis relacionadas ao desenvolvimento de projetos

Etapa	Variável
Representação gráfica	**CAD 2D** (Datacad, Projecad, ou outro programa equivalente) **CAD 3D** (Sketchup, 3DMax, ou outro programa equivalente.)
Projeto integrado	**BIM** - Building Information Modeling (Revit, Archicad, Vector, etc.) **Interoperabilidade** entre as diversas disciplinas da construção (projetos multidisciplinares).
Ferramenta de apoio	**Planilha eletrônica** (Excel, Calc, etc.)
Análise de parâmetros de projeto	**Benchmarking** **Indicadores de desempenho**
Gestão da elaboração do projeto	**Engenharia Simultânea** **Gestão de projetos** (MS Project, Planner, Oracle Primavera, etc.)
Ferramentas de apoio ao projeto	**Uso de Prototipagem** / Maquete / Modelo Real para teste de produtos e sistemas construtivos **Realidade Virtual**

Fonte: Autores (2016)

A definição da população alvo foi constituída por profissionais com atividades vinculadas à construção civil, integrantes de empresas localizadas em Curitiba e região. Em função do grande número de empresas com sede na região delimitada e da dificuldade de adesão da totalidade destas empresas à pesquisa, optou-se pelo método de amostragem não probabilística por conveniência. Este tipo de amostra envolve a seleção de elementos de amostra que estejam mais disponíveis para tomar parte no estudo e que podem oferecer as informações necessárias (HAIR JR. et al., 2005). Desta forma, os resultados mostram uma tendência geral do estado das variáveis para o setor.

O instrumento de coleta de dados adotado é um questionário, estruturado em duas partes: perfil das empresas e do entrevistado, e nível de utilização de ferramentas e processos.

A parte relacionada ao perfil das empresas e do entrevistado é composta por questões de múltipla escolha, que compreendem a identificação do perfil da organização. A parte relativa ao nível de utilização de ferramentas e processos é composta por 5 questões com itens relacionados às variáveis apresentadas no Quadro 1. Estas variáveis buscaram analisar, de acordo com o agrupamento das empresas do setor, o uso de ferramentas tecnológicas no desenvolvimento e na gestão dos projetos.

As variáveis foram agrupadas de acordo com a etapa do processo do ciclo produtivo dos projetos, ficando em um mesmo agrupamento as ferramentas que se enquadravam na mesma etapa do desenvolvimento. A cada questão foi associada uma escala de intensidade de sete pontos, variando desde processo/tecnologia inexistente (1) ao nível de processo/tecnologia altamente desenvolvido (7) conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de escala de intensidade

1	2	3	4	5	6	7
Processo inexistente	Processo minimamente desenvolvido (ou em implantação)	Processo pouco desenvolvido (ou utilizado parcialmente)	Processo desenvolvido (implantado e funcionando)	Processo bem Desenvolvido (implantado e funcionando plenamente)	Processo muito Desenvolvido (funcionando plenamente e estabilizado)	Processo altamente Desenvolvido (plenamente utilizado com aperfeiçoamentos constantes)

Fonte: Autores (2016)

É importante destacar que, em função da forma de mensuração, o emprego de escalas acrescenta um caráter subjetivo às análises (SAMARTINI, 2006). Portanto, os resultados finais obtidos devem ser analisados como tendências e não como valores absolutos.

3.2 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada com profissionais atuantes no mercado de projetos de arquitetura e engenharia, totalizando 165 questionários aplicados, cuja meta mínima de amostragem prevista era de 100 empresas, e ocorreu entre os meses de outubro e dezembro de 2014. Após esta etapa foi realizada uma filtragem, validando então 116 questionários para análise dos dados.

3.3 Análise descritiva dos dados

A análise descritiva é um campo da estatística que tem como objetivo sintetizar um conjunto de dados numéricos ou não, de forma a permitir uma visão global do comportamento destes (GUEDES, 2005; BUSSAB, MORETTIN, 2011).

Como instrumento para análise descritiva foi escolhido o tipo de gráfico boxplot, que é formado por uma caixa vertical construída paralelamente ao eixo da escala dos dados, e vai desde o primeiro quartil até o terceiro quartil,

com uma linha na posição da mediana. Este gráfico resume seis valores característicos dos dados: valor mínimo, primeiro quartil, mediana (segundo quartil), terceiro quartil, intervalo de variação (diferença interquartil entre 1° e 3° quartil) e valor máximo. Nele é possível identificar uma tendência dos dados a partir da mediana e ter boa representação da dispersão dos mesmos por meio da diferença interquartil (representada pelo tamanho da "caixa").

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O objetivo dessa etapa é analisar o uso de ferramentas tecnológicas nos processos e gestão de projetos pelas empresas que compõem a amostra a partir da análise descritiva dos dados, buscando um panorama geral dos resultados no setor da construção civil.

4.1 Análise das variáveis

A análise será feia por grupo de variáveis que representam um determinado constructo. Eles foram subdivididos em agrupamentos conforme as etapas do desenvolvimento do ciclo produtivo de projeto.

4.1.1 Análise das variáveis relacionadas à representação gráfica

A representação gráfica dos projetos tem apoio em softwares que auxiliam na agilidade do desenvolvimento, permitindo que as especialidades envolvidas possam interagir facilmente em todos os projetos relativos a um empreendimento. As variáveis associadas a este constructo são o uso de CAD 2D e CAD 3D.

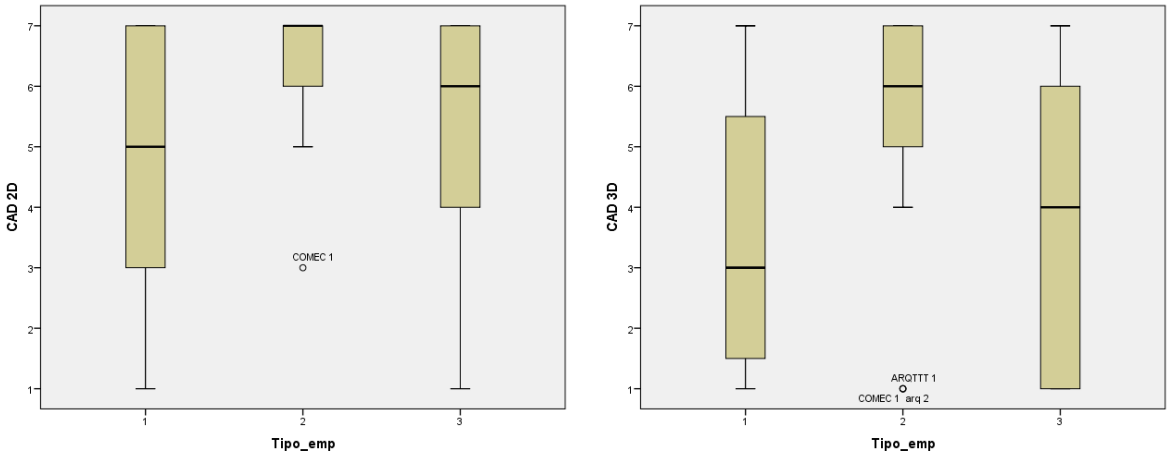
A representação em 3D na Construção Civil representa a informação espacial do empreendimento a ser construído. A facilidade em realizar estudos de fachada, introduzir mudanças e prever erros são os maiores potenciais para a utilização da ferramenta. A representação tridimensional, porém, não diminui a importância da representação em 2D, apenas prevê a associação entre os modelos, possibilitando que a representação bidimensional não contenha erros grosseiros de construção.

Analisando os resultados obtidos é possível perceber a relevante quantidade de projetistas do setor que utiliza software de apoio 2D, o que evidencia a realidade do mercado que desenvolve seus projetos em duas dimensões.

Seguindo o padrão da utilização dos softwares 2D, o nível de utilização de 3D tende para altamente desenvolvido, principalmente para as empresas projetistas de arquitetura. A utilização destes softwares, porém, não aponta para o desenvolvimento integrado dos projetos, pois neste processo a elaboração ainda se apoia em programas computacionais desatualizados no tangente à inovação.

A Figura 3 mostra os gráficos boxplot das variáveis relacionadas à representação gráfica. Pode-se perceber, analisando as medianas de cada gráfico, que a utilização de softwares 2D pelas empresas é praticamente consolidado, enquanto a ferramenta relativa à representação em 3D ainda está em implantação, apesar de apresentar forte tendência à consolidação. Neste segundo quesito é importante destacar a diferenciação do nível de utilização pelos projetistas de arquitetura que, por ficarem acima da média no gráfico, demonstram maior envolvimento na utilização desta ferramenta. Este fator se deve à necessidade do setor em representar seus projetos com a volumetria a ser alcançada na etapa de execução.

FIGURA 3: Gráficos boxplot das variáveis relativas à Representação gráfica



FONTE: Autores (2016)

4.1.2 Análise das variáveis relacionadas ao Projeto Integrado

Os softwares envolvidos ao projeto integrado trabalham com um modelo virtual do que está sendo desenvolvido, com todas as informações relacionadas entre si. Diferente dos softwares 2D que trabalham com elementos geométricos como linhas e suas diversas derivações, sem qualquer interação com o modelo final. As variáveis associadas a este constructo são o uso de softwares BIM - Building Information Modeling e a Interoperabilidade entre as diversas disciplinas da construção.

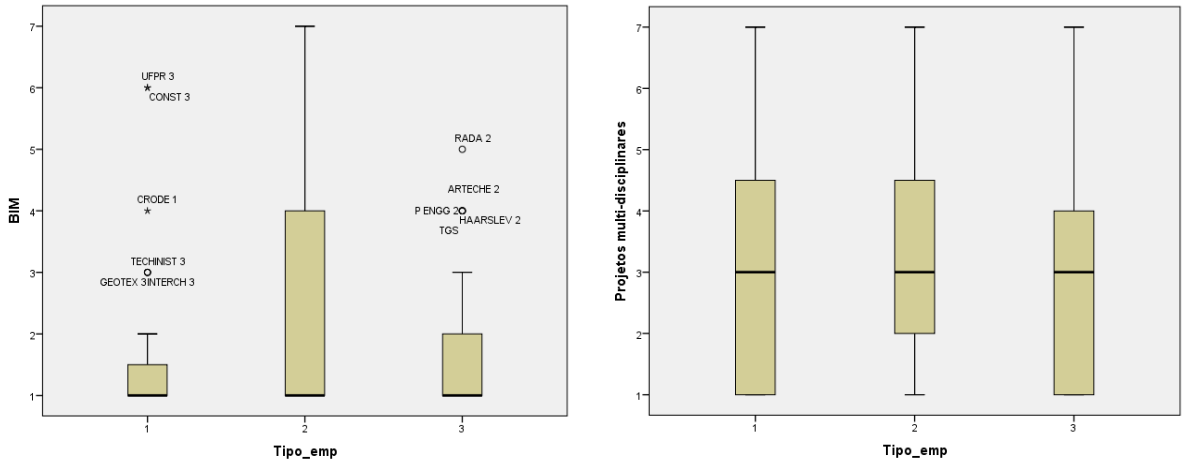
No projeto integrado os diversos desenhos existentes são interativos e qualquer alteração realizada em algum desenho relativo ao projeto, imediatamente é atualizada nas diversas representações relativas ao elemento em questão, minimizando os erros e facilitando a visualização e interpretação dos projetistas.

Nos resultados destaca-se uma tendência, ainda que discreta, do emprego da ferramenta BIM pelos projetistas de arquitetura, que aparentam intenção de evolução para um nível de utilização relativo ao processo desenvolvido.

Na questão de interoperabilidade (projetos multidisciplinares) entre as diversas disciplinas da construção é possível perceber maior evolução das empresas do que o item anterior, com o processo mais desenvolvido em empresas de arquitetura do que nos outros dois tipos de empresas.

A Figura 4 apresenta os gráficos boxplot das variáveis relacionadas ao projeto integrado. Pode-se verificar que a adesão das ferramentas que permitem interação com o modelo em desenvolvimento ainda é baixa, com a mediana ficando no menor valor. No quesito projetos multi-disciplinares a mediana se encontra em um valor um pouco maior, mas ainda abaixo do valor médio. Assim, pode-se afirmar que as empresas analisadas apresentam baixo nível de integração de seus projetos.

FIGURA 4: Gráficos boxplot das variáveis relacionadas ao Projeto Integrado



FONTE: Autores (2016)

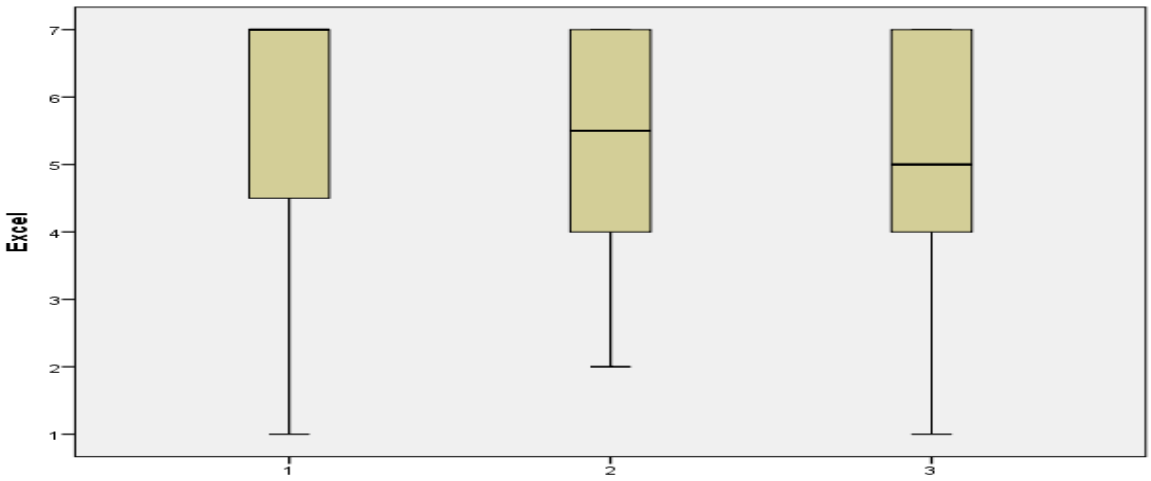
4.1.3 Análise da variável relacionada à ferramenta de apoio

A variável definida como ferramenta de apoio foi enquadrada isolada em um agrupamento por representar um meio de auxílio ao desenvolvimento de projetos nos mais diversos casos, independente das informações a serem agrupadas. A planilha eletrônica permite a realização de inúmeras tipologias de planilhas, muito útil como apoio para o processo de projeto. Não apresenta, porém, interação com os softwares listados na classificação das variáveis, impossibilitando interação entre as diferentes etapas do ciclo de vida dos projetos. Sua extensa utilização pelos profissionais baseia-se na simples e intuitiva maneira de organização de dados, não se enquadrando na busca pela inserção de inovação no setor.

Os resultados revelam grande utilização do software, com processos muito desenvolvidos. A Figura 5 apresenta os gráficos boxplot da variável relacionada à ferramenta de apoio. É possível observar que existe uma diferença de utilização pelos agrupamentos de empresas, com as medianas

variando entre 5 e 7, ratificando a alta utilização deste software pela totalidade das empresas.

FIGURA 5: Gráficos boxplot da variável relacionada à ferramenta de apoio



FONTE: Autores (2016)

4.1.4 Análise das variáveis relacionadas aos parâmetros de projeto

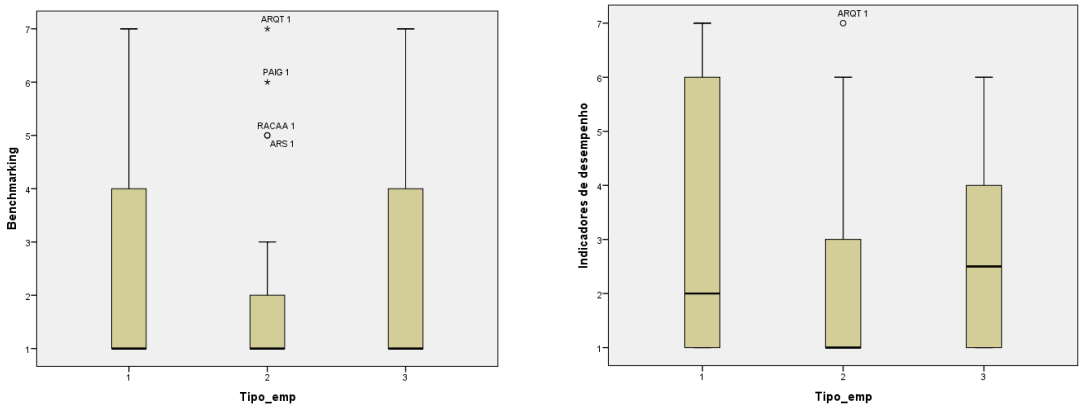
As variáveis relacionadas à análise de parâmetros de projeto foram definidas por estarem ligadas ao processo de projeto em si, podendo interferir diretamente neste processo através de ferramentas de medição e comparação de resultados com outras empresas do setor. Estes instrumentos geralmente utilizam índices com a finalidade de detectar possíveis falhas e melhorias relacionadas ao caminho processual. As variáveis relacionadas a este grupo são o Benchmarking e o uso de Indicadores de desempenho do projeto.

A distribuição da frequência do nível de utilização da ferramenta de indicadores de desempenho analisada, mostra pouca utilização desta ferramenta, porém com incorporadoras/construtoras e projetistas de engenharia demonstrando tendência à utilização.

A respeito da ferramenta benchmarking, também percebe-se certa tendência de maior utilização pelos mesmos agrupamentos citados acima.

A Figura 6 apresenta os gráficos boxplot das variáveis relacionadas aos parâmetros de projeto. É possível observar a diferença de utilização nos agrupamentos de empresas. As projetistas de arquitetura não possuem nenhum grau de utilização das ferramentas, enquanto os dados ratificam o posicionamento dos outros dois agrupamentos em tender à utilização, com medianas estando entre os graus 2 e 3 da escala.

FIGURA 6: Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à análise de parâmetros de projeto



FONTE: Autores (2016)

4.1.5 Análise das variáveis relacionadas à gestão da elaboração do projeto

As variáveis relacionadas à gestão da elaboração do projeto definem o processo pelo qual o projeto é desenvolvido, interferindo intensamente no resultado final e no tempo destinado à realização deste. As ferramentas têm como finalidade organizar o grande volume de dados produzido durante a elaboração dos projetos, além de estipular prazos e metodologias de interação entre os agentes envolvidos. As variáveis deste constructo são a Engenharia Simultânea e o uso de softwares de Gestão de Projetos.

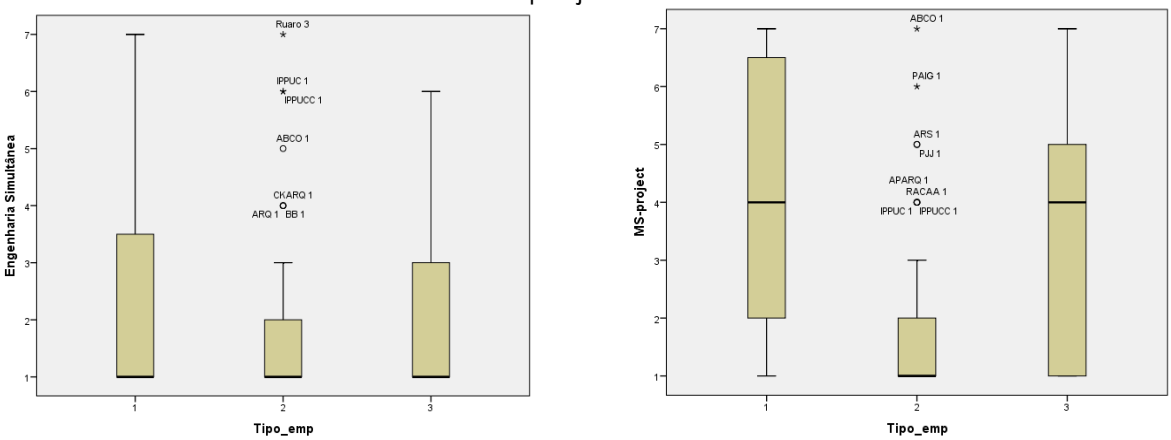
Os resultados para a ferramenta Engenharia Simultânea mostram pouca utilização para todos os agrupamentos de empresas, destacando certa tendência de uso para as construtoras/incorporadoras.

Já para os softwares de gestão de projetos os dados demonstram alto grau de utilização pelas empresas, diferindo apenas o agrupamento dos projetistas de arquitetura, que ainda não aderiram a tal recurso.

A Figura 7 apresenta os gráficos boxplot das variáveis relacionadas à gestão da elaboração do projeto. O panorama é de ainda pouca utilização das ferramentas, porém com certa tendência ao desenvolvimento pelas empresas construtoras/incorporadoras e projetistas de engenharia. As projetistas de arquitetura não possuem nenhum grau de utilização das ferramentas e visualmente nenhuma tendência ao desenvolvimento.

É possível afirmar que tanto as construtoras/incorporadoras quanto os projetistas de engenharia possuem grau relevante de preocupação com a gestão da elaboração dos projetos, e que os projetistas de arquitetura ainda não aderiram a um processo de gestão racionalizado de seus projetos com os demais complementares.

FIGURA 7: Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à gestão da elaboração do projeto



FONTE: Autores (2016)

4.1.6 Análise das variáveis relacionadas às ferramentas de apoio ao projeto

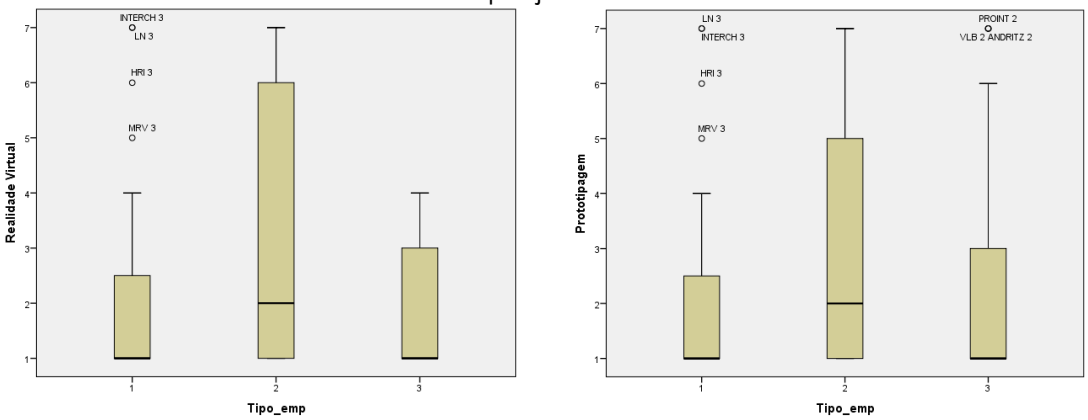
As variáveis relacionadas às ferramentas de apoio ao projeto foram desta forma classificadas por prestarem auxílio à definição de questões introduzidas nos projetos durante o processo inicial de desenvolvimento. Elas são representadas pelo uso de Prototipagem / Maquete / Modelo Real para teste de produtos e sistemas construtivos e uso da Realidade Virtual. Estas ferramentas têm como objetivo testar particularidades de projeto antes da construção, verificando virtualmente a realidade da edificação a ser construída e possibilitando realizar alterações com maior propriedade em relação ao produto final.

O resultado para o nível de utilização da ferramenta realidade virtual mostra pouca utilização para todos os agrupamentos de empresas, ficando os projetistas de arquitetura com alguma tendência de utilização, mesmo que pequena.

Seguindo o mesmo perfil da variável anterior, a ferramenta prototipagem possui baixo grau de utilização, com o grupo dos projetistas de arquitetura com certa tendência a utilização.

A Figura 8 apresenta os gráficos boxplot das variáveis relacionadas às ferramentas de apoio ao projeto. Pela análise pode-se afirmar que tanto as construtoras/incorporadoras quanto os projetistas de engenharia não inseriram em seus processos qualquer apoio em relação a estas questões, provavelmente por acreditarem que certas decisões devem ser tomadas nos projetos arquitetônicos, que geralmente são realizados em etapa anterior. Os projetistas de arquitetura apresentam tendência de utilização das ferramentas na tomada de decisão nos projetos, porém com a mediana abaixo da média.

FIGURA 8: Gráficos boxplot das variáveis relacionadas às ferramentas de apoio ao projeto



FONTE: Autores (2016)

5 CONCLUSÕES

Avaliando os processos e o gerenciamento dos projetos a partir do uso de tecnologias aplicadas ao ciclo produtivo dos mesmos na Construção Civil, percebe-se relevante utilização de softwares de apoio pelos profissionais atuantes, porém este processo ainda se apoia em programas computacionais desatualizados no tangente à inovação. A proporção de projetistas que utiliza softwares de apoio ultrapassados ainda é relevante, apesar da ocorrência de utilização de tecnologias emergentes em alguns casos avaliados.

Na análise correspondente à gestão de projetos pelas empresas, tornou-se evidente a heterogeneidade nos processos. No ramo de arquitetura a maior parte do universo representado não utiliza softwares de gestão de projetos e gerenciamento de documentação, demonstrando o atraso destas empresas em relação a este conceito. Já os projetistas de engenharia possuem certo nível de utilização da ferramenta, apesar de ainda pequeno. Fica claro que as empresas ainda não utilizam todo o potencial das ferramentas tecnológicas existentes, restando saber qual o fator de definição para a introdução destes novos instrumentos de apoio.

Em geral os dados demonstram uso incipiente das ferramentas tecnológicas e um impacto ainda pequeno sobre o desempenho do desenvolvimento de projetos da Construção Civil. Isso mostra um espaço importante para ser ocupado na introdução de novas tecnologias no setor.

REFERÊNCIAS

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. Estatística Básica. 7ª edição, 1ª reimpressão, Ed. 2011.

COELHO, K.M.; SILVA,, T.F.; MELHADO, S. **Implementação da modelagem da informação da construção em empresa de arquitetura: um estudo de caso**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

GRILO, L. M.; MELHADO, S. B. **Alternativas para a melhoria na gestão do processo de projeto na indústria da construção de edifícios.** In: III Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto. Belo Horizonte, 2003.

GUEDES, T. A. Projeto de ensino. Aprender fazendo estatística. 2005. Disponível em: <http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_etal_ Estatistica_ Descritiva.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2015.

HAIR, JR., J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H.; SAMOUEL, P. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção.** 2011.

KOSKELA, L. DAVE, B., KUBLER, S., PIKAS, E., HOLMSTRÖM, J., SINGH, V., FRÄMLING, K. **Intelligent Products: Shifting the Production Control Logic in Construction (With Lean and BIM)**. Proceedings of the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth. Austrália, 2015.

MITROPOULOS, P., HOWELL, G. **Renovation Projects: Design Process Problems and Improvement Mechanisms**. J. Manage. Eng. 2002.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. **Barreiras para o uso da Tecnologia da Informação na indústria da Construção Civil.** In: WORKSHOP NACIONAL – GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., Porto Alegre, 2002. Anais. Porto Alegre, 2002.

NEWTON, R., AMARATUNGA, D., BALDRY, D., SARSHAR, M. **Quantitative and qualitative research in the built environment: application of "mixed" research approach.** Work Study, Vol. 51 Iss: 1, pp.17 – 31. 2002.

SAMARTINI, A.L.S. **Comparação entre métodos de mensuração da importância de atributos em produtos e serviços**. GV – pesquisa. São Paulo, 2006.

SCHEER, S.; ITO, A. L. Y.; AYRES Filho, C.; AZUMA, F. e BEBER, M. **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura.** In: Anais do VII Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Curitiba, 2007.

TZORTZOPOULOS, P., CHAVES, F. J., FORMOSO, C. T., SOMMER, L. **Implementação de BIM: Comparação entre as diretrizes existentes na literatura e um caso real**. *XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O PAPEL DA AUTOMAÇÃO E DA ROBÓTICA NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES[1]

CORRÊA, Fabiano (1)

(1) USP, e-mail: fabiano.correa@usp.br;

RESUMO

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) vem transformando profundamente a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção. Um aspecto relevante deste fato é que com o uso de computadores, grande parte dos processos inerentes à construção de uma edificação pode ser realizada com maiores previsibilidade e controle das informações produzidas ao longo de todo o processo. Acredita-se que o BIM possa ser a porta de entrada para as tecnologias de automação e robótica na construção de edificações, permitindo assim também um maior controle das atividades finais, propriamente da produção de componentes e da construção e/ou montagem da edificação em si. O emprego destas tecnologias na construção em alguns países sinaliza uma aproximação desta com as práticas experimentadas pelas demais indústrias. Este artigo contribui no sentido de explicitar o uso do BIM em países como o Japão, que são bastante desenvolvidos no emprego da automação e robótica na construção, por meio de apresentação da literatura relacionada, do estudo de um caso específico, e do relato de visitas técnicas realizadas pelo autor ao local.

Palavras-chave: Automação e Robótica. BIM. Industrialização da Construção.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) have truly changed the industry of Architecture, Engineering and Construction. One relevant aspect of this fact is that with the use of computers, a large part of the processes inherent to the construction of a building could be conducted with more predictability and control of the information generated throughout the whole process. It is believed that BIM could also be the entrance for the automation and robotic technologies in construction, thus allowing better control of the final activities, i.e., the fabrication of components and the assembly or construction of the building itself. The employment of these technologies in construction in some specific countries points to approaches adopted by the other industries. This paper contribution consists in turning explicit the BIM uses in Japan, which is very advanced in the employment of automation and robotics in construction, by means of literature review, a case study, and information obtained in technical visits made by the author to that country.

***Keywords**: Automation and Robotics. BIM. Industrialization.*

[1] CORRÊA, F.R.. O papel da automação e da robótica na construção de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção ou simplesmente BIM (*Building Information Modeling*) vem transformando profundamente a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) tanto no exterior quanto no Brasil (EASTMAN *et al*., 2011).

Um aspecto bastante relevante deste fato é que com o uso de computadores, grande parte dos processos inerentes ao ciclo de vida da edificação podem ser realizados com maiores previsibilidade e controle das informações produzidas. No ambiente virtual, estas informações encontram-se integradas e são facilmente visualizadas favorecendo as tomadas de decisão e à coordenação destes processos.

Soluções alternativas ao BIM, mas consonantes ao projeto auxiliado por computador (CAD) e à engenharia auxiliada por computador (CAE), existem mundo afora, e foram desenvolvidas ao mesmo tempo sob o termo Construção Integrada por Computador ou CIC (*Computer Integrated Construction*), procurando trazer para o ambiente da Construção, o diferencial tecnológico que já existe nas demais indústrias (YAMAZAKI *et al.*, 2014).

Na interface entre soluções de software e hardware, estão as tecnologias da automação e da robótica, amparadas pela manufatura auxiliada por computador (CAM), que possibilita um controle maior sobre a produção em termos de precisão e qualidade. Devido às particularidades da indústria da AEC, o CAM ainda não é explorado adequadamente, mas tem sido parte das recentes discussões envolvendo a industrialização da Construção (CIB, 2010).

Assim, o emprego destas tecnologias na Construção, em países como a Alemanha e principalmente o Japão, sinaliza uma aproximação desta com as práticas de industrialização, que transformaram as demais indústrias em termos de produtividade e redução dos custos de produção. Soluções para a pré-fabricação de componentes, para a prestação de serviços e até automação da produção e montagem com robôs no canteiro de obra já existem, mesmo que economicamente viáveis apenas em projetos muito particulares (BOCK; LINNER, 2015a; BOCK; LINNER, 2015b).

No sentido de apresentar os principais elementos da automação e da robótica em geral, e das particularidades de seu emprego na Construção, bem como do contexto propício ao seu desenvolvimento que necessitaria de uma alteração da cadeia produtiva inteira, este artigo contribui no sentido de explicitar o uso do BIM no Japão (semelhante ao que acontece na Ásia como um todo), por meio de apresentação da literatura relacionada, do estudo de um caso específico, e do relato de visitas técnicas realizadas pelo autor ao local.

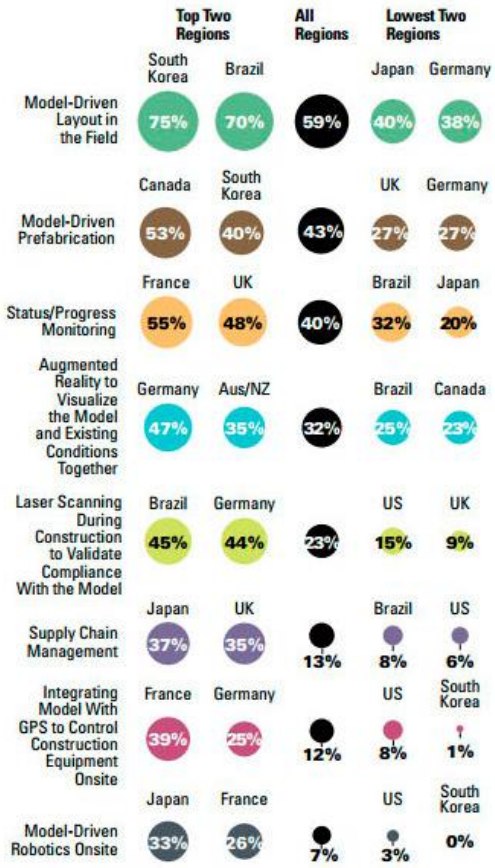
2 BIM/CAD 3D PARA FABRICAÇÃO

Dentre as muitas facilidades que o conceito, e consequentemente as ferramentas computacionais, de projeto assistido por computador (CAD) traz consigo, está sua capacidade de gerenciar e auxiliar projetos complexos, como por exemplo edifícios e torres altas com fachadas e estruturas de formas livres. Em edificações convencionais, não se opta no geral por esta liberdade devido aos custos e dificuldades envolvidas (MIYAKAWA *et al.*, 2000).

Neste contexto, o BIM vem sendo empregado com diferentes finalidades mundo afora, tanto em fases de concepção, quanto de execução de obras. Segundo os números obtidos no relatório técnico da McGraw Hill Construction (2014), os usos mais recorrentes nas fases de concepção e pré-construção são: coordenação entre diferentes disciplinas (60%), visualização da intenção do projeto (52%), determinação de quantitativos do modelo (30%), integração do modelo com o plano de ataque da obra (29%), e integração do modelo com custos (24%).

Como estes números representam a média entre os diferentes países, é importante destacar que segundo a maturidade do uso do BIM em cada país, e da cultura da construção local, estas porcentagens variam bastante. As construtoras brasileiras que usam BIM, por exemplo, empregam os modelos nas fases inicias de projeto e planejamento da construção principalmente para integração com o plano de ataque da obra (72%) e com os custos (52%), em contraposição, por exemplo a 21% e 9%, respectivamente, nos EUA.

Figura 1 – Usos dos modelos BIM pelas construtoras mundo afora durante a fase de construção



Fonte: MCGRAW HILL, 2014.

A Figura 1 ilustra alguns dos usos mais recorrentes, na fase da construção, dos modelos BIM pelas construtoras (MCGRAW HILL, 2014):

- Disposição e posicionamento dos elementos conduzidos pelo modelo;
- Monitoramento do estado ou do progresso da construção;
- Uso de realidade aumentada para contrapor o modelo e as condições existentes na obra;
- Uso de varredura a laser para validar a aderência ao modelo projetado;
- Gerenciamento da cadeia produtiva;
- Integração do modelo com o GPS para controlar equipamentos de construção no canteiro;
- Robótica dirigida por meio do modelo BIM.

Estes usos ligados à fase de construção estão relacionados à eventual utilização das tecnologias de automação e robótica na Construção. E os dois últimos usos apresentados seriam aqueles mais ligados à interface software / hardware e à tecnologia da robótica.

Os percentuais apresentados na Figura 1 para estes usos são bem baixos: em geral, 12% para controle de equipamentos por meio de GPS, e 7% para controle de robôs. A exceção é o Japão onde o uso do modelo BIM para conduzir os robôs no canteiro está em 33%.

O uso do modelo BIM para a pré-fabricação (53% deste tipo de uso no Canadá) é um uso bastante interessante e consonante com a discussão de ter-se o BIM como potencializador da entrada de tecnologias como a automação e a Robótica na construção. Segundo outro relatório técnico da mesma McGraw Hill Construction (2011), com o desenvolvimento e a adoção do BIM por muitos entes relacionados à Construção, o emprego da pré-fabricação, que já é antigo e corriqueiro em alguns países, ganhou um impulso ainda maior, e vem trazendo mais benefícios à cadeia produtiva. E são realmente os fabricantes de equipamentos mecânicos e elétricos, estruturas de aço e painéis externos que se beneficiam do emprego do BIM devido à dificuldade de coordenação de informação nos paradigmas anteriores da Construção (YAMAZAKI *et al.*, 2014).

Elemento importante neste panorama, e que não é no geral explicitado, é que nos países asiáticos, e no Japão em particular, as empresas que pré-fabricam casas e desenvolvem soluções de automação no canteiro, desenvolveram ao longo das últimas décadas soluções computacionais próprias de auxílio ao projeto e à manufatura. Hoje, elas as chamam de BIM, e estas plataformas que coordenam todo o ciclo de vida da edificação configuram-se num segredo industrial, conforme o autor constatou em recente visita técnica ao país.

Um fator que impede o desenvolvimento de todo o potencial destas ferramentas de auxílio por computador, é esta constante necessidade de transformar as informações de um meio digital (modelo BIM) para um meio analógico (pranchas de desenhos) e vice-versa. Além da propensão a perdas de informação, também incorrem em custos mais elevados e assim impedem a sinergia entre software e hardware, que existiria em cenários automatizados e com emprego de robôs (BOCK; LINNER, 2015a).

Este cenário, no entanto, começa a ser alterado com a adoção de diversos sensores no canteiro de obra, capazes de alimentar os sistemas computacionais com informações do que efetivamente está sendo construído, e até a obtenção em tempo real (NAWAZ *et al.*, 2015; STONE; JUBERTS, 2002).

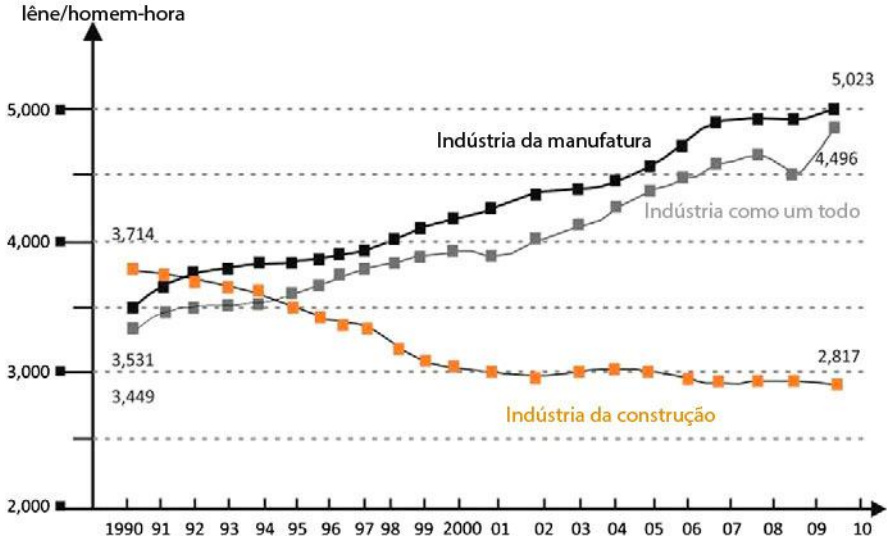
Entende-se que atualmente o BIM tem um papel similar ao CAD/CAE na indústria da AEC. Assim, na maior parte dos casos dentro do paradigma do BIM, a produção ou manufatura é realizada à margem de máquinas de controle numérico ou robôs (CAM), perdendo-se tanto o controle sobre o produto final, quanto a consistência da informação da construção associada à edificação construída.

3 INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

O desempenho da Construção está abaixo dos números apresentados pelas demais indústrias. Tome-se como exemplo a produtividade da mão-de-obra empregada na Construção, mundialmente (Figura 2). O gráfico registra um declínio considerável entre 1990 e 2000, e um leve declínio nestes últimos 10

anos. Enquanto que as demais indústrias apresentar um aumento constante de produtividade. Isto se deve ao fato da Construção ainda empregar muita mão-de-obra pouco qualificada, e as demais indústrias empregarem as tecnologias de automação e robótica, em substituição à mão-de-obra humana.

Figura 2 – Produtividade da mão-de-obra comparativa entre as demais indústrias e a Construção

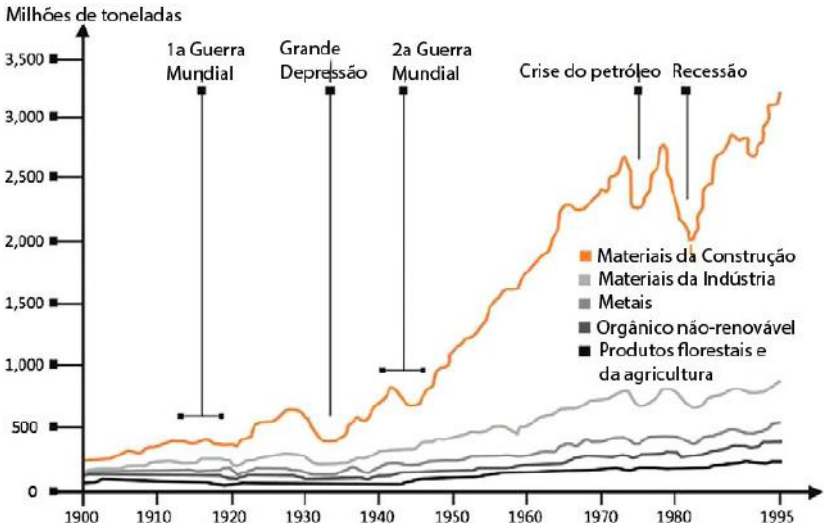


Fonte: Adaptado de BOCK, 2015.

A Figura 3 ilustra o emprego de matéria-prima, comparativamente entre as indústrias. Todas as indústrias, à exceção da Construção, tiveram apenas um pequeno acréscimo de emprego de matéria-prima ao longo dos últimos 100 anos; enquanto que a construção aumentou em mais de 7 vezes o seu consumo. A figura destaca alguns eventos importantes que explicam picos nos valores apresentados pelo gráfico, como as guerras mundias, e a crise do petróleo.

Entende-se que esta clara distinção não é apenas fruto das particularidades da indústria da Construção, mas sim também de uma cultura que se perpetua, e que dificulta o investimento em e a assimilação de novas tecnologias por parte da mesma. Acredita-se que solução para esta situação aponta na direção da adoção de práticas indústrias à mesma.

Figura 3 – Consumo de matéria-prima comparativo entre as demais indústrias e a Construção nos EUA.



Fonte: Adaptado de BOCK, 2015.

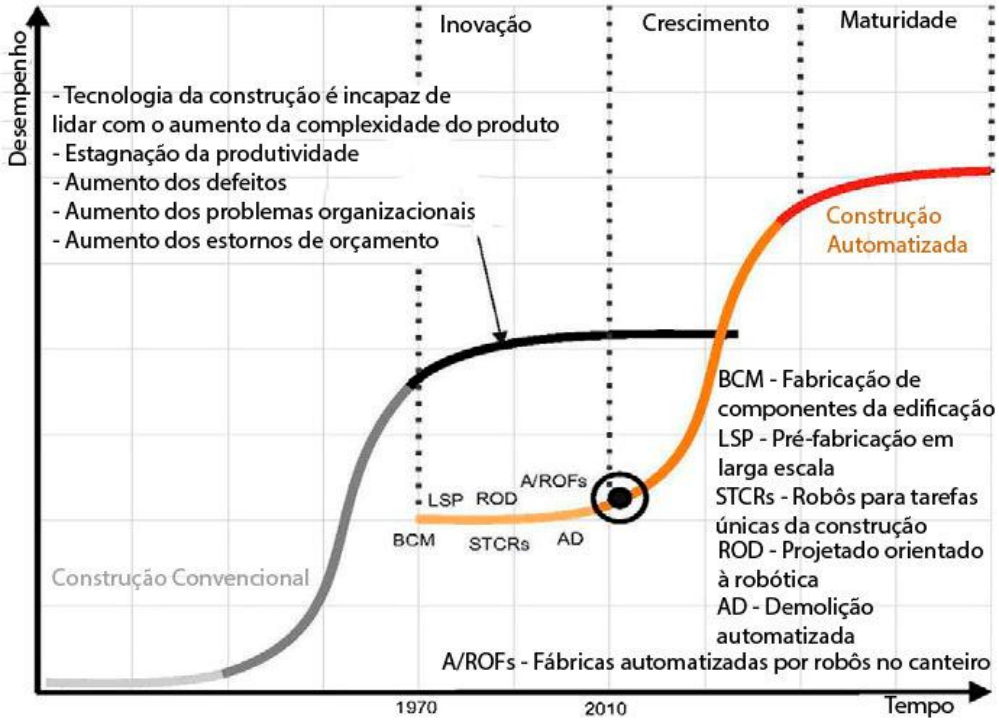
Embora não exista um consenso e seja de difícil definição, a Industrialização da Construção poderia ser entendida como uma mudança da mentalidade e das práticas atuais no sentido de produzir um ambiente construído de alta qualidade e personalizado, por meio de processos integrados e de otimizações na padronização dos componentes, na organização, no custo e valor agregado aos componentes e produto final, e no emprego de mecanização e automação (BUSHWELL *et al.*, 2010).

Considerando as iniciativas no sentido de industrialização da construção, e as dificuldades que vem sendo encontradas (CIB, 2010), é importante destacar que este cenário é aparentemente temporário e que todo o investimento em pesquisas relacionada à automação e emprego de robótica na Construção estão perto de trazer o retorno financeiro. A curva mostrada na Figura 4 (BOCK, 2015) representada uma comparação entre o sistema de construção atualmente empregado pela Construção e o que está convencionando chamar-se de Construção Automatizada.

Repare que inicialmente, no estágio em que nos encontramos, tudo o que foi desenvolvido em termos de automação e robótica para a Construção não elevou esta nova forma de construção a um patamar superior aos processos antigos, seja porque as soluções são isoladas, seja porque as soluções ainda têm um caráter experimental e de pesquisa. Como argumenta Bock (2015), é comum a todo processo de inovação, chegar um momento no qual os avanços se multiplicam e se integram permitindo um ganho exponencial de desempenho e assim ultrapassando definitivamente a tecnologia anterior.

Segundo Bock e Linner (2015), é necessário que exista uma sinergia entre Produto, Organização, Informação e Maquinário para que a indústria da construção tire partido do potencial existente das mesmas. Avanços nas três primeiras áreas, que já ocorreram na construção, desprovidos do maquinário, não causam o verdadeiro impacto.

Figura 4 - Curva de inovação (BOCK, 2015)



Fonte: Adaptado de BOCK e LINNER, 2015a

Em termos de Informação e Organização, acredita-se que esta mudança vem acontecendo com a adoção do BIM (e de paradigmas e tecnologias afim). Como exemplo de alterações no produto, pode-se citar o seguinte exemplo: a produção de submarinos foi transformada durante a I Guerra Mundial a partir de mudanças no processo de produção. Henry Ford conseguiu um contrato para promover um incremento de mais de 10 vezes no volume de produção anual. E para isso, teve o aval para alterar o projeto do submarino, implementando três linhas paralelas de montagem, e criando kits de componentes que iam de uma estação de trabalho para outra, bem como empregando chapas planas que podiam ser produzidas no local por máquinas da época (BOCK; LINNER, 2015a).

Parte desta transformação do produto "edificação" passa pelo emprego maior de pré-fabricação, padronização e modularização, e neste ponto o BIM tem alavancado o uso mesmo em países que já adotavam este tipo de solução (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2011). Ou seja, uma maior padronização dos processos de produção e montagem facilitaria o processo de industrialização (BOCK; LINNER, 2015a).

O Japão, como exemplo de sucesso, onde transformações vem acontecendo a várias décadas, inclusive na parte de maquinário com o emprego de diferentes sistemas robotizados, vale ser mencionado. A maior parte das empresas japonesas que pré-fabricam casas são subsidiárias de empresas do ramo química, de materiais e até eletrônica e automobilística, como o caso da Panasonic e Toyota, respectivamente. Desta forma, as subsidiárias acabam consumindo grande parte dos produtos da matriz, ou são *show-room* de suas tecnologias. Em casos assim, é possível obter um efeito multiplicador de desempenho (PME) onde receitas são geradas pela

empresa matriz que as aplica na pesquisa de soluções tecnológicas em suas subsidiárias (BOCK; LINNER, 2015a). O desenvolvimento destas tecnologias é mais importante do que os custos iniciais de operação das mesmas.

Em resumo, entendendo o edifício como o produto, seria preciso repensá-lo para tirar maior proveito da existência de robôs capazes de montar módulos para o comporem. Em termos de organização, seria necessário reestruturar a cadeia produtiva para considerar um novo produto e uma nova maneira de se construi-lo. O BIM seria a inovação da informação, que realmente já entrega todo o seu potencial se na ponta da produção de componentes, módulos, e em última instância a edificação, existe uma maneira automática a partir de informação digital para produzi-los, sem a necessidade de transformar o digital em analógico (pranchas) e depender de mestre de obras que muitas vezes que realizam o serviço diferentemente do projetado.

Conforme explicitado por Bock e Linner (2015), o maquinário que em último caso é a robótica, é a parte deficitária nesta complementaridade. Dentre os mais de 150 robôs testados para diferentes funcionalidades, poucos são comercialmente viáveis por ainda não se ter atingido a sinergia entre Produto, Organização, Informação e Maquinário.

Pensando na indústria da Construção como um todo, Bock (2015) enxerga o desenvolvimento de maquinário em quatro possíveis situações:

- Produção automatizada fora do canteiro (off-site): Existem diversas fábricas de pré-fabricados, trabalhando com materiais como madeira e aço que produzem (BOCK; LINNER, 2015b). Por exemplo, a Sekisui Home produz casas pré-fabricadas a partir de um estrutura metálica.
- Robôs especializados para realizar tarefa única: Mais de 150 robôs (BOCK; LINNER, 2015a) foram desenvolvidas para realizar tarefas específicas. A quase totalidade destes robôs não são comercialmente viáveis. Por exemplo, um robô para pintura de fachadas, desenvolvida pela Taisei;
- Construção automatizada no canteiro (on-site): um estudo de caso deste sistema será apresentado a seguir, neste artigo;
- Sistemas mecatrônicos para o ambiente construído: Os principais sistemas mecatrônicos em desenvolvimento estão focados em aspectos de reabilitação e cuidados de saúde para uma população idosa (BOCK, 2015).

4 APRESENTAÇÃO E ESTUDO DE CASO

Em particular, propõe-se apresentar o caso específico do sistema ABCS, para ilustrar o nível de automação e uso da robótica na construção em canteiro. É importante salientar que o caso relatado e analisado não tem uma relação direta com o uso do BIM.

4.1 Construção automatizada no canteiro (*on-site*)

Conforme Linner (2013), existem dezenas de exemplos de sistemas de construção automatizadas, restritos, no entato, a alguns países do mundo:

- Japão (*Automated Building Construction Systems – ABCS* e *Big Canopy*, da Obayashi; *Akatuki 21*, da Fujita; *Future Automated Construction Efficient System – FACES*, da Goyo/Penta Ocean; *Mast Climbing Construction System – MCCS*, da Maeda; *Roof Push-up*, da Takenaka; *Roof-Robo*, da Toda; *Shimizu Manufacturing System by Advanced Robot Technology – SMART* e *SMART Light*, da Shimizu; *Totally Mechanised Construction System for High-rise Buildings – T-up*, da Taisei; *Automatic Up-Rising Construction by Advanced Technique – AMURAD*, da Kajima; *J-UP*, da Sekisui House);
- Holanda (*System Netherlands*, da Royal BAM Group);
- Coréia do Sul (*Robotic and Crane based Automatic Construction System – RCACS*, de um consórcio de empresas liderado pela Coréia)
- Suécia (*System Skanska*, da Skanska).

A seguir, será analisado o sistema ABCS, desenvolvido pela empresa japonesa Obayashi. Ele consiste na implementação de uma "fábrica" sobre os primeiros pavimentos da edificação em construção. Tal sistema objetiva uma automatização em grau elevado da montagem da edificação no canteiro, por meio da instalação de uma fárica no canteiro, com logística, posição de vigas e pilares, solda automatizados e um processo de controle em tempo real (BOCK et al., 2011).

Normalmente são levantados de dois a três pavimentos de maneira convencional para posterior montagem do sistema sobre os pavimentos existentes.

O elemento central do SCF (*Super Construction Factory*) é o Sistema de Entrega Paralelo que assegura que os materiais são entregues do solo até o pavimento correto e também na posição exata naquele pavimento. Como é necessário um alto grau de precisão nesta tarefa, é empregado um sistema de varredura laser.

Alguns detalhes dos componentes destes sistema:

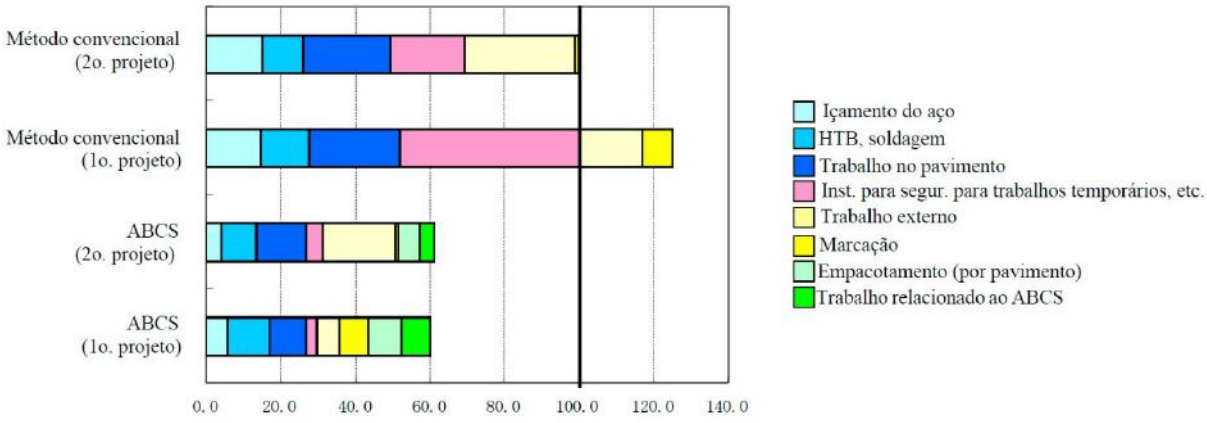
- SCF: medindo 33 m de comprimento, por 96 m de largura e 28 m de altura, o sistema pesa 2.200 toneladas, incluindo todo o aparato dos demais dispositivos. Ele provê um ambiente selado das intempéries e ao final da construção, transforma-se no próprio topo do edifício;
- Sistema de içamento: os pilares de apoio, erigidos sobre os pilares de aço da edificação, penetram na estrutura do SCF. No topo de cada pilar existe um mecanismo de içamento. Inicialmente ele havia sido instalado em todos os pilares da edificação, mas em um processo de otimização, foi possível empregar o sistema apenas em metade dos pilares;
- SCF Cranes: foram empregadas três gruas, duas de 13 t com braços rotativos e uma de 7,5 t, com mecanismo onde as vigas deslizam

lateralmente. No pavimento de construção, as gruas realizam o transporte horizontal e a instalação dos pilares e vigas de aço, da laje de concreto pre-moldado, e dos painéis externos na fachada do edifíco. Os movimentos longitudinais e transversais das gruas são programados para operação automática. O içamento de material do primeiro pavimento para o pavimento em contrução usa velocidade de 70 m/min para trazer os componentes de aço, a laje de concreto pré-moldado, etc..;

- Grua do tipo Jib: é usada para desmontagem da porção temporária do SCF, e içamentos dos painéis externos, e do esqueleto de aço do poço de elevador;
- Talhas para instação dos painéis externos: os painéis são instalados no exterior com auxílio de talhas especiais;

Com o uso deste sistema, é possível realizar a construção dos pavimentos num ambiente controlado e previsível, com grande parte da movimentação de material de maneira automática e ensaiada em software. Segundo Miyakawa et al. (2000), no segundo projeto desenvolvido com este sistema, os ganhos já foram visíveis. O tempo de execução da obra foi bastante reduzido e consistente na comparação entre os dois empregos até então da tecnologia no canteiro (Figura 5). A diferença entre os dois explica-se pelo nível de aprendizado contínuo sobre o emprego do sistema ABCS.

Figura 5 – Tempos associados à execução das tarefas comparando o método tradicional com o ABCS.



Fonte: Adaptado de MIZAKAWA, 2011.

Partes deste avançado sistema de construção foram implementados na construção da Tokyo Sky Tree; à época, com 634 m, era a segunda maior estrutura na Terra construída pelo homem. O BIM foi empregado em muitas fases da construção desta torre, principalmente pela necessidade de gerenciar a complexidade de detalhes e quantidade de elementos para a construção (BOCK *et al.*, 2011).

5 CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentado o contexto no qual a automação e a robótica podem desempenhar um papel relevante e transformador na indústria da Construção.

O sistema ABCS de automação do canteiro foi analisado como exemplo da aplicação da automação e da robótica na Construção.

Destacou-se que o BIM vem realizando o papel na transformação da informação e da organização da construção, e que pode ser a porta de entrada para as tecnologias da automação e da robótica de uma maneira mais pervasiva. Plataformas BIM desenvolvidas pelas empresas japonesas apontam para isso.

É necessário ainda entender que impactos estas tecnologias poderiam ter na Construção no Brasil, e se considerada relevante, qual o caminho para a sua introdução. O autor acredita que o BIM possa ter um papel integrador ou facilitador deste processo.

REFERÊNCIAS

BOCK, T. Construction robotics and automation: past-present-future. In: WORLD AUTOMATION CONGRESS, 2004. **Anais …** volume 15, p. 287-294, Sevilha: IEEE, 2004

BOCK, T. The future of construction automation: technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics. **Automation in Construction**, 59, p. 113-121, 2015.

BOCK, T.; LINNER, T. **Robot-oriented design**. Nova Iorque: Cambridge University Press, 1a. ed., 2015a.

BOCK, T.; LINNER, T. **Robotic Industrialization**. Nova Iorque: Cambridge University Press, 1a. ed., 2015b.

BOCK, T; LINNER, T.; MIURA, S. Robotic high-rise construction of pagoda concept: innovative earthquake-proof design for the Tokyo Sky Tree. In: COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT, 2011. **Anais** … Seoul: 2011.

BUSWELL, R.; GIBB, A.; AUSTIN, S.; THORPE, A. Applying future industrialised processes to construction. In CIB Publication 329, 2010.

CIB. New perspective in industrialisation in construction – a state-of-the-art report. CIB Task Group 57 "Industrialisation in Construction", CIB Publication 329, Technical Report, 2010.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook** – a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Wiley, 2a. ed., 2011.

JUNG, W.; LEE, G. The status of BIM Adoption on six continents. **International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering**, vol. 9 (5), 2015.

LINNER, T. **Automated and robotic construction**: integrated automated construction sites. Tese, Munique: Universidade Técnica de Munique, 2013.

MCGRAWHILL CONSTRUCTION. Prefabrication and Modularization: increasing productivity in the construction industry. Technical Report, 2011.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. The Business value of BIM for construction in major global markets: how contractor around the world are driving innovation with Building Information Modeling. Technical Report, 2014.

MIYAKAWA H.; OCHIAI J.; Oohata K.; SHIOKAWA T. Application of automated building construction system for high-rise office building. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, 2000. **Anais …** Taipei, Taiwan: IAARC, 2000.

NAWAZ, S.; XU, X.; RODENAS-HERRÁIZ, D.; FIDLER, P.; SOGA, K.; MASCOLO, C. Monitoring a large construction site using wireless sensor networks. In: WORKSHOP IN REAL WORLD WIRELESS SENSOR NETWORKS, 2015. **Anais …** p. 27-30, ACM: Nova Iorque, EUA, 2015.

STONE, W.; JUBERTS, M. Towards the ultimate construction site sensor. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, 2002. **Anais …** IAARC: Washington, EUA, 2002.

YAMAZAKI Y., TABUCHI T., KATAOKA M., SHIMAKI D. 3D/BIM applications to large-scale complex building projects in Japan. **International Journal of High-Rise Buildings**, 3(4), p. 311-323, 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MODELO ASSOCIATIVO E DESIGN PARAMÉTRICO: DA SUBJETIVIDADE À PRECISÃO[1]

LIMA, Camila Costa de (1); CORREIA, Dayane Alexandre (2); BARBOSA, Nádia Milena (3); TOLEDO, Alexandre Márcio (4)

(1) UFAL, e-mail: camilacostaa.26@gmail.com; (2) UFAL, e-mail: daycorrea_@hotmail.com; (3) UFAL, e-mail: nadiamilena@gmail.com; (4) UFAL, e-mail: alexandre.toledo@fau.ufal.br

RESUMO

O mundo atual, dominado por ferramentas digitais, viu surgir também arquiteturas pautadas pelo meio digital. Questiona-se até que ponto essas novas ferramentas podem auxiliar no processo de projeto em arquitetura, visto que, o papel tradicional do "designer como usuário" é estendido para "o designer como um construtor de ferramentas", que pode definir o seu comportamento transformacional. O objetivo desta reflexão teórica é identificar como o modelo associativo e as tecnologias paramétricas interferiram na metodologia de projeto, destacando o papel do arquiteto neste novo processo. Tendo como ponto de partida o texto seminal de Rivka Oxman, foca-se no modelo associativo de formação, explicitando-se as aplicações das tecnologias paramétricas na arquitetura contemporânea, e destacando-se obras paradigmáticas de três grupos de arquitetos e o software CATIA. Não há nada automático ou determinístico entre ação humana e reação do software na modelagem paramétrica/algorítmica. Embora o domínio do designer sobre a forma seja parcial, a geração dessa nova arquitetura é altamente dependente das habilidades do seu criador. É a manipulação indireta da forma que causa a dicotomia: controle das regras geradoras da forma x resultado formal, substituindo subjetividade por precisão no processo de projeto.

Palavras-chave: Modelo associativo. Modelagem paramétrica. Metodologia de projeto.

ABSTRACT

The current world dominated by digital tools, saw also arise guided architectures for digital media. Question is to what extent these new tools can help or hinder the design process in architecture, since the traditional role of "designer as user" is extended to "the designer as a toolmaker," you can set your transformational behavior. The purpose of this theoretical reflection is to identify how the partnership model and parametric technologies interfere in design methodology, and what is the role of the architect in this new process. Taking as its starting point the seminal text Rivka Oxman, focuses on the associative model of training, explaining the applications of parametric technologies in contemporary architecture, and highlighting paradigmatic works of three groups of architects and CATIA software. There is nothing automatic or deterministic between human action and reaction in parametric software / algorithmic modeling. Although the designer field on the form is partial, the generation of this new architecture is highly dependent on the skills of its creator. It is the indirect manipulation of form that causes dichotomy: control of the generating rules of the form x formal outcome, replacing precisely by subjectivity in the design process.

[1] LIMA, C. C. de; CORREIA, D.A.; BARBOSA, N. M.; TOLEDO, A. M. Modelo associativo e design paramétrico: da subjetividade à precisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Associative model. Parametric modeling. Design methodology.*

1 INTRODUÇÃO

Desde o Renascimento, a arquitetura olhou para as ciências com o intuito de formalizar seus conceitos sobre forma e espaço. A atividade de projeto era entendida como o processo iterativo, baseado na tentativa e erro, na previsibilidade e na intuição. A presença da intuição como fonte de inspiração e decisão no projeto não são necessariamente explícitas. Daí a associação de "caixa preta" (TERZIDIS, 2006) ao aspecto intuitivo do modo conceptivo tradicional, no qual tanto o projeto quanto sua avaliação tendem a ser altamente subjetivos.

Diante das complexidades do paradigma digital, o mundo dominado por ferramentas digitais viu surgir arquiteturas também pautadas pelo meio digital. No contexto da nova produção arquitetônica, o Modelo Associativo surge como um grande avanço, pelo qual as novas tecnologias provocaram no processo do projeto.

Rivka Oxman (2006), em seu texto seminal Teoria e design na primeira era digital, sistematizou as operações explícitas e implícitas nos modelos digitais em quatro categorias: (i) Representação (R); (ii) Geração (G); (iii) Avaliação (A); e (iv) Desempenho (D). Na categoria Geração, incluiu os modelos de formação: (i) topológico, (ii) associativo, e (iii) baseado em movimento; e os modelos de geração: (iv) gramáticas da forma e (v) evolucionário.

O objetivo desta reflexão teórica é identificar como o modelo associativo de formação, em particular, interfere na metodologia de projeto e concepção da arquitetura, assim como qual é o papel do arquiteto neste novo processo de projeto.

Questiona-se até que ponto essa nova ferramenta de trabalho pode auxiliar ou atrapalhar no processo de projeto, sobretudo na produção inicial (geração da forma), intermediária (avaliação da proposta) e final (materialização) do projeto, visto que, o papel tradicional do "designer como usuário" é estendido para "o designer como um construtor de ferramentas", que pode definir o seu comportamento transformacional, como afirma Aish (2003).

A reflexão teórica é fruto de Seminário apresentado na disciplina Tecnologias de Concepção e Representação do Projeto (CID203), do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Alagoas, realizada no último semestre letivo de 2015.

Inicia-se pela compreensão do conceito de modelo associativo e modelagem paramétrica, detalham-se as tecnologias paramétricas e associativas, destacando-se obras de três importantes escritórios de arquitetura: o alemão UnStudio, arquitetos Ben van Berkel, Croline Bos e Tobias Walliser; o suíço Herzog & de Meuron, arquitetos Jacques Herzog e Pierre de Meuron; e o americano Frank Gehry Partners, do arquiteto

homônimo. Destaca-se também a empresa Gehry Technologies, mediante a utilização do software CATIA.

2 MODELO ASSOCIATIVO E MODELAGEM PARAMÉTRICA

Segundo Oxman (2006), o modelo de design associativo de formação se baseia em técnicas de modelagem paramétricas que exploram a geometria associativa, pela qual as relações entre os objetos de design paramétricos são explicitamente descritas, estabelecendo interdependências entre os vários objetos. Pode-se dizer que há geometria associativa "quando as regras paramétricas são usadas para descrever relações entre objetos" (NATIVIDADE, 2010 p. 123).

A modelagem paramétrica é um instrumento associativo que interliga componentes por uma série de parâmetros ou regras. A obtenção de combinações e de variações por meio deste instrumento exige um pensamento lógico, associativo e explícito sobre processos interativos (HARDY, 2011), o que requer disciplina, organização sobre o processo de projeto e pensamento abstrato.

Por meio de um sistema computacional hierárquico, partes separadas de um edifício durante o processo de projeto estão ligadas por uma série de ramificações interconectadas a um "globo" ou a uma base matriz geométrica na qual qualquer mudança ou atualização automaticamente muda ou atualiza todas as partes interconectadas do edifício, sem a necessidade de fazer mudanças manuais das partes separadas para acomodar o todo. Por exemplo, se o tamanho e o formato de uma plataforma mudam, todas as configurações dos painéis tridimensionais da fachada e caixilho também se atualizam. Em vez de semanas para redesenhar e remodelar todas as partes do projeto, o modelo se atualiza em segundos. O oposto também é possível, se o tamanho do caixilho tem uma modulação prescrita pelo fabricante, por exemplo.

Essas restrições dos componentes modulares podem automaticamente redefinir a geometria do todo para manter uma total modularidade na forma global do edifício. Desta forma, o uso do desenho paramétrico permite ao arquiteto explorar múltiplas alternativas em um ambiente interativo, permitindo comparar diferentes opções e escolher a mais adequada e aceita pelos responsáveis do projeto.

O desenho paramétrico introduz o conceito de variações topológicas. No modelo de formação paramétrico, parâmetros específicos do projeto são declarados, e não sua forma; diferentes configurações podem ser criadas, modificando valores dos parâmetros. A parametria explora geometria associativa descrevendo as relações entre objetos, criando relações de interdependência e definindo o comportamento dos objetos (OXMAN, 2008 p. 106).

A arquitetura internacional recente demonstra claramente que a modelagem paramétrica e a fabricação digital têm amparado os arquitetos

e engenheiros numa renovação no modo de construir.

O uso de parâmetros para definir a geometria de elementos construtivos, no âmbito da construção civil, tem provado ser cada vez mais eficaz no processo de projeto. Edifícios são compostos literalmente de milhares de partes individuais, e de um grande número de conexões.

No caso do Museu Mercedes-Benz (Fig. 1), em Stuttgart (Alemanha), projeto concebido entre 2003 e 2006, pelos arquitetos Ben van Berkel, Croline Bos e Tobias Walliser, do UnStudio, um dos principais desafios técnicos nesse projeto foi encontrar o tamanho exato das 6.500 peças de vidro e sua melhor posição na fachada angular.

O edifício foi composto com menos de cem parâmetros, os quais continham sua geometria e possibilitaram administrar as inúmeras mudanças durante seu processo de realização e verificar as consequências trazidas a cada nova decisão tomada. Sem essa administração rigorosa da geometria, não haveria tanta liberdade na arquitetura do Museu Mercedes-Benz.

Figura 1 – Museu Mercedes-Benz



Fonte: Lee (2009)

No Museu Mercedes-Benz, o modelo paramétrico foi produzido após a realização do projeto inicial. Porém, o arquiteto Arnold Walz, contratado para trabalhar na geometria do edifício e transformar o conceito do museu em um desenho paramétrico, concluiu:

> "usando algoritmos generativos e computação para gerar o desenho inicial do edifício, pode-se trazer novos níveis de coordenação entre criatividade e otimização para a mediação de fluxos do meio ambiente, da estrutura, da escolha do material, da fabricação dos componentes e da construção do edifício".

Com todas as facilidades geradas por esse novo modelo de formação, por meio das tecnologias desenvolvidas, não é difícil perceber sua grande interferência no ato de projetar contemporâneo. Como diz Kolarevic (2003, p.13):

> "Na arquitetura contemporânea, as ferramentas digitais estão cada vez mais sendo utilizadas não somente como uma ferramenta representacional para visualização, mas sim como uma ferramenta de geração e transformação da forma – uma morfogênese digital."

Desta forma, o choque do novo não se relaciona somente à descoberta de um novo vocabulário de formas, mas na consolidação de novas abordagens de projeto (OXMAN, 2006 p.262). Os recursos tecnológicos têm contribuído para avanços significativos sobre o domínio de formas de grande complexidade, sobretudo para novos estudos a respeito da geometria topológica.

A partir de programas como o Rhinoceros, que opera com recursos NURB (Non Uniform Rational Beta Splines), e do Grasshopper, pôde-se avançar na investigação de formas e superfícies topologicamente contínuas. Não se trata mais de operar apenas sobre elementos geométricos como linhas e planos, trata-se de operar sobre parâmetros que subjazem à construção geométrica da forma. Assim, a manipulação topológica dos pontos e curvas no espaço, que constituem os elementos geométricos, é que impulsiona as construções de grande complexidade formal e espacial na atualidade.

3 TECNOLOGIAS PARAMÉTRICAS E ASSOCIATIVAS NA OBRA DE FRANK GEHRY

Atualmente as técnicas formais em tecnologias paramétricas e associativas, oferecem ambientes de suporte de design em que o designer pode definir as propriedades genéricas de uma estrutura geométrica dentro de um quadro definido pelo usuário. Nas técnicas de design paramétricas, a geometria complexa não padrão, pode ser gerada e manipulada (OXMAN, 2006 p. 20).

Softwares paramétricos permitem o usuário controlar o seu tipo e nível de interação com o meio de representação, manipular e aperfeiçoar geometrias complexas, enquanto trabalha em áreas problemáticas como o projeto de forma estrutural. Com isso, como aponta Oxmam (2006), o papel tradicional do "designer como usuário" é estendido para "o designer como um construtor de ferramentas" que pode definir seus próprios componentes geradores, e definir o seu comportamento transformacional (AISH, 2003).

No Estádio Nacional de Pequim (Fig. 2), projeto dos arquitetos suíços Jacques Herzog & Pierre de Meuron, concebido entre 2003-2008, o processo de projeto incluiu engenharia reversa tanto na estrutura como no design da arquitetura.

Codifica-se essa lógica paramétrica, para permitir modificações dimensionais iterativas em um modelo de projeto global altamente detalhado. Definiram-se catálogos de elementos estruturais inteligentes,

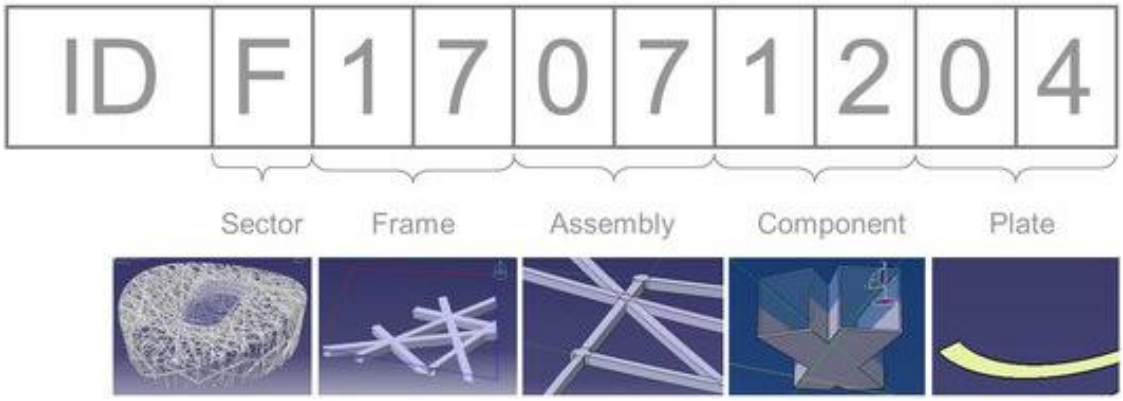
reconfiguráveis e instanciados para desenvolver o projeto, a partir do desenho paramétrico (Fig. 3).

Figura 2 – Estádio Nacional de Pequim



Fonte: gehrytech.com (Acessado em 2016)

Figura 3 – Geração da forma por Algoritmos (Estádio Nacional de Pequim)



Fonte: gehrytech.com (Acessado em 2016)

A abordagem de modelo paramétrico no projeto do Estádio Nacional de Pequim permitiu um rápido desenvolvimento de instruções de design, engenharia e fabricação no início do desenvolvimento do projeto. Além disso, possibilitou que as informações fossem atualizadas automaticamente durante as mudanças de design.

Mais tarde, no desenvolvimento do projeto, mudanças de engenharia de valor significativo foram iniciadas, incluindo a remoção de um teto retrátil pré-elaborado. Através de modelagem paramétrica, o design, o modelo e os desenhos foram revistos para refletir a nova estratégia em tempo mínimo (menos de três semanas). A modelagem paramétrica também é substancialmente assistida na resolução de outras geometrias complexas, incluindo as escadas curvas de saída, a estrutura do exterior e as superfícies

dos interiores.

3.1 Gehry Technologies

A Gehry Technologies (GT) é uma empresa de tecnologia AEC, para o fornecimento de soluções de ponta para projetos desafiadores da indústria da construção civil. Essa empresa foi criada a partir de Gehry Partners, uma equipe de pesquisa e desenvolvimento. Desde a sua formação em 2002, a empresa tem crescido como um líder internacional em tecnologia orientada à entrega do projeto, com escritórios em quatro continentes e projetos ao redor do mundo.

Vinte anos atrás, a prática arquitetônica de Frank Gehry foi pioneira de uma nova tecnologia com a entrega de projetos de construção complexos. Ao adotar métodos e tecnologias automobilísticas e aeroespaciais, trabalhando diretamente em um ambiente digital em 3D compartilhado, a empresa de arquitetura concebeu projetos sem precedentes com um controle de orçamentos, cronogramas e qualidade.

3.2 Programa CATIA

O software tridimensional CATIA foi criado diretamente da indústria aeroespacial para o desenvolvimento de ferramentas mais sofisticadas que poderiam não só ajudar a aperfeiçoar o processo de implementação, mas também atender a uma complexidade crescente do design da aviação.

O CATIA pode ser definido como um software de multi-plataformas, pois se aplica em Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Manufacturing (CAM) e Computer Aided Engineering (CAE), favorecendo e viabilizando sua projetação, prototipagem e construção. Com o tempo o CATIA foi adaptado para o uso específico em Arquitetura recebendo o nome de Digital Project e sendo comercializado pela Gehry.

Em 1975, a Avion Marcel Dassault adquiriu a licença do CADAM (Computer Augmented Drafting and Manufacturing) dando os primeiros passos para uma nova parceria que favorecerá um novo conceito de design e tecnologia.

Em 1977, a empresa formou sua própria equipe de desenvolvedores, e até o final da década de 70, os programadores da Dassault haviam criado o antecessor do CATIA, tornando-se o primeiro software a trazer a modelagem tridimensional para o processo de design. Em 1980, Avions Marcel Dassault decidiu comercializar o CATIA a outros fabricantes aeroespaciais. Em um acordo com a IBM, a empresa Dassault conseguiu o parceiro ideal para comercializar, distribuir e fornecer suporte técnico para o CATIA, tornando o software acessível em todo mundo.

Os benefícios do CATIA são muitos, além de ser um software multiplataformas que dá suporte a todas as etapas de desenvolvimento e criação de produtos, também oferece várias ferramentas que ajudam a criar projetos de forma correta logo na primeira vez, garantindo assim a agilidade do

projeto.

Contudo, apesar de o foco inicial ser a indústria da aviação, os novos e poderosos recursos do CATIA foram assimilados rapidamente pelo mundo da indústria de produção, tornando a indústria automobilística um dos mercados mais importante da Dassault Systemes. O software superou as expectativas, descobrindo clientes na indústria naval e e outras industriais.

Na arquitetura, a utilização do software CATIA tornou-se pioneira quando o renomado arquiteto Frank Gehry, ganhador do Pritzker Prize de 1989, o utilizou em seu projeto, o museu Guggenheim de Bibao na Espanha (Fig. 4). O museu emerge como um dos edifícios mais visitados e comentados no mundo, por sua arquitetura de alta tecnologia e formas inusitadas, a sua execução só se tornou possível devido à utilização do software.

Figura 4 - Museu Guggenheim de Bibao na Espanha



Fonte: architetour.wordpress.com (Acessado em 2016)

Assim se inicia a utilização de softwares BIM em projetos de alta escala. Em suas obras, Gehry confronta as regras e paradigmas da Arquitetura desafiando as leis da física com suas formas inusitadas, trabalhando a beleza e a tecnologia de forma paralela, que só pode ser concebida graças ao computador e seus cálculos precisos.

4 CONCLUSÕES

Nesta reflexão teórica, focou-se no modelo associativo de formação, visando identificar como as tecnologias paramétricas interferiram no processo de projeto de obras contemporâneas paradigmáticas.

Nos edifícios de alta complexidade geométrica, como no Museu Mercedes-Benz, no Estádio Nacional de Pequim e no Museu Guggenheim de Bilbao, o desenho paramétrico pôde trazer um melhor controle e uma melhor coordenação por meio da automação, na criação do desenho e também no processo de fabricação.

Partindo do conceito de que criatividade é a combinação original de ideias conhecidas, pode-se dizer que arquitetos são criativos quando produzem combinações e associações incomuns de ideias, com resultados não

previstos a priori. Nesse sentido, a Modelagem Paramétrica permite expandir, de modo ágil, o número de combinações entre as variáveis de projeto, proporcionando a obtenção de descobertas inesperadas. Entretanto, vale salientar que a obtenção de combinações e de variações por meio deste instrumento requer disciplina, organização sobre o processo de projeto e pensamento abstrato.

Apesar de o computador atuar sobre o processo de projeto, não há nada automático ou determinístico entre ação humana e reação do software na metodologia paramétrica/algorítmica. Embora o domínio do designer sobre a forma seja parcial, a geração dessas novas arquiteturas é altamente dependente das habilidades do seu criador. Como afirma Robert Aish, é a manipulação indireta da forma que causa a dicotomia: controle das regras geradoras da forma x resultado formal.

O modelo associativo e o design paramétrico contribuíram para o entendimento das diferenças entre o método de concepção "tradicional", arraigado de subjetividade, e a atual inovação tecnológica dentro da arquitetura que se faz cada vez mais precisa. Sendo possível destacar as características marcantes nas práticas do projeto digital como, por exemplo, o controle indireto da geração da forma: a geração por algum mecanismo computacional (algoritmos, simulação etc.) em oposição à relação do projetista com a representação no papel ou na tela do computador.

REFERÊNCIAS

AISH, Robert. Extensible computational design tools for exploratory architecture, in: KOLAREVIC, Branko (ed) **Architecture in the digital age**. Spon Press, New York, 2003.

HARDY, S. **Parametricism: Student Performance Criteria (SPC)**. In: ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED IN ARCHITECTURE, ACADIA 2011, Lincoln: University of Nebraska, 2011, P. 12-15.

KOLAREVIC, Branko. **Architecture in digital age: design and manufacturing**.New York: Spon Press, 2003.

LEE, Franklin; BEAURECUEIL, Anne S. de. Museu Mercedes-Benz e o modelo de arquitetura paramétrica . UNStudio . Stuttgart, Alemanha . 2002/2006. **Revista AU**, Edição 181, Abr. 2009.

NATIVIDADE, Verônica Gomes. **Fraturas metodológicas nas arquiteturas digitais**. São Paulo, 2010. 297p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo - USP.

OXMAN, Rivka. Theory and design in the first digital age. **Design Studies,** Vol. 27. 2006. pp 229–265.

OXMAN, Rivka. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. **Design Studies,** Vol. 29. 2008. pp. 99–120.

TERDIZIS, Kostas. **Algorithmic architecture**. Oxford: Architectural Press, 2006.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSIÇÃO DE UM PROTOCOLO PARA CONTRATAÇÃO DE PROJETOS EM BIM PARA O MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NACIONAL[1]

FARIA, Diego R. G. (1); BARROS, Mercia M. S. B. (2); SANTOS, Eduardo T. (3)

(1) POLI-USP, e-mail: drgfaria@usp.br; (2) POLI-USP, e-mail: mercia.bottura@usp.br; (3) POLI-USP, e-mail: etoledo@usp.br

RESUMO

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling*) é um processo que se baseia na criação de uma representação digital das características de uma construção, cujo uso pode apoiar a tomada de decisões em todas as fases do ciclo de vida do empreendimento. O BIM pode auxiliar em algumas das principais dificuldades apresentadas no cenário atual do mercado da construção civil nacional, como a redução de imprevisibilidades e a necessidade do aumento da produtividade. Contudo, para que a metodologia BIM propicie esses benefícios, é necessário que existam padronizações e especificações de como sua utilização deve ser conduzida, quais os usos esperados, como as informações serão trocadas e quais propriedades devem ser incluídas no modelo, por exemplo. Por meio de revisão bibliográfica, foi realizado o levantamento de publicações de BIM em países com experiências de sucesso comprovado na contratação de projetos utilizando esta metodologia de trabalho, seguido pela identificação de seus pontos comuns e a proposição de um novo protocolo adequado à realidade do mercado nacional.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção (BIM). Diretrizes BIM. Contratação em BIM. Normas BIM.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a process based on the creation of a digital representation of the characteristics of a construction, which can be used to support decision making throughout the building lifecycle. BIM may assist with some of the main difficulties presented in the current state of the national construction industry, such as unpredictability reduction and productivity enhancement. However, to enable the methodology to provide these benefits, the existence of standards and specifications are necessary, indicating what workflows should be followed, what are the expected uses, how the information will be exchanged e what properties should be included in the model. By reviewing the existing bibliography, this research performed the analysis of BIM publications in countries with proven experience on successful project procurement with BIM, followed by the identification of common topics. With the identification of such points, it is possible to understand which topics are more relevant to a BIM protocol and the proposition of a new one adequate to the reality of the national market.

***Keywords**: Building Information Modeling (BIM). BIM Mandates. BIM Procurement. BIM Standards.*

[1] FARIA, Diego R. G.; BARROS, Mercia M. S. B.; SANTOS, Eduardo T. Proposição de um protocolo para contratação de projetos em BIM para o mercado da construção civil nacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Na edição mais recente do ConstruBusiness, promovido pelo Departamento da Indústria da Construção da FIESP – DECONCIC - o foco foi a apresentação de cenários para o crescimento e aumento da competitividade no setor, que se encontra numa baixa histórica atualmente. Para tanto, foram indicadas as necessidades de reduzir imprevisibilidades e aumentar a produtividade, além da importância do planejamento, controle de custos e cumprimento de prazos, dentre outros, para garantir um fluxo de obras contínuo no país (FIESP, 2015, p.13). A Modelagem da Informação da Construção (BIM) contempla ferramentas que auxiliam na melhora de todos esses indicadores, ao longo de todo o ciclo de vida do projeto (EASTMAN et al., 2014).

Isto não passa despercebido pela indústria da construção civil, visto que é perceptível a evolução da utilização do BIM no setor, no Brasil e no mundo, demonstrando crescimento consistente nos últimos anos (SILVA, 2015; MCGRAW-HILL, 2014a). Contudo, apenas a utilização de ferramentas BIM não garante a obtenção de resultados positivos, tanto em termos de produto final quanto financeiramente (EASTMAN et al., 2014) (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009). Na sua última pesquisa, McGraw-Hill (2014a), que vem avaliando extensivamente a utilização do BIM desde 2007, identificou que o Brasil está utilizando o BIM em níveis altos de implementação (60% ou mais dos projetos) em 73% das empresas entrevistadas. Contudo, essa utilização cresceu abruptamente em apenas dois anos, criando um cenário de muitas empresas novas ingressando na metodologia e, consequentemente, com níveis mais baixos de experiência. O BIM ainda é uma inovação no mercado da construção civil nacional, restrito em boa parte ao mercado de projetos de Arquitetura e Engenharia e, recentemente, se expandindo para o da Construção. Como em toda inovação tecnológica, a falta de padronização leva à aplicação inadequada da inovação e dificulta a obtenção de investimentos na área (NASCIMENTO; SANTOS, 2003).

Conforme o BIM amadurece no país, tornam-se necessárias definições mais claras do que se espera obter com sua utilização, visto que o BIM pode atender a todas as fases do ciclo de vida da construção. Nos países pioneiros na utilização do BIM, ficou claro que, conforme o nível de maturidade das implantações aumenta, cada vez mais o foco é a definição de normas, padrões e procedimentos para potencializar os benefícios associados ao uso de processos BIM (MCGRAW-HILL, 2014a; SMITH, 2014). Além disso, identificou-se que o maior impulso para a adoção da metodologia é a definição, por órgãos governamentais, de mandatos apontando as diretrizes e padronizações exigidas na utilização da metodologia (SMITH, 2014). Dessa forma, evita-se que esforços de padronizações fragmentadas ocorram, direcionando as iniciativas e fomentando a implementação do BIM no mercado. Alinhado com esta observação, dentre os principais motivos encontrados para a não utilização do BIM, estão a falta de entendimento interno (na empresa) do BIM, falta de documentação específica apontando os benefícios, indefinição dos

papéis/mudança de papéis dos participantes causada pela introdução do BIM num projeto, evidenciando a falta de documentação para guiar o uso da metodologia (MCGRAW-HILL, 2009).

É tamanha a importância destes documentos, que uma das iniciativas mais proeminentes de BIM, o *BIM Framework*, definiu uma estratégia para identificação e avaliação de publicações notáveis sobre BIM (*noteworthy BIM publications*, ou NBPs) (SUCCAR, 2009) (KASSEM; SUCCAR; DAWOOD, 2015) como forma de avaliação do desenvolvimento em BIM de países.

As NBPs foram categorizadas em uma taxonomia que "auxilie na implementação de BIM e melhore fluxos de trabalhos e entregáveis em todo o ciclo de vida da construção" (KASSEM; SUCCAR; DAWOOD, 2015, p. 330, tradução do autor), evidenciando mais uma vez a relevância do desenvolvimento deste tipo de documento. As NBPs são divididas nos seguintes tipos:

- **Guias:** documentos descritivos e opcionais. Apresentam informações de produtos obtidos usando metodologia BIM, estudos de caso, relatórios e pesquisas, entre outros.
- **Protocolos**: documentos prescritivos e opcionais. Apontam uma série de passos ou tarefas necessárias para se atingir determinados objetivos, mas não são obrigatórios como as diretrizes.
- **Diretrizes BIM** (*BIM mandates*): prescritivos e ditados por uma autoridade. Definem regras muito claras do que deve ser entregue e, às vezes, de como deve ser entregue, quando e por quem deve ser entregue.

Neste trabalho o enfoque é na análise de publicações das categorias de protocolos e diretrizes BIM, devido ao seu caráter prescritivo.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Dado o caráter exploratório deste trabalho, a metodologia de pesquisa baseia-se em grande parte na revisão bibliográfica de protocolos e diretrizes BIM publicadas ao redor do mundo. A identificação dessas publicações se dá por relevância de citações em publicações e congressos, além de buscas na internet em sites especializados. Uma vez identificadas, estas publicações são analisadas e categorizadas segundo os itens que apresentam no seu conteúdo, para que possam ser comparadas entre si.

A partir da definição dos itens mais relevantes que compõem o documento, é necessário definir sua aplicabilidade no mercado nacional, em função das especificidades ante os demais países que originaram as publicações analisadas.

2.1 Seleção das publicações para análise

Ao pesquisar por diretrizes e protocolos para contratação em BIM, a maior ocorrência de resultados aponta para referências dos EUA, países Nórdicos, Holanda e Reino Unido. Esses países são os que já aplicam processos BIM há

mais tempo e que se dedicaram mais enfaticamente ao desenvolvimento de padrões e metodologias de trabalho, verificado pela existência e utilização de diretrizes BIM nacionais. Contudo, não devem ser desconsideradas publicações de países menos tradicionais na área, como Cingapura, Austrália, Nova Zelândia ou Hong Kong. O desenvolvimento de suas publicações usa como referência as já existentes e, em pouco tempo, foi possível notar grande amadurecimento e resultados positivos do uso do BIM neste segundo bloco de países. No caso da Austrália e da Nova Zelândia, 52% dos respondentes da pesquisa SmartMarket Report indicaram que já estão se beneficiando do uso de processos BIM, mas ainda assim sentem que há mais valor para ser agregado (MCGRAW-HILL, 2014b). Já em Cingapura, o BIM é uma estratégia consolidada no país e já se fala em utilizar os modelos de informação para operação e manutenção, demonstrando a maturidade do país e das empresas nos processos BIM (BCA, 2015). Dentre os países os mencionados, existe outro fator que indica seu comprometimento com a metodologia BIM: todos possuem capítulos da buildingSMART (BUILDINGSMART, 2016). Um capítulo nacional auxilia na identificação de necessidades e ao desenvolvimento de padronizações específicas para o país.

Sendo assim, o Quadro 1 a seguir apresenta as publicações que foram selecionadas para análise, em sua versão mais recente disponível.

Quadro 1 – Publicações selecionadas para análise.

Identificação	Título do documento	País / Referência
[FIN]	COBIM - Common BIM Requirements	Finlândia (HENTTINEN, 2012)
[DIN]	BIPS 3D Working Method	Dinamarca (BIPS, 2007)
[NOR]	Statsbygg Building Information Modelling Manual - Version 1.2.1 (SBM1.2.1)	Noruega (STATSBYGG, 2013)
[HOL]	Rgd BIM Standard	Holanda (VAN RILLAER et al., 2012)
[REI]	Building Information Model (BIM) Protocol - Standard Protocol for use in projects using Building Information Models, CIC/BIM ProFirst Edition 2013	Reino Unido (CIC, 2013)
[EUA1]	National BIM Standard-United States Version 3	EUA (BSA, 2015)
[EUA2]	AIA Document E203: Building Information Modeling and Data Exhibit	EUA (AIA, 2013a)
[EUA3]	BIM Project Execution Planning Guide and Templates – Version 2.1	EUA (PENN STATE, 2010)
[AUS]	NATSPEC National BIM Guide	Austrália (NATSPEC, 2011)

[NZ]	New Zealand BIM Handbook	Nova Zelândia (BCPP, 2014)
[CIN]	Singapore BIM Guide – v2	Cingapura (BCA, 2013)
[HK]	CIC Building Information Modelling Standards Draft 6.1	Hong Kong (CONSTRUCTION INDUSTRY COUNCIL, 2015)

Fonte: Os autores.

No caso dos EUA, foram selecionadas mais de uma publicação devido ao alto número de citações e referências encontradas citando-as. Para os outros países, apenas a mais relevante foi selecionada.

3 ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES

A partir da análise detalhada das NBPs selecionadas, foi criado o Quadro 2 para a visualização das características presentes em cada uma delas.

Quadro 2 – Comparativo das publicações selecionadas

	FIN	DIN	NOR	HOL	REI	EUA1	EUA2	EUA3	AUS	NZ	CIN	HK
Plano de Execução BIM	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Formato de arquivos para troca de informações	○	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	○
Propriedade intelectual do modelo e seus componentes	●	●			●	●	●	●	●	●	●	
Uso dos modelos	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○
Papéis e responsabilidades	●	○			●	●	●	●	●	○	●	○
Ambiente colaborativo de trabalho	○	○	○			●	○	●	●	○	●	●
Estruturação dos modelos BIM	●	●	○	●	○	●	●	●	●	○	●	●
Especificação de softwares	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Diretrizes de modelagem	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●
Padrões de nomenclatura	○	●	●	●	○	●		●	●	○	●	●
Padrões de representação gráfica	○	●		●	○	●		●	●	○	●	●
Controle de qualidade	●	○	●	●		●		●		○	●	○

● Previsto na diretriz ou protocolo BIM
○ Previsto exclusivamente no Plano de Execução BIM ou em contrato de acordo com exigência do cliente

Fonte: Os autores.

São utilizadas diferentes denominações para descrever os diversos itens comuns encontrados nas publicações. As nomenclaturas utilizadas neste artigo, apresentadas no Quadro 2, são descritas a seguir.

- **Plano de Execução BIM**: é o documento que explicita as características específicas do projeto (que mudam de projeto a projeto) a ser desenvolvido em BIM. As NBPs tendem a chamar esse documento de diversas maneiras, como Project BIM Brief (NATSPEC), Information Requirements (CIC), Project Digital Data Protocol Form (AIA), entre outras designações;
- **Formatos de arquivos para troca de informações**: buscou-se nas NBPs se

havia ou não especificação de formatos de entrega dos arquivos digitais produzidos, especialmente do modelo BIM;

- **Propriedade intelectual do modelo e seus componentes**: buscou-se a existência de definições claras que especificassem de quem é a propriedade do(s) modelo(s) BIM e de componentes gerados durante o desenvolvimento do projeto;
- **Uso dos modelos**: foi verificado nas NBPs se havia definição clara de quais são os usos esperados do modelo BIM gerados (ex.: geração de documentação, compatibilização pré-construção, análise energética, associação com cronograma de obras, operação e manutenção, etc.);
- **Papéis e responsabilidades**: buscou-se a definição dos agentes do processo de projeto em BIM, bem como suas responsabilidades específicas dentro do contexto proposto por cada uma das NBPs;
- **Ambiente colaborativo de trabalho**: verificou-se se havia a preocupação de definir como estaria estruturado o ambiente de colaboração para troca ou envio de informações e arquivos digitais;
- **Estruturação dos modelos BIM**: buscou-se a existência de definição clara de como os modelos BIM deveriam estar divididos ou formatados (edificação, área, subárea, disciplina, etc.);
- **Especificação de softwares**: verificou-se a presença de definição de softwares para o desenvolvimento e processamento dos modelos BIM;
- **Diretrizes de modelagem**: levantou-se nas NBPs se havia especificação de informações específicas (propriedades) que deveriam estar presentes no modelo BIM ou nos componentes neles inseridos, bem como recomendações de como os elementos devem ser inseridos no modelo (ex.: como modelar ambientes);
- **Padrões de nomenclatura**: verificou-se a existência de padrões para nomenclatura do modelo BIM, dos componentes neles inseridos ou dos documentos extraídos;
- **Padrões de representação gráfica**: buscou-se a definição de padrões para representação gráfica esperada para as entregas oriundas do modelo BIM;
- **Controle de qualidade**: verificou-se a existência de procedimentos para verificação do modelo BIM e seus componentes para garantir a qualidade da informação inserida nos mesmos.

A maior parte das publicações apresentam uma definição do formato ou até um template de um BIM Execution Plan, ou Plano de Execução BIM (PEB), que é relevante para alinhar as características primordiais do projeto e do uso do BIM no mesmo.

A definição dos formatos de arquivos é um ponto chave para garantir a consistência da troca de informações entre os participantes do projeto. Na mesma linha, estão os usos esperados do modelo BIM, o ambiente de troca de informações, a estruturação do modelo BIM e a especificação dos softwares que serão utilizados. Todas essas informações precisam estar

alinhadas e acordadas com todos os agentes envolvidos, além de explicitadas na proposta de PEB, visto que podem variar de projeto para projeto. Em nenhuma das publicações avaliadas houve a exigência de uma aplicação específica para o desenvolvimento dos modelos, ficando sempre como um ponto que deve ser definido no PEB. Contudo, a maior parte das diretrizes exige, além do formato nativo, o envio do modelo no formato IFC.

Os papéis e responsabilidades, a propriedade intelectual do modelo BIM e padrões de representação gráfica normalmente são comuns, independendo do projeto, e usualmente não aparecem no PEB. Contudo, os atores específicos para um determinado projeto, que desempenham os papéis e responsabilidades previamente estabelecidos, devem estar nomeados e serem de fácil acesso para garantir um bom andamento da modelagem e da troca de informações.

As diretrizes de modelagem garantem que o modelo BIM que será desenvolvido contenha as informações de interesse para que os objetivos esperados possam ser atingidos. Na maior parte dos casos, este item é denominado com a alcunha disseminada pelo AIA, o LOD (nível de desenvolvimento, ou *level of development*) e detalhada pelo BIMForum, no documento *LOD Specification*, amplamente utilizado pela indústria (AIA, 2013b; BIMFORUM, 2015).

O controle de qualidade do modelo BIM e suas informações são de extrema importância para garantir que os dados do modelo sejam aderentes às necessidades dos contratantes. Políticas para este tipo de controle aparecem em grande parte dos documentos, com diferentes estratégias de execução.

4 ADAPTAÇÃO PARA O MERCADO NACIONAL

Apesar da maior parte das referências de guias, protocolos e diretrizes ser internacional, é preciso levar em consideração a realidade do mercado brasileiro ao se propor o formato do protocolo nacional.

Sob a ótica dos formatos de contratação, nota-se que no Brasil é muito mais frequente a prática sequencial, ou tradicional, de contratação (*design-bid-build*), enquanto que nos Estados Unidos e na Europa o projeto-construção (*design-build*) é utilizado em mais projetos (CAPUCHINHO, 2010; BUCKER, 2010; ABAURRE, 2014). A implicação direta dessa diferença é que estes países estão mais habituados a processos colaborativos de trabalho, como ocorre na prática de projeto-construção. Sendo a metodologia BIM facilitadora de colaboração entre os agentes do empreendimento, é de extrema relevância que o protocolo proposto defina claramente quem detêm a propriedade intelectual dos modelos e componentes, os papéis e responsabilidades dos agentes e como será estruturado e utilizado o sistema colaborativo para troca de informações. Estes itens em específico estão muito relacionados ao estilo de contratação definido para o projeto e geralmente causam conflitos entre os agentes envolvidos, sendo assim, atenção especial deve ser dispensada à sua definição para que a

metodologia seja aplicada com sucesso.

Além disso, por ainda ser muito recente a utilização de processos BIM no Brasil, comete-se com frequência o equívoco de não especificar-se claramente os usos esperados do modelo BIM. A definição adequada dos usos do modelo e das características dos elementos para atender estes usos é de grande relevância para obtenção dos resultados esperados para o uso do BIM no empreendimento (KREIDER; MESSNER, 2013).

Outra obstáculo que precisa ser rompido para utilização consistente de processos BIM é a quebra do formato tradicional de remuneração das projetistas por "prancha", ou documento emitido. Apesar das contratantes desejarem os benefícios do BIM, muitas vezes não levam em conta que no desenvolvimento do modelo, a documentação acaba tornando-se apenas mais uma das possíveis extrações de dados. Deve-se estabelecer marcos de remuneração em função do desenvolvimento do modelo BIM, atrelado ao nível de desenvolvimento dos elementos que o compõe, definindo-se que as documentações devem ser obrigatoriamente extraídas do modelo. Na diretriz de Cingapura (BCA, 2013), é estabelecido um paralelo entre um formato tradicional de remuneração e do que espera-se em um projeto BIM, que pode servir de base para propor um adequado à realidade da contratante.

5 PROTOCOLO PROPOSTO

A partir da análise das publicações e da comparação exposta no – Comparativo das publicações selecionadasQuadro 2, é possível identificar os itens de maior relevância e que, portanto, devem compor o protocolo proposto por este trabalho. São eles:

- Usos esperados dos modelos*;
- Propriedade intelectual dos modelos e seus componentes;
- Papéis e responsabilidades das partes envolvidas*;
- Formato de arquivos para troca de informações*;
- Definição do ambiente colaborativo para troca de informações*;
- Estruturação dos modelos BIM*;
- Especificação dos softwares que devem ser utilizados*;
- Diretrizes de modelagem;
- Padrões de nomenclatura;
- Padrões de representação gráfica;
- Controle de qualidade das informações do modelo.

Os itens marcados com "*" devem ser definidos ou ter seus agentes explicitados no PEB, conforme prescrito nos documentos analisados.

Conforme exposto no item 4, em conformidade com a realidade do mercado brasileiro, certos itens requerem definição clara e completa, além de acompanhamento próximo para garantia do seu uso adequado durante

o desenvolvimento do empreendimento.

Ainda seria necessário apontar entidades capazes de desenvolver, disponibilizar e manter esta diretriz no âmbito nacional. Iniciativas individuais e fragmentadas já existem tanto nos setores públicos quantos privados, mas a unificação de uma diretriz base nacional beneficiaria todos os agentes envolvidos. As instituições mais próximas deste tipo de iniciativa são o SindusCon, que já conta com um comitê BIM e é responsável pelo Seminário Internacional BIM, e a CBIC, que recentemente lançou um guia de 10 volumes para impulsionar o entendimento e adoção de BIM no Brasil.

6 CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível determinar a forma pela qual os países cujas publicações foram analisadas buscam a padronização da utilização do BIM no mercado da construção civil. Notou-se que tais padronizações auxiliam na garantia no direcionamento mais adequado dos esforços para investimentos duradouros em implementações de BIM nas empresas do mercado. Ficou claro pelo comparativo das publicações que muitas compartilham os mesmos tópicos de interesse, sendo possível identificar os principais pontos de relevância para o desenvolvimento de um novo protocolo para contratação de projetos utilizando a metodologia BIM. Contudo, a simples comparação das publicações não garante a aderência à realidade de cada mercado, sendo necessário o trabalho de adequação das diretrizes estabelecidas para a realidade do mercado nacional.

REFERÊNCIAS

ABAURRE, M. W. **Modelos de contrato colaborativo e projeto integrado para modelagem da informação da construção**. 2014. 225 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

AIA. **AIA Document E203: Building Information Modeling and Data Exhibit**, 2013a. Disponível em: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099084.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2015.

AIA. **AIA Document G202: Project Building Information Modeling Protocol Form**, 2013b. Disponível em: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099086.pdf>. Acesso em: 13 abr 2016.

BCA. **Singapore BIM Guide version 2.0**, Singapura, 2013. Disponível em: <https://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM/Singapore BIM Guide_V2.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2015.

BCA. Singapore Construction Productivity Week 2015. **Build Smart,** v. 29, p. 17, out. 2015. Disponível em: <http://www.bca.gov.sg/Publications/BuildSmart/others/buildsmart_15issue29.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2016.

BIMFORUM. **Level of Development Specification**: For Building Information Models, 2015. Disponível em: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2015/11/Files-1.zip>. Acesso em: 21 abr 2016.

BIPS. **3D Working Method 2006**, 2007. Disponível em: <http://changeagents.blogs.com/Linked_Documents/BIPS 3D Working Method.pdf>. Acesso em: 19 abr 2016.

BSA. **National Building Standards - United States Version 3**, 2015. Disponível em: <https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_V3.zip>. Acesso em: 15 ago. 2015.

BUCKER, M. B. **Gerenciamento de conflitos, prevenção e solução de disputas em empreendimentos da construção civil.** 2010. 178 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BCPP. **New Zealand BIM Handbook**: A Guide to Enabling BIM on Building Projects, 2014. Disponível em: <http://www.building.govt.nz/assets/Uploads/projects-and-consents/building-information-modelling/nz-bim-handbook-updated.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2015.

BUILDINGSMART. **buildingSMART: International Home of Open BIM**. Chapters, 2016. Disponível em: <http://www.buildingsmart.org/chapters/>. Acesso em: 21 abr 2016.

CAPUCHINHO, C. Design & build. **Construção Mercado**, n. 112, nov. 2010. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/112/artigo283815-1.aspx>. Acesso em: 10 abr. 2016.

CIC. **Building Information Model (BIM) Protocol**: Standard Protocol for use in project using Building Information Models, 2013. Disponível em: <http://www.bimtaskgroup.org/bim-protocol/>. Acesso em: 15 ago. 2015.

CONSTRUCTION INDUSTRY COUNCIL. **CIC Building Information Modelling Standards**, 2015. Disponível em: <http://www.hkcic.org/WorkArea/linkit.aspx?LinkIdentifier=id&ItemID=14875&libID=14933&langType=1033>. Acesso em: 19 abr 2016.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM**. 1ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

FIESP **Antecipando o futuro. 11º Congresso Brasileiro da Construção – ConstruBusiness**. São Paulo: FIESP, 09 mar. 2015.

HENTTINEN, G. O. T. **COBIM Common BIM Requirements v1.0**, 2012. Disponível em: <http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3>. Acesso em: 04 abr. 2016.

KASSEM, M.; SUCCAR, B.; DAWOOD, N. Building Information Modeling: Analyzing Noteworthy Publications of Eight Countries Using a Knowledge Content Taxonomy. In: **ASCE Building Information Modeling**: Aplications and Practices. Gainesville, FL: University of Florida, 2015. Cap. 13, p. 329-371.

KREIDER, R. G.; MESSNER, J. I. **The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses**, University Park, PA, EUA, Set. 2013. Disponível em: <http://bim.psu.edu/Uses/Freq-Benefit/BIM_Use-2010_Innovation_in_AEC-Kreider_Messner_Dubler.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2015.

MCGRAW-HILL. **Detailed Findings Non-Users of BIM**, jul. 2009. Disponível em: <http://www.bim.construction.com/research/pdfs/2009_BIM_Non-Users_of_BIM.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2015.

MCGRAW-HILL. **The business value of BIM for construction in global markets**. Bedford: McGraw-Hill Construction, 2014a.

MCGRAW-HILL. **The business value of BIM in Australia and New Zealand**: How Building Information Modeling is Transforming the Design and Construction Industry, 2014b.

Disponível em: <http://www.consultaustralia.com.au/docs/default-source/bim/the-business-value-of-bim-in-australia-new-zealand.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da inovação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre: ANTAC, v. 3, n. 1, jan./mar. 2003. p. 69-81.

NATSPEC. **NATSPEC National BIM Guide**, 2011. Disponível em: <http://bim.natspec.org/index.php/natspec-bim-documents/national-bim-guide>. Acesso em: 15 ago. 2015.

PENN STATE. CIC Research Group, Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University. **BIM Project Execution Planning Guide Version 2.1**, 2010. Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em: 15 ago. 2015.

SILVA, F. A. C. Construtoras, entidades setoriais e fornecedores se mobilizam e aumentam uso do processo de Modelagem da Informação da Construção no País. **Construção Mercado**, n. 162, jan. 2015. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/162/construtoras-entidades-setoriais-e-fornecedores-se-mobilizam-e-aumentam-uso-335413-1.aspx>. Acesso em: 16 ago. 2015.

SMITH, P. BIM implementation - global strategies. **Procedia Engineering**, v.85, p. 482-492, 2014.

SOUZA, L. L. A.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. M. Impactos do uso do BIM em escritórios de Arquitetura: Oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, vol. 4, n. nº 2, nov. 2009. p. 26-53.

STATSBYGG. **Statsbygg Building Information Modelling Manual Version 1.2.1**, Oslo, Noruega, 2013. Disponível em: <http://www.statsbygg.no/Files/publikasjoner/manualer/StatsbyggBIM-manual-ver1-2-1eng-2013-12-17.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2016.

SUCCAR, B. Building information modeling framework: A research delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, Amsterdam, v.18, n.3, p.357-375, 2009.

VAN RILLAER, D. et al. **Rgd BIM Standard Version 1.0.1**, 2012. Disponível em: <http://www.rijksvastgoedbedrijf.nl/binaries/central-government-real-estate-agency/documents/publication/2014/07/08/rgd-bim-standard-v1.0.1-en-v1.0_2/Rgd_BIM_Standard_v1_0_1_EN_v1_0__2_.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

VERIFICAÇÃO DA ACEITABILIDADE DE FERRAMENTAS E DIRETRIZES DE MODELAGEM PROPOSTAS PARA UM BANCO PÚBLICO BRASILEIRO[1]

FERRARI, Fernanda Andrade (1); MELHADO, Silvio Burrattino (2)

(1) USP, e-mail: fernanda.ferrari@usp.br; (2) USP, e-mail: silvio.melhado@usp.br

RESUMO

A Caixa Econômica Federal (Caixa) é um notável *stakeholder* da indústria da Construção Civil e de Projetos brasileira que mantém um departamento técnico de aproximadamente dois mil profissionais, entre engenheiros civis e arquitetos. Dentre suas responsabilidades estão a análise da documentação técnica de obras de infraestrutura e habitação que pleiteiam financiamento. Atualmente, este é um processo elaborado manualmente que demanda muito tempo e dedicação para desenvolvimento e conclusão. Como forma de superar essa dificuldade, a instituição elegeu algumas tarefas que poderiam ser automatizadas através da Modelagem da Informação da Construção (BIM), e está buscando gradualmente a sua adoção. Estabelecer padrões de modelagem mostrou-se necessário para viabilizar a verificação de projetos e especificações de obra baseada em uma plataforma BIM. O objetivo deste artigo é verificar a aceitabilidade de ferramentas e diretrizes de modelagem desenvolvidas para esse fim. Para isso, foi organizado um *workshop* com profissionais da área de construção e projeto, no qual foi proposto um exercício estruturado seguido de uma discussão e um questionário. Como resultado, apesar da avaliação positiva da proposta, a pesquisa revelou um obstáculo mais abrangente, que consiste na atual realidade de segregação entre as disciplinas de projeto e orçamentação.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção. Análise de projetos. Padronização. Diretrizes de modelagem.

ABSTRACT

Caixa Econômica Federal (Caixa) is an important stakeholder in the Brazilian Construction and Design industry that maintains a technical department comprising more than two thousand civil engineers and architects. These professionals perform mainly technical feasibility analysis of infrastructure or housing projects that apply for public financing. Currently, the analysis process is manual, paper-based, time and labour consuming. Facing up to this situation, the bank organization has established tasks likely to be automated through Building Information Modelling (BIM), and is now pursuing its adoption. Establishing modelling standards and templates was deemed necessary to enable designers to use BIM. The aim of this paper is to analyse the suitability and usefulness of the modelling tools and guidelines proposed. To that end, a workshop was conducted with construction and design professionals in which a modelling exercise was proposed, followed by a group discussion and a survey. Although the evaluation of the tools and project template proposed were positive, the results showed a broader issue of segregation between the disciplines of design and cost estimation.

---

[1] FERRARI, F.A.; MELHADO, S.B.. Verificação da aceitabilidade de ferramentas e diretrizes de modelagem propostas para um banco público brasileiro, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Building Information Modelling. Feasibility analysis. Standardization. Modelling guidelines.*

1 INTRODUÇÃO

A Caixa é uma empresa pública do governo federal brasileiro, fundada em 1861, que possui patrimônio próprio e autonomia administrativa. A instituição é hoje líder em operações de financiamento imobiliário e principal mandatária do governo federal na aplicação de recursos destinados a obras de infraestrutura e de habitação social. As operações de financiamento à infraestrutura, que destinam investimentos aos setores de mobilidade urbana, energia, logística, abastecimento de água, entre outros, apresentou um saldo de R$68,4 bilhões no terceiro trimestre de 2015, resultado de um crescimento de 33,3% em 12 meses. Além disso, a Caixa detém 67,5% do mercado de financiamento habitacional, cujo saldo atingiu R$ 375,7 bilhões em 2015 (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2015).

A instituição possui hoje 97,7 mil empregados, dentre os quais estão aproximadamente dois mil engenheiros e arquitetos exercendo função técnica, distribuídos em 74 regiões do país. A partir desse quadro, é possível afirmar o importante papel desempenhado pelo banco, principalmente no que se refere à análise da viabilidade dos projetos que pleiteiam recursos. Além disso, cabe destacar que, através de seus requisitos de análise, a Caixa exerce grande influência na indústria da construção civil brasileira. Como exemplo, pode ser citado o requisito de certificação das construtoras e fornecedores no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) para obras enquadradas no Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 1998).

No âmbito dos projetos financiados e desenvolvidos pela Caixa, o principal objetivo da análise da documentação técnica é avaliar a viabilidade de execução do projeto bem como o cumprimento das metas previstas, visando garantir a aplicação correta dos recursos e proporcionar o atendimento da população beneficiada. Conforme a atual sistemática, são apresentados pelos proponentes os documentos técnicos necessários à caracterização das propostas, bem como documentos institucionais e cadastrais exigidos pela legislação. A análise técnica verifica o atendimento das propostas às diretrizes do programa de vinculação, a adequação do projeto ao local da intervenção, sua funcionalidade e exequibilidade técnica, em conformidade às referências técnicas instituídas legalmente, aos custos e aos prazos de execução previstos.

Atualmente, o processo de análise é burocrático, concentrando esforços no atendimento estrito às regras estabelecidas e baseado em uma documentação apresentada na forma impressa, demandando muito tempo e atenção do técnico que o realiza. O projeto é verificado manualmente, sendo a etapa de extração de quantitativos para comparação com o orçamento proposto a tarefa que demanda maior dedicação para realização e conclusão.

Este artigo está inserido em um projeto de pesquisa mais abrangente que tem como objetivo analisar a introdução do BIM no processo de análise da documentação técnica realizado pela Caixa (FERRARI; MELHADO, 2015). Verificou-se que a utilização do BIM foi inicialmente motivada por uma demanda interna gerada pela reestruturação do SINAPI, e que levou à necessidade do desenvolvimento das ferramentas e diretrizes de modelagem expostas neste trabalho.

O objetivo deste artigo é verificar a aceitabilidade dessas ferramentas e diretrizes propostas, investigando a potencialidade da utilização do BIM no desenvolvimento de atividades relacionadas às práticas de projeto, planejamento e orçamentação de obras. Neste sentido, o artigo observa ainda a disposição de diferentes profissionais, considerados enquanto futuros e prováveis usuários na efetiva adoção desse novo instrumento.

Embora o objeto desta pesquisa ainda seja uma proposta em análise pela Caixa, a falta de uma padronização nacional para modelagem indica que o estabelecimento de diretrizes e fornecimento de ferramentas de suporte e viabilização à utilização do BIM é essencial para garantir que os projetos submetidos ao exame da Caixa, no âmbito das suas atribuições e demandas, sejam apresentados de forma satisfatória, isto é, adequados à análise executada em plataforma BIM.

A relevância do estudo não apenas reside no amplo potencial de disseminação de tais ferramentas no meio profissional, mas também procura perspectivar a aplicabilidade desses dispositivos uma vez aprovados e consolidados pela Caixa, organismo fundamental ao desenvolvimento e estruturação do mercado da construção civil no Brasil. A fim de verificar os pontos citados acima, o método de pesquisa empregado contemplou a proposição de um exercício estruturado, no qual os participantes utilizaram dois *plug-ins* e um *template* desenvolvido para o software Revit da Autodesk, seguido de uma discussão em grupo e do preenchimento de um questionário como maneira de avaliar a atividade realizada e encaminhar as conclusões acerca das questões motivadoras deste artigo.

2 A CAIXA ECONÔMICA FEDERAL COMO POTENCIAL DIFUSORA DE PRÁTICAS BASEADAS EM BIM

A McGraw Hill Construction conduziu uma pesquisa no Brasil que apontou que 55% das empresas pesquisadas declaram ter pouco contato com o BIM (BERNSTEIN et al, 2014). Dentre as empresas que adotam o BIM, 70% manifestaram que iniciaram a sua utilização a partir de 2012 e 75% revelaram que menos de 30% de seus projetos são desenvolvidos em BIM. Esses dados indicam o estágio inicial de adoção do BIM em que grande parte das empresas brasileiras se encontram.

Assim, atualmente, podemos considerar que a indústria da construção civil no Brasil objetiva o primeiro estágio de capacidade relativa ao BIM, descrita por SUCCAR (2010), ou seja, voltada ao emprego de softwares de modelagem baseada em objetos. Mesmo que a Caixa tenha a prerrogativa

de ser um agente coercivo e regulador, pressionando uma difusão de cima para baixo conforme descrevem Succar e Kassem (2015), em relação ao emprego do BIM, foi adotada primeiramente uma abordagem passiva, que, de acordo com esses autores, consiste em conscientizar, incentivar e observar a adoção do BIM no processo de desenvolvimento do projeto.

Em relação ao panorama brasileiro, reconheceu-se que a ausência de padronização e diretrizes de modelagem em BIM seria uma grande barreira para qualquer inovação nesta área, corroborando para que os esforços da Caixa se voltassem ao fornecimento de ferramentas e diretrizes à indústria da construção civil, vislumbrando a possibilidade de, em um futuro próximo, efetivar o processo de análise de projetos baseada em BIM.

2.1 Diretrizes e ferramentas

A proposta analisada neste artigo foi desenvolvida por uma empresa de consultoria, incialmente orientada a resolver um problema interno da Caixa causado pela reestruturação do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). O SINAPI é mantido pela instituição e adotado como sua principal fonte de referência de preços, e, recentemente, teve suas composições de serviços revisadas para considerar índices de produtividade, consumo de material e perda mais precisos (OLIVEIRA; SOUZA; KATO, 2014).

Tal fato resultou em aumento da gama de opções e na dificuldade de escolha da composição referencial correta para cada item de orçamento. Por exemplo, o serviço de "parede de alvenaria" que antes era associado apenas ao tipo de tijolo, hoje tem seu custo subordinado ao comprimento da parede, à existência de aberturas e ao tipo de mistura da argamassa (manual ou mecânica). Nesse sentido, as ferramentas em BIM têm grande potencial de auxílio na escolha da correta composição de orçamento, por extrair facilmente as informações do projeto que influenciam nos parâmetros de produtividade adotados recentemente pelo SINAPI.

Assim, objetivando solucionar as questões relativas às composições de preços e orçamentos, foram desenvolvidos dois *plug-ins* e um *template* para o software Revit da Autodesk com o intuito de auxiliar o responsável técnico pela orçamentação na escolha do componente correto do SINAPI para cada objeto do modelo, através da filtragem das opções baseada nas características do objeto ou de informações previamente imputadas.

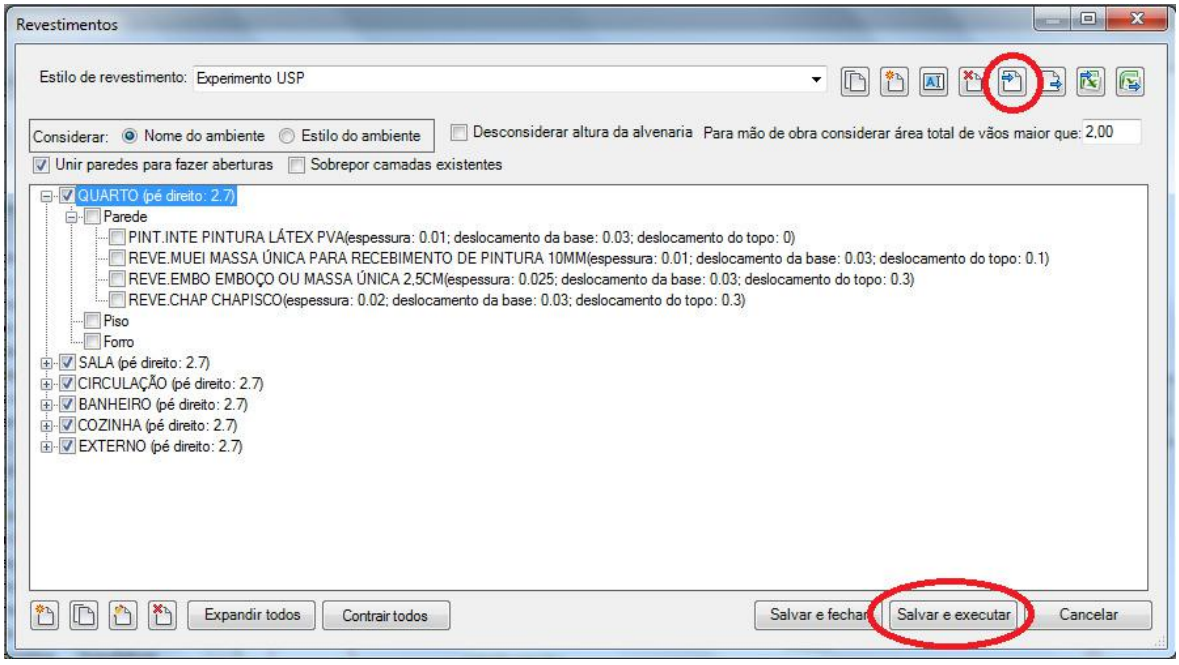
Primeiramente, para garantir a padronização, o *template* foi concebido já com as famílias de elementos e configurações pré-definidas a fim de proporcionar um ponto de partida para novos projetos (AUTODESK, 2015). Dessa forma, garante-se que os elementos utilizados no modelo possuem as características necessárias para o correto funcionamento dos *plug-ins*.

O primeiro *plug-in* foi desenvolvido para funcionar no próprio software Revit e auxiliar na modelagem dos revestimentos das paredes (chamaremos de *plug-in* de revestimento). Através deste aplicativo, o usuário escolhe o

ambiente para o qual deseja criar de definições e seleciona de uma lista de materiais de revestimento (pré-determinados no *template)* definindo a sua altura e espessura. O *plug-in* cria automaticamente um elemento de parede separado para cada camada de revestimento imputado, o que facilita posteriormente a sua manipulação e quantificação.

Finalmente, um segundo *plug-in* foi desenvolvido para auxiliar na especificação de materiais e componentes para cada elemento modelado, relacionando-os com as composições do SINAPI (chamaremos de *plug-in* SINAPI). Conforme demostrado na Figura 1, em cada ambiente é possível selecionar materiais para as paredes, pisos e forros. A filtragem das possibilidades ocorre de acordo com as características do objeto modelado, permitindo a exportação dos dados para finalização do processo de orçamentação.

Figura 1 - Plug-in SINAPI



Fonte: Material de apresentação do *workshop* descrito neste artigo.

É importante ressaltar que a proposta analisada neste artigo não foi desenvolvida inicialmente com o intuito de disseminação no mercado ou com a finalidade de constituir um requisito de aprovação de futuros projetos, mas sim para ser utilizada em caráter de teste, em apenas alguns setores internos da instituição. Por este motivo foi selecionado apenas um software. No entanto, para futura disponibilização ao mercado, qualquer ferramenta ou diretriz de modelagem deverá ser baseada em formatos livres, como o Industry Foundation Classes (IFC), para garantir a isonomia entre as diversas empresas desenvolvedoras de tecnologia.

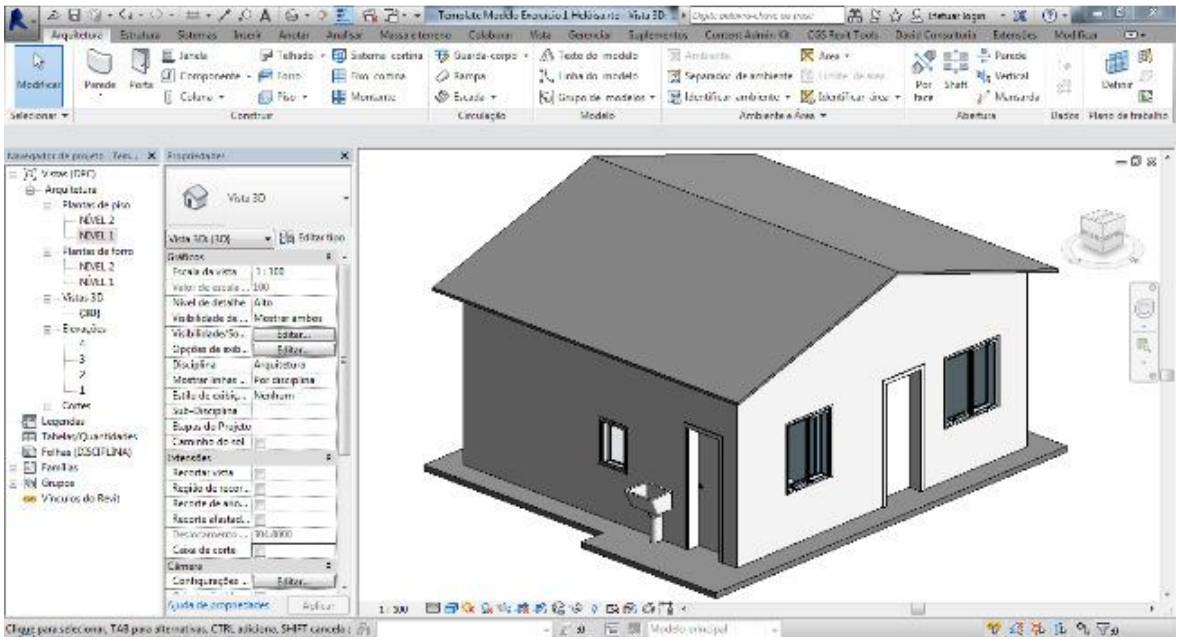
3 MÉTODO DE PESQUISA

As vantagens e proveitos da utilização do BIM não estão claramente e empiricamente estabelecidos, portanto a decisão de sua adoção é frequentemente baseada em uma especulação sobre seus benefícios (BARLISH; SULLIVAN, 2012). Consequentemente, a análise do comportamento de potenciais e futuros usuários foi considerada importante para verificar se existe uma intenção de adoção da metodologia proposta para desenvolvimento de projeto.

O método de pesquisa aplicado baseou-se na estruturação de *workshop*, no qual foi proposto um exercício de modelagem, utilizando os *plug-ins* e o *template* desenvolvidos, uma discussão monitorada e a aplicação de um questionário junto aos usuários participantes. Cabe destacar que, como reforço ao método utilizado no procedimento descrito, foi estimulado o debate entre os participantes que, através de seus comentários e observações, forneceram subsídios à verificação da efetiva aplicabilidade das inovações.

O exercício de modelagem foi estruturado de forma que o *template* e os *plug-ins* fossem utilizados em uma situação real e familiar aos participantes. Para isso, foi proposta a modelagem de uma pequena casa, conforme mostra a Figura 2, junto com a definição de seus componentes e materiais, para finalmente elaborar um orçamento de obra utilizando as referências de materiais e serviços do SINAPI em cada elemento do modelo proposto.

Figura 2 - Captura de tela do exercício



Fonte: Material de apresentação do *workshop* descrito neste artigo.

Para assegurar que os participantes utilizassem as ferramentas corretamente, o desenvolvedor da tecnologia, também responsável pela consultoria junto à Caixa, guiou e acompanhou a elaboração do exercício, respondendo

dúvidas e auxiliando os integrantes do grupo. Todos os comentários e questões foram gravados, assim como a posterior discussão das impressões dos participantes sobre a experiência.

Dez profissionais das áreas de projeto, construção e acadêmica integraram o diversificado grupo, como mostra o quadro apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Perfil dos participantes

Item	**Formação**	**Cargo**	**Empresa**	**Experiência com Projetos em BIM**
1	Arquitetura	Coordenador do Grupo BIM	Empresa 1	Mais de 10
2	Engenharia Civil	Engenheiro Civil	Empresa 1	Mais de 10
3	Técnico em Edificações	Desenhista técnico	Empresa 2	Mais de 10
4	Engenharia Civil	Gestor de obras e projetos	Autônomo	1-3
5	Arquitetura	Instrutor e Consultor de Revit	Autônomo	Mais de 10
6	Arquitetura	BIM Manager	Empresa 3	1-3
7	Arquitetura	Arquiteto	Empresa 3	1-3
8	Arquitetura	Arquiteto	Empresa 3	1-3
9	Engenharia Elétrica	Projetista de Elétrica	Autônomo	Nenhum
10	Engenharia Civil	Estudante de Doutorado	Acadêmico	Nenhum

Fonte: Os autores

O convite para o *workshop* foi aberto a qualquer interessado e divulgado na página da internet do desenvolvedor das ferramentas. A experiência com projetos em BIM tampouco foi pré-requisito para aceitação de participantes. A diversidade de formação, os variados níveis de experiência e atuação profissional em diferentes campos relacionados à construção civil foram aspectos que colaboraram ao enriquecimento da discussão, na qual variados pontos de vista foram apresentados (Figura 3).

Figura 3 - Apresentação do *Workshop*



Fonte: Os autores

Além dos comentários espontâneos durante a apresentação e posterior elaboração do exercício, os pesquisadores autores deste artigo propuseram a discussão dos pontos listados a seguir:

a) Durante a modelagem, quais foram as suas impressões em relação a:

- O tempo e a dificuldade de construir o modelo?
- A visualização do modelo?
- As diferenças de suas atuais práticas?

b) Na utilização dos plug-ins, quais foram as suas impressões com relação a:

- A sua operação?
- Os seus benefícios?
- A sua aplicabilidade em suas atividades diárias?

3.1 Limitações do método

Apesar de o método ser considerado satisfatório para o objetivo desta pesquisa e para promoção de um amplo debate entre profissionais com diferentes níveis de experiências e distintas atividades profissionais desenvolvidas, viu-se necessário a imposição de um número limitado de participantes, para que fosse viável aos pesquisadores coordenar as atividades e registrar os resultados de forma satisfatória. Além disso, não obstante o esforço para que o grupo fosse constituído de forma diversa, contando com a participação de diferentes perfis profissionais, conforme citado anteriormente, é válido ressaltar que, na etapa de análise, principalmente dos comentários e discussão, foi subtraída a subjetividade e a parcialidade das diferentes visões.

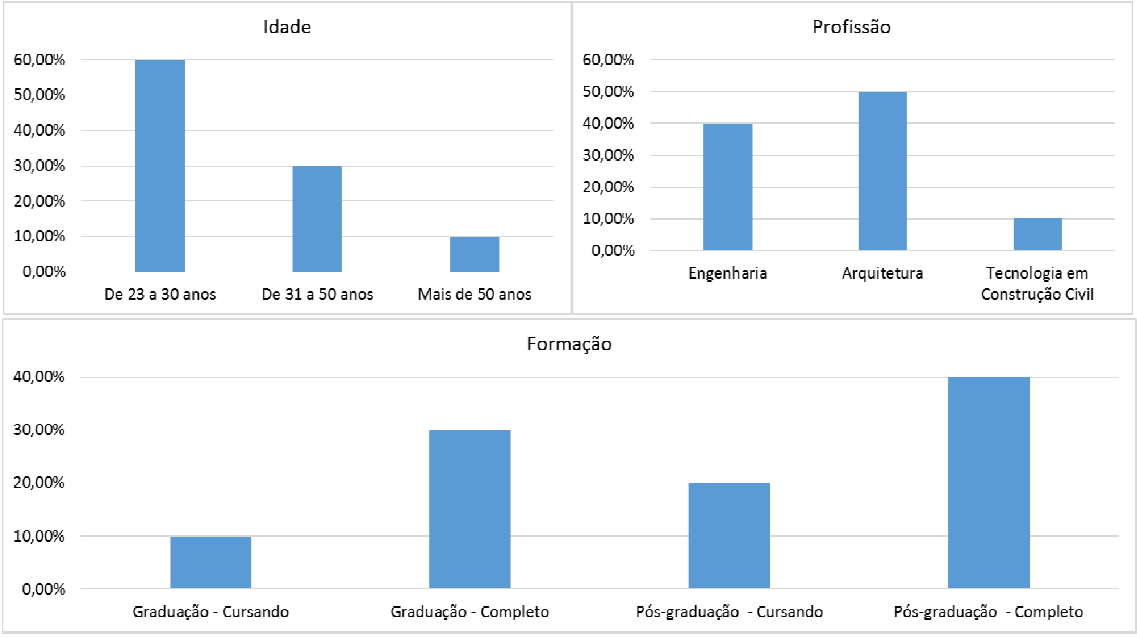
4 RESULTADOS

4.1 Perfil dos participantes

De acordo com informações extraídas das fichas de inscrição e do questionário, explicitadas na

Figura 4, formados em arquitetura e engenharia civil constituíram a maioria neste grupo, que ainda pode ser considerado enquanto um conjunto jovem e qualificado, uma vez que pelo menos metade dos participantes são pós-graduados e tem até 30 anos de idade.

Figura 4 - Informações de idade e formação dos participantes



Fonte: Os autores

Os usos mais frequentes do BIM para os participantes são relacionados às atividades de coordenação de projetos, visualização e apresentação, além de extração de quantidades e planejamento de obras. Mesmo que a maioria dos participantes já tenha tido alguma experiência profissional com orçamentação de obras, apenas 30% dos participantes já utilizaram um software BIM para este propósito.

4.2 Motivações

As motivações para utilizar um software BIM visando à estimativa de custos estavam essencialmente relacionadas à inovação nas práticas de projeto e orçamento, e à redução da complexidade da atividade de orçamentação. As mudanças de responsabilidade dos projetistas, acarretadas pela adoção de um processo de projeto baseado em BIM, figuraram como grande preocupação dentre os participantes, uma vez que algumas decisões que afetam o planejamento da obra e seus custos são frequentemente requisitadas nas fases iniciais de projeto.

Alguns participantes admitiram negligenciar o planejamento de custos na fase de projeto, além reconhecer a falta integração entre as atividades de projeto e orçamentação.

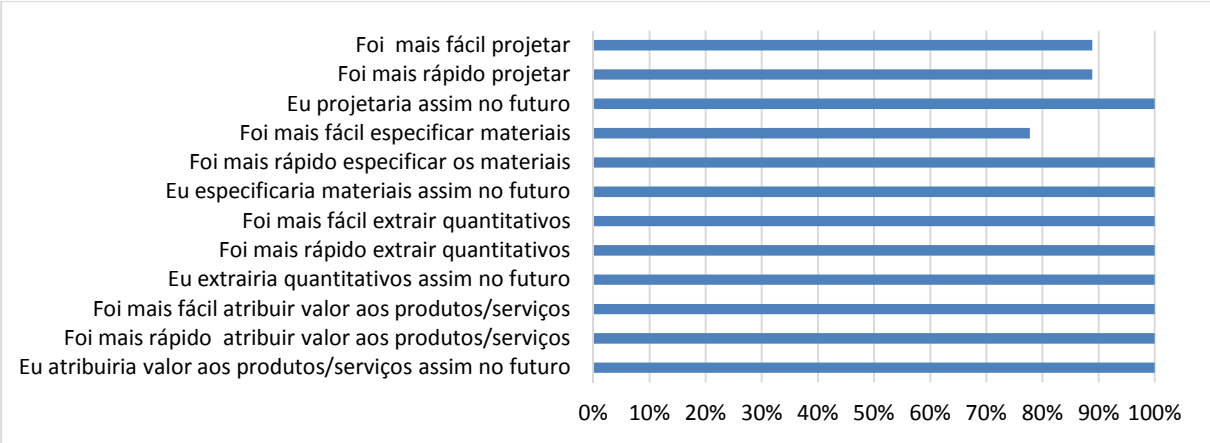
Quando questionados, todos os participantes declararam que se a Caixa estabelecesse uma padronização de modelagem, ela seria adotada em suas práticas cotidianas.

4.3 Benefícios

Os resultados do questionário mostraram que a maioria dos participantes (88 a 100%) concordou que, comparado a sua prática atual, foi mais fácil, mais rápido e mais preciso modelar, extrair quantidades e estimar custos durante o exercício proposto, conforme demonstra o gráfico da Figura 5[2].

Figura 5 - Respostas para as perguntas sobre impressões das ferramentas

[2] O resultado apresentado na Figura 5 demonstra o percentual de participantes que responderam positivamente a cada pergunta.

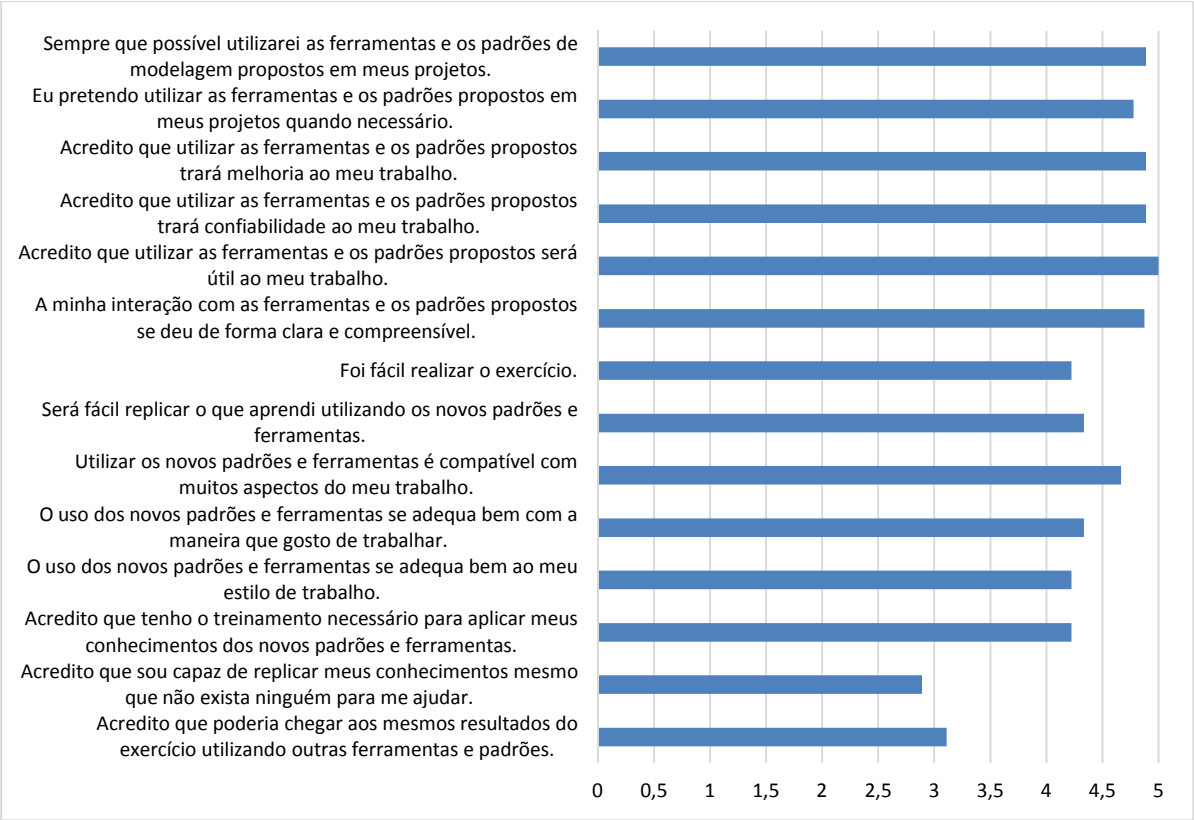


Fonte: Os autores

Houve ainda respostas positivas às questões relacionadas à intenção de uso, adequação e percepção de utilidade para sua prática profissional (Figura 6)[3]. Durante a discussão foi apontado que o *plug-in* de revestimentos seria muito útil em projetos de edifícios que apresentam um grande número de elementos repetitivos, tal como hotéis, em que uma mesma tipologia de quarto é replicada diversas vezes.

Figura 6 - Resultado em escala de 0 a 5 para concordância com as afirmações sobre uso das ferramentas

[3] Para cada afirmação demonstrada na Figura 6 houve possibilidade de escolha de uma escala baseada no grau de concordância com cada sentença que foi de "discordo totalmente", com peso 1, e "concordo plenamente", de peso 5. O resultado é a média ponderada da opinião de todos os participantes.



Fonte: Os autores

4.4 Dificuldades

A principal barreira reconhecida pelos pesquisadores foi percebida durante a explicação do exercício, evidenciada pelas questões colocadas pelos participantes. Suas dúvidas refletiram a falta de familiaridade com processos construtivos, o que levou a uma grande dificuldade em designar materiais, serviços e características ao projeto. Além disso, com rara exceção, os participantes mostraram desconhecimento sobre o SINAPI, sua estrutura e diretrizes, indagando questões elementares sobre o assunto.

Sobre os *plug-ins* e o *template*, alguns participantes reportaram dificuldades em designar especificações com o *plug-in* do SINAPI em decorrência das diversas opções apresentadas, deixando evidente que a filtragem de materiais e componentes deve ser revista. Além disso, foi demonstrada preocupação com a previsão de exportação das informações para apenas um software de orçamentação.

Finalmente, apesar dos participantes aprovarem o treinamento que tiveram durante o *workshop* e afirmarem a facilidade na execução do exercício proposto, a maioria dos participantes declarou que teria dificuldade em reproduzir o que aprendeu sem ajuda ou orientação.

5 DISCUSSÃO

A Levando em consideração a experiência do *workshop* realizado, houve

aprovação quase unânime do *template* e dos *plug-ins* para Revit desenvolvidos, com apenas algumas sugestões de melhoria. O modelo de aceitação de uma tecnologia postula que o comportamento de intenção de uso de uma tecnologia é relacionado à percepção de sua utilidade e da facilidade de uso (SON; LEE; KIM, 2015). Os resultados da pesquisa mostram que essas qualidades foram apontadas pelos participantes.

No entanto, deve ser levado em consideração o fato de que a maioria dos participantes, devido à sua falta de experiência com orçamentação em BIM, compararam a experiência a métodos tradicionalmente adotados. Isso explica parcialmente porque a maioria dos participantes acredita que poderia alcançar os mesmos resultados usando diferentes ferramentas e diretrizes de modelagem: primeiramente, existe um interesse em adotar práticas baseadas em BIM, e, apenas posteriormente, questiona-se escolher uma ferramenta específica para realizar determinada tarefa. A falta de experiência com a modelagem de projetos explica o motivo dos participantes em acreditar que não poderiam reproduzir o exercício sem ajuda ou acompanhamento.

Os resultados chamaram atenção ainda para o fato de que as disciplinas de projeto e orçamentação são atualmente segregadas, e que o profissional responsável pelo projeto nem sempre tem a compreensão da totalidade do processo construtivo, incluindo as atividades de especificação de materiais e de seus custos. Essa pode ser considerada a maior barreira, não somente para a aceitação da proposta analisada nesta pesquisa, mas também para a adoção de uma prática de projeto e orçamentação baseada em BIM (GU; LONDON, 2010).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo que a Caixa seja essencialmente uma instituição financeira, ela figura como um importante *stakeholder* dos setores de projeto e construção brasileiros, e pode ser considerada uma formuladora de políticas, fundamentalmente baseada em seu potencial de exigir e disseminar padrões, regras, diretrizes e melhores práticas para a indústria da construção. Assim, a relevância desta pesquisa está no monitoramento de seus esforços direcionados à adoção do BIM e ao possível estabelecimento de diretrizes de modelagem, uma vez que esses têm grande potencial de se tornarem padrões nacionais.

O objetivo deste estudo foi verificar a aceitabilidade das ferramentas e diretrizes de modelagem desenvolvidos para a Caixa, e, consequentemente, avaliar as diretrizes de modelagem intrínsecas em sua utilização. Para isso, foi proposto um exercício de modelagem que englobou a elaboração de um projeto e sua orçamentação, seguido de uma discussão em grupo e do preenchimento de um questionário, com o intuito de identificar se existiu um comportamento de intenção de uso da tecnologia proposta.

Apesar do propósito específico da pesquisa, e da avaliação positiva da proposta pelo grupo, os resultados revelaram um problema mais amplo de

segregação entre as disciplinas de projeto e orçamentação, que pode influenciar não somente a aceitação da inovação proposta pela Caixa, mas também a adoção e a disseminação do BIM.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os participantes do *workshop* e à David Pinto Consultoria pelo auxílio.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. **Project templates**. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/Revit-Customize/files/GUID-4C16B54A-7ADA-4DEB-A278-C199B1BC4207-htm.html>. Acesso em: 8 nov. 2015.

BERNSTEIN, H. M., et al. **The business value of BIM for construction in major global markets**. Bedford: McGraw Hill Construction, 2014. 64p.

BARLISH, K.; SULLIVAN, K. How to measure the benefits of BIM - a case study approach. **Automation in Construction**, v. 24, p. 149–159, Jul. 2012.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Demonstrativo financeiro 3o trimestre 2015**: press release. Disponível em: <http://www20.caixa.gov.br/Lists/PresentationGallery/Press Release 3T15.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2016.

FERRARI, F.A.;MELHADO, S.B. O processo de inovação em um banco público brasileiro através do BIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO 4., 2015, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18540/2176-4549.6031>. Acesso em: 14 nov. 2015.

GU, N.; LONDON, K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. **Automation in Construction**, v. 19, n. 8, p. 988–999, Dec. 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa brasileiro de qualidade e produtividade no habitat.** Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/>. Acesso em: 26 out. 2015.

OLIVEIRA, T.; SOUZA, U. S.; KATO, C. S. Sinapi em revisão: atualização e ampliação das composições. **Infraestrutura Urbana**, n. 35, p. 38–41, Fev. 2014.

SON, H.; LEE, S.; KIM, C. What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architects' behavioral intentions. **Automation in Construction**, v. 49, p. 92–99, Jan. 2015.

SUCCAR, B. The five components of BIM performance measurement. In: CIB WORLD CONGRESS, 2010, Salford, **Anais...** Salford: University of Salford, 2010. Disponível em: <http://changeagents.blogs.com/thinkspace/files/The Five Components of BIM Performance Measurement.pdf>. Acesso em 06 jan. 2015.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: conceptual structures. **Automation in**

Construction, v. 57, p. 64–79, Sep. 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DO AMBIENTE PARA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM UM BANCO PÚBLICO BRASILEIRO[1]

FERRARI, Fernanda Andrade (1); MELHADO, Silvio Burrattino (2)

(1) USP, e-mail: fernanda.ferrari@usp.br; (2) USP, e-mail: silvio.melhado@usp.br

RESUMO

A Caixa Econômica Federal (Caixa), por sua atuação como agente financiador de obras de infraestrutura e habitação, é um relevante *stakeholder* da indústria e do mercado da construção civil no Brasil. A Caixa pode ser considerada uma formuladora e disseminadora de políticas na cadeia produtiva desse setor, e seu corpo técnico constitui um importante vetor de difusão das práticas adotadas pela instituição. Assim, a possibilidade de introduzir a Modelagem da Informação da Construção (BIM) como diretriz para formulação de projetos suscitou a pertinência de uma importante questão de pesquisa relacionada aos impactos dessa inovação tecnológica em seu setor técnico. Desta forma, o objetivo deste artigo é diagnosticar, através de uma *survey*, o ambiente organizacional e a postura dos funcionários em relação à aceitação de mudanças e à proposição de inovações. A pesquisa bibliográfica realizada apontou fatores que influenciam a gestão de mudanças e sua eficácia. De acordo com a pesquisa realizada, verificou-se que a pré-existência de um ambiente propício à inovação, assim como uma liderança transformacional, são os fatores que contribuem para a autoconfiança do funcionário perante uma situação de mudança e influenciam positivamente o seu apoio à inovação.

Palavras-chave: Gestão de mudanças. Modelagem da Informação da Construção. Inovação. Difusão tecnológica.

ABSTRACT

Caixa Econômica Federal (Caixa) is an important stakeholder in the Brazilian Architecture, Engineering, Construction and Operations (AECO) industry, due to its role in financing construction and in transferring federal resources to public infrastructure and social housing. Caixa can be considered a Policy Maker in this industry, and Its technical department is an important vector for disseminating the practices adopted by the institution. Thus, facing the possibility to implement Building Information Modelling (BIM) as a guideline for project development raised the relevance of an important research question related to the impacts of this technological innovation in the Caixa technical department. Therefore, by employing a survey, our purpose is to analyse the organizational environment and the attitude of the employees in relation to the acceptance of change and innovation proposition. The literature review showed conditions that influence change management and its effectiveness. The pre-existence of an environment suitable to innovation, as well as a transformational leadership, were found to be factors that contribute to the confidence of the employees in a situation of change and positively influence their support to innovation.

***Keywords**: Change management. Building Information Modelling. Innovation. Technological diffusion.*

[1] FERRARI, F.A.; MELHADO, S.B.. Análise do ambiente para inovação tecnológica em um banco público brasileiro. In: encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A Caixa Econômica Federal (Caixa) desempenha um importante papel como mandatária do governo brasileiro na aplicação de recursos federais em obras de infraestrutura e habitação. Atualmente, mantém um corpo técnico composto por dois mil engenheiros civis e arquitetos, responsável, principalmente, pela análise e acompanhamento de obras que pleiteiam financiamento ou repasse de recursos federais.

A Caixa tem estudado a possibilidade de adoção da Modelagem da Informação da Construção (BIM) para a melhoria do seu processo de análise da documentação técnica de obras (FERRARI; MELHADO, 2015), o que, nesse sentido, influenciará suas diretrizes para apresentação dos projetos a serem submetidos para verificação.

Em razão de sua capilaridade em território nacional e detenção de importante parcela do mercado de financiamento à habitação e à infraestrutura, a Caixa atua hoje como uma formuladora de políticas no setor da construção civil ao exigir que os projetos apresentem critérios de qualidade, desempenho e construtibilidade, atendam às leis e normas estabelecidas e sejam compatíveis com o orçamento. A exemplo do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), existe grande potencial de estabelecimento da Caixa como um vetor de difusão do BIM no mercado brasileiro.

Diante disso, levantou-se uma importante questão relacionada aos impactos dessa inovação tecnológica em seu ambiente intraorganizacional: a implementação bem-sucedida das práticas relacionadas ao BIM no setor técnico da Caixa é condição primordial para a posterior disseminação da inovação no mercado da construção civil brasileiro.

A Caixa é uma empresa pública, de estrutura hierárquica formal e operada sob uma rígida estrutura legal. Esses fatores são considerados, em primeira análise, sérios entraves à proposição e à adoção inovações. O processo de mudança em organizações públicas e burocráticas ocorre de forma muito particular e ainda pouco explorada pela literatura (VAN DER VOET, 2014), por essa razão, foi identificada a importância de diagnosticar, através de uma *survey,* as características do ambiente organizacional e da postura dos funcionários quanto à aceitação de mudanças e proposição de inovações.

Com este trabalho, espera-se prover subsídios e colaborar ao estabelecimento de diretrizes para implementação da inovação que a introdução do BIM acarretará no departamento técnico da Caixa. Deste modo, através desse estudo de caso, espera-se contribuir com outras iniciativas que igualmente visem incentivar a difusão do BIM na cadeia produtiva da construção civil brasileira.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em contraste com o conceito de implementação, que representa a adoção bem-sucedida de um sistema ou processo por uma organização, o conceito

de difusão explica a sua propagação dentro de uma população, conforme expõem Succar e Kassem (2015).

Baseados em demais pesquisadores que tratam deste aspecto, os autores colocam que o BIM – visto como a expressão atual da inovação na indústria da construção civil – não pode ser considerado somente uma inovação tecnológica, mas deve ser encarado também como uma inovação organizacional e sistêmica de tecnologias, processos e políticas articuladas e complementares.

2.1 Gestão de mudanças em ambientes burocráticos

Joris Van der Voet (2014) identificou que diversos autores sugerem que o ambiente de uma organização pública influencia a gestão de mudanças organizacionais. Como operam sob uma rígida estrutura legal, sempre expostas a auditorias e demais ações controladoras e verificadoras, as instituições públicas tendem a centralizar as decisões e formalizar suas operações, a fim de evitar riscos, consolidando, a partir do conjunto de suas ações, a forma burocrática que as caracterizam.

Esse autor pondera ainda que o termo burocracia, mesmo admitindo diferentes graus de centralização e formalização, é geralmente usado para se referir aos aspectos negativos de uma organização que se baseia em uma regulamentação rígida e rigorosamente estabelecida. Além disso, podem ser identificados outros aspectos, tais como uma hierarquia formal, especialização, impessoalidade, entre outros. A pesquisa do autor revela que um alto grau de formalização está relacionado negativamente à inovação e à experimentação.

A gestão de mudanças envolve uma série de ações de planejamento, coordenação, organização e direcionamento do processo, além da motivação dos funcionários em um determinado ambiente. Segundo esse autor, o apoio dos empregados é fator crucial para o sucesso de qualquer implementação de mudanças.

Esse autor concluiu, assim como Fernandez e Rainey (2006), que, não somente uma abordagem altamente planejada da alta direção da empresa, mas também uma liderança transformacional dos supervisores diretos, exerce impacto igualmente positivo na disposição dos funcionários em adotar alterações e inovações em suas rotinas de trabalho.

2.2 A eficácia da gestão de mudanças

De acordo com Herold, Fedor e Caldwell (2007), a maioria dos estudos de eficácia da gestão de mudanças está centrada nas questões relativas à prática e aos processos, e, neste sentido, pouca atenção é dada aos fatores que influenciam a reação dos indivíduos às mudanças, e ao contexto em que as inovações ocorrem. No entanto, de acordo com os autores, existe uma relação cruzada entre os aspectos e atributos do objeto da mudança, o contexto em que ela se dará e as características particulares dos

indivíduos alvos da mudança.

Sobre esse aspecto, cabe ressaltar que o comprometimento com a mudança não reflete somente uma atitude positiva em relação a ela, mas também o alinhamento do profissional com a mudança, incluindo a intenção de apoiá-la e uma vontade de trabalhar em nome de uma implementação efetivamente bem-sucedida (HEROLD; FEDOR; CALDWELL, 2007). Sendo assim, umas das hipóteses dos autores, confirmada posteriormente pela pesquisa por eles realizada, é de que a crença do indivíduo na sua capacidade de atender a um determinado conjunto de demandas, e, portanto, a autoconfiança de sua habilidade de enfrentar variações nos procedimentos rotineiramente empregados está positivamente relacionada com o comprometimento do profissional com uma determinada mudança.

Ademais, o compromisso dos indivíduos para uma mudança pode ser considerado ainda parcialmente associado ao grau em que os impactos da mudança atingem o seu trabalho e a rotina empreendida no seu setor. Nesta perspectiva, é preciso salientar que, frequentemente, uma mudança ocorre em um contexto turbulento, no qual múltiplas e sobrepostas alterações igualmente estão presentes, o que, eventualmente, pode levar a frustrar os indivíduos envolvidos no processo (HEROLD; FEDOR; CALDWELL, 2007). Paralelamente, como forma de contornar as dificuldades que acompanham a incorporação de inovações em um ambiente de trabalho, os autores também mencionam a importância da autoconfiança do indivíduo como importante ferramenta para superar instabilidades no ambiente de trabalho e enfrentar situações adversas justamente ocasionadas pela implementação de mudanças.

Esses autores concluem que os comportamentos individuais determinam o sucesso da maioria das mudanças organizacionais. O estudo confirmou ainda que um ambiente caracterizado por alterações simultâneas e generalizadas pode influenciar negativamente o comprometimento dos indivíduos frente a uma determinada alteração, especialmente para aqueles profissionais com maior dificuldade em lidar com novas situações. Assim, a gestão de mudanças deve considerar, em simultaneidade com o planejamento, a priorização, a programação e o sequenciamento das ações, a construção da autoconfiança de seus empregados e a identificação daqueles que se destacam e reúnem condições para atuar em postos estratégicos à implementação das transformações desejadas (HEROLD; FEDOR; CALDWELL, 2007).

2.3 Fatores que influenciam a eficácia da gestão de mudanças

Ao estudar a gestão de mudanças em organizações do setor público Fernandez e Rainey (2006) elencaram oito fatores que podem influenciar o resultado de iniciativas de transformações organizacionais:

- Assegurar a comunicação da necessidade da mudança;
- Fornecer um plano;

- Instituir apoio interno e superar resistências;
- Garantir o apoio e compromisso da alta administração;
- Desenvolver apoio externo;
- Disponibilizar Recursos;
- Institucionalizar a mudança;
- Buscar mudanças abrangentes.

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos deste artigo, foi elaborada uma pesquisa que, fundamentada no estudo de caso do setor técnico da Caixa, alia informações qualitativas, levantadas através da revisão bibliográfica, aos dados quantitativos fornecidos por uma *survey*.

O ambiente organizacional da Caixa e a postura dos funcionários de seu corpo técnico fazem parte de um fenômeno contemporâneo, inserido em um contexto real, no qual os pesquisadores têm pouco ou nenhum controle dos resultados, e, portanto, constitui um objeto propício para a aplicação do estudo de caso (YIN, 2001). A característica inerente desse método de estabelecer ligações causais e generalização (GROAT; WANG, 2002) é compatível com o objetivo de contribuir com outras iniciativas semelhantes de implementação de inovações e gestão de mudanças.

A pesquisa bibliográfica realizada apontou elementos que podem influenciar a efetividade da gestão de mudanças em ambientes burocráticos, cuja análise embasou a elaboração do questionário aplicado aos engenheiros e arquitetos da Caixa, e a subsequente análise das respostas obtidas.

A pesquisa do tipo *survey* é o método apropriado para se obter informações sobre caraterísticas, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas (FREITAS et al., 2000). Neste caso, a *survey* teve propósito descritivo, pois foi utilizada como instrumento para caracterizar o ambiente e a postura dos funcionários do setor técnico da Caixa mediante análise de seus resultados.

O formulário de pesquisa foi divulgado em 14/01/2016 através da mala direta eletrônica da Associação Nacional dos Engenheiros e Arquitetos da Caixa Econômica Federal (ANEAC), da qual são associados 1.714 engenheiros civis e arquitetos – número que representa aproximadamente 85% do total desses profissionais na Caixa.

A análise dos dados foi primeiramente realizada com base no número absoluto de respostas, com o intuito de caracterizar os perfis e as atitudes face às mudanças predominantes. Em seguida, foi investigada a existência de associações entre as características de perfil (Figura 1 e Figura 2), a percepção sobre o ambiente da Caixa (Figura 3), e as respostas dadas às questões relacionadas às atitudes dos profissionais perante uma situação de mudança (Figura 4 a Figura 8). O intuito foi constatar se atributos pessoais ou de percepção do ambiente da empresa influenciam a postura do profissional perante a necessidade de alterar sua rotina ou propor uma

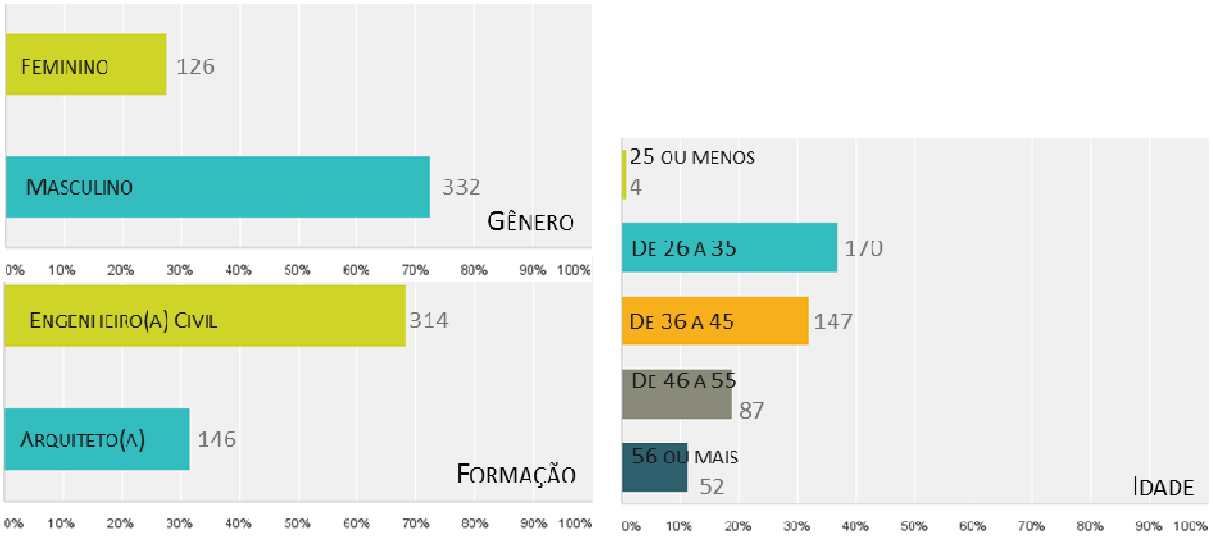
inovação.

Tais associações foram avaliadas pelo teste Qui-quadrado de independência (BUSSAB; MORETTIN, 2010), que utilizaram nível de significância de 5%, ou seja, quando os testes apresentaram nível descritivo (valor p) inferior a 5%, concluiu-se que há indícios de dependência entre a resposta e a variável escolhida.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A *survey* aplicada teve um total de 460 respostas[2], ou seja, de aproximadamente 23% dos engenheiros e arquitetos do setor técnico da Caixa. Os aspectos de perfil dos participantes estão representados na Figura 1 e na Figura 2 e, através de sua análise, é possível afirmar que a amostra é homogênea, pois as características do grupo que respondeu à pesquisa são semelhantes àquelas do perfil da totalidade dos profissionais deste setor.

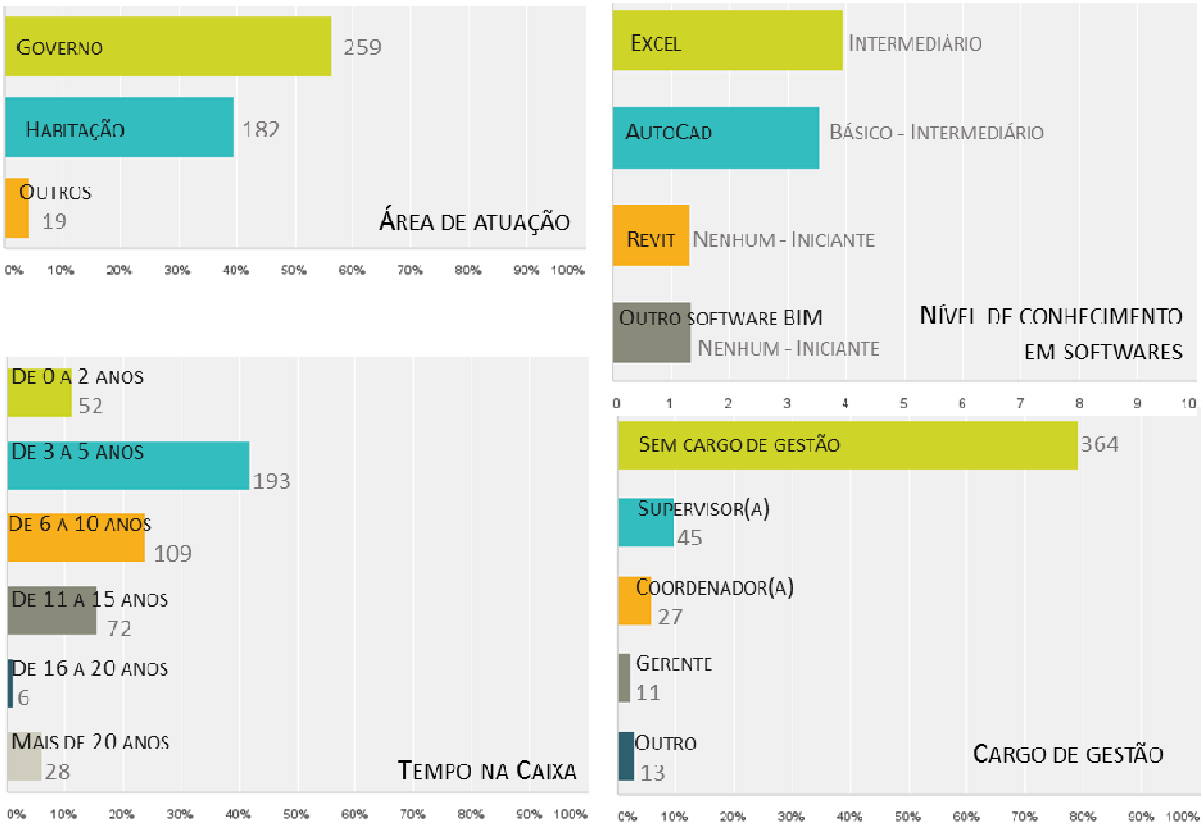
Figura 1 - Dados de perfil pessoal



Fonte: Os autores

[2] Em alguns casos o número total de respostas não atinge 460 devido a opção facultada ao participante de se abster de responder à questão.

Figura 2 - Dados de perfil profissional[3]



Fonte: Os autores

As respostas dadas às perguntas sobre as impressões do funcionário em relação ao ambiente do setor técnico da Caixa estão representadas na Figura 3. As investigações relativas ao perfil do funcionário diante de uma situação de mudança, ou seja, a autoconfiança para inovar, os aspectos motivadores e desmotivadores para a atitude de acatar ou apoiar uma alteração em suas práticas, estão demonstradas nas informações da Figura 4 a Figura 8.

[3] Para determinar a média ponderada das respostas sobre o nível de conhecimento dos softwares dos participantes, foram atribuídos pesos de 1 a 5 às respostas "nenhum", iniciante", "básico", "intermediário" e "avançado".

Figura 3 - Opinião sobre o ambiente de trabalho na Caixa

Q9: Você concorda com essas afirmações sobre o seu ambiente de trabalho na Caixa?	Sim	Não
A Caixa é uma empresa que incentiva a inovação.	**38.57%** 167	**61.43%** 266
O meu ambiente de trabalho é propício à inovação.	**32.79%** 142	**67.21%** 291
O meu superior direto me incentiva a inovar.	**50.12%** 217	**49.88%** 216
Tenho alguma autonomia para promover mudanças em minha rotina de trabalho.	**74.42%** 323	**25.58%** 111
Acredito que as minhas sugestões de melhoria são sempre analisadas.	**59.95%** 259	**40.05%** 173
Tenho que lidar rotineiramente com muitas mudanças.	**54.50%** 236	**45.50%** 197
Não tenho tempo para promover inovações.	**43.62%** 188	**56.38%** 243
A Caixa é uma empresa burocrática.	**87.04%** 376	**12.96%** 56

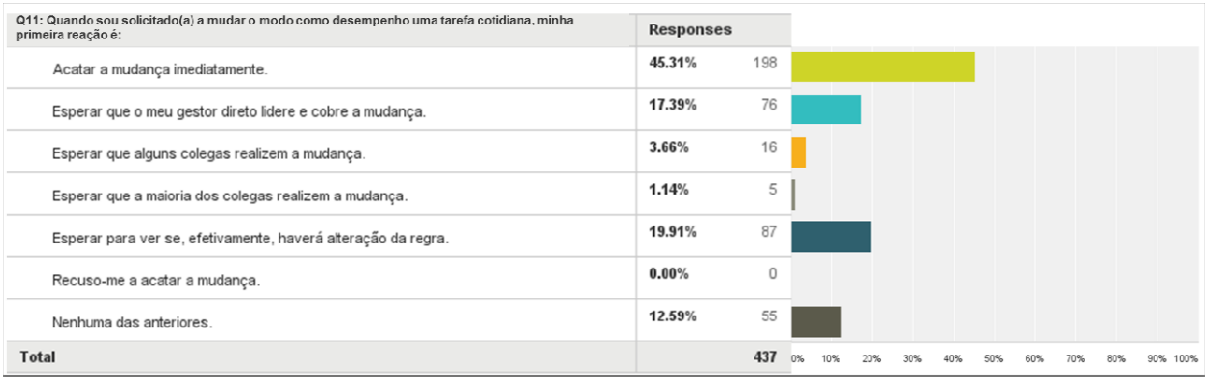
Fonte: Os autores

Figura 4 - Perfil pessoal em relação às mudanças

Q10: Sobre o seu perfil em relação às mudanças, você concorda com essas afirmações?	Sim	Não
Tenho afinidade com a tecnologia e gosto de empregá-la sempre que possível no meu trabalho.	**92.17%** 400	**7.83%** 34
Quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana, eu me sinto, sobretudo, motivado.	**79.53%** 342	**20.47%** 88
Fico inseguro quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana.	**20.88%** 90	**79.12%** 341

Fonte: Os autores

Figura 5 - Primeira reação ao ser solicitado a mudar[4]



Q11: Quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana, minha primeira reação é:	Responses	
Acatar a mudança imediatamente.	45.31%	198
Esperar que o meu gestor direto lidere e cobre a mudança.	17.39%	76
Esperar que alguns colegas realizem a mudança.	3.66%	16
Esperar que a maioria dos colegas realizem a mudança.	1.14%	5
Esperar para ver se, efetivamente, haverá alteração da regra.	19.91%	87
Recuso-me a acatar a mudança.	0.00%	0
Nenhuma das anteriores.	12.59%	55
Total		**437**

Fonte: Os autores

Figura 6 - Fatores que motivariam a realizar uma mudança



Q12: Quais destes fatores lhe motivariam a realizar uma mudança na sua rotina de trabalho?	Responses	
Se houvesse melhoria na qualidade do seu trabalho.	90.85%	397
Se houvesse diminuição na sua carga de trabalho.	60.18%	263
Se houvesse diminuição no tempo que leva para realizar suas tarefas.	85.58%	374
Se suas tarefas fossem automatizadas.	55.38%	242
Se tivesse maior segurança de acerto no resultado do trabalho.	76.20%	333
Se a mudança promovesse melhorias de comunicação.	65.68%	287
Se a mudança estivesse alinhada com os métodos utilizados por outras empresas do mercado.	31.58%	138
Total Respondents: 437		

Fonte: Os autores

Figura 7 - Fatores que desmotivariam a realizar uma mudança



Q13: Quais destes fatores lhe desmotivariam a realizar uma mudança na sua rotina de trabalho?	Responses	
Se poucas pessoas aderissem às mudanças.	31.81%	139
Se não houvesse a cobrança da implementação das mudanças pelo seu gestor direto.	23.34%	102
Se já houvesse uma grande quantidade de mudanças ocorrendo.	21.97%	96
Se suspeitasse de futuras alterações dos mesmos aspectos que estão sendo modificados.	44.39%	194
Se houvesse falta de clareza nos objetivos das mudanças.	84.21%	368
Se houvesse sobrecarga de trabalho.	59.95%	262
Se faltasse recurso tecnológico (esquipamento, software).	81.24%	355
Se faltasse conhecimento ou treinamento.	77.35%	338
Total Respondents: 437		

Fonte: Os autores

[4] Para as questões representadas nas Figuras 5, 6 e 7, foi dada a opção ao participante de escolher mais de uma alternativa.

Figura 8 - Fatores que influenciam a decisão de apoiar mudanças

Q14: Estes fatores são importantes para a decisão de apoiar ou não a implementação de uma inovação?	Sim	Não
Clara explicação da necessidade de mudança.	**96.52%** 416	**3.48%** 15
Existência de um plano com uma estratégia clara para a implementação da mudança.	**92.99%** 398	**7.01%** 30
Sua participação ativa no processo de mudança.	**61.93%** 257	**38.07%** 158
Percepção de que seus gestores apoiam a mudança.	**85.41%** 357	**14.59%** 61
Percepção de que existe apoio político e/ou institucional (externo à Caixa).	**41.46%** 165	**58.54%** 233
Existência de recursos (financeiros, tecnológicos e de tempo) suficientes para implementar a mudança.	**93.33%** 392	**6.67%** 28
Percepção de que a mudança está sendo institucionalizada e incorporada na rotina de trabalho.	**88.21%** 374	**11.79%** 50
Percepção de que a mudança faz parte de um contexto mais amplo de diversas mudanças estão ocorrendo na empresa.	**76.21%** 314	**23.79%** 98

Fonte: Os autores

Após a obtenção dos dados, foram analisadas todas as interações possíveis com o intuito de verificar indícios de dependência entre as respostas dadas às questões de perfil básico (Figura 1**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Figura 2) e a percepção do ambiente de trabalho (Figura 3) em relação às respostas dadas pelos profissionais sobre sua postura perante às mudanças (Figura 4 a Figura 8).

Da Tabela 1 a Tabela 6 são apresentados os testes em que o nível descritivo (valor p) resultou inferior a 5%, e, portanto, pode-se concluir que existem relações importantes quanto à resposta de cada questão entre os grupos.

Tabela 1 - Análise pela área de atuação

ÁREA DE ATUAÇÃO	**Governo (n=259)**	**Habitação (n=182)**	**Outro (n=19)**	**p**
Quais destes fatores lhe desmotivariam a realizar uma mudança na sua rotina de trabalho?				
Se suspeitasse de futuras alterações dos mesmos aspectos que estão sendo modificados	123/250 (49,2%)	59/168 (35,1%)	12/18 (66,7%)	0,003

Tabela 2 - Análise pelo cargo ocupado

CARGO	**Não (n=364)**	**Supervisor(a) (n=45)**	**Coordenador(a) (n=27)**	**Gerente (n=11)**	**Outro (n=13)**	**p**
Você concorda com essas afirmações sobre o seu ambiente de trabalho na Caixa?						
A Caixa é uma empresa que incentiva a inovação	114/340 (33,5%)	24/44 (54,5%)	12/25 (48%)	9/11 (81,8%)	8/13 (61,5%)	<0,001
O meu ambiente de trabalho é propício à inovação	98/340 (28,8%)	23/44 (52,3%)	9/25 (36%)	7/11 (63,6%)	5/13 (38,5%)	0,005
O meu superior direto me incentiva a inovar	149/340 (43,8%)	34/44 (77,3%)	19/25 (76%)	9/11 (81,8%)	6/13 (46,2%)	<0,001
Tenho alguma autonomia para promover mudanças em minha rotina de trabalho	238/341 (69,8%)	39/44 (88,6%)	23/25 (92%)	11/11 (100%)	12/13 (92,3%)	0,001
Quais destes fatores lhe desmotivariam a realizar uma mudança na sua rotina de trabalho?						
Se não houvesse a cobrança da implementação das mudanças pelo seu gestor direto	79/342 (23,1%)	17/44 (38,6%)	2/26 (7,7%)	2/11 (18,2%)	2/13 (15,4%)	0,042
Se faltasse conhecimento ou treinamento	275/343 (80,2%)	28/44 (63,6%)	20/26 (76,9%)	8/11 (72,7%)	7/13 (53,8%)	0,033

Tabela 3 - Análise pela formação profissional

FORMAÇÃO	**Arquiteto(a) (n=146)**	**Engenheiro(a) (n=314)**	**p**
Quais destes fatores lhe desmotivariam a realizar uma mudança na sua rotina de trabalho?			
Se poucas pessoas aderissem às mudanças	31/136 (22,8%)	108/300 (36%)	0,009

Tabela 4 - Análise pela idade

IDADE	**25 ou menos (n=4)**	**De 26 a 35 (n=170)**	**De 36 a 45 (n=147)**	**De 46 a 55 (n=87)**	**56 ou mais (n=52)**	**p**
Você concorda com essas afirmações sobre o seu ambiente de trabalho na Caixa?						
A Caixa é uma empresa que incentiva a inovação	4/4 (100%)	74/163 (45,4%)	52/138 (37,7%)	23/81 (28,4%)	14/47 (29,8%)	0,005
Sobre o seu perfil em relação às mudanças, você concorda com essas afirmações?						
Fico inseguro quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana	3/4 (75%)	42/163 (25,8%)	21/137 (15,3%)	15/80 (18,8%)	9/47 (19,1%)	0,015
Quais destes fatores lhe motivariam a realizar uma mudança na sua rotina de trabalho?						
Se suas tarefas fossem automatizadas	3/4 (75%)	104/164 (63,4%)	70/138 (50,7%)	48/82 (58,5%)	17/48 (35,4%)	0,007
Se a mudança promovesse melhorias de comunicação	0/4 (0%)	115/164 (70,1%)	94/138 (68,1%)	51/82 (62,2%)	27/48 (56,2%)	0,019
Quais destes fatores lhe desmotivariam a realizar uma mudança na sua rotina de trabalho?						
Se houvesse sobrecarga de trabalho	3/4 (75%)	111/164 (67,7%)	78/139 (56,1%)	49/82 (59,8%)	21/48 (43,8%)	0,032
Se faltasse recurso tecnológico equipamento software	4/4 (100%)	140/164 (85,4%)	101/139 (72,7%)	69/82 (84,1%)	41/48 (85,4%)	0,033
Estes fatores são importantes para a decisão de apoiar ou não a implementação de uma inovação?						
Sua participação ativa no processo de mudança	2/4 (50%)	84/160 (52,5%)	91/127 (71,7%)	50/79 (63,3%)	30/45 (66,7%)	0,018

Tabela 5 - Análise pelo tempo de trabalho na Caixa

TEMPO DE CAIXA	**De 0 a 2 anos (n=52)**	**De 3 a 5 anos (n=193)**	**De 6 a 10 anos (n=109)**	**De 11 a 15 anos (n=72)**	**De 16 a 20 anos (n=6)**	**Mais de 20 anos (n=28)**	**p**
Você concorda com essas afirmações sobre o seu ambiente de trabalho na Caixa?							
A Caixa é uma empresa que incentiva a inovação	28/44 (63,6%)	76/189 (40,2%)	33/105 (31,4%)	19/63 (30,2%)	3/6 (50%)	8/26 (30,8%)	0,004

Tabela 6 - Análise das questões sobre o ambiente para inovação e postura do profissional

VOCÊ CONCORDA COM: *A CAIXA É UMA EMPRESA QUE INCENTIVA A INOVAÇÃO?*	**Não (n=266)**	**Sim (n=167)**	**Total (n=433)**	**p**
Estes fatores são importantes para a decisão de apoiar ou não a implementação de uma inovação?				
Sua participação ativa no processo de mudança	168/252 (66,7%)	88/161 (54,7%)	256/413 (62%)	0,019

VOCÊ CONCORDA COM: *O MEU AMBIENTE DE TRABALHO É PROPÍCIO À INOVAÇÃO?*	**Não (n=291)**	**Sim (n=142)**	**Total (n=433)**	**p**
Sobre o seu perfil em relação às mudanças, você concorda com essas afirmações?				
Quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana eu me sinto sobretudo motivado	221/287 (77%)	120/140 (85,7%)	341/427 (79,9%)	0,048
Estes fatores são importantes para a decisão de apoiar ou não a implementação de uma inovação?				
Sua participação ativa no processo de mudança	186/280 (66,4%)	70/133 (52,6%)	256/413 (62%)	0,01
Percepção de que a mudança está sendo institucionalizada e incorporada na rotina de trabalho	246/287 (85,7%)	125/134 (93,3%)	371/421 (88,1%)	0,038

VOCÊ CONCORDA COM: O MEU SUPERIOR DIRETO ME INCENTIVA A INOVAR?	**Não (n=216)**	**Sim (n=217)**	**Total (n=433)**	**p**
Sobre o seu perfil em relação às mudanças, você concorda com essas afirmações?				
Quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana eu me sinto sobretudo motivado	160/212 (75,5%)	180/215 (83,7%)	340/427 (79,6%)	0,046

Estes fatores são importantes para a decisão de apoiar ou não a implementação de uma inovação?				
Percepção de que seus gestores apoiam a mudança	171/211 (81%)	184/205 (89,8%)	355/416 (85,3%)	0,018
Percepção de que a mudança faz parte de um contexto mais amplo de diversas mudanças estão ocorrendo na empresa	148/207 (71,5%)	165/203 (81,3%)	313/410 (76,3%)	0,027

VOCÊ CONCORDA COM: TENHO ALGUMA AUTONOMIA PARA PROMOVER MUDANÇAS EM MINHA ROTINA DE TRABALHO?	**Não (n=111)**	**Sim (n=323)**	**Total (n=434)**	**p**
Sobre o seu perfil em relação às mudanças, você concorda com essas afirmações?				
Fico inseguro quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana	35/110 (31,8%)	54/320 (16,9%)	89/430 (20,7%)	0,001

VOCÊ CONCORDA COM: ACREDITO QUE AS MINHAS SUGESTÕES DE MELHORIA SÃO SEMPRE ANALISADAS?	**Não (n=173)**	**Sim (n=259)**	**Total (n=432)**	**p**
Sobre o seu perfil em relação às mudanças, você concorda com essas afirmações?				
Quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana eu me sinto sobretudo motivado	125/170 (73,5%)	215/256 (84%)	340/426 (79,8%)	0,012
Fico inseguro quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana	45/171 (26,3%)	44/257 (17,1%)	89/428 (20,8%)	0,03

VOCÊ CONCORDA COM: A CAIXA É UMA EMPRESA BUROCRÁTICA?	**Não (n=56)**	**Sim (n=376)**	**Total (n=432)**	**p**
Sobre o seu perfil em relação às mudanças, você concorda com essas afirmações?				
Tenho afinidade com a tecnologia e gosto de empregá-la sempre que possível no meu trabalho	56/56 (100%)	340/374 (90,9%)	396/430 (92,1%)	0,037

VOCÊ CONCORDA COM: FICO INSEGURO QUANDO SOU SOLICITADO(A) A MUDAR O MODO COMO DESEMPENHO UMA TAREFA COTIDIANA?	**Não (n=341)**	**Sim (n=90)**	**Total (n=431)**	**p**
Sobre o seu perfil em relação às mudanças, você concorda com essas afirmações?				
Tenho afinidade com a tecnologia e gosto de empregá-la sempre que possível no meu trabalho	321/340 (94,4%)	74/89 (83,1%)	395/429 (92,1%)	0,001
Quando sou solicitado(a) a mudar o modo como desempenho uma tarefa cotidiana eu me sinto sobretudo motivado	296/340 (87,1%)	44/88 (50%)	340/428 (79,4%)	<0,001

5 ANÁLISES DOS RESULTADOS

5.1 Ambiente de Trabalho

A análise das respostas aponta para uma concordância de 87,04% dos participantes da pesquisa para a afirmação "A Caixa é uma empresa burocrática" (Figura 3), no entanto, ao contrário do que seria esperado, 74,42% dos participantes declararam que tem alguma autonomia para promover mudanças em sua rotina de trabalho e 59,95% acreditam que suas sugestões de melhoria são sempre analisadas. Desta forma, depreende-se do caso estudado que, embora a Caixa tenha uma estrutura rígida de procedimentos, na opinião dos funcionários, existe alguma possibilidade de proposição de inovações.

Verificou-se através da relação entre autonomia e crença de que sugestões são analisadas com o sentimento de segurança e até de motivação perante uma mudança (Tabela 6). Ou seja, os funcionários que sentem liberdade em alterar aspectos de sua atividade cotidiana e que têm retorno sobre suas sugestões respondem positivamente em uma situação de mudança. Isso indica que promover um ambiente que incentiva à inovação pode ter resultados positivos em relação à postura dos funcionários perante uma conjuntura de transformações.

Tal hipótese é confirmada pela forte relação apresentada na Tabela 6 entre a resposta positiva dada pelos participantes em relação ao seu ambiente de trabalho ser propício à inovação e a alta frequência em que estes se declararam motivados perante uma solicitação de alteração em uma tarefa cotidiana.

Finalmente, foi diagnosticado um ambiente em que existem algumas sobreposições de mudanças, de acordo com 54,50% dos participantes, e de falta de tempo para inovar, de acordo com 43,62% (Figura 3). Eventualmente, nesse ponto resida grande parte do descrédito dos funcionários em relação a possíveis inovações, na medida em que de 19,91% dos participantes responderam que, ao ser solicitado a mudar, esperariam para observar se, efetivamente, haveria a alteração da regra (Figura 5).

5.2 Autoconfiança do funcionário

A literatura enfatiza a importância da atitude e do apoio dos funcionários para a implementação bem-sucedida de uma mudança (HEROLD; FEDOR; CALDWELL, 2007; VAN DER VOET, 2014). Nesse sentido, a pesquisa realizada revelou que 79,53% dos funcionários se sentem motivados quando solicitados a alterar o modo como desempenham uma tarefa cotidiana, ou seja, existe uma parcela representativa disposta, *a priori*, a aceitar e apoiar mudanças. A análise apontou ainda uma forte relação das respostas negativas à motivação com aquelas positivas para a insegurança perante uma transformação de rotina, sendo possível concluir, desse modo, que a falta de autoconfiança do funcionário leva à desmotivação para inovar.

Ao analisarmos as características de perfil relacionadas às questões que abordam a complacência dos funcionários às mudanças, percebe-se que, por um lado, funcionários mais jovens têm uma opinião positiva sobre a Caixa ser uma empresa que incentiva à inovação, se sentindo mais motivados com a automatização de tarefas. Por outro lado, funcionários com mais idade se sentem mais seguros quando solicitados a alterar sua rotina, ficando menos desmotivados com sobrecarga de trabalho e ausência de recursos tecnológicos (Tabela 4). Nesse sentido, a idade também se mostrou um elemento de diferenciação no grupo que declarou ser um fator motivacional a participação ativa no processo de mudança, fato diagnosticado de modo mais frequente em funcionários com mais idade.

A diferenciação de cargos evidencia-se igualmente como um aspecto determinante para a percepção positiva em relação à autonomia para promover mudanças em ambiente propício à inovação (Tabela 2), uma vez que respostas positivas sobre esse aspecto foram mais frequentes em funcionários que exercem cargos de gestão. Tal constatação reafirma a rigidez da estrutura organizacional da Caixa.

Quanto ao uso de tecnologia, 92,17% declararam ter afinidade e gostar de empregá-la em seu dia-a-dia. Aliado às motivações mais frequentemente escolhidas para aceitação de uma mudança (Figura 6), tais como a melhoria na qualidade do trabalho (90,85%), a diminuição do tempo para realização de tarefas (85,58%), e a maior segurança no resultado (76,20%), esse aspecto evidencia o fato de que uma mudança de natureza tecnológica teria ampla aceitação no ambiente estudado.

5.3 Liderança e suporte

Dentre os fatores destacados por Fernandez e Rainey (2006) para a implementação bem-sucedida de uma mudança em uma organização burocrática, os mais frequentemente apontados pelos profissionais do setor técnico da Caixa como importantes para decisão de apoiar inovações (Figura 8) foram: uma clara explicação da necessidade de mudanças (96,52%), a existência de um plano com uma estratégia tangível de implementação (92,99%), a existência de recursos suficientes para suporte (93,33%), a percepção que a mudança está sendo institucionalizada (88,21%) e que os gestores a apoiam (85,41%).

Desse resultado depreende-se que uma abordagem planejada e a liderança dos gestores é essencial para se conseguir o apoio dos funcionários técnicos da Caixa, o que vai ao encontro da teoria de Fernandez e Rainey (2006). Da mesma forma, a falta de clareza (84,21%), de recursos tecnológicos (81,24%) e de conhecimento ou treinamento (77,35%) são os fatores mais apontados como elementos desmotivadores para adoção de uma inovação (Figura 7).

A influência da liderança direta ficou explícita nos resultados obtidos. 17,39% dos participantes declararam que sua primeira reação quando se deparam

com uma mudança (Figura 5) é aguardar que o gestor direto lidere e cobre a alteração. Além disso, comprovou-se a relação positiva entre percepção de incentivo de seu superior direto para inovar e motivação quando solicitado a alterar algum aspecto da rotina, ou seja, quando há incentivo e apoio do gestor direto para inovação, o funcionário se sente mais estimulado perante uma situação de mudança.

Finalmente, ao verificarmos a afinidade dos participantes da pesquisa com softwares, percebemos que os funcionários que exercem cargos de gerência declaram ter, proporcionalmente, maior conhecimento em Revit e outros softwares BIM. Se considerarmos a teoria de Bossink (2004) sobre a importância de pessoas em cargos de liderança possuírem competências relacionadas à tecnologia, podemos inferir que a Caixa, nesse aspecto, é um ambiente propício a inovações dessa natureza.

6 CONCLUSÕES

Motivado pela possibilidade de a Caixa tornar-se um vetor de difusão de inovações associadas a plataformas BIM, este artigo apresentou a caracterização da Caixa como organismo formulador de políticas na indústria de construção civil e de projetos, além da possibilidade de se tornar um pioneiro e condutor de tecnologia, para o qual desempenharia um papel de difundir práticas inovadoras, demonstrando sua eficácia.

Para que a Caixa possa constituir um veículo eficaz de propagação de inovações, é essencial que a implementação das alterações em seu ambiente interno seja bem-sucedida. Nesse sentido, foram levantados na bibliografia consultada os aspectos que notadamente influenciam na eficiência da gestão de mudanças em ambientes burocráticos e proposta uma *survey,* aplicada no setor técnico da Caixa.

O objetivo da *survey* foi investigar a postura dos funcionários perante uma situação de mudança e sua opinião sobre o ambiente da empresa em relação ao incentivo à inovação. A análise dos dados revelou três importantes fatores que contribuem para a implementação bem-sucedida de uma mudança no setor técnico da Caixa: ambiente de trabalho, autoconfiança do funcionário, e liderança e suporte.

Verificou-se, segundo a opinião dos participantes da pesquisa, que, atualmente, a Caixa não é incentivadora de inovação e o ambiente de trabalho não é propício para tal, porém, verificam-se indícios de que o profissional do setor técnico da Caixa é aberto a mudanças, tem afinidade com a tecnologia e responde satisfatoriamente aos estímulos de seus gestores diretos.

Destaca-se dos resultados obtidos a importância de proporcionar um ambiente favorável à inovação, ou seja, conceder certa autonomia para promover mudanças e analisar sugestões de melhoria dos funcionários. Comprovou-se também a influência da liderança para a aceitação e apoio nas alterações de rotina de trabalho e principalmente na motivação e

suporte dos funcionários perante uma nova situação. Revelou-se a importância de assegurar a autoconfiança e a complacência da equipe para uma circunstância de transformações, evitando o sentimento de insegurança perante às mudanças.

Finalmente, constata-se que a implementação de uma inovação de ordem tecnológica é possível no setor técnico da Caixa e isso pode ser alcançado desde que seja propiciado um ambiente favorável, em que os gestores incentivem, planejem e deem suporte às mudanças. Dessa forma, conclui-se que, seguindo tais diretrizes, é possível introduzir o BIM no processo de análise de documentação técnica desempenhado pelos profissionais do setor estudado.

Tais fatores de sucesso diagnosticados no ambiente da Caixa podem ser extrapolados para outras empresas de origem burocrática que igualmente desejem passar por transformações similares em seus processos. Para continuidade dos estudos, sugere-se a comparação dos resultados obtidos com a caracterização de outras empresas, para a comprovação da generalização das diretrizes.

AGRADECIMENTOS

A todos os engenheiros e arquitetos da Caixa que responderam à pesquisa, e à ANEAC pelo auxílio na divulgação.

REFERÊNCIAS

BOSSINK, B. A. G. Managing Drivers of Innovation in Construction Networks. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 130, n. 3, p. 337–345, May. 2004.

BUSSAB, W.; MORETTIN, P. **Estatística básica**. São Paulo: Saraiva, 2010. 540p.

FERNANDEZ, S.; RAINEY, H. G. Managing successful organizational change in the public sector. **Public Adminisration Review**, v. 66, n. 2, p. 168–176, Mar. 2006.

FERRARI, F.A.; MELHADO, S. B.. O processo de inovação em um banco público brasileiro através do BIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO 4., 2015, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18540/2176-4549.6031>. Acesso em: 14 nov. 2015.

FREITAS, H. et al. O Método de pesquisa Survey. **Revista de Administração**, v. 35, n. 3, p. 105–112, Jul. 2000.

GROAT, L. N.; WANG, D. **Architectural research methods**. New York: John Wiley & Sons, 2002. 389p.

HEROLD, D. M.; FEDOR, D. B.; CALDWELL, S. D. Beyond change management: a multilevel investigation of contextual and personal influences on employees' commitment to change. **The Journal of applied psychology**, v. 92, n. 4, p. 942–951, Jul. 2007.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: conceptual structures. **Automation in Construction**, v. 57, p. 64–79, Sep. 2015.

VAN DER VOET, J. The effectiveness and specificity of change management in a public organization: transformational leadership and a bureaucratic organizational structure. **European Management Journal**, v. 32, n. 3, p. 373–382, Jun. 2014.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Tradução de Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 205p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

APLICAÇÃO MOBILE DE ESPECIFICAÇÃO DE REVESTIMENTO CERÂMICO, ARGAMASSAS E REJUNTES[1]

FRANCO, Júlio C. (01); BONDANÇA, Nivaldo H. (2); FABRÍCIO, Márcio M. (3); DORNELLES, Kelen A. (4)

(1) IAU-USP, e-mail: julio.franco@usp.br; (2) IAU-USP, e-mail: nivaldo.h.bondanca@gmail.com; (3) IAU-USP, e-mail: marcio@sc.usp.br; (4) IAU-USP, e-mail: kelend@sc.usp.br

RESUMO

Diversas patologias podem estar relacionadas à escolha equivocada do sistema de revestimentos cerâmicos: trincas, gretamento, fissuras, destacamentos e descolamentos, eflorescências e manchas, dentre outros. Embora haja uma extensa base de conhecimento com normas e publicações técnicas, a complexidade da combinação de componentes é uma barreira à correta especificação. Esse trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma aplicação móvel com fins de facilitar a especificação e escolha do sistema de revestimento cerâmico conforme as características e necessidades de uso do local, além de disseminação de boas práticas e conhecimentos técnicos. O desenvolvimento do aplicativo foi baseado no padrão metodológico Rational Unified Process (RUP-IBM). Adotou-se o sistema operacional Android e arquivos de dados do tipo JSON (Java Script Object Notation) para implementação. A ferramenta conta com funcionalidades que incluem recomendações de revestimentos cerâmicos, argamassas, rejuntes, cálculos orçamentários e sugestões de manutenção, apresentadas de forma clara e interativa para o usuário. O aplicativo se encontra disponível em versão beta. Esta ferramenta tem o intuito de melhorar a assertividade na escolha de sistemas de revestimento cerâmico ao tornar o conhecimento técnico mais acessível.

Palavras-chave: Revestimento cerâmico. Especificação. Aplicativo móvel.

ABSTRACT

Several pathologies may be related to the wrong choice of tile system: cracks, chapping, detachments, efflorescences and smudges, among others. Although there is extensive knowledge base of standards and technical literature, the complexity of the combination of various components is a barrier to correct specification. This study aims to develop a mobile application for purposes of facilitating the specification and selection of ceramic coating system according to the characteristics of use, and dissemination of good practice. The development of the mobile application was based on the methodological standard Rational Unified Process (RUP-IBM). We adopted Android operating system and JSON (Java Script Object Notation) data files for implementation. The tool has features that include ceramic tile recommendations, mortars, grouts, budget calculations and maintenance suggestions, presented clearly and interactively to the user. The application is currently available in beta

[1] FRANCO, Júlio C.; BONDANÇA, Nivaldo H.; FABRÍCIO, Márcio M.; DORNELLES, Kelen A.. Aplicação mobile de especificação de revestimento cerâmico, argamassas e rejuntes. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

version. This tool aims to improve assertiveness in choosing ceramic coating systems to become more accessible technical knowledge.

***Keywords**: Ceramic coating. Specification. Mobile application.*

1 INTRODUÇÃO

> No que se refere ao projeto de especificação do sistema de revestimento cerâmico, a falta de conhecimento e informação sobre as características deste sistema entre os profissionais da construção civil (engenheiros, arquitetos e assentadores), pode ser a causa principal dos problemas que ocorrem tanto no sistema em questão quanto em outros sistemas do edifício (LIMA, 2003).

Embora significativos avanços tenham ocorrido com o surgimento de normas relacionadas ao revestimento cerâmico, é grande a necessidade de esclarecimentos sobre a especificação de placas cerâmicas e materiais relacionados, (LIMA,2003). Essa necessidade é influenciada pelo surgimento de novos produtos e aplicações no mercado, bem como regulamentações e normalizações tecnológicas que revisam e adicionam recomendações acerca da especificação do sistema de revestimento.

Nesse cenário, a formação de conhecimento, o desenvolvimento e publicação de normas para o sistema compõem uma base extensa de informações, o que não implica diretamente na extinção de problemas em obra, mas norteia boas práticas construtivas.

Tabela 1: Normas técnicas aplicadas ao sistema de revestimento cerâmico

Norma	**Título**
ABNT NBR 13755:1996	Revestimentos de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento
ABNT NBR 13818:1997	Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio
ABNT NBR 14081:1998	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Especificação
ABNT NBR 14992:2003	Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas - Requisitos e métodos de ensaios
ABNT NBR 15575:2013 (Parte 3)	Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de piso

Fonte: Os autores

Patologias como desgaste prematuro, trincas, gretamento, fissuras, destacamentos e descolamentos, eflorescências e manchas, emboloramento e aumento da permeabilidade do revestimento podem estar relacionados não somente a um defeito ou má qualidade de materiais e à execução, mas também à sua escolha equivocada. Com isso, pode-se

diminuir a vida útil do revestimento e implicar em consequente prejuízo financeiro, além da possibilidade de acidentes pelos riscos à segurança decorrentes de tais problemas.

Além das normas citadas, há guias e manuais orientativos de importantes agentes do setor como o *Guia Orientativo para atendimento à Norma ABNT NBR 15575* da Câmara Brasileira da Industria da Construção (CBIC, 2013) e o Manual Setorial de Desempenho da Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento (ANFACER, 2016), além de publicações de fabricantes de placas cerâmicas e argamassas, e plataformas eletrônicas de orientação como o Guia para Revestimentos Cerâmicos do grupo de pesquisa ArqTeMa – Arquitetura, Tecnologia e Materiais (IAU-USP), o especificador virtual de placas cerâmicas Portobello e a aplicação móvel Guia Weber.

1.1 OBJETIVO DO ARTIGO

Essa pesquisa aborda a especificação de sistema de revestimento cerâmico com o intuito de melhorar a assertividade na escolha de placas cerâmicas, argamassas e rejuntes, tendo como o principal objetivo o desenvolvimento de uma aplicação móvel com fins de facilitar a especificação de materiais e a disseminação de boas práticas e conhecimentos técnicos.

Em vista disso, essa proposta vai além de uma aplicação móvel que apenas transcreve códigos de materiais, ela tem o intuito de facilitar a compressão acerca da especificação (utilizando-se de recursos visuais, textos explicativos, entre outros) e tornar mais acessível o conhecimento técnico para especificadores pela praticidade que uma aplicação móvel para telefones celulares inteligentes pode proporcionar.

2 REVISÃO

2.1 Sistema de revestimentos cerâmicos

A publicação da NBR 15575 ao inserir uma nova abordagem acerca de materiais e sistemas construtivos fez surgir no mercado uma necessidade de resposta e adequação a essa nova abordagem, segundo o Centro Cerâmico do Brasil (CCB). Além disso, "é importante ressaltar que os critérios de avaliação estabelecidos na Norma de Desempenho referem-se aos sistemas, ou seja, dos diversos elementos e componentes do sistema trabalhando em conjunto" (ABCER, 2016).

Por exemplo, a placa cerâmica por si só é estanque, mas não garante a estanqueidade do sistema pois na ocorrência de alguma falha no rejuntamento e argamassa, líquidos podem percolar e causar danos a outros elementos da edificação.

A estanqueidade, por esse exemplo, deve ser analisada sob a ótica do sistema de revestimento, assim como demais características. De modo que

cada elemento que compõe o sistema de revestimento[2] é caracterizado por uma série de parâmetros normatizados que devem ser especificados de acordo com as necessidades de uso e local do revestimento. Assim, a adequada especificação é obtida ao se conhecer os parâmetros que caracterizam cada componente do sistema e compô-los de forma que o conjunto atenda requisitos/critérios de desempenho.

> "No caso específico do revestimento cerâmico (...)devem ser assegurados três fatores que influenciam na qualidade do sistema:
>
> 1. Qualidade garantida dos materiais envolvidos (...)
>
> 2. A correta especificação dos materiais, identificando as variáveis e características técnicas dos mesmos, do uso a ser destinado e das condições de clima;
>
> 3. O correto assentamento (...) " (LIMA, 2003)

O que, de forma mais ampla, obtém sustentação nas diretrizes principais de desempenho da NBR 15575:

> - Segurança (Estrutural, Contra o fogo e No uso e na Operação);
> - Sustentabilidade (Durabilidade, Manutenibilidade e Impacto Ambiental);
> - Habitabilidade (Estanqueidade, Desempenho térmico / Acústico / Lumínico, Saúde, Higiene, Qualidade do Ar, Funcionalidades e Acessibilidade, Conforto Tátil e Antropodinâmico.
>
> (ABCER, 2016)

Assim, a especificação deve compatibilizar as características dos materiais tendo como premissa as características do local e suas necessidades em função do uso: "atender as exigências do usuário, com soluções tecnicamente adequadas e economicamente viáveis" (NBR 15575-3, 2013).

2.2 Critérios de especificação de revestimentos cerâmicos

Cada ambiente de uma edificação possui requisitos diferentes, o que significa dizer que cada um requer análise individual quanto a escolha do sistema de revestimento cerâmico.

[2] A NBR 15575-3 (item 3.11) define como sistema de piso o "sistema horizontal ou inclinado composto por um conjunto parcial ou total de camadas (por exemplo, camada estrutural, camada de contrapiso, camada de fixação, camada de acabamento) destinado a cumprir a função de estrutura, vedação e tráfego.". Para este trabalho considerou-se o sistema de revestimento cerâmico como o conjunto parcial formado por placa cerâmica + argamassa para assentamento + rejunte, ou seja, tomou-se como premissa que elementos estruturais e de contrapiso sejam previamente projetados e de acordo com as normas técnicas.

Exemplificando, ambientes com alto tráfego (corredores e acessos) têm solicitações diferentes de ambientes com tráfego leve (despensas, dormitórios, etc.) e exigem revestimentos mais resistentes à abrasão. Ambientes úmidos, como banheiros, devem ser mais estanques do que ambientes secos. Assim, partindo do local de uso e determinando os ambientes da edificação, definem-se critérios básicos para a especificação.

No entanto, a especificação é mais complexa do que aparenta, segundo Lima (2003). O número de parâmetros envolvidos aos materiais e suas aplicações é grande e dificulta o entendimento, principalmente quando se consideram os diversos códigos da nomenclatura de tais materiais.

Os critérios de especificação de revestimentos utilizados nessa pesquisa foram baseados nas fichas de especificações técnicas do *Guia para Revestimentos Cerâmicos ArqTeMa (IAU-USP)*.

2.3 Computação móvel

A utilização de *smartphones* (Celulares inteligentes) é cada vez mais comum: "o ritmo de crescimento da posse de smartphones em 2015 foi de mais de 1 milhão de pessoas por mês", segundo a Nielsen IBOPE[3]. Chammas et al. (2014) afirma que o diferencial desse mercado é a possibilidade de personalização de funções através de aplicativos dedicados, também chamados de *apps*.

Apps são *softwares* voltados para uso em dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets,* de acordo com seu sistema operacional. Segundo Chammas et al. (2014), há quatro sistemas operacionais que se destacam "em termos de expressividade" nesse mercado: Android, iOS, Windows Phone e Blackberry. Cada um desses sistemas possui uma plataforma de distribuição de *apps,* as chamadas *apps stores*.

Embora existam *apps* para diversas funcionalidades e o espaço ocupado por desktops e notebooks tem sido largamente cedido a *tablets*/*smartphones*, as tecnologias móveis ainda não são incorporadas às rotinas dos profissionais da indústria da construção.

Essa proposta de se utilizar dispositivos móveis no meio profissional é, como o nome sugere, voltada para a mobilidade pois a tecnologia possibilita vantagens relacionadas à acessibilidade de informação, além de que o fluxo de informações pode ser melhorado com a inserção de recursos tecnológicos no meio profissional.

Além disso, tecnologias computacionais móveis utilizam plataformas abertas, o que possibilita a implementação de aplicações de baixo custo e com potencial de expansão, além de um maior alcance de público, já que são disponibilizadas em canais eletrônicos para todos os usuários.

---

[3] A Nielsen IBOPE é uma joint-venture entre a Nielsen e o IBOPE Media. Líder mundial em mensuração do comportamento dos usuários da internet. Acesso: www.nielsen.com

Alguns exemplos de aplicativos dedicados para a construção civil pesquisados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Exemplos de *Apps* para construção civil disponíveis na *app store Android*

Aplicativo	**Fabricante**	**Descrição**
AutoCad 360	Autodesk	Aplicativo de visualização DWG com ferramentas de desenho técnico
Bosch - Documetação de construção	Robert Bosch GmbH	Documentação de projetos em campo.
Bosch – Toolbox	Robert Bosch GmbH	Registro de valores de medidas por fotos. Relatórios de execução.
DeWALT Mobile Pro	Infinity Softworks	Calculadora para profissionais da construção
FormIt 360	Autodesk	Criação de modelos conceituais 3D de edificações
Guia Weber	Saint Gobain	Informações técnicas de argamassas e rejuntes (Consumo, indicações e limitações de uso, e recomendações de uso)
Mobuss construção	Teclógica	Gerenciamento de obras
SmartReality	JBKnowledge	Interface para visualização de modelos 3D

Fonte: Os autores

Tabela 3: Tratando-se de aplicações com foco em revestimentos cerâmicos, há disponíveis tanto aplicações via web para desktops, como aplicações móveis.

Aplicação	**Fabricante**	**Tipo**	**Descrição**
Especificador virtual	Portobello	Web	Escolha de revestimentos cerâmicos
Guia de uso Cerâmica Portinari	Burn web.apps	Móvel	Guia de uso de produtos
Guia para Revestimentos Cerâmicos	ArqTeMa (IAU-USP)	Web	Fichas de especificações técnicas e procedimentos para revestimento cerâmico
Incepa	LZ conteúdo digital	Móvel	Catálogo de placas cerâmicas
iPortobello+ Plus	Portobello S.A.	Móvel	Plataforma de conteúdo especializado (produtos e serviços) em revestimento cerâmico
LEF Cerâmica	Viriato&Viriato	Móvel	Catálogo de placas cerâmicas
Roca cerâmica	LZ conteúdo digital	Móvel	Catálogo de placas cerâmicas
Villagres Magazine	CM&N	Móvel	Catálogo de placas cerâmicas

Fonte: Os autores

Comparativamente, a Tabela 4 apresenta as características de conteúdo das aplicações mencionadas na Tabela 3 frente às características da aplicação proposta por esse trabalho.

Tabela 4 – Análise comparativa de aplicações

Aplicação/ Fabricante	**Aplicação móvel**	**Apresentação de produtos (Catálogo)**	**Informações técnicas sobre Placas cerâmicas**	**Informações técnicas sobre Argamassas**	**Informações técnicas sobre rejuntes**	**Recomendações de manutenção (limpeza)**	**Estimativa de consumo de materiais**	**Registro de custos unitários**	**Registro de informações por ambiente**
Especificador virtual / Portobello		X	X						
Guia de uso Cerâmica Portinari / Burn web.apps	X	X	X						
Guia para Revestimentos Cerâmicos / ArqTeMa (IAU-USP)			X	X	X	X			
Guia Weber / Saint Gobain	X	X		X	X	X			
Incepa / LZ conteúdo digital	X	X							
iPortobello+ Plus / Portobello S.A.	X	X	X						
LEF Cerâmica / Viriato&Viriato	X	X							
Roca cerâmica / LZ conteúdo digital	X	X							
Villagres Magazine / CM&N	X	X							
Aplicação proposta	X		X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Os autores

Considerando-se a complexidade da especificação do sistema de revestimento cerâmico, ante as variáveis de usos e características de materiais, vê-se potencial da utilização de aplicações móveis dedicadas que possam melhorar o entendimento da especificação e tornar prático o acesso a informações técnicas, uma vez que o mercado carece de aplicações móveis que levem em conta a composição do sistema de revestimentos cerâmicos como um todo.

3 METODOLOGIA

Baseado nos critérios de especificação de revestimentos cerâmicos, foi elaborado um aplicativo móvel em versão beta, denominado "Arquitec Revestimentos Cerâmicos", que auxilia a especificação do sistema de revestimentos cerâmicos[4], considerando-se seis funcionalidades, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Funcionalidades do *app*

Especificação de revestimento cerâmico de acordo com ambientes residenciais típicos
Especificação da argamassa para o revestimento recomendado
Estimativa de consumo de argamassa
Estimativa de consumo de rejuntes
Calculadora de orçamento a partir das áreas de ambientes e do custo do revestimento cerâmico por metro quadrado (essa função permite ao usuário atribuir aos ambientes criados cotações comerciais em R$/m² de revestimento cerâmico);
Recomendações de manutenção (Cuidados na limpeza)

Fonte: Os autores

Para cumprir tais funcionalidades, a aplicação requer capacidade de armazenar informações técnicas de materiais, fazer cálculos simples, registrar custos unitários para orçamento e registrar informações por ambiente (cômodo); além de ser leve, versátil e possibilitar que seu banco de dados seja atualizado. Tais características são atendidas com um *app* estático (que não necessita de um servidor remoto para funcionar) desenvolvido por meio do SDK – *Software Development Kit* – do sistema operacional.

O sistema operacional adotado foi o *Android*, versão 4.1, e a implementação utiliza arquivos de dados do tipo JSON (*Java Script Object Notation)*, Notação de Objetos JavaScript que permite em formato texto, independente de linguagem, facilidade de ler e escrever códigos (ECMA INTERNATIONAL, 2011).

JSON usa uma sintaxe simples baseada em texto para armazenar e transmitir dados estruturados. E por usar convenções familiares a outras linguagens como C, C++, Java, JavaScript e Python, é utilizado como "ponte" para trocas de dados. O presente trabalho utiliza arquivos de dados JSON para armazenar informações de especificações técnicas de materiais, o que permite que informações sejam atualizadas sem que seja necessário conhecimento de programação e alterações no código fonte do *app*.

O desenvolvimento do *app* foi baseado no padrão metodológico *Rational Unified Process (RUP-IBM)*, composto por ciclo de quatro fases: Concepção, Elaboração, Construção, Transição.

[4] Restringiu-se à especificação para ambientes residenciais. Portanto, para outros usos (comercial, industrial, etc.), essa versão do app não se aplica.

A fase de concepção estabelece premissas do projeto delimitando seu escopo e identificando requisitos básicos. Na fase de elaboração se analisa como o projeto pode ser desenvolvido e estruturado. Na fase de construção, os componentes da aplicação são programados e têm seu funcionamento emulado. Na fase de transição a aplicação é testada pelo usuário final em uma versão beta, de forma a validar o sistema e identificar possíveis problemas e dificuldades não detectados nas fases anteriores.

Como exposto nos objetivos, a pesquisa visa não somente apresentar características de materiais de revestimento cerâmico, mas principalmente apresentar soluções às questões relacionadas à sua especificação, de modo que a metodologia se concentra no entendimento de questões normativas associadas aos componentes do revestimento, da elaboração de um mecanismo que associe recomendações técnicas com características do local e da implementação de uma aplicação de manejo ágil e simplificado para facilitar a especificação de materiais.

A seguir é apresentada em resultados e considerações a versão beta do aplicativo "Arquitec-Revestimentos Cerâmicos", abordando seu funcionamento.

4 RESULTADOS

Para que a aplicação fosse desenvolvida, foi necessário estabelecer uma base de dados com valores de parâmetros de especificação de materiais para cada ambiente pré-definido, em formato Excel.

Tabela 6: Parte da planilha Excel de valores de Fichas de especificação

COD	Valor 1 (Texto, Título parâmetro)	Valor 2 (texto, Valor)
1	**Ficha de especificação técnica de Revestimento cerâmico**	
1.1	**Ambiente: Cozinhas, Copas**	
1.1.1	**Revestimento sobre piso**	
1.1.1.a	Resistência a manchas	Classe -5
1.1.1.b	Resistência ao ataque químico	Maior ou igual a "A"
1.1.1.c	Classe de absorção de água	0 a 6 %
1.1.1.d	Expansão por umidades	Menor ou igual a 0,06%
1.1.1.e	Carga de ruptura	Maior ou igual a 1000N
1.1.1.f	Resistência à abrasão superficial	PEI-5
1.1.1.g	Resistência ao risco	Maior ou igual a 4
1.1.1.h	Resistência a escorregamento	Maior ou igual a 0,4
1.1.1.i	Pias: isento de chumbo	s/Pb
1.1.2	**Revestimento sobre parede**	
1.1.2...	...	...

Fonte: Os autores

Os valores inseridos no arquivo Excel foram transpostos para o arquivo de dados no formato JSON, o qual é lido pela aplicação e tem seus valores projetados na interface gráfica desenvolvida no *SDK-Android*, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Parte do arquivo de dados JSON e Interface gráfica

Arquivo de dados JSON	Interface gráfica de apresentação de recomendações técnicas

```
{  "environments": [
    {
      "name": "Cozinha, Copas",
      "tiles": [
          {
            "items": [
              {
                "text": "Classe -5",
                "title": "ResistÃªncia a
manchas"
              },
              {
                "text": "Maior ou igual a
'A'",
                "title": "ResistÃªncia ao
ataque quAmico"
              },
              {
                "text": "0 a 6 %",
                "title": "Classe de
absorA§Afo de A¡gua"
              },
              {
                "text": "Menor ou igual a
0,06%",
                "title": "ExpansÃfo por
umidades"
              },
              {
                "text": "Maior ou igual a
1000N",
                "title": "Carga de ruptura"
              },
              {
                "text": "PEI-5",
                "title": "ResistÃªncia
A  abrasAfo superficial"
```

Figura 1: Interface gráfica



Fonte: Os autores

4.1 Demais telas do *app*

A tela inicial do *app* é apresentada na Figura 2 com quatro botões principais:

- "Ambientes": permite que usuário selecione um tipo de ambiente que deseja criar e gerencie seus ambientes criados. Selecionando esse botão, é requisitado ao usuário a entrada do valor de área em metros quadrados do ambiente. Esse valor será utilizado para o cálculo das estimativas de consumo de argamassas e rejuntes.
- "Orçamentos": permite ao usuário atribuir aos ambientes criados

cotações comerciais em R$/m² de revestimento cerâmico. Essa funcionalidade é útil para o usuário registrar suas pesquisas de preço para revestimento cerâmico e assim ter em mãos uma ferramenta simples de orçamentação.

- "Dicas de limpeza": acessando esse botão o usuário tem acesso a dicas de remoção de manchas e limpeza de revestimentos cerâmicos.
- "Sobre": apresenta informações gerais do projeto e desenvolvedores.

Figura 2: Tela inicial do *app*



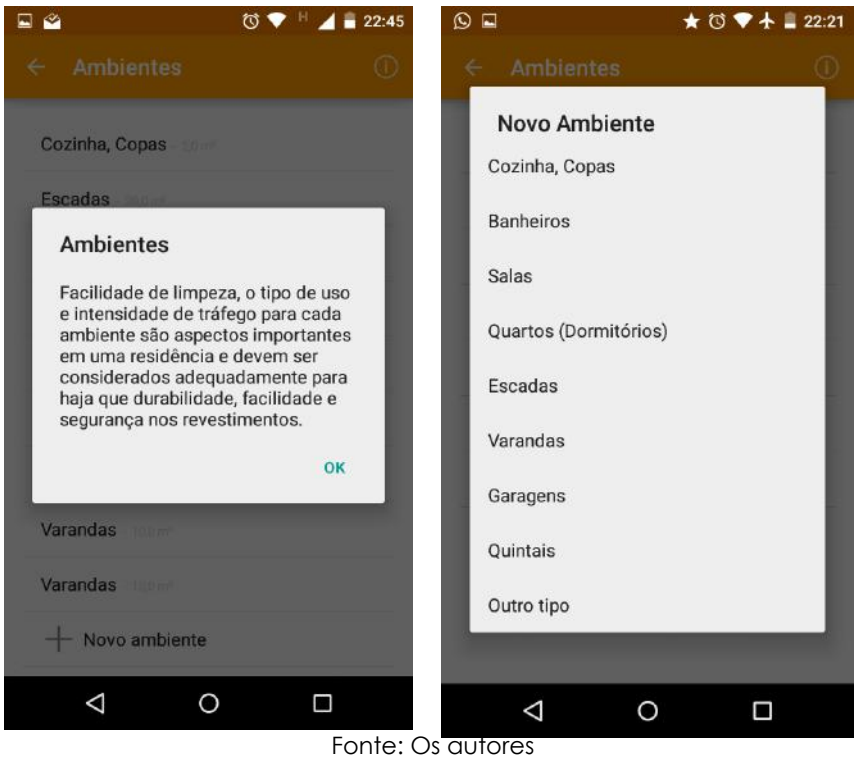
Fonte: Os autores

Acessando o botão *ambientes* o usuário recebe em formato de *pop-up*[5] comentários acerca de aspectos técnicos. Não somente nessa tela, mas em todas as outras podem ser apresentadas dicas e considerações técnicas, como na Figura 3.

Ao selecionar "criar novo ambiente", a tela "Novo ambiente" (Figura 3) é mostrada e o usuário deve escolher um entre os tipos de ambientes típicos pré-definidos ou outro tipo que não esteja listado.

[5] *Pop-up*: Janela sobreposta à tela com informações de destaque

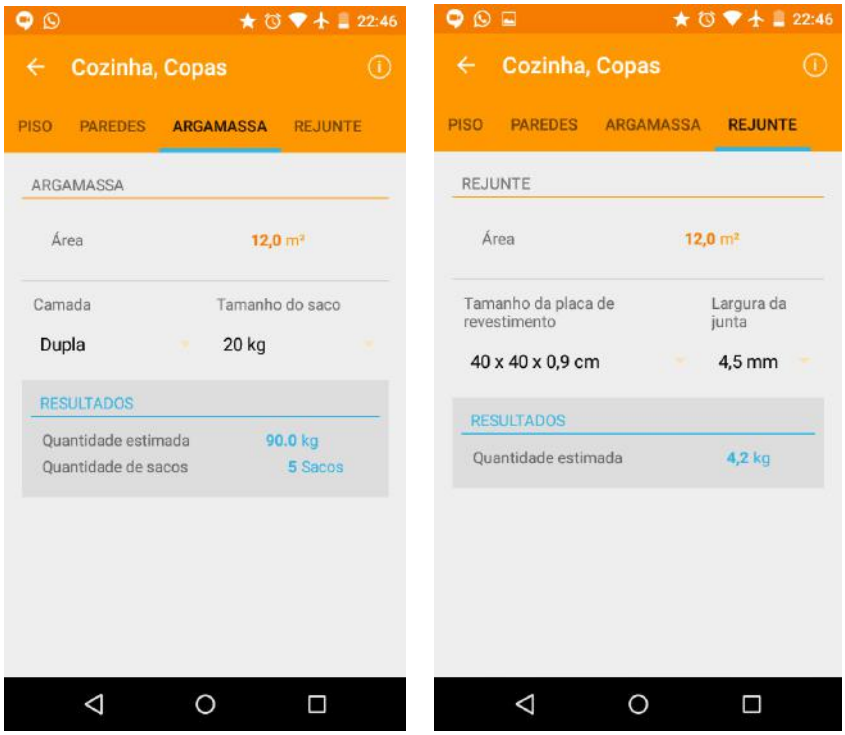
Figura 3 Tela pop-up e tela ambientes pré-definidos



Fonte: Os autores

As estimativas de consumo de argamassa e rejunte são apresentadas como na Figura 4.

Figura 4: Estimativa de consumo - Exemplo



Fonte: Os autores

Acessando o botão "Orçamentos", o usuário obtém a lista de ambientes criados e pode atribuir a cada um o valor em R$/m² dos revestimentos cerâmicos (Figura 5).

Ao fim, o aplicativo calcula os respectivos valores totais.

Figura 5: Orçamentos - Lista de ambientes - Exemplo



Fonte: Os autores

4.2 Disponibilização da aplicação

A aplicação, em versão beta, pode ser baixada pelo link a seguir, pelo qual se tem acesso a informações do aplicativo em uma comunidade compartilhada que, em formato de fórum, usuários podem opinar e propor melhorias.

https://goo.gl/ZFlk9W(link encurtado)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pretendeu-se com este trabalho desenvolver uma aplicação mobile para auxiliar a especificação do sistema de revestimento cerâmico. Os resultados observados apontam que tecnologias móveis podem ser empregadas a favor de boas práticas construtivas e, indiretamente, reduzir as ocorrências de patologias relacionadas ao sistema de revestimento cerâmico.

Evidentemente um aplicativo não é capaz de substituir o papel do profissional de arquitetura e engenharia na especificação de revestimentos,

essa não é a pretensão. O objetivo é que possa servir de instrumento facilitador para um entendimento melhor da especificação de revestimentos cerâmicos.

Há de se ressaltar o caráter prático do trabalho, no sentido de contribuir para que o conhecimento técnico se disponibilize com praticidade e mobilidade, utilizando-se de tecnologias inovadoras, as quais se tornam a cada dia mais populares e constituem-se como meios de grande potencial para a disseminação do saber técnico, passo essencial no avanço do desempenho de edificações, e de impacto no desenvolvimento do setor de construção civil brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq pelo auxílio financeiro e às pessoas que direta e indiretamente contribuíram com orientações, sugestões e críticas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13816** – Placas cerâmicas para revestimentos – Terminologia, 1997

_____.**NBR 13817** – Placas cerâmicas para revestimentos – Classificação, 1997

_____.**NBR 13818** – Placas cerâmicas para revestimentos – Especificação e métodos de ensaios, 1997

_____.**NBR 15575** – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais, 2013

_____.**NBR 15575** – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, 2013

_____.**NBR 15575** – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos, 2013

_____.**NBR 15575** – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedação vertical interna e externa, 2013

Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres - ANFACER. **Manual Setorial Orientativo para Atendimento à Norma de Desempenho ABNT NBR 15575.** 1ª Edição. Fevereiro, 2016. Disponível em:

< http://www.anfacer.org.br/#!manualdesempenho/af8w6>. Acesso em 18 de março de 2016

Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC. **Desempenho de Edificações: Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575/2013**. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicações, 2013. 300 p. Disponível em:

<http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edicao.pdf>. Acesso em 15 de março de 2016

CHAMMAS, A.; QUARESMA, M. **Metodologias para criação de aplicativos: uma análise com foco no design centrado no usuário.**14º Congresso Internacional de Ergonomia e usabilidade, Design de Interfaces e Interação Humano-Computador, 2014. Disponível em: http://www.leui.dad.puc-rio.br/arquivosartigos/

chammas_quaresma_montalvao_usihc_2014.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2016

DEVELOPER.ANDROID. **Guides**, 01 mar. 2003. Disponivel em: < https://developer.android.com/ > . Acesso em: 22 abril de 2015.

ECMA INTERNATIONAL. The JSON Grammar. In: INTERNATIONAL, E. **ECMAScript Language**. Geneva: Ecma International, 2011.

JSON.ORG. **Introdução ao JSON.** json, 01 mar. 2003. Disponivel em: < http://www.json.org/json-pt.html > . Acesso em: 20 de abril de 2015.

LIMA, Luciana C. **Elaboração de um software para especificação de sistema de revestimento cerâmico**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Paulo, São Carlos, 2003.

LIMA, Luciana C. **Materiais cerâmicos para revestimento: considerações sobre produção e especificação.** Tese (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Paulo, São Carlos, 1998. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA

DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000. Salvador – BA.

LIMA, Luciana C. **Proposição de um software para especificação do sistema revestimento cerâmico.** Anais eletrônicos. Disponível em: < http://www.infohab.org.br/entac2014/2000.php>. Acesso em 19 de março de 2016.

LIMA, Luciana C.; SCHIERI, E. P. **Guia para revestimentos cerâmicos.** Escola de Engenharia de São Carlos: Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade De São Paulo, São Carlos. Grupo de pesquisa **ArqTeMa** – Arquitetura, Tecnologia e Materiais. Disponível em: <http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arqtema/ceramica/index.htm#>. Acesso em 20 de março de 2016.

NIELSEN IBOPE. **Brasileiros com internet no smartphone chegam a 76 milhões**. *Mobile report.* Disponível em: <http://www.nielsen.com/br/pt/press-room/2015/Brasileiros-com-internet-no-smartphone-chegam-a-76-milhoes.html >. Acesso em 14 de março de 2016.

PAPER RATIONAL SOFTWARE WHITE. Rational Unified Process Best Practices for Software. **IBM**, p. 1–21, 2004. Disponível em: < https://www.ibm.com/developerworks /rational/library/content/03July/1000/1251/1251_bestpractices_TP026B.pdf >. Acesso em 12 de maio de 2016.

PEREIRA, L. M. et al. **Informatização dos instrumentos de avaliação da manutenibilidade para homologação de sistemas construtivos inovadores**. Anais eletronicos: TIC, 2015. Disponível em: < http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/tic2015/061.pdf > . Acesso em 20 de maio de 2016

PORTOBELLO, Industria cerâmica. **Especificador Virtual.** Disponível em: <http://especificadorvirtual.portobello.com.br/>. Acesso em: 08 de março, 2016.

WEBER, Saint-Gobain. **Aplicativo Guia Weber**. Disponível em: http://www.weber.com.br/aplicativo.html. Acesso em: 10 de março, 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MODELAGEM DA INFORMAÇÃO E MELHORIA CONTÍNUA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: OPORTUNIDADES E DESAFIOS[1]

FRANÇA, Ana Judite Galbiatti Limongi (1); ORNSTEIN, Sheila Walbe (2)

(1) FAUUSP, e-mail: alimongi@usp.br; (2) FAUUSP, e-mail: sheilawo@usp.br

RESUMO

Embora as tecnologias para a modelagem da informação da construção venham se difundindo, entre os atores da indústria da construção civil, a prática da gestão da informação, ao longo do ciclo de vida de uma edificação, tem se mostrado desafiadora, particularmente, no caso brasileiro. Com base na análise dos resultados obtidos, em uma pesquisa de doutorado, desenvolvida no âmbito do grupo de pesquisa CNPq Qualidade e Desempenho no Ambiente Construído, foi proposto um processo de gestão do conhecimento em edificações de tipologia construtiva semelhante, com vistas à melhoria contínua do desempenho do ambiente construído. A solução apresentada incluiu a consolidação de um Banco de Dados para um portfólio de ativos imobiliários, cujas informações modeladas pudessem ser continuamente gerenciadas. Assim, resultados referentes ao desempenho das edificações em uso podem estar disponíveis aos responsáveis pela tomada de decisões de projeto, de construção e de gestão de facilidades, promovendo o aprendizado organizacional. Dentre os aspectos críticos identificados para o proposto, destacaram-se restrições relacionadas à interoperabilidade entre programas computacionais, inclusive considerando os efeitos das alterações de versões, promovidas durante o período que durou a pesquisa (2011-2015). O presente artigo pretende discutir a viabilidade da aplicação do modelo proposto, bem como destacar os aspectos necessários para tal.

Palavras-chave: Desempenho do ambiente construído, Modelagem da informação, Gestão do conhecimento.

ABSTRACT

Despite of technologies for information modeling are becoming more often among the service providers for the construction industry, the practice of information management, throughout the life cycle of a building, has proven challenging, especially in the Brazilian case. Based on the analysis of the results from a doctoral research developed under the CNPq research group Quality and Performance in the Built Environment, it was proposed a knowledge management process applicable for buildings with similar typologies, considering the continuous improvement of the building performance. The presented solution included the consolidation of a Database for a portfolio of real estate assets, whose modeled information could be continuously managed. Therefore, results regarding performance of buildings in use may be available for the stakeholders engaged in the building design and facility management. This approach is important because it helps to promote organizational learning. Among the critical issues identified for the proposed, there were restrictions related

[1] FRANÇA, Ana Judite Galbiatti Limongi, ORNSTEIN, Sheila Walbe. Modelagem da informação e melhoria contínua do ambiente construído: oportunidades e desafios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

to interoperability between computer programs, considering the effects of the versions of changes promoted to these tools, during the period that lasted for research (2011-2015). This paper aims to discuss the feasibility of implementing the proposed model, as well as highlighting the aspects necessary to do so.

***Keywords**: Building performance. Information modeling. Knowledge management.*

1 INTRODUÇÃO

Organizações públicas e privadas, muitas vezes, sejão responsáveis por gerir edificações com usos e perfis de operação semelhantes. Entretanto, observa-se com frequência que não há um processo para a avaliação de seu desempenho. Tampouco, verifica-se a proposição sistematizada de melhorias, baseadas em um aprendizado organizacional, quando estas edificações são submetidas a processos para avaliação de desempenho, e os respectivos resultados são divulgados às partes responsáveis (FRANÇA, ORNSTEIN, 2014; FRANÇA, 2016).

Desta forma, o presente artigo apresenta resultados de uma tese de doutorado, que se propôs a discutir os processos de projeto, de construção e de gestão de uma edificação, considerando o compromisso com seu desempenho quando em uso. Desta forma, se pretende subsidiar a consolidação de um ciclo de melhoria contínua, aplicável a edificações de tipologia construtiva e usos semelhantes, tais como: escolas, sedes corporativas, hospitais, redes metroferroviárias, e hotéis.

A discussão proposta aborda o planejamento de edificações, com base em informações completas, organizadas e atuais. Além disso, permite gerir a qualidade do projeto e da construção. Por meio da verificação do desempenho do ambiente construído em uso e sistematizar as informações quanto aos resultados obtidos, de modo que esteja acessível a novo planejamento (seja nova edificação ou requalificada de uma antiga).

2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Por meio de uma reflexão feita, quanto aos resultados de Avaliações Pós-Ocupação (APOs) aplicadas a escolas públicas paulistas, voltadas ao ensino fundamental e médio, no período entre 2008 e 2011 (FRANÇA, 2011), foi verificado ser pertinente a revisão das orientações de projeto e dos procedimentos de manutenção. Estas edificações, que compartilham de programas de necessidades e de especificações para componentes e sistemas construtivos, não apresentavam, à época, um processo para a gestão do conhecimento formalizado, de modo a tornar eficiente o aprendizado organizacional (FRANÇA; ORNSTEIN, 2014). Por esse motivo, observou-se a incidência de aspectos críticos recorrentes (tais como desempenho de materiais especificados e níveis de conforto ambiental inadequados) (FRANÇA, 2011; 2016).

A sistematização dos processos que incluem a documentação e da comunicação dos resultados obtidos por meio das avaliações aplicadas a

edificações em uso é importante, pois a comunicação eficiente de aspectos críticos contribui para a promoção de um desejado ciclo de melhoria contínua da qualidade do ambiente construído. Para tanto, deve estar apresentada, de forma estruturada e acessível, aos atores envolvidos nos processos de construção e de gerenciamento do edifício (FRANÇA; ORNSTEIN; ONO; 2011).

A proposição de um Modelo que embase a desejada realimentação de diretrizes para edificações semelhantes, aplicável a todo o ciclo de vida da edificação, os seguintes materiais e métodos foram adotados para a pesquisa: avaliação do estado da arte, quanto aos conceitos adotados para embasamento da pesquisa; proposição de um sistema de processos com vistas à realimentação de diretrizes de projeto; aplicação do proposto a uma edificação existente, para a validação da pertinência das soluções formuladas.

Para a alimentação do Banco de Dados, foram incorporados os resultados de levantamentos de campo, obtidos por meio da aplicação de um processo de Avaliação Pós-Ocupação (FRANÇA, 2016).

3 DISCUSSÃO

Com vistas à reestruturação do processo, de modo a permitir a gestão da informação da edificação, torna-se necessário que sejam alterados os produtos de projeto pretendidos (ou entregáveis). Deste modo, o resultado do processo passa a ser um Banco de Dados (LISBOA FILHO, 2001), que permite a armazenagem controlada das informações, bem como a elaboração de pesquisas e a impressão de desenhos e de tabelas, conforme a necessidade.

Portanto, ao invés de um jogo de pranchas e memoriais descritivos, ao final do processo de projeto, tem-se um conjunto de informações modeladas, geométricas e não geométricas, que podem ser combinadas para aplicações complexas.

Nesse contexto, a integração precoce entre os processos de modelagem da informação e de simulação de desempenho possibilitam às equipes de projeto a adoção de estratégias para atingir os níveis de desempenho pretendidos (AUGENBROE; SANGUINETTI; EASTMAN, 2009).

Para que a informação possa ser gerenciada de modo a abranger as diferentes fases do ciclo de vida do empreendimento, deve-se trabalhar em equipe. Também é necessária a utilização de diversos programas computacionais e versões, escolhidos em função das especificidades de cada disciplina envolvida, de modo que sua integração é crítica para o processo de projeto. Por isso, é preciso que seja determinado um padrão que permita a troca de informações, entre disciplinas e entre aplicações técnicas (LIEBICH, 2009).

Essa integração, porém, consiste em um desafio, devido à quantidade e à

complexidade das informações, necessárias aos processos inerentes ao ciclo de vida do empreendimento. Para tanto, é necessária a formalização de um processo para suporte à transferência eficiente de informações entre etapas de seu ciclo de vida (JACOSKI; LAMBERTS, 2003).

Também deve ser levado em conta que as necessidades das equipes envolvidas nas tarefas relacionadas às etapas de planejamento, projeto, produção e operação são distintas e, por conseguinte, embasadas por informações de diferentes naturezas (FABRICIO; MELHADO, 2002; NASCIMENTO; SANTOS, 2003; SCHEER et al., 2009). Por exemplo, a informação geométrica, apesar de fundamental durante o projeto e a construção, tem sua importância reduzida durante as etapas de planejamento e de operação (TEICHOLZ, 2013).

A tarefa de gerir, de modo estruturado, essa grande quantidade de informações é facilitada, por meio da adoção de recursos tecnológicos, que possibilitem sua automatização (JACOSKI; LAMBERTS, 2003).

Scheer, Bollmann e Stumm (2005) destacam que a interoperabilidade proporcionada pela integração de profissionais de múltiplas competências específicas, por meio do uso simultâneo de diferentes programas computacionais, são aspectos fundamentais para potencializar reduções de custos e de prazos, relacionados ao projeto e à construção de uma edificação.

Os aspectos relacionados à interoperabilidade apresentam um grande impacto para o processo de gestão das informações. Como referência, o National Institute of Standards and Technology (NIST) sua relevância para o mercado da construção civil e da gestão de facilidades dos Estados Unidos da América. Foi aferido na ocasião que os custos correspondentes a perdas de oportunidades, em razão de aspectos de interoperabilidade, correspondiam a US$ 15,8 bilhões (quinze bilhões e oitocentos milhões de dólares dos Estados Unidos da América). Ainda segundo o NIST, a fase mais relevante quanto aos custos gerados corresponde ao período de uso da edificação, responsável por 2/3 (dois terços) deste montante, relacionados a atividades de operação e de manutenção (NIST, 2004).

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS

Os programas computacionais utilizados para a pesquisa são apresentados no Quadro 1. Observa-se que, durante o período que a modelagem foi desenvolvida (2012-2015) houve alterações nos recursos tecnológicos (FRANÇA, 2016).

Quadro 1 – Programas computacionais utilizados para a pesquisa

Início da pesquisa (2012)		Término da pesquisa (2015)	
Programas computacionais	Uso	Programas computacionais	Uso
Mozilla Fire Fox (navegador de internet)	Captura da lista de endereços das escolas objeto de análise.	Mozilla Fire Fox (navegador de internet)	Captura da lista de endereços das escolas objeto de análise.
			Acesso ao Banco de Dados e compilação de relatórios.
Google Earth	Localização de endereços e visualização de imagens aéreas – localização de endereços nas imagens aéreas.	Google Earth	Localização de endereços e visualização de imagens aéreas – localização de endereços nas imagens aéreas.
Terraview V. 4.2.2	Geoprocessamento.	Terraview V. 4.2.2	Geoprocessamento.
Microsoft Access 2007	Configuração e edição de tabelas. Configuração de colunas para compatibilização com o programa Terraview.	Autodesk Revit 2014	Modelagem tridimensional e configuração paramétrica.
Autodesk Revit 2012	Modelagem tridimensional e configuração paramétrica.	dRofus v. 1.8	Plataforma de Banco de Dados MySQL.
DB Link v. 2012 (*plug-in*)	Exportação e importação de informações entre os programas Revit e Access.	Solibri Model Checker	Verificação e validação do modelo.
Microsoft Excel 2007	Elaboração de planilhas e tratamento de dados.	Excel 2007	Elaboração de planilhas e tratamento de dados.
Microsoft Access 2007	Configuração e edição de tabelas. Configuração de colunas para compatibilização com o programa Terraview.		

Fonte: FRANÇA (2016), pp. 483-484.

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, foi necessário adaptar e atualizar a lista de programas computacionais utilizados. O modelo tridimensional começou a ser elaborado no programa Autodesk Revit, versão 2012. Por ocasião da conclusão da pesquisa, para garantir a interoperabilidade com o Banco de dados, a versão adotada foi a 2014.

Essas atualizações geraram consequências para os demais programas utilizados. Por exemplo, a versão 2014 do programa Revit não apresentou compatibilidade com o sistema operacional Windows XP que inicialmente era utilizado, o que obrigou que fosse feita sua atualização para o Windows 7.

Inicialmente, planejou-se a importação entre o programa de modelagem tridimensional e o Banco de Dados. Porém, a opção nativa do programa Revit, v. 2014 para a exportação do Banco de Dados (em formato ODBC - *Open Database Conectivity*), não permite a edição de informações e de tabelas fora do ambiente do programa. Portanto, informações exportadas

deste programa para um Sistema de Banco de Dados não podem ser alteradas e importadas novamente. Isso é crítico, pois não possibilita a retroalimentação com vistas à melhoria contínua, proposta para a pesquisa.

Como se pretendia incorporar à modelagem da informação os resultados aferidos, referentes ao desempenho em uso da edificação, foi avaliada a possibilidade da utilização de um programa a ser instalado no Revit, v. 2014, o *plug-in* DB Link, desenvolvido para a instalação no programa computacional Revit. Entretanto, esse recurso também apresentava limitações quanto aos dados que poderiam ser importados, tais como tabelas de luminárias e de quantitativos de materiais, denominadas, respectivamente, LightingFixtureOnCeiling, LightingFixtureOnWall e MaterialQuantities. Além disso, o suporte educacional para o *plug-in* foi descontinuado durante a pesquisa, de modo que não foi possível testar versões posteriores a 2014.

Para a solução destes aspectos, foi adotada a plataforma de Banco de Dados SQL dRofus v. 1.8, que se mostrou eficiente para o gerenciamento das informações necessárias ao projeto proposto.

5 APLICAÇÕES AO MODELO PROPOSTO

Para a consolidação de um processo de gestão da informação ao longo do ciclo de vida do ambiente construído, é necessário determinar quais os usos são pertinentes as informações modeladas.

No âmbito do presente artigo, serão apresentadas análises relacionadas ao georreferenciamento da informação, especificações para diretrizes de projeto e simulações para a avaliação dos níveis de conforto ambiental.

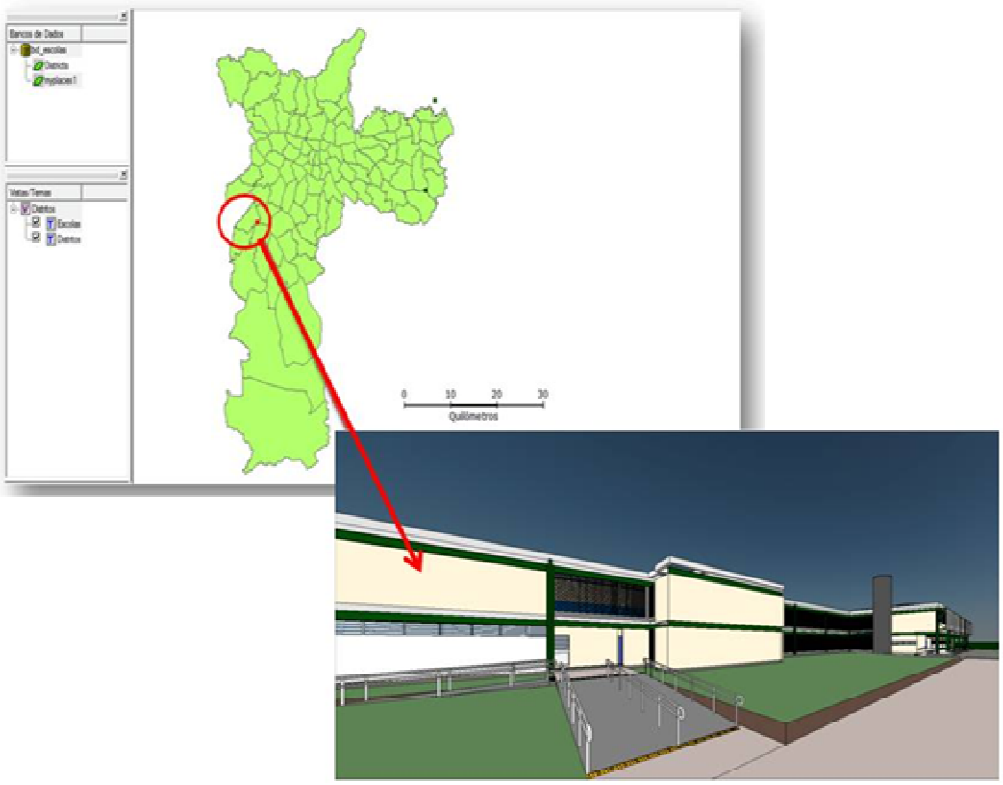
5.1 Georreferenciamento da informação

Nesse contexto, é possível que os dados geográficos sejam armazenados, manipulados e consultados, por meio do uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Isso pode ser feito pela utilização de programas, equipamentos, metodologias, dados e indivíduos que permitam a realização de análises, considerando sua localização geográfica (LISBOA FILHO, IOCHPE, 1996).

Este recurso pode ser incorporado aos processos de modelagem da informação de edificações, de modo a incrementar o gerenciamento de espaços e seus respectivos usos; inclusive para a elaboração de planos de segurança, como a determinação de áreas de evacuação e avaliação de rotas de fuga; demarcação de rotas acessíveis; condução de avaliações de segurança contra incêndio; bem como para a elaboração de inventários e a identificação da localização de ativos; atividades de manutenção e mapeamento de ocorrências; verificação e monitoramento das condições de operação e de uso da edificação; modelagem dos resultados de alterações propostas em reformas e ampliações (TEICHOLZ, 2013).

Uma vez que se buscou promover o conhecimento organizacional, por meio da modelagem das informações no contexto de um portfólio de edificações, o georreferenciamento das informações mostrou-se muito relevante. Na Figura 1 é apresentado o modelo da Escola Alpha, modelada para a pesquisa de doutorado, e sua localização referenciada em um SIG. Para tal, foi utilizado o programa computacional Terraview V. 4.2.2.

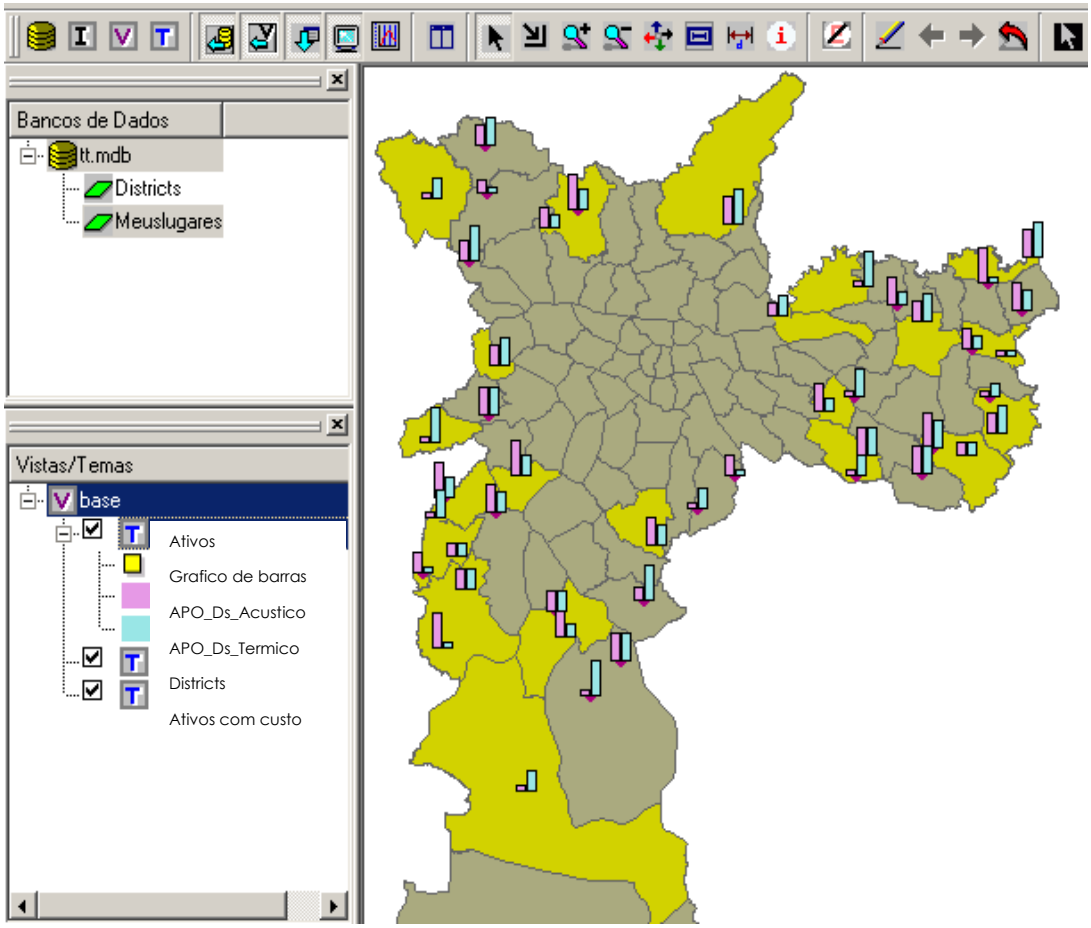
Figura 1 - Escola Alpha: localização geográfica determinada por meio do software Terraview V. 4.2.2 e modelo relacionado



Fonte: FRANÇA(2016), p.271.

Por meio da utilização deste recurso de georreferenciamento, é possível embasar decisões considerando o critério da localização (Figura 2). Por exemplo, pesquisas relacionadas ao desempenho de uma determinada esquadria podem avaliadas considerando sua proximidade do litoral.

Figura 2 - Exemplo de análise comparativa quanto ao desempenho de edificações, considerando a informação geográfica



Fonte: FRANÇA(2016), p.272.

Também áreas sujeitas a vulnerabilidade social podem ser isoladas, por exemplo, de modo a identificar a frequência de quebra de componentes devido a ações de vandalismo.

5.2 Modelagem de requisitos de desempenho para os ambientes

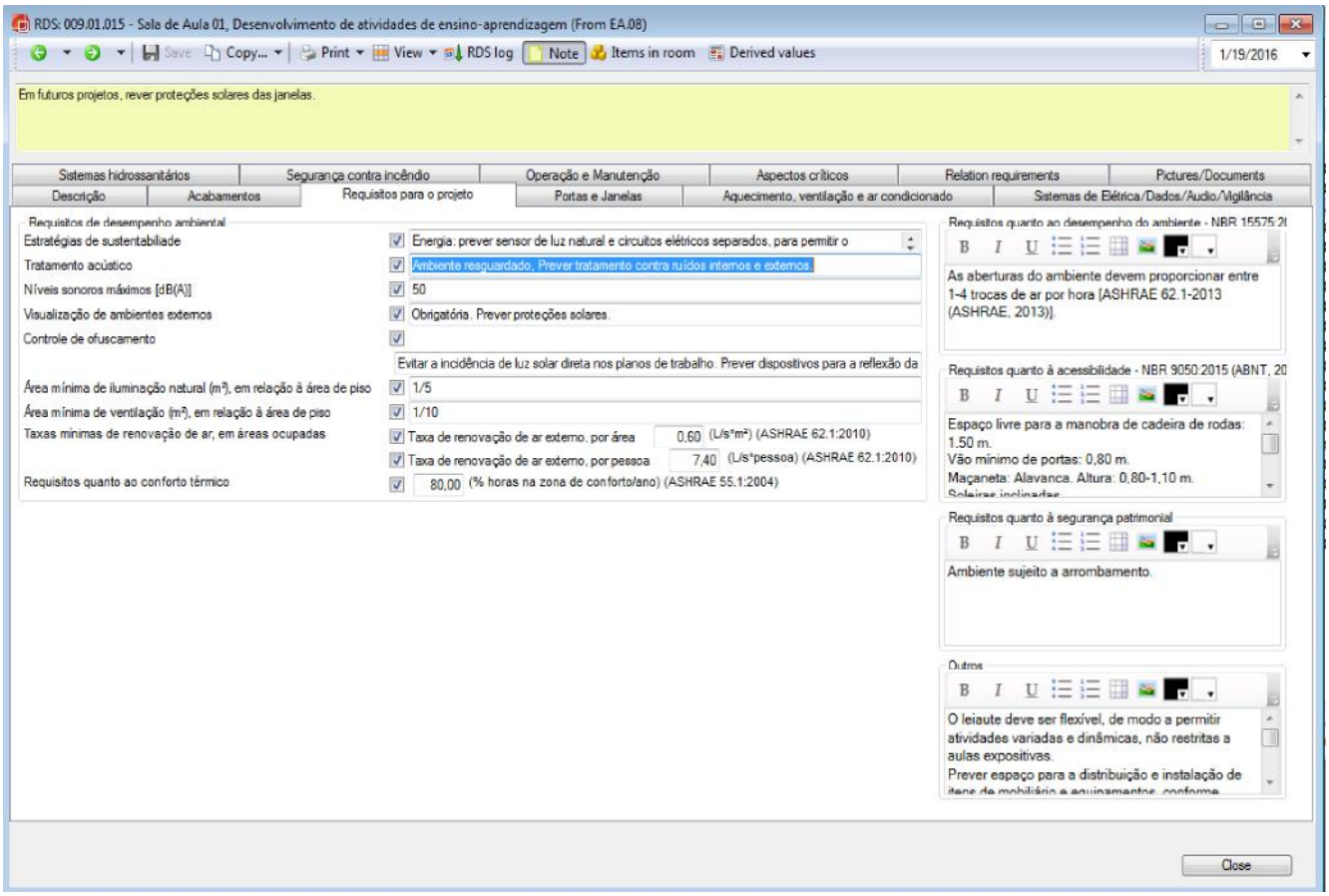
Para a modelagem das informações, considerando a necessidade de retroalimentação de especificações, foram adotados os seguintes recursos: Autodesk Revit, para a modelagem da geometria e a plataforma de Banco de dados SQL dRofus v. 1.8. A interoperabilidade entre estas ferramentas computacionais, facilitada por meio de um *plug-in*[2], se mostrou eficiente para o gerenciamento das informações do projeto.

A referida plataforma de Banco de dados permite a personalização das propriedades pertinentes ao projeto, por meio da configuração de telas para a interface com o usuário (NOSYKO AS, 2015).

[2] Programas que podem ser incorporados a outros, de modo a adicionar funções (SCHLEUSNER, 2014).

Deste modo, foram modelados requisitos identificados como pertinentes, com base nos resultados da APO previamente aplicada à edificação modelada (FRANÇA, 2011). Um exemplo de interface gráfica personalizada para ficha técnica de ambiente é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Exemplo de interface gráfica referente às informações relacionadas ao ambiente



Fonte: FRANÇA (2016), p. 230.

Para cada ambiente, foram configurados os requisitos de desempenho em função do uso pretendido, considerando os aspectos necessários à verificação do desempenho das soluções de projeto (por exemplo, características térmicas de materiais, que são necessárias para a elaboração de simulações de desempenho).

5.3 Considerações sobre a simulação de desempenho térmico

Uma das vantagens de se elaborar um protótipo digital da edificação é a possibilidade que sejam realizadas, desde as etapas iniciais do projeto, simulações computacionais, para verificar o desempenho das soluções propostas.

São exemplos de aplicação de simulações de desempenho: a avaliação do

impacto da orientação da geometria e do impacto da envoltória, as análises das condições de iluminação natural, as simulações de consumo energético, do desempenho de sistemas de energia renovável e de armazenamento de água das chuvas (AZHAR et al., 2011). Essa boa prática permite que o desempenho das soluções propostas seja simulado desde as etapas iniciais do processo de projeto, inclusive em edificações de geometria complexa, e com maior precisão, quando comparada às análises convencionais (AZHAR; BROWN; FAROOQUI, 2009).

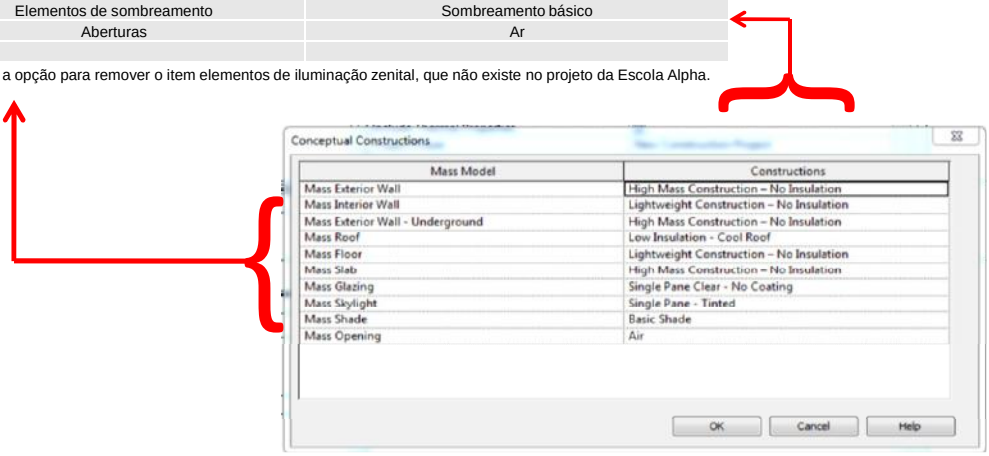
Desta forma, com base no modelo tridimensional da Escola Alpha, foram realizadas verificações dessa possibilidade. Para a simulação, foi utilizada a ferramenta disponível no programa computacional Revit v. 2014, com o objetivo de verificar as condições de conforto previstas para edificação.

Observou-se que os cálculos realizados pelo programa computacional não utilizam as propriedades térmicas específicas dos materiais atribuídos. O menu disponível para a simulação é simplificado e apresenta apenas características genéricas para os componentes da envoltória (Figura 4).

Figura 4 - Menu disponível no programa computacional Revit v. 2014 para a elaboração de análises de desempenho da envoltória

Modelo volumétrico	Características térmicas dos elementos construtivos
Vedos externos	Elemento construtivo de alta densidade - sem isolamento
Vedos internos	Elemento construtivo leve - sem isolamento
Alvenaria – em contato com o solo	Elemento construtivo de alta densidade - sem isolamento
Cobertura	Cobertura clara - pouco isolamento
Pisos	Elemento construtivo leve - sem isolamento
Lajes	Elemento construtivo de baixa densidade - sem isolamento
Vidros	Vidro simples incolor
Elementos de iluminação zenital*	Vidro simples colorido*
Elementos de sombreamento	Sombreamento básico
Aberturas	Ar

* não há a opção para remover o item elementos de iluminação zenital, que não existe no projeto da Escola Alpha.

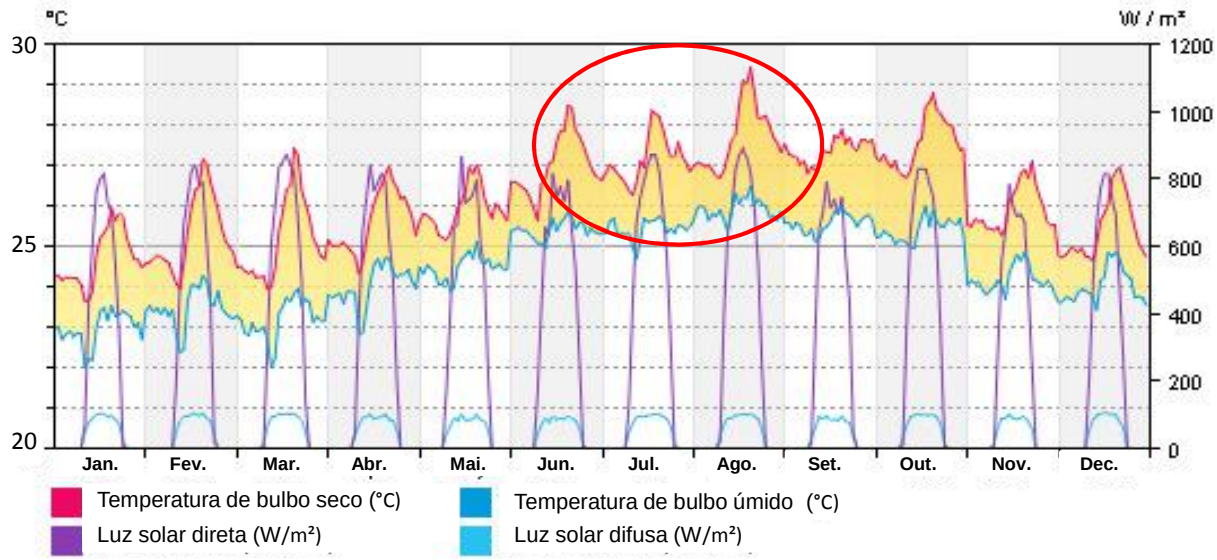


Fonte: FRANÇA (2016), p. 262.

Outro aspecto fundamental para a realização da simulação é a confiabilidade das informações climáticas referentes ao local do projeto. Embora seja possível selecionar a cidade onde o projeto está localizado, não é possível acessar o arquivo climático para validação. Essa característica compromete a confiabilidade dos resultados obtidos. Por exemplo, a análise do relatório de temperaturas médias diurnas, gerado

para a localização "São Paulo", destacam-se as altas temperaturas verificadas durante os meses de inverno, não compatíveis com o perfil climático local (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Temperaturas médias diurnas utilizadas na simulação

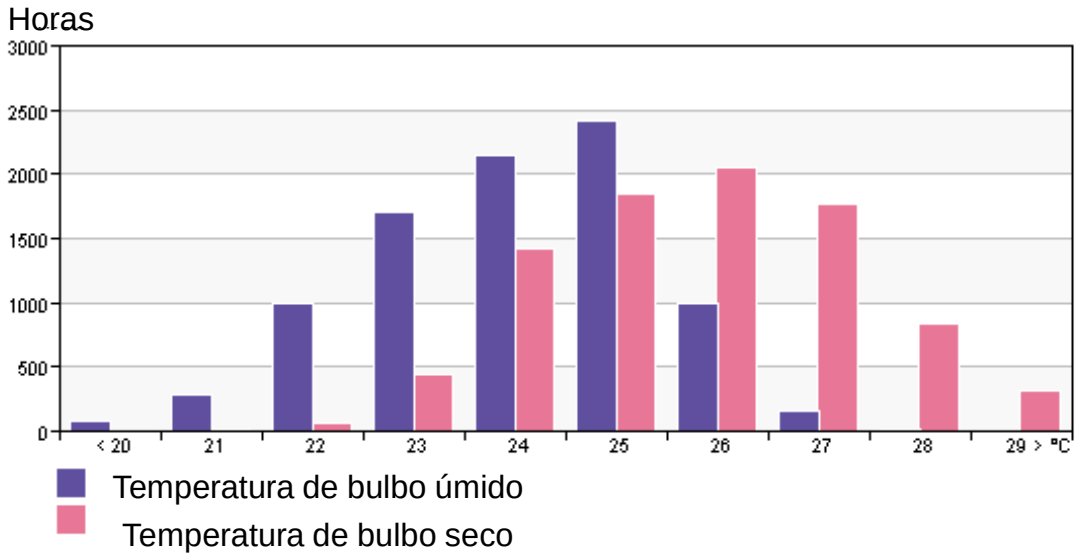


Gerado utilizando o programa computacional Autodesk Revit v. 2014.

Fonte: FRANÇA (2016), P. 263.

Devido ao pouco controle quanto à atribuição de características dos materiais e à informação climática permitido por esse processo de simulação, entende-se que o relatório de temperaturas gerado (Gráfico 2), não apresenta os níveis de precisão necessários para embasar as decisões de projeto.

Gráfico 2 - Exemplo de relatório de temperaturas internas (anual), para o ambiente Sala de Aula 15



Gerado a partir do programa computacional Autodesk Revit v. 2014.

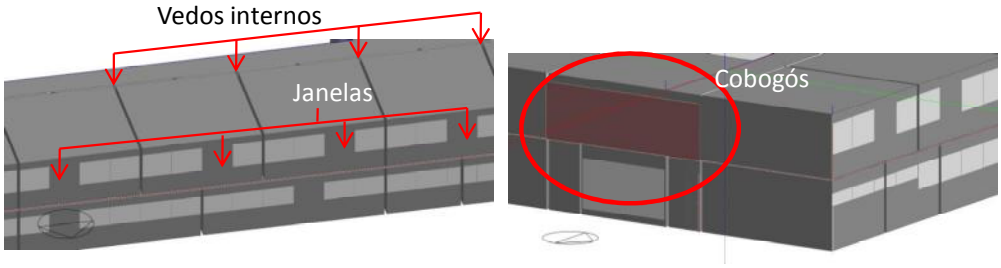
Fonte: FRANÇA (2016), p. 264.

Considerando que o resultado da simulação de desempenho térmico no próprio programa de modelagem geométrica não apresentou resultados considerados satisfatórios, procedeu-se a elaboração de análises referentes às condições de conforto ambiental do modelo em um programa específico de simulação. Para tal, foi adotado o formato aberto para exportação, conforme a norma internacional para o compartilhamento das informações Industry Foundation Class (IFC) (BUILDINGSMART, 2014b).

Porém, esta solução mostrou-se restrita à informação geométrica do modelo. As características dos materiais quanto ao seu comportamento térmico, entretanto, não foram incluídas no arquivo exportado, durante o processo de exportação. Visto que não se encontravam os parâmetros relacionados às propriedades térmicas para a exportação em IFC a partir do Revit (versão 2014), O modelo, elaborado utilizando o programa Revit, v. 2014, foi submetido então ao processo de exportação para o formato gbXML (*Open Green Building eXtensible Markup Language*).

Por meio da importação no DesignBuilder, programa computacional utilizado para a análise das condições de conforto ambiental do projetado, verificou-se a leitura incorreta de elementos construtivos. Na Figura 5 são destacados elementos que não foram reconhecidos corretamente, quando importados.

Figura 5 – Exemplos de informações geométricas que não foram lidas adequadamente pelo programa de simulação energética



Fonte: Adaptato de FRANÇA (2016), p. 267.

Observa-se, porém, que embora haja visualmente um vão entre as zonas térmicas, as áreas dos vedos faltantes são lidos como divisórias internas, estando, deste modo, adequadas às análises de fluxo térmico, embora a geometria esteja incorreta.

Além disso, nota-se, na Figura 5, que elementos de sombreamento do tipo 'cobogó' não tiveram sua geometria exportada, e a área onde estavam localizados foi lida como um conjunto de janelas simples e sem as propriedades térmicas adequadas.

Portanto, o processo de importação das informações para análises de conforto ambiental mostrou-se semiautomatizado, pois exigiu validação das informações importadas, bem como retrabalho de modelagem.

6 CONCLUSÕES

O processo de gestão do conhecimento pressupõe o uso de diferentes recursos tecnológicos, necessários às diferentes fases do processo de produção da edificação e da gestão de facilidades. Isso obriga o planejamento da modelagem, para permitir a alimentação de um repositório único de dados. Também foi possível apreender que há importantes desafios a serem vencidos, para a efetiva gestão da informação em ambientes que prevêem a interação entre os muitos *stakeholders*, responsáveis por desempenhar tarefas em diferentes disciplinas.

Faz-se, assim, necessário um planejamento prévio, considerando quais as tarefas pertinentes às edificações a serem geridas, de modo a especificar recursos tecnológicos e protocolos adequados para a transferência das informações, de forma confiável.

Também é necessário considerar que o programa computacional adotado para a modelagem da geometria (Revit 2014) não permite que arquivos importados para versões mais recentes possam ser abertos em versões mais antigas. Isso deve ser considerado ao planejar os recursos a serem utilizados, especialmente se há a pretensão que essas informações sejam acessadas

durante a vida útil de uma edificação.

Portanto, é preciso planejar o processo de modelagem, considerando a exportação de modelos para formatos abertos, de modo que as equipes envolvidas não fiquem reféns de atualizações ou de políticas de descontinuidade de programas computacionais.

Isso pressupõe, por tanto, o entendimento de que a modelagem da informação não se restringe ao uso de uma ferramenta ou de um conjunto de ferramentas - ou de aplicativos. Deve, sim, deve ser entendida como uma profunda mudança dos processos relacionados ao ciclo de vida do empreendimento.

REFERÊNCIAS

AUGENBROE, Godfried; SANGUINETTI , Paola; EASTMAN, Charles. Courthouse energy evaluation: BIM and simulation model interoperability in concept design. In: **International IBPSA Conference 11**. Glasgow, Scotland, 2009. p. 1922-1929.

AZHAR, Salman, et al.. Building information modeling for sustainable design and LEED rating analysis. In: **Automation in Construction** v. 20. London: Elsevier B. V., 2011, pp. 217-224.

AZHAR, Salman; BROWN, Justin; FAROOQUI, Riswan.BIM-based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software. In: **Proceedings of the 45th ASC**, 2009. Disponível em: < http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPRT125002009.pdf>. Acesso em 12 jun. 2012.

FRANÇA, Ana Judite Galbiatti Limongi**. Melhoria contínua aplicada a edificações de tipologia padronizada**: a gestão do conhecimento no contexto do portfólio de ativos de uma organização. Tese (Doutorado). FAUUSP, 2016.

FRANÇA, Ana Judite Galbiatti Limongi. **Ambientes contemporâneos para o ensino-aprendizagem**: Avaliação Pós-Ocupação aplicada a três edifícios escolares públicos, situados na Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado). FAUUSP, 2011.

FRANÇA, Ana Judite Galbiatti Limongi; ORNSTEIN, Sheila Walbe. Técnicas de gestão da qualidade aplicadas ao diagnóstico de Avaliação Pós-Ocupação (APO). In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído- ENTAC**, 2014. v. 1. p. 1814-1823.

FRANÇA, Ana Judite Galbiatti Limongi; ORNSTEIN, Sheila Walbe; ONO, Rosaria. Mapas de diagnóstico: procedimentos de Avaliação Pós-Ocupação (APO) voltados à qualidade de projeto. In: **2o Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído / X Workshop Brasileiro de Gestão do Projeto na Construção de Edifícios, 2011**. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído / ProArq - FAU - UFRJ, 2011. v. 1. p. 297-307.

JACOSKI, Claudio Alcides; LAMBERTS, Roberto. Desenvolvimento de protótipo IFC/XML para integração da informação em projetos de edificações. In: **III**

Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Anais do III Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Belo Horizonte: UFMG, 2003.

LIEBICH, Thomas. **IFC model implementation guide.** Version 2.0. buildingSMART Model Support Group, 2009.

LISBOA FILHO, Jugurta. **Estruturação e modelagem de banco de dados** (2a. ed).Curitiba: Fator GIS, 2001.

_____; IOCHPE, Cirano. Introdução a sistemas de informa;ões geográficas com ênfase em banco de dados. In: **10ª Escuela de Ciencias Informáticas**. Departamento de Computación, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires, UBA: 1996.

NASCIMENTO, Luiz Antonio; SANTOS, Eduardo Toledo. A indústria da construção na era da informação. In: **Ambiente Construído**, v. 3, n. 1. Porto Alegre: ANTAC, 2003, pp. 69-81.

NIST – NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Cost Analysis of inadequate interoperability in the U. S. Capital Facilities Industry**. NIST GCR 04-867. Gaithersburg: NIST, 2004.

NOSYKO AS. **Drofus administration guide**. Version 1.8. Oslo: Nosyko AS, 2015.

SCHEER, Sérgio; BOLLMANN, Caroline; STUMM, Silvana B.. Engenharia colaborativa: uma visão para a engenharia simultânea e o uso de ambientes colaborativos para arquitetura e engenharia civil. In: **Seminário de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil,** 2., 2005, SÃO PAULO, SP, 2005, São Paulo, SP, 2005. 1 CD-ROOM.

SCHEER, Sergio et al.. Collaborative CAD modeling process analysis to support teamwork for building design. In: **Gestão e Tecnologia de Projeto**s, v. 4, n° 1. Porto Alegre: ANTAC, 2009, pp.124-135.

TEICHOLZ, Eric (Ed.). **Technology for facility managers**: the impacto f cutting-edge technology on facility management. IFMA Foundation. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA BASEADO EM JOGOS IMPLANTADO EM UM CANTEIRO DE OBRAS[1]

LEITE, Regina M. C. (1); COSTA, Dayana B. (2); DURÃO, Frederico A. (3)

(1) IFBA, email: regina.leite@ifba.edu.br; (2) UFBA, email: dayanabcosta@ufba.br; (3) UFBA, e-mail: freddurao@dcc.ufba.br

RESUMO

Ultimamente, as organizações têm integrado mecânica de jogos em suas aplicações e processos para promover o engajamento e a motivação dos trabalhadores. No âmbito da construção civil, os gerentes têm adotado soluções com novas abordagens para motivar seus trabalhadores ao cumprimento do planejamento da obra, onde a falta de transparência, a falta de comunicação entre os níveis de gestão e sua força de trabalho e o baixo envolvimento dos trabalhadores ainda são barreiras para cumprir as metas de trabalho e regras do projeto. Esse trabalho descreve o processo de avaliação de um sistema gameficado implantado em um canteiro de obras a fim de promover a transparência do planejamento semanal e o engajamento dos funcionários. O Sistema possui duas interfaces: um **modo visualizador,** que permite a visualização das informações de planejamento semanal e desempenho dos funcionários no canteiro de obras e um **modo administrador**, para administração das informações a serem apresentadas no sistema. Os resultados mostraram que o Sistema Obras Gameficadas atendeu aos critérios de usabilidade avaliados. A principal contribuição deste estudo é a avaliação de uma ferramenta gameficada e suas mecânicas de jogos adotadas para melhorar o planejamento e controle das atividades de construção.

Palavras-chave: Gameficação. Usabilidade. Transparência.

ABSTRACT

Lately, organizations have game mechanics integrated into your applications and processes to promote engagement and motivation of workers. In the construction industry, managers have adopted solutions with new approaches to motivate their employees to comply with the work plan, where the lack of transparency, lack of communication between management levels and their workforce and the low involvement of workers are still barriers to meet work goals and project rules. This paper describes the evaluation process of a gameficado system deployed on a construction site in order to promote transparency of the weekly planning and employee engagement. The system has two interfaces: a viewer mode, which allows the visualization of weekly planning information and performance of employees at the construction site and an administrator mode, for administration of the information to be presented in the system. The results showed that the system Obras Gameficadas evaluated met the criteria of usability. The main contribution of this study is the evaluation of a gamifyed tool and its game mechanics taken to improve the planning and control of construction activities.

***Keywords**: Gamification. Usability. Transparency.*

[1] LEITE, Regina M. C.; COSTA, Dayana B.; DURÃO, Frederico A. Avaliação de um sistema baseado em jogos implantado em um canteiro de obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a sociedade e as empresas estão testemunhando uma mudança sem precedentes em termos da natureza global do trabalho e diversidade da força de trabalho. Para enfrentar estes desafios, as estruturas organizacionais, outrora projetadas para o controle dos empregados, têm sido gradativamente redesenhadas. A força de trabalho se tornou um foco estratégico, pois dela dependem para superar as metas estabelecidas (MARRAS, 2007). Diante desta realidade, recente pesquisa desenvolvida pela *Gartner Group* mostra que a gameficação tornou-se parte importante da estratégia de negócio de muitas empresas, com a finalidade de engajar funcionários e reter clientes. No Brasil, a técnica é ainda pouco disseminada, mas ganha cada vez mais a atenção das grandes organizações.

No contexto da construção civil, de maneira geral, os trabalhadores não sabem exatamente o que é esperado deles ou qual foi o seu desempenho, por este motivo, o aumento da transparência nas obras significa aumentar a habilidade da produção em se comunicar com os trabalhadores, de modo que eles saibam o que precisam fazer, como e quando (Koskela, 1992; Formoso et al., 2002, Tezel et al., , 2009, 2010; Brady et al., 2012). O baixo nível de transparência em canteiros de obras contribui para que os sistemas de produção na construção geralmente funcionem bastante abaixo de sua capacidade total (FORMOSO et al., 2002; Brady et al., 2012). Portanto, a eliminação de ruídos e problemas na comunicação é essencial em um sistema de planejamento eficaz e, para isso, os gestores devem buscar formas dinâmicas, e até mesmo interativas, para o processo de divulgação de informações.

Recente pesquisa realizada em um canteiro de obras revela que 37,5% dos trabalhadores não têm ideia clara do serviço que realizarão durante a semana e 83,3% dos trabalhadores nunca ou poucas vezes recebem *Feedback* (resposta rápida) do cumprimento de suas metas semanais e por isso, não se sentem satisfeitos e motivados na sua função (MORÊDA NETO *et al*, 2014). A partir deste diagnóstico foi concebido e desenvolvido um sistema web denominado Sistema Obras Gameficadas usando mecanismos de gameficação e gerenciamento visual, visando melhorar a transparência do planejamento semanal e a comunicação entre os níveis gerenciais e operacionais na obra, assim como promover a motivação e o engajamento dos trabalhadores (LEITE, R. M. *et al*, 2015). Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo avaliar as mecânicas de jogos utilizadas no processo de gameficação da obra e apresentar os resultados da avaliação do modo visualizador e administrador da ferramenta desenvolvida e implantada neste local.

2 GAMEFICAÇÃO E USABILIDADE DE SISTEMAS

Ao longo dos últimos 20 anos muitos estudos sobre jogos surgiram da necessidade de entender o que faz o jogo de computador ser tão envolvente e bem-sucedido a ponto de levar o indivíduo a jogar cada vez

mais. Recentemente, gameficação emergiu como uma tendência em Sistemas de Informação, do original em inglês gamification, corresponde ao uso de mecanismos de jogos orientados ao objetivo de resolver problemas práticos ou de despertar engajamento de um público específico (DETERDING *et al.,* 2011, MEDINA *et al.,* 2012).

Zichermann e Cunningham (2011) afirmam que um sistema gameficado é composto de uma série de ferramentas que, quando usadas corretamente, prometem ter uma resposta positiva dos jogadores. Dentre as principais mecânicas listadas pelos referidos autores, destacam-se: sistema de pontos; níveis; *ranking*; emblemas; integração; desafios e missões; ciclo de engajamento social. Os pontos são importantes, independentemente de sua acumulação compartilhado entre os jogadores, ou mesmo entre o *designer* e o jogador, eles são uma necessidade absoluta para todos os sistemas gameficados (ZICHERMANN E CUNNINGHAM, 2011).

Utilizar mecânicas de jogos, limitadas por regras claras, contribui para que o jogador tenha sua capacidade desafiada, gerando recompensas sobre determinadas atividades desenvolvidas dentro do jogo (MEDINA *et al.,* 2012) Assim, quanto mais conquistas, menor o nível de tédio e ansiedade. O sistema de *feedback* quando assume a forma de pontos, níveis, emblemas e ícones de sinalização, indicam aos jogadores o quanto eles estão perto de alcançar a meta (ZICHERMANN E CUNNINGHAM, 2011). Segundo Karen Robson *et al* (2015) uma experiencia gameficada pode ter como foco o envolvimento de jogadores dentro da empresa (funcionários) ou fora dela (clientes). Uma gameficação bem sucedida envolve a repetição de resultados desejados. Por meio de reforços e emoções os resultados desejados tendem a se tornar hábitos (ROBSON, K. *et al* 2015).

Para Karen Robson *et al.* (2015), Mecânicas, Dinâmicas e Emoções (MDE) são os três princípios essenciais para a criação de experiencias gameficadas. As Mecânicas são divididas em: (1) Mecânicas de configuração, que são aquelas que modelam o ambiente do jogo e estabelecem, por exemplo, se o jogo é individual ou coletivo, se existem vários niveis, etc. (2) Mecânicas de regras estabelecem regras e limites aos jogadores, para que ele saiba o que deve ou não fazer se deseja ganhar o jogo. (3) Mecânicas de progresso são utilizadas para apresentar os resultados do jogo, dar *feedback* e sinalizar os progressos do jogador e suas recompensas fornecendo reforço comportamental para experiencias bem sucedidas (pontos, emblemas etc). Porém, apenas o uso de mecânicas não garantem o sucesso da experiencia gameficada. Então, torna-se fundamental a existencia de dinâmicas, que são as interações do jogador com a mecânica e determinam o que cada jogador está fazendo em resposta às mecânicas do jogo, tanto individualmente como com outros jogadores. E de emoções que é como o jogo faz o jogador se sentir durante a interação. (ROBSON *et a*l., 2015, ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2011).

Neste contexto, o design do sistema também tem um importante papel sobre a gameficação. As interfaces de jogos são um grande veículo de

comunicação; através delas placares, imagens, ações, idéias e emoções são transmitidos aos jogadores. Independente da forma, é importante garantir que a informação transmitida não seja incompleta, ambígua ou inteligível. Para isso, durante a fase de projeto, faz-se necessária a avaliação da qualidade da mesma. A usabilidade é geralmente considerada como o fator que assegura que os produtos são fáceis de usar, eficientes e agradáveis – da perspectiva do usuário. Implica em otimizar as interações estabelecidas pelas pessoas com produtos interativos, de modo a permitir que realizem suas atividades. Assim, a partir da perspectiva de usabilidade, acessibilidade e respostas emocionais dos usuários, os Sistemas de Informação devem ser melhor avaliados em termos de expressividade de suas informações, comunicabilidade das suas interfaces e grau de satisfação do usuário na interação com a plataforma utilizada (SPENCE, 2001; NIELSEN, 1993).

É considerada expressiva a visualização que é capaz de expressar todos os dados de interesse do usuário e nenhum dado a mais ou a menos, ou seja, fora do contexto (NASCIMENTO; FERREIRA, 2005). Já a comunicabilidade diz respeito à capacidade da interface de comunicar ao usuário a *lógica do design* (PRATES *et al.*, 2000; DE SOUZA, 2005). Se um usuário for capaz de compreender a lógica utilizada na concepção do sistema interativo, terá maiores chances de fazer um uso criativo, eficiente e produtivo dele (PRATES; BARBOSA, 2007; 2003).

A usabilidade está relacionada com a facilidade de aprendizado e uso da interface, bem como a satisfação do usuário em decorrência desse uso (NIELSEN, 1993). A experiência de uso é algo subjetivo, visto que é difícil prever e controlar a experiência de cada usuário durante a interação. Entretanto, é possível projetar sistemas interativos que promovam uma boa experiência de uso, incorporando características que induzem a boas emoções nos usuários e que evitem provocar sensações desagradáveis, respeitando principalmente suas limitações. Um bom envolvimento emocional dos usuários durante a interação agrega valor ao sistema interativo e conduz a bons resultados no trabalho (NIELSEN, 1993).

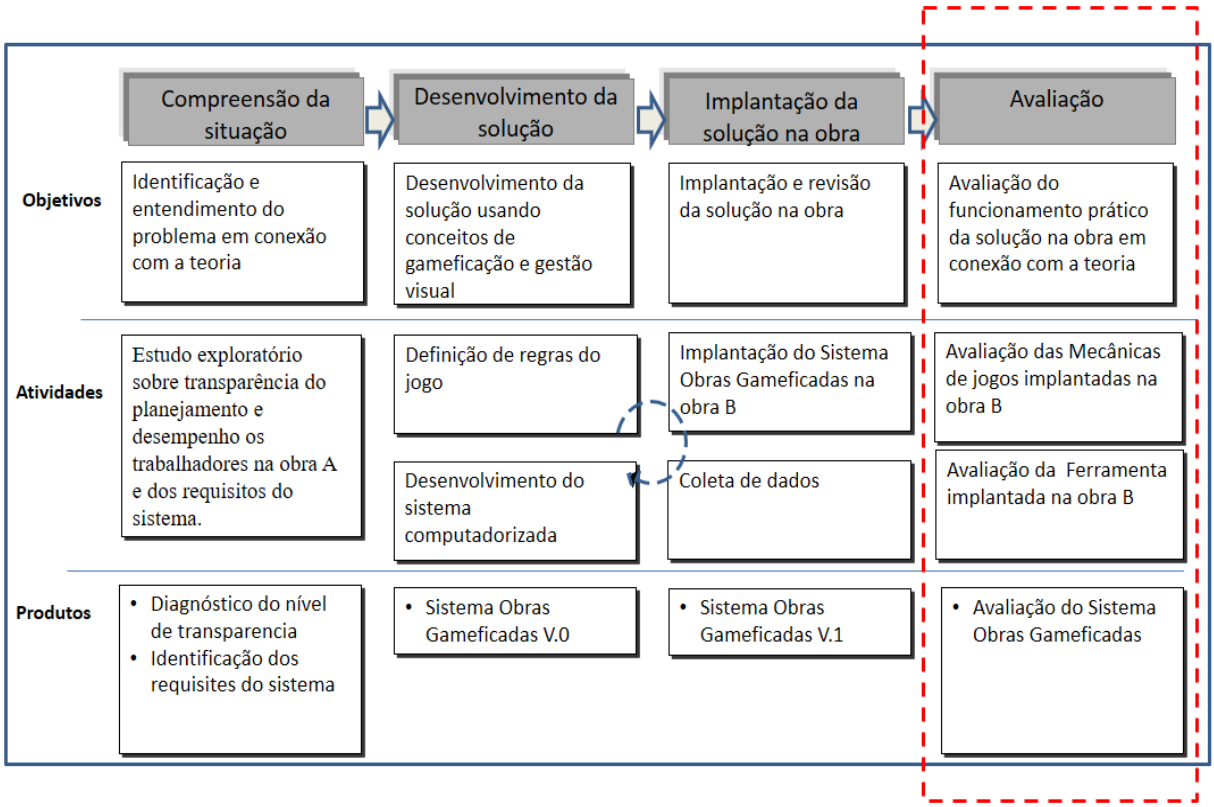
3 MÉTODO DA PESQUISA

A estratégia de investigação escolhida foi *Design Science Reseach*, devido à necessidade de resolver um problema prático em relação à falta de transparência e envolvimento dos trabalhadores no plano de trabalho semanal, e para fornecer uma contribuição teórica para o campo da gestão visual e gameficação na construção civil. O estudo foi desenvolvido em quatro etapas: (1) Compreensão da situação, (2) Desenvolvimento da solução, (3) Implantação da solução na obra e (4) Avaliação dos resultados.

Esta pesquisa foi realizada na Empresa 1, empresa de médio porte que atua no mercado de construção e incorporação em Salvador-Bahia há 12 anos. A mesma possui um Sistema de Gestão da Qualidade certificado pela ISO9000

e adota práticas básicas de *Last Planner*. Os estudos empíricos ocorreram nas Obras A e B.

Figura 1 - Delineamento da Pesquisa



Fonte: Os autores

A primeira etapa teve como objetivo o entendimento do problema real, a conexão inicial com a teoria visando o diagnóstico da obra selecionada para estudo e o levantamento dos requisitos para a concepção do Sistema. Este estudo ocorreu na obra A. Como parte da fase de projeto do sistema, o estudo exploratório investigou o nível de conhecimento dos trabalhadores sobre a utilização dos planos de trabalho semanais, com destaque para a sua divulgação, *feedbacks*, realização de pacotes de trabalho, bem como a motivação e comprometimento com metas e regras da empresa.

Na segunda etapa realizou-se o desenvolvimento da solução, denominado de Sistema Obras Gameficadas. Nesta fase definiu-se as regras do jogo, a plataforma para o desenvolvimento do sistema e fez-se a análise das informações para concepção de um modelo de painéis de comunicação visual para a programação semanal usando gameficação e a gestão visual a fim de gerar a adesão dos trabalhadores aos planos de trabalho semanais.

Na terceira etapa ocorreu a implantação da solução na obra B. Um monitor de 21 "LCD foi instalado na entrada da obra para a comunicação visual. A implantação ocorreu em dois ciclos de quatro semanas com coleta de dados ao longo do período. Nesta fase, a observação participante do

pesquisador foi muito intensa visando identificar pontos positivo e oportunidades de melhorias no sistema.

A etapa final, foco deste artigo, envolveu a avaliação do funcionamento prático do processo de gameficação na Empresa 1, bem como do sistema. O presente artigo apresenta os resultados da avaliação do Sistema Obras Gameficadas, tendo sido avaliados os constructos Efetividade da gameficação e Expressividade e comunicabilidade do modo visualizador e Entendimento e Facilidade de uso do modo administrador. Os critérios adotados e as fontes de evidencia utilizados para avaliação do sistema são apresentadas no Quadro 01.

Quadro 1. Critérios para avaliação do sistema de gameficação

Constructos	**Variáveis**	**Fonte de Evidência**
Efetividade da Gameficação	- Capacidade de resposta rápida -Clareza das regras (transparência) - Clareza das metas - Quadro de lideres (competição) - Colaboração - Emblemas -Sistema de pontos	-Entrevistas com gerência e avaliadores -Observação direta e participante -Coleta de dados do sistema
Expressividade e comunicabilidade do ***modo visualizador***	-Efetividade das informações sobre o planejamento da empresa. -Efetividade das informações sobre o *Ranking* das equipes. -Efetividade das informações sobre os trabalhadores	-Entrevistas e observação direta. -Entrevista com a gerência da obra (Engenheiro, estagiários) -Observação direta
Entendimento / Facilidade de uso do **modo administrador**	Facilidade de aprendizado Facilidade de uso da interface	-Realização de plano de testes com entrada de dados no modo administrador -Questionário para testadores do sistema (convidados participantes do teste e estagiários da obra) -Observação direta

Fonte: Os autores

Para avaliar a Efetividade da gameficação e a Expressividade e comunicabilidade do **modo visualizador** realizou-se entrevistas com a gerencia da obra e com os avaliadores do jogo (engenheiro, estagiários, mestres, encarregados e tecnica de segurança) que além de usarem o sistema para acessar os resultados do jogo, também observaram o comportamento dos trabalhadores semanalmente.

Segundo Nielsen (1993), a forma mais comum de se avaliar a usabilidade de um software é observando a sua interação com o usuário. Para avaliar o **modo administrador** do sistema obras gameficadas selecionou-se 8 testadores (estagiários, engenheiro da obra e pesquisadores da área de

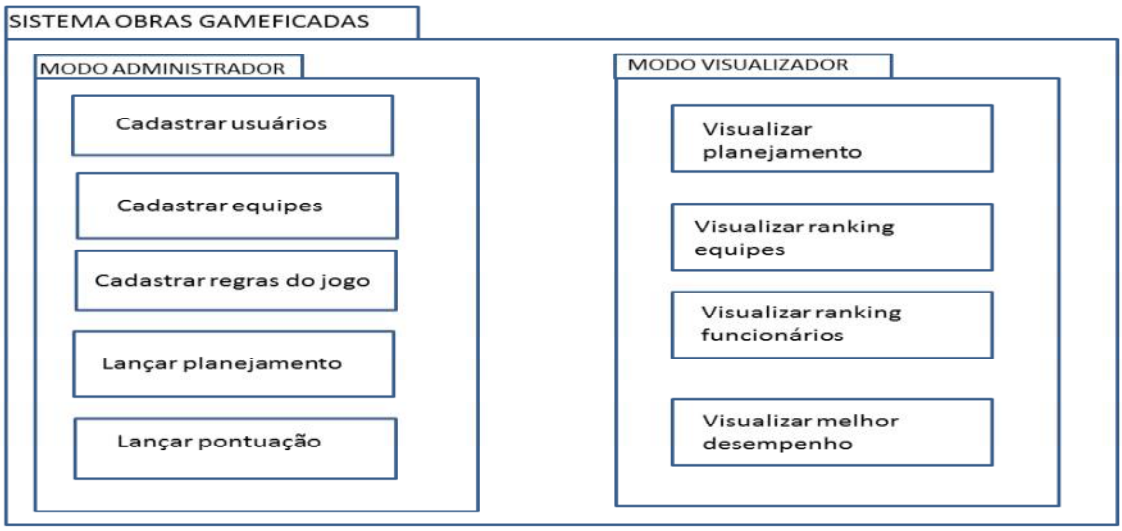
computação) que inseriram dados no sistema seguindo o plano de testes e responderam a um questionário sobre suas impressões em relação à experiência de uso.

4 O SISTEMA OBRAS GAMEFICADAS

Com o objetivo de viabilizar e conduzir a gameficação no canteiro de obras foi desenvolvido o Sistema Obras Gameficadas, que é uma adaptação do planejamento de curto prazo (programação semanal) para uma nova abordagem de disseminação e acompanhamento, usando a gestão visual e a gameficação. É ainda incluído um programa de avaliação e recompensa com base em regras adicionais que são importantes para garantir o êxito, segurança e organização das atividades.

O Sistema Obras Gameficadas foi concebido de forma flexível para possibilitar seu ajuste à realidade de outras obras, possuindo duas interfaces: **o visualizador** online, usado para expor as informações no canteiro ou mesmo para controle remoto da diretoria, e o modo **administrador**, onde os responsáveis pelo acompanhamento e alimentação do sistema lançam os dados elaborados e coletados, conforme a figura 2.

Figura 2: Visão de Decomposição do Sistema Obras Gameficadas



Fonte: Os autores

Desta forma, O sistema possui quatro telas principais: A tela da Programação Semanal, tela de Ranking das Equipes, a tela do Ranking de Funcionários e a de Melhor desempenho do mês.

Figura 3 - Tela da Programação Semanal.



Fonte: https://obrasgamificadas.herokuapp.com/planejamento

A tela da Programação Semanal (figura 3) mostra a programação com a descrição dos serviços, quantidade a ser executada, local, equipe e responsável, além do percentual de avanço de cada pacote de trabalho, apresentando ainda um mapa com a locação dos serviços e localização das equipes.

A tela de Ranking das Equipes apresenta os percentuais de cumprimento das metas de cada equipe, como mostra a figura 4.

Figura 4 - Tela do Ranking de Equipes



Fonte: https://obrasgamificadas.herokuapp.com/ranking/equipes/

A tela do Ranking de Funcionários (figura 5) apresenta um ranking com a pontuação acumulada no jogo, incluindo uma avaliação do cumprimento de cada regra naquela semana, sinalizando por meio de imagens de rostos

o grau de cumprimento de cada regra. Apresenta também um quadro resumo das regras do jogo.

Figura 5 - Tela do Ranking de Funcionários



Fonte: https://obrasgamificadas.herokuapp.com/ranking/funcionarios/

Os resultados do mês são apresentados na tela de Melhor desempenho do mês – que mostra o nome dos três funcionários que tiveram o melhor desempenho com suas respectivas fotos (Figura 6).

Figura 6 - Melhor desempenho do mês

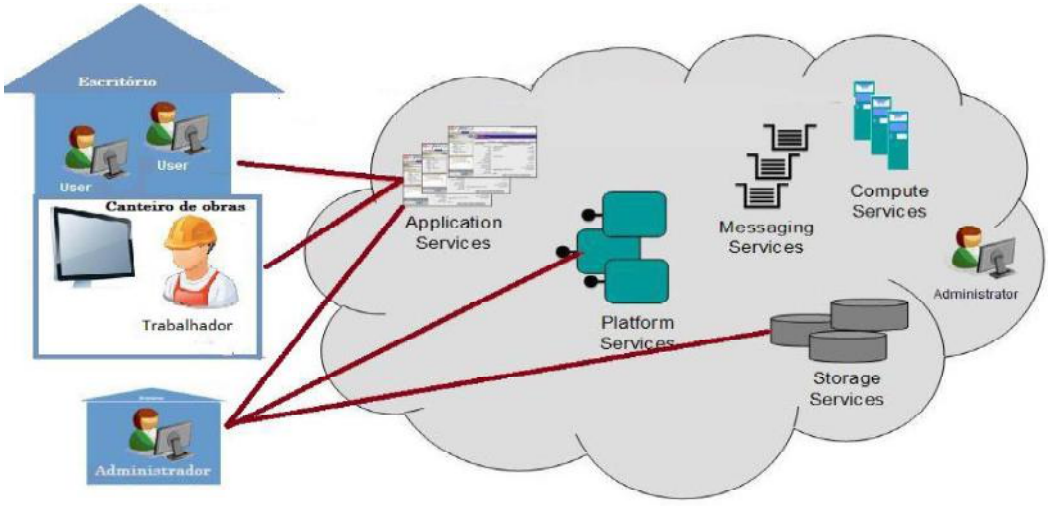


Fonte: https://obrasgamificadas.herokuapp.com/trofeus

Para o desenvolvimento do sistema obras gameficadas foi utilizado o framework Django, que segue a filosofia de desenvolvimento ágil de aplicações Web. O sistema foi implementado em Python, linguagem de alto

nível, orientada a objetos que utiliza a infraestrutura de serviços Web com plataforma nas nuvens, onde está localizado seu banco de dados. A figura abaixo ilustra uma visão simplificada de sua implantação.

Figura 7: Visão simplificada de implantação.



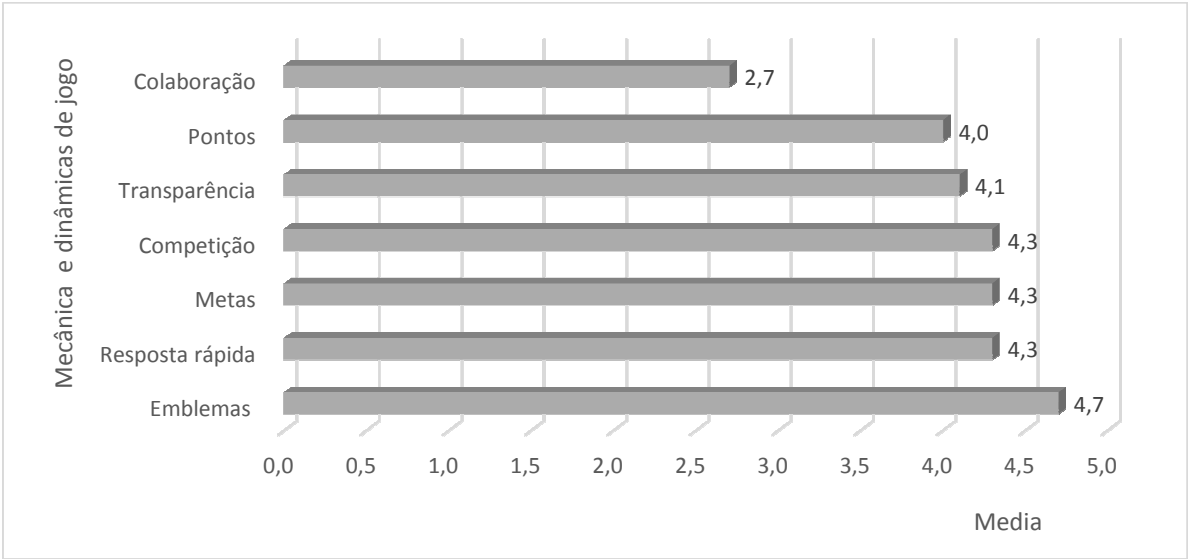
Fonte: www.ibm.com adaptado pelos autores

5 AVALIAÇÃO DO SISTEMA OBRAS GAMEFICADAS

A partir dos constructos e variáveis definidos e dos dados coletados na obra B, o Sistema de gameficação foi analisado e discutido em termos de seu desempenho na obra estudada.

Efetividade da Gameficação

Figura 8 – Resultados das entrevistas aos avaliadores.



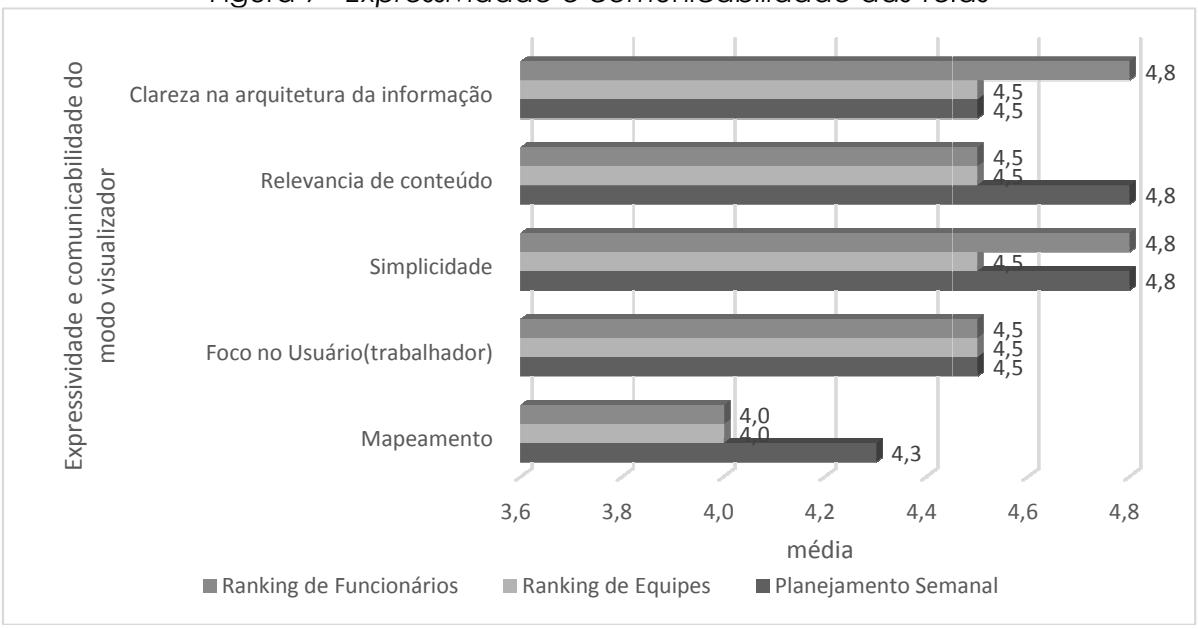
Fonte: Os autores

Para avaliar a Efetividade da Gameficação foram atribuídos conceitos aos mecanismos pelos gerentes e avaliadores. Posteriormente, foi possível

calcular a média destes conceitos numa escala de 0 a 5 para cada mecanismo. Os resultados mostram que o mecanismo emblema que corresponde à distribuição de selo por produtividade do trabalhador foi avaliado como OTIMO (média 4,7) e visto como eficiente para promover a motivação do trabalhador, enquanto o mecanismo colaboração foi avaliado como fraco (média 2,7) devido à não aplicação de regras que envolvem equipe. Os outros mecanismos obtiveram média acima de 4,0, foram avaliados como BOM. Por observação direta do pesquisador é possível reconhecer que todos os trabalhadores passaram a receber *feedback* em relação ao desempenho mensal e semanal a partir do sistema. O que torna possível aos mesmos modificarem algum comportamento indesejável a fim de atingir melhores pontuações nas próximas rodadas do jogo. Este foi um ganho para os trabalhadores, pois foi diagnosticado no início do estudo que 60% deles nunca recebiam *feedback*. Esta avaliação mostra que os mecanismos de gameficação adotados foram reconhecidos como eficientes para as pessoas envolvidas no processo.

Expressividade e comunicabilidade do modo visualizador

Figura 9 - *Expressividade e comunicabilidade das Telas*



Fonte: Os autores

As telas de Planejamento Semanal, Ranking de Equipes e Ranking de Funcionários foram avaliadas, para isso realizou-se entrevista como gerente da obra, estagiários e engenheira de planejamento que atribuíram conceitos aos critérios questionados, como mostra a figura 9. A opinião deste público é relevante para a pesquisa pelo fato da informação sobre planejamento semanal, disponibilizada no sistema, ser gerada e utilizada por eles na sua rotina de trabalho.

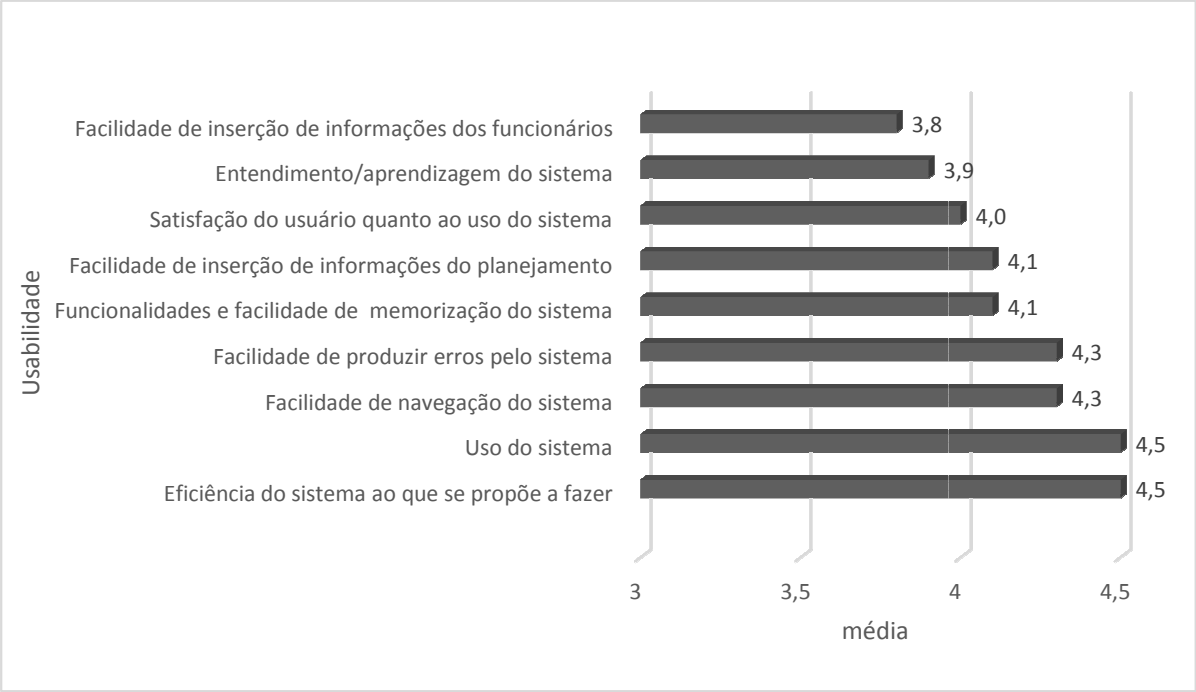
Na avaliação de todas as telas observa-se que os itens Clareza na arquitetura da informação, Relevância de conteúdo, Simplicidade e foco no trabalhador obtiveram média igual ou superior a 4,5 o que significa que são

suficientemente expressivas e comunicativas nestes aspectos. Apenas o Item Mapeamento atingiu os menores conceitos sinalizando que as telas precisam ser melhoradas para uma comunicação mais eficaz.

Na tela de Planejamento Semanal tornou-se claro que a informação textual, que foi fornecida pelos engenheiros, poderia ser melhorada. Em relação à tela de ranking das equipes, a avaliação do mapeamento reforça a ideia de que as imagens ou layout de tela utilizados para a apresentação da equipe não foi interpretada como se planejava. E na tela de ranking dos funcionários, o quadro de regras mostrado na tela teve uma baixa visibilidade de informações para o usuário. O espaço da tabela apresentada na tela é muito pequeno para escrever o nome da regra, por isso atribuiu-se os códigos R1, R2 ... R8. Este código não fica muito claro para o usuário. Além disso, o código da regra não é fixo o que leva a confundir ainda mais o significado da informação. Para melhorar essa questão, foi sugerido por um dos usuários, futuramente, no lugar dos códigos, adotar ícones que traduzam de forma intuitiva o significado da regra.

Entendimento e Facilidade de uso do modo administrador

Figura 10 – Usabilidade do Sistema



Fonte: Os autores

Para analisar a usabilidade foram entrevistados 8 testadores com o seguinte perfil: 2 engenheiros civis, 1 com 23 anos e outro com 26 anos; 3 estudantes graduandos do curso de computação, 2 com 20 anos e outro com 23 anos; 1 estudante graduando de administração com 21 anos, 2 estudantes de nível médio com 18 anos. Para este público o modo administrador obteve média 4,5 apenas nos critérios facilidade de uso do sistema e eficiência no que se propõe a fazer (figura 10). Nos critérios restantes as médias foram acima de 4,0, atingindo pontuações mais baixas na avaliação do sistema

quanto ao entendimento/aprendizagem e inserção das informações dos funcionários no jogo. Isso ocorre porque todas as informações relativas ao jogo são inseridas manualmente, tornando o processo de inserção repetitivo. Em geral, quanto aos critérios de comunicabilidade e usabilidade, a interface foi considerada satisfatório.

6 CONCLUSÕES E FUTURAS PESQUISAS

Este trabalho contribui para a inserção de gestão visual e gameficação no canteiro de obras visando melhorar a transparência das informações sobre os planos de trabalho e do desempenho semanal do trabalhador da construção civil. Do ponto de vista da gameficação, o sistema concebido envolveu sistema de pontos, *ranking* e emblemas, também foi possível melhorar a motivação dos trabalhadores por meio do sentimento de conquista proporcionado pela necessidade de pontuar bem em todas as regras para assumir a primeira posição do jogo. Através da gameficação os trabalhadores passaram a receber *feedback* do seu trabalho e mostraram assimilar as metas e regras do jogo comprovando a efetividade da gameficação.

Os resultados da avaliação do Sistema Obras Gameficadas mostram que para a gerencia da obra, avaliadores do jogo e testadores do software, as mecânicas adotadas e a ferramenta desenvolvida foram satisfatórios para promover o processo de gameficação do canteiro de obras na empresa construtora. A análise crítica da usabilidade do sistema sinalizou pontos de melhoria importantes, por isso, os critérios adotados foram considerados adequados. Portanto, é possivel que esses critérios sirvam como base para a análise de outras ferramentas computadorizadas para gameficação de obras.

Devido à limitação da implantação do sistema em apenas uma empresa, algumas funcionalidades, já desenvolvidas, ainda não foram testadas. Também foi observado que a entrada de dados ainda é uma tarefa pouco dinâmica e muito trabalhosa. Novas funcionalidades poderão ser desenvolvidas no jogo, tais como o uso de dispositivos móveis, a fim de melhorar a entrada de dados e possibilitar maior divulgação do jogo.

REFERÊNCIAS

BRADY, DENISE ANN, TZORTZOPOULOS, PATRICIA AND ROOKE, JOHN, The development of an evaluation framework based on the design science approach. In: 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2012. Curran Associates, 579-588.

DE SOUZA, Clarisse Sieckenius. Semiotic engineering: bringing designers and users together at interaction time. Interacting with Computers, v. 17, n. 3, p. 317-341, 2005.

DETERDING, Sebastian et al. Gamification. using game-design elements in non-gaming contexts. In: CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2011. p. 2425-2428.

FORMOSO, CARLOS T.; SANTOS, AGUINALDO DOS; POWELL, JAMES A. An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. Journal of Construction Research, v. 3, n. 01, p. 35-54, 2002.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. CIFE Technical Report 72, Stanford University, Palo Alto, California, 1992.

LEITE, R. M.; COSTA, D. B.; DURÃO, F. A. Um sistema baseado em jogos para promover a transparência na obra e motivar trabalhadores. In. SIBRAGEC - ELAGEC 2015 de 7 a 9 de Outubro SÃO CARLOS SP disponivel em: www.infohab.org.br/.../SIBRAGEC-ELAGEC_2015_submission_90.pdf

LIU, Yefeng; ALEXANDROVA, Todorka; NAKAJIMA, Tatsuo. Gamifying intelligent environments. In: Proceedings of the 2011 international ACM workshop on Ubiquitous meta user interfaces. ACM, 2011. p. 7-12.

MARRAS, Jean Pierre. Administração de recursos humanos: do operacional ao estratégico. Futura, 2002.
MEDINA, B. Gamificação aplicada ao contexto de negócios, white paper oferecido no site da MJV Tecnologia & Inovação: http://www.mjv.com.br/noticias/white-paper-gamificacao-aplicada-ao-contexto-de-negocios/, 2012

MORÊDA NETO, H., LEITE, R. M., COSTA, D. B., DURÃO, F. Visual Communication Panels for Project Control and Reward Program Using Gamification Techniques, Proc., 22th IGLC Conference Oslo 689 -702. 2014.

NASCIMENTO, H. A. do; FERREIRA, C. B. R. Visualização de Informações - Uma Abordagem Prática. In: UNISINOS, 2005. Rio Grande do Sul. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Anais ... Rio Grande do Sul: São Leopoldo, 2005, p. 1262-1312.

NIELSEN, J. Usability Engineering. Academic Press, Cambridge, MA – 1993
PRATES, R.O., BARBOSA, S.D.J. Avaliação de Interfaces de Usuário – Conceitos e Métodos. In: Jornada de Atualização em Informática (JAI) do XXIII Congresso da SBC, v. 2, p. 245-293, 2003.

PRATES, R.O.; BARBOSA, S.D.J. Introdução à Teoria e Prática da Interação Humano Computador fundamentada na Engenharia Semiótica. In. XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Jornadas de Atualização em Informática (JAI), JAI/SBC 2007. Julho de 2007.

PRATES, R.O.; DE SOUZA, C.S.; CAREY, T. Missing and Declining Affordances: Are these appropriate concepts? In Journal of the Brazilian Computer Society. No.1, Vol.7, July 2000. Sociedade Brasileira de Computação. Rio de Janeiro, RJ, Brazil. pp. 26–34. 2000.

Robson, K.; Plangger, K.; Kietzmann, J.; McCarthy, I.; Pitt, L. Is it all a game? Understanding the principles of gamification. Business Horizons, 58, 411 – 420. 2015
SPENCE, R Information Visualization. Addison-Wesley. (2001).

TEZEL, A., KOSKELA, L., TZORTZOPOULOS, P. Visual management - A general overview, 5th International Conference on Construction in the 21st Century(CITC-V), Istanbul, Turkey, 642-649. 2009

TEZEL, A., KOSKELA, L.; TZORTZOPOULOS, P. Visual Management in Construction: Study Report on Brazilian Cases. Salford, England, SCRI,.Research Report N° 3. 2010
ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. Gamification By Design; Publicado Por O'reilly, Canadá, 2011.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO NA PRESERVAÇÃO DA ARQUITETURA MODERNA[1]

CANUTO, Cristiane L. (1); SALGADO, Monica S. (2)

(1) PROARQ/FAU UFRJ, e-mail: cricanuto@gmail.com; (2) PROARQ/FAU UFRJ, e-mail: monicassalgado@ufrj.br

RESUMO

Atualmente existe à disposição dos profissionais de arquitetura um grande número de tecnologias digitais que permitem o levantamento cadastral e a produção de documentação para caracterização dos edifícios de interesse para a preservação (ou não), beneficiando de forma eficaz nos processos de projetos, gestão e construção. Nesse sentido, tem destaque a metodologia BIM - Building information Modeling - que pode ser considerada como um catalisador dessas novas tecnologias. Entretanto, no Brasil identifica-se certa deficiência na utilização das tecnologias, uma vez que os profissionais ainda não estão familiarizados com o processo. Considerando a importância da preservação em arquitetura, a pesquisa em desenvolvimento tem o objetivo de apoiar na disseminação, conservação e gestão do patrimônio histórico digital, com ênfase na arquitetura moderna. O presente artigo trata de conceitos recentes dentro da metologia BIM, o HBIM - Historic BIM - e apresenta o processo de modelagem do edifício Palácio Gustavo Capanema, ícone da arquitetura moderna da cidade do Rio de Janeiro, destacando as possibilidades e vantagens do uso da plataforma BIM para a documentação e para o ciclo de vida da edificação. O processo de modelagem dessa edificação permitiu unificar dados históricos e de pesquisa, possibilitando a educação para a preservação do patrimônio modernista.

Palavras-chave: BIM. Preservação digital. Patrimônio. Modernismo.

ABSTRACT

Currently there is available a large number of digital technologies that allow the cadastral survey and documentation to characterize the buildings of preservation (or not), benefiting effectively in management and construction processes. In this sense, it should be highlighted the possibilities offered by BIM - Building information Modeling - which can be considered as a catalyst of these new digital technologies, bringing endless possibilities for the project analysis. However, in Brazil it can be identified certain deficiency in the use of those technologies, since professionals are not familiar with the process. In this sense, the work aims to support the dissemination, conservation and management of digital heritage with emphasis on modern architecture. This article deals with recent concepts within the Methodology BIM, the HBIM - Historic BIM - and presents the modeling process of the building Gustavo Capanema Palace, an icon of modern architecture of the city of Rio de Janeiro, highlighting the possibilities and advantages of the platform use BIM for documentation and for the building life cycle. The modeling process of the building using BIM methodology allowed the unification of historic and research data, providing education for the preservation of this modernist heritage.

[1] CANUTO, C.L.; SALGADO, M.S. Modelagem da informação da construção na preservação da arquitetura moderna. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: BIM. Digital preservation. Patrimony. Modernism.*

1 INTRODUÇÃO

Na última década, um número crescente de projetos de pesquisa têm fornecido uma ampla gama de fluxos de trabalho, a partir da aquisição digitais de edifícios existentes para a exibição de modelos 3D de alta fidelidade e animações. Alta fidelidade visual, precisão métrica, e a integração de vários tipos de *softwares*, têm sido importante na documentação do patrimônio. Entre as mudanças possibilitadas pelas tecnologias digitais, e que podem contribuir para a área de preservação do patrimônio histórico, observa-se o incremento no uso das ferramentas que permitem o levantamento com varredura a laser e fotogrametria que, integradas a outras tecnologias, como a tecnologia BIM *(Building Information Modeling)*, permite a reconstrução do bem e, consequentemente, a análise e interpretação das obras.

A abordagem de métodos híbridos para levantamento e representação de estruturas arquitetônicas de edificações históricas é de suma importância. Para Beraldin (2004) ,na modelagem de ambientes complexos, compostos por múltiplos objetos com características diferentes, é essencial a abordagem híbrida, pois permite a combinação das informações oriundas de diferentes sensores, bem como a compatibilização de informações oriundas de diferentes fontes.

Diante dessa abordagem temos o reconhecimento do BIM como uma tecnologia que atende à crescente demanda por uma base de conhecimento multidisciplinar. A multidisciplinariedade é essencial para a gestão dos processos do ciclo de vida dos edifícios e no caso do edifício de interesse em preservação, contribui para o agrupamento das relações complexas entre o patrimônio material e imaterial.

Entretanto, apesar da adoção em vários países de modelagem de informações BIM para a concepção e gestão do ciclo de vida dos edifícios novos, pouca pesquisa foi realizada para explorar o valor do BIM na gestão de edifícios existentes, principalmente sobre o patrimônio edificado e paisagens culturais. Nesse sentido, no Brasil , a situação encontra-se mais atrasada em termos de adoção da tecnologia BIM.

Apesar de todos os benefícios que poderiam advir a partir da adoção da nova tecnologia, ainda pairam dúvidas entre os profissionais da área, que ainda resistem à nova tecnologia. Pesquisa realizada anteriormente (SALGADO et al., 2015) revelou o uso tímido da plataforma BIM, mesmo em obras com formas arrojadas, tal como o Museu do Amanhã – recentemente inaugurado na Cidade do Rio de Janeiro.

Este artigo explora a metodologia BIM no patrimônio histórico arquitetônico, com o foco na preservação e conscientização do patrimônio modernista no meio digital. O objetivo geral do trabalho é a geração de um modelo tridimensional semântico com cronograma navegável que narra as principais mudanças tangíveis e intangíveis do edifício, bem como a

divulgação e aplicação do HBIM - *Historic Building Information* - no patrimônio edificado. Buscando assim, um modelo de informações qualitativas, quantitativas e paramétrico.

Como objeto de estudo é apresentado o processo de modelagem do Palácio Gustavo Capanema. Projetado no fim da década de 30 pela equipe de Lúcio Costa formada por Oscar Niemeyer, Affonso Eduardo Reidy, Ernani Vasconcelos, Carlos Leão e Jorge Machado Moreira, com a função de abrigar as instalações do MES -Ministério da Educação e Saúde. Segundo Segre (2013) o Palácio Gustavo Capanema é primeiro edifício institucional modernista que traduz os cinco pontos do modernismo defendido por Le Corbusier- planta livre, pilotis, fachada livre, janela em fita e terraço jardim

Resultados parciais do projeto de pesquisa, são apresentados nesse artigo com um modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema que integra, o Projeto Arquitetônico Definitivo *as-designed* 1937 e o *as-built* 1945 , destacando a documentação e análises históricas geradas pelo modelo. A modelagem foi feita a partir de fontes primárias, levantamento cadastral em CAD e visita ao local.

2 A METODOLOGIA BIM NA PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO EDIFICADO

A tecnologia da informação e os softwares disponíveis passaram a oferecer soluções que viabilizam a interoperabilidade entre os profissionais durante o processo de projeto de edificações. O surgimento do IFC *(Industry Foundation Classes)* que consiste em um conjunto abstrato de metadados ou de regras que definem os elementos, seus tipos, atributos e relacionamentos que podem ser estabelecidos na construção de um modelo, permite a interoperabilidade entre todas as informações relacionadas à construção, estendendo-se por todo o ciclo de vida da edificação, facilitando a cooperação entre os diferentes especialistas de projeto e contribuindo para racionalizar os métodos de trabalho.

Constituindo-se a base dos softwares que viabilizam a modelagem digital das edificações – em inglês, BIM *(Building Information Modelling)* - tem-se à disposição uma alternativa eficiente para a integração do processo de projeto desde a concepção, até a produção e gestão do ambiente construído. Os softwares BIM combinam visualização multi-dimensional com, bancos de dados paramétricos abrangentes para facilitar a concepção de colaboração e gestão dos recursos entre os parceiros do projecto (RUSSELL; ELGER, 2008).

Os defensores argumentam que o advento da tecnologia BIM marca uma transformação radical para a gestão de informação de arquitetura desde a concepção até à construção de obsolescência (EASTMAN et al., 2008). BIM é visto por alguns como uma mudança de paradigma que irá substituir representação bidimensional como a língua franca para a concepção, montagem e gerenciamento de ciclo de vida dos edifícios novos (RUSSEL; ELGER, 2008). Alguns autores argumentam que a plataforma BIM representa

"... uma iniciativa política para abordar a baixa produtividade no sector da construção (MIHINDU; ARAYICI, 2008).

Como as possibilidades oferecidas pela Plataforma BIM ainda não foram totalmente exploradas, considera-se propício avaliar as possibilidades, particularmente considerando os desafios relacionadas com a gestão do ciclo de vida e documentação digital do patrimônio edificado. Arayici (2008), defende a adoção de BIM para os edifícios existentes, a fim de mover-se além de visualização 3D ,através da incorporação de dados multifuncionais, inteligentes e multi-representação.

3 PANORAMA SOBRE A CAPTURA DA REALIDADE DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS E A PLATAFORMA BIM: o HBIM

Ao considerar a importância da preservação do patrimônio edificado, destaca-se as possibilidades oferecidas pelo levantamento digital 3D, através, por exemplo, do escaneamento a laser e fotogrametria. Essas técnicas permitem a reconstrução digital, identificação do estado de conservação e elaboração do mapa de danos mais fiel a realidade, facilitando assim a tomada de decisão quanto aos métodos a serem usados para a restauração.

Entende-se que a elaboração de modelos 3D precisos de edifícios históricos é essencial para reconstituição das características espaciais e geométricas do edifício que se pretende documentar e analisar. Entretanto a etapa da modelagem, constitui apenas a primeira parte do processo de preservação digital de um edifício histórico. Para ser efetivamente útil aos profissionais da área, o modelo deve incorporar informações referentes aos processos construtivos, espessura das paredes, as características dos materiais de construção, e destacar as intervenções sofridas nos diferentes períodos de construção de cada parte da obra (BRUMANA et al., 2013).

Também nesse contexto (DEZEN-KEMPTER et al., 2015) destacam a importância do inventário completo - *comprehensive inventory* - um modelo tridimensional semântico que poderia funcionar como um catalizador central de informações do ciclo de vida da edificação. Esse inventário armazenaria as informações sobre as formas, detalhes construtivos, o histórico e contexto do edifício, e poderia ser construído utilizado a Plataforma BIM.

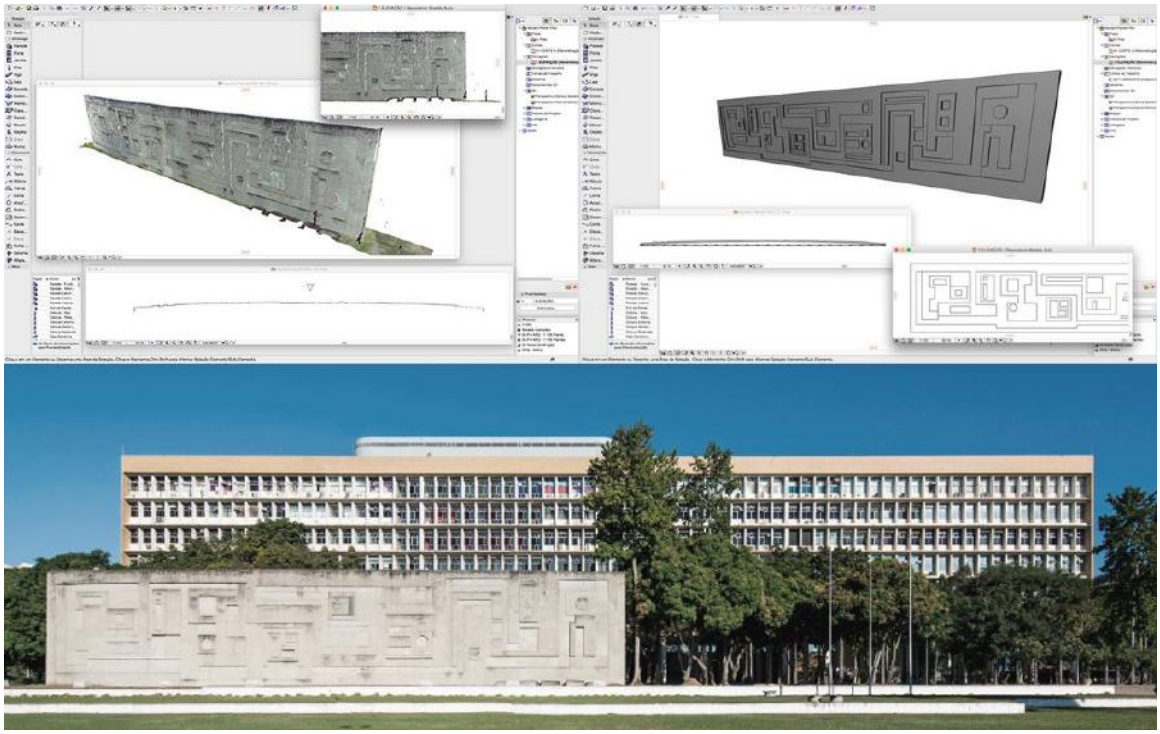
Portanto, o levantamento a partir da captura da realidade, constitui o primeiro passo para a modelagem de edifícios históricos. Posteriormente serão incorporadas outras informações que permitirão o detalhamento do modelo de forma que este sirva como base para, futuras intervenções e também para gestão e operação da edificação.

Nesse sentido, tem destaque o HBIM *(Historic Building Information Modeling)* considerado uma nova abordagem de utilização para os objetos paramétricos (MURPHY, 2012). Os modelos 3D são construídos a partir de dados históricos, escaneamento 3D e dados de fotogrametria. A literatura

sobre HBIM ilustra como uma biblioteca de objetos paramétricos interativos pode ser construída. Os principais softwares BIM para a construção de objetos paramétricos são *Autodesk Revit*, *Graphisoft Archicad e Bentley Architecture*, cada um com uma forma de trabalho diferente.

No trabalho de Murphy (2012) ele modela objetos complexos da arquitetura clássica, se baseando em captura da realidade e dicionários de arquitetura , adicionando inteligência a esses modelos utilizando a linguagem GDL - *Geometric Descriptive language* - que é a linguagem interna de programação do *ArchiCAD* para a criação de objetos paramétricos. A modelagem no *Archicad* pode ser feita com os elementos construtivos parametrizados padrão, como paredes, colunas, vigas, etc.. ou criando novos objetos com o GDL. De acordo com Dore (2013) para geração dessas bibliotecas digitais, diferentes tipos de manuais arquitetônicos são usados para obter as dimensões, proporções e informações sobre construção geométrica. Para garantir plena exploração dessas bibliotecas, elas precisam oferecer alto nível de interoperabilidade entre diferentes plataformas BIM.

Figura 1 - Modelagem e geração de documentação do painel do prédio da FAU - UFRJ, a partir da nuvem de pontos junto a pesquisa iconográfica.



Fonte: O autor

Um exemplo que aborda os conceitos de HBIM, foi a geração de um modelo (Figura 1), do painel da fachada do edifício modernista de 1957 da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/FAU , da Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ , utilizando o software BIM *Archicad 19 e* levantamento existente feito através de escaneamento a laser. A partir do cortes longitudinais feitos no modelo importado para o *Archicad*, obteve-se as dimensões dos elementos ornamentais que fazem parte da parede curva da

edificação. Assim, foi possível verificar alinhamento dos elementos e realizar a modelagem do painel, o qual foi desenvolvida em um nível de detalhamento 300 -LOD 300 - *Level of Detail*. As informações estruturais, materiais e detalhes que vão além da superfície levantada pela nuvem de pontos foram acrescentadas através levantamento 2D existente em CAD.

É importante entender que a escolha pela melhor tecnologia na preservação digital do patrimônio, depende também das características do edifício. Existe uma variedade de opções para esse processo, mas a escolha deve atentar para o resultado que se deseja em relação ao custo de equipamento, softwares, precisão do modelo e processo de aquisição tridimensional, bem como a complexidade do bem a ser preservado.

4 O PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA - RIO DE JANEIRO

O Palácio Gustavo Capanema no Rio de Janeiro, tem uma grande importância não apenas na arquitetura moderna brasileira, mas também na história, memória, contextualização política e urbana.

Em 1935 teve início o projeto com o concurso para a nova sede do Ministério da Educação e Saúde, esse concurso não foi aproveitado, pois os ganhadores não atendiam aos interesses do ministro Capanema, interesses estes voltados para os princípios modernistas. O projeto veio posteriormente ser desenvolvido pela equipe de Lúcio Costa, várias opções foram feitas, e finalmente foi definido conceitualmente por Oscar Niemeyer, que sob influências e consultoria de Le Corbusier traduziu em formas todo o conceito da arquitetura moderna. (LISSOVSKY; SÁ , 1996)

A inauguração do MES (Figura 2) só ocorreu oito anos após o início da sua obra, em outubro de 1945 (SEGRE, 2013). Esse período foi um momento conturbado de guerra mundial, políticas repressoras e contraditórias. Nesse contexto com Getúlio Vargas no poder, surge a liberdade modernista no Brasil, no sentido de ensaios de materiais, técnicas construtivas, formas e arte. A equipe de arquitetos e artistas exploraram o uso das artes, para a integração do projeto com as diversas manifestações artísticas (Figura 3).

Figura 2 - Palácio Gustavo Capanema



Fonte: Arquivo próprio

Figura 3 - Hall do 2º pavimento



Fonte: Arquivo próprio

O MES por si só é um edifício de exposição de arquitetura moderna, história e artes. A sua concepção foi um verdadeiro ensaio do modernismo brasileiro, que repercutiu na cidade de Brasília.

A construção do MES representou uma inovação para época, uma vez que várias tecnologias inovadoras foram empregadas, sem que se soubesse ao certo sobre o comportamento desses materiais e técnicas construtivas. A edificação já sofreu inúmeros reparos ao longo dos anos, e atualmente está sofrendo novas intervenções e restaurações, que servirá para a sua preservação e para contribuir na inclusão do Palácio Gustavo Capanema na lista de patrimônio cultural da UNESCO (SEGRE, 2013).

5 PROPOSTA DA PESQUISA: UTILIZAÇÃO DO PROCESSO BIM NA PRESERVAÇÃO DIGITAL DO PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA

Antes do início da modelagem propriamente, realizou-se pesquisa iconográfica, uma vez que para a construção do modelo digital é fundamental obter o máximo de informações sobre a edificação a ser modelada (levantamento cadastral, fotografias, ofícios, etc..). Com isso compreende-se o processo de projeto do objeto de estudo. Neste trabalho de pesquisa foi levantando o material encontrado no Arquivo Central do IPHAN - Arquivo Noronha Santos. Além da pesquisa iconográfica, a pesquisa bibliográfica para esse objeto auxilia no entendimento do projeto em relação a sua concepção e resolve lacunas de entendimento em relação ao contexto e transformações do edifício.

Após essa pesquisa foi possível concluir a importância de todo o processo conceitual até seu projeto definitivo arquitetônico, suas característica principais e a mudanças feitas ao longo da obra, muitas a pedido de Gustavo Capanema. Com isso definiu-se inicialmente marcar no modelo, o Projeto Definitivo Arquitetônico *as -deisgned* 1937 e o *as-built* 1945, obtendo-se assim duas renovações (figura 5).

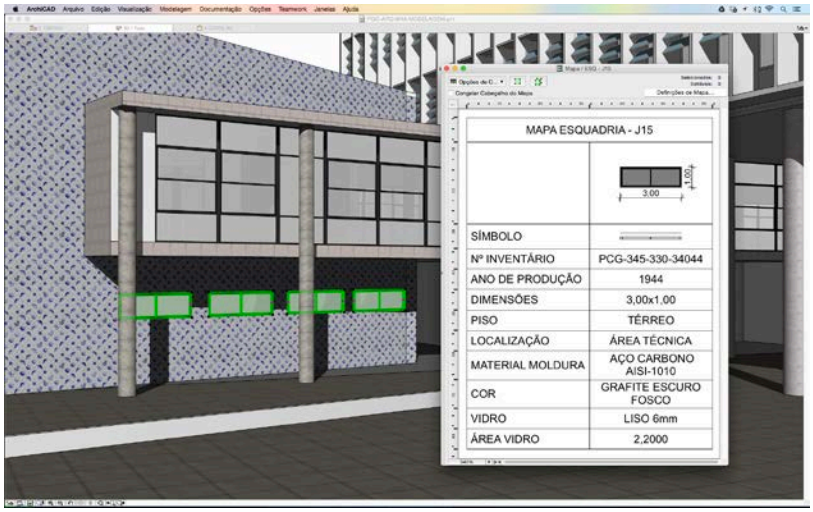
Conforme apresentado anteriormente, para a escolha das melhores técnicas digitais, deve-se analisar as características de cada projeto. No caso do Palácio Capanema, a pesquisa de campo permitiu identificar que o projeto já está registrado em CAD. No entanto, ainda existem inúmeros registros originais (cópias em papel). Dessa forma, como estratégia para o trabalho proposto, o processo de modelagem teve início a partir dos registros existentes, o que facilitou o trabalho. Entende-se que, ao longo da pesquisa ,se for o caso, pode ser necessário realizar o levantamento digital. Portanto, a modelagem parte do levantamento cadastral 2D em CAD, para o *ArchiCAD 19 ,software* de modelagem BIM da *Graphisoft* . Como o levantamento cadastral é da década de 90, o modelo foi adaptado de acordo com os desenhos a mão de 1947 , com isso obteve-se o modelo *as-built* 1945 do Palácio Gustavo Capanema.

A escolha do desenvolvimento do trabalho no *Archicad* deve-se ao fato do custo mais baixo de aquisição e manutenção da licença, além de menor requisitos de *hardware*, se comprarmos a outros programas como Revit, por

exemplo. Outro fator é a interoperabilidade que ainda está em fase de testes na pesquisa, mas que de acordo com a BuildingSmart (2016) o *Archicad* possui bons resultados em importação e exportação de arquivos IFC.

O modelo *as-built* 1945 foi desenvolvida com o nível de detalhe 300 -LOD 300- *Level of Detail* que de acordo com a *American Institute of Architects* (2007), descreve o nível de integridade para o qual um elemento do modelo é desenvolvido, sendo dividido em cinco níveis de 100 a 500, indo do nível conceitual ao nível *as-built* atual do modelo. Assim o modelo *as-built* 1945 foi definido como projeto detalhado e a base do modelo para adicionar modificações futuras e acontecimentos do passado. A partir desse modelo *as-built* 1945, foi trabalhado o Projeto Definitivo Arquitetônico *as-designed 1*937, com um nível de detalhamento menor LOD 200, pois o objetivo dessa fase é o entendimento histórico, bem como refletir o nível de detalhamento do projeto feito pela esquipe de arquitetos na época, no caso, projeto preliminar. Essas duas fases estão no mesmo modelo e a partir dele se obtém todo o desenho técnico do edifício (figura 4).

Figura 4 – Modelo intergrado a documentação



Fonte: Produção do próprio autor

Além disso pode-se fazer uma *timeline* - linha do tempo, com esses dois momentos do Palácio Capanema (figura 5). A sequência temporal mostra o processo histórico, bem como pode acompanhar o ciclo de vida do edifício. Servindo para nos lembrar de conceitos projetuais, ver o que está perdido, reconhecer o que permanece, para promover um futuro arquitetônico fundamental que está consciente da história.

Figura 5 - *Timeline* da esquerda para direita, 1937 a 1945, marcando as principais modificações feitas durante a sua obra

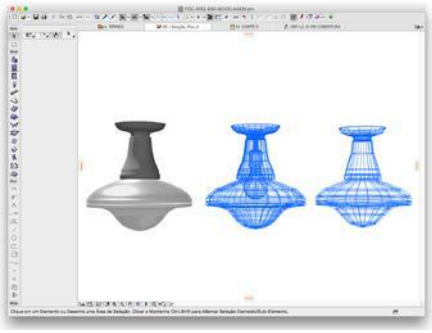


Fonte: Produção do próprio autor

A partir desse modelo foram feitas algumas documentações e inclusão de objetos obtidos a partir de detalhes e desenhos à mão (originais). O objetivo foi a criação de um biblioteca de modelos paramétricos do edifício, com destaque para os elementos de importância histórica tais como mobiliário, brise soleil, etc. Um exemplo é o detalhe da luminária presente em quase todos os andares do bloco vertical, feita exclusivamente para o edifício, com um design de uma empresa britânica. No Arquivo Noronha Santos tem-se o acesso ao desenho à mão, levantado na década de 80 pelo Grupo executivo do Projeto de Recuperação e Preservação do Palácio da Cultura (PRPPC) .

De posse desse documento foi possível a criação de seu modelo tridimensional no *software ArchiCAD 19* utilizando a linguagem GDL - *Geometric Descriptive language* – ou Linguagem para Descrição Geométrica , que é uma linguagem de programação da bibliotecas do *Archicad.* A escolha por usar essa linguagem foi por permite não só a criação de formas mais complexas, que vão além dos elementos construtivos padrão parametrizados do *Archicad*, como também objetos paramétricos inteligentes capazes de interagir com o ambiente BIM. Pode-se por exemplo definir o nível de detalhe do objeto de acordo com o tipo de LOD que se quer atingir com o modelo (figura 6).

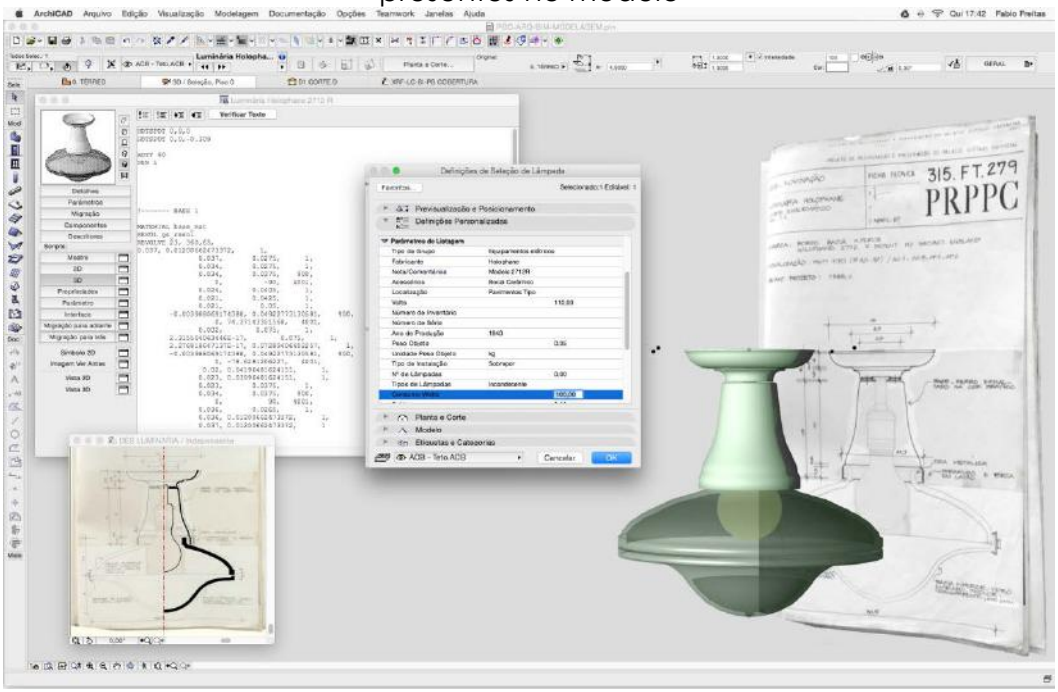
Figura 6 - Diferentes níveis de detalhes e representação da geometria



Fonte: Produção do próprio autor

Em resumo o processo de modelagem da luminária consistiu em obter coordenadas 2D a partir do documento digitalizado e aplicar comandos para a criação de sólidos. Depois de pronta a geometria é possível adicionar campos de informações históricas ou que venham a contribuir com a conservação do edifício, dessa forma agora essas informações estarão reunidas e disponíveis no modelo BIM (figura 7).

Figura 7 - Modelagem da luminária com as informações técnicas e históricas presentes no modelo



Fonte: Produção do próprio autor

6 CONCLUSÕES

A adoção da tecnologia digital na preservação do patrimônio edificado traz inúmeras possibilidades ainda não exploradas pelo setor de arquitetura e construção.

A experiência apresentada neste artigo permitiu identificar algumas dificuldades, que podem ser comuns nesse tipo de iniciativa, uma vez que o registro das edificações existentes – particularmente as edificações históricas – normalmente encontra-se em diferentes bases de dados, cabendo ao profissional responsável pela construção do modelo digital buscar esses documentos e compatibilizar as informações encontradas.

Além disso, outras dificuldades identificadas neste processo foram :

- Incompatibilidade nos desenhos técnicos do levantamento cadastral;
- maior funcionalidade na integração da documentação no modelo voltada para a área de edificações históricas;

- limitações da modelagem no *Archicad 19* em relação ao número de polignos, é necessário a racionalização das formas para otimização do modelo.

Entretanto, o modelo BIM completo não apenas pode auxiliar na gestão da manutenção da edificação, como também permitirá a extração automática dos quantitativos de materiais e serviços, auxiliando na execução de orçamentos para obras de reparos.

À essas possibilidades, relacionadas imediatamente com a questão da preservação do patrimônio, soma-se a possibilidade de divulgação do patrimônio que poderá ser visitado virtualmente por estudantes de arquitetura e interessados no tema.

Ressalte-se que ao modelar digitalmente uma edificação existente torna-se possível reviver o processo de concepção da obra, uma vez que todas as informações relacionadas ao projeto – incluindo arranjo físico, especificações e tecnologias – são acessadas visando à construção digital do modelo. Portanto, a modelagem BIM de edificações históricas revela-se, também, uma interessante alternativa para o ensino de história da arquitetura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio à pesquisa (Bolsa de Produtividade).

REFERÊNCIAS

ARAYICI, Yusuf. *Towards Building Information Modelling for Existing Structures*, Structural Survey, 26.3 (2008) 210-222.

AMERICAN_INSTITUTE_OF_ARCHITECTS. Integrated Project Delivery: A Guide – version 1. AIA California Council, 2007, 62 p.

BERALDIN, J. A. Integration of Laser Scanning and Close-Range Photogrammetry – the Last Decade and Beyond. In: *Proceedings of the Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, 2004, Istambul. Istambul: ISPR, 2004, p. 1031- 1042.

BUILDING SMART. Disponível em http://buildingsmart.org/. Acesso em: Abr 2016.

BRUMANA, R., ORENI, D., CUCA, B., BINDA, L., CONDOLEO, P., TRIGGIARI, M., 2013. Strategy for integrated surveying techniques finalized to interpretive models in a byzantine church, Mesopotam, Albania. On publishing in *International Journal of Architectural Heritage*.2013

DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; MÜLLER, A.V. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. In: *Revista Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124 , jul./dez. 2015

DORE, C., MURPHY, M., 2013. Semi-automatic modelling of building facades with shape grammars using historic building information modelling. In: *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, XL (5/W1) (Cdrom).

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K.: *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling*. Hobken, NJ, John Wiley & Sons, 2008.

LISSOVSKY, M. ; SÁ, P. S. M. *Colunas da educação: a construção do Ministério da Educação e Saúde (1935-1945*). Rio de Janeiro: MINC/IPHAN, 1996.

MIHINDU, S., ARAYICI, Y. *Digital Construction through BIM Systems will drive the Re-engineering of Construction Business Practices*, International Conference on Visualization IEEE Computer Society 2008, 29-34.

RUSSELL, P; ELGER, D. *The Meaning of BIM, Architecture in Computer*, Proceedings of the 26th eCAADe Conference, Antwerpen, September 2008, 531-536.

SALGADO, M.S. CUNHA, M. A. B. DUARTE, T. M. P.. Desenvolvimento de projetos sustentáveis usando a plataforma BIM: estudo de caso na Cidade do Rio de Janeiro In: *Proceedings of Latin American and European Conference on Sustainable Buildings – EURO ELECS 2015*, Guimarães, Portugal: ANTAC, 2015. vol.2 p. 1501-1511

SEGRE, Roberto. *Ministério da Educação e Saúde ícone urbano da modernidade brasileira*. São Paulo: Romano Guerra editora, 2013.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ARTIGOS CIENTÍFICOS NA ÁREA DE BIM[1]

MACHADO, Fernanda A. (1); RUSCHEL, Regina C. (2); SCHEER, Sergio (3)

(1) UNICAMP, e-mail: fernanda.machado@nucleobim.com; (2) UNICAMP, e-mail: ruschel@fec.unicamp.br; (3) UFPR, e-mail: scheer@ufpr.br

RESUMO

A difusão acadêmica da Modelagem da Informação da Construção (BIM) tem crescido substancialmente no Brasil. Contudo, evidencia-se a escassa disseminação de estudos voltados para o monitoramento da produção científica na área. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar as publicações brasileiras de artigos científicos relativos à BIM. Trata-se de um estudo exploratório de caráter bibliográfico, realizado no intervalo temporal definido entre 2000 e 2015. Fazendo-se uso de indicadores bibliométricos, as contribuições destacam: (1) a evolução temporal das publicações em anais de eventos e periódicos; (2) os níveis de publicação por pesquisador e instituição de ensino; (3) as palavras-chaves mais utilizadas; e (4) as curvas de tendências da produção brasileira. Foram incluídas como fontes de busca anais de eventos, periódicos e bases de dados digitais. Ademais, foram definidos e empregados 55 termos de busca envolvendo BIM e expressões correlatas. A seleção dos artigos da amostra de análise atendeu a critérios pré-determinados de inclusão e exclusão. Após o fichamento e a organização lógica do assunto, foram utilizados gráficos e tabelas para apresentação dos resultados. Avaliou-se o perfil evolutivo da produção nacional de artigos científicos em BIM, constatando-se seu status ativo e maior representatividade em anais de evento.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção. BIM. Bibliometria. Produção Científica. Brasil.

ABSTRACT

The academic diffusion of the Building Information Modeling (BIM) has increased considerably in Brazil. However, it is evident the low dissemination of studies related to the monitoring of BIM scientific production. In this respect, this work aims to characterize the Brazilian publications of scientific articles about BIM. It is an exploratory approach to the bibliographical character, considering the period of 2000 to 2015. Applying bibliometric indicators, the main contributions highlight: (1) the temporal evolution of publications in conference proceedings and journals; (2) the publication levels for researcher and education institution; (3) the keywords most applied; (4) the trend curves of Brazilian production. There were included as search sources conference proceedings, journals, and digital databases. In addition, there were defined and used 55 source terms involving BIM and correlated expressions. The selection of articles for analysis responded to pre-defined criteria of inclusion and exclusion. After the categorization and logic establishment of the matter, there were used graphics and tables to present the results. The progress profile of the Brazilian scientific production of articles in BIM was evaluated, noticing its active status and bigger representation in conference proceedings.

[1] MACHADO, Fernanda A.; RUSCHEL, Regina C.; SCHEER, Sergio. Análise bibliométrica da produção brasileira de artigos científicos na área de BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Building Information Modeling. BIM. Bibliometrics. Scientific Production. Brazil.*

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM) pode ser apontada como a expressão atual que melhor sintetiza as inovações inerentes à indústria da construção civil (SUCCAR; KASSEM, 2015), considerada como um desenvolvimento promissor por Eastman *et al*. (2014). O BIM abrange um conjunto de processos, ferramentas e tecnologias capaz de produzir, utilizar e atualizar um modelo virtual de informações da edificação contemplando todo o seu ciclo de vida e servindo a diferentes finalidades (PENTTILA, 2006; SUCCAR, 2009; SANTOS, 2012). Kassem e Amorim (2015, p. 19) observam que a ênfase do BIM na informação conduz à "[...] uma reorganização de fases, agentes e produtos no projeto [...]" que se desdobra em novas formas de comunicação e novos requerimentos de expertise entre os *stakeholders*.

Diante desta demanda por rearticulações nos setores de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), quadro que envolve como variáveis as estruturas organizacionais de cada país, a avaliação da difusão do BIM no Brasil compreende a análise de diferentes dimensões, fundamentadas: (i) no conhecimento do corpo técnico, pautado nos indicadores de produção acadêmica; (ii) na organização técnica, sendo esta no âmbito das empresas; (iii) na estrutura técnica, abrangendo equipamentos, aplicativos e redes; e (iv) no arcabouço regulatório, representado por regulamentações, normas e leis (KASSEM; AMORIM, 2015).

Neste contexto, o presente artigo abarca como dimensão a análise do conhecimento do corpo técnico, através do levantamento e caracterização da produção brasileira de artigos científicos na área de BIM. Para tanto, uma forma de subsidiar esta análise se dá por meio da construção de indicadores de produtividade e desempenho, através da bibliometria. A abordagem bibliométrica promove estudos quantitativos da produção e contempla a avaliação da tipologia, quantidade e qualidade das fontes de informação referenciadas nas publicações (SILVA; HAYASHI; HAYASHI, 2011).

2 TRABALHOS ANTERIORES

Os estudos anteriores envolvendo este tipo de abordagem no contexto da produção científica nacional em BIM mostram-se em número reduzido. Andrade e Ruschel (2009) empregaram uma análise preliminar, sinalizando o pequeno acervo da produção científica e a novidade no tema. Os autores apontaram a fase embrionária de desenvolvimento dos trabalhos, sendo estes, em sua maioria, com ênfase no processo de projeto. Checcucci, Pereira e Amorim (2011) aplicaram indicadores de crescimento da difusão de BIM, baseando-se nos veículos com o maior número de publicações sobre o tema, nas relações referentes a autores, instituições e número de publicações, e nas produções relacionadas à distribuição geográfica.

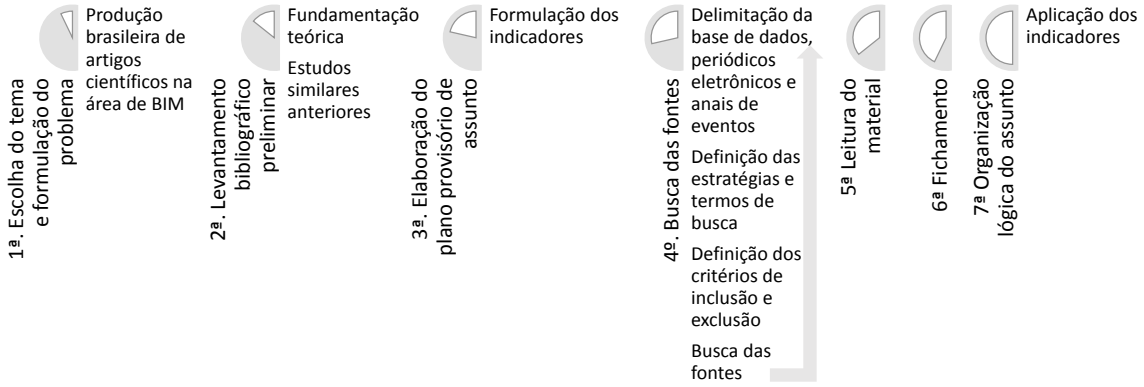
Os autores apontaram que a difusão aumentara no país e observaram tendência de pesquisa em ensino; entretanto, qualificaram a adoção de BIM ainda como incipiente. Por sua vez, Carneiro, Lins e Barros Neto (2012a, 2012b) extrapolaram a análise da produção brasileira e realizaram um estudo comparativo com o panorama internacional. Os autores buscaram identificar pesquisadores, promovendo vínculos com suas titulações acadêmicas, quantitativos de publicações e instituições de destaque no tema, no Brasil e no mundo.

Apesar dos estudos supracitados contribuírem para um entendimento da produção brasileira de artigos científicos em BIM, não há o aprofundamento necessário para caracterização desta produção, tanto pelos aspectos quantitativos como temporais das amostras.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo é classificado como exploratório, cujos procedimentos técnicos se enquadram na pesquisa bibliográfica fazendo uso de indicadores bibliométricos, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Etapas da Pesquisa Bibliográfica



Fonte: Autores

As duas primeiras etapas foram apresentadas nas seções anteriores. Na terceira etapa, de elaboração do plano provisório de assunto, os indicadores formulados foram: (1) a evolução temporal das publicações em anais de eventos e periódicos; (2) os níveis de publicação por pesquisador e instituição de ensino; (3) as palavras-chaves mais utilizadas; e (4) as curvas de tendência da produção brasileira.

Destaca-se que a etapa de busca das fontes de bibliografia foi realizada em dois momentos. No primeiro momento, as fontes foram classificadas da seguinte forma: (i) periódicos brasileiros eletrônicos de relevância; (ii) anais de eventos relevantes; e (iii) bases de dados digitais.

Foram incluídos os seguintes periódicos eletrônicos presentes na lista de classificação do Qualis CAPES 2014: Ambiente Construído; Gestão & Tecnologia de Projetos; Educação Gráfica; Arquitextos; Pós. Revista do

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAU-USP; Arquiteturarevista; PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção; Cadernos do PROARQ; Cadernos de Arquitetura e Urbanismo; Paranoá; Arq.Urb; Cadernos ABEA; e Construindo.

Foram incluídos os seguintes anais de eventos: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC); Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC); Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído (SBQP); Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios (WBGPPCE); Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC); Encontro da Associação de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (ENANPARQ); Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital (SIGraDi); Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico (GRAPHICA); BIM *International Conference* (BIC); *Ibero-Latin American Congress on Computational Methods in Engineering* (CILAMCE); e *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering* (ICCCBE).

As bases de dados digitais consideradas foram: Portal de Periódicos da CAPES[2]; Centro de Referência e Informação em Habitação – INFOHAB; Portal Brasileiro de Publicações Científicas em Acesso Aberto (Oasisbr) do IBICT[3]; *Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design* (CumInCAD); ITC *Digital Library*; e ASCE *Library*.

No segundo momento, estas bases de dados conduziram a uma nova inclusão de fontes de bibliografia, por indicar, como resultado, artigos de anais de eventos e periódicos não contemplados inicialmente nos itens (i) e (ii) da classificação anteriormente apresentada.

Desta forma, foram acrescentados os seguintes periódicos: *Journal of Computing in Civil Engineering*; Poiésis; *Journal of Professional Issues in Engineering, Education and Practice*; Revista Eletrônica de Engenharia Civil (REEC); *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*; *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering* (IJIE); *Automation in Construction*; DISEGNARECON; Concreto & Construções; e Cetec: Série Interdisciplinar do Centro Tecnológico.

De maneira equivalente, foram adicionados os seguintes anais: CIB W78 *Conference*; *Construction Research Congress*; *Computing in Civil Engineering*; CAAD *Futures*; *Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe* (eCAADe); *International Group for Lean Construction Conference* (IGLC *Conference*); Habitação de Interesse Social (CHIS); Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS); III Fórum de Pesquisa FAU/Mackenzie; Congresso Internacional Sustentabilidade; e PROJETAR.

[2] CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior.

[3] IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia.

Ainda na etapa de busca das fontes, foram definidos os termos de busca. A tradução do termo *Building Information Modeling* é empregada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2011), através da NBR 15965, como Modelagem da Informação da Construção.

Entretanto foram identificadas variações no levantamento preliminar que resultaram no emprego de 55 termos de busca diferentes envolvendo BIM e expressões correlatas. Finalmente, foram definidos critérios de inclusão e exclusão dos dados obtidos, estabelecidos da seguinte forma: (i) necessário conter um dos termos pré-definidos ao menos no título, resumo ou palavras-chaves do documento; (ii) inserção no intervalo temporal de 2000 a 2015; (iii) disponibilidade para consulta em meio eletrônico; e (iv) necessário conter ao menos um autor de nacionalidade brasileira com vínculo em instituições de ensino do Brasil ou do exterior. O intervalo temporal escolhido abrange desde estudos publicados imediatamente após o livro *Building Product Models: Computer Environments, Supporting Design and Construction* (EASTMAN, 1999)[4] até o ano de 2015.

Nas etapas de leitura do material e fichamento foi realizada a leitura exploratória aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão da bibliografia na amostra. Em seguida, a partir da leitura analítica destas fontes, foram subtraídas as publicações que mesmo atendendo aos critérios estabelecidos, não abordavam BIM como assunto principal. Na etapa de organização lógica do assunto aplicaram-se os indicadores para análise da amostra. Utilizou-se como instrumentos de representação tabelas e gráficos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da etapa de busca foi a amostra de 353 fontes bibliográficas (Tabela 1) obedecendo aos procedimentos metodológicos descritos na seção 3.

Tabela 1 – Amostra recortada para análise em números absolutos

TIPO DE PUBLICAÇÃO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL	%
Anais de Eventos	3	4	1	3	1	10	9	20	10	47	36	50	31	70	295	83,57%
Periódicos				1		1		6	1	4	3	12	14	16	58	16,43%
TOTAL	**3**	**4**	**1**	**4**	**1**	**11**	**9**	**26**	**11**	**51**	**39**	**62**	**45**	**86**	**353**	**100%**

Fonte: Autores

4.1 Os indicadores

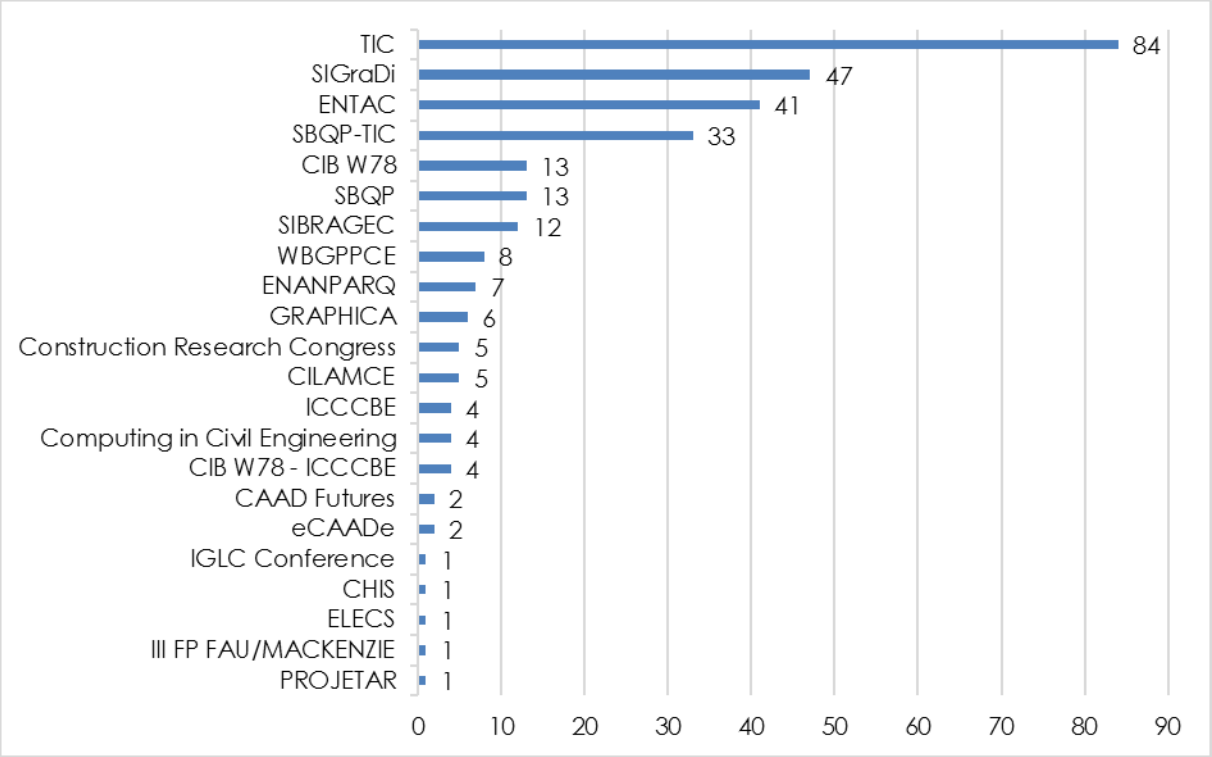
A distribuição e o agrupamento dos dados coletados foram organizados em tabelas e gráficos, no intuito de atender aos indicadores formulados na seção 3 e subsidiar a compreensão, interpretação e análise da amostra.

[4] *Building Product Models: Computer Environments, Supporting Design and Construction* foi o primeiro livro publicado a introduzir conceitos, tecnologias e métodos visando a elaboração de um modelo de produto da construção, realizando-se abordagens sobre uma nova forma de representação digital para os setores da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) (EASTMAN, 1999).

4.1.1 Publicações em Anais de Eventos

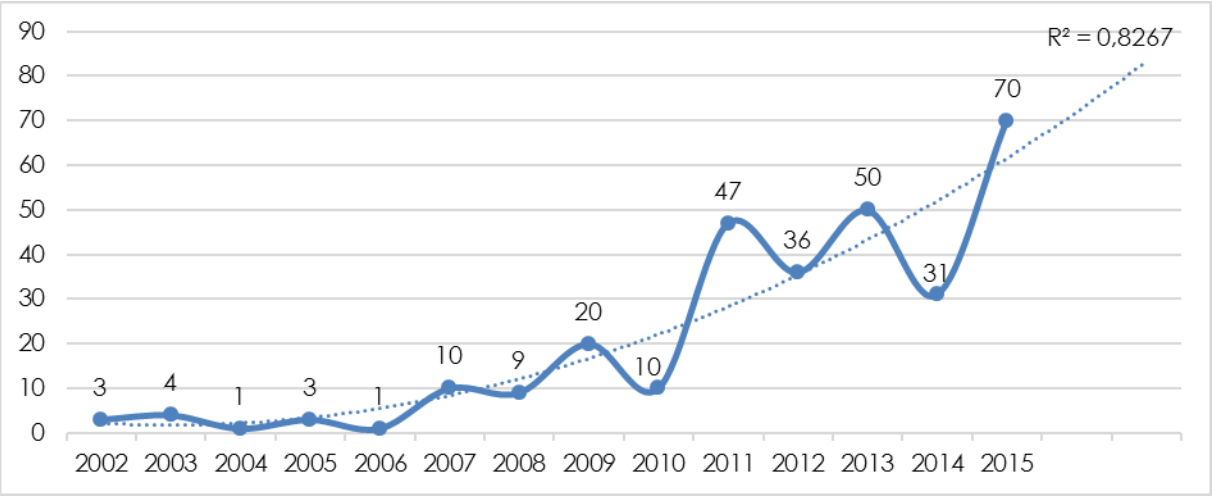
O montante de artigos publicados sobre BIM em relação aos anais de eventos verificados é apresentado na Figura 2. Em seguida, na Figura 3, observa-se o volume destas publicações por ano. Nesse levantamento, o TIC consagra-se como o evento de maior referência na área para pesquisadores brasileiros, por concentrar o volume de artigos mais expressivo.

Figura 2 – Anais de Eventos x Publicações



Fonte: Autores

Figura 3 – Publicações em Anais de Eventos x Ano

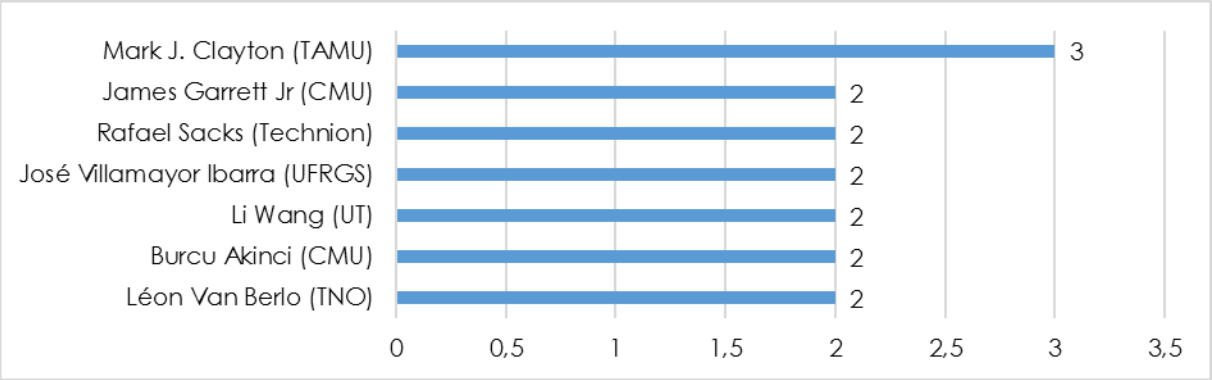


Fonte: Autores

O SIGraDi e o ENTAC destacam-se como outros eventos de relevância. Em 2013, TIC e SBQP compartilharam os anais totalizando 33 publicações no tema. Este valor agregado às demais 13 publicações de outros anais do SBQP, também o caracteriza como evento de importância. Os 4 eventos juntos representam mais de 73% das publicações nos anais. Ademais, é relevante evidenciar o CIB W78 por tratar-se de um evento internacional que, embora não registre nenhuma edição no Brasil, supera eventos nacionais bianuais como o SIBRAGEC e as 9 edições do WBGPPCE.

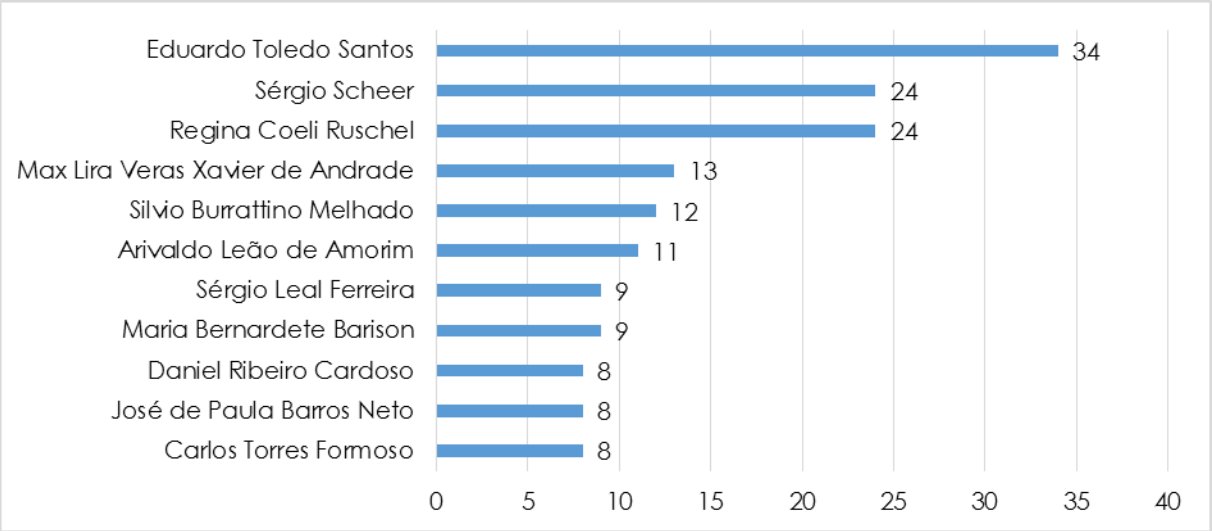
O mapeamento de autores resultou no número de 358 participantes entre brasileiros e estrangeiros. Os percentuais de participação desses autores, levando-se em consideração a nacionalidade são: 91,34% brasileiros e 8,66% estrangeiros. Esta distribuição indica um baixo índice de cooperação científica internacional. Os 31 pesquisadores estrangeiros contribuíram em apenas 7,46% das publicações, sendo que 7 deles colaboraram em mais de um artigo. Estes autores estão discriminados na Figura 4. Os autores brasileiros que angariam o maior número de publicações contribuíram em mais de 47% dos artigos. Estes autores representativos estão discriminados na Figura 5.

Figura 4 – Autores estrangeiros com mais colaborações na amostra



Fonte: Autores

Figura 5 – Autores com maior número de publicações em Anais de Evento

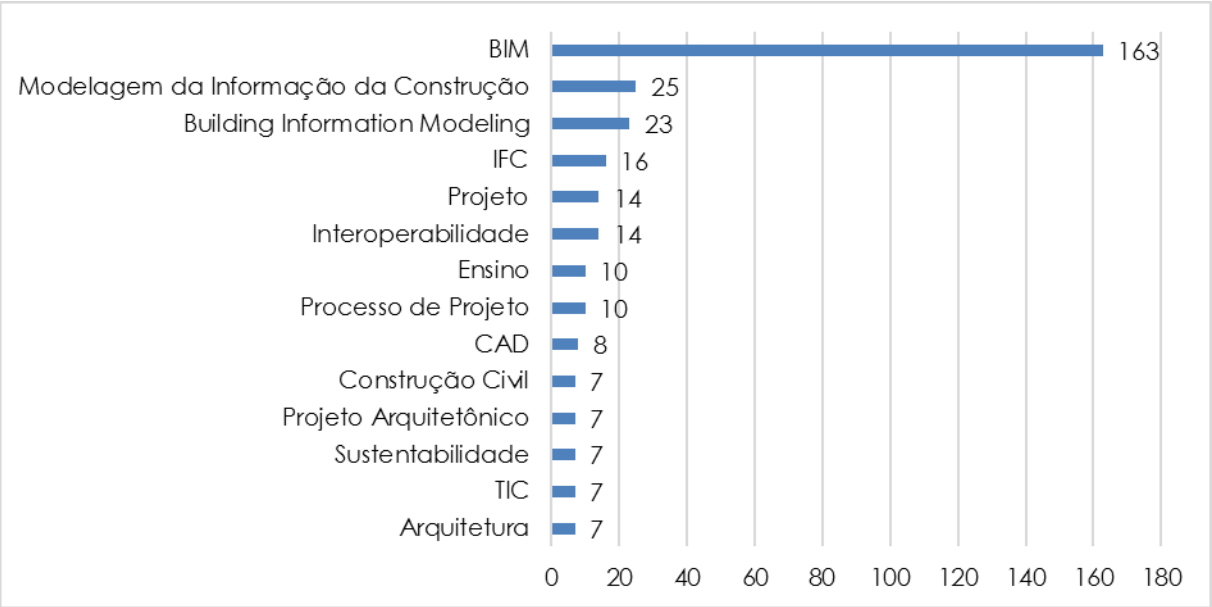


Fonte: Autores

Eduardo Toledo Santos (USP) apresenta-se com amplo destaque no número de publicações, seguido por Sérgio Scheer (UFPR) e Regina Coeli Ruschel (UNICAMP).

Por fim, foram levantados entre os 295 artigos de anais de eventos, 573 termos diferentes utilizados como palavras-chaves. Demanda-se um estudo mais aprofundado para a avaliação de agrupamentos destas palavras-chaves bem como para a indicação de ênfases de pesquisas. Entretanto, a Figura 6 apresenta um recorte das palavras-chaves mais citadas, com destaque para o termo BIM e suas variações terminológicas (Modelagem da Informação da Construção e *Building Information Modeling*).

Figura 6 – Palavras-chaves mais citadas (Anais de Eventos)



Fonte: Autores

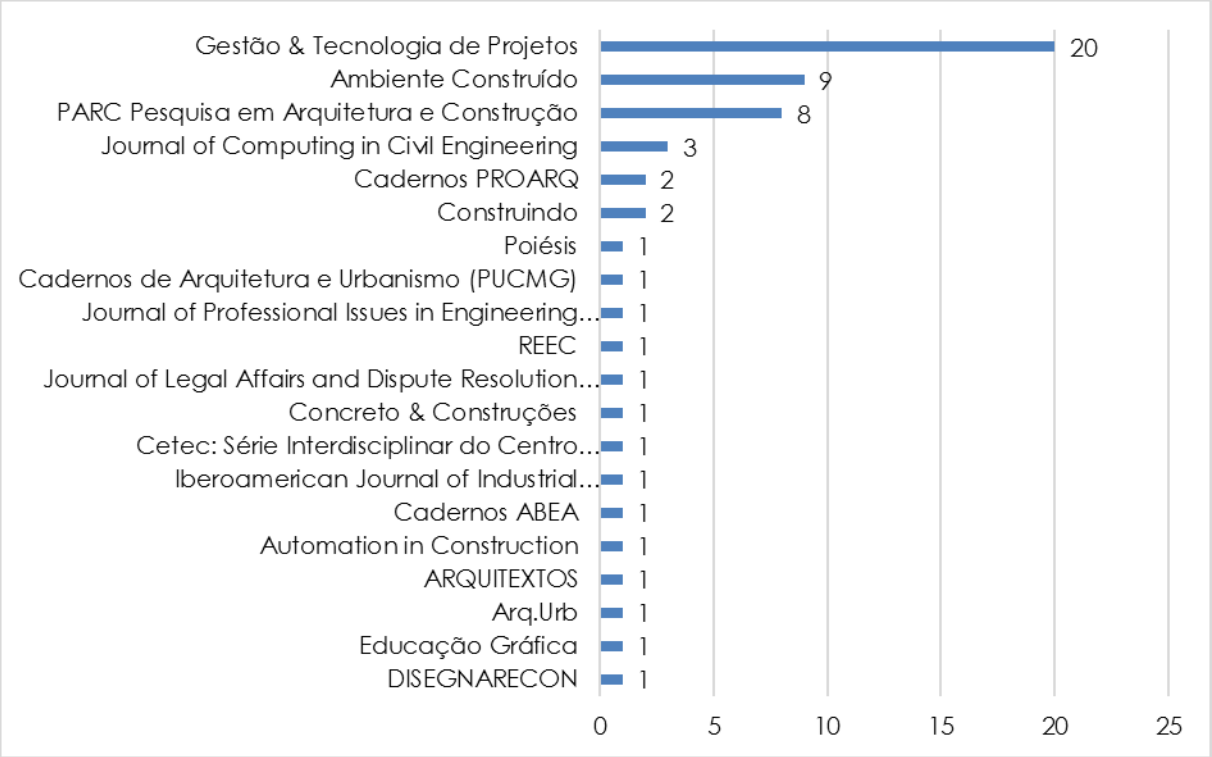
Os demais termos mencionados indicam abordagens associadas à: (i) interoperabilidade, fazendo-se referência também ao formato *Industry Foundation Classes* (IFC) e à Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC); (ii) ensino; (iii) processo de projeto; e (iv) sustentabilidade.

A presença do termo *Computer Aided Design* (CAD) surge de análises comparativas com o paradigma BIM e de abordagens sobre a evolução dos métodos de trabalho no contexto da AEC. Além disto, infere-se que há uma preocupação com a caracterização do universo, devido à recorrência de palavras-chaves como "Arquitetura" e "Construção Civil".

4.1.2 Publicações em Periódicos Eletrônicos

O montante de publicações de artigos sobre BIM por periódico eletrônico verificado é apresentado na Figura 7. Evidencia-se a relevância da revista Gestão & Tecnologia de Projetos (IAU-USP), por acumular o maior número de publicações sobre o tema, representando mais de 34% desta amostra de periódicos.

Figura 7 – Periódicos Eletrônicos x Publicações

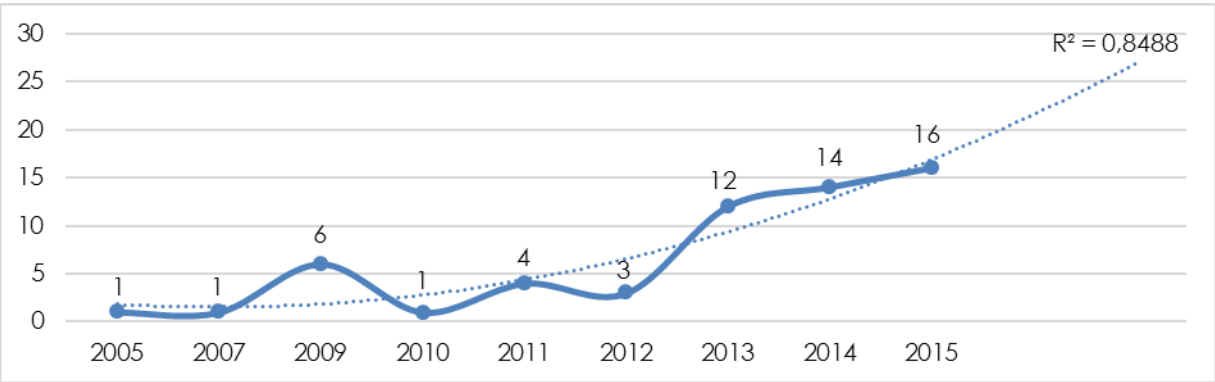


Fonte: Autores

Foram identificados outros 2 periódicos de importância na área: as revistas Ambiente Construído (ANTAC) e PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção (FEC-UNICAMP). Entre os periódicos internacionais mapeados, o *Journal of Computing in Civil Engineering*, pertencente à *American Society of Civil Engineers* (ASCE), apresenta o maior número de publicações de pesquisadores brasileiros.

Já na Figura 8, observa-se que o início de publicações de artigos sobre BIM em periódicos, no Brasil, data de 2005. Há um crescimento significativo apresentado a partir de 2013, que pode indicar um aumento de interesse por este tipo de publicação. O ano de 2015 representa o pico desta progressão, que tende a aumentar nos próximos anos.

Figura 8 – Publicações em Periódicos Eletrônicos x Ano



Fonte: Autores

Foram mapeados 108 autores, entre brasileiros e estrangeiros. Os percentuais de participação desses autores, levando-se em consideração a nacionalidade são: 89% brasileiros e 11% estrangeiros. Assim como observado na seção anterior, é retratado um baixo índice de cooperação científica entre pesquisadores brasileiros e estrangeiros nas publicações em periódicos.

Os 12 pesquisadores estrangeiros identificados contribuíram em 15,5% das publicações levantadas, sendo que apenas 2 deles, Burcu Akinci e Li Wang, cooperaram em mais de um artigo. Constata-se que estes autores integram ambos os grupos com mais contribuições em publicações (anais e periódicos). O Quadro 1 aponta a formação acadêmica e a instituição de ensino de cada um destacando, por meio do total de publicações, seus números de parcerias com pesquisadores brasileiros.

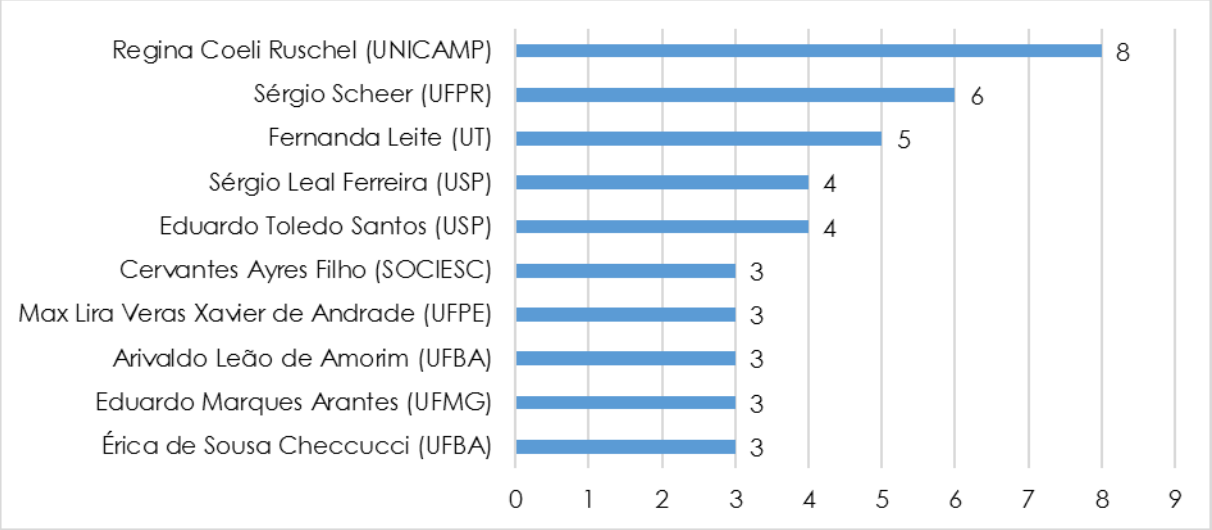
Quadro 1 – Autores estrangeiros mais atuantes em colaboração com brasileiros

AUTORES	FORMAÇÃO ACADÊMICA	INSTITUIÇÃO	TOTAL DE PUBLICAÇÕES (AMOSTRA)
Burcu Akinci	Doutorado	*Carnegie Mellon University*	4
Li Wang	Doutorado	*The University of Texas*	4

Fonte: Autores

Já os autores brasileiros que angariam o maior número de publicações, contribuíram em mais de 58% dos artigos. Estes autores representativos, assim como o número de publicações de cada um, estão discriminados na Figura 9. Regina Coeli Ruschel (UNICAMP) apresenta-se como destaque, seguida por Sérgio Scheer (UFPR) e Fernanda Leite da *University of Texas* (UT).

Figura 9 – Autores com maior número de publicações em Periódicos Eletrônicos



Fonte: Autores

Constata-se que 6 autores brasileiros integram ambos os grupos com maior número de contribuições. Estes autores consagram-se, desta forma, como os pesquisadores brasileiros mais atuantes na área de BIM.

Enfatiza-se que este destaque é fundamentado pelo número de publicações científicas identificado neste estudo. Por conseguinte, outros pesquisadores de relevância no cenário nacional podem não estar aqui representados. O Quadro 2 evidencia a formação acadêmica, instituição de ensino e grupos de pesquisa de cada um, bem como o total de publicações nessa amostra. Eduardo Toledo Santos (USP) acumula o maior saldo de publicações, seguido por Regina Coeli Ruschel (UNICAMP) e Sérgio Scheer (UFPR). É relevante apontar que a USP é a única instituição com 2 pesquisadores de destaque.

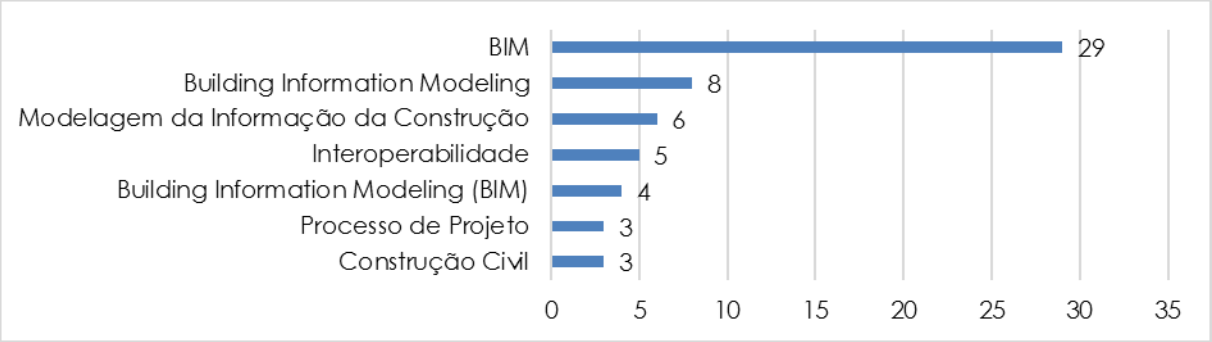
Quadro 2 - Pesquisadores brasileiros mais atuantes em BIM

AUTORES	FORMAÇÃO ACADÊMICA	INSTITUIÇÃO	GRUPOS DE PESQUISA QUE ATUA	TOTAL DE PUBLICAÇÕES (AMOSTRA)
Eduardo Toledo Santos	Doutorado	Universidade de São Paulo (USP)	Tecnologia Computacional para Construção Civil	38
Regina Coeli Ruschel	Doutorado	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	Laboratório de Gerenciamento na Construção Civil	32
			Metodologia de Projeto em Arquitetura	
			Modelagem da Informação e Colaboração Digital na Arquitetura, Engenharia e Construção	
Sérgio Scheer	Doutorado	Universidade Federal do Paraná (UFPR)	Mecânica dos Sólidos Computacional	30
			Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil	
Max Lira Veras Xavier Andrade	Doutorado	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Laboratório de comunicação, cognição e computação em projeto	16
			Morfologia da Arquitetura e do Urbanismo	
Arivaldo Leão de Amorim	Pós-Doutorado	Universidade Federal da Bahia (UFBA)	Laboratório de estudos avançados em Cidade, Arquitetura e Tecnologias Digitais	14
Sérgio Leal Ferreira	Doutorado	Universidade de São Paulo (USP)	Tecnologia Computacional para Construção Civil	13

Fonte: Autores

Finalmente, foram levantados entre os 58 artigos de periódicos, 150 termos diferentes utilizados como palavras-chaves. A Figura 10 exibe um recorte das palavras-chaves mais citadas, com destaque para o termo BIM e suas variações terminológicas (Modelagem da Informação da Construção e *Building Information Modeling*). Nota-se semelhança entre as palavras-chaves de artigos de anais e periódicos, panorama que demonstra investigações mais maturadas e aprofundadas, por parte de pesquisadores brasileiros, ao menos em duas das temáticas já destacadas: interoperabilidade e processo de projeto.

Figura 10 – Palavras-chaves mais citadas (Periódicos Eletrônicos)



Fonte: Autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou caracterizar a produção brasileira de artigos científicos na área de BIM. Congregou-se uma amostra de 353 fontes em um intervalo temporal de 2000 a 2015. Foram identificadas, entretanto, publicações somente a partir de 2002, distribuídas em anais de eventos com 83,57% da amostra e periódicos eletrônicos com 16,43% da amostra.

Nas publicações em anais, identificou-se o TIC como o evento nacional de maior destaque na área. No âmbito internacional, o SIGraDi é o evento que mais agrega artigos de pesquisadores brasileiros. Observou-se, também, que o volume de publicações em anais é robusto, com grande destaque para 2015, e tende a aumentar nos próximos anos.

Nas publicações em periódicos, foi constatado um vetor de crescimento a partir de 2012. A revista Gestão & Tecnologia de Projetos apresentou notoriedade ao ser apontada como o periódico nacional que abarca o maior número de artigos sobre BIM. As publicações brasileiras em periódicos internacionais são discretas, com vantagem para o *Journal of Computing in Civil Engineering*. O quantitativo de ambos os tipos de publicação científica subsidiou o mapeamento e identificação dos pesquisadores brasileiros mais atuantes na área, sendo estes vinculados à USP, UNICAMP, UFPR, UFPE e UFBA.

Identificou-se a existência de coautoria com 9 estrangeiros; entretanto, o percentual é inferior de 9% a 11% (anais e periódicos respectivamente) indicando um baixo índice de cooperação internacional.

No estudo das palavras-chaves observou-se um universo disperso de termos, entretanto, o recorte das palavras-chaves mais citadas apontou duas grandes temáticas de pesquisa: o processo de projeto e a interoperabilidade, com ênfase tanto na Arquitetura como na Construção Civil. Contudo, demanda-se um estudo mais aprofundado para a avaliação de agrupamentos destas palavras-chaves bem como para a indicação de ênfases de pesquisas e lacunas de conhecimento.

Finalmente, diante deste estudo, conclui-se que deve haver um esforço de desenvolvimento de políticas das instituições de ensino visando à internacionalização.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. L. V. X; RUSCHEL, R. C. BIM: conceitos, cenários das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE PROJETOS, 1., 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: RiMa Editora, 2009, p. 602-613.

CARNEIRO, T. M.; LINS, D. M. de O.; BARROS NETO, J. de P. Building information modeling: análise da produção científica nos anos de 2010 e 2011. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012a.

CARNEIRO, T. M.; LINS, D. M. de O.; BARROS NETO, J. P. Spread of BIM: A Comparative Analysis of Scientific Production in Brazil and Abroad. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20., 2012, San Diego, California**. Proceedings...** San Diego: Montezuma Publishing, 2012b.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C; AMORIM, A. L. A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: LCAD/PPGAU - UFBA, 2011. 1 CD-ROM.

EASTMAN, C. Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction. Boca Raton: CRC Press, 1999, 411 p.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Tradução de AYRES FILHO, C. et al. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. BIM – **Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2015.

PENTTILÄ, H. Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression. **Journal of Information Technology in Construction**, v.11, special issue, p.395-408, 2006.

SANTOS, E. T. BIM - Building Information Modeling: um salto para a modernidade na Tecnologia da Informação aplicada à Construção Civil. In: PRATINI, E. F.; SILVA JUNIOR, E. E. A. (Org.). **Criação, representação e visualização digitais**: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto. 1 ed. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2012, v.1. p. 25-62.

SILVA, M. R.; HAYASHI, C. R. M.; HAYASHI, M. C. P. I. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. InCID: **Revista de Ciência da Informação e Documentação**, v.2, n.1, p.110-129, 2011.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v.18, n.3, p.357-375, 2009.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation in Construction**, v. 57, p. 64-79, 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O IMPACTO DO BIM: ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL[1]

MARIANI, Marco A.; BIANCHI, Paulo C.; WRIGHT, Robert; SANTOS, Eduardo T.

(1) POLI-USP, e-mail: marcoam7@gmail.com; (2) POLI- USP, e-mail: paulo_cezar7@hotmail.com; (3) POLI-USP, e-mail: robertwright10@hotmail.com; (4) POLI-USP, e-mail: etoledo@usp.br

RESUMO

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) está ganhando cada vez mais relevância no setor da construção civil no Brasil e no mundo, e este trabalho busca através de um estudo de caso validar e avaliar os impactos das checagens de interferências e levantamento de quantitativos realizados com um modelo BIM de um empreendimento residencial. As conclusões alcançadas nesse estudo foram as de que a detecção de interferências no modelo teria potencial de gerar uma redução de custos diretos, apesar de não muito significativa no orçamento total do empreendimento, além de proporcionar uma grande economia no atraso da obra, reduzindo-o em aproximadamente 25%. Quanto ao levantamento de quantitativos haveria uma clara redução no tempo demandado e maior precisão nos dados gerados.

Palavras-chave: BIM. Detecção de interferências. Levantamento de quantitativos.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is continuously becoming more relevant in Brazil's and the world's construction industry, and this work aims to validate and evaluate the impacts of interference checks and quantitative extractions conducted with a BIM model of a residential development through a case study. The conclusions reached with this study were that the interference detection in model would have the potential to generate a direct cost reduction, although not very significant in the development's total budget, as well as reducing the construction delay greatly, in approximately 25%.As for the quantity surveying there would be a clear reduction in the demanded time and greater precision in the generated data.

***Keywords**: BIM. Interference detection. Quantity surveying.*

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) tem ganhado cada vez mais relevância no setor da Construção Civil no Brasil e no mundo. O BIM é um processo que permite, através de um modelo digital da construção, obter inúmeras vantagens para todos os participantes do processo, através de uma diversificada gama de usos (EASTMAN et al., 2014). Ainda assim,

[1] MARIANI, Marco A.; BIANCHI, Paulo C.; WRIGHT, Robert; SANTOS, Eduardo T. O impacto do BIM: estudo de caso em edifício residencial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

muitos ainda veem com descrença os ganhos prometidos pelo BIM e, por outro lado, enxergam com naturalidade as perdas por retrabalho no canteiro de obras e erros em levantamentos de quantitativos para orçamentação. Argumentam que o BIM seria justificável somente para grandes empreendimentos e/ou projetos complexos. Este trabalho procura mostrar, através de um novo estudo de caso, que as vantagens do uso do BIM se manifestam mesmo em empreendimentos convencionais, rotineiros e de pouca complexidade.

Segundo Azhar, S. (2011), alguns usos de BIM são os seguintes:

- Visualização: representações 3D podem ser facilmente geradas;
- Produção de documentação: plantas dos diversos sistemas prediais podem ser produzidas com facilidade, por exemplo, a planta dos dutos de ar pode ser produzida facilmente quando o modelo estiver pronto;
- Verificação de normas: o departamento de bombeiros e outras autoridades podem usar o modelo para verificações do projeto;
- Análise forense: o modelo pode ser adaptado para ilustrar graficamente falhas potenciais, vazamentos, planos de evacuação, etc.;
- Sequência Construtiva (4D): um modelo BIM pode ser usado com eficácia para criar cronogramas de encomenda, fabricação e entrega de materiais para todos os componentes do edifício;
- Estimativas de custos (5D): os softwares BIM têm funções de estimativas de custos embutidas. As quantidades de materiais são extraídas e modificadas automaticamente quando modificações são feitas no modelo;
- Gerenciamento de Facilidades: departamentos de gerenciamento de *facilities* podem usar o modelo BIM para reformas, planejamento de espaço e operações de manutenção;
- Detecção de interferências: como os modelos são criados em um espaço 3D, todos os sistemas podem ser verificados para detectar interferências. Esse processo pode verificar se, por exemplo, tubulações não atravessam vigas, pilares ou dutos.

Underwood e Isikdag (2009) elencam as funções BIM como:

- Facilitador da interoperabilidade: possibilita o compartilhamento de informações entre os diversos agentes e suas ferramentas de softwares;
- Repositório de dados: armazena a informação do edifício por todo o seu ciclo de vida;
- Facilitador do processo de aquisições: disponibiliza e facilita diversas atividades de aquisições no ciclo de vida do edifício;
- Suporte da colaboração: é viabilizado através da gestão e do uso das informações compartilhadas do edifício;

- Simulador de processos: facilita a simulação do processo de construção e dos sistemas construtivos do edifício;
- Serviço de informação do edifício: pode oferecer informações do edifício sob demanda e em tempo real;
- Facilitador da construção sustentável: permite análises avançadas para o suporte do projeto e da construção sustentável energeticamente econômica.

Kreider, R. et al. (2010) listam vinte cinco usos para o BIM, dentre eles:

- Análise estrutural;
- Análise energética;
- Análise mecânica;
- Análise de iluminação;
- Gerenciamento de recursos.

Alguns benefícios do BIM apontados por uma pesquisa conduzida no Stanford University Center for Integrated Facilieties Engineering (CIFE) em 32 projetos de grande porte nos EUA foram (GAO, 2008):

- Eliminação de até 40% das mudanças orçamentárias não previstas;
- Estimativas de custo com imprecisões de até 3%;
- Até 80% de redução de tempo gasto na elaboração de estimativas de custo;
- Até 7% de redução no tempo de projeto.

Goes e Santos (2011) apresentaram um estudo de caso em empreendimento de edifício residencial onde o uso do BIM propiciou detectar 75% mais interferências do que o processo tradicional de coordenação de projetos em papel/CAD 2D. No entanto, o edifício objeto do estudo era bastante complexo (duplex com 4 tipos de apartamento).

Neste trabalho, deseja-se investigar se o BIM propicia bons resultados mesmo em empreendimentos de menor complexidade projetual.

1.1 Objetivos

Detectar interferências e extrair quantitativos de um modelo BIM de um empreeendimento residencial simples para comparar com os dados fornecidos e relatados pelo engenheiro encarregado do empreendimento e, então, avaliar o impacto potencial desses usos de BIM no custo e no prazo da obra.

1.2 Metodologia

A metodologia adotada consistiu de primeiramente se obter as plantas de arquitetura, estrutura e hidráulica de um edifício residencial, elaboradas de maneira tradicional, para realização do estudo de caso. Foram

posteriormente obtidos também relatos de interferências e tabelas de quantitativos com o engenheiro encarregado da obra.

Então, realizou-se a modelagem do empreendimento utilizando o Revit, software BIM da Autodesk.

Com o modelo pronto, efetuou-se a checagem de interferências e extração de quantitativos para comparação com as informações fornecidas. Os dados então foram analisados e buscou-se avaliar os impactos que esses levantamentos teriam na obra.

2 ESTUDO DE CASO

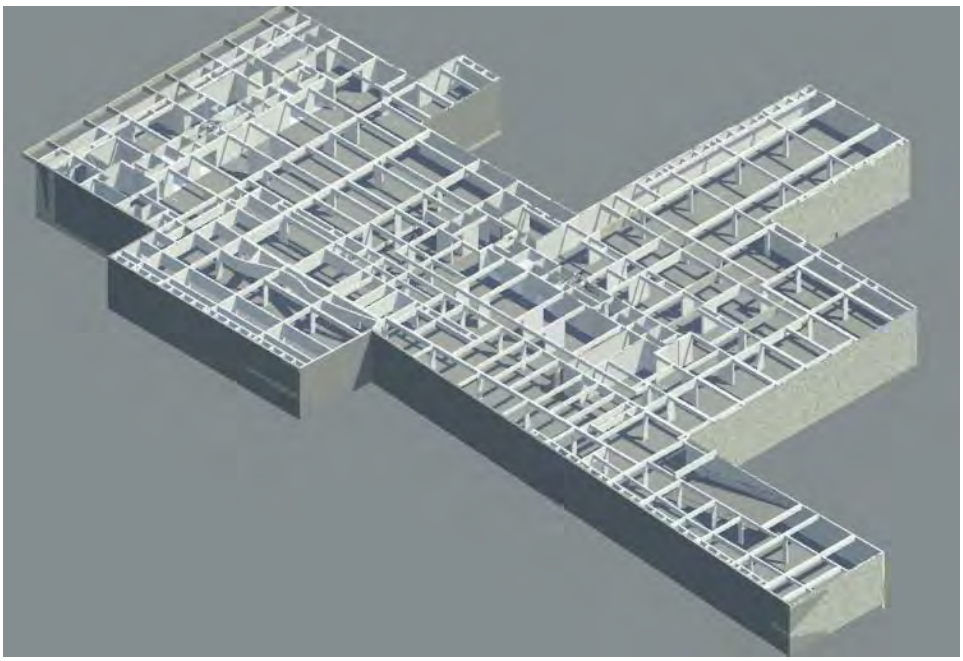
O estudo de caso é um empreendimento residencial que possui 2 subsolos (Área por subsolo: 4336m²) e 2 torres compostas de térreo + 24 pavimentos tipo + cobertura (Área em planta por torre: 566m²). Deste, foram obtidas as plantas de arquitetura, estrutura e hidráulica, além de relatos de interferências e tabelas de quantitativos para a realização das atividades propostas para este trabalho.

2.1 Imagens do modelo

O modelo foi trabalhado em arquivos separados e "linkados", realizando-se apenas as associações necessárias para verificar as interações entre as partes e, assim, otimizar a capacidade de processamento do computador.

As Figuras 1 a 5 mostram imagens do modelo desenvolvido para esta pesquisa.

Figura 1 - Visão geral dos subsolos



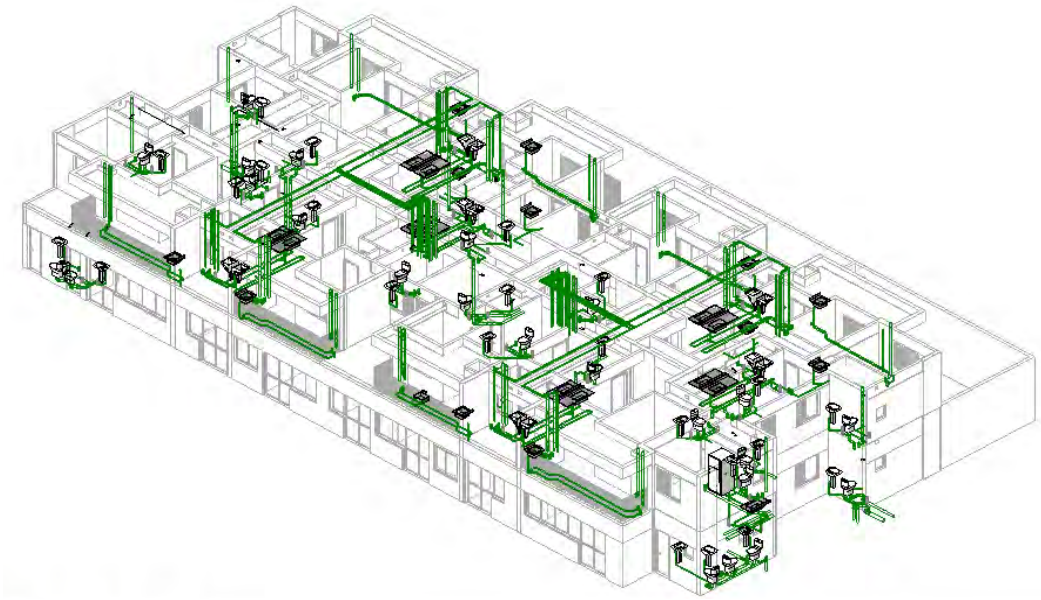
Fonte: Autores

Figura 2 - Visão geral do térreo + pavimento tipo



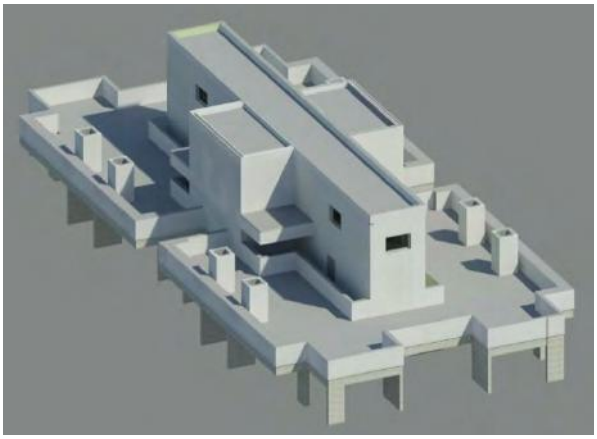
Fonte: Autores

Figura 3 - Visão geral da hidráulica do pavimento tipo



Fonte: Autores

Figura 4 - Visão geral da arquitetura da cobertura



Fonte: Autores

Figura 5 - Visão geral do térreo + 24 pavimentos tipo



Fonte: Autores

2.2 Interferências

Através da função "InterferenceCheck" do Revit foi realizada a detecção de interferências no modelo para encontrar os conflitos entre as próprias tubulações hidráulicas e entre as tubulações e a arquitetura e estrutura. Após a execução da função, foi necessário checar as interferências uma a uma para verificar se o caso não era proveniente de um erro de modelagem.

2.1.1 Interferências relatadas

O engenheiro encarregado da obra relatou diversas interferências que ocorreram durante a construção: desde interferências simples até mais complexas. As simples, que ocorriam frequentemente de acordo com ele, eram de dois tipos: cruzamento de tubulações e falta/erro na locação de furos nas vigas para passagem das tubulações.

Já as mais complexas foram:

- Prumadas que não cabiam dentro do *shaft* do apartamento;
- Tubulação de gás que não estava isolada das outras tubulações dentro do *shaft* dos pavimentos tipo;

- Tubulação de águas pluviais no subsolo que passavam abaixo de 2,30m;
- Tubulações hidráulicas que passavam dentro dos centros de medições no subsolo.

2.1.2 Interferências detectadas

Subsolos:

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os relatórios de interferências para o subsolo:

Tabela 1 - Interferências entre tubulações nos subsolos

Interference Report		
	A	B
1	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 547 : id 1179247	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 683 : id 1186733
2	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 553 : id 1179421	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 682 : id 1186719
3	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 553 : id 1179421	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 683 : id 1186733
4	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 594 : id 1180984	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 629 : id 1183859
5	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 613 : id 1182951	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 859 : id 1194381
6	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 723 : id 1188745	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1053 : id 1201920
7	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 758 : id 1189781	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 798 : id 1191891
8	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Reforçada - Mark 816 : id 1192525	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 819 : id 1192677
9	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 840 : id 1193982	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1059 : id 1202431
10	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 982 : id 1198883	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1650 : id 1232214
11	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1020 : id 1201164	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1029 : id 1201412
12	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1026 : id 1201345	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1065 : id 1202738
13	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1029 : id 1201412	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1091 : id 1203497
14	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1031 : id 1201488	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1094 : id 1203744
15	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1121 : id 1204736	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1649 : id 1232185
16	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1133 : id 1205234	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1651 : id 1232239
17	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1133 : id 1205234	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1652 : id 1232261
18	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1295 : id 1212237	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1327 : id 1213409
19	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1314 : id 1212707	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1331 : id 1213539
20	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1331 : id 1213539	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1333 : id 1213629
21	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1342 : id 1213796	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1375 : id 1214821
22	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1456 : id 1218672	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1459 : id 1218726

Fonte: Autores

Tabela 2 - Interferências entre tubulações e vigas

	A	B		A	B
1	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x102 : id 1170864	30	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1384 : id 1214453	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 267247
2	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 171885	31	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 917 : id 1197056	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x180 : id 267271
3	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1495 : id 1221139	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 171260	32	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 684 : id 1185648	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 267287
4	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1496 : id 1221146	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 171260	33	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 726 : id 1188770	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 267287
5	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 171774	34	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 769 : id 1190616	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 267287
6	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 60x54 : id 172316	35	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 828 : id 1192983	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 267287
7	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 60x54 : id 172345	36	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 829 : id 1193055	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 267287
8	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 172336	37	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Reforçada - Mark 1195 : id 1208372	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 270352
9	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 173158	38	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1215 : id 1209500	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 270352
10	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 173833	39	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1247 : id 1210660	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 270352
11	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 174002	40	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Reforçada - Mark 1626 : id 1223961	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 270352
12	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 174116	41	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1158 : id 1206816	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 270602
13	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1527 : id 1221977	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 21x54 : id 182160	42	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1162 : id 1207047	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 270602
14	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1527 : id 1221977	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 21x54 : id 182517	43	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1168 : id 1207305	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 270602
15	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1530 : id 1222179	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 186162	44	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1280 : id 1216005	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 272967
16	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1593 : id 1227350	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 186873	45	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1327 : id 1213409	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Viga com furo : 21 x 54 : id 273355
17	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1604 : id 1228204	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 186873	46	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1238 : id 1212348	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 274083
18	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1530 : id 1222179	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 183905	47	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1239 : id 1212375	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 274083
19	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1190 : id 1208195	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 268941	48	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Reforçada - Mark 1334 : id 1213846	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 274083
20	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1227 : id 1210115	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 268953	49	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 941 : id 1197845	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x125 : id 274471
21	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1191 : id 1208205	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 268963	50	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 932 : id 1197439	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Viga com 2 furos : 19 x 180 cm : id 274562
22	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1227 : id 1210115	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 267006	51	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 929 : id 1197383	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x125 : id 274611
23	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 746 : id 1189356	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Viga com furo : 25 x 118 cm : id 267099	52	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 932 : id 1197439	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x127 : id 274700
24	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 793 : id 1191712	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 25x54 : id 267101	53	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 917 : id 1197056	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Viga com 2 furos : 19 x 127 cm : id 274805
25	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 795 : id 1191752	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 25x54 : id 267101	54	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1125 : id 1204929	Rectangular Beam : 19x180 : id 276254
26	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 797 : id 1191797	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 25x54 : id 267101	55	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 932 : id 1197439	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x180 : id 276292
27	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1238 : id 1210389	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 267207	56	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 932 : id 1197439	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x180 : id 276422
28	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1236 : id 1212256	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Viga com furo : 19 x 54 cm : id 267245	57	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 932 : id 1197439	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x180 : id 276453
29	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1223 : id 1210438	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Viga com furo : 19 x 54 cm : id 267245			

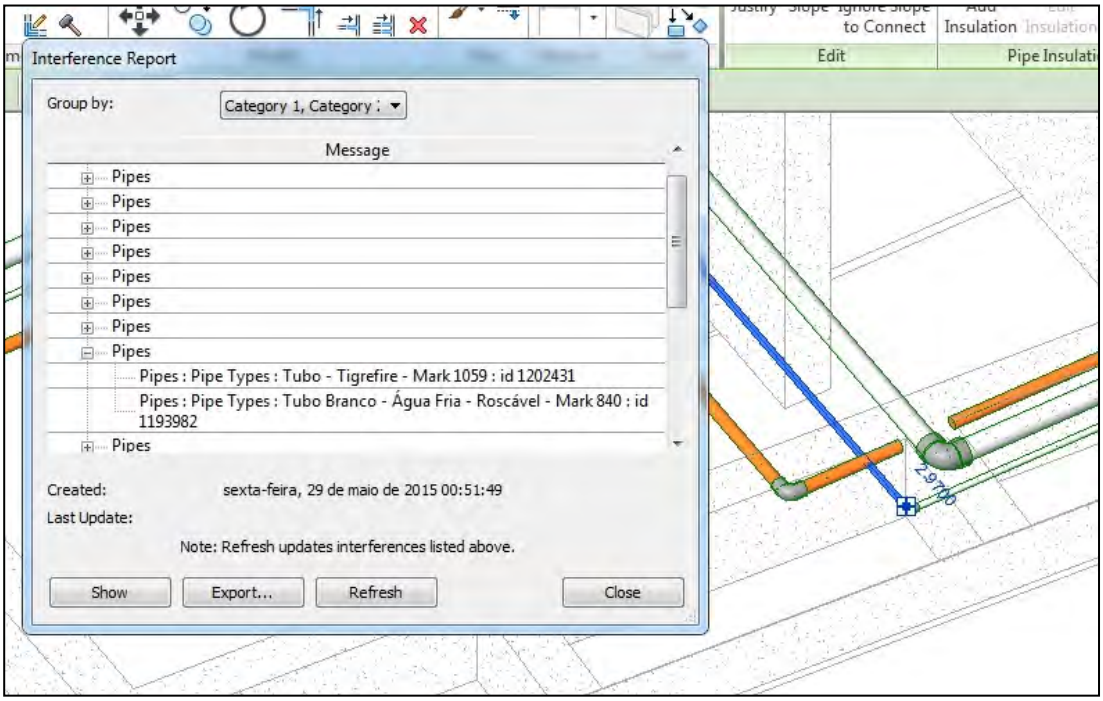
Fonte: Autores

Após eliminar os erros de modelagem, nos subsolos foram encontradas as seguintes interferências:

- 22 casos de cruzamento de tubulações;
- 57 casos de tubulações em conflito com vigas.

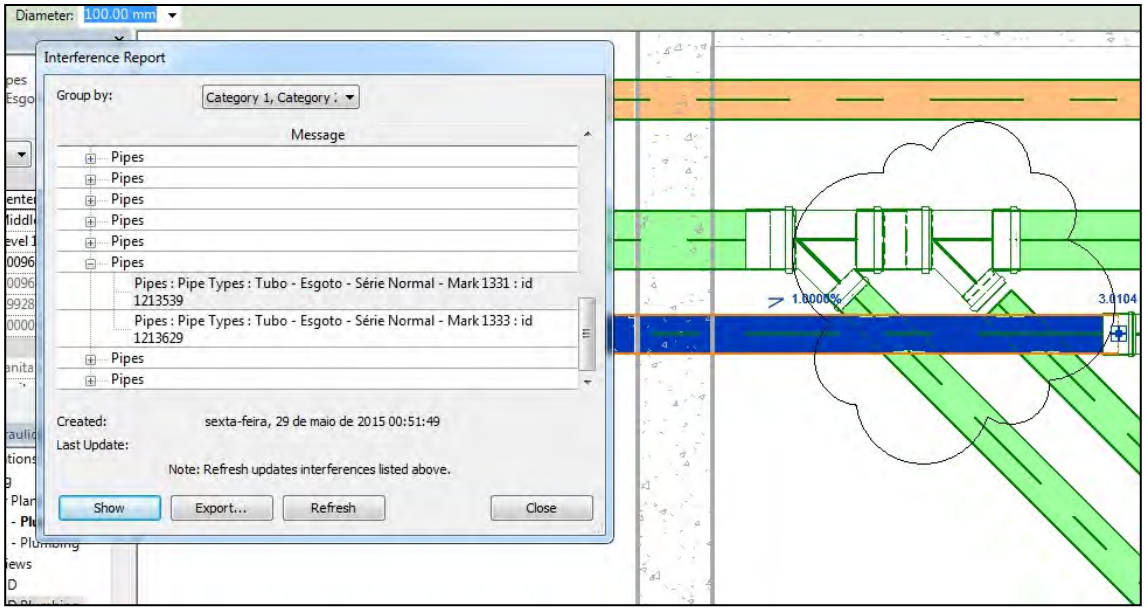
As Figura a 9 exemplificam alguns desses casos.

Figura 6 - Interferência entre tubulações



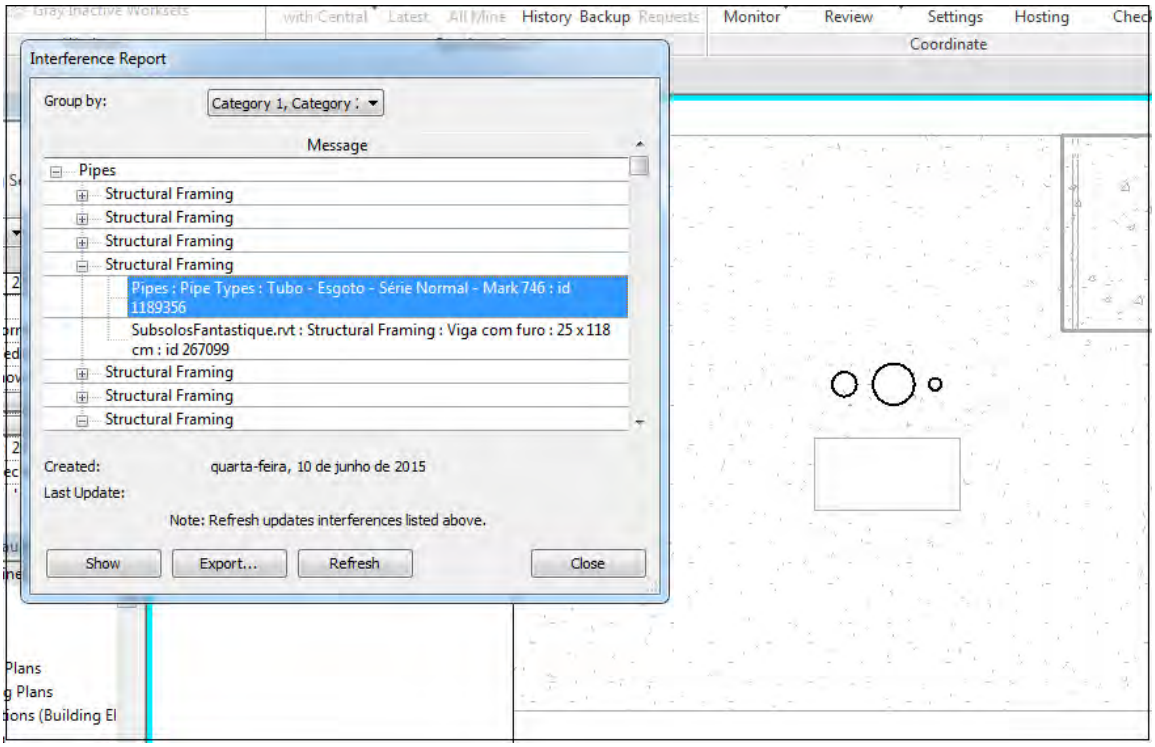
Fonte: Autores

Figura 7 - Interferência entre tubulações



Fonte: Autores

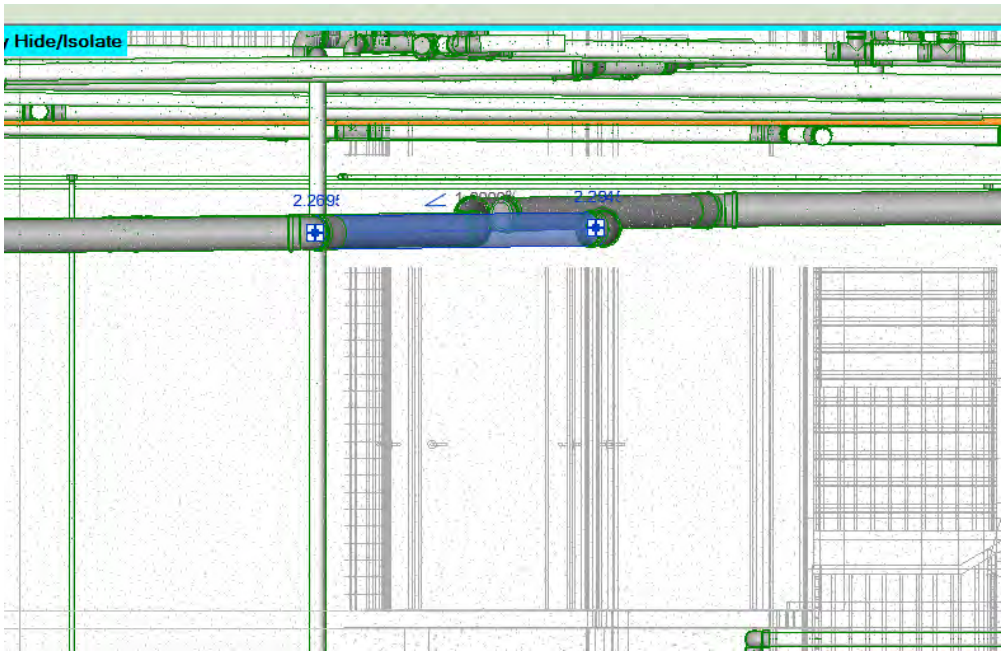
Figura 1 - Furo na viga em altura errada



Fonte: Autores

Além destas interferências, o problema relatado pelo engenheiro das tubulações de águas pluviais estarem abaixo dos 2,30 m também pôde ser facilmente identificado, através de uma vista em corte do modelo ou quando esta tubulação é criada ou clicada e sua cota é apresentada nas extremidades.

Figura 9 - Tubulação de AP abaixo de 2,30m



Fonte: Autores

Após eliminar o restante dos erros de modelagem, foram encontradas as seguintes interferências nos demais pavimentos:

Térreo:

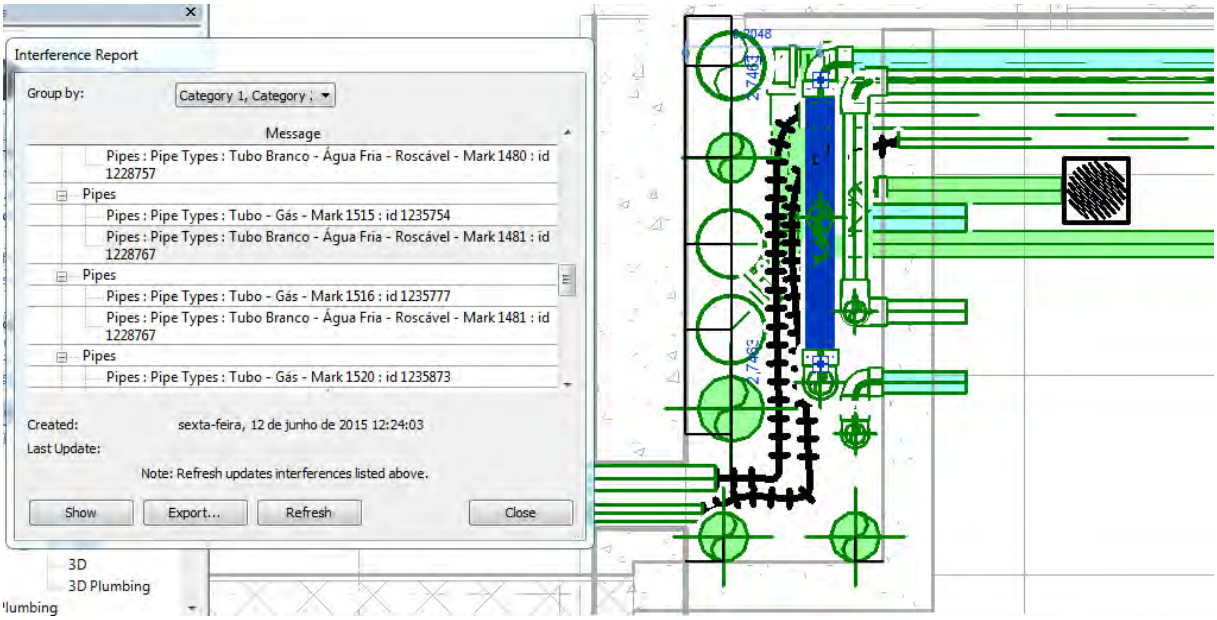
- 4 cruzamento de tubulações;
- 9 tubulações em conflito com vigas.

Pavimento Tipo:

- 10 cruzamento de tubulações;
- 17 tubulações em conflito com vigas.

Além destas, a falta de espaço no *shaft* do apartamento para as prumadas também foi detectada com o "InterferenceCheck" (Figura 10).

Figura 10 - Interferências no shaft



Fonte: Autores

Cobertura:

- 3 cruzamentos de tubulações;
- 4 tubulações em conflito com vigas.

Pode-se dizer que a função de detectar interferências do Revit ofereceu grande vantagem na identificação de conflitos, sendo capaz de identificar um número considerável das interferências relatadas.

2.2 Estimativa de custos e prazos adicionais

A seguir, serão estimados/relatados os custos extras e atrasos decorrentes das interferências entre sistemas não detectadas com antecedência à obra e que poderiam ter sido prevenidos com o uso do BIM.

2.2.1 Atrasos para busca de soluções na obra

Na obra o tempo gasto na busca por soluções variou muito de caso a caso. Houveram soluções que levaram mais de dois meses. O engenheiro da obra relatou os seguintes prazos para soluções:

- Furos nas vigas: **15 a 30 dias**, pela necessidade de solicitar autorização à diretoria da construtora para um aditivo ao orçamento na contratação da empresa extratora. Existe também o tempo de deslocamento e execução do serviço;
- Falta de espaço no *shaft* dos apartamentos para prumadas: **60 dias**. Houve necessidade da presença de técnicos e especialistas para elaboração de uma solução viável, e durante esse tempo os próximos pavimentos foram sendo executados de maneira incorreta também, para serem consertados posteriormente. Isto atrasou em 60 dias também a entrega do apartamento modelo, que só pode ser apresentado quando estivesse totalmente pronto;
- Tubulação de gás sem isolamento no *shaft* do pavimento tipo: **60 dias**. Contou com a presença de empresa distribuidora de gás, de um fabricante de compartimentos e de técnicos especializados que desenvolveram uma solução através da criação de uma caixa vedada para isolar o gás. Nesse meio tempo, as prumadas de gás não foram executadas;
- Tubulações de águas pluviais abaixo de 2,30 m no subsolo: **30 dias**. Contou com a presença de técnicos especialistas para modificar parte do traçado para elevar a tubulação. Exigiu a execução de novos furos nas vigas também;
- Cruzamento de tubulações: o engenheiro não conseguiu dar um prazo definido, pois variam muito de caso a caso. Mas afirmou que cada trecho que necessita ser reexecutado adiciona pelo menos **50% de tempo** no prazo de execução daquele trecho.

Vale lembrar que esses prazos não afetam diretamente o prazo de execução das instalações já que, enquanto as soluções são buscadas, o restante das instalações continua a ser executada. Com isso, será assumida a premissa, na fase de estimativas, de que a adição de tempo no cronograma de execução das instalações é apenas composta do tempo adicionado na reexecução de trechos da tubulação.

Quanto aos custos, pelo fato de que a construtora deste empreendimento contratar a instaladora de sistemas por preço global, a construtora não tem custo adicional pelo desperdício de materiais nem de mão-de-obra dos instaladores no aumento do prazo de execução.

2.2.2 Custos

Nesta etapa serão avaliados os custos diretos dessas interferências para a construtora, tanto financeiros quanto no prazo.

Para isso, serão utilizadas duas informações fornecidas pelo engenheiro encarregado da obra:

- Furos em vigas têm um custo de R$ 2,70/cm². A mobilização da empresa extratora custa R$ 500,00 e foi contratada para realizar em média 20 furos por visita;
- Interferências em trechos ocasionam um acréscimo de 50% no prazo de execução.

Foi realizada uma análise das interferências para constatar em quais trechos era necessário realizar novos furos nas vigas. Através dela chegou-se às seguintes quantidades:

- Subsolos: 34 novos furos;
- Térreo: 2 novos furos;
- Pavimento tipo: 4 novos furos;
- Cobertura: 1 novo furo.

No pavimento tipo, existe a necessidade de fazer os furos não somente no primeiro pavimento tipo, mas em todos em que já tiver sido executada a estrutura. No caso, o engenheiro informou que foram necessários furos nos 11 pavimentos seguintes, totalizando 12 pavimentos em que os furos foram executados.

Chegou-se a um total de 85 furos a executar.

Com base no projeto de estruturas adotou-se uma dimensão média de furos de 30x15cm, totalizando uma área de 38250 cm². Chega-se, assim, a um total de R$ 103.275,00.

Além disto, como foi necessário pelo menos 4 mobilizações devemos adicionar R$ 2000,00, chegando-se a um total de R$ 105.275,00.

Utilizando a metragem construída total do empreendimento de 37872 m² multiplicada pelo CUB/m² de São Paulo em janeiro 2014 no padrão R8-N de R$ 1100,02 (SINDUSCON-SP) estima-se o valor total do empreendimento em R$ 41.659.957,44, onde o custo com furos em viga representaria um adicional de aproximadamente 0,25%.

Para estimativa de atraso no prazo, relacionaram-se os relatórios de interferências com as planilhas de quantitativos das tubulações através do ID de cada elemento para se obter o comprimento de cada tubo com interferência está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Comprimento das tubulações com interferências

A	B	Comprimento A	Comprimento B
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 613 : id 1182951	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 859 : id 1194381	3,06	1,29
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 723 : id 1188745	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1053 : id 1201920	9,78	5,46
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 758 : id 1189781	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 798 : id 1191891	2,73	3,3
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Reforçada - Mark 816 : id 1192525	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 819 : id 1192677	5,57	2,31
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 840 : id 1193982	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1059 : id 1202431	2,57	3,1
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 982 : id 1198883	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1650 : id 1232214	7,51	3,17
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1020 : id 1201164	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1029 : id 1201412	3,18	6,2
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1026 : id 1201345	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1065 : id 1202738	6,98	5,32
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1029 : id 1201412	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1091 : id 1203497	3,02	6,53
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1031 : id 1201488	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1094 : id 1203744	4,81	3,91
Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1121 : id 1204736	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1649 : id 1232185	2,67	2,4
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1133 : id 1205234	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1651 : id 1232239	1,76	1,52
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1133 : id 1205234	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1652 : id 1232261	8,76	3,22
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1295 : id 1212237	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1327 : id 1213409	6,32	2,87
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1314 : id 1212707	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1331 : id 1213539	4,1	4,06
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1331 : id 1213539	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1333 : id 1213629	2,13	3,41
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1342 : id 1213796	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1375 : id 1214821	5,98	1,65
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1456 : id 1218672	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1459 : id 1218726	1,41	1,9
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x102 : id 170864	4,3	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 171185	2,98	0
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1495 : id 1221139	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 171260	5,32	0
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1496 : id 1221146	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 171260	15,4	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 171774	3,24	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 60x54 : id 172316	10,7	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 60x54 : id 172345	6,43	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsolosFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 172935	8,85	0

Fonte: Autores

Considerando que as interferências do pavimento tipo ocorreram não somente no primeiro pavimento, mas também em grande parte nos três pavimentos seguintes, de acordo com engenheiro, assumimos que estas deveriam ser consideradas em quatro pavimentos. Assim, somando-se os comprimentos chega-se a um total de 1.098,98m de tubulações com interferências.

Além destes comprimentos, devem-se considerar os comprimentos de interferências nos *shafts* dos apartamentos que, enquanto não foi encontrada a solução, estavam sendo executados de maneira errada. De acordo com o engenheiro houve a necessidade de corrigir 12 pavimentos tipo. Considerando 8 tubos em conflito, com 33,36m cada, chega-se a um adicional de 266,68m.

Sendo o prazo previsto para execução das tubulações de 19 meses (dezembro/2012 a julho/2014) e o empreendimento possuindo um total de 19318,29m de tubulações, chega-se a uma taxa de execução esperada de 3,89m de tubulação/hora, trabalhando 9 horas por dia, 5 dias por semana e meio período aos sábados.

Dividindo-se o comprimento total pela taxa de execução, chega-se a 351,12 horas para execução destas tubulações, sobre as quais devemos fazer um acréscimo de 50%, chegando a 526,68 horas.

Portanto, a detecção antecipada destas interferências poderia economizar 175,56 horas, ou 3,9 semanas de trabalho, quase um mês no prazo de execução das tubulações. Pelo fato da execução das tubulações ser uma tarefa que termina próximo a conclusão da obra, acredita-se que esse atraso refletiria em grande parte no prazo total de construção do empreendimento.

O empreendimento estudado atrasou um total de quatro meses, e na visão do engenheiro encarregado, as interferências foram responsáveis por aproximadamente metade deste tempo, enquanto a outra metade foi proveniente de erros de execução. Assim pode-se dizer que o modelo BIM construído seria capaz de detectar e reduzir pela metade o atraso proveniente das interferências, reduzindo assim em aproximadamente 25% o atraso total da obra, tendo um forte impacto na redução dos custos indiretos advindos deste atraso.

Já elaborar uma estimativa dos custos indiretos provenientes do atraso da obra é uma tarefa bastante complexa, e não pôde ser executado no decorrer deste trabalho porque não se conseguiu obter as informações necessárias para fazer tal estimativa. Porém, seguem abaixo alguns dos principais aspectos que devem ser considerados para elaboração deste tipo estimativa:

- Manutenção do canteiro;
- Adiamento do repasse bancário;
- Pagamento de juros;
- Indisponibilidade de profissionais para outros projetos;
- Indenizações aos clientes;
- Perda de credibilidade.

2.3 Levantamento e comparação de quantitativos

Decidiu-se fazer uma validação do processo de extração de quantitativos de um modelo BIM feito no Autodesk Revit. O método consistiu na modelagem de um edifício a partir de seus projetos em 2D e comparação de seus quantitativos com os fornecidos pelo engenheiro da obra. Também foram extraídos alguns quantitativos que o engenheiro não forneceu, como os de hidráulica, mostrando a facilidade como o software trabalha.

Começando pelo piso cerâmico, o engenheiro forneceu os valores mostrados na Figura 2 e o Revit forneceu os dados da Figura 12. Uma vantagem aqui observada é que ao selecionar na tabela do Revit as áreas de piso cerâmico, o programa as realça (azul) no modelo, facilitando sua identificação (Figura 13).

Figura 2 - Área de piso cerâmico fornecida pelo engenheiro

SERVIÇO	BANHO SUITE		Banho 1/2		Banho 3/4		COZINHA		ÁREA DE SERVIÇO		TOTAL (m²)
	UNITÁRIO	X4	UNITÁRIO	X4	UNITÁRIO	X4	UNITÁRIO	X8	UNITÁRIO	X8	
MO PISO CERÂMICO	3,11	12,44	2,93	11,72	3,24	12,98	4,64	37,13	2,46	19,65	93,92

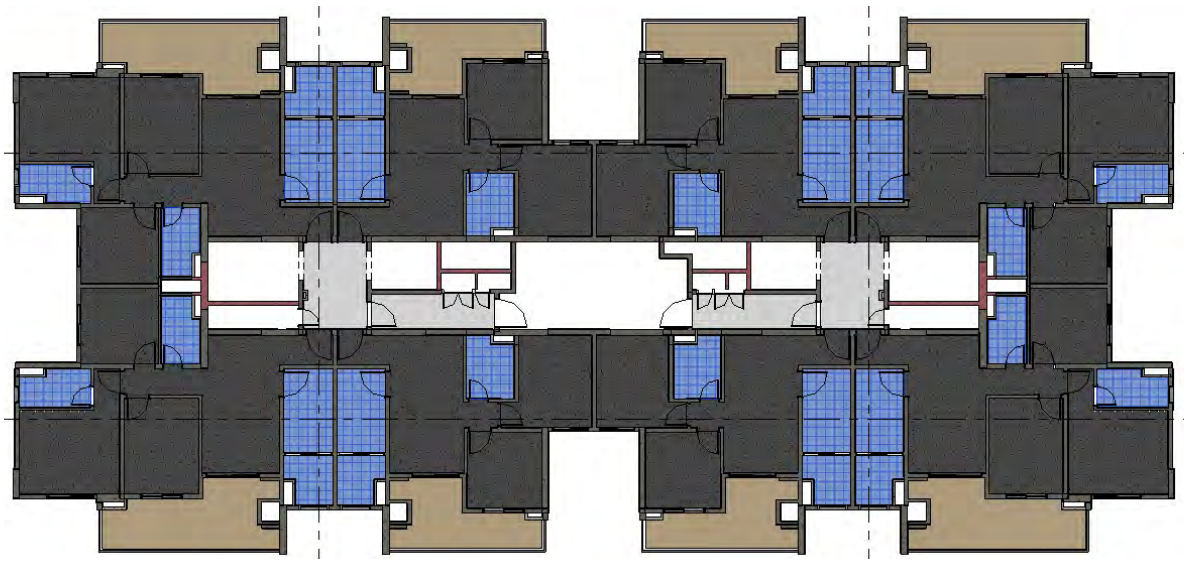
Fonte: Levantamento obra

Figura 3 - Quantitativo de materiais de piso gerado pelo Revit

PISO	
MATERIAL	**ÁREA**
Piso cerâmico	92,987 m²
Piso porcelanato Terraço	77,340 m²
Piso porcelanato Hall	22,922 m²

Fonte: Autores

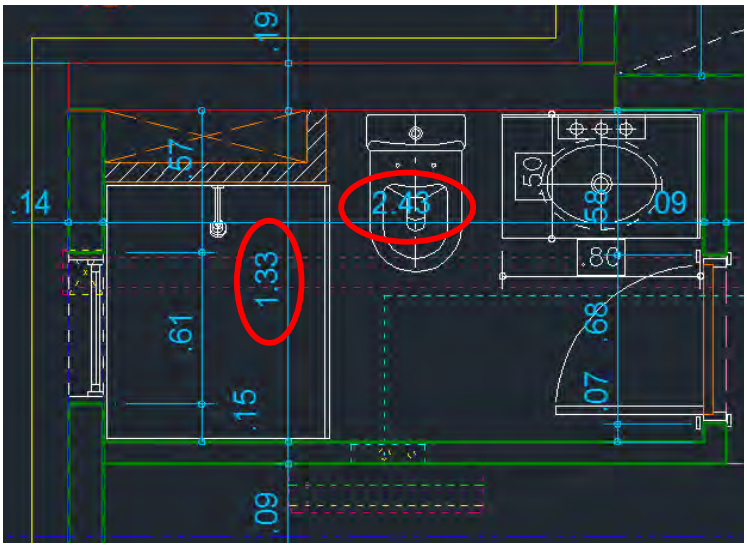
Figura 4 - Toda a área de piso cerâmico selecionada



Fonte: Autores

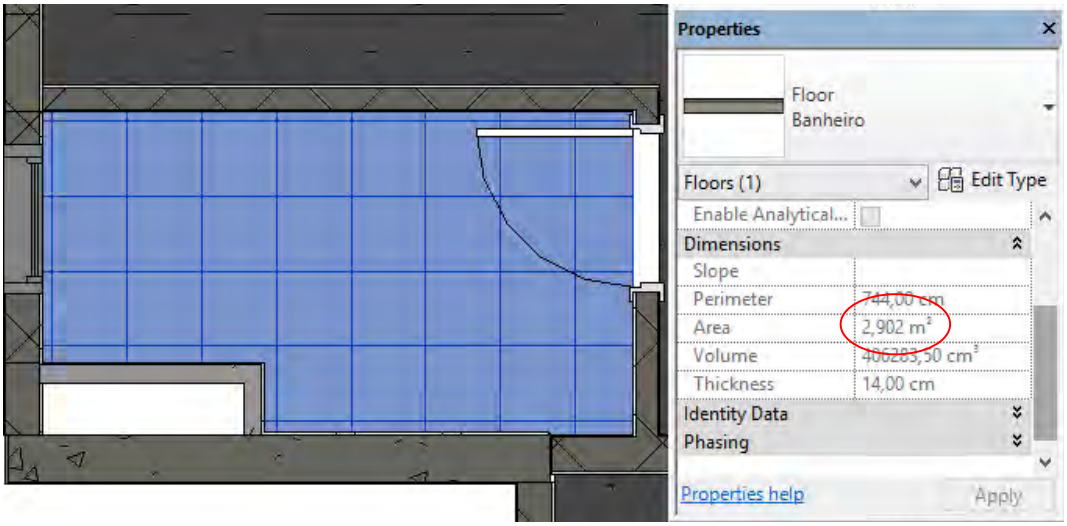
Percebe-se uma diferença de 93,92 - 92,987 = 0,933m² entre os revestimentos de piso cerâmico. Acontece que, nos cálculos do engenheiro, o banheiro da suíte foi calculado da forma (2,55*1,32) - (0,285*0,9) = 3,11m², o que é incoerente com as medidas do projeto em CAD (Figura 14). Enquanto o Revit forneceu uma área de 2,902m² (Figura), ou seja, uma diferença de 0,208m² que, multiplicada pelos 4 banheiros desse tipo, chega a 0,832m². A diferença restante de 0,933 - 0,832 = 0,101m² pode ser atribuída a erros de aproximação, considerando que ela representa 0,101*100/92,987 = 0,1% do total.

Figura 14 - Área do banheiro da suíte



Fonte: Projeto obra

Figura 15 - Área do banheiro suíte pelo Revit



Fonte: Autores

No revestimento de piso de porcelanato para o terraço, a diferença é de 80,32-77,340 = 2,98m² (Figura e Figura). Pelo cálculo do engenheiro, percebe-se que ele não subtraiu as áreas dos shafts nem das alvenarias de enchimento, o que resulta nessa diferença.

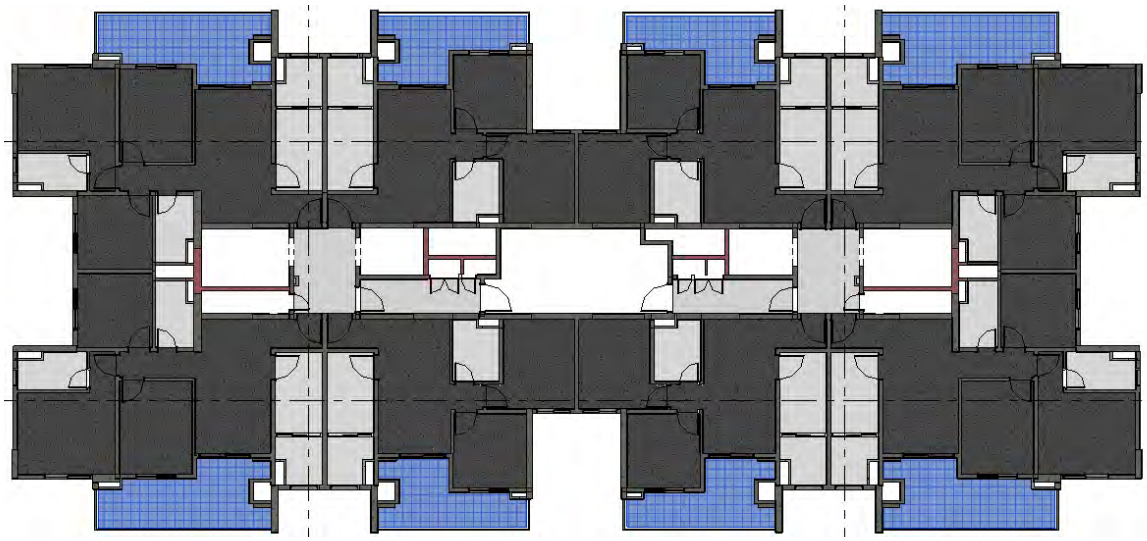
No piso porcelanato do Hall (Figura), a diferença foi de 22,96 - 22,922 = 0,038m², o que pode ser atribuído a aproximação de cálculos.

Figura 16 - Área de piso porcelanato fornecida pelo engenheiro

SERVIÇO	TERRAÇO 3/4		TERRAÇO 1/2		TOTAL (m²)	HALL SOCIAIS		HALL serv. Shaft´s		TOTAL (m²)
	UNITÁRIO	X4	UNITÁRIO	X4		UNITÁRIO	X2	UNITÁRIO	X2	
MO PISO PORCELANATO	8,56	34,24	11,52	46,08	80,32	6,39	12,78	5,09	10,18	22,96

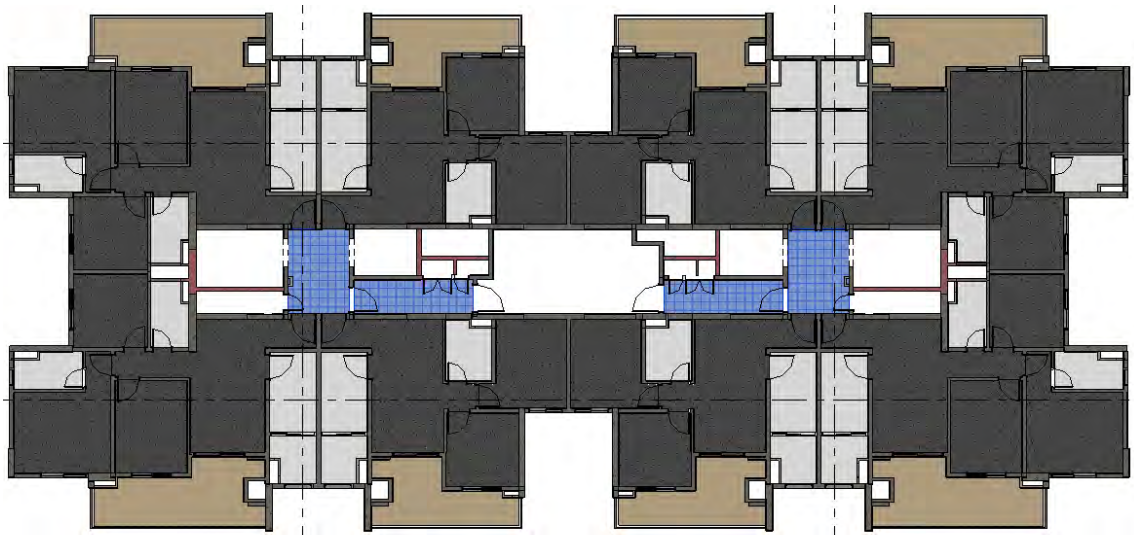
Fonte: Levantamento obra

Figura 17 - Área de piso porcelanato do terraço



Fonte: Autores

Figura 18 - Área de piso porcelanato do Hall



Fonte: Autores

Com relação ao quantitativo de esquadrias, houve diferenças nas portas de tipo M0 e M3. Enquanto no projeto de arquitetura foram contadas 3 portas M0 e 8 portas M3 (Figura), o modelo do Revit mostrou 2 portas M0 e 10 portas M3 (Figura 20).

Figura 19 - Quantitativo de esquadrias do projeto de arquitetura

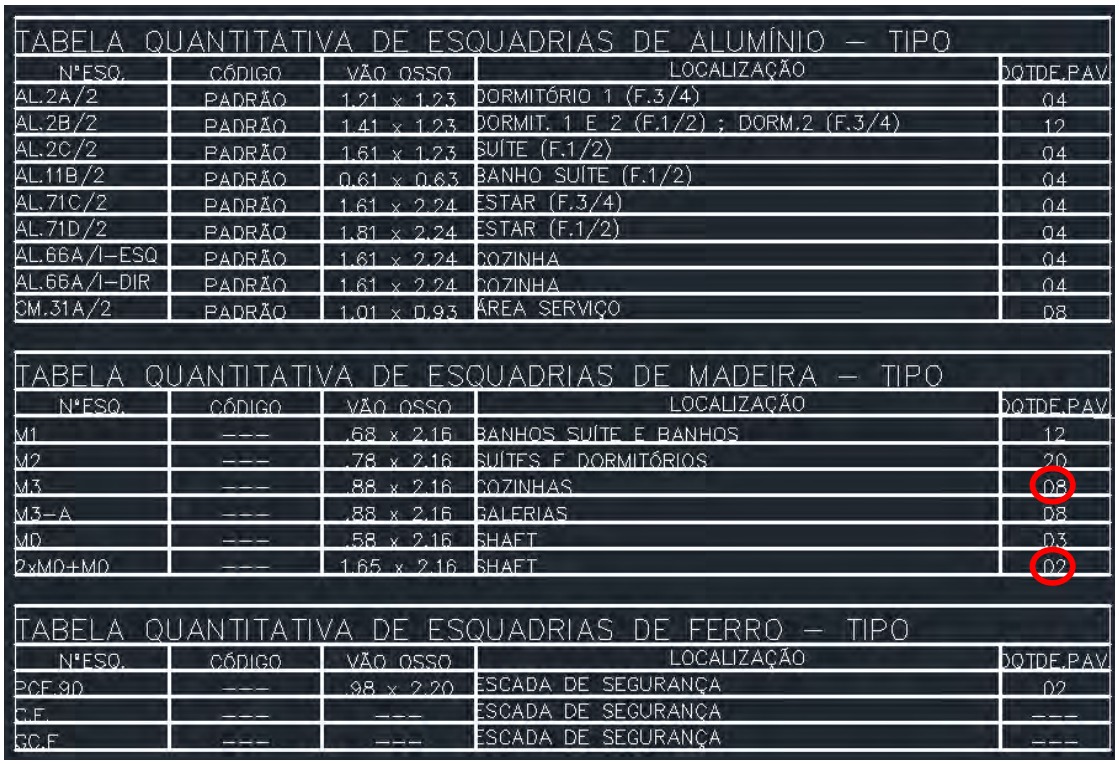


TABELA QUANTITATIVA DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO – TIPO

Nº ESQ.	CÓDIGO	VÃO OSSO	LOCALIZAÇÃO	QTDE.PAV.
AL.2A/2	PADRÃO	1.21 x 1.23	DORMITÓRIO 1 (F.3/4)	04
AL.2B/2	PADRÃO	1.41 x 1.23	DORMIT. 1 E 2 (F.1/2) ; DORM.2 (F.3/4)	12
AL.2C/2	PADRÃO	1.61 x 1.23	SUÍTE (F.1/2)	04
AL.11B/2	PADRÃO	0.61 x 0.63	BANHO SUÍTE (F.1/2)	04
AL.71C/2	PADRÃO	1.61 x 2.24	ESTAR (F.3/4)	04
AL.71D/2	PADRÃO	1.81 x 2.24	ESTAR (F.1/2)	04
AL.66A/I-ESQ	PADRÃO	1.61 x 2.24	COZINHA	04
AL.66A/I-DIR	PADRÃO	1.61 x 2.24	COZINHA	04
CM.31A/2	PADRÃO	1.01 x 0.93	ÁREA SERVIÇO	08

TABELA QUANTITATIVA DE ESQUADRIAS DE MADEIRA – TIPO

Nº ESQ.	CÓDIGO	VÃO OSSO	LOCALIZAÇÃO	QTDE.PAV.
M1	---	.68 x 2.16	BANHOS SUÍTE E BANHOS	12
M2	---	.78 x 2.16	SUÍTES E DORMITÓRIOS	20
M3	---	.88 x 2.16	COZINHAS	08
M3-A	---	.88 x 2.16	GALERIAS	08
M0	---	.58 x 2.16	SHAFT	03
2xM0+M0	---	1.65 x 2.16	SHAFT	02

TABELA QUANTITATIVA DE ESQUADRIAS DE FERRO – TIPO

Nº ESQ.	CÓDIGO	VÃO OSSO	LOCALIZAÇÃO	QTDE.PAV.
PCF.90	---	.98 x 2.20	ESCADA DE SEGURANÇA	02
C.F.	---	---	ESCADA DE SEGURANÇA	---
CC.F	---	---	ESCADA DE SEGURANÇA	---

Fonte: Projeto obra

Figura 20 - Quantitativo de esquadrias do pavimento tipo gerado pelo Revit

ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO			
Nº Esquadria	**Largura**	**Altura**	**Quantidade/pav**
Al 2A/2	121,0 cm	123,0 cm	4
Al 2B/2	141,0 cm	123,0 cm	12
Al 2C/2	161,0 cm	123,0 cm	4
AL 11/B2	61,0 cm	63,0 cm	4
AL 71C/2	161,0 cm	224,0 cm	4
AL 71D/2	181,0 cm	224,0 cm	4
CM 31A/2	101,0 cm	93,0 cm	8
AL 66A/I-ESQ	161,0 cm	224,0 cm	4
AL 66A/I-DIR	161,0 cm	224,0 cm	4
ESQUADRIAS DE MADEIRA			
Nº Esquadria	**Largura**	**Altura**	**Quantidade/pav**
2xM0+M0	165,0 cm	216,0 cm	2
M0	58,0 cm	216,0 cm	2
M1	68,0 cm	216,0 cm	12
M2	78,0 cm	216,0 cm	20
M3	88,0 cm	216,0 cm	10
M3-A	88,0 cm	216,0 cm	8
ESQUADRIAS DE FERRO			
Nº Esquadria	**Largura**	**Altura**	**Quantidade/pav**
PCF.90	98,0 cm	220,0 cm	2

Fonte: Autores

Do modelo de hidráulica, percebe-se grande facilidade para se extrair quantitativos, o que seria inviável ou, demandaria muito tempo de trabalho e muita atenção para que esse processo fosse feito manualmente a partir dos projetos em 2D feitos em CAD. Com esse quantitativo preciso, é possível obter um orçamento de materiais mais verdadeiro, podendo gerar economia com gastos excessivos para a construtora.

Qualquer quantitativo pode ser extraído de um modelo BIM feito no Revit, pois o software reconhece de forma inteligente os objetos, uma vez que esses contêm informações específicas e não são apenas entidades geométricas genéricas como o são em CAD. O programa, então, consegue fazer a associação entre os objetos, gerando tabelas automaticamente. Na Figura 21, é apresentada uma extração de quantitativo de materiais de revestimento.

Figura 21 - Quantitativo de revestimento de paredes

REVESTIMENTO PAREDES	
MATERIAL	**ÁREA**
Azulejo cerâmico banheiro	211,647 m²
Azulejo cerâmico cozinha	265,800 m²
Azulejo Hall	55,629 m²
Gesso parede	1073,101 m²
Gesso shaft	76,959 m²
Revestimento externo	549,742 m²

Fonte: Autores

3 CONCLUSÕES

No estudo de caso, na validação das interferências, constatou-se que os custos diretos que seriam evitados com a detecção de interferências no modelo BIM, teriam pouco impacto no orçamento total da obra. Porém, haveria uma considerável redução no atraso da obra, o que provavelmente teria um impacto financeiro indireto bem mais expressivo no orçamento. O uso do BIM pela empresa instaladora provavelmente traria ganhos a essa também, já que poderia não só ajustar melhor o valor do orçamento oferecido à construtora, como também detectar e ajustar antecipadamente os problemas nos projetos de sistemas prediais que deva executar, evitando atrasos e desperdício de material.

Na fase de levantamento de quantitativos, pode-se dizer que o modelo BIM economizaria uma grande quantidade de tempo, já que o método de levantamento tradicional levou quase um mês na obra, sendo executado por quatro pessoas. Usando o modelo BIM, esses quantitativos poderiam ser extraídos em alguns cliques. E, além do tempo economizado, esses quantitativos do modelo não estão sujeitos a alguns "erros humanos" como os que pudemos observar.

Mesmo em não se tratando de um empreendimento de elevada complexidade, o uso do BIM foi capaz de detectar interferências não identificadas pelos projetistas ou pela coordenação na fase de projeto.

Portanto conclui-se, a partir deste estudo de caso, que esta metodologia BIM tem grande potencial para impactar positivamente a indústria da construção civil trazendo um projeto mais completo e preciso, levando a economias de custo e prazo, se for adotada de maneira correta, tendo seus benefícios aproveitados.

REFERÊNCIAS

AZHAR, S. **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry**. Leadership and Management in Engineering, vol. 11, n. 3, p.241–252, 2011.

EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM:** um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GAO, J; FISCHER, M. **Framework and Case Studies Comparing Implementations and Impacts of 3D/4D Modeling Across Projects.** 2008.Tese de Doutorado. Stanford University.

GOES, R. H. T. B. ; SANTOS, E. T. Design coordination with Building Information Modeling: a case study. In: CIB W78-W102 2011: International Conference, 2011, Sophia Antipolis. **Proceedings of the CIB W78-W102 2011: International Conference**. Sophia Antipolis: CSTB, 2011. p. 1-10.

KREIDER, R.;, MESSNER, J.; DUBLER, C. **Determining the Frequency and Impact of Applying BIM for Different Purposes on Building Projects**, Penn State University, EUA, 2010.

UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. **Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics:** Concepts and Technologies. Information Science Reference. 2009.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O USO DO BIM PARA O PROJETO SUSTENTÁVEL[1]

MASS, Bárbara Holzmann (1); SCHEER, Sergio (2); TAVARES, Sergio Fernando (3)

(1) UFPR, e-mail: barbarahmass@gmail.com; (2) UFPR, e-mail: sergioscheer@gmail.com; (3) UFPR, e-mail: sergioftavares@gmail.com

RESUMO

Por seu consumo excessivo de matérias-primas, elevado consumo energético e quantidade de resíduos gerados, a indústria da construção civil é grande geradora de impactos ambientais. Neste contexto, há um esforço para mitigação destes efeitos negativos, buscando alternativas para criação de edificações mais sustentáveis. Este estudo, através de metodologia de revisão bibliográfica, objetiva explorar o uso do BIM – Building Information Modeling - como facilitador no processo de produção de edificações mais sustentáveis, principalmente nas etapas de projeto. Além da exposição de conceitos-chave sobre o assunto, faz-se um levantamento e breve discussão sobre estudos de casos, apresentando o resultado de aplicações práticas do BIM, visando à sustentabilidade, em outros estudos. Como resultado, verifica-se que ele pode ser uma ferramenta útil na busca por sustentabilidade, pois, usando um modelo multidisciplinar rico em dados e representações digitais, permite que decisões sejam tomadas antecipadamente, podendo ser utilizado sozinho, extraindo-se quantitativos, ou em combinação com outros programas de desempenho e Análise do Ciclo de Vida para análises mais completas. Apesar dos pontos positivos, conclui-se que a tecnologia BIM ainda possui impacto limitado no processo de edificações sustentáveis, havendo a necessidade de realização de mais estudos, além do aprimoramento e desenvolvimento de ferramentas.

Palavras-chave: BIM. Sustentabilidade. Projeto sustentável.

ABSTRACT

By excessive consumption of raw materials, high energy consumption and amount of waste generated, the construction industry is a great generator of environmental impacts. In this context, there is an effort to mitigate these negative impacts, seeking alternatives to create more sustainable buildings. This study, through the literature review method, aims to explore the use of BIM – Building Information Modeling – as a facilitator in the sustainable buildings production process, especially in the design phases. Besides the exhibition of key-concepts about the subject, some case studies are briefly reviewed, presenting the results of practical applications of BIM, aiming sustainability, in other studies. As result it is seen that BIM can be a useful tool in the search for sustainability, because, as using a multidisciplinary model full of data and digital representations, it allows decisions be made in advance. It can be used alone, to extract quantities, or in combination with other performance and LCA software for more complete analysis. Despite the positive aspects, it is concluded that BIM still has limited impact in the process of obtaining sustainable buildings, existing a need for further studies, in addition to the improvement and development of tools.

***Keywords**: BIM. Sustainability. Sustainable design.*

[1]MASS, Bárbara Holzmann; SCHEER, Sérgio; TAVARES, Sergio Fernando. O uso do BIM para o projeto sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil possui papel de destaque na economia nacional, gerando mais de 8 milhões de empregos e sendo responsável por 6,6% do Produto Interno Bruto em 2012 (CBIC, 2015). Por outro lado, ela também é destaque no consumo de recursos naturais e energia, na ocorrência de desperdícios e na geração de resíduos, causando diversos impactos ambientais negativos.

Desta forma, a construção é colocada no centro dos debates sobre desenvolvimento sustentável, havendo uma crescente discussão sobre como mitigar os impactos gerados por esta indústria. Neste contexto, há esforço por parte dos profissionais de projeto na escolha das melhores alternativas e surgem as certificações ambientais e as análises de desempenho e de ciclo de vida.

Para contribuir com a formação de conhecimento sobre o assunto, este artigo tem como objetivo explorar o uso do BIM como facilitador no processo de produção de edificações mais sustentáveis, principalmente nas etapas de projeto.

2 METODOLOGIA

A metodologia é de levantamento e revisão bibliográficos, sendo o trabalho estruturado em três etapas: (i) revisão de conceitos-chave (sustentabilidade na construção e BIM), mostrando a possível integração e colaboração entre eles; (ii) breve levantamento e discussão de estudos de casos, apresentando o resultado de aplicações práticas do BIM, visando à sustentabilidade, em outros estudos; e (iii) síntese dos resultados com elaboração de tabela.

3 CONCEITOS-CHAVE

3.1 Sustentabilidade na construção

A construção civil é grande causadora de impactos ambientais mundiais. Lachimpadi et al (2012) afirmam que ela utiliza até 60% dos materiais brutos extraídos da terra. Além disso, devido ao seu tamanho e à ineficiência de alguns de seus processos, quase todas as atividades desenvolvidas na construção são geradoras de resíduos, sendo que, segundo Wong e Zhou (2015), estes contribuem com 40% de todo o resíduo sólido gerado mundialmente. Eles também afirmam que aproximadamente 10% do uso final de toda a energia global ocorre na manufatura de materiais de construção. Segundo Graf et al (2012), os edifícios consomem mais da metade da energia usada nos países desenvolvidos. Assim, fazem-se necessárias práticas construtivas mais sensíveis ao meio ambiente, forçando os arquitetos, planejadores e construtores a considerarem o impacto ambiental dos edifícios que eles projetam e constroem.

Para mensuração do impacto ambiental de uma edificação, Graf et al (2012) afirmam podem ser utilizados valores de energia incorporada, já que

esta pode chegar a 40% de toda a energia consumida no ciclo de vida de 50 anos de um edifício. Outro parâmetro que pode ser estabelecido é o das emissões de CO2. O processo de cálculo destes valores, convencionalmente, é complicado e demorado.

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta bastante popular na avaliação dos impactos ambientais de um edifício em cada etapa do seu ciclo de vida (CRAWFORD, 2008). Segundo Barros et al (2015), por ser holística, sistêmica e rigorosa, a ACV é a metodologia preferida internacionalmente nesta investigação, auxiliando na escolha de alternativas e tomada de decisões. Ela é dividida em quatro etapas: objetivo e escopo; análise do inventário; avaliação dos impactos; e interpretação dos resultados. Para sua realização, é necessário um conhecimento especializado e uma grande grantidade de informações, necessitando do uso de métodos computacionais, várias ferramentas e diferentes profissionais.

O fluxo convencional de trabalho em ACV, segundo Barros et al (2015), se dá, primeiramente, com o desenvolvimento do projeto arquitetônico e complementares até o nível executivo pelos projetistas. Então, estes projetos são repassados ao analista ACV para que dados sejam coletados dos desenhos 2D, havendo dificuldade na extração de informações, demandando muitos recursos e estando sujeito a erros humanos. Pelo exposto, vê-se que o projeto e a ACV são feitos separadamente e sem ligação alguma.

Segundo Azhar et al (2011), tentando simplificar o processo de avaliação de impactos, muitos países iniciaram sistemas de certificação ambiental para edificações, os quais avaliam o consumo energético, eficiência hídrica, uso de materiais, etc. Por exemplo, nos Estados Unidos, tem-se o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), que é dividido em seis categorias e possui quatro níveis de certificação.

Em ambos os processos, ACV ou certificações, o CAD (desenho assistido por computador) tradicional geralmente falha na capacidade de realizar as análises de sustentabilidade necessárias nos estágios iniciais de concepção, pois apenas após a conclusão dos projetos executivos é que elas são conduzidas (devido à necessidade de grande quantidade de dados normalmente não disponíveis no início dos processos convencionais). Para Azhar et al (2011), este é um processo ineficiente, pois devem haver modificações retroativas no projeto para que se alcancem critérios de desempenho e pela utilização de métodos de tentativa e erro na previsão do desempenho ambiental.

A produção de edifícios sustentáveis requer

> (a) a introdução de novos métodos e ferramentas para avaliação de edifícios, com abordagem do edifício como um todo e melhor entendimento sobre a interação de componentes e seu desempenho geral; (b) o uso de novos materiais e novas soluções técnicas; (c) a integração de novos agentes; (d) melhor arranjo e interação de incorporadores, projetistas e construtoras; (e) novas competências e entendimento sobre construção sustentável por

> agentes envolvidos; (f) novos procedimentos, tais como caminhos para a certificação ambiental e controle da qualidade. (PAULA et al, 2013, p. 138-139)

Os planejadores devem ser capazes de tomar decisões conscientes sobre seus projetos, formulando diversos cenários com a colaboração entre os interessados. E é neste contexto que o BIM (Modelagem da Informação da Construção) surge como alternativa, já que, segundo Azhar et al (2011), permite que informações multidisciplinares sejam sobrepostas em apenas um modelo, criando uma oportunidade da incorporação de medidas sustentáveis ao longo do processo de projeto.

3.2 BIM

Segundo Eastman et al (2011), BIM é um conjunto de procedimentos informatizados de criação de um modelo único da edificação que envolve três aspectos fundamentais: modelagem paramétrica, interoperabilidade e possibilidade de gestão e avaliação do projeto ao longo do seu ciclo de vida. Ele não é um software, e sim uma tecnologia de modelagem, um processo de projeto informatizado com a criação compartilhada e colaborativa de um modelo paramétrico e orientado ao objeto da edificação.

> O BIM é considerado o processo de produção, uso e atualização de um modelo de informações da edificação durante todas as etapas do seu ciclo de vida, servindo a diferentes propósitos. Abrange e integra todas as disciplinas envolvidas no contexto construtivo, atribuindo ao modelo dados geométricos e propriedades de diferentes aspectos. Seu caráter tridimensional, paramétrico e de armazenamento facilita a execução de simulações e análises, além de colaborar com a visualização, desenvolvimento e geração da documentação do projeto. (MACHADO et al, 2015, p. 528)

Segundo Kivits e Furneaux (2013), no BIM, a informação, criada apenas uma vez, pode ser reutilizada diversas vezes, resultando em eliminação de retrabalho, menos erros e mais consistência. Com ele, um modelo virtual da edificação é criado a partir de objetos com informações geométricas e textuais que simulam o comportamento dos elementos construtivos reais (OLIVEIRA et al, 2015). Machado et al (2015) afirmam que ele proporciona uma visão sistêmica e integrada da construção, havendo possibilidade de redução de custos, antecipação de soluções e realização de testes de variáveis nos estágios iniciais de projeto.

Para Oliveira et al (2015), o BIM permite a abordagem de todo o ciclo de vida das edificações, possibilitando análises preliminares do comportamento da edificação em cada etapa do ciclo. Desta forma, ele pode aproximar os estudos de impactos ambientais com a atividade de construção, promovendo maior integração entre os dois.

4 BIM E SUSTENTABILIDADE

Para Barros et al (2015), Marcos (2009), Jrade e Jalaei (2013), Dowsett e Harty (2013) e Azhar et al (2011), uma parcela significativa dos impactos do ciclo de vida de uma edificação é determinada pelas decisões tomadas no início do projeto, sendo as escolhas feitas nesta fase as mais efetivas em relação à sustentabilidade. Porém os métodos convencionais não suportam tais decisões antecipadas, com análises de desempenho sendo realizadas apenas após a conclusão do projeto, existindo a necessidade de mudanças retroativas. Azhar et al (2009) afirmam que para realizar análises nos estágios iniciais de projeto de forma realista, deve-se ter acesso a informações, como: forma da edificação, materiais, contexto e sistemas técnicos. Neste contexto, o BIM pode ajudar, pois permite a multidisciplinaridade de informações em um único modelo rico em dados e representações digitais paramétricas da edificação. Dele podem ser extraídos e analisados dados apropriados a vários usuários com necessidades específicas, gerando informações que podem ser usadas na tomada de decisões.

Segundo Jrade e Jalaei (2013), a combinação de estratégias de projeto sustentável e da tecnologia BIM tem o potencial de mudar as práticas tradicionais de projeto e de produzir edifícios de alto desempenho. Marinho (2014) afirma que o uso de BIM buscando a sustentabilidade permite: a otimização do uso de energia, água, solo e materiais em análises integradas e precisas; o estudo de alternativas de projeto com maior antecedência no processo; e o monitoramento, acompanhamento e melhoramento do desempenho usando modelos 3D inteligentes. Ainda, Dowsett e Harty (2013), Azhar et al (2009) e Marinho (2014) afirmam que o BIM torna as informações necessárias ao projeto sustentável disponíveis de forma rotineira, como um subproduto do processo existente.

Para Carvalho e Scheer (2015), a parametrização de um modelo BIM permite que, durante a elaboração do projeto, sejam simulados indicadores de sustentabilidade, os quais auxiliam na tomada de decisões e permitem discussões para ajustes e melhorias no projeto. Outra vantagem é a antecipação de problemas, ineficiências e erros muitas vezes percebidos apenas no canteiro de obras, que pode gerar a redução nos custos da construção e no gasto de materiais, havendo ganho na qualidade das obras e economia de recursos, favorecendo a sustentabilidade das edificações (LIU et al, 2015; CARVALHO; SCHEER, 2015).

Em relação à integração do BIM com ferramentas de ACV, pode haver maior controle e entendimento de alternativas e resultados que visam à sustentabilidade (MACHADO et al, 2015), pois, segundo Barros et al (2015), as metas e usos do BIM são determinados logo no início do processo de projeto e repassadas para toda a equipe envolvida, sendo a ACV considerada desde o início. Então, o modelo é transferido ao analista ACV, que extrai dele os dados necessários para a análise (quantitativos de materiais, distâncias médias de transporte de materiais, energia usada na construção, entre outros). O processo automatizado resultante desta integração permite

eficiências nos procedimentos de ACV e viabilização de mudanças antes da construção.

Segundo Kriegel e Nies (2008), o BIM pode auxiliar nos seguintes aspectos do projeto sustentável: (i) orientação da edificação, selecionando a melhor orientação que resulta em custo energético mínimo; (ii) massa da edificação, analisando a forma da edificação e otimizando seu envelope; (iii) análise de luz do dia; (iv) consumo de água, para reduzir a necessidade de água da edificação; (v) modelagem energética, para reduzir a necessidade de energia e analisar opções de fontes renováveis, como energia solar; (vi) materiais sustentáveis, para reduzir a necessidade de materiais e usar aqueles reciclados.

5 ESTUDOS DE CASOS

Após revisão, em bibliografia técnica, da possível relação entre BIM e sustentabilidade, este artigo faz uma breve compilação de estudos conduzidos por diversos autores visando esta integração.

González e Figueira (2016) fizeram pesquisa com o software CYPE, constituído por diversos módulos interligados. Após a elaboração e introdução do modelo, ele permite a realização de simulações, obtendo-se dados térmicos e acústicos, além da ACV. Quaisquer alterações no modelo repercutem automaticamente nas análises realizadas. Segundo os autores, a junção das três análises em uma única ferramenta permitiu maior integração e simplicidade nas simulações.

Em estudo de caso da Sidney Opera House, Kivits e Furneaux (2013) verificaram que o uso de BIM promove uma representação mais precisa da edificação em um ambiente integrado de dados. Perceberam ainda que os processos são mais rápidos e efetivos (pelo fácil compartilhamento e reuso das informações) e que todo o ciclo de vida é controlado em termos de custos e dados ambientais.

Pires et al (2012) utilizaram, de forma integrada, pacotes BIM (Revit) e programas de simulação (Energy Plus) objetivando investigar a viabilidade da redução do consumo de energia elétrica em edificação selecionada. Verificaram que, apesar de o Revit possuir ferramenta de exportação de modelos, esta integração ainda não é realizada adequadamente. A utilização do Energy Plus foi dificultada, pois necessitou que o volume do modelo fosse simplificado para realização da simulação.

Barros et al (2015) fizeram uma comparação entre um fluxo de trabalho em ACV convencional e um com auxílio de BIM, buscando verificar o impacto da adoção de BIM para avaliação dos índices de energia incorporada no ciclo de vida de edificações. Concluíram que há impactos positivos no segundo caso, tanto no processo de projeto quanto na coleta de dados, afirmando que o BIM se mostrou uma ferramenta confiável ao medir o desempenho e impactos ambientais de uma edificação.

Machado et al (2015) também avaliaram as potencialidades da integração do BIM ao método de ACV. Eles identificaram benefícios, como: (i) na análise do inventário, o BIM pode auxiliar na quantificação automática dos insumos e na inserção de parâmetros para correlação de cada componente construtivo com seu fator de consumo e emissão de CO2; (ii) na avaliação dos impactos, ele pode exportar dados automaticamente para produção de documentação, além de promover visualização integrada dos impactos mensurados. Além de observarem que a combinação de ferramentas é valiosa ao se estruturarem cenários de previsão de impactos através de simulações e análises de modelos virtuais, eles concluíram que se deve aprimorar a interoperabilidade entre as ferramentas correlatas.

Graf et al (2012) construíram um modelo com o Revit, inserindo dados de energia incorporada e emissão de CO2 (previamente calculados), criando parâmetros compartilhados. Comparando os resultados obtidos através de cálculos pelo método convencional, perceberam que os resultados fornecidos pelo software BIM se mostraram coerentes, considerando-o um recurso útil na obtenção de resultados de impactos ambientais e de apoio a decisões de projeto que buscam sustentabilidade.

Azhar et al (2011) realizaram uma pesquisa que visa demonstrar formas de os projetistas usarem BIM para análises que buscam certificação LEED. O estudo desenvolveu uma plataforma conceitual da relação do BIM com o processo LEED, validando-a através de um estudo de caso. Os autores encontraram que a documentação para 17 créditos LEED e 2 pré-requisitos pode ser direta ou indiretamente preparada explorando-se software BIM. Eles afirmam que devido à limitada disponibilidade de dados da edificação, apenas 5 créditos e 1 pré-requisito puderam ser validados no estudo de caso. Também concluíram que não há relacionamento direto (um-a-um) entre o LEED e análises via BIM, mas que estes programas geram resultados muito rapidamente se comparados a métodos tradicionais.

6 RESULTADOS

Analisando a relação entre sustentabilidade e BIM pesquisada em literatura técnica e nos casos conduzidos por pesquisadores, percebe-se que ele pode ser uma ferramenta útil, permitindo redução de erros, geração de dados automática, resultados mais rápidos, tomada de decisões e escolha de alternativas antecipada, e acompanhamento do ciclo de vida. Para isto, o projetista deve ter seus objetivos alinhados no início do projeto, considerando quais as análises pretendem desenvolver e quais programas irá utilizar. Se for apenas um, escolher aquele que possua todas as ferramentas que necessita para modelar a edificação e conduzir suas análises. Se escolher dois ou mais, verificar, além da possibilidade de realizar o que se necessita, quais programas possuem maior compatibilidade entre si, visto que a interoperabilidade pode ser um problema.

Abaixo, tem-se a tabela 1, com um resumo dos conceitos e resultados obtidos.

Tabela 1 – Síntese dos resultados

Tópico	**Descrição**	**Considerações**	
PROCESSO DE PROJETO E MODELAGEM	Modelo 3D paramétrico único, elaborado colaborativamente	Representação precisa	Redução de erros
		Mudanças repercutem automaticamente	
		Simulação de orientação, massa, luz solar, consumo hídrico e energético, materiais	Decisões antecipadas, alternativas
		Dados disponíveis automaticamente, processo mais rápido e fácil	
		Inserção de parâmetros (CO2, energia)	
CICLO DE VIDA	Acompanhamento	Controle de custos	
		Controle de dados	
ACV E DESEMPENHO	Metas definidas no início	Maior integração, eficiência e controle	
	Quantificação e exportação de dados		
	Processo automatizado		
INTEGRAÇÃO	Uma ferramenta	Análise simplificada	Sem problemas de compatibilidade
		Pode ser insuficiente	Análise pode requerer recursos não disponíveis
	Duas ou mais ferramentas	Análise mais completa	Combinação de recursos
		Integração inadequada	Problemas de exportação Complexidade modelos
CERTIFICAÇÃO	Auxílio na busca por certificação LEED	Resultados mais rápidos	
		Obtenção direta ou indireta de documentos	

Fonte: Os autores

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O BIM pode ser útil na busca pela sustentabilidade, pois permite a multidisciplinaridade de informações em um único modelo rico em dados e representações digitais. Dele podem ser extraídos e analisados dados apropriados a vários usuários com necessidades específicas, gerando

informações que podem ser usadas na tomada de decisões visando a melhoria do desempenho da edificação e sustentabilidade. Ele pode ser usado tanto sozinho quanto em combinação com outros programas para análises mais completas.

Apesar dos pontos positivos e do potencial relacionamento entre BIM e sustentabilidade, os estudos de caso apontam que ainda há limitações e incertezas devido a problemas de representação geométrica inadequada**,** limitação de interoperabilidade, nível de detalhes do modelo, entre outros. Ainda há necessidade de aperfeiçoamento metodológico e operacional dos procedimentos, se fazendo necessário o desenvolvimento de plataformas mais robustas e sofisticadas. Por isto, e por ainda estar em fase inicial de aplicação dentro do tema, a tecnologia BIM possui impacto limitado no processo de edificações sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AZHAR, S.; BROWN, J.; FAROOQUI, R. BIM-based sustainability analysis: an evaluation of building performance analysis software. In: ASC Annual International Conference. **Proceedings...** Florida, 2009.

AZHAR, S.; CARLTON, W.A.; OLSEN, D.; AHMAD, I. Building Information Modeling for sustainable design and LEED rating analysis. **Automation in Construction,** v. 20, p. 217-224, 2011.

BARROS, N.N.; RUSCHEL, R.C.; SILVA, V.G. Impacto da adoção de BIM na avaliação de energia incorporada do ciclo de vida de edificações. In: IV Simpósio Brasileito de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 4., 2015, Viçosa. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

CARVALHO, H.J.S.; SCHEER, S. A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição. In: Encontro Brasileito de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Banco de dados. **PIB e Investimento:** PIB Brasil e Construção Civil**.** Disponível em: http://www.cbicdados.com.br/menu/ pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil. Acesso em: nov. 2015.

CRAWFORD, R.H. Validation of a hybrid life-cycle inventory analysis method. **Journal of Environmental Management,** v. 88, p. 496-506, 2008.

DOWSETT, R.M.; HARTY, C.F. Evaluating the benefits of BIM for sustainable design: a review. In: Annual ARCOM Conference, 29., set. 2013. **Proceedings...** Reino Unido, 2013.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook:** a guide to building information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

GONZÁLEZ, B.; FIGUEIRA, R. **Software BIM para análise de ciclo de vida, compatível com o estudo térmico e acústico do edifício.** Disponível em: http://docplayer.com.br/11105148-Software-bim-para-a-analise-de-ciclo-de-vida-compativel-com-o-estudo-termico-e-acustico-do-edificio.html. Acesso em: jan. 2016.

GRAF, H.F.; MARCOS, M.H.C.; TAVARES, S.F.; SCHEER, S. Estudo de viabilidade do uso de BIM para mensurar impactos ambientais de edificações por energia incorporada e CO2 incorporado. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Juiz de Fora, 2012.

JRADE, A.; JALAEI, F. Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage. **Building Simulation,** v. 6, n. 4, p. 429-444, dez. 2013.

KIVITS, R.A.; FURNEAUX, C. BIM: enabling sustainability and asset management through knowledge management. **The Scientific World Journal,** v. 2013, p. 1-14, 2013.

KRIEGEL, E.; NIES, B. **Green BIM**. Indianapolis: John Wiley & Sons Inc., 2008.

LACHIMPADI, S.K.; PEREIRA, J.J.; TAHA, M.R.; MOKHTAR, M. Construction waste minimisation comparing conventional and precast construction (Mixed System and IBS) methods in high-rise buildings: A Malaysia case study. **Resources, Conservation and Recycling,** v. 68, p. 96-103, 2012.

LIU, S.; MENG, X.; TAM, C. Building information Modeling based Building design optimization for sustainability. **Energy and Buildings,** v. 105, p. 139-153, 2015.

MACHADO, F.A.; SIMÕES, C.C.; MOREIRA, L.C.S. Potencialidades da integração do BIM ao método de Avaliação do Ciclo de Vida das edificações. **SIBRAGEC ELAGEC 2015.** São Carlos, 2015.

MARCOS, M.H.C. Análise da emissão de CO2 em edificações através do uso de uma ferramenta CAD-BIM. In: SIGraDi 2009 – 13th Congresso of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, 13., 2009, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2009.

MARINHO, A.J.C. **Aplicação do Building Information Modeling na gestão de projetos de construção.** 63p. Dissertação (Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis), Universidade do Minho, 2014.

OLIVEIRA, E.; SCHEER, S.; TAVARES, S.F. Avaliação de impactos ambientais pré-operacionais em projetos de edificações e a Modelagem da Informação da Construção. In: TIC, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

PAULA, N.; UECHI, M.E.; MELHADO, S.B. Novas demandas para as empresas de projeto de edifícios. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 137-159, jul./set. 2013.

PIRES, J.R.; GONZÁLEZ, M.A.S.; ROOS, L.S.; BRENNER, B.L.; KERN, A.P. Investigação da viabilidade da redução do consumo de energia elétrica em edificações residenciais verticais através de soluções de conforto ambiental passivo – Bento Golçalves/RS. In: XIV ENTAC, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 2012.

WONG, J.K.W.; ZHOU, J. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: a review. **Automation in Construction,** v. 57, p. 156-165, 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

A MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO NA GESTÃO DE ESPAÇOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR[1]

MELLO, Gianine Pivetta (1); SCHRAMM, Fábio Kellermann (2)

(1) UFPel, e-mail: gianine.mello@gmail.com; (2) UFPel, e-mail: fabioks@ufpel.edu.br

RESUMO

O Ensino Superior no Brasil passou por uma fase de ampliação a partir da implementação de Programas promovidos pelo Governo Federal, que refletiu na necessidade de incremento da infraestrutura física das Instituições de Ensino Superior (IES), especialmente Federais, com a construção de novos prédios e campi. A gestão de espaços (GE) eficiente pode promover o uso racional dos espaços, reduzindo a necessidade de novas construções. Dentre os componentes da GE, a informação é um dos mais importantes e depende de formas adequadas de coleta e gestão de dados. Porém, geralmente as informações estão dispersas entre diferentes setores, sem precisão e uniformidade na atualização. Nesse cenário, a tecnologia da Modelagem da Informação da Construção (BIM) representa uma oportunidade de melhoria no processo de GE, pois permite armazenamento, compartilhamento e recuperação de informações contidas em um modelo virtual da edificação. Este artigo discute o emprego do BIM como ferramenta de apoio à GE, apresentando um estudo de caso realizado em Instituição Federal de Ensino Superior, no qual a modelagem BIM concentrou informações de diferentes origens, formatos, objetivos e usuários, visando melhorar a confiabilidade das mesmas.

Palavras-chave: Gestão de Espaços. Modelagem da Informação da Construção. Espaços acadêmicos.

ABSTRACT

Higher education in Brazil has experienced through an expansion phase, by the implementation of some programs sponsored by the Federal Government. This expansion reflected in the increase of the physical infrastructure of Higher Education Institutions (HEIs), especially the Federal ones, through the construction of new buildings and campuses. The Space Management (SM) can promote the efficient space usage, reducing the need for new construction. Information is an important component of SM, requiring appropriate forms of collection and management of spaces data. However, usually the information is spread among many sectors, without accuracy and uniform update. In this scenario, the Building Information Modeling technology (BIM) is an opportunity to improve the SM process, since it allows the storage, sharing and retrieval of information in a virtual building model. This article discusses the use of BIM in supporting the SM process presenting a case study in a Higher Education Federal Institution, where the BIM modelling allowed to concentrate information from many sources, formats, purposes and users, improving their accuracy and reliability.

***Keywords**: Space Management. Building Information Modeling. Academic spaces.*

[1] MELLO, Gianine; SCHRAMM. A modelagem da informação da construção na gestão de espaços em Instituições de Ensino Superior. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O Ensino Superior no Brasil experimentou recente processo de expansão, a partir da implantação de programas governamentais que estimularam o desenvolvimento de Instituições privadas e públicas, visando aumentar o acesso e permanência no Ensino Superior. Um destes programas, o REUNI (Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais), executado entre 2007 e 2012, proporcionou crescimento da ordem de 106 para 124 Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), de 148 para 216 campi e incremento de 111% de vagas, através, entre outros, da otimização do uso da infraestrutura física existente e da ampliação de aproximadamente três milhões de metros quadrados, distribuídos entre salas de aula, laboratórios, bibliotecas e obras de infraestrutura (BRASIL, 2012).

Universidades são organizações complexas, possuindo espaços em constante processo de modificação, exigindo formas adequadas de planejamento e gestão (ESTEVES, 2013).

Na relação entre objetivos de ensino e espaços acadêmicos há interação entre questões gerenciais, financeiras e de uso dos espaços, uma vez que a infraestrutura física é uma das bases da produção acadêmica, garantindo estabilidade às suas atividades (SPACE MANAGEMENT GROUP, 2006). Porém, o dinamismo das IES soma-se à falta de gestão de sua infraestrutura (CRUZ; LAHORGUE, 2007).

A expansão das IFES aumentou o número de cursos, assim como de usuários, resultando em maior complexidade na gestão das instituições e, consequentemente, de seus espaços, evidenciando a necessidade de novas abordagens no gerenciamento desses espaços, através de processos, métodos e ferramentas adequados.

A Gestão de Facilidades (GF) é o processo que busca assegurar que instalações e serviços relacionados apoiem adequadamente as atividades principais de uma organização (ALEXANDER, 1996). Entre as responsabilidades compreendidas pela GF, a Gestão de Espaços (GE) é o processo pelo qual espaços produtivos fornecem serviços, equipamentos, segurança e conforto, a fim de garantir máxima eficiência das atividades da organização (BOOTY, 2009).

Nas IES, a GE influencia na eficiência dos espaços acadêmicos, permitindo a intensificação do uso, o atendimento rápido às necessidades dos usuários e a adequação entre espaços disponíveis e requisitos das atividades (NATIONAL AUDIT OFFICE, 1996).

Constantes modificações na estrutura e uso dos espaços implicam na permanente coleta e atualização de dados, evidenciando a importância de gerenciar informações da edificação ao longo do ciclo de vida (TEICHOLZ, 2013). No âmbito das IES, informações devem estar organizadas em uma base de dados precisa e flexível, fundamentada nos objetivos da Instituição (GRIMLEY; STELLAE, 2002).

Nesse sentido, a tecnologia de Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM) possibilita a construção digital da edificação (modelo BIM), inserindo dados e atributos estruturados, organizados e conectados entre si (TEICHOLZ, 2013). O BIM é considerado eficiente ferramenta na GF, pois possibilita o compartilhamento de informações de diversos componentes entre diferentes equipes (SABOL, 2008).

A partir desse contexto, este artigo busca discutir a importância da informação nos processos de GE e o potencial da utilização de modelos BIM como apoio a esse processo. A partir de um estudo de caso desenvolvido em uma IFES, buscou-se estabelecer quais informações e em que nível de detalhe estas devem estar presentes no modelo BIM, para que este apoie a GE.

Este trabalho é parte da pesquisa de mestrado intitulada "Proposição de diretrizes para a implantação da Gestão de Espaços apoiada pela tecnologia BIM em Instituições de Ensino Superior", integrante do projeto de pesquisa "Diretrizes para a Implantação de um Sistema de Gestão de *Facilities* baseado na Tecnologia BIM em Instituições de Ensino Superior – FacBIM", financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gestão de Facilidades

Gestão de Facilidades (GF) diz respeito ao gerenciamento de atividades que combinam diferentes áreas relativas à edificação, instalações e serviços, garantindo funcionalidade aos ambientes (ANTONIOLI, 2003).

A informação na GF é obtida através da coleta, manipulação e organização de dados brutos (*INTERNATIONAL FACILITIES MANAGEMENT ASSOCIATION*, 2012), coletados em diferentes fontes: espaços de trabalho, estrutura organizacional e de pessoal, processos produtivos e infraestrutura (McGREGOR; THEN, 2003).

A informação é gerenciada através da integração de sistemas de dados em todas as fases do ciclo de vida da edificação (ALEXANDER, 1996), utilizando diferentes tecnologias para que informação de qualidade seja produzida, estruturada e comunicada (TEICHOLZ, 2014).

Neste sentido, a Gestão de Facilidades Apoiada por Computador (*Computer Aided Facilities Management* – CAFM) vem incluindo tecnologias que integram processos e sistemas a ferramentas gráficas e serviços, podendo estar baseadas em internet (BEST; LANGSTON; VALENCE, 2003).

2.2 Gestão de Espaços

Conforme Booty (2009), a Gestão de Espaços (GE) é uma atividade da GF que define atributos físicos e padrões de espaços, auxiliando na eficiência dos ambientes produtivos.

O escopo da GE abrange aspectos como flexibilidade do espaço, qualidades estéticas e perspectiva de ciclo de vida, influenciando no aumento da produtividade dos usuários (BEST; LANGSTON, VALENCE, 2003). Os elementos orientadores da GE são: os usuários, as características e a configuração da edificação, o tipo de gestão, e a tecnologia necessária e disponível nos espaços (BRITISH COUNCIL FOR OFFICES, 2004).

No âmbito das IES, a Gestão de Espaços proporciona melhoria na relação entre espaço físico e atividades acadêmicas. Fundamentada na informação, a GE é organizada pelos seguintes componentes: banco de dados amplo (dados físicos e de uso dos espaços), avaliação funcional baseada em demandas, dados acadêmicos e atualização eficiente (GRIMLEY; STELLAE, 2002).

A eficiência dos espaços acadêmicos deve estar entre as metas institucionais. e sua análise auxilia a tomada de decisões que buscam: intensificar o uso dos ambientes, reduzir a demanda por espaços, equilíbrar demandas e espaços e agilizar resposta às modificações de requisitos (SPACE MANAGEMENT GROUP, 2006b).

2.3 Modelagem da Informação da Construção

A tecnologia BIM possibilita a representação digital precisa, em 3D, de sistemas e subsistemas de uma edificação, ligada a um banco de dados capaz de relacionar informações associadas a componentes da edificação (SABOL, 2008).

Segundo Eastman *et al.* (2014), os modelos BIM elaborados para uso na fase de operação da edificação possuem escopo e nível de detalhes definidos pela GF, sendo utilizados pela CAFM por representar geometria, relações espaciais, quantidades e propriedades de componentes, simulando o ciclo de vida da edificação (ATKINS; BROOKS; 2009).

O modelo BIM para GE qualifica a visualização e diversificação da informação para vários tipos de usuários (KYMMEL, 2008), podendo informar características dos espaços e seus usos, dados sobre usuários, equipamentos, energia, segurança, telecomunicações e infraestrutura (TELES, 2013).

3 MÉTODO

O Estudo de Caso foi utilizado por adequar-se à investigação e compreensão de fenômenos e problemas contemporâneos através de abordagens empíricas e holísticas (YIN, 2010). O trabalho foi organizado em quatro etapas: revisão de literatura, etapa exploratória, etapa de desenvolvimento e etapa análise e reflexão.

A primeira etapa construiu a base teórica acerca da GF, GE e tecnologia

BIM, identificando conceitos, métodos e ferramentas que colaborassem na discussão proposta.

Na etapa exploratória definiu-se o contexto (IES), a edificação a ser estudada e selecionou-se os softwares para modelagem BIM e CAFM. Ainda, através de um diagnóstico do processo de GE da IES, foram propostas diretrizes preliminares de modelagem, objetivo do modelo, definição e nível de detalhamento de informações necessárias. A modelagem BIM foi executada e avaliada nesta fase.

Na etapa de desenvolvimento houve a construção e teste do modelo de GE no software CAFM, buscando utilizar as informações inseridas, relacionando-as com as demandas e finalidade do modelo.

A etapa de análise e reflexão avaliou a utilização do modelo, comparando com os objetivos propostos. Também identificou dificuldades do processo e o apoio do modelo BIM em relação às informações necessárias à GE.

Foram utilizadas como fontes de evidência:

a) revisão documental – arquivos digitais relacionados à edificação e seu uso, coletados em setores administrativos e unidades acadêmicas. Subsidiou o processo de modelagem;

b) entrevistas semiestruturadas – coletou informações de setores envolvidos nos processos de GE, identificando atribuições, fluxo de atividades e interdependências. Fundamentou o diagnóstico do processo de GE e os objetivos do modelo;

c) levantamento – integrou informações relacionadas à estrutura da edificação e componentes dos espaços (mobiliários e equipamentos), colaborando com a modelagem BIM e CAFM.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Descrição da IES

A IFES estudada está localizada em Pelotas, no Estado do Rio Grande do Sul. Estrutura-se em seis *campi* e vinte e duas Unidades Acadêmicas dispersas em um raio de 7 quilômetros. A partir do REUNI, o acréscimo de vagas foi de 121,9% e de 80,4% no número de cursos de graduação. Atualmente são ofertadas aproximadamente 4520 vagas em 93 cursos de graduação presenciais, totalizando 15.108 alunos presenciais matriculados. A estrutura física incorporou 18,79% de área construída e totaliza 182.761,72 metros quadrados em 156 prédios (UFPel, 2015).

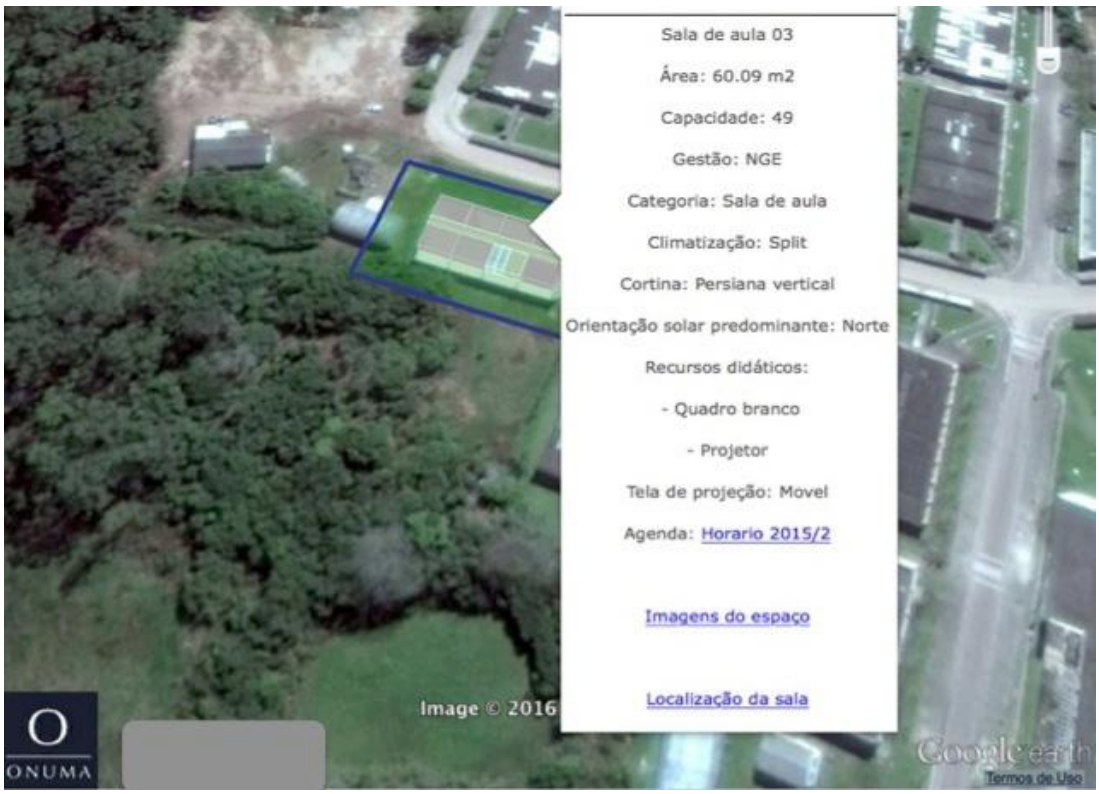
4.2 Descrição das ferramentas

A modelagem BIM utilizou o *software* Autodesk Revit. A modelagem CAFM foi executada no *software Onuma Planning System*, baseado em internet, que proporciona armazenamento, gerenciamento e compartilhamento de informações.

Este *software* estrutura as informações nos níveis: edificação (informações gerais e relacionadas à estrutura física), espaços (atributos de cada ambiente) e componentes (características de mobiliários e equipamentos). As possibilidades de inclusão de informações são: caixa de seleção, campo de texto, link externo e anexação de arquivo (planilhas, imagens, etc).

Além disso, possibilita inserir os modelos na base do Google Earth, referenciando-os geograficamente e disponibilizando informações dos espaços (Figura 1).

Figura 1 – Acesso a informações através do Google Earth



Fonte: autores (2016)

4.3 Processo de Gestão de Espaços da IES

Duas Pró-reitorias atuam na gestão dos espaços acadêmicos: Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento (PROPLAN), através do Núcleo de Gestão de Espaços (NGE) e da Coordenação de Obras Planejamento Físico (COPF) e Pró-Reitoria de Infraestrutura (PRAINFRA), através da Coordenação de Gestão de Manutenção (CGM) e da Coordenação de Gestão Ambiental (CGA).

Entrevistas semiestruturadas e análises documentais realizadas nesses setores forneceram base para o diagnóstico da GE na Instituição. O Quadro 1 sintetiza as atribuições de cada setor, que auxiliaram na definição dos objetivos e seleção de informações do modelo.

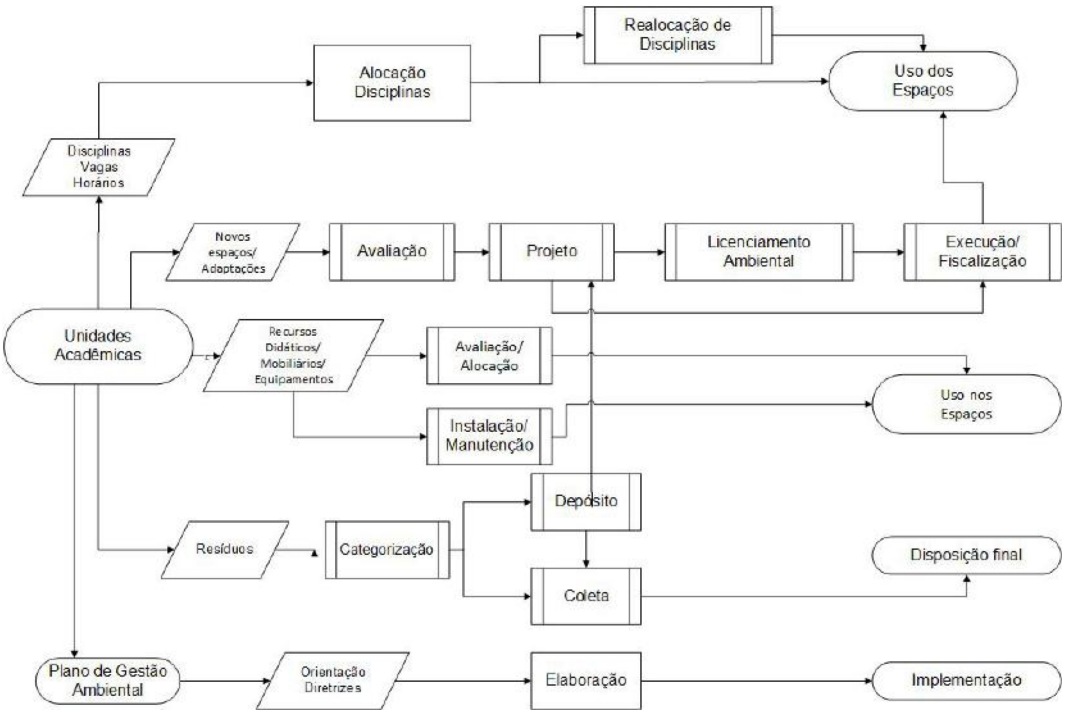
Quadro 1 – Síntese das atribuições dos setores envolvidos na GE

SETOR	ATRIBUIÇÕES
NGE	- Gerenciar ocupação, eficiência de uso e qualidade dos espaços acadêmicos; - Avaliar necessidade de novos espaços e adequação dos espaços existentes às atividades acadêmicas; - Gerenciar componentes dos espaços acadêmicos sob sua gestão; - Inventariar espaços da instituição.
COPF	- Analisar viabilidade técnica de construções, projetos, memoriais, orçamentos, aprovação em órgãos públicos; - Planejar e fiscalizar obras e serviços de engenharia.
CGM	- Gerenciar demandas e controlar manutenção, conservação e recuperação das unidades acadêmicas e equipamentos;
CGA	- Apoiar elaboração de Planos de Gestão Ambiental das unidades acadêmicas; - Gerenciar resíduos e fornecimento de água potável.

Fonte: autores (2015)

O Diagrama de Fluxo de Dados (DFD) (Figura 2) auxiliou na análise do fluxo das atividades e relação entre os setores.

Figura 2 – Diagrama de Fluxo de Dados – GE



Fonte: autores (2015)

Percebe-se que o NGE concentra demandas próprias, como a gestão de 117 salas de aula, como recebe e delega demandas de outros setores. Também avalia solicitações das Unidades Acadêmicas antes de encaminhar ao setor competente, subsidiado por uma base de dados (planilhas e levantamentos físicos não conectados).

Através do DFD, verifica-se que muitas demandas são atendidas através da interação de, no mínimo, dois setores. Esta relação depende do compartilhamento de informações que, atualmente, são armazenadas em formatos diversos (Quadro 2).

Quadro 2 – Formato das informações nos setores

SETOR	INFORMAÇÃO	FORMATO
NGE	Demandas, solicitações	Formulários eletrônicos, papel, e-mail
	Leiautes (projetos), Inventário	Arquivos digitais (dwg, jpeg, etc)
	Imagens	
	Áreas ocupadas por unidades acadêmicas, cursos e outras atividades	Planilhas eletrônicas
	Disciplinas, vagas oferecidas, matrículas efetivadas, cursos	
	Agendas espaços, divulgação Modelos de formulários e solicitações	Ferramentas web: link no portal da Instituição
COPF	Demandas, solicitações	Formulários eletrônicos, papel
	Projetos (arquitetônicos, complementares, estrutural), imagens	Arquivos digitais (dwg, jpeg etc)
	Orçamentos, cronogramas	Planilhas eletrônicas
	Memoriais descritivos, laudos, relatórios	Arquivos de texto
	Divulgação/comunicação Modelos de formulários e solicitações	Ferramenta web: link no portal da Instituição
CGA	Demandas	Formulários eletrônicos, papel
	Laudos, Planos de Gestão Ambiental, Relatórios	Arquivos de texto
	Materiais de campanhas	Imagens
	Divulgação/comunicação Modelos de formulários e solicitações	Ferramenta web: link no portal da Instituição
CGM	Demandas	Formulários eletrônicos, papel
	Distribuição e controle de execução dos serviços	Ordem de serviço (papel)
	Projetos, leiautes	Arquivos digitais (dwg)
	Orçamentos, cronogramas	Planilhas eletrônicas
	Dados sobre equipamentos	Papel
	Divulgação/comunicação Modelos de formulários e solicitações	Ferramenta web: link no portal da Instituição

Fonte: autores (2015)

Setores que utilizam uma informação, a atualizam conforme sua necessidade, resultando na sua dispersão e manutenção de versões em diferentes estágios de atualização, portanto desconectadas, sem gerenciamento adequado. Isto implica na confirmação da informação a cada uso, caso contrário a atividade pode ser executada sem informação correta, acarretando retrabalho ou não atendimento à demanda específica.

O diagnóstico da GE identificou, portanto, que a coleta, armazenamento e

atualização das informações necessárias às atividades são segmentadas e não controladas, impedindo sua confiabilidade, precisão e efetiva atualização.

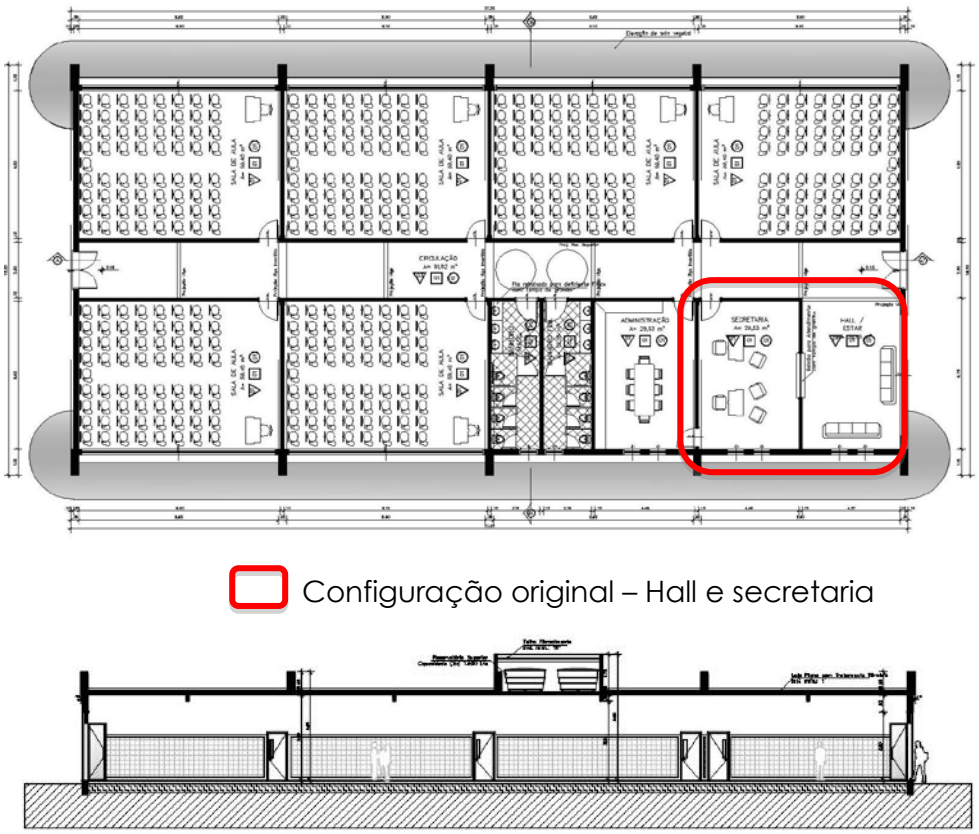
4.4 Descrição da edificação estudada

A edificação estudada é térrea, com 610m^2 de área construída, possui recepção, sanitários e sete salas de aula. As informações sobre a edificação tiveram diferentes fontes de evidência:

a) documental, fornecida pela COPF - projetos arquitetônico, estrutural, complementares e memorial descritivo (formato digital). Unidades Acadêmicas usuárias dos espaços informaram sobre disciplinas ministradas na edificação – horário, vagas e matrículas;
b) entrevistas semiestruturadas – setores atuantes na edificação detalharam seus serviços e atividades na edificação;
c) levantamento – confirmação de dimensões, acabamentos, esquadrias, gestão de resíduos e água. Levantamento de mobiliário (tipo e quantidade), equipamentos, conforto ambiental, recursos didáticos. Levantamento fotográfico.

A Figura 2 ilustra parte da documentação coletada junto à COPF.

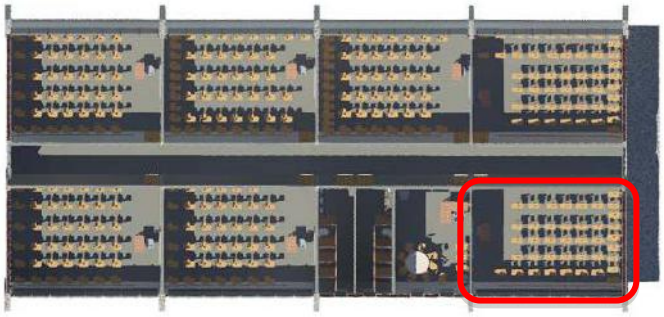
Figura 2 – Planta baixa e corte longitudinal da edificação



Fonte: COPF/PROPLAN (2014)

No levantamento percebeu-se alteração de projeto, (Figura 3), exemplificando desconexão de informações entre COPF (não possui *as built*) e NGE, que gerencia o compartilhamento da sala criada nesta modificação.

Figura 3 – Planta baixa atualizada



Configuração alterada – sala de aula

Fonte: autores (2014)

Quanto ao uso e ocupação, as salas são compartilhadas por onze cursos de graduação, que encaminham semestralmente ao NGE as solicitações de necessidade de espaços, informando disciplinas, horário e número de vagas.

4.5 Diretrizes preliminares de modelagem

Elaboradas segundo o diagnóstico da GE, características da edificação e seu uso, foram estabelecidas como diretrizes:

a) quanto ao objetivo do modelo - o modelo BIM objetiva apoiar o processo de GE, considerando atividades dos setores atuantes na edificação;
b) quanto à definição das informações – devem estar relacionadas ao setor interessado e considerar sua utilidade, especialmente aquelas compartilhadas entre setores;
c) quanto ao formato das informações – considerar compatibilidade com o formato original, a forma de inserção e atualização, por exemplo: mobiliário é inserido no software de modelagem BIM, já links externos são inseridos no modelo CAFM;
d) quanto ao detalhamento da informação – deve atender ao setor que a utiliza de forma mais específica. Exemplo: dados sobre resíduos (tipo, armazenamento, coleta) são detalhados pela CGA.
e) quanto à inserção – definir o nível ao qual pertence a informação e a forma de inserção, conforme disponibilização do software;
f) compartilhamento – selecionar informações a serem disponibilizadas, definindo interface e formato conforme tipo de usuário. Por exemplo: usuário não logado no software de GE acessa informações em interface disponível no Google Earth.

O impacto das diretrizes no processo de modelagem se dá na estruturação e organização das informações, além da definição sobre responsabilidades

de atualização.

4.6 Processo de modelagem

A premissa do modelo BIM foi concentrar todas as informações da edificação relativas à GE. Assim, a modelagem aconteceu em duas etapas: modelagem BIM e modelagem CAFM.

4.6.1 Modelagem BIM

A modelagem das informações geométricas baseou-se em fontes documentais e levantamento. Informações sobre uso e operação vieram do levantamento e das entrevistas semiestruturadas.

As Informações inseridas foram definidas conforme origem, utilidade e formato e agrupadas em categorias adaptadas dos fatores orientadores da GE (BRITISH COUNCIL FOR OFFICES, 2004), estruturando-as para posterior análise (Quadro 3).

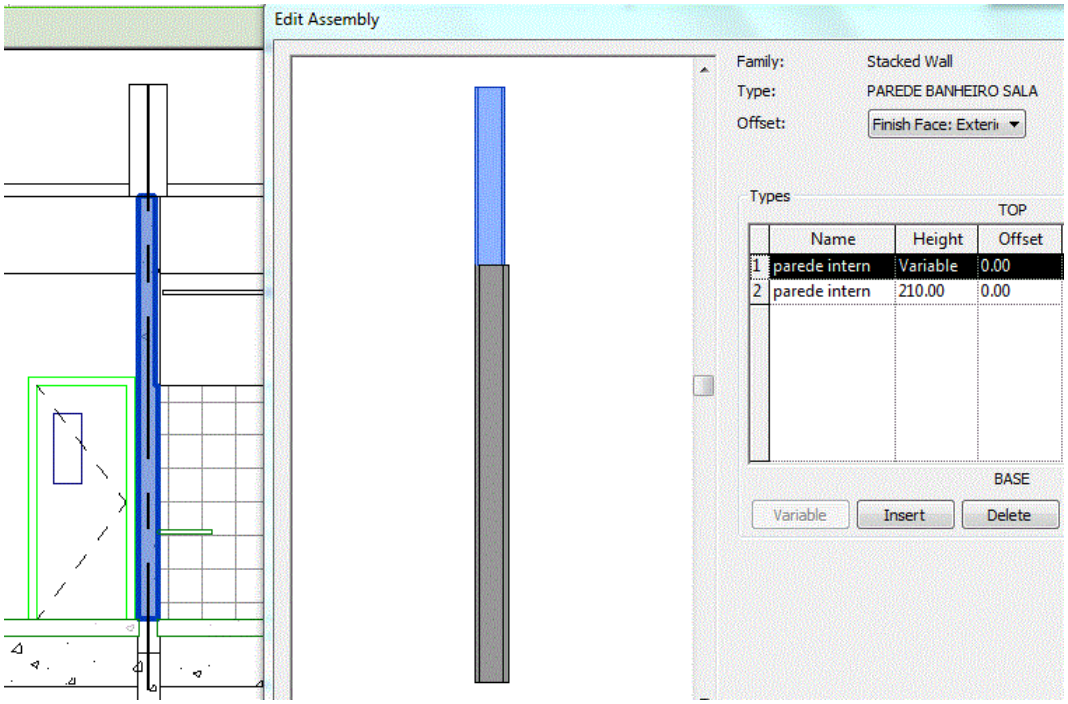
Quadro 3 – Origem e função das informações

FONTE	INFORMAÇÃO	CATEGORIA	UTILIDADE	FORMATO ORIGINAL
CGM	Estrutura física	Características da edificação e dos espaços	Monitorar condições de uso	Geométrico Texto Planilhas Papel
	Materiais de acabamento			
	Instalações (hidrossanitárias, elétrica, gás, etc) Equipamentos			
	Serviços disponibilizados		Atendimento a ordens de serviço	
CGA	Tipo de fornecimento água potável – bebedouro, localização	Gestão	Monitorar fornecimento e qualidade da água	Texto Planilhas
	Tipos de resíduos gerados no espaço e tipo de coleta		Gerenciar resíduos	
	Dados referentes ao Plano de Gestão Ambiental (PGA)		Orientar e monitorar rotinas do PGA	
COPF	Leiaute	Características da edificação e dos espaços	Atualizar configurações, levantamentos, monitorar modificações	Geométrico Texto Planilhas
	Acabamentos			
	Instalações			
NGE	Classificação do espaços		Gerenciar e monitorar uso, Avaliar uso dos espaços, Subsidiar planejamento de novos espaços	Geométrico Texto Planilhas
	Capacidade: conforme projeto e número de cadeiras disponíveis			
	Unidade gestora	Gestão		
	Condições de uso: espaços interditados			
	Mobiliário, identificação de patrimônio, equipamentos	Características da edificação e dos espaços		
	Recursos didáticos			
	Recursos tecnológicos	Tecnologia		
	Conforto Ambiental – equipamento: ventilador, tipo de condicionamento de ar			
UNIDADES ACADÊMICAS	Horários e vagas, matrículas efetivadas, cursos atendidos	Usuários	Alocação de espaços; indicadores de eficiência dos espaços	Planilhas Links

Fonte: autores (2015)

A modelagem geométrica continha detalhamentos construtivos. A Figura 4 exemplifica a construção de uma parede com diferentes materiais de acabamento.

Figura 4 – Exemplo de parede modelada



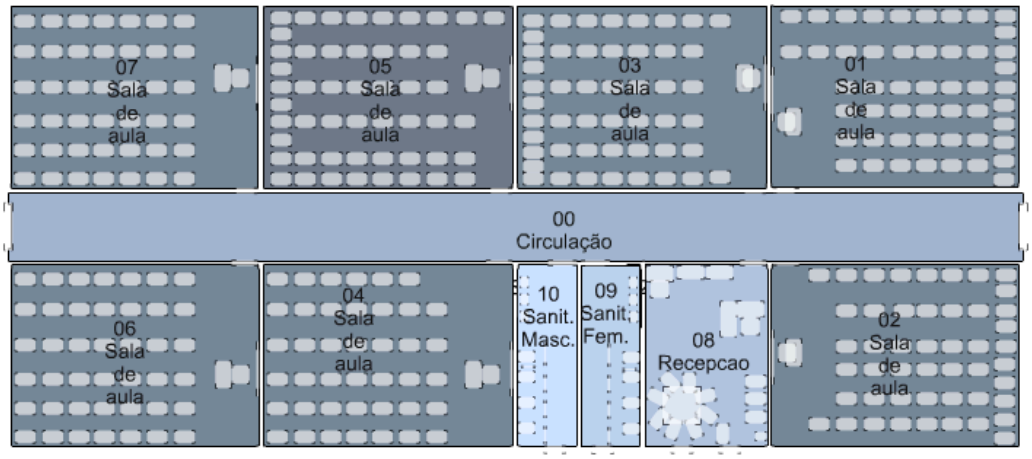
Fonte: autores (2015)

A modelagem não geométrica continha informações nas categorias características da edificação e dos espaços, gestão e tecnologia, e foram organizadas em planilha disponibilizada no software.

4.4.2 Modelagem CAFM

Iniciada com a importação e avaliação do modelo BIM para o software *Onuma Planning System*, que demonstrou características da interface do software e limitações relativas à interoperabilidade. O modelo foi avaliado nos seguintes aspectos: conformidade de informações geométricas (Figura 5) e verificação das informações não geométricas.

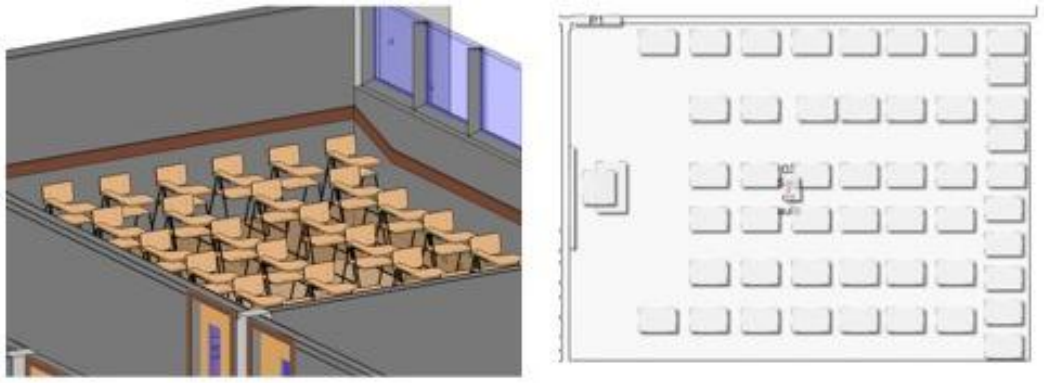
Figura 5 – Interface gráfica – informações geométricas



Fonte: autores (2015)

Informações geométricas guardavam conformidade em relação a dimensões de estrutura física e componentes. Porém, não reconheceram detalhamentos construtivos nem a precisão geométrica de componentes (Figura 6), evidenciando a necessidade de detalhar estas informações em formato não geométrico no modelo CAFM.

Figura 6 – Representação de mobiliário: modelo BIM e CAFM



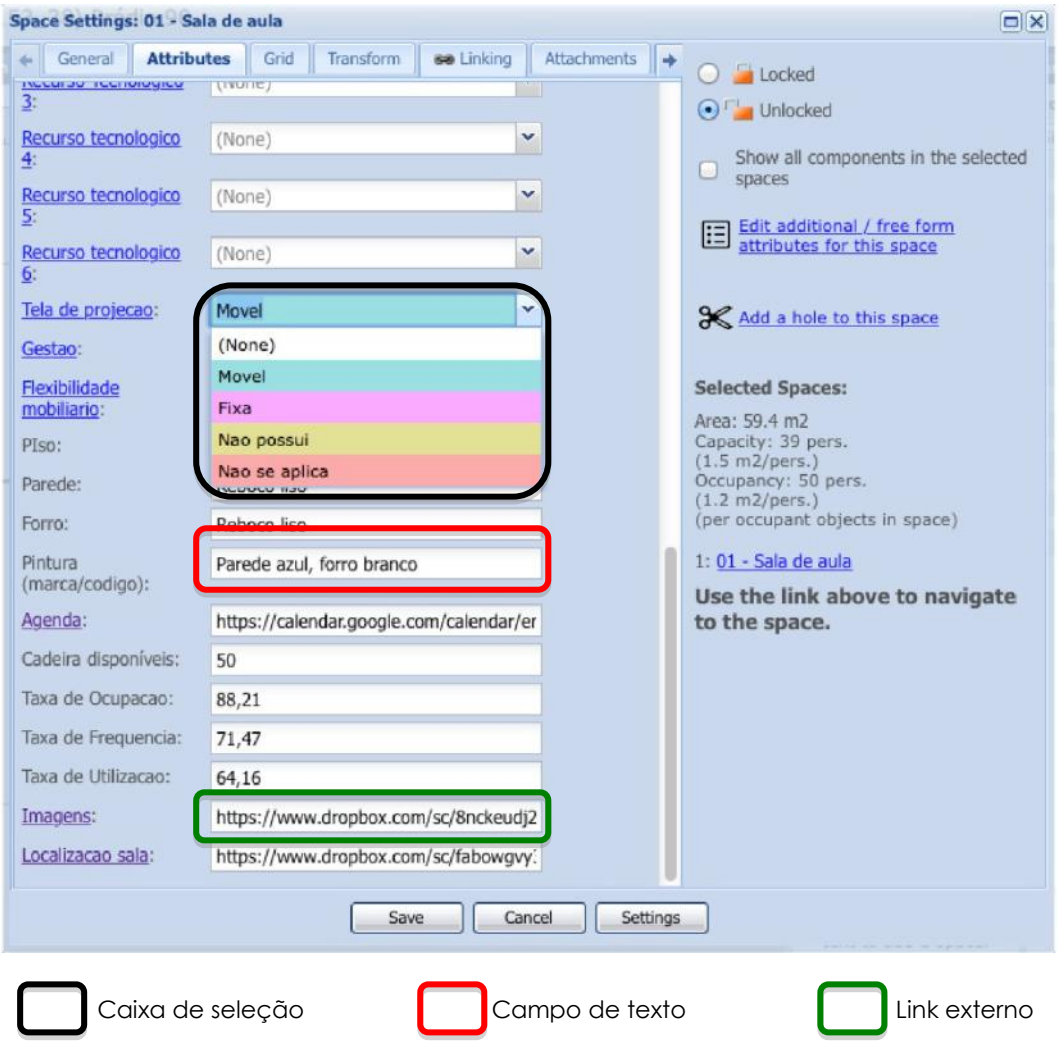
Fonte: autores (2015)

Informações inseridas em planilha do modelo BIM não foram importadas no modelo CAFM. Considerando sua utilidade para a GE, estas foram reinseridas nas formas disponíveis (Figura 7):

a) caixa de seleção – classificação dos espaços, recursos didáticos, mobiliário, conforto ambiental, fornecimento de água, tipos de resíduos, Plano de Gestão Ambiental;
b) campo de texto – acabamentos, capacidade, indicadores de eficiência, tipo de conexão à internet;
c) link externo – agenda de salas e imagens que caracterizavam o espaço.

As informações foram distribuídas nos níveis estruturados pelo software: edificação, espaços e componentes.

Figura 7 – Exemplo de interface de inserção de informações de espaço



Fonte: autores (2015)

A definição das formas de inserção se deu através da análise do nível de detalhamento necessário.

4.5 Avaliação do processo de modelagem

O modelo BIM, conforme objetivo e diretrizes, foi elaborado para conter informações relativas à GE. As informações foram obtidas a partir de diferentes fontes e formatos, a fim de abranger características físicas estáticas (estrutura física), dinâmicas (componentes dos espaços, condições de uso), serviços (manutenção, gestão ambiental) e usuários (unidades acadêmicas).

A interoperabilidade é imprescindível para a atualização de informações, através da exportação em formatos diversos (geométrico, planilha) e reimportação no modelo CAFM. As dificuldades encontradas relacionaram-se a incompatibilidades: (i) entre configurações de idiomas de softwares (CAFM e MS-Excell), que implicou na edição de palavras sem caracteres da língua portuguesa, a fim de atualizá-las no modelo; e (ii) na utilização limitada de planilhas eletrônicas (uma vez que fórmulas não eram

incorporadas no modelo).

5 DISCUSSÃO

O artigo abordou as informações necessárias para que a modelagem BIM possa apoiar a Gestão de Espaços em uma IES.

As informações inseridas no modelo foram definidas a partir identificação de atribuições e atividades dos setores, que foram transformadas em demandas a serem atendidas pelo modelo. As demandas foram convertidas em informações e estas, desdobradas quanto à sua fonte, formato disponível e nível de detalhamento necessário.

Informações com menor necessidade de detalhamento foram inseridas em caixas de seleção. Aquelas com maior necessidade de detalhamento foram inseridas em campo de texto. Já informações de maior complexidade ou dinamicidade foram inseridas como link externo (portais *web* ou serviços de armazenamento *online*) ou complementadas em duas ou mais formas de inserção.

Analisando as informações inseridas, percebe-se que as mais detalhadas estão diretamente relacionadas à gestão do uso (exemplo: detalhamento do uso das salas e imagens), enquanto atributos físicos e serviços necessitam de menor detalhamento (exemplo: materiais de acabamento e tipo de resíduo gerado).

A partir das evidências do estudo apresentado, conclui-se que o potencial do apoio do modelo BIM à GE pode se dar por: concentrar grande quantidade de informações em diferentes formatos, permitir atualização em interfaces adequadas a cada setor envolvido através da interoperabilidade e compartilhar informações com diversos tipos de usuários.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, através de recursos de Edital.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, K. (ed.). **Facilities Management:** Theory and practice. 3 ed. Spon Press, 1996. 196 p.

ANTONIOLI, P. E. **Estudo crítico sobre subsídios conceituais para suporte do planejamento de sistemas de gerenciamento de facilidades em edificações produtivas**.2003. 256 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ATKIN, B.; BROOKS, A. **Total facilities management**. 3 ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009. 325 p.

BEST, R.; LANGSTON, C; VALENCE, G. **Workplaces strategies and facilities management**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003. 433 p.

BOOTY, F. (ed.). **Facilities Management Handbook**. 4ed. Oxford: Elsevier, 2009. 459 p.

BRASIL. **Análise sobre a expansão das Universidades Federais de 2003 a 2012**. Relatório da Comissão Constituída pela Portaria nº 126/2012. Brasília, DF, 2012.

CRUZ, C.; LAHORGUE, M. A. **Infraestrutura nas Instituições de Ensino Superior**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRÓ-REITORES DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 27. Texto para discussão. Porto Alegre, 2007.

EASTMAN et. al. **Manual de BIM**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483p.

ESTEVES, J. C. **Planejamento e gestão do ambiente construído em universidades públicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). 159 p. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

GRIMLEY, STELLAE. **Space Management. Good practices guide**. Wales: University of Wales Swansea, 2002.

INTERNATIONAL FACILITY MANAGEMENT ASSOCIATION. **What is information.** Disponível em: <http://community.ifma.org/fmpedia/w/fmpedia/information>. Acesso em: 1º mar. 2016.

KYMMELL, W. **Building Information Modelling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulation**. [s.l.] McGraw Hill, 2008. 270 p.

MCGREGOR, W.; THEN, D. S. **Facilities Management and the business of space.** 2 ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003.

NATIONAL AUDIT OFFICE. **Space management in Higher Education: a good practice guide**. Disponível em: http://smg.ac.uk/supp_smgoodpractice.html. Acesso em março de 2016.

SABOL, Louise. **Building Information Modeling & Facility Management**. In: Design + Construction Strategies. Novembro, 2008.

SPACE MANAGEMENT GROUP. **Impact on space of future changes in higher education**. 2006a. Disponível em: < http://www.smg.ac.uk/reports.html>. Acesso em: 28 mar. 2015.

_____. **Space Utilisation: practice, performance and guidelines**. 2006b. Disponível em: < http://www.smg.ac.uk/reports.html>. Acesso em: 19 jan. 2015.

TEICHOLZ, Paul M. (Ed.). **BIM for facilities management.** New Jersey: Hoboken, 2013. 332 p.

TELES, R. P. Manual do proprietário, CAFM, a operação e a manutenção de edificações: uma contribuição à discussão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO BRASILEIRO DE

TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS. **UFPel em números – base 2015**. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/proplan/informacoes-institucionais/>. Acesso em: 22 abr. 2015.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: Planejamento e método. 4. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248 p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

GESTÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS E DE MANUTENÇÃO COM AMBIENTES CMS EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS CONSTRUTORAS[1]

MOREIRA, Adriano (1); HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz (2)

(1) UFJF/ PROAC, e-mail: adriano.castro@engenharia.ufjf.br; (2) UFJF/ PROAC, e-mail: aparecida.hippert@ufjf.edu.br

RESUMO

Nos últimos anos normas técnicas ligadas ao setor da construção civil predial, foram criadas e atualizadas referenciando e orientando os processos, sistemas construtivos e de manutenção necessários para o objetivo fim de se construir obedecendo às normativas mínimas e assim disciplinando o mercado construtor. Este artigo apresenta como resultado, um modelo lógico para criação de ambiente de software aplicativo para gerenciar conteúdo voltado ao armazenamento, consulta e gestão das informações ligadas aos processos construtivos e de manutenção de edificações. Para esta tarefa fez-se uso, conceitualmente, das tecnologias de WEB orientação utilizando sistemas de gestão de conteúdo (CMS), das etiquetas de identificação por rádio freqüência (RFID) e dos códigos de resposta rápida (códigos QR). O resultado desta combinação é um modelo lógico básico que disponibiliza acesso fácil, rápido, descentralizado e hierarquizado das informações estratégicas através das tecnologias de conexão móveis como notebooks, smartphones e *tablets*, dando suporte aos trabalhadores e profissionais construtores e de manutenção da edificação. Vê-se como contribuição deste trabalho a continuidade da pesquisa na área de "marcação" por etiquetas "inteligentes", web orientação e gestão da informação como forma de auxiliar o processo construtivo, manutenção e de outros setores das empresas construtoras.

Palavras-chave: Gestão do conhecimento. Etiquetas inteligentes. WEB orientação. QR code. RFID.

ABSTRACT

In recent years technical standards related to the building construction sector, were created and updated referencing and directing processes, building systems and maintenance required for the purpose to build obeying the minimum normative and thus influence the builder market. This article presents as a result, a logical model for creating software environment for managing content turned to storage, query and management of information related to construction processes and building maintenance. For this task it has been used conceptually the WEB of technologies Guidance using Content Management Systems (CMS), the radio frequency identification (RFID) tags and codes Quick Response (QR Codes). The result of this combination is a logical basic model that provides easy access, fast, decentralized and hierarchical strategic information through mobile connection technologies such as laptops, smartphones and tablets, supporting workers and builders and the building maintenance professionals. It is seen as a contribution of this work continuing research in the area of "marking" by "smart" labels, web guidance and information

[1] MOREIRA, Adriano Castro; HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz. Gestão de Sistemas Construtivos e de Manutenção com Ambientes CMS em Pequenas e Médias Empresas Construtoras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

management as a way to assist the construction process, maintenance and other sectors of the construction companies.

***Keywords**: Knowledge management. Smart Tags. Web guidance. QR code. RFID.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos normas técnicas ligadas diretamente ao setor da construção civil predial, vem sendo criadas e atualizadas com o intuito de orientar e disciplinar o mercado construtor.

O objetivo é simples: equalizar os métodos e procedimentos a serem aplicados pelos entes construtores nas edificações que são oferecidas ao mercado consumidor.

Estas normas tratam de processos e sistemas construtivos e de manutenção necessários para atingir o objetivo fim de se construir a edificação obedecendo às referências normativas mínimas.

Desta forma, durante este processo, várias informações são geradas, tratadas, armazenadas e consultadas para que os resultados esperados sejam atingidos.

Boa parte destas informações é consultada pelas construtoras durante todo o processo de construção e posteriormente também fornecidas ao consumidor como registro para que este, como interveniente, cumpra seu papel durante o período de garantia do imóvel.

Assim, hoje com um Código de defesa do Consumidor maduro apoiado nas normas da ABNT, o consumidor se encontra cada vez mais proprietário da informação que está agregada junto à edificação na qual ele irá habitar por longos períodos e dela desfrutar.

Um exemplo disto é a cartilha do consumidor: Como Escolher, Comprar e Defender-se dos Abusos na Aquisição de Imóveis, edição especial construtoras, (IBEDEC, 2007).

Por outro lado, em função do volume de informações envolvido, buscar apoio no segmento de tecnologia da informação e comunicação (TIC) é uma necessidade.

Nos tempos atuais, as relações sociais, empresariais e nas instituições tem sido impactadas pelos avanços na tecnologia da informação e comunicação, denominando-a inclusive como uma Sociedade da Informação e do Conhecimento (PEREIRA e SILVA, 2010).

As tecnologias já disponíveis no segmento de TIC possibilitam economizar tempo, facilitar a implementação e acelerar os processos de gestão.

Estimulado por estas relações, construtor/consumidor, e suas necessidades de informações este trabalho tem por objetivo geral sugerir um modelo básico para estrutura de um sistema de informação (SI) voltado a processos de armazenamento, gerenciamento e consulta de informações em padrão digital de forma rápida, prática e hierarquizada a fim de facilitar o acesso e

a tomada de decisão dos intervenientes atuantes.

Como objetivo específico, têm-se a proposta de uma estrutura lógica para a utilização de ambiente de software de gerenciamento de conteúdo (CMS) para a gestão do conhecimento voltada à utilização em consulta pelo interveniente morador da edificação. O foco das consultas está nas informações de manutenção da edificação como apoio ao manual de uso, operação e manutenção das edificações.
Este artigo é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, que está em fase inicial de desenvolvimento, apresentando os resultados parciais já alcançados.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada considera a realização de uma revisão bibliográfica sobre sistemas de web orientação e etiquetas "inteligentes" RFID e Código QR que é sucintamente abordada neste artigo.

Análise sistemática focada em processos de instalação e controle de softwares e servidores em redes locais e/ou repositórios na nuvem da internet, alternativamente, foi necessária para subsidiar a proposta da estrutura apresentada para o ambiente do sistema de informação.

A forma de como a informação é disponibilizada e consultada pelos agentes intervenientes e construtores de pequeno e médio porte, também é relevante para o trabalho.

Após a revisão bibliográfica partiu-se para a elaboração do modelo lógico tendo sido utilizados alguns recursos de TIC tais como as tecnologias de WEB orientação utilizando sistemas de gestão de conteúdo (CMS), das etiquetas de identificação por rádio freqüência (RFID) e dos códigos de resposta rápida (códigos QR), também conhecidas pela referência "*Smart Tag*".

As tecnologias listadas foram escolhidas por serem de baixo custo operacional, facilidade na configuração, aplicação, manutenção e reposição, possibilitando grande diversidade de aplicações.

3 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E DA COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

A evolução dos sistemas computacionais (hardware e software) tem permitido avanços consideráveis nos campos da gestão e controle das mais diversas atividades nos diversos segmentos da economia.

Facilitada por esta evolução, as fronteiras do mundo virtual avançam constantemente fornecendo ferramentas de apoio às tarefas realizadas pelas pessoas em suas atividades.

Neste aspecto destaca-se o SI que pode ser definido tecnicamente segundo Laudon e Laudon (2011),

> como um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de

> decisões, a coordenação e o controle de uma organização. (LAUDON e LAUDON, 2011, p.12)

No segmento da construção civil alguns recursos de TIC já vêm sendo utilizados. Pode-se citar os mais conhecidos: sistemas relacionados a cálculos estruturais e elétricos, desenhos técnicos de projetos em 2D e 3D, folhas de pagamento, entre outros. Com o tempo, sistemas de projetação, orçamentação, planejamento e acompanhamento de obras foram se tornando populares.

Por serem muito dinâmicos, os sistemas de informação sofrem mudanças contínuas em suas tecnologias, provocando impactos nos negócios, nas empresas e nos mercados. O fluxo contínuo de inovações na tecnologia de informação está transformando o mundo tradicional dos negócios, (LAUDON e LAUDON, 2011).

Alguns exemplos destas transformações são as Plataformas digitais móveis emergentes, sistemas e ferramentas colaborativas; computação em nuvem, serviços e ferramentas de softwares baseados em nuvem, redes 4G, comunicações unificadas, otimização de ferramentas de busca, plataformas móveis e em nuvem, etc, (LAUDON e LAUDON, 2011).

Estes ambientes possibilitaram, nesta corrente, novas tecnologias tais como o surgimento do CMS.

> O *Content Management System* (CMS), em português, Sistema de Gerenciamento de Conteúdo (SGC), surgiu no final da década de 90 para melhorar a gestão do conteúdo dos websites das organizações. Desde então diversos SGC surgiram, muitos deles com o código livre e disponíveis na Web para cópia e uso gratuito. (CHAGAS, CARVALHO e SILVA, 2008, p.1).

Esta diversidade de SI possibilita ambientes e novas tecnologias integradoras tais como o SGC/CMS.

> Um SGC possibilita a criação, o gerenciamento, a distribuição, a publicação e a recuperação de informações corporativas, sendo que o gerenciamento do conteúdo deve ser definido sob o ponto de vista das atividades das pessoas e dos seus objetivos." (CHAGAS, CARVALHO e SILVA, 2008, p.1).

Já ha um tempo considerável, a integração entre sistemas tem convergido para ambientes modulares mais completos, conhecidos pela sigla **ERP.** Esta sigla é derivada da frase "***E**nterprise **R**esource **P**lanning*", que em tradução direta, significa "Planejamento dos Recursos da Empresa".

No Brasil, os sistemas ERP, também são chamados de **S**istemas **I**ntegrados de **G**estão **E**mpresarial (Padilha e Marins, 2002). Estes sistemas integram e são alimentados com todo o fluxo de processos e informações da empresa a fim de facilitar e controlar as tarefas e serviços, agilizando a gestão empresarial.

Assim, a identificação, organização e ordenação dos sistemas de informação também passam pelo fluxo dinâmico da evolução. Podemos citar alguns dos SI observados na classificação desses sistemas segundo Rezende e Abreu (2006).

-S.I. operacionais (SIO)
-S.I. gerenciais (SIG)
-S.I. estratégicos (SIE)
-S.I. de conhecimentos (SC)
-S.I. pessoais
-S.I. organizacional
-S.I. interorganizacional
-S.I. manuais
-S.I. informatizados
-S.I. especialistas
-S.I. gerenciais e estratégicos

4 SISTEMA PROPOSTO

O modelo proposto é constituído de forma centralizada, mas possibilitando acesso descentralizado, rápido e hierarquizado das informações estratégicas dispostas no ambiente do sistema de informação.

Para permitir esta flexibilidade, são utilizadas tecnologias de conexão móveis como notebooks, smartphones e tablets em qualquer local da empresa e fora dela.

Estas tecnologias permitem controlar com precisão sua aplicação além de possibilitar a coleta de dados em tempo real, obtida através da web orientação, ou seja, acesso por links da intranet/internet. A web orientação facilita rastrear e a avaliação dos desempenhos obtidos e seus reflexos na gestão dos serviços realizados. A rastreabilidade permite precocidade na tomada de ações, (ROCHA, 2012).

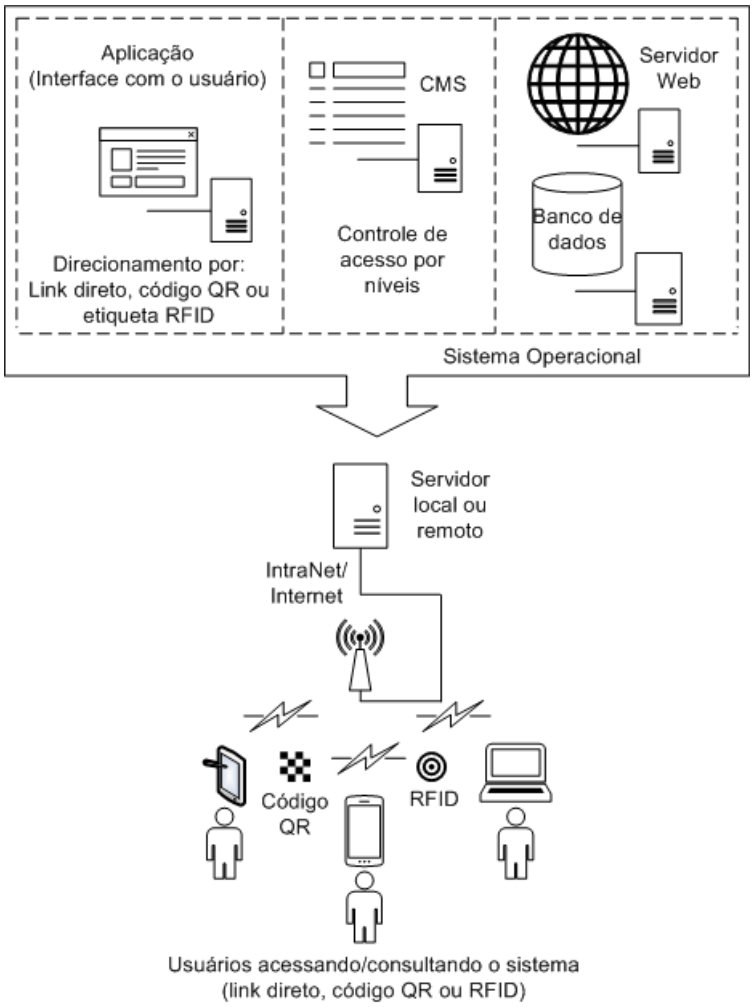
Somando-se ainda a estas características, tem-se a divulgação das orientações construtivas e de manutenção de forma facilitada aos intervenientes permitindo o controle e rastreabilidade das consultas.

O sistema proposto tem foco no treinamento e na uniformização das informações de utilização de práticas, procedimentos e serviços na sua forma didática. Na figura 1 vemos a estrutura básica do ambiente virtual e as formas de consulta por dispositivos móveis.

Com foco no objetivo específico, a estrutura lógica para a utilização de ambiente de software de gerenciamento de conteúdo (CMS) levará em conta a cultura open source, que se baseia no código aberto que pode ser executado, copiado, distribuído, modificado e aperfeiçoado por todos os usuários (IWASAKI, 2008).

Assim, a estrutura proposta poderá utilizar softwares já disponíveis sobre esta cultura e adaptá-lo às suas necessidades do modelo proposto.

Figura 1 – Modelo básico proposto



Fonte: Os autores

4.1 Elementos Componentes do Sistema

Como podemos observar na estrutura da figura 1 anterior, o sistema é composto por estruturas simples porem robustas para a aplicação, a saber:

- Módulo de aplicação: responsável pela interface com o usuário e administradores do sistema;
- Módulo CMS: responsável pelo gerenciamento da interface entre o usuário e o sistema do banco de dados de consulta. Controla os registros de acesso e níveis hierárquicos de acesso. Este módulo é também responsável por controlar a "alimentação do sistema" através da interface do usuário com nível de acesso de administrado;
- Modulo banco de dados: responsável por "acomodar e indexar todas as informações depositadas no ambiente para consulta e armazenar os registros dinâmicos de acesso/consulta (rastreabilidade);
- Modulo servidor WEB: responsável por criar o controlar a interface entre o ambiente de acesso e utilização dos módulos de aplicação, CMS e banco de dados;

- Sistema operacional: responsável pela sustentação do ambiente virtual de operação do sistema. Possibilita o acesso simultâneo de várias conexões de usuários com consultas distintas por dispositivos individuais;
- Servidor: hardware necessário para a união dos sistemas e módulos para a existência do ambiente virtual. Este equipamento pode ser local, dentro da empresa, ou pode ser remoto, fora da empresa ou serviço contratado de terceiros na "nuvem da internet";
- Etiquetas de WEB orientação: as etiquetas de código QR e as etiquetas RFID são capazes de armazenar informações com links dedicados ou dinâmicos referentes às necessidades de situação desejada para orientação e individualmente a cada obra ou unidade singular de manutenção/serviço;
- Terminais de consulta e gerenciamento: quaisquer equipamentos "fixos" ou móveis de comunicação que tenham suporte a navegadores WEB, tais como notebooks, smartphones e tablets.

Observamos que apesar de não ser destacado na estrutura básica, futuramente um módulo de "criptografia" será inserido nos dispositivos de consulta a fim de tornar a informação proprietária e aumentar o nível de segurança das *smart tags*.

4.2 Características e recursos disponibilizados pelo sistema

Por se tratar de um sistema de gerenciamento de banco de dados através de um gerenciador de conteúdo (CMS), toda e qualquer informação pode ser tratada dentro do sistema.

Informação textual, imagens e vídeos podem ser armazenados e "liberados" para consulta com total controle do conteúdo. Um exemplo genérico segue na figura 2 a seguir cuja leitura da imagem permite extrair a seguinte frase: "O código QR pode ser lido usando-se um *tablet* ou *smartphone* e pode direcionar para texto técnico ou URL no CMS"

Figura 2 – Exemplo de leitura do código QR



Fonte: Os autores

Considerando o objetivo final proposto neste artigo, o sistema pode ser alimentado com toda a informação necessária para execução das tarefas de serviço da construtora, conforme especificações completas do fornecedor/fabricante e/ou posteriormente ser limitada na consulta aos aspectos que interessem somente ao interveniente responsável.

Na figura 3 vemos um exemplo simples e direcionado de aplicação prática.

Figura 3 – Operador de policorte consulta especificações de segurança, manutenção ou orientações de trabalho.



Fonte: Os autores

A possibilidade de um manual de uso, operação e manutenção das edificações no padrão virtual se torna visível pelas possibilidades, porem necessita uma abordagem mais específica, desta forma o sistema se presta inicialmente como ferramenta "forte" de apoio ao manual de uso, operação e manutenção das edificações.

Algumas das características possíveis para o sistema são:

- Uniformização da informação técnica de serviços e manutenção;
- Concentração das informações críticas e sensíveis sobre técnicas, procedimentos e materiais constantemente utilizados pelas construtoras;
- Possibilidade de customização e expansão do sistema para outras tarefas da empresa, tais como treinamentos e orientações de segurança e saúde do trabalhador;
- Elimina a duplicidade de informações, uma mesma informação ou procedimento pode ser consultado por várias obras ou intervenientes;
- Unificação dos métodos e procedimentos aplicados nos serviços e manutenções em todas as obras da mesma construtora;
- Hierarquização da informação e do seu acesso pelos usuários e administradores. Esta característica permite que um interveniente não consiga visualizar as informações referentes às técnicas particulares aplicadas pela construtora para execução dos serviços;
- Manter o registro de acesso das informações para ajudar na gestão dos serviços e dos processos de manutenção no tempo estipulado no manual;
- Garantir em tempo integral ao interveniente acesso à informação dos dados técnicos e manuais dos materiais e elementos que foram empregados na edificação a qual ele irá habitar;
- É possível manter uma "interface" personalizada para cada obra ou edificação realizada, sem necessidade de duplicar informações;

- Possibilidade de criar um canal de comunicação com o interveniente usuário a fim de coletar informações estatísticas que subsidiem decisões da empresa, tais como aplicação de questionários após a ocupação, críticas a materiais aplicados, sugestões dos usuários que podem melhorar o desempenho da empresa;
- Implementar listas de perguntas e respostas mais freqüentes para orientar o usuário e acelerar a transferência de informações, bem como disponibilizar um dicionário de termos técnicos e seus significados;
- Possibilidade de subdividir as tarefas de "alimentação" do sistema com informações em tempo e recursos diferentes em pontos de acesso distintos.

4.3 Pré-requisitos necessários para a utilização do sistema

Para a utilização do sistema, depois do modelo de estrutura lógica implementada, será necessária uma equipe mínima para "alimentar" sistema com as informações pertinentes a serviços de manutenção.

Conhecimentos técnicos básicos de informática e noção de edição serão necessários aos usuários administradores e gerentes de mídia. Abaixo segue a descrição de cada operador do sistema:

- Administrador: pessoa responsável por inserir usuários e gerenciar os níveis de permissões de acesso do sistema. Gerencia a hierarquia para que cada usuário só acesse as informações que lhes forem pertinentes. O administrador pode bloquear ou liberar conteúdos depois de sua avaliação para que se possa ter um controle da qualidade da informação publicada. Podem existir mais de um administrador simultaneamente se necessário;
- Gerente de mídia: É o responsável técnico pela organização e tratamento dos materiais e conteúdos aplicados ao CMS. Responsável também pela preparação e filtragem dos materiais técnicos que serão dispostos no sistema, organização dos conteúdos de consulta para cada nível de acesso e para cada smart tag configurada. Além disto, é também responsável pela impressão e/ou gravação das *smart tags*. Podem existir mais de um simultaneamente, preferencialmente;
- Usuários: podem ser quaisquer pessoas definidas pela empresa para cada nível de acesso. Para o modelo apresentado o básico usuário será o interveniente proprietário da edificação. Considerando o objetivo amplo da proposta, os usuários serão todos os funcionários da empresa que exercerem tarefa diretamente ligada aos processos construtivos e de manutenção das edificações;
- Equipe técnica de TI: equipe de informática, local ou terceirizada para manter suporte aos sistemas informatizados e proceder às constantes atualizações de software e de pacotes de segurança, quando necessário.

4.4 Aplicação das etiquetas de código QR e RFID

A fim de agilizar processos em campo, *smart tags* pode ser gravadas ou impressas com links orientados às "paginas do sistema".

Estes links podem conter orientações referentes a processos de instalações, cuidados no manuseio do produto, especificações técnicas podem ser armazenadas previamente para sua segurança ou instrução de trabalho em campo.

Estas etiquetas podem ser fixadas em sistemas construtivos e/ou em material de suporte ao serviço que seja utilizado, tais como plantas de projetos, manuais de utilização, etc.

Podem direcionar a links do sistema com vídeos de instrução ou "check list" de tarefas e ferramentas para iniciar os serviços, vide figura 3 anterior.

Estas etiquetas podem ser impressas em seções específicas dos manuais de manutenção para que quando consultadas indiquem no sistema o tipo e nível de acesso realizado.

Em uma abordagem mais elaborada, estas etiquetas podem ser inseridas em alguns sistemas e/ou materiais utilizados nas obras e que serão posteriormente submetidos a manutenção periódicas para que suas verificações sejam constantemente registradas pela construtora.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo básico proposto para gestão do conhecimento pode ser classificado dentro dos sistemas de informação como sistema informatizado e sistema de informação gerencial e estratégica, seguindo o modelo de sistema de informação de automação de escritórios (AE) e sistemas especialistas (SE) (RESENDE e ABREU, 2006).

A proposta apresentada é de vasta aplicação nos vários setores da empresa que lidam com a informação em forma de instrução, treinamento e orientação.

Inicialmente relação construtor/consumidor foi quem despertou o interesse no desenvolvimento da estrutura proposta a fim de promover suporte ao manual de uso, operação e manutenção das edificações, porem ela não limita a aplicação do sistema depois de implementado.

A tecnologia da informação é uma ferramenta poderosa para incentivar a prática e disseminação de informação dentro da estrutura de uma empresa.

A utilização de tecnologias já consagradas é um caminho mais rápido à democratização da informação em vários níveis dentro da hierarquia da empresa.

A rastreabilidade possibilitada pela utilização de etiquetas como código QR e RFID, aliada à coleta das informações acessadas através do sistema CMS, possibilita um suporte amplo para planejar, executar e controlar a gestão da manutenção nas pequenas e médias empresas, dentro dos escritórios ou nos

canteiros de obras remotos.

Este trabalho também deixa uma base para estudos e ensaios que poderá ser mais profundamente analisado e voltado à elaboração de um manual interativo de uso, operação e manutenção das edificações.

Vê-se como contribuição deste trabalho a continuidade das pesquisas na área de marcação e utilização de etiquetas "inteligentes", web orientação e rastreabilidade da informação como forma de auxiliar o processo de construção, manutenção e de outros setores das empresas construtoras.

E por fim, é importante lembrar que a partir da plataforma e tecnologia aqui sugeridas, outros setores da empresa podem fazer uso da tecnologia o que irá ajudar a diluir os custos de implantação e melhorar a gestão da empresa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES e à FAPEMIG pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

CHAGAS, F.; CARVALHO, C. L. de; SILVA, J. C. da. **Um estudo sobre os sistemas de gerenciamento de conteúdo de código aberto**. Relatório Técnico – Instituto de Informática Universidade Federal de Goiás. 2008. Disponível em: http://www.inf.ufg.br/sites/default/files/uploads/relatorios-tecnicos/RT-INF_00208.pdf. Acesso em 16/04/2016.

IBEDEC. **CARTILHA DO CONSUMIDOR: Como Escolher, Comprar e Defender-se dos Abusos na Aquisição de Imóveis!** Edição Especial Construtoras – Instituto Brasileiro de Estudos e Defesa das Relações de Consumo. Brasília, 2007.

IWASAKI, Eliane Yumi. **MOVIMENTO OPEN SOURCE: A importância da comunicação e da relação entre empresas e comunidades para o mercado.** Monografia (Especialização em Marketing) – Faculdade Cásper Líbero. São Paulo, 2008.

LAUDON, Kenneth C. LAUDON, Jane Price. **Sistemas de nformação Gerenciais**. 9 ed. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2011.

MESQUITA, Pauleniza de Castro. **Competências gerenciais em ambientes virtuais: estudo de caso de uma Instituição de Ensino Superior – IES.** Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Potiguar. Natal, 2010. 140f.

PADILHA, Thais Cássia Cabral; MARINS, Fernando Augusto Silva. **SISTEMAS ERP: CARACTERÍSTICAS, CUSTOS E TENDÊNCIAS.** XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba – PR, 2002. Disponível em: "www.abepro.org.br/biblioteca/ ENEGEP2002_TR90_0062.pdf". Acesso em 16/04/2016.

PEREIRA, Danilo Moura; SILVA, Gislane Santos. **As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como aliadas para o desenvolvimento.** Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas – Universidade Estadual do Sudeste da Bahia. Vitória da Conquista–BA, 2010. Disponível em: "http://periodicos.uesb.br/index.php/cadernos deciencias/article/viewFile/884/891". Acesso em 16/04/2016.

REZENDE, Denis Alcides. ABREU, Aline França. **Tecnologia da Informação aplicada a sistemas de informação empresariais.** 4º ed. São Paulo: Atlas, 2006.

ROCHA, Rodrigo Ulisses Garbin da. **Fluxo da Informação no Sistema de Rastreabilidade em uma Empresa do Segmento Eletrônico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2012. 144f.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

IDENTIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO ACADÊMICO DE BIM INTEGRADO AO GERENCIAMENTO DE *FACILITIES*[1]

MOTA, Paula Pontes (1); RUSCHEL, Regina Coeli (2)

(1) UNICAMP, e-mail: paula.mota@sippro.eng.br; (2) UNICAMP, e-mail: ruschel@fec.unicamp.br

RESUMO

Considerando o ciclo de vida de uma edificação, o *Building Information Modeling* (BIM) é aplicado nas primeiras fases do ciclo, ou seja, nas fases de concepção, projeto e construção. Porém, na fase de operação da edificação, o BIM ainda se encontra pouco explorado, tanto na área acadêmica como na área prática da construção civil. Este artigo faz parte de uma pesquisa de mestrado, cujo objetivo é caracterizar o modelo BIM e as informações necessárias para o Gerenciamento de *facilities*, visto que esse é um passo fundamental para início do uso do BIM em gerenciamento. Este artigo restringir-se-á a apresentar a pesquisa bibliográfica realizada como etapa inicial da dissertação de mestrado, visando identificar o conhecimento acadêmico de BIM integrado ao Gerenciamento de *facilities* a partir da caracterização do método de pesquisa utilizado, os tipos de gestão de *facilities* e o nível de maturidade de implantação do BIM em operação. Como resultado, identificou-se que o estágio atual do conhecimento é delimitado às fases inicial e de gestão da incorporação de BIM no Gerenciamento de *facilities,* e que as pesquisas têm um caráter prático demandando uma transição para a proposição de inovações. Aponta-se também um interesse latente, em gestão e manutenção predial.

Palavras-chave: BIM. Gerenciamento de *facilities*. Revisão da literatura.

ABSTRACT

Considering the lifecycle of a building, Building Information Modeling (BIM) is mostly applied to the first phases of the cycle, i.e., design and construction phases. However, in operation phase, BIM is still little explored in both academic and practical areas of civil construction. This paper is part of a master´s research, which goal is to characterize the BIM model and all the necessary information to Facilities Management since this is a fundamental step to introduce the use of BIM in management. This paper focused on presenting a bibliographic research as the first step of a master´s research and aiming at identifying the academic knowledge of BIM integrated to Facility Management through the characterization of the research method, the types of facilities management and the maturity level of BIM implementation in operation. As a result, it was identified that the current state of knowledge is delimited on the initial phase and on that related to BIM's incorporation handling in facilities management and that, the research has a practical character, demanding a transition to the proposition of innovation. It Was also identified a potential interest for research in the area of management and building maintenance in Brazil.

***Keywords**: BIM. Facility management. Literature review.*

[1] MOTA, Paula; RUSCHEL, Regina. Identificação do conhecimento acadêmico de BIM integrado ao gerenciamento de facilities. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM) pode ser definida como sendo "uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção" (EASTMAN *et al*, 2014). Para que o BIM seja implantado com sucesso, é preciso que as pessoas envolvidas nos processos de produção, comunicação e análise estejam conscientes dos usos das informações inseridas no modelo BIM (CIC, 2011).

De acordo com CIC (2013), esses usos referem-se a métodos ou estratégias para a aplicação de BIM durante o ciclo de vida da edificação para atingir um ou mais objetivos específicos. CIC (2011) categoriza os usos de BIM para o planejamento, o projeto, a construção e a operação. Sob esta ótica e considerando aspectos da implantação de BIM nas etapas de projeto e operação, CIC (2013) classifica mundialmente o nível de maturidade no uso de BIM, em projeto como mediano (ou definido), e em operação como inicial. Esta referência considera o nível de maturidade no uso de BIM em projeto como mediano, pois este uso é extensivo, porém com compartilhamento limitado entre intervenientes. Já o nível de maturidade no uso de BIM em operação é considerado inicial, pois no momento atingiu-se somente a modelagem de informação na forma do modelo *as-built* BIM que é assim recebido para o gerenciamento de *facilities*.

1.1 Gerenciamento de *facilities*

O *International Facility Management Association* (IFMA, 2015) define gerenciamento de *facilities* como a "integração de processos, dentro de uma organização, para manter e desenvolver serviços que apoiam e melhoram a eficácia de suas atividades primárias". Em outras palavras, o gerenciamento de *facilities* permite a coordenação conjunta de pessoas, atividades e espaços, o que resulta em vantagens para toda organização.

Para Best, Langston e Valence (2003), o Gerenciamento de *facilities* envolve diversos tipos de gestão, entre eles: estratégica, do espaço, da informação, do risco, de recursos humanos, de finanças, de operação e manutenção, do imóvel, de posse e de qualidade.

- A **gestão estratégica** é uma gestão baseada em metas capazes de prever futuras necessidades da instalação e de desenvolver soluções antecipadas, como identificação de valor, análise de custo-benefício, avaliação de risco e negociações (THEN, 2003);
- A **gestão do espaço** é usada para determinar a quantidade e as dimensões dos espaços de uma organização, com a finalidade de monitoramento, realocação e redimensionamento (MUIR, 2003);
- A **gestão da informação** abrange inovações de base tecnológica que automatizam processos e sistemas, como edifícios inteligentes, sensores de monitoramento e softwares integrados (SMITH, 2003);
- A **gestão do risco** envolve processos de identificação e análise de riscos, que buscam propostas para evitar ou até anular o risco (BAJAJ, 2003);

- A **gestão de recursos humanos** tem o objetivo de obter o melhor empenho e resultado do trabalho dos funcionários, através de estratégias motivacionais e treinamentos (WILKINSON; LEIFER, 2003);
- A **gestão financeira** é o equilíbrio entre custo e benefício, através ferramentas como previsão econômica, quantificação, contabilidade, comunicação e monitoramento, com o objetivo de maximizar o retorno do investimento (LANGSTON, 2003);
- A **gestão de operação e manutenção** é o conjunto de atividades que permitem que uma organização funcione ininterruptamente e com eficácia, pois garante o funcionamento adequado de serviços e equipamentos que possuem a necessidade de manutenção regular (HASSANAIN; FROESE; VANIER, 2003);
- A **gestão do imóvel** refere-se à gestão do investimento aplicado ao imóvel, como a compra, aluguel, expansão, descentralização ou reforma, com o objetivo de maximizar o retorno do investimento para a organização (DEWULF; DEPUY; GIBSON, 2003);
- A **gestão de ativos** é a gestão de inventários, plantas e equipamentos através de registros que listam informações como: detalhes de especificação, as datas de aquisição, número de série, seguros, garantia, localização (DEVINE, 2003);
- A **gestão da qualidade** busca uma melhor qualidade de serviço, através da identificação dos principais indicadores de desempenho e do registro de tendências desses indicadores (VALENCE, 2003).

Para controle dessas gestões, os responsáveis contam com sistemas próprios, com a finalidade de maximizar a eficiência do processo (BARRETT; BALDRY, 2003). Dentre os principais sistemas de informações citados por Teicholz (2013), os que se destacam na área de Gerenciamento de *facilities*, são: Sistema Computacional de Gerenciamento de Manutenção (Computerized Maintenance Management System – CMMS) e Gestão de *Facilities* Assistida por Computador (Computer-Aided Facility Management – CAFM).

Esses sistemas possuem a capacidade de gerenciar e transferir dados entre si e entre outros aplicativos gráficos e não gráficos (TEICHOLZ, 2001). Essa integração pode ser feita através do uso de padrões abertos, como o *Construction Operations Building Information Exchange* (COBIe), ou do uso do BIM, cujo objetivo é gerenciar dados da edificação para proporcionar ambientes de trabalho eficientes (JORDANI, 2010).

1.2 BIM integrado ao Gerenciamento de *facilities*

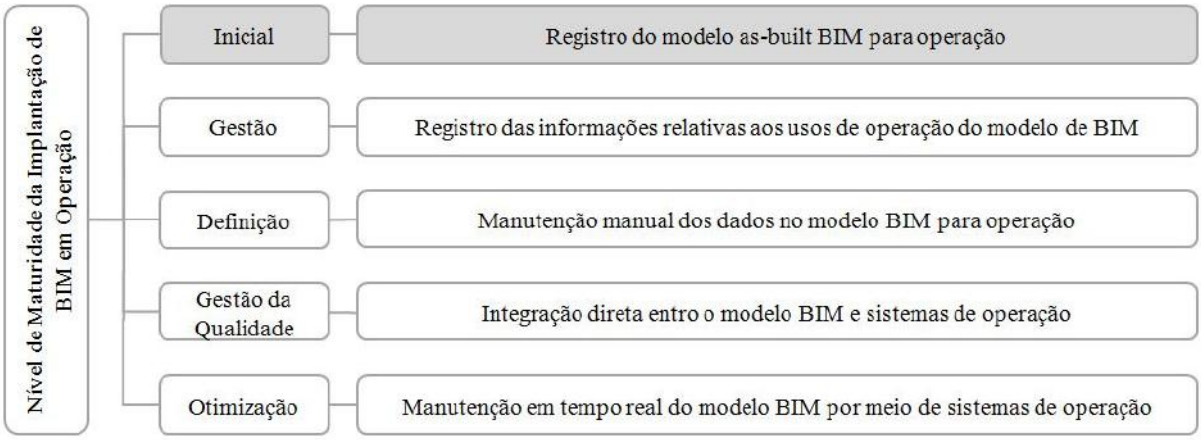
Eastman *et al*. (2014) observa que a indústria da Construção Civil, com foco no gerenciamento de *facilities*, "encontra-se nos primórdios do uso do BIM". Corroborando com esta afirmativa, CIC (2013) aponta que o caminho a ser percorrido na aplicação de BIM em operação é longo, requerendo ainda a implantação de métodos que passam pelos seguintes estágios: de gestão, de definição, de gestão da qualidade e da otimização.

- Na **gestão** são relativos ao registro das informações referentes aos usos de operação no modelo de BIM as-built.

- Na **definição** são relativos à manutenção manual dos dados no modelo BIM para operação.
- Na **gestão da qualidade** são relativos à integração direta entre o modelo BIM e sistemas de operação.
- Na **otimização** são relativos à manutenção em tempo real do modelo BIM por meio de sistemas de operação.

O relatório "The Bussiness Value of BIM for Constructions in Major Global Markets" (MCGRAW, 2014) diagnosticou o Brasil com baixa percentagem (27%) declarada de atividades BIM na fase de pós-construção – relativo ao registro de informações no modelo – em relação aos outros países – Canadá (53%), a Nova Zelândia (47%) e a Coréia do Sul (25%). Contudo aponta-se, dentre as construtoras consultadas, que existe o interesse em adicionar informação de operação e manutenção no modelo BIM entregue ao proprietário. A Figura 1 apresenta os níveis de maturidade da implementação de BIM em operação segundo CIC (2013) destacando em cinza o estágio atual de implementação denotado por Eastman *et al*. (2014) e CIC (2013), sendo confirmado para o Brasil por McGraw (2014).

Figura 1 – Níveis de maturidade do processo de implantação de BIM



Fonte: adaptado de CIC (2013).

1.3 Objetivo

O objetivo deste estudo é identificar o estágio atual do conhecimento acadêmico referente a incorporação de BIM em Gerenciamento de *facilities,* por meio da pesquisa bibliográfica. Identificar-se-á nos estudos: o método investigativo, o nível de maturidade da implantação de BIM em operação e os tipos de gestão.

2 METODOLOGIA

De acordo com Gil (2010), uma pesquisa bibliográfica segue o seguinte delineamento, partindo da escolha do tema e formulação do problema: (i) levantamento bibliográfico preliminar; (ii) elaboração do plano provisório de assunto; (iii) busca das fontes; (iv) leitura do material. A escolha do tema e a

formulação do problema foram apresentadas anteriormente na introdução e objetivo da pesquisa.

Como **levantamento preliminar**, buscou-se conhecer as pesquisas de gerenciamento de *facilities* existentes no Brasil, em termos de dissertações e teses defendidas, para se ter uma visão do interesse em pesquisa sobre o tema desassociado a ênfase de BIM. Buscando-se desta forma, encontrar possíveis nichos de interesse de aplicação do BIM nesta área. Para isso, realizou-se um levantamento na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro da Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) - http://bdtd.ibict.br/vufind/. Os termos utilizados nas buscas foram: gerenciamento de *facility*, gerenciamento de *facilities,* operação e manutenção, gestão da manutenção, gestão da operação, gestão predial e manutenção predial – em todos os campos de busca.

A **elaboração do plano provisório de assunto** envolveu a identificação das bases de dados digitais, nas quais foram feitas as buscas das fontes abrangendo BIM e Gerenciamento de *facilities.* As bases de dados digitais consideradas foram: *American Society of Civil Engineering* (ASCE), *Web of Science, Science Direct e Scopus.* Além disso, realizou-se a designação dos termos de busca. Foram eles: BIM, *Building Information Modeling*, FM, *facility, facilities*, *facility management, facilities management, handover, COBIe, CAFM, Computed-Aided Facility Management, CMMS e Computerized Maintenance Management System.*

Na **busca das fontes**, foram definidos os critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos obtidos, estabelecidos da seguinte forma: (i) necessário conter ao menos no título ou nas palavras-chaves os termos BIM ou *Building Information Modeling* e um dos seguintes termos: FM, *facility, facilities*, *facility management, facilities management e handover*,; (ii) necessário conter ao menos no título, nas palavras-chaves ou no resumo a combinação dos termos BIM ou *Building Information Modeling* com um dos seguintes termos: *COBIe, CAFM, Computed-Aided Facility Management, CMMS e Computerized Maintenance Management System*; (iii) necessário encontrar-se no intervalo temporal de 2000 a 2016; e (iv) ter texto completo disponível para consulta em meio eletrônico. O intervalo temporal escolhido é justificado pela publicação do livro *Building Product Models: Computer Environments, Supporting Design and Construction* (EASTMAN, 1999)[2] até o cenário atual deste artigo.

Durante a **leitura do material**, foram identificados os trabalhos que pertenciam à área de conhecimento Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Nessa leitura, identificaram-se os métodos utilizados em cada trabalho, os níveis de maturidade do processo de implantação de BIM em operação, descritos anteriormente (Figura 1), e qual tipo de gerenciamento de *facilities* o estudo abordava. Para organização e

[2] *Building Product Models: Computer Environments, Supporting Design and Construction* foi o primeiro livro de Charles M. Eastman publicado que aborda o modelo de produto da construção, como uma nova forma de representação digital para os setores de AECO.

quantificação dos resultados, foram feitos fichamentos dos artigos encontrados, incluindo na ficha - além do método, nível de maturidade e tipo de gestão - o título, tema e referência.

3 ANÁLISE DOS DADOS

No levantamento preliminar identificaram-se 224 resultados, sendo 184 dissertações e 40 teses, em 43 áreas distintas de concentração. As áreas de mais destaque foram: Engenharia Civil (40 resultados – 18% da amostra), Engenharia de Produção (28 resultados – 13% da amostra) e Engenharia Mecânica (27 resultados – 13% da amostra). Dentre os 40 estudos em Engenharia Civil, destacaram-se 8 estudos, entre teses e dissertações, que abordavam manutenção predial (CARLINO, 2012; DARDENGO, 2010; FERRAZ JÚNIOR, 2009; GOMES JUNIOR, 2012; MAKISHIMA, 2011) e os seguintes tipos de gestão de *facilities*: gestão estratégica (SANTOS, 2012), gestão da operação e manutenção (WEBER, 2012) e gestão de ativos (MARAN, 2011).

Os resultados quantitativos em termos de artigos científicos, obtidos da elaboração do plano provisório de assunto e busca das fontes, compõem a amostra final desta pesquisa bibliográfica, sendo: 62 artigos na ASCE, 43 na *Web of Science*, 19 na *Science Direct* e 309 na *Scopus*; resultando um total de 352 artigos. Este valor total desconsidera os resultados repetidos nas e entre bases de dados. Dos 352 artigos, 83 não estavam acessíveis para consulta em meio eletrônico, restando 269 trabalhos.

Sobre essa amostra, procedeu-se a distribuição em relação ao veículo de divulgação de cada um, obtendo-se: 157 artigos de congressos, 111 artigos de periódicos e 1 tese de doutorado. Finalmente, restringiu-se a amostra da pesquisa bibliográfica apenas aos 111 artigos de periódicos, por considerar ser quantitativamente expressiva e qualitativamente rigorosa por incluir trabalhos já revisados por pares.

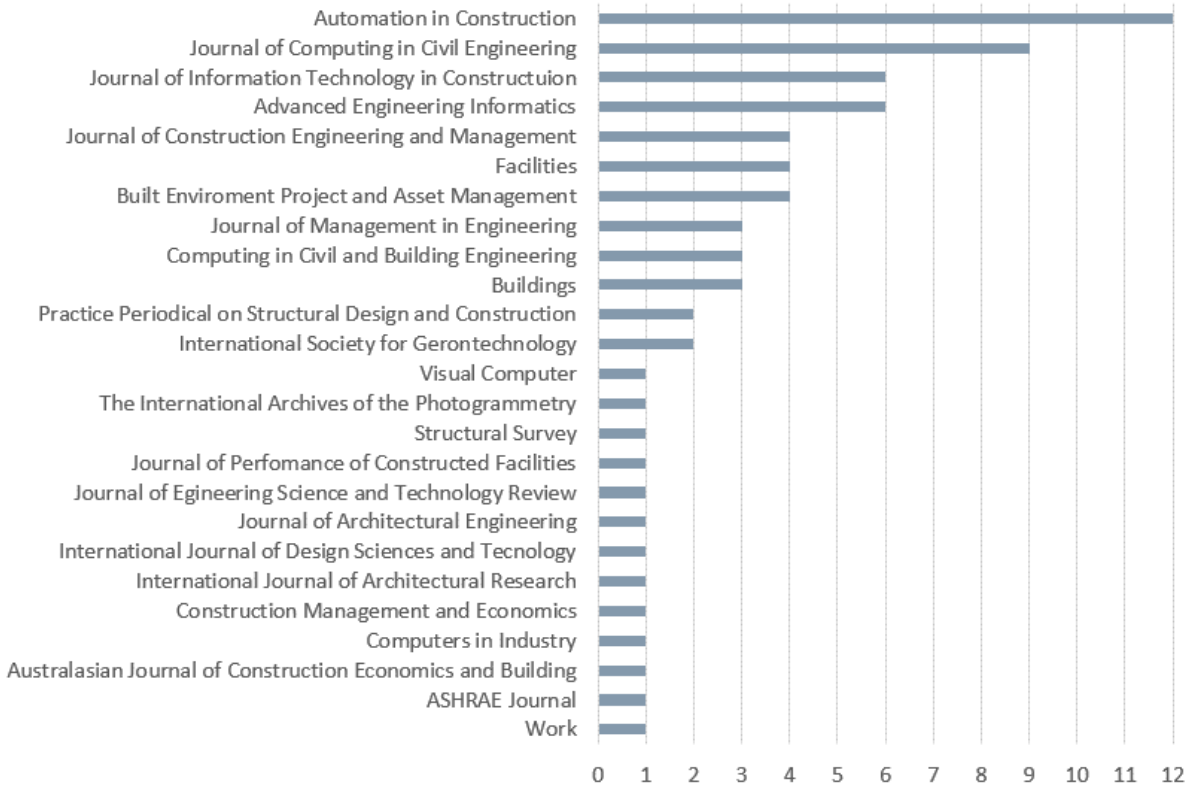
Sobre a amostra final de 111 artigos de periódicos, realizou-se a leitura do material e verificou-se que 39 pertenciam à área de conhecimento de saúde e humanas, restando 72 artigos da área de AECO. A

Verificou-se, dentre os 72 artigos, que 19 não correspondiam ao tema em estudo, ou seja, BIM integrado ao Gerenciamento de *facilities,* mas sim a temas semelhantes como BIM com simulação energética, BIM com avaliação do ciclo de vida, aplicações e implantações de BIM, entre outros. Desta maneira, somente 53 trabalhos foram para a fase de leitura analítica.

Figura 2 apresenta, entre os 72 artigos da área de AECO, quais os periódicos científicos responsáveis pelas publicações e a quantidade de artigos publicados em cada.

Verificou-se, dentre os 72 artigos, que 19 não correspondiam ao tema em estudo, ou seja, BIM integrado ao Gerenciamento de *facilities,* mas sim a temas semelhantes como BIM com simulação energética, BIM com avaliação do ciclo de vida, aplicações e implantações de BIM, entre outros. Desta maneira, somente 53 trabalhos foram para a fase de leitura analítica.

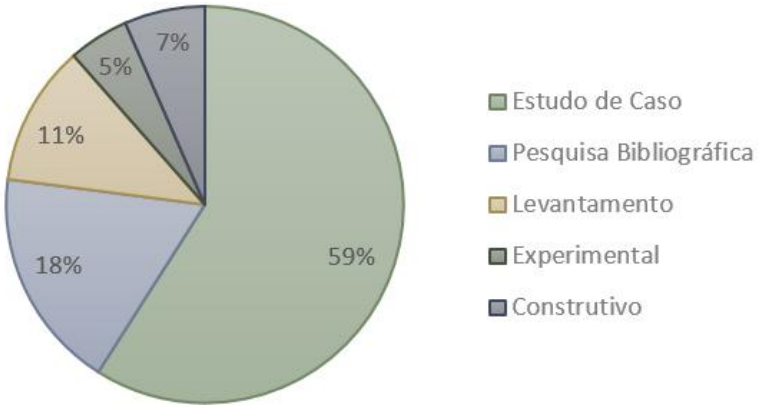
Figura 2 – Periódicos científicos internacionais



Fonte: O autor

Dentre as pesquisas avaliadas na fase de leitura analítica, os métodos utilizados foram (Figura 3): 59% Estudo de Caso, 18% Pesquisa Bibliográfica, 11% Levantamento, 7% Pesquisa Construtiva e 5% Pesquisa Experimental. Esta análise demonstra que as pesquisas voltam seu olhar para a prática (estudos de caso e levantamentos) e é incipiente a proposição e validação de inovações (experimentos e construtivos).

Figura 3 - Métodos utilizados

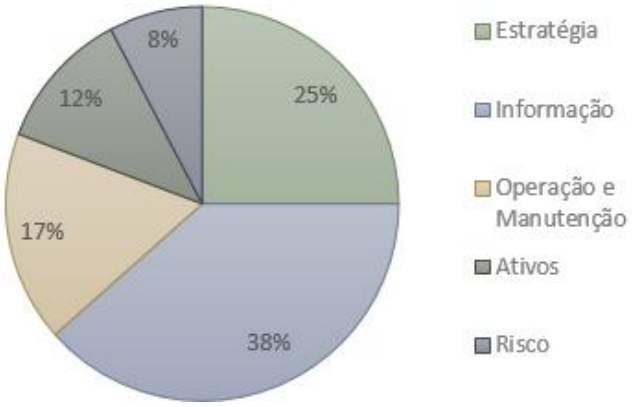


Fonte: O autor

Em relação aos tipos de Gerenciamento de *facilities* (Figura 4) observa-se que os artigos analisados tratam as seguintes gestões: 38% Informação, 25% Estratégia, 17% Operação e Manutenção, 12% Ativos e 8% Risco. Verifica-se

que os estudos analisados indicam maior ênfase da integração de BIM com três tipos de gestão: de estratégia, informação e operação e manutenção.

Figura 4 - Tipo de gerenciamento de *facilities*

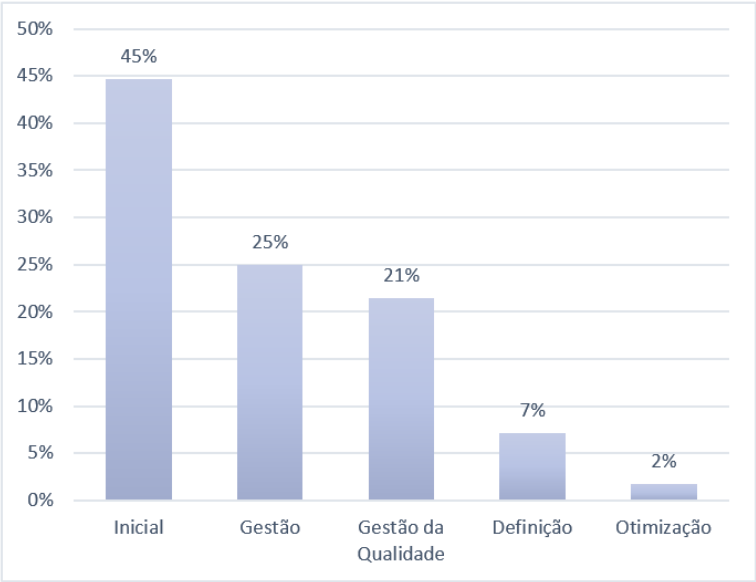


Fonte: O autor

Observou-se que: (i) a gestão estratégica envolve, principalmente, a previsão de futuras necessidades da edificação, e o desenvolvimento antecipado de soluções (CAVKA; STAUB-FRENCH; POTTINGER, 2015) (ii) a gestão da informação é visada, principalmente por conta da integração de softwares e automatização dos processos e sistemas (OSELLO; MACII, 2012; KANG; HONG, 2015); (iii) a gestão de operação e manutenção atenta-se com o funcionamento ininterrupto e eficaz de uma organização (FASSI *et al*., 2015; LUCAS; BULBUL; THABET, 2013a).

A amostra avaliada aponta que, em relação aos níveis de maturidade do processo de implantação de BIM em operação (Figura 5), os estudos abordam as seguintes fases: 45% Inicial, 25% Gestão, 21% Gestão da Qualidade, 7% Definição e 2% Otimização.

Figura 5 – Nível de maturidade



Fonte: O autor

4 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi identificar o estágio atual do conhecimento acadêmico referente à incorporação de BIM em Gerenciamento de *facilities*. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica.

Na etapa preliminar da pesquisa foram levantadas as teses e dissertações brasileiras em Gerenciamento de *facilities* sem o uso e aplicação de BIM. Destacou-se na área de Engenharia Civil o assunto de manutenção predial e os seguintes tipos de gestão de *facilities*: estratégica, da operação e manutenção, e de ativos. Verificou-se que a área de saúde tem interesse em pesquisa voltada ao Gerenciamento de *facilities*.

O processo de busca das fontes, de critérios de inclusão e exclusão, e de leitura do material, da pesquisa bibliográfica no universo internacional, resultou na identificação dos principais periódicos científicos internacionais que veiculam resultados de pesquisa no tema. Estes periódicos são: *Automation in Construction* e *Journal of Computing in Civil Engineering*. Em relação aos métodos utilizados destacou-se o emprego de Estudo de Caso. Esta análise demonstra que as pesquisas voltam seu olhar para a prática e é incipiente a proposição e validação de inovações. Infere-se que a prática, por meio dos estudos de caso, tem o que demonstrar e indica estar à frente da academia neste assunto.

Em relação aos tipos de Gestão de *facilities* observou-se que os estudos analisados indicam maior ênfase da integração de BIM com três tipos de gestão: de estratégia, operação e manutenção e informação. É importante ressaltar gestão da informação surge quando BIM é incorporado ao Gerenciamento de *facilities*.

Em relação aos níveis de maturidade do processo de implantação de BIM em operação, os estudos abordam na maioria: a Fase Inicial e a Fase de Gestão da implantação, o que caracteriza a incorporação do BIM em Gerenciamento de *facilities* ainda embrionária.

Conclui-se, dessa forma, que o estágio atual do conhecimento acadêmico de BIM no Gerenciamento de *facilities* está voltado às fases Inicial e de Gestão da incorporação e que as pesquisas acadêmicas têm um caráter prático demandando uma transição para a proposição e validação de inovações.

REFERÊNCIAS

BAJAJ, Deepak. Risk management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 128-145.

BARRETT, Peter; BALDRY, David. **Facilities Management**: Towards Best Practice. Salford: Blackwell Science Ltd, 2003.

BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management:** Building in Value. Oxford: Butterworth-heinemann, 2003.

CARLINO, Alex Elias. **Melhoria dos processos de manutenção em prédios públicos.** 2012. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

CAVKA, Hasan; STAUB-FRENCH, Sheryl; POTTINGER, Rachel. Evaluating the Alignment of Organizational and Project Contexts for BIM Adoption: A Case Study of a Large Owner Organization. **Buildings,** [s.l.], v. 5, n. 4, p.1265-1300, 27 nov. 2015. MDPI AG.

CIC - COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION Research Program. **BIM Planning Guide for Facility Owners.** Version 1.0, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. 2011. Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em: 12 out. 2015

CIC - COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION Research Program. **BIM Planning Guide for Facility Owners.** Version 2.0, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. 2013. Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em: 07 set. 2015

DARDENGO, Cássia Figueiredo Rossi. **Identificação de patologias e proposição de diretrizes de manutenção preventiva em edifícios residenciais multifamiliares da cidade de Viçosa - MG.** 2010. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

DEVINE, Bernie. Asset management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 241-254.

DEWULF, Geert; DEPUY, Lydia; GIBSON, Virginia. Portfolio management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 206-219.

EASTMAN, C. ***Building Product Models****: Computer Environments Supporting Design and Construction*. Boca Raton: CRC Press, 1999, 411 p.

EASTMAN, Chuck *et al*. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014.

FASSI, F. *et al*. A New Idea of BIM System for Visualization, Web Sharing and Using Huge Complex 3D Models for Facility Management. **Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.,** [s.l.], v. -5/4, p.359-366, 2015. Copernicus GmbH. http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-5-w4-359-2015.

FERRAZ JÚNIOR, João Evany. **Mapeamento das percepções de desempenho da gestão da manutenção de sistemas de climatização prediais: o caso do Inmetro.** 2009. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

GOMES JUNIOR, Jarem Guarany. **Gerenciamento de projetos de engenharia de manutenção em edifícios públicos: uma abordagem transdisciplinar.** 2012. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

HASSANAIN, Mohammad A.; FROESE, Thomas M.; VANIER, Dana J.. Operations and maintenance management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 177-205.

IFMA - INTERNATIONAL FACILITY MANAGEMENT ASSOCIATION (Houston). **FMGlossary.** Disponível em: < http://community.ifma.org/fmpedia/w/fmpedia/facilities-management>. Acesso em: 11 set. 2015.

JORDANI, David A. BIM and FM: The Portal to Lifecycle Facility Management. **Journal of Building Information Modeling**, p. 13-16, Spring 2010. The National Institute of Building Sciences buildingSMART alliance™.

KANG, Tae Wook; HONG, Chang Hee. A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration. **Automation In Construction,** v. 54, p.25-38, jun. 2015. Elsevier BV.

LANGSTON, Craig. Financial management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 164-176.

LUCAS, Jason; BULBUL, Tanyel; THABET, Walid. A Pilot Model for a Proof of Concept Healthcare Facility Information Management Prototype. **Journal Of Information Technology In Construction,** [s.l.], v. 18, p.76-96, mar. 2013a.

MAKISHIMA, José Narumi de Queiroz. Gestão de segurança do trabalho na construção civil: a manutenção predial em uma indústria de alimentos. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MARAN, Marcos. **Manutenção baseada em condição aplicada a um sistema de ar condicionado como requisito para sustentabilidade de edifício de escritórios.** 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica, São Paulo, 2011.

McGRAW Hill Construction. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets:** How contractors around the world are driving innovations with Building Information Modelling. Bedford, 2014. Smart Market Report. Disponível em: < https://synchroltd.com/newsletters/Business%20Value%20Of%20BIM%20In%20Global%20Markets%202014.pdf>. Acesso em: 10 set. 2015.

MUIR, Alison. Space management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 81-103.

OSELLO, Anna; MACII, Enrico. A BIM interoperable process for energy efficiency control in existing buildings. **International Journal of Design Sciences & Tecnology**, Paris, v. 19, n. 1, p.27-43, 2012.

SANTOS, Jackson Freitas. Ferramentas para gestão estratégica da engenharia de manutenção: uma aplicação prática do MASP. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado) -

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, 2012. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

SMITH, Stuart. Information management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 104-127.

TEICHOLZ, Eric. **Facility Design and Management Handbook**. USA: McGraw-Hill, 2001.

TEICHOLZ, Paul (Ed.). **BIM for Facility Managers.** Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

THEN, Danny Shiem-Shin. Strategic management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 69-80.

VALENCE, Gerard de. Quality management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 268-278.

WEBER, Adriana de Oliveira Santos. **Gestão da operação e manutenção de empreendimentos de habitação de interesse social: estudo de caso no programa de arrendamento residencial.** 2012. 307 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

WILKINSON, Suzanne; LEIFER, David. Human resource management. In: BEST, Rick; LANGSTON, Craig; VALENCE, Gerard de (Ed.). **Workplace Strategies and Facilities Management.** Burlington: Elsevier, 2003, p. 146-163.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

SELEÇÃO DE PARÂMETROS NO MODELO BIM NECESSÁRIOS À SIMULAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES A PARTIR DO REVIT E DO ENERGYPLUS[1]

SILVA, Rodrigo Pereira da (1); FERREIRA, Sérgio Leal (2)

(1) USP, e-mail: rodrigo.psilva@usp.br; (2) USP, e-mail: sergio.leal@usp.br

RESUMO

Este trabalho apresenta o resultado até então de um projeto de iniciação científica. Trate-se de um estudo que busca facilitar a simulação computacional energética de edificações, fornecendo aos projetistas diretrizes para definir, com maior precisão, os dados dos componentes relacionados à qualidade térmica dos seus projetos. A utilização de softwares que seguem a abordagem de Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling - BIM) facilita a inclusão de parâmetros necessários à simulação energética, e o objetivo desta pesquisa é identificar e extrair esses parâmetros do modelo BIM e, a partir desses dados, dar entrada no simulador energético EnergyPlus. Aprendeu-se a utilizar o EnergyPlus e o modelador BIM Revit da Autodesk. Elaboraram-se roteiros de modelagem que incluem os momentos de definição dos parâmetros energéticos, além de tabelas que mapeiam e indicam os parâmetros que são definidos no Revit, e também os parâmetros que são inseridos no EnergyPlus. A partir dos resultados notou-se a relação entre os dados energéticos do Revit e do EnergyPlus, e se conclui que há um grande potencial para que seja quebrada a barreira entre a definição dos parâmetros nas etapas de projeto e a inserção dos dados nos programas de simulação energética, diminuindo, dessa forma, o retrabalho entre as diferentes fases do processo de projeto.

Palavras-chave: BIM. Simulação energética em Edificações. IFC.

ABSTRACT

This paper shows the present result of a Scientific Initiation work. It is a study of what can be done to facilitate of computational simulation of building energy consumption and of how to drive and help designers to provide, with more precision, component data related to the thermal quality of their designs. The use of Building Information Modeling software simplifies the input of parameters necessary to the energy simulation, and the target of this research is to identify and extract these parameters from a BIM model and input the proper data subset into the EnergyPlus. Modeling scripts was elaborated and also tables that indicates parameters definitions in Revit and parameters that are inserted in EnergyPlus. The relationship between Revit and EnergyPlus energy data are established and a great potential to overcome the barriers between design phase parameter definition and the energy simulation program data insertion was confirmed. This conclusion leads to a better harmonization and stimulus in the use of simulation by designers.

***Keywords**: BIM. Building Energy Simulation. IFC.*

[1] SILVA, Rodrigo Pereira da; FERREIRA, Sérgio Leal. Seleção de parâmetros no modelo bim necessários à simulação energética de edificações a partir do revit e do energyplus. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da consciência ecológica e a busca por redução do consumo de energia se tornou algo consensual entre especialistas. De acordo com Gonçalves e Duarte (2006), o tema da sustentabilidade vem influenciando profundamente as abordagens de projeto na arquitetura e nos projetos de edifícios.

Uma importante etapa na busca por um projeto sustentável é a simulação energética, que consiste, entre outras coisas, na realização de estudos em eficiência energética que buscam avaliar o perfil de consumo no edifício, segundo as características do projeto arquitetônico, luminotécnico e das instalações de ar condicionado. Essa simulação auxilia de forma muito eficaz a que se proponham alternativas para elevar o desempenho energético da edificação.

Devido às novas tecnologias, o processo de projeto de edifícios tem sofrido grandes modificações e, diferente da tinta e papel que eram utilizadas no passado, hoje usam-se ferramentas computacionais extremamente elaboradas, que trabalham em 3D e incorporam as rotinas mais comuns de trabalho, permitindo maior rapidez e precisão no desenvolvimento do projeto. Uma importante abordagem de desenvolvimento de ferramentas computacionais que tem sido utilizada nos dias atuais é a Modelagem da Informação da Construção (em inglês, Building Information Modeling - BIM), e segundo Souza, Amorim e Lyrio (2009) as experiências internacionais estão confirmando a forte tendência de adoção da abordagem, o que tem melhorado a produtividade e a qualidade dos projetos.

De acordo com o contexto de uso eficiente de energia e utilização de plataforma BIM no auxílio ao desenvolvimento de projetos, este artigo apresenta o estudo e os passos para a elaboração de um processo racionalizado para auxiliar os projetistas a definir com maior facilidade os dados referentes à qualidade térmica dos seus projetos, de modo a que os parâmetros já definidos na fase de projeto sejam aproveitados de maneira eficiente pela simulação energética computacional. O objetivo foi identificar os parâmetros definidos e gerados no modelador BIM que são necessários à simulação energética, e foi realizada a comparação entre os dados gerados pelo modelador BIM e os dados necessários para a entrada no simulador energético.

2 SIMULAÇÃO ENERGÉTICA

Percebe-se que o consumo de energia é um tema amplamente discutido na atualidade. Hoje, com o aumento da consciência ecológica e a busca por redução do consumo de energia, existem muitos projetistas preocupados com a questão da sustentabilidade, e como Hetherington et al. (2011) argumentam, pequenas decisões de projeto podem afetar de maneira significativa o consumo de energia de um edifício. Devido a isso, busca-se nessa pesquisa uma forma de auxiliar o projetista a perceber o impacto de suas escolhas projetuais em relação ao conforto térmico.

No Brasil, a discussão em torno da questão da eficiência energética cresceu em importância nos anos 2000, quando foi sancionada uma primeira lei federal que visa a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente (BRASIL, 2001). Desde então, muitos programas destinados à construção civil com foco na economia de energia do edifício estão em desenvolvimento ou já em uso (MITCHELL, 2011).

Esse trabalho usou o EnergyPlus, que é um programa que simula o desempenho térmico e energético de edificações com todos os sistemas que compõem a edificação e que são relevantes no seu desempenho.

3 PLATAFORMA BIM

Um importante aliado ao processo de produção computacional do projeto de edifícios tem sido o conceito de BIM, que é a sigla para Building Information Modeling (traduzido para o português para Modelagem da Informação da Construção). No BIM Handbook (EASTMAN et al., 2011) define-se que os modelos gerados por computador usando o conceito BIM contêm a geometria e os dados necessários para o apoio às atividades de construção, fabricação e aquisição por meio das quais a construção é realizada. Assim, pode-se concluir que a ideia do BIM é a realização de um processo integrado, que engloba desde o ponto de partida de um projeto, até o seu descarte ou renovação, em resumo, todo o ciclo de vida de uma edificação.

De acordo com Campbell (2007), a indústria AEC (arquitetura, engenharia e construção) se mostra fragmentada, e o BIM tornou-se uma importante ferramenta para contribuir com a integração dessas diferentes frentes de trabalho. O BIM permite uma maior integração de projetos e de todos os processos envolvidos na construção, trazendo maior qualidade para o edifício, com menor custo e redução do tempo de projeto (EASTMAN et al., 2011).

4 MÉTODO DE PESQUISA

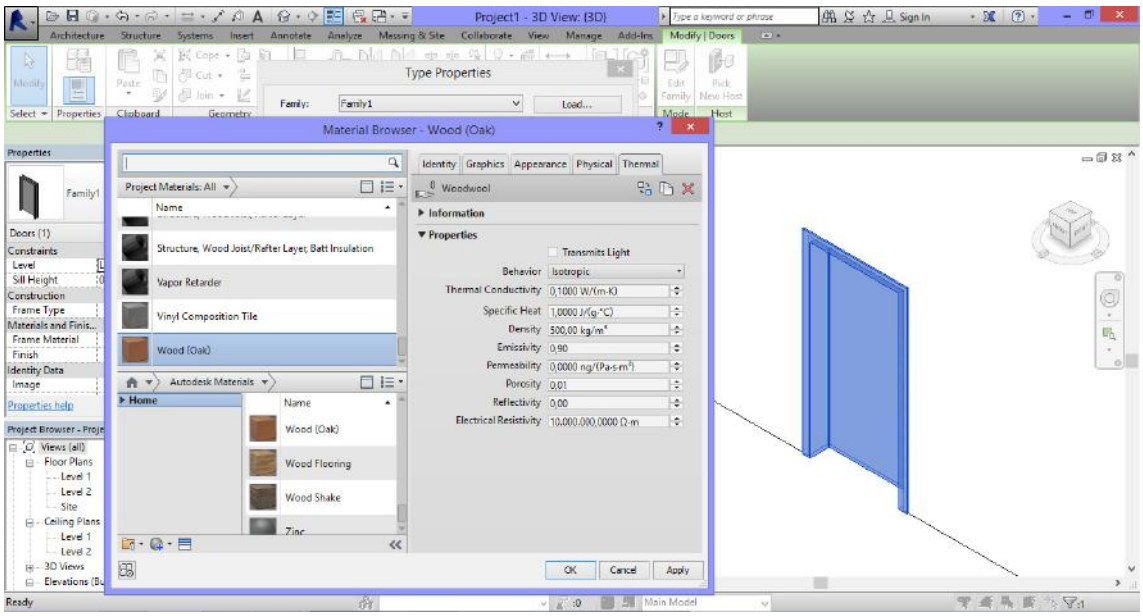
Após a revisão bibliográfica e tendo o cronograma e os objetivos definidos, foi realizado o aprendizado do modelador BIM Revit e do simulador energético EnergyPlus, para poder enfim realizar a modelagem, simulação, processamento e análise dos resultados.

4.1 Revit

Em um primeiro momento, realizou-se o aprendizado do modelador Revit, que é um software que utiliza o conceito BIM. Aprendeu-se a modelar nesse programa, conhecendo-se as diversas ferramentas e procedimentos.

Modelaram-se janelas e portas no Revit, elaborando-se um tutorial que ensina desde a definição do *template* necessário, até a inclusão das propriedades dos materiais (Figura 1).

Figura 1 - Inclusão de propriedades térmicas



Fonte: Próprio autor

Atentou-se à inclusão e extração dos parâmetros relacionados às propriedades térmicas, aprendendo-se a inseri-los no modelo, e também como extraí-los. A exportação dos dados foi feita através do formato de arquivo IFC (Industry Foundation Class), que como a ISO 16739 (2013) define, é um arquivo neutro em formato padrão, com o objetivo de trocar e compartilhar informações de acordo com um esquema conceitual padronizado.

Identificaram-se os parâmetros que podem ser usados para dar entrada no simulador energético, elaborando-se o Quadro 1.

Quadro 1 – Parâmetros para simulação energética extraídos do Revit

Object	**Field**	**Units**
Location Weather	Latitude	
	Longitude	
	Altitude	m
	Pressão	
	Temperatura	
	Umidade	
Material	Geometria	
	Name	
	Description	
	Behavior	
	Thermal Conductivity	W/(mK)
	Specific Heat	J/(g°C)
	Density	kg/m³
	Emissivity	
	Permeability	Ng/(Pasm²)
	Porosity	
	Reflectivity	
	Electrical Resistivity	Ωm

	Absorptance	
	Roughness	
	Thermal Transmittance	
	Heat Transfer Coefficient	
	Solar Heat Gain Coefficient	
	Thermal Resistance	
	Visual Light Transmittance	
Ocupação	Taxa de Ocupação	
Iluminação	Type	
	Position	
	Potência	W
	Initial Color	K
Equipamentos	Type	
	Position	
	Potencia	W
Zonas Térmicas	Definição das zonas	

Fonte: Próprio autor

Os parâmetros do Quadro 1 são definidos e obtidos em diversos momentos diferentes ao longo da modelagem. A primeira coluna explicita os objetos que são usados para a simulação energética, a segunda coluna indica os atributos associados a esses objetos, e a terceira coluna indica as unidades.

É possível georreferenciar o modelo do Revit, inserindo dados de altitude, latitude, longitude, pressão e umidade da cidade onde o edifício a ser analisado se encontra.

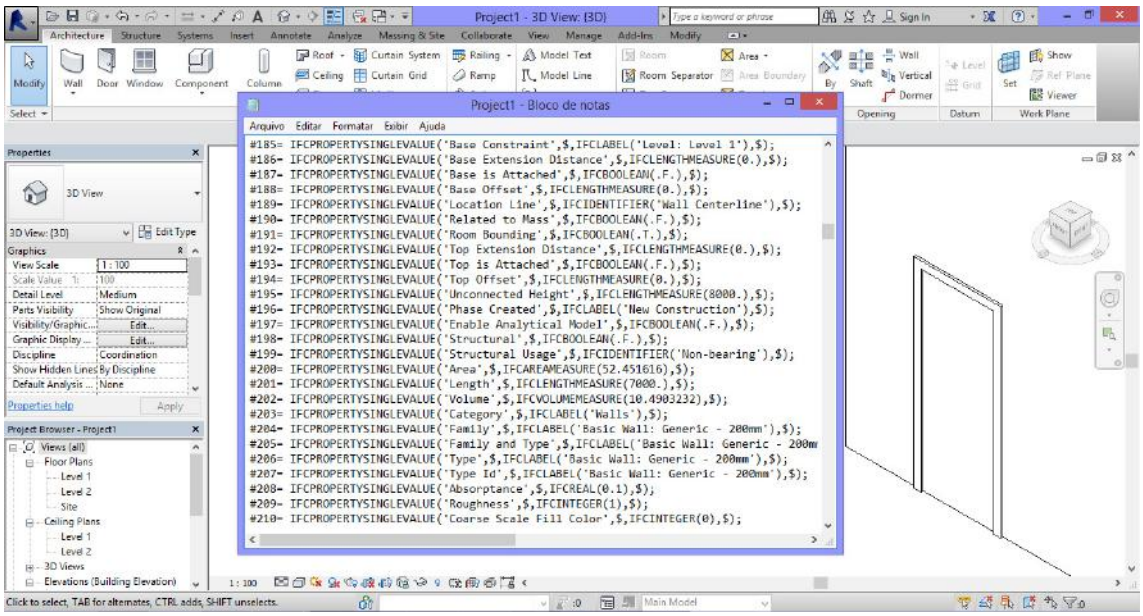
Em relação aos materiais, o Revit permite definir diversas propriedades, além de ser possível a modelagem com a geometria que se queira e na localização desejada. Essas propriedades podem já estar definidas no material escolhido ou não. De qualquer forma é possível fazer a edição dessas propriedades em qualquer etapa da modelagem.

A ocupação de uma edificação no Revit é definida junto com a configuração das zonas térmicas, que são os diferentes ambientes que constituem uma edificação.

As informações de iluminação e equipamentos também podem ser inseridas e modificadas no modelo a qualquer modelo, assim como no caso dos materiais.

A fim de fazer a análise dos dados passíveis de exportação, a partir dos tutoriais de modelagem de portas e janelas, extraíram-se os arquivos IFC para essas classes, como ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Exportação no formato IFC e leitura dos resultados



Fonte: Próprio autor

Percebe-se, pela Figura 2 que o arquivo IFC pode ser aberto a partir de um bloco de notas, e constitui-se de diversas linhas que descrevem as diversas propriedades do resultado da modelagem realizada no Revit, como os parâmetros geométricos de área, comprimento e volume, também a localização dos diversos elementos no modelo, além dos parâmetros definidos como absorção e rugosidade.

4.2 EnergyPlus

O EnergyPlus é um software de simulação termo energética, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos. É um software já consolidado, e com grande aceitação, sendo usado em muitas pesquisas realizadas no mundo inteiro para simulação de desempenho termo energético de edificações. No Brasil essa realidade também já é bem sentida como constata Melo e Barcelos (2011).

Aprendeu-se como o EnergyPlus funciona, como realizar a simulação energética, quais os dados de entrada e quais os dados de saída. Identificaram-se os parâmetros básicos necessários para a realização de uma simulação energética, e foi elaborado o Quadro 2 abaixo, que mostra quais são esses parâmetros.

Quadro 2 – Parâmetros para simulação energética no EnergyPlus

Group	**Field**	**Object**	**Units**
Location and Climate	Site:Location	Name	
		Latitude	
		Longitude	
		Time Zone	
		Elevation	m
	SizingPeriod:DesignDay	Arquivo Climático	
Schedules	ScheduleTypeLimits	Name	
	Schedule:Compact	Name	
Surface Construction Elements	Material	Name	
		Roughness	
		Thickness	m
		Conductivity	W/mK
		Density	kg/m³
		Specific Heat	J/kgK
	Construction	Especificação de cada camada de material de cada elemento	
Thermal Zones and Surfaces	GlobalGeometryRules		
	Zone		
	BuildingSurface:Detailed	Name	
		Surface Type	
		Construction Name	
		Zone Name	
		Outside Boundary Condition	
		Sun Exposure	
		Wind Exposure	
Internal Gains	People	Name	
		Zone	
		Number	
		Fraction Radiant	
		Activity Level	
	Lights	Name	
		Zone	
		Schedule Name	
		Design Level Calculation Method	
		Return Air Fraction	
		Fraction Radiant	
		Fraction Visible	
		Fraction Replaceable	
	Electric Equipment	Zone	
		Schedule Name	
		Design Level Calculation Method	
		Fraction Latent	
		Fraction Radiant	
		Fraction Lost	

Fonte: Próprio autor

É importante observar que dados mais complexos como sistemas geradores de energia local (eólica e fotovoltaica), ou sistemas complexos de condicionamento de ar (central com ciclo economizador, torres de resfriamento), não foram considerados. Utilizaram-se nesta pesquisa apenas os dados básicos que viabilizam a simulação energética no EnergyPlus.

Como na tabela dos parâmetros do Revit, nessa tabela as colunas organizam os diversos grupos.

Os dados de localização no EnergyPlus são praticamente os mesmos do Revit: dados de latitude, longitude e altitude. No EnergyPlus, no entanto, há uma significativa diferença, que é a definição do arquivo climático, que contém os dados climáticos detalhados num ano referencial completo de dada região ou cidade. Esse arquivo climático é definido antes da simulação energética, e possibilita análises mais detalhadas para um período considerado.

Os dados referentes aos materiais são de rugosidade, condutividade, densidade, calor específico e espessura. Ainda é possível definir diversas camadas de materiais, tendo em cada camada todas essas propriedades.

Assim como no Revit, pode-se definir as zonas térmicas no EnergyPlus.

Os parâmetros de ocupação permitem maior detalhamento do que no Revit, podendo-se indicar o nível de atividade e a fração radiante liberada.

Os equipamentos permitem a definição das suas zonas de influência, e suas frações radiante, visível e substituível no caso dos equipamentos de iluminação, e de frações latente, radiante e perdida no caso dos demais equipamentos.

4.3 Seleção e correspondência dos parâmetros EnergyPlus x Revit

De posse dos dados que podem ser definidos e extraídos do Revit, e também dos dados básicos de entrada para a simulação energética no EnergyPlus, foi possível ser feita a relação entre esses dados, que pode ser observada no Quadro 3.

Quadro 3 - Dados do EnergyPlus que são obtidos do Revit

Field	**Object**	**Observações**
Location	Latitude	O Revit fornece os dados necessários para o EnergyPlus.
	Longitude	
	Elevation	
Material	Roughness	Todos esses dados são possíveis de serem obtidos no Revit.
	Thickness	
	Conductivity	
	Density	
	Specific Heat	
Construction	Especificação de cada camada de material de cada elemento	O Revit também possibilita a especificação de camadas de materiais.
Zone	Definição das zonas térmicas	As definições das zonas térmicas no Revit são diferentes do EnergyPlus e é necessário um estudo para realizar essa compatibilidade.
Building Surface	Surface Type	É possível definir condições de vento e exposição ao sol no Revit, mas a maneira que isso tudo é feita é diferente do EnergyPlus. Também é necessário um
	Outside Boundary Condition	
	Sun Exposure	
	Wind Exposure	

		cuidado aqui.
People	Number	O Revit define de maneira diferente a ocupação, e assim será necessário estudos e adaptações nesses dados.
	Fraction Radiant	
	Activity Level	
Lights	Fraction Radiant	Todos esses dados são obtidos no Revit
	Fraction Visible	
	Fraction Replaceable	
Electric Equipment	Fraction Latent	Todos esses dados são obtidos no Revit.
	Fraction Radiant	
	Fraction Lost	

Fonte: Próprio autor

Os dados de localização, material, construção, iluminação e demais equipamentos elétricos podem ser obtidos e definidos no Revit, e também podem ser inseridos no EnergyPlus, ocorrendo em alguns casos um maior número de parâmetros no Revit do que o EnergyPlus necessita.

As definições das zonas térmicas no Revit são diferentes do EnergyPlus e é necessário um estudo para realizar essa compatibilidade.

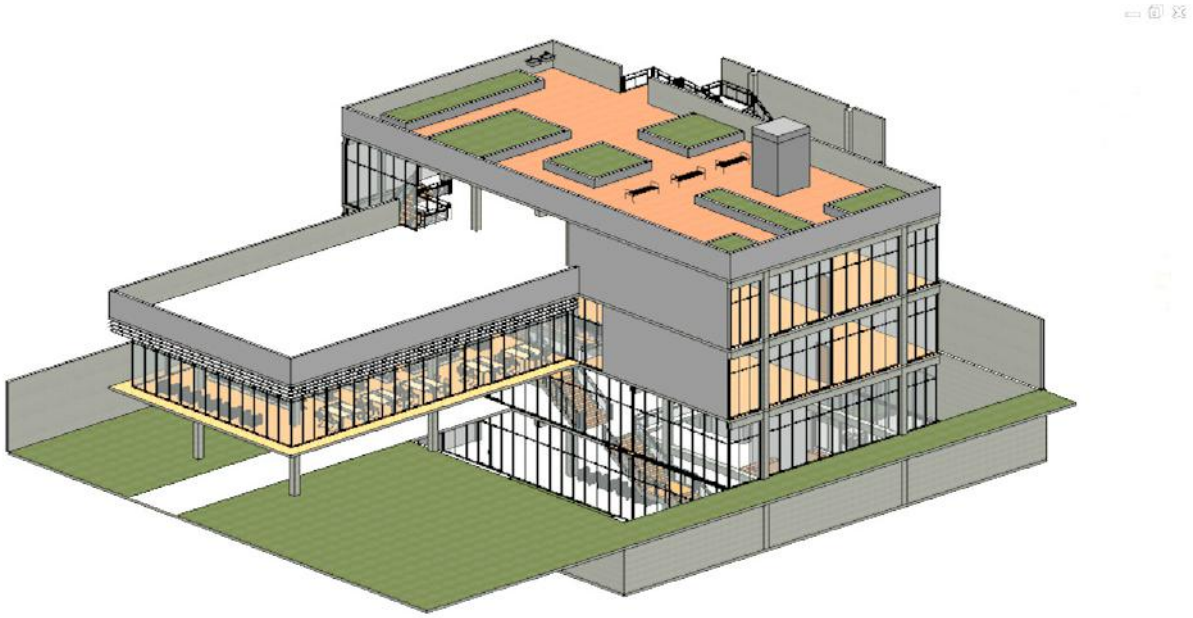
Já no caso da ocupação do prédio, o Revit só permite a definição do número de pessoas por zona térmica, não permitindo a especificação do calor gerados pelas pessoas, nem o nível de atividade dos ocupantes.

4.4 Realização de procedimento para inclusão de Propriedades Térmicas no Revit

Dando continuidade à pesquisa, buscou-se realizar um teste completo da metodologia, desde a modelagem até a simulação energética.

De posse de um projeto arquitetônico completo e de razoável complexidade (Figura 3) modelado inteiramente no Revit, desenvolvido por um dos pesquisadores, elaborou-se um tutorial de inclusão de propriedades térmicas dos diversos componentes desse projeto, com o objetivo de auxiliar os projetistas a definir esses parâmetros na fase de projeto.

Figura 3 – Perspectiva do projeto aquitetônico usado para o teste



Fonte: autores

Após essa inclusão das propriedades térmicas gerou-se o arquivo IFC, que será trabalhado de forma a produzir a entrada dos parâmetros no EnergyPlus. Essa última fase de tratamento do arquivo IFC não pôde ser desenvolvida a tempo de mostrar os resultados neste trabalho, mas em breve será publicada.

5 CONCLUSÕES

A complexidade dos dados necessários à simulação energética das edificações é grande, e ainda existe uma barreira para que a simulação seja realizada com mais frequência e no momento mais adequado do processo de projeto.

A interoperabilidade entre os programas de simulação termo energética e a plataforma BIM possui um grande potencial, mas, como pode ser observado nessa pesquisa, há ainda a necessidade de maiores adequações para que este processo seja viável.

A partir desta pesquisa, verificou-se que há uma relação entre os dados de entrada do EnergyPlus e os dados de saída do Revit. É preciso observar que essa pesquisa levou em conta somente os dados básicos para simulação energética, desconsiderando, por exemplo, dados específicos como os referentes a painéis solares e outros equipamentos menos frequentes. Portanto, para edificações mais específicas, que fujam dos equipamentos e arquiteturas usualmente utilizadas, deve-se realizar um estudo mais detalhado dos dados de entrada na simulação energética.

É necessário continuar esse trabalho fazendo um teste completo, da modelagem à simulação energética. Primeiro deve-se modelar uma edificação, exportar seu arquivo IFC e o analisar e caso seja necessário se

localizar os parâmetros necessários para dar entrada no EnergyPlus, e assim, enfim, identificar as possíveis falhas nesse processo.
Além disso, também será feita a formulação de um algoritmo de automação do processo de extração de dados do modelo BIM e inserção dos dados no EnergyPlus. Espera-se dessa forma contribuir de maneira bem concreta com a utilização mais dinâmica da simulação termo energética a partir de dados fornecidos pelo projetista modelador da arquitetura.

É necessário continuar esse trabalho, acabando o teste completo, pois após a modelagem e a inclusão das propriedades térmicas dos componentes no modelo do Revit, deve-se produzir e manipular o arquivo IFC para localizar os parâmetros necessários para então dar entrada no EnergyPlus e assim, enfim, identificar as possíveis falhas nesse processo e propor soluções que completam a metodologia. Esse trabalho será tema de um novo projeto de iniciação científica já aprovado.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Unificado de Bolsas da USP, que concedeu o suporte financeiro a essa pesquisa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, 17 out. 2001. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/lei10295.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2016.

CAMPBELL, D. A. **Building information modeling: The Web3D application for AEC.** New York, NY, 173-176. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=1229390.1229422>. Acesso em: 11 abr. 2016.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook:** A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. United States: John Wiley & Sons, 2011.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino.** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, RS, v. 6, n. 4, p. 51-81, out/dez. 2006. ISSN 1415-8876. Disponível em: <www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/3720/2071>. Acesso em: 11 mar. 2016.

HETHERINGTON, R.; LANEY, R.; PEAKE, S.; OLDMAN, D. **Integrated building design, information and simulation modelling: the need for a new hierarchy.** In: Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. Sydney, 2011. Disponível em: <http://oro.open.ac.uk/29470/>. Acesso em: 13 jan. 2016.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16739: 2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries.** Disponível em: <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51622>. Acesso em: 17 fev. 2016.

MELO, Ana Paula; BARCELOS, Michele M. **Engenheiros e arquitetos se rendem ao EnergyPlus – Programa de simulação é cada vez mais usado para implementar conceitos de sustentabilidade.** Portal EA – Engenharia e Arquitetura, 2011. Disponível em: <http://www.engenhariaearquitetura.com.br/noticias/417/Engenheiros-e-arquitetos-se-rendem-ao-EnergyPlus.aspx>. Acesso em: 15 fev. 2016.

MITCHELL, J. **BIM & building simulation.** In: Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. Sydney, 2011. Disponível em <http://www.aivc.org/sites/default/files/K1.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2016.

SOUZA, Livia L. Alves de; AMORIM, Sérgio R. Leusin; LYRIO, Arnaldo de Magalhães. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário.** Gestão e Tecnologia de Projetos. Rio de Janeiro, RJ, v. 4, n. 2, p. 26-53, nov. 2009. ISSN 1981-1543. Disponível em: <www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/download/50958/55043>. Acesso em: 07 abr. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ESTUDO DAS EXPORTAÇÕES DE MODELOS DIGITAIS PRODUZIDOS NO AUTODESK REVIT PARA SIMULAÇÕES DE EDIFICAÇÕES NO ENERGYPLUS[1]

QUEIRÓZ, Gabriel Ramos de (1); SANTOS, Joaquim Cesar Pizzutti dos (2); GRIGOLETTI, Giane de Campos (3)

(1) UFSM, e-mail: gqueiroz3@gmail.com; (2) UFSM, e-mail: joaquimpizzutti@hotmail.com; (3) UFSM, e-mail: ggrigoletti@gmail.com

RESUMO

O programa computacional Autodesk Revit tem seu uso crescente devido às vantagens de sua tecnologia BIM que reúne, em um único modelo virtual, todas as informações que representam uma edificação real; contudo, suas capacidades ainda não são totalmente exploradas, inclusive no âmbito de simulação computacional de edificações. Portanto, este artigo objetiva avaliar as possibilidades para exportação de modelos digitais de edificações produzidos no Revit 2016 para simulações na ferramenta EnergyPlus 8.4.0, uma das mais difundidas para este fim. A metodologia consistiu em exportar, nos formatos de arquivos IDF e gbXML, modelos baseados no caso-base da norma ASHRAE Standard 140 (*Case 600*), produzidos no Revit com diferentes opções de configurações do programa, para compará-los com o modelo de referência produzido diretamente no EnergyPLus, com o auxílio do *plug-in* Legacy OpenStudio para SketchUp, com base em parâmetros definidos na geometria e propriedades dos materiais empregados para verificar a distorção dos dados quando é realizada a exportação dos modelos. Os resultados apontaram que o modelo de construção proveniente do arquivo gbXML exportado do *menu* principal do Revit configurou-se como melhor opção para sua utilização no EnergyPlus.

Palavras-chave: Exportações de modelos. Tecnologia BIM. Autodesk Revit. Simulação de edificações. EnergyPlus.

ABSTRACT

Software Autodesk Revit has its increasing use due to the advantages of BIM which brings together all the information that represent a real building in a single virtual model; however, its capabilities are not yet fully explored, including in building simulations. Therefore, this article aims to evaluate the possibility of exporting building models produced in Revit 2016 for simulations in EnergyPlus 8.4.0. The methodology was to produce digital models in Revit with different program settings based on building Case 600 from ASHRAE Standard 140 and export them in IDF and gbXML file formats. After that, such models were compared with the reference model produced directly in EnergyPlus, with Legacy OpenStudio SketchUp Plug-in, based on parameters defined in geometry and material properties to check the distortion of data when exporting models is performed. Results show the construction model from gbXML file exported from main menu of Revit as the best option to use in EnergyPlus.

[1] QUEIRÓZ, Gabriel; SANTOS, Joaquim; GRIGOLETTI, Giane. Estudo das exportações de modelos digitais produzidos no Autodesk Revit para simulações de edificações no Energy Plus. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Model export. Building Information Modeling. Autodesk Revit. Building simulation. EnergyPlus.*

1 INTRODUÇÃO

O Autodesk Revit é um programa computacional de concepção de projetos de arquitetura e complementares e também um sistema de documentação que suporta todas as fases do processo (JUSTI, 2010). Seu crescimento de popularidade deve-se às vantagens da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM, ou Modelagem de Informações da Construção). Esta tecnologia promove um método avançado de trabalho colaborativo, utilizando um modelo virtual da edificação criado a partir de um banco de dados com informações coordenadas e consistentes(CRESPO; RUSCHEL, 2007; HIPPERT; ARAÚJO, 2010).

Mesmo assim, o BIM ainda não está sendo aplicado em todo seu potencial. Apenas algumas de suas capacidades são exploradas (MENEZES, 2011). A partir disso, o presente artigo explora a utilização adequada de potencialidades desta tecnologia, por meio do sistema Revit, para a simulação de edificações, pois programas computacionais específicos para este fim são importantes ferramentas para análises detalhadas de desempenho termoenergético, devido às facilidades na manipulação das variáveis e no tempo de processamento de alternativas (LAMBERTS et al, 2010; SPANNENBERG, 2006).

A empresa Autodesk irá integrar funcionalidades semelhantes do programa Ecotect Analysis para o Revit, maximizando os esforços de desenvolvimento no BIM e em soluções baseadas em nuvem para análise de desempenho de edificações (AUTODESK, 2016a); enquanto isso não ocorre, o Revit carece de ferramentas para uma análise mais aprofundada. Por este motivo, este trabalho buscou alternativas para a utilização de modelos digitais produzidos no Revit para a simulação de edificações na ferramenta EnergyPlus.

Sendo assim, o Revit foi selecionado por ser difundido entre os profissionais da área e possuir uma interface gráfica atrativa, que facilita o seu uso e pode despertar o interesse pela busca de mais conhecimentos acerca da avaliação do ambiente construído. O EnergyPlus foi escolhido como programa complementar de análise por possibilitar a integração com o Revit e apresentar potencialidades em simulações de edificações, é uma ferramenta consolidada e recomendada por instruções normativas brasileiras.

Foi definido como estudo de caso a edificação *Case 600*, da norma ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2012) que aborda o método padrão de testes para a validação de programas computacionais que realizam simulações energéticas de edificações. Tal edificação representa um modelo simplificado, com uma única zona térmica e maior controle de suas variáveis.

2 OBJETIVO

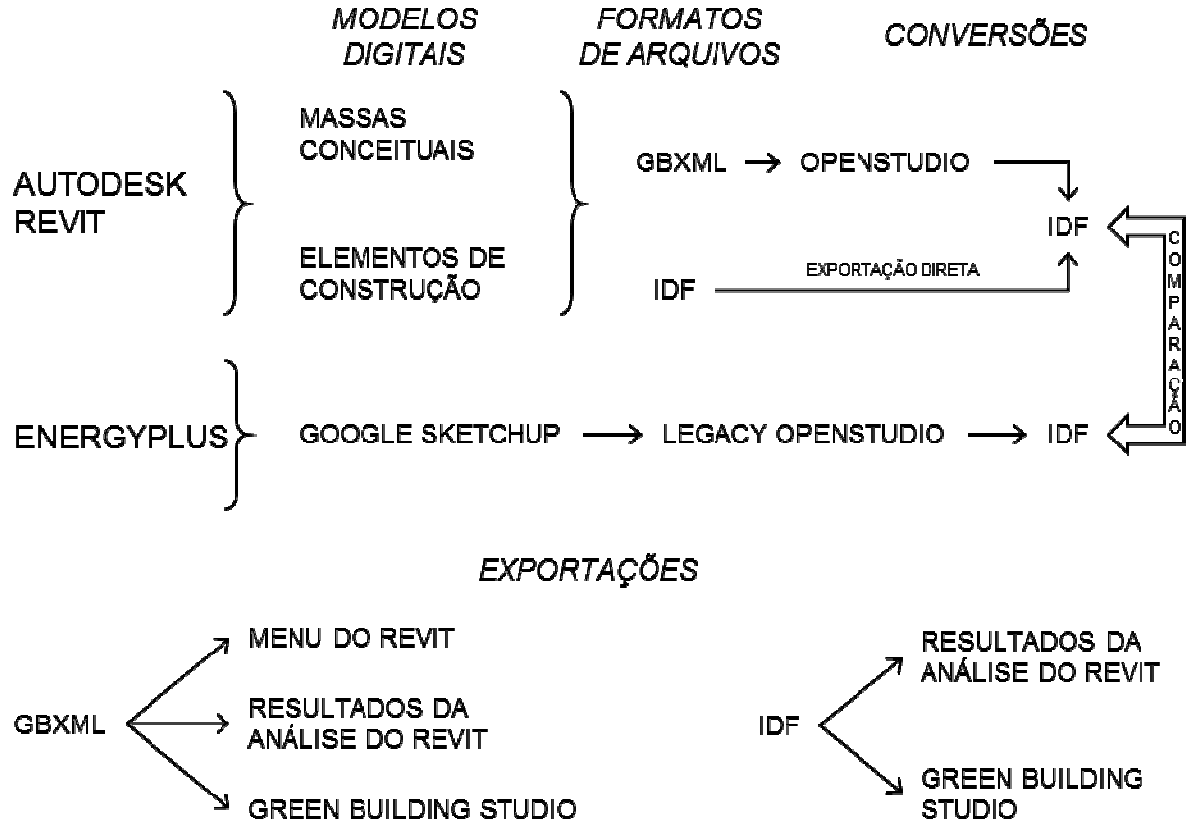
O objetivo deste artigo é avaliar as possibilidades para exportação de modelos digitais de edificações produzidos no programa computacional Autodesk Revit 2016 para simulações na ferramenta EnergyPlus 8.4.0.

3 MÉTODO

O procedimento metodológico da pesquisa (Figura 1) seguiu os preceitos da norma americana ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2012) e consistiu em:

- estudo de caso, constituído por edificação representativa para a investigação, por meio da produção de modelos digitais com diferentes opções de configurações no Revit e no EnergyPlus;
- exportações e conversões de todos os modelos criados no Revit para o formato de arquivo suportado pelo EnergyPlus, com o auxílio de ferramentas adicionais, sendo que todos os programas computacionais foram utilizados em suas versões mais recentes;
- comparações entre os modelos produzidos no Revit com o padrão de referência do EnergyPlus, por meio de parâmetros definidos para a análise da integração entre os respectivos programas computacionais.

Figura 1 – Resumo da metodologia



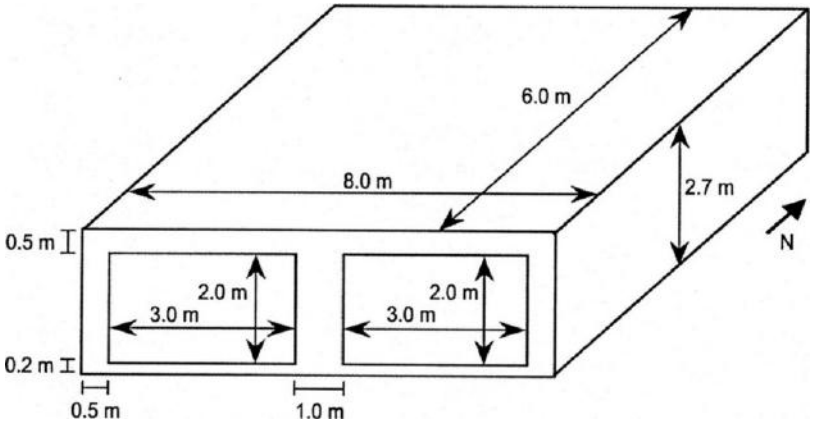
Fonte: Os autores

3.1 Definição do modelo de edificação no EnergyPlus

Inicialmente, a edificação foi modelada no programa SketchUp 2016, com o auxílio do *plug-in* Legacy OpenStudio, versão 1.0.14, para ser gerado o arquivo em formato do EnergyPlus 8.4.0. Esse modelo serviu como base de referência para a comparação dos modelos BIM criados no Revit.

A geometria do *Case 600* foi modelada de acordo com as especificações da norma ASHRAE Standard 140 (Figura 2), correspondendo a uma zona térmica retangular com volume de ar interno de 129,6 m³ (ASHRAE, 2012).

Figura 2 – Geometria da edificação



Fonte: ASHRAE (2012, p. 16)

O envelope do modelo é composto por elementos com baixa massa térmica. A Tabela 1 apresenta as características desses fechamentos opacos da edificação, com suas respectivas camadas e propriedades térmicas dos materiais correspondentes.

Tabela 1 – Características dos fechamentos opacos

Material (do interior para o exterior)	**Espessura [m]**	**Condutividade térmica [W/(m·K)]**	**Densidade [kg/m³]**	**Calor específico [J/(kg·K)]**
		Parede externa		
Gesso acartonado	0,012	0,160	950	840
Fibra de vidro	0,066	0,040	12	840
Madeira	0,009	0,140	530	900
		Piso		
Madeira	0,025	0,140	650	1200
Isolamento	1,003[1]	0,040	0,001[2]	100[2]
		Cobertura		
Gesso acartonado	0,010	0,160	950	840
Fibra de vidro	0,1118	0,040	12	840
Deck	0,019	0,140	530	900

Fonte: Adaptado de ASHRAE (2012, p. 17)

[1] A ASHRAE Standard 140 aponta que o material de isolamento do piso deve possuir espessura elevada, com 1,003 m, para efetivamente desvincular termicamente o piso do solo.

[2] A norma indica que a densidade e o calor específico do isolamento do piso devem possuir o menor valor possível que o programa permite; no EnergyPlus, foram adotados os valores apresentados acima.

As janelas (Tabela 2) são dois elementos localizados na fachada sul e com área total de 12 m², não possuem áreas de caixilhos e são compostas por dois painéis de vidro e uma camada interna de ar.

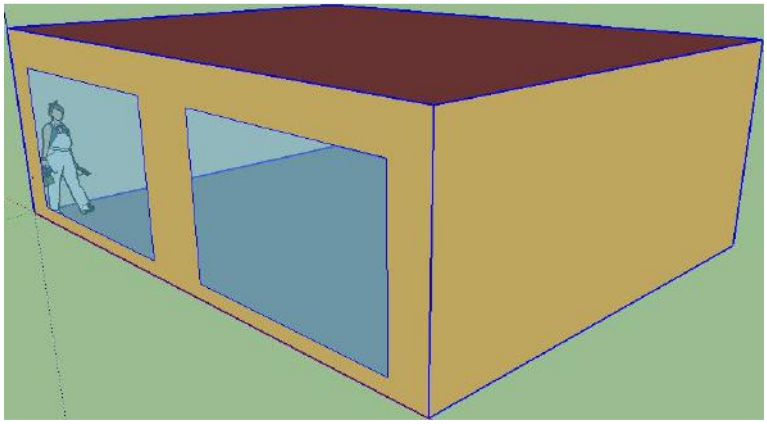
Tabela 2 – Propriedades relevantes das janelas

Propriedade	**Valor**
Espessura do vidro (e)	3,175 mm
Espessura da camada de ar (e)	13 mm
Condutividade térmica do vidro (λ)	1,06 W/(m·K)
Transmitância térmica da janela (U)	3,00 W/(m²·K)

Fonte: Adaptado de ASHRAE (2012, p. 19)

Sendo assim, a geometria do modelo digital do *Case 600*, criado para o EnergyPlus, é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – *Case 600* modelado no SketchUp pelo *plug-in* Legacy OpenStudio



Fonte: Os autores, baseados no SketchUp 2016

3.2 Modelagem das geometrias no Autodesk Revit

Além do modelo do EnergyPlus, a edificação também foi produzida no programa Autodesk Revit 2016 por duas formas: utilizando massas conceituais e elementos de construção. Os modelos BIM foram produzidos de acordo com as orientações utilizadas no modelo do EnergyPlus.

As massas conceituais são volumes genéricos que auxiliam na representação abstrata da edificação, enquanto que os elementos de construção representam as características reais dos componentes da edificação (AUTODESK, 2016b).

3.2.1 Modelo de massa conceitual

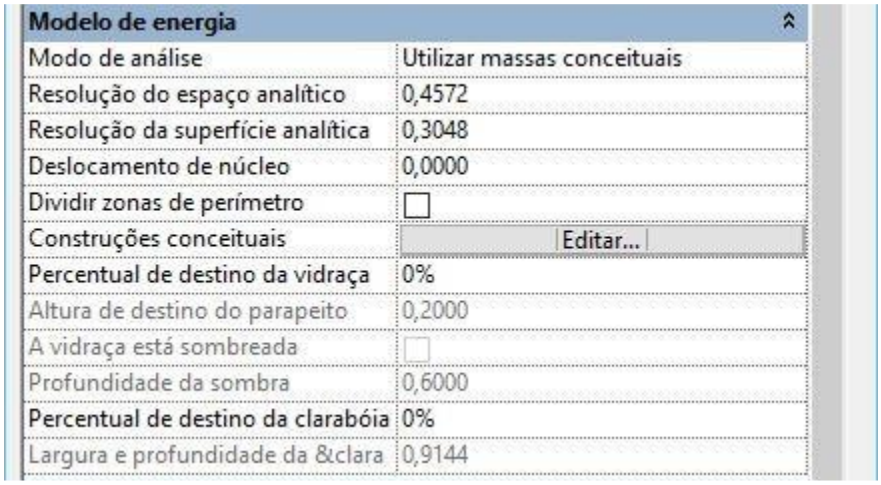
No modelo de massa conceitual, a geometria foi composta por formas simples cujas faces não possuem espessuras e materiais.

Para tornar possível exportar o modelo nos diferentes formatos de arquivos propostos, foi necessário executar a simulação energética do Revit para criar um modelo analítico de energia, que reflete a intenção da edificação com

suas respectivas configurações de energia (AUTODESK, 2016b). Com isso foram definidas algumas dessas configurações, destacadas a seguir.

O modelo de energia (Figura 4) foi configurado para que o modo de análise o criasse com base em massas conceituais.

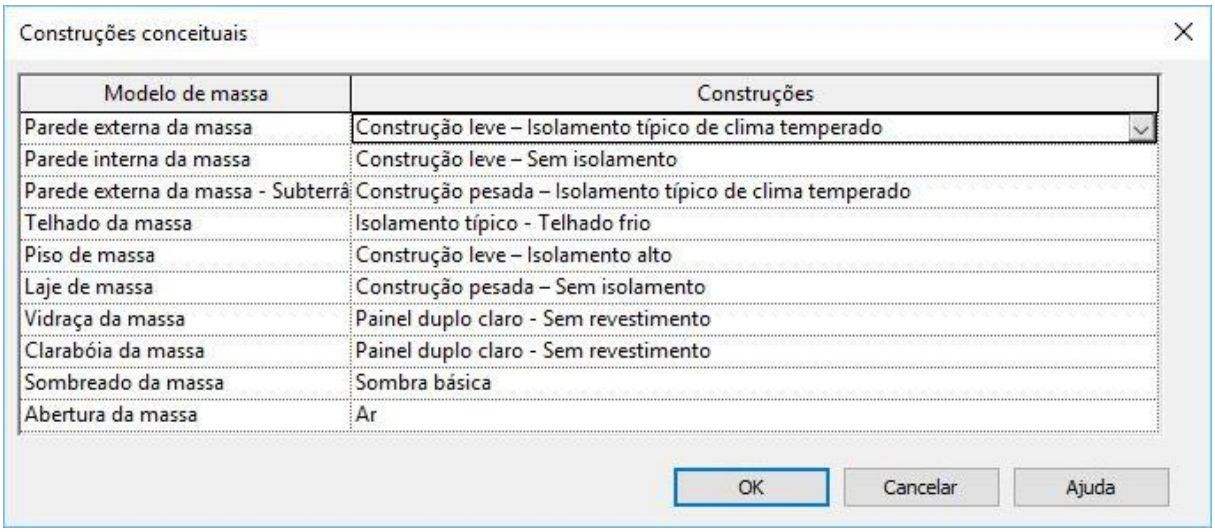
Figura 4 – Configurações do modelo de energia para a massa conceitual



Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

No parâmetro de construções conceituais foram associados os tipos de componentes aos tipos de superfícies existentes no *Case 600*, como parede externa, telhado, piso e vidraça (Figura 5), com os valores equivalentes de resistências térmicas apresentados no *site* de ajuda do Revit (AUTODESK, 2016b); os elementos de massa inexistentes na geometria da edificação (por exemplo, paredes internas), como não puderam ser anulados, foram mantidos com as seleções padrões do Revit.

Figura 5 – Construções conceituais do modelo de massa conceitual



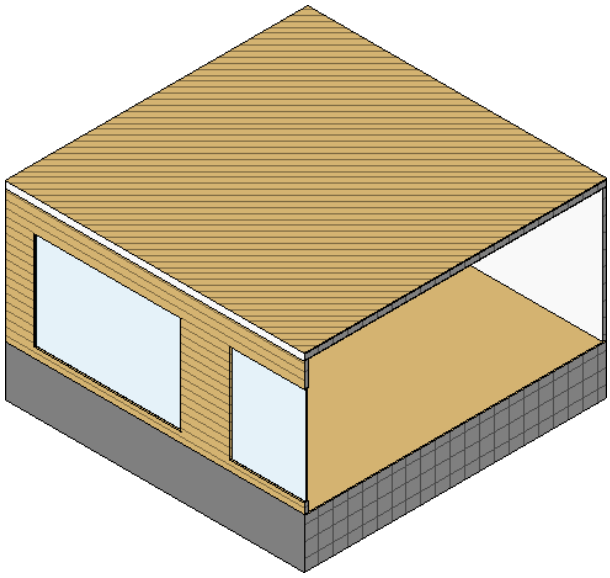
Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

3.2.2 Modelo de construção

A modelagem do *Case 600* com elementos de construção foi produzida

com a aplicação de materiais e suas respectivas espessuras (Figura 6), de maneira que as espessuras da envoltória foram definidas para que o volume interno de ar permanecesse como especificado em 129,6 m³.

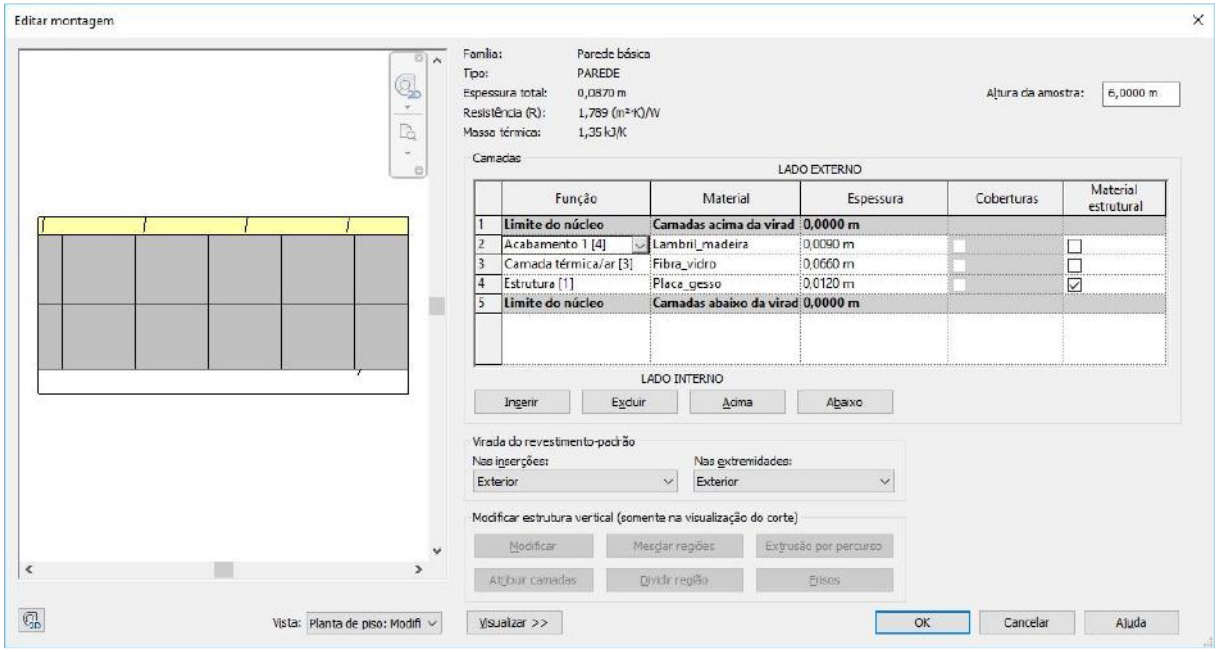
Figura 6 – Modelo de construção com corte vertical



Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Os elementos de construção – piso, cobertura, paredes e janelas – foram compostos pelas camadas de materiais atribuídas pela norma (ver Tabela 1). A Figura 7 exemplifica a edição da parede do modelo, com a ordem de camadas de materiais e suas espessuras.

Figura 7 – Exemplo de edição da parede

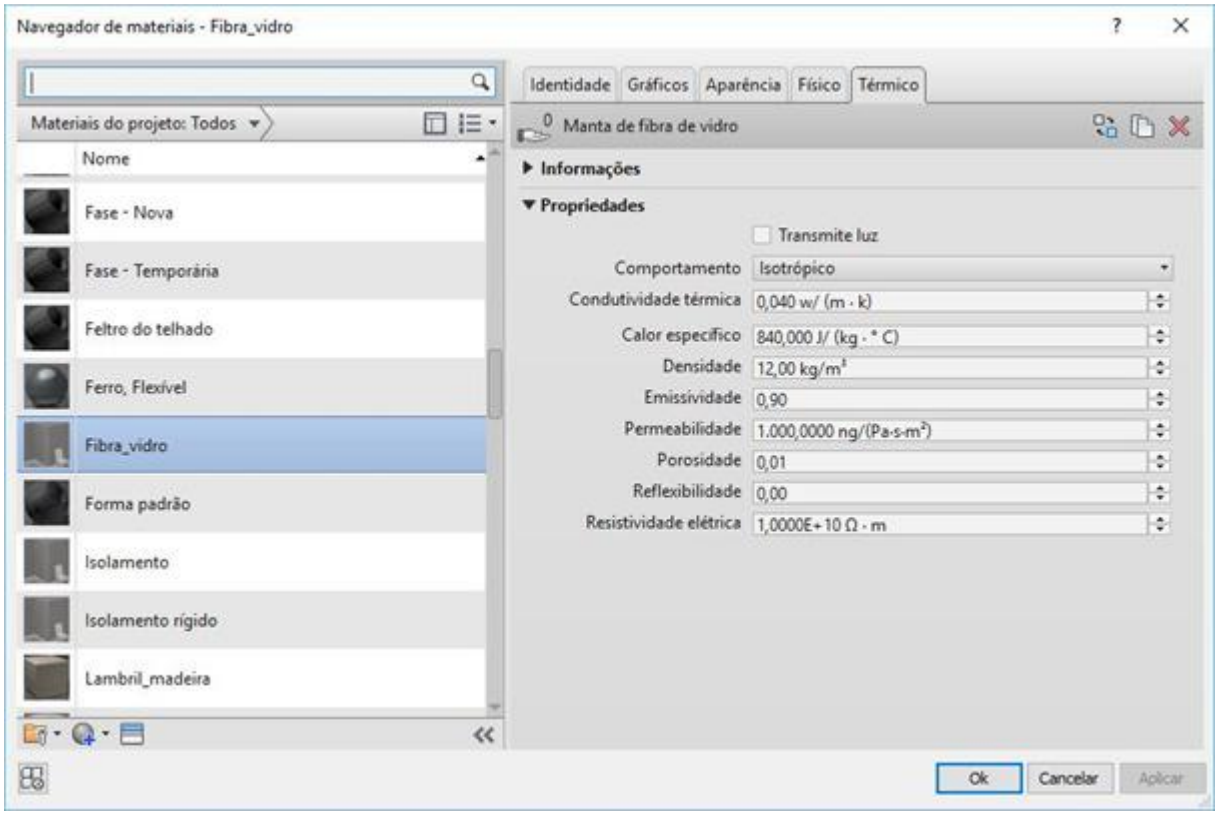


Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Cada material empregado também foi configurado de acordo com a

norma quanto às suas propriedades térmicas. Por exemplo, a Figura 8 exibe as propriedades térmicas da manta de fibra de vidro empregada no interior das paredes do modelo, nas quais foram definidos os valores de condutividade térmica, calor específico e densidade.

Figura 8 – Propriedades térmicas da fibra de vidro



Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

A inserção de elementos de construção no modelo do Revit implica em algumas diferenças nas configurações que refletem no modelo analítico de energia gerado.

As configurações do modelo detalhado (Figura 9) efetuam o ajuste fino utilizando elementos de construção (AUTODESK, 2016b). No ícone Exportar categoria foi selecionada a opção Ambientes para poder determinar a inclusão das propriedades térmicas dos materiais, sendo utilizados os valores especificados na Figura 8.

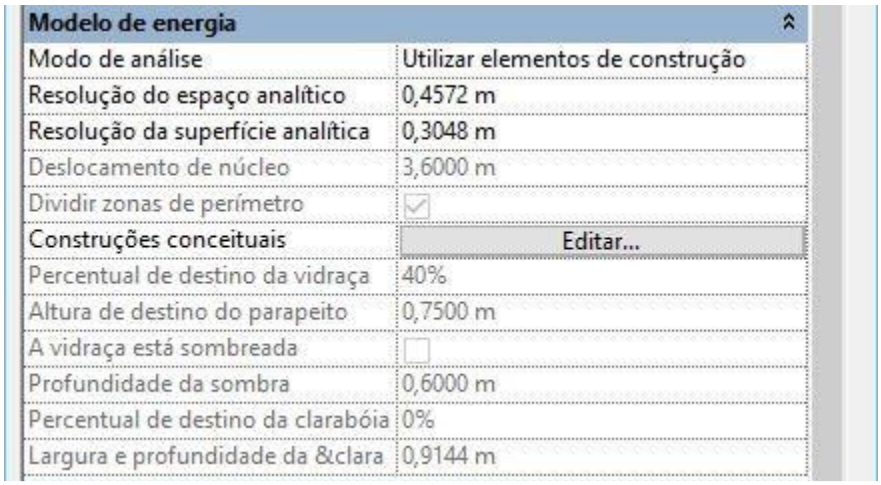
Figura 9 – Configurações do modelo detalhado com ambientes

Modelo detalhado	
Exportar categoria	Ambientes
Exportar complexidade	Simples
Incluir propriedades térmicas	☑
Fase do projeto	Construção nova
Tolerância de espaço estreito	0,0000 m
Ambiente de construção	Identificar elementos externos
Tamanho da célula da grade analít	0,9144 m

Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Nas configurações do modelo de energia (Figura 10), como foi selecionado para utilizar os elementos de construção no modo de análise, não houve a necessidade de definir outros parâmetros.

Figura 10 – Configurações do modelo de energia



Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

A criação do modelo analítico de energia a partir de elementos de construção gera espaços e superfícies analíticos que refletem, respectivamente, a zona térmica e os componentes construtivos da edificação.

3.3 Exportação e conversão dos modelos produzidos

Após a produção no Autodesk Revit 2016 dos modelos propostos para o *Case 600*, os mesmos foram exportados nos formatos de arquivos disponíveis e convertidos para serem abertos no SketchUp e comparados com o modelo de referência produzido para o EnergyPlus 8.4.0.

Para isso, foram definidos dois tipos de arquivos: *Green Building eXtensible Markup Language* (gbXML) e *EnergyPlus Input Data File* (IDF).

3.3.1 Arquivos gbXML

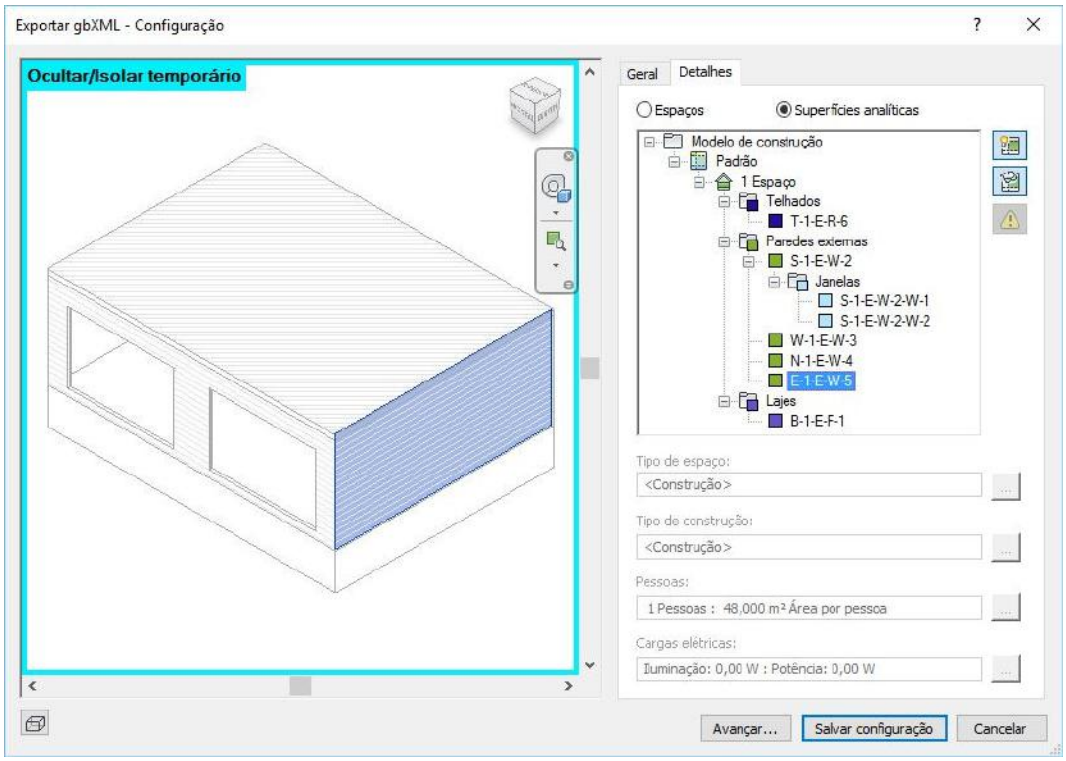
Quando é executada a análise energética no Revit, o modelo analítico de energia é transferido para um arquivo gbXML para ser enviado para o serviço na nuvem da ferramenta Autodesk Green Building Studio (GBS) (AUTODESK, 2016b).

Sendo assim, foram realizadas três maneiras possíveis para exportar os modelos como arquivo gbXML: a partir do *menu* principal do Revit, da barra de ferramentas onde são apresentados os resultados das análises de energia feitas no Revit e do próprio GBS.

Especificamente para exportar com modelos de construção, surge uma nova janela do programa para as configurações de exportação do arquivo gbXML (Figura 11), na qual, foram examinados os espaços ou ambientes inseridos e suas superfícies analíticas para a verificação e correção de erros,

quando necessário.

Figura 11 – Visualização de elementos do modelo de construção nas configurações de exportação para arquivos gbXML



Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Em seguida, o processo de conversão dos arquivos gbXML para o formato IDF foi simples: iniciou-se pela importação do arquivo gbXML para o programa computacional OpenStudio 1.10.0 e a posterior exportação como formato IDF para o EnergyPlus.

3.3.2 Arquivos IDF

Outra maneira utilizada na pesquisa para gerar os arquivos IDF a partir dos modelos produzidos no Revit foi pela exportação direta nesse formato de arquivo, a partir dos resultados do Revit e do GBS, sem a necessidade de conversões como nos casos anteriores.

3.4 Parâmetros de comparação

Para avaliar a melhor opção de compatibilidade entre os programas computacionais estudados, foram comparados todos os modelos produzidos no Revit com o padrão de referência produzido diretamente para o EnergyPlus. Isto foi feito para analisar a semelhança das informações obtidas, utilizando parâmetros definidos sobre as geometrias e os materiais.

A comparação das geometrias foi realizada pela visualização dos modelos no SketchUp, a partir da abertura dos arquivos IDF com o *plug-in* Legacy OpenStudio. Foram comparados aspectos quanto à fidelidade dos modelos

BIM com o modelo de referência, tais como: as dimensões da zona térmica; a existência e identificação correta dos componentes de construção; e a simplicidade da geometria, conforme recomendada para modelos virtuais utilizados em simulações computacionais.

Quanto aos materiais, os arquivos IDF foram abertos no próprio EnergyPlus para verificar se tais parâmetros estavam corretos conforme o modelo de referência. Foram examinadas as propriedades físicas (camadas dos componentes e respectivas espessuras) e térmicas (condutividade térmica, densidade, calor específico e outras variações) dos materiais nos referentes componentes de construção dos modelos.

4 RESULTADOS

Os diferentes tipos de modelos da edificação colaboraram para identificar mudanças específicas em cada uma das exportações examinadas. Por possuir uma geometria simplificada, o *Case 600* permitiu um maior controle na verificação de distorções das informações transferidas entre os modelos.

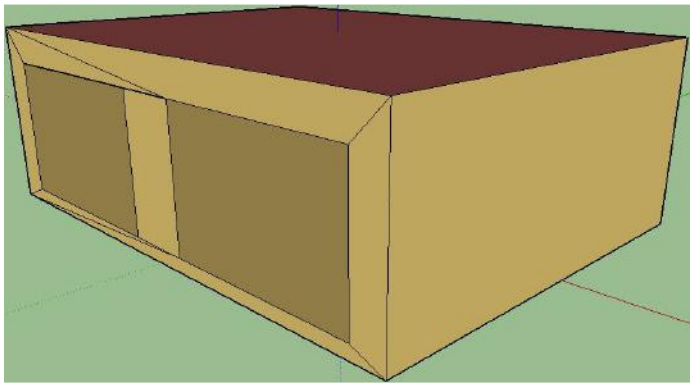
4.1 Arquivos gbXML

Os arquivos gbXML convertidos para formato IDF apresentaram opções viáveis para a utilização de seus modelos no EnergyPlus.

4.1.1 Geometrias

Notou-se que os três arquivos exportados com massas conceituais originaram uma mesma geometria. Na Figura 12 percebe-se que a geometria ficou distorcida, com superfícies facetadas na parede sul, e as janelas foram interpretadas como portas, o que pode causar mais tempo de processamento na execução das simulações e má interpretação das informações. Entretanto, esses erros podem ser facilmente corrigidos por edição direta no SketchUp.

Figura 12 – Geometria do modelo de massa conceitual exportado em gbXML

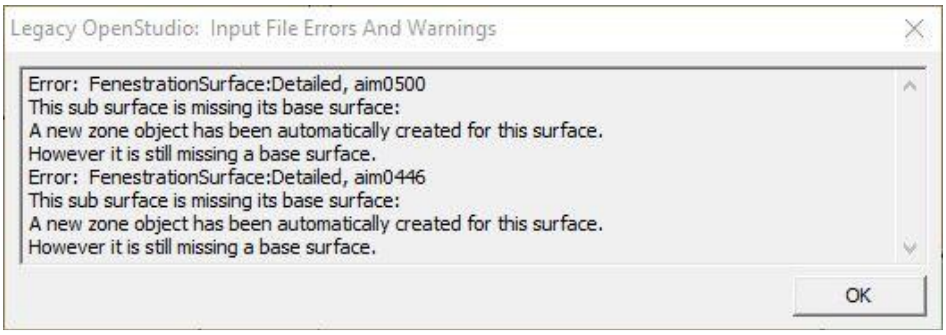


Fonte: Os autores, baseados no SketchUp 2016

Para o modelo de construção, as geometrias exportadas diretamente do GBS e a partir dos resultados do Revit foram exatamente iguais à da Figura 12

acima. Especificamente, houve um erro na identificação das janelas (Figura 13), sendo criadas automaticamente novas zonas para essas superfícies e interpretadas erroneamente como portas.

Figura 13 – Aviso de erro na identificação das janelas no modelo de construção



Fonte: Os autores, baseados no SketchUp 2016

Enquanto que, quando o modelo é exportado a partir do *menu* Revit, foi gerada uma geometria idêntica ao padrão de referência do EnergyPlus (ver Figura 3).

A definição de geometria para o modelo de construção exportado do *menu* principal do Revit aparentou ser a melhor opção, uma vez que foi a mais simplificada e fiel ao modelo de referência, com elementos de edificação corretamente transferidos e interpretados pela conversão em formato IDF.

Vale destacar uma questão sobre o modelo analítico de energia gerado automaticamente no Revit quando é proveniente de geometrias com elementos de construção. Este modelo adota como base para a sua definição o eixo central dos elementos de construção, consequentemente o volume de ar interno é aumentado e as faces externas da edificação são reduzidas. O ideal seria trabalhar com a face externa das paredes, alterando de fato a massa de ar, mas mantendo suas superfícies externas com as dimensões reais, uma vez que a radiação solar interfere muito no desempenho da edificação.

Assim os modelos de massas conceituais que são produzidos com os tamanhos ideais e sem espessuras no Revit ganham vantagem com relação às dimensões exportadas da geometria, apesar de seus erros identificados.

4.1.2 Materiais

Quando os arquivos gbXML foram convertidos para o formato IDF, os objetos sofreram alterações em sua nomenclatura, como as denominações de materiais e elementos de construção definidas pelo usuário no Revit. Essa mudança, que se configura em números para a diferenciação dos objetos, dificulta a identificação dos mesmos quando se opta pela correção do arquivo, tornando o processo mais trabalhoso.

Para o modelo de massas conceituais, como não existe a possibilidade de configurá-lo no Revit como desejado, nos arquivos originados dos resultados do Revit e do GBS, as propriedades térmicas dos materiais foram introduzidas

no arquivo IDF (já interpretadas como resistência térmica) pelas construções conceituais definidas nas configurações do modelo de energia durante sua produção (ver Figura 5).

Como o modelo exportado a partir do *menu* do Revit não sofre influência do GBS por não ter havido a necessidade de execução da análise de energia no programa, as configurações de materiais da edificação não foram transferidas para o arquivo IDF.

Para o modelo de construção, por ser produzido no Revit com um domínio maior de suas definições, no arquivo exportado a partir do *menu* do Revit, a diferença foi que as propriedades térmicas foram identificadas dos próprios materiais configurados e aplicados durante a modelagem no programa (ver Figura 7 e Figura 8).

Com os modelos originados a partir dos resultados do Revit e do GBS, acrescenta-se que foram criados materiais inexistentes para as superfícies resultantes do erro de identificação das janelas da geometria (ver Figura 13).

Portanto quanto às configurações de materiais, o modelo de construção exportado do *menu* principal do Revit foi o que representou a melhor alternativa para ser convertido em formato IDF. O motivo é a transferência somente das informações definidas especificamente na sua produção, sem dados padrões do programa, resultante da geometria fiel ao modelo de referência e do maior controle de configurações desse tipo de modelagem.

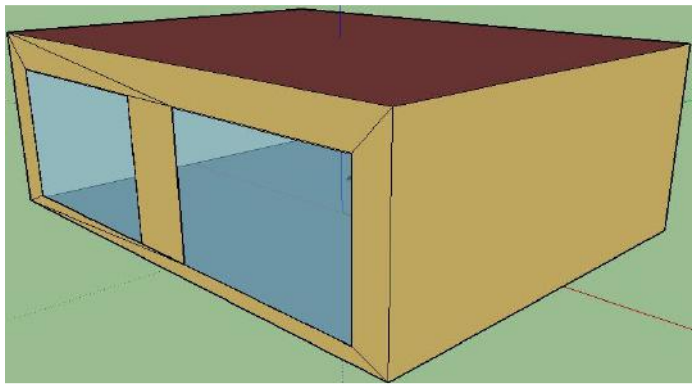
4.2 Arquivos IDF

Os modelos digitais produzidos no Revit possuem a vantagem de serem exportados diretamente no formato IDF para o EnergyPlus, pois trata-se de um processo recomendado e simplificado para ser executado.

4.2.1 Geometrias

As geometrias exportadas do modelo de massas conceituais, tanto do Revit como do GBS, sofreram somente distorções em sua fachada sul, com a superfície dividida em várias faces (Figura 14), semelhante ao ocorrido com o formato gbXML. Contudo, as janelas foram reconhecidas corretamente, o que proporciona uma vantagem para este tipo de exportação.

Figura 14 – Geometria do modelo de massa conceitual exportado em arquivo IDF



Fonte: Os autores, baseados no SketchUp 2016

O modelo de construção obteve a mesma conformação de geometria da Figura 14 acima. Porém, por se tratar de modelagem com as espessuras de seus elementos, as geometrias perderam as dimensões definidas para o *Case 600*, pois assume os eixos centrais dos componentes da envoltória da edificação. Isto significa que tais modelos tiveram um aumento no volume interno de ar e uma redução da área das superfícies externas.

Sendo assim, como todas as geometrias sofreram distorções na parede que recebe as janelas, os modelos de massas conceituais apresentaram vantagens por terem suas dimensões em conformidade com o modelo de referência do EnergyPlus.

4.2.2 Materiais

No modelo de massas conceituais (exportado do Revit e do GBS), foram transferidos os dados sobre os materiais dos elementos de construção, cujas propriedades térmicas foram definidas pelas construções conceituais escolhidas nas configurações de energia do Revit.

Para ambos os modelos de construção, devido à variação do processo de modelagem no Revit, as propriedades térmicas dos materiais, em vez de serem padronizadas de construções conceituais, foram transportadas dos materiais definidos no programa. Por motivos desconhecidos, foram criados materiais inexistentes na edificação para as superfícies facetadas que formam uma moldura ao redor de cada janela.

Vale ressaltar que, para a família de janelas do Revit, não são exportadas as propriedades térmicas de seus componentes, como exemplo o vidro; nesse caso, são transferidas para o arquivo IDF as propriedades analíticas do tipo de janela (Figura 15), que constituem dados pré-definidos no programa.

Figura 15 – Propriedades analíticas de janelas no Revit

Propriedades analíticas	
Construção analítica	Vidraça dupla - doméstico
Transmissão de luz visual	0,810000
Coeficiente de ganho de calor solar	0,760000
Resistência térmica (R)	0,3196 (m²·K)/W
Coeficiente de transferência de calor (U)	3,1292 W/(m²·K)

Fonte: Os autores, baseados no Revit 2016

Com isso, o modelo de construção, independentemente de sua exportação, torna-se a melhor opção de transferência das configurações de materiais analisadas, por conter informações que o faz ser bastante similar ao modelo de referência do EnergyPlus.

5 CONCLUSÕES

Dentre as exportações realizadas, analisando-se somente a geometria da edificação, ficou evidente que o modelo de construção exportado em arquivo gbXML a partir do *menu* principal do Revit foi o que sofreu menos distorções, apesar da alteração de seu volume com relação ao modelo de referência do EnergyPlus. Quanto aos materiais, este mesmo modelo transferiu as propriedades térmicas adequadas definidas durante a modelagem no Revit e não inseriu materiais desconhecidos nas configurações da edificação. Com isso também se percebe a melhor relação do programa Revit com o formato de arquivo gbXML pela facilidade de transferência de informações, mesmo sendo possível a exportação direta em arquivo IDF para o EnergyPlus.

Conclui-se que, no caso analisado, o modelo de construção proveniente do arquivo gbXML exportado do *menu* principal do programa computacional Autodesk Revit 2016 configurou-se como melhor opção para utilização tanto de sua geometria como de suas configurações de materiais na ferramenta EnergyPlus 8.4.0. Ressalta-se a necessidade de correção em suas dimensões, facilmente realizada diretamente no SketchUp, e, se desejada, na nomenclatura dos objetos referentes aos materiais da edificação.

REFERÊNCIAS

ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 140-2011**: standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs. Atlanta: ANSI, 2012.

AUTODESK. **Autodesk Ecotect Analysis**: sustainable building design software. Disponível em: <http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>. Acesso em: 20 ago. 2015a.

_____. **Autodesk Revit 2016**: ajuda. Disponível em: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/PTB/>. Acesso em: 9 set. 2015b.

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais eletrônicos**... Porto Alegre: TIC, 2007. Disponível em: <http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/tic2007/artigos/A1085.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2015.

HIPPERT, M. A. S.; ARAÚJO, T. T. A contribuição do BIM para a representação do ambiente construído. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 1., 2010, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos**... Rio de Janeiro: ANPARQ, 2010. Disponível em:

<http://www.anparq.org.br/dvd-enanparq/simposios/173/173-739-1-SP.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2015.

JUSTI, A. **Revit Architecture 2010**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente**: simulação computacional do desempenho termo-energético. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010. v. 4.

MENEZES, G. L. B. B. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v. 18, n. 22, p. 152–171, 2011. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/3363/3719>. Acesso em: 4 ago. 2015.

SPANNENBERG, M. G. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social**: estudos de caso em Marau-RS. 2006. 189 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

USO DA TECNOLOGIA BIM NO ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UFES - ES[1]

RABBI, Letícia (1); CALMON, João Luiz (2); CONDE, Karla (3)

(1) UFES, e-mail: leticiarabbi@gmail.com; (2) UFES/FAPES, e-mail: calmonbarcelona@gmail.com; (3) UFES, e-mail: karlamconde@hotmail.com

RESUMO

O crescimento do uso da plataforma BIM na Arquitetura se deve a diversos benefícios potenciais que esta modelagem pode trazer para a AEC. Dentre elas, está a simulação e o auxílio à padronização de componentes, sendo importante no desenvolvimento de soluções sustentáveis. Trata-se de um novo processo, que envolve mudança na interação, comunicação e colaboração entre as pessoas. As Instituições de Ensino Superior possuem papel fundamental na formação dos profissionais e podem contribuir diretamente para suprir a falta de mão de obra capacitada, exigida pelo mercado. Este artigo tem por objetivo apresentar um diagnóstico do uso do BIM no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, com vistas a embasar uma proposição de inclusão dos conceitos de BIM no curso de graduação. Por meio de estudo de caso no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFES, no qual foram aplicados questionários com alunos, identificou-se o estágio atual do ensino do BIM neste curso; foram levantados possíveis entraves/limitações para a implementação do BIM na formação acadêmica, além de serem propostas alterações na matriz curricular vigente. Em estudos futuros, pretende-se desenvolver pesquisa com os professores para avaliar a aceitabilidade de eventuais modificações programáticas nas disciplinas.

Palavras-chave: Tecnologia BIM. Ensino. Arquitetura.

ABSTRACT

The growth in the use of BIM platform, in Architecture and Urbanism course, is due to the possibilities of simulations for product standards setting, important for the development of sustainable solutions. This is a new process, which involves changes in the interaction, communication and collaboration between people. Colleges and universities play a fundamental role in the training of professionals and can contribute directly to address the lack of skilled labor, required by the market. This article aims to present a diagnosis of BIM usage in the Architecture and Urbanism, in order to base a proposal to include BIM concepts in the course. Through case study in the Architecture and Urbanism course of UFES, in which questionnaires were applied to students, were identified the current stage of BIM teaching in the course; were raised possible barriers / constraints for the implementation of BIM in academic training, besides being proposed changes in the current curriculum. In future studies, a development research with teachers will evaluate the acceptability of any programmatic changes in the disciplines.

Keywords: *BIM Technology. Teaching. Architecture.*

[1] RABBI, Leticia; CALMON, João Luiz; CONDE, Karla. Uso da tecnologia bim no ensino de arquitetura e urbanismo da UFES-ES. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 30 anos atrás, o *Computer-Aided Design* (CAD) foi introduzido na construção civil. Cursos de graduação em Arquitetura começaram a oferecer aulas de desenho e elaboração de projetos utilizando o AutoCAD. Atualmente os profissionais enfrentam uma nova transição: do CAD para o BIM. Em resposta a esta demanda de mercado, as instituições acadêmicas estão explorando estratégias para incorporar o BIM em sua graduação e até em currículos de pós-graduação.

Segundo Barison e Santos (2011) citados por Ruschel *et al.* (2013, p. 152): "a partir de 2003, o ensino de BIM começa a ser inserido internacionalmente nos cursos da AEC, porém essa prática se intensificou entre 2006 e 2009". Isso ocorreu como uma exigência do mercado de trabalho, que começou a buscar profissionais habilitados para desenvolver e gerenciar projetos segundo o conceito BIM. No Brasil, Ruschel *et al.* (2013) afirmam que ocorreram experiências variadas, em diferentes momentos de 2006 a 2011.

A maioria dos pesquisadores acredita que BIM não é um produto ou tecnologia e sim um processo que pode facilitar o sucesso do projeto, quando utilizado em todo o ciclo de vida do projeto (WANG; LEITE, 2014). A evolução da modelagem da informação da construção está interferindo cada vez mais nos papéis dos profissionais da construção civil. Para sua implementação é preciso rever conceitos e alterar a forma de pensar a criação dos projetos. Os conceitos de parametrização, interoperabilidade, integração e práticas colaborativas permitem o trabalho conjunto de todos os profissionais envolvidos no processo, dando suporte a todas as fases do ciclo de vida da edificação.

O incremento do uso da plataforma BIM na Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC) ocorre, segundo Bynum, Issa e Olbina (2013), pela possibilidade de elaboração de inúmeras simulações para definição de padrões do produto, sendo importante no desenvolvimento de soluções sustentáveis. Contudo, mesmo com a adoção da plataforma BIM pelos escritórios de arquitetura, os outros profissionais da construção civil encontram dificuldade em absorver o conceito BIM e incorporar as outras fases do ciclo de vida da edificação no processo de modelagem da informação.

As Instituições de Ensino Superior (IES), segundo Salgado *et al.* (2014) apud Moreira (2013), também são essenciais no processo de transição para a plataforma BIM. Se elas incluíssem na grade curricular dos cursos de arquitetura e engenharia os preceitos teóricos e práticos sobre BIM, a falta de mão de obra capacitada seria resolvida. Para Ruschel *et al.* (2011), um dos primeiros passos para a consolidação do BIM no ensino é a rediscussão dos currículos dos cursos de arquitetura e engenharia civil.

Durante o estudo para a implementação do BIM no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), descrito por Delatorre e Cybis (2014), foram aplicadas entrevistas semiestruturadas com os professores do curso, visando conhecer

as diferentes visões a respeito da implementação do BIM e buscar contribuições para a proposta, que estava em desenvolvimento, em 2014. O enfoque da proposta era a integração do currículo e a interdisciplinaridade, com base na abordagem de Taylor e Hein (2008). Esta é uma parte que ainda não foi desenvolvida no presente estudo.

O resultado das entrevistas com os professores de Chapecó mostra que a maior parte deles acredita no novo processo, porém sente necessidade de atualização, principalmente em relação aos softwares BIM (DELATORRE; CYBIS, 2014). Assim como no presente estudo, foram considerados, em Chapecó, os níveis de competência em BIM que são requeridos aos alunos em cada disciplina de projeto, conforme identificados por Barison e Santos (2011).

Segundo Checcucci (2014), a análise das matrizes curriculares dos cursos vigentes de graduação, deve ser feita de forma a identificar as disciplinas nas quais o BIM pode ser discutido e trabalhado, além de auxiliar na inserção desta modelagem nestes cursos. No mesmo artigo, a autora apresenta a abordagem adotada no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFBA, quando foi criado em 2008, para inserir esta modelagem na formação dos estudantes, e a experiência de ensino-aprendizagem de BIM vivenciada durante dois semestres no curso.

Sacks e Barak (2010) asseguram que o ensino do BIM deve iniciar nos primeiros anos da graduação e continuar durante toda formação do estudante. Conforme expõem Barison e Santos (2011), a colaboração é um dos conceitos primordiais para o BIM, contudo, para o seu ensino é necessária a integração de diferentes disciplinas. Tradicionalmente, nas instituições, os departamentos não se integram, além de ser difícil coordenar os horários dos professores e de toda a infraestrutura de laboratórios e salas de aula para atender aos alunos.

À medida que a importância do BIM é amplamente reconhecida na indústria da construção civil, se torna essencial para a geração de novos profissionais, o ensino de BIM nas universidades, afirmam os autores Wang e Leite (2014); Menezes *et al.* (2012); Salgado, Pomp e Ribeiro (2014); Wu e Issa (2014).

2 OBJETIVO

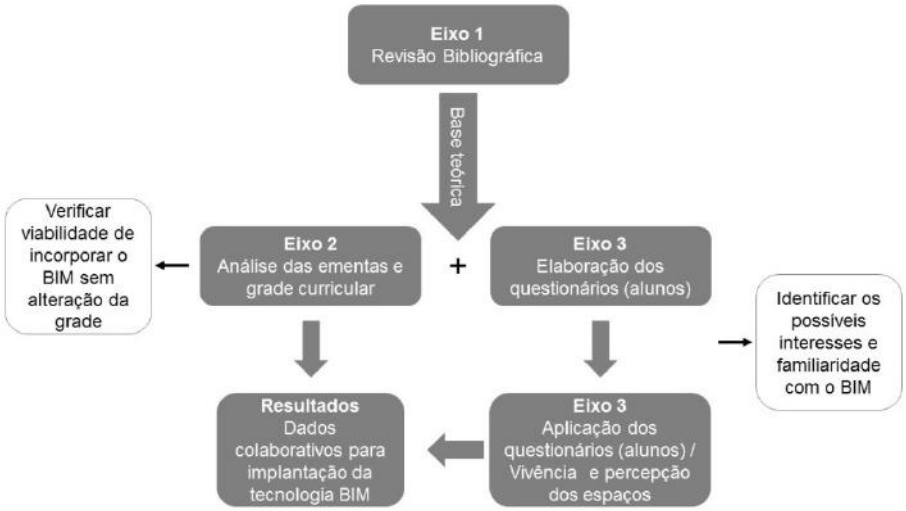
O objetivo desse trabalho é avaliar como se encontra a situação atual do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo de uma Universidade Federal em relação à prática do BIM e com vistas a embasar uma proposição de inclusão dos conceitos de BIM no curso.

3 METODOLOGIA

Um estudo de caso foi desenvolvido no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). A metodologia adotada estabeleceu três eixos, sendo revisão de literatura, avaliação do conteúdo

das disciplinas as quais compõem a grade curricular vigente do curso e aplicação de questionários com alunos (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma com os três eixos metodológicos trabalhados na pesquisa



Fonte: Os autores

Uma breve revisão da literatura foi realizada para compreender o cenário atual, nacional e internacional, da aplicação do sistema BIM no ensino e prática profissional. Com base nas metodologias adotadas por Ruschel, Andrade e Morais (2013), Bissoli e Alvarez (2008) e Delatorre e Cybis (2014), foram estudadas as ementas das disciplinas obrigatórias do currículo vigente. Por meio da avaliação do conteúdo programático das disciplinas obrigatórias, buscou-se estabelecer uma sequência de aprendizado progressivo do aluno (linear e ascendente), sobre as ferramentas de representação (sejam manuais ou virtuais) e amadurecimento do conceito do curso de Arquitetura e Urbanismo. Foram então selecionadas as matérias, de acordo com a sequência da grade curricular vigente, que permitiriam o contato da tecnologia BIM com o aluno e corpo docente com menor impacto inicial de implantação, havendo contato prático e direto do aluno com a plataforma, a partir do terceiro período, na disciplina de Computação Gráfica para Arquitetura.

A partir da seleção das disciplinas nas quais se aplicariam o uso da ferramenta de modo prático (contato direto do aluno) e teórico (abordagem expositiva do professor), foi estabelecido também o nível de competência desejado referente ao BIM para o aluno no final da disciplina, obtendo também dados colaborativos para a análise de infraestrutura necessária à implantação da ferramenta BIM no currículo em questão.

Com a revisão da literatura e a metodologia adotada por Ruschel, Andrade e Morais (2013) e Barison e Santos (2011), foi possível estabelecer como: básico ou introdutório, intermediário e avançado os níveis de competências desejados (Figura 2). Sendo:

- Básico ou Introdutório: adquirir conceitos e noções teóricas sobre a tecnologia BIM, como projetar e como construir com o BIM.

- Intermediário: projetar com o BIM no nível de modelagens, criar *templates*, manipular famílias, gerar quantitativos, plotar, inserir texturas.
- Avançado: entender a compatibilização com outros softwares (como orçamento e banco de dados de ACV), analisar a sustentabilidade da edificação, criar famílias, adquirir noções de BIM na Infraestrutura, entre outros.

Figura 2 – Níveis de competência, segundo Barison e Santos (2011)



Fonte: Delatorre e Cybis (2014, p. 377)

Com o objetivo de identificar os possíveis interesses e familiaridade dos estudantes com a ferramenta BIM, foi aplicado um questionário específico, sem a interlocução dos pesquisadores. Foram aplicados 73 questionários. Para gerar as perguntas do questionário, elaborou-se o Quadro 1 com o que buscou saber como requisito parcial de atendimento ao objetivo da pesquisa e as perguntas a serem aplicadas aos discentes. Durante a aplicação dos questionários houve a oportunidade de vivenciar os espaços pedagógicos, e após sua aplicação, conversar com alunos e docentes sobre a pesquisa.

Quadro 1 – Perguntas feitas no questionário aplicado aos alunos e seus objetivos

O que buscou saber	Pergunta do questionário
Número de alunos que possuem algum conhecimento da tecnologia BIM	Conhece o conceito BIM?
Número de alunos que possuem interesse em conhecer e/ou utilizar a tecnologia BIM	Tem interesse de utilizar?
Opinião do aluno sobre a inserção da tecnologia BIM no currículo regular (disciplinas obrigatórias) do curso em estudo	Você acha que seria papel da Universidade ensinar o conceito BIM?
Opinião do aluno sobre o seu próprio papel na busca do conhecimento da tecnologia BIM	Você acha desejável que o aluno busque este tipo de informação extra faculdade?
Onde tiveram contato com o BIM	Onde conheceu o conceito BIM?
Número de alunos que utilizam a tecnologia BIM	Utiliza o BIM?
Há quanto tempo	Há quanto tempo utiliza o BIM?
Onde utilizam	Em que local utiliza o BIM?

Fonte: Os autores

4 RESULTADOS

4.1. Levantamento dos possíveis entraves para a inserção do BIM no curso de Arquitetura e Urbanismo

Alguns possíveis entraves ou limitações para a inserção do BIM no curso de Arquitetura foram levantados, com base na revisão bibliográfica e na vivência dos ambientes pedagógicos em estudo. São eles:

- Número de docentes com domínio da tecnologia;
- Resistência às mudanças por parte dos docentes;
- Falta de equipamentos adequados para instalação dos programas, como computadores e laboratórios de informática em maior número para atender à nova demanda;
- Necessidade de alterações físicas nas salas de aula: para adequação ao novo padrão de ensino e trabalho durante as aulas;
- Falta de integração entre as disciplinas do curso e com as demais ofertadas pelo Departamento de Engenharias.

4.2. Indicativos propostos para a matriz curricular do curso de Arquitetura

Serão propostos indicativos para a inclusão dos conceitos BIM na formação acadêmica do arquiteto-urbanista, baseados nas metodologias adotadas por RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS (2013); DELATORRE (2014); DELATORRE e CYBIS (2014).

A abordagem de ensino deve ser orientada para o processo, dando ênfase para a compreensão do BIM como um novo processo de gestão da construção, bem como seus impactos sobre o sucesso do projeto. BIM é não só uma tecnologia, como também uma metodologia. Dominar um ou mais programas não deve ser o foco da educação em universidades. Os alunos devem ser incentivados a compreender o papel do BIM em diferentes fases do projeto, para que eles saibam por que essa ferramenta é usada, como ela melhora o desempenho do projeto, e como ela pode ser melhorada.

Os discentes devem ter experiências de aprendizagem ativa, com incentivo da aprendizagem autodirigida e do pensamento crítico em todo o curso. Devem ser fornecidos aos alunos os conceitos fundamentais do BIM, o conhecimento de implementação BIM como um processo e como uma nova forma de pensar em todo o ciclo de vida do projeto, a experiência prática com os softwares BIM e a oportunidade de desenvolver a colaboração da equipe interdisciplinar e crítica, pensando por meio de projetos em grupo e trabalhos individuais.

O Quadro 2 apresenta a relação das disciplinas obrigatórias que foram selecionadas da grade curricular do curso de arquitetura e urbanismo, com potencialidade para inclusão de temas relacionados à Tecnologia BIM. As mesmas foram selecionadas por envolverem diretamente o desenvolvimento de projetos. Desta maneira, poderiam ser adicionados conteúdos específicos no currículo regulamentar, sem necessariamente serem incorporadas disciplinas específicas. Apresenta, também, o nível de conhecimento que se deseja atingir em cada disciplina, seja com abordagem teórica e/ou prática.

Para fazer a seleção das disciplinas, foi pensada uma sequência de aprendizagem, por parte dos alunos, de forma progressiva, linear e ascendente. As ferramentas de representação gráfica devem ser ensinadas simultaneamente ao conhecimento teórico adquirido pelo estudante ao longo de todo curso. No 1º e 2º semestres do curso, o objetivo é entender o que é arquitetura e fazer a aproximação do aluno com o curso escolhido. A tecnologia BIM deve ser abordada de forma teórica e mais conceitual. A partir do 3º período, o aluno já começa a ter um contato maior com as disciplinas práticas como Projeto de Arquitetura, Computação Gráfica e Sistemas Estruturais. Nelas sugere-se a aplicação teórico-prática do BIM, pois já houve um embasamento teórico inicial, possibilitando nesta etapa adquirir maior domínio das ferramentas de representação para aplicar nos projetos desenvolvidos daí em diante.

Quadro 2 – Sugestão de Diretrizes de intervenção nas disciplinas obrigatórias

Período	Disciplinas	Nível Adotado	Teórico	Prático
1º	Introdução à Arquitetura	Básico	X	
2º	Desenho Arquitetônico	Básico	X	
	Introdução a Estática	Básico	X	
	Conforto Ambiental I	Básico	X	
3º	Projeto de Arquitetura II	Básico		X
	Computação Gráfica para Arquitetura	Intermediário		X
	Conforto Ambiental II	Básico	X	
	Sistema Estruturais I	Básico		X
4º	Projeto de Arquitetura III	Intermediário		X
	Geometria Gráfica III	Básico/Intermediário		X
	Sistema Estruturais II	Intermediário		X
	Instalações Técnicas I - Hidráulica	Básico	X	
5º	Projeto de Arquitetura IV	Intermediário		X
	Sistema Estruturais III	Intermediário		X
6º	Projeto de Arquitetura V	Avançado		X
	Patrimônio Histórico	Avançado		X
	Instalações Técnicas II - Elétrica	Básico	X	
	Tecnologia das Construções III	Avançado	X	
7º	Projeto de Arquitetura VI	Avançado		X
	Urbanismo III	Avançado	X	X
	Tecnologia das Construções IV	Avançado		X
8º	Paisagismo I	Avançado		X

Fonte: Os autores

Do 4º a 8º períodos, a aplicação deve ser fundamentalmente prática, tanto do domínio das ferramentas e do conceito BIM, quanto ao fazer-se uma associação dos conhecimentos teóricos adquiridos, sempre em constante evolução. Ao final do curso, no 9º e 10º períodos, são desenvolvidos os Projetos de Graduação I e II, cuja temática é livre e de escolha dos alunos. É desejável que o aluno opte por utilizar algumas das ferramentas BIM

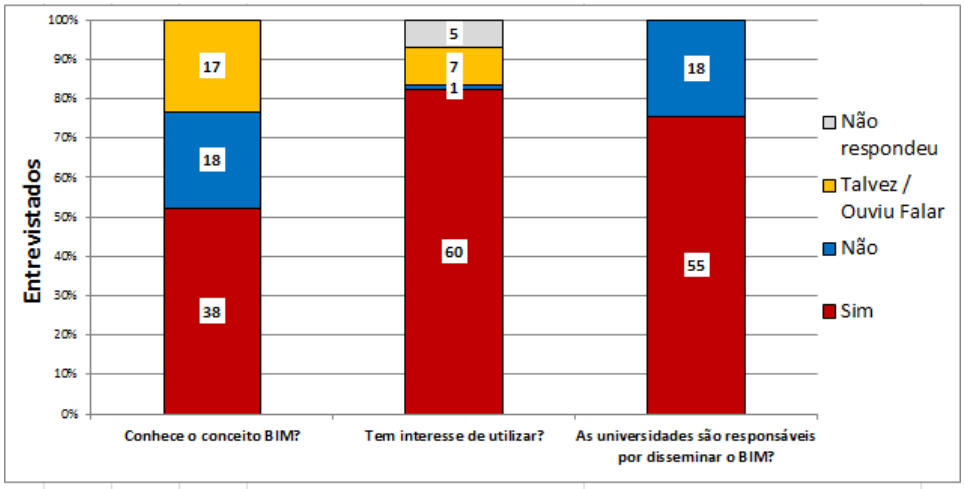
aprendidas conforme o tema escolhido para o desenvolvimento do trabalho, porém estas disciplinas não foram selecionadas para intervenção nesse estudo.

4.3. Resultados dos questionários aplicados

A partir da análise dos Gráficos 1, 2 e 3, pode-se destacar que grande parte dos 73 alunos que respondeu aos questionários possui interesse de conhecer e/ou utilizar a tecnologia BIM (92% ou 67 alunos), sendo que 77% (55 alunos) já possuem algum tipo conhecimento sobre BIM, mesmo que preliminar. Porém, destes 77% que já conhecem o BIM, apenas 23% (17 alunos) afirmam que utilizam BIM na prática estudantil ou profissional. Em relação ao local onde conheceram a tecnologia ficou bem equilibrada a distribuição entre faculdade (44%) e internet (29%). Menos de 3% dos alunos relataram que utilizam BIM no local de trabalho ou estágio, mesmo sendo em áreas diretamente relacionadas com a arquitetura. Mesmo assim pode-se perceber que a maioria utiliza o BIM apenas como modelador geométrico e não a adoção da modelagem no seu conceito mais abrangente.

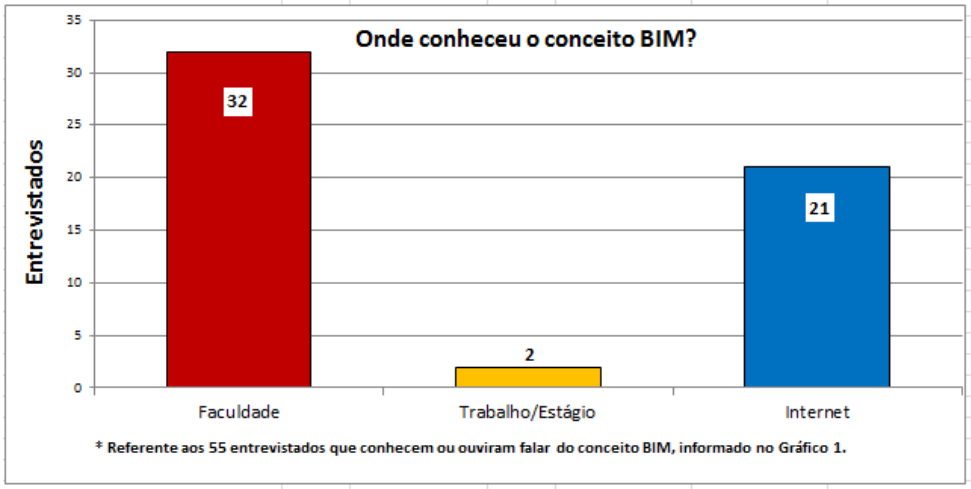
A maior parte dos alunos (77%) ainda não utiliza softwares BIM para desenvolver os trabalhos propostos nas disciplinas do curso. 92% dos alunos gostariam que este tema fosse inserido no currículo regular do curso de arquitetura e urbanismo, além de acreditarem que a responsabilidade de disseminar o BIM é da Universidade (75%), o que ratifica a importância desta pesquisa. Houve dúvida por parte dos alunos em relação ao seu próprio papel na busca pelo conhecimento e atualização em relação às novas tecnologias disponíveis no mercado.

Gráfico 1 – Número de alunos em relação ao conhecimento e interesse pelo BIM e posicionamento quanto ao BIM.



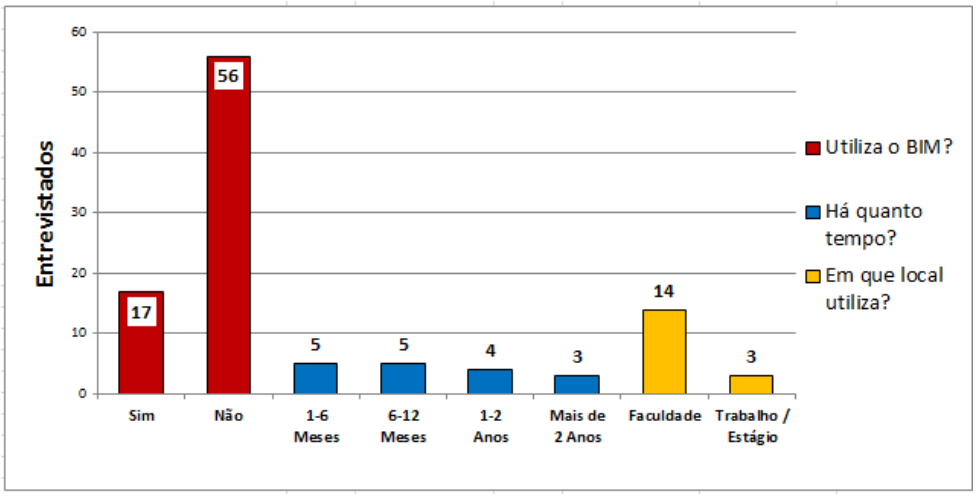
Fonte: Os autores

Gráfico 2 – Número de alunos que conhecem a tecnologia BIM e os locais onde conheceram a tecnologia.



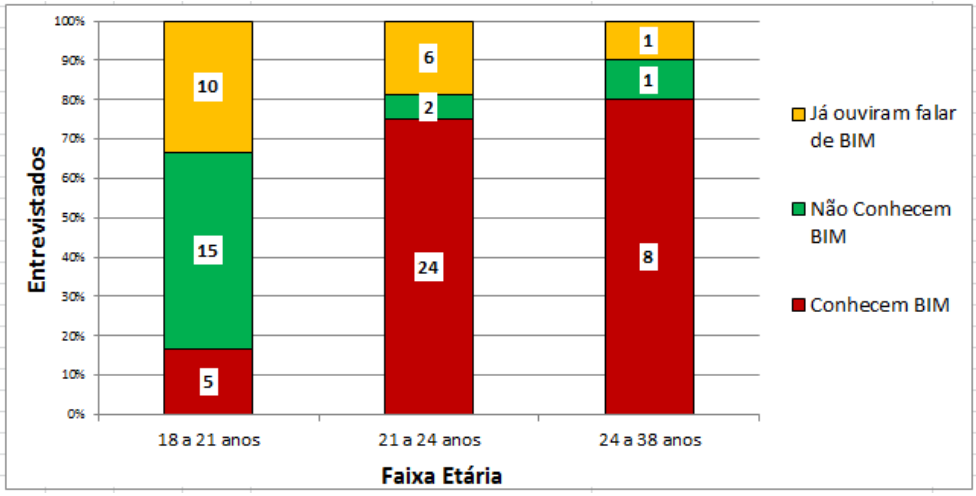
Fonte: Os autores

Gráfico 3 – Tempo de utilização do BIM e locais onde o utilizam.



Fonte: Os autores

Gráfico 4 – Alunos que conhecem o BIM em relação à idade.



Fonte: Os autores

Conforme o Gráfico 3, é importante destacar que todos os respondentes possuem pouco tempo de uso da tecnologia BIM, independente do semestre do curso em que estão matriculados. Em relação à faixa etária (Gráfico 4), dos 30 alunos entre 18 e 21 anos, apenas 50% possuem conhecimento ou já ouviram falar da tecnologia. Nas idades entre 21 e 24 anos, dos 32 alunos questionados, 94% conhecem o BIM, sendo esta faixa etária a de maior concentração de alunos com algum tipo de conhecimento na área em estudo. No grupo de alunos acima de 24 anos, este número reduz consideravelmente, tanto na quantidade de alunos quanto no conhecimento desta tecnologia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos resultados obtidos neste estudo, observou-se que os questionários e entrevistas a serem aplicados com alunos e professores do curso de arquitetura deverão sofrer modificações de modo a obter respostas que expressem a verdadeira percepção do entrevistado. Como exemplo, muitas vezes o entrevistado não quer transparecer o desconhecimento sobre o assunto em sua resposta. Desta forma, será necessário fazer uma revisão e alterações no conteúdo e na estrutura dos questionários, além da elaboração de roteiros de entrevistas a serem feitas com os professores e coordenadores do curso.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que há grande interesse e receptividade por parte dos alunos à prática do BIM no curso. Unido à grande quantidade de Trabalhos de Conclusão de Curso (PG – Projeto de Graduação), que abordam temas relacionados à aplicação da tecnologia BIM com diversos fins. É crescente também o número de alunos que ingressam nos cursos de pós-graduação interessados em desenvolver pesquisas sobre o tema, principalmente no programa de pós-graduação em Engenharia Civil da mesma universidade, na linha de pesquisa sobre o BIM e Construção Sustentável, considerando a recente implementação do Laboratório de Engenharia Simultânea e BIM (LABESBIM) no referido programa. Existem diversos caminhos possíveis para se trabalhar BIM nos cursos de graduação, sejam eles cursos novos ou consolidados. Os processos de ensino-aprendizagem devem ser atualizados para atender aos desafios impostos por este novo paradigma.

A proposta elaborada para esta universidade, baseada nos níveis de conhecimento desejados para cada disciplina, permite adaptação a outros cursos de Arquitetura e Urbanismo, além de ser de rápida implementação, uma vez que não altera a matriz curricular para alcançar os objetivos. A carga horária das disciplinas existentes será mantida, porém com alterações nas ementas e nos conteúdos programáticos. Não foi observada, a princípio, a necessidade de acréscimo de novas disciplinas obrigatórias específicas. Em estudos futuros, pode ser identificada a necessidade de inclusão de algumas disciplinas optativas com conteúdo BIM avançado, visando atender aos alunos que se interessarem. Assim como a proposição de projetos de

extensão, iniciação científica e desenvolvimento de projetos nos núcleos de estudo existentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do ES.

REFERÊNCIAS

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Tendências atuais para o ensino de bim. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, TIC, 5. 2011, Salvador. **Anais**... Salvador, 2011. 10p.

BISSOLI, M.; ALVAREZ, C.E. A inserção dos conceitos de sustentabilidade no ensino de arquitetura: experiências na Universidade Federal do Espírito Santo. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE UNIVERSIDADES SUSTENTÁVEIS, ELAUS, 1. 2008, Barcelona. **Anais…** Barcelona, 2008. 10p.

BYNUM, P.; ISSA, R.; OLBINA, S. Building Information Modeling in Support of Sustainable Design and Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 1, 2013. p. 24-34.

CHECCUCCI, E. S. Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em arquitetura e engenharia civil. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, ENANPARQ, 3., 2014, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2014. 13p.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. Modelagem da Informação da Construção (BIM) no Ensino de Arquitetura. In: CONFERENCE OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS: KNOWLEDGE-BASED DESIGN, 17., 2014, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2014. p. 307-311.

DELATORRE, V. **Potencialidades e limites do BIM no ensino de arquitetura: uma proposta de implementação.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2014. 292 p.

DELATORRE, V.; CYBIS, A.T.C. BIM no currículo de Arquitetura: Visões e reflexões para uma implementação. **Blucher Design Proceedings**, v. 1, n. 8, 2014. ISSN: 2318-6968. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2014/0075.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2016.

MENEZES, A. M.; VIANA, M. L. S.; PEREIRA JÚNIOR, M. L.; PALHARES, S. R. O impacto da Tecnologia BIM no ensino de projetos de edificações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, XL. COBENGE, 2012. Belém. **Anais...**, Brasília, 2012. 7p.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, abr./jun. 2013. ISSN 1678-8621. p. 151-165.

RUSCHEL, R. C. *et al*. O ensino de BIM: exemplos de implantação em cursos de Engenharia e Arquitetura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE

INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2011. Salvador. **Anais...**, Salvador: LCAD/PPGAU-UFBA, 2011. 10p.

SACKS, R.; BARAK, R. Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**. ASCE, v. 136, n. 1, 2010. p. 30-38. ISSN: 1052-3928. Disponível em: < http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000003>. Acesso em: 15 jun. 2016.

SALGADO, B. J. C.; POMP, D. V.; RIBEIRO, S. E. C. A divulgação do conceito BIM no meio acadêmico e o processo de incorporação pelas universidades e centros universitários de Belo Horizonte. **Construindo**, Belo Horizonte, v.6, n. 1, jan./jun. 2014. ISSN 2175-7143. p. 7-11.

TAYLOR, J.M., LIU, J.; HEIN ,M.F. Integration of Building Information Modeling into an ACCE Accredit construction management curriculum. ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, ASSOCIATED SCHOOLS OF CONSTRUCTION, 44, Auburn, AL, USA. 2008. **Anais...** Colorado, USA, 2008. Disponível em: <http://ascpro0.ascweb.org/ archives/cd/2008/paper /CEUE246002008.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2016. 10p.

WANG, L.; LEITE, F. Process-Oriented Approach of Teaching Building Information Modeling in Construction Management. **Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice**. ASCE, v. 140, n. 4, 2014. ISSN: 1052-3928. Disponível em: < http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000203>. Acesso em: 15 jun. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

RELATO DE EXPERIÊNCIA DE ENSINO DE BIM EM DISCIPLINA INTRODUTÓRIA DE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL[1]

SANTOS, Eduardo Toledo; FERREIRA, Sergio Leal; CORRÊA, Fabiano Rogério; LEITE, Brenda Chaves Coelho; BARISON, Maria Bernardete

(1) POLI-USP, e-mail: etoledo@usp.br; (2) POLI-USP, e-mail: sergio.leal@usp.br; (3) POLI-USP, e-mail: fabiano.correa@usp.br; (4) POLI-USP, e-mail: bcleite@usp.br; (5) UEL, e-mail: barison@uel.br

RESUMO

O objetivo do presente estudo é apresentar e discutir os resultados de uma experiência didática com a disciplina Introdução ao Projeto de Engenharia do curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP). Trata-se de uma disciplina do novo currículo dos cursos de Engenharia Civil e Ambiental, cuja ementa contempla dois temas principais: *Design Thinking* e Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM). Este artigo foca na segunda temática, para a qual a estratégia didática é introduzir o aluno à leitura de projetos de arquitetura e de engenharia e à elaboração de modelos com o uso de ferramentas BIM. No início de 2016, os professores que ministraram esta disciplina em 2015 relataram, por meio de uma entrevista, as dificuldades encontradas e os alunos responderam a um questionário. Os resultados obtidos são analisados e discutidos tendo por base recentes pesquisas sobre a introdução de BIM no currículo. Além disso, é apresentada uma reflexão em termos do que poderia ser modificado em relação à proposta original.

Palavras-chave: BIM. Engenharia Civil. Educação. Ensino. Modelagem da Informação da Construção.

ABSTRACT

This work aims to present and discuss theresults of a didactic experience with the Introduction to Engineering Design course of the Civil Engineering curriculum at the Escola Politécnica of the University of São Paulo (POLI-USP). It is a new course on the Environmental and Civil Engineering curricula and is composed of two main themes: Design Thinking and Building Information Modeling. This paper focuses on the second theme which adopts, as teaching strategy, the introduction of the students to the reading of architectural and engineering design blueprints and preparing models with BIM tools. In the beginning of 2016, the instructors that taught this course reported, through an interview, the difficulties they faced, and the students answered a questionnaire. The results are analyzed and discussed on the basis of recent research on introduction of BIM in the curriculum. In addition, a reflection is presented in terms of what could be changed from the original proposal.

***Keywords**: BIM. Civil Engineering. Education. Teaching. Building Information Modeling.*

[1] SANTOS, Eduardo Toledo; FERREIRA, Sergio Leal; CORRÊA, Fabiano Rogério; LEITE, Brenda Chaves Coelho; BARISON, Maria Bernardete. Relato de experiência de ensino de BIM em disciplina introdutória de curso de Engenharia Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Apesar do BIM (Modelagem da Informação da Construção) ser conhecido no Brasil desde meados da década passada e já ser demandado pelo mercado da Construção Civil nacional, seu ensino nas universidades brasileiras ainda é exceção. Poucos currículos no país preveem o ensino da Modelagem da Informação da Construção em sua grade, mesmo que na forma de apenas uma disciplina introdutória. As razões para essa situação são dificuldades bastante conhecidas. Quando superadas, é importante sua divulgação para incentivo e inspiração às demais instituições de ensino.

Assim, o objetivo do presente estudo é apresentar e discutir os resultados de uma experiência didática com a disciplina 'Introdução ao Projeto de Engenharia' do curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP).

A ementa desta disciplina contempla dois temas principais: (a) *Design Thinking* e (b) Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM). Este artigo foca na segunda temática, para a qual a estratégia didática é introduzir o aluno à leitura de projetos de arquitetura e de engenharia, aos conceitos fundamentais de BIM e à elaboração de modelos com o uso de ferramenta BIM.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Pesquisas recentes têm investigado a possibilidade da introdução de BIM em cursos de Engenharia Civil de universidades brasileiras.

Barison e Santos (2016) desenvolveram uma ampla revisão da literatura que envolveu diversos relatos de experiências em escolas de engenharia civil e arquitetura, tanto no Brasil quanto no exterior. O estudo identificou três níveis de proficiência em BIM (NPBIM) nomeados como: introdutório, intermediário e avançado.

Checcucci e Amorim (2013) interpretaram o NPBIM como uma 'proposição sequenciada' e apontaram quais seriam os prós e os contras da adoção desta abordagem: a vantagem é que o aluno poderia se aprofundar no tema em uma ordem lógica e sequencial, mas, por outro lado, provavelmente haveria a necessidade de inserção de novas disciplinas no currículo, o que, possivelmente, demandaria aumento de carga horária.

Checcucci e Amorim (2014) desenvolveram um método para identificar interfaces entre o currículo do engenheiro civil e BIM. Segundo o estudo, para que o ensino de BIM seja sólido, deve-se iniciar no primeiro ano, nas disciplinas do núcleo básico. Assim, o estudo propõe uma nova estruturação para disciplinas da área de expressão gráfica de forma a incluir, além do ensino de desenhos 2D, a modelagem geométrica (3D), compreensão de informações multidimensionais, multimodais e abstratas.

Certos de que a melhor estratégia para introduzir BIM no currículo é utilizá-lo em uma ou mais disciplinas e que, muitos professores não possuem conhecimento ou experiência necessária para planejar a introdução de BIM

em sua disciplina, Barison e Santos (2014a; 2014b) desenvolveram uma ferramenta que pode auxiliar o professor nesta tarefa[2].

Algumas escolas de engenharia se basearam no NPBIM para planejar disciplinas, que em geral, são de nível introdutório. Por exemplo, ao propor a integração de BIM no currículo de Engenharia Civil do *Lafayette College*, Rems (2012) programou um treinamento aos professores para começar a ensinar BIM aos seus alunos pelo NPBIM introdutório.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Para obter informações sobre a disciplina 'Introdução ao Projeto de Engenharia', um questionário estruturado foi enviado (via email) para os quatro professores que ministraram esta disciplina em 2015. Eles responderam ao questionário e suas respostas foram analisadas segundo o conhecimento obtido com a revisão da literatura.

Para conhecer as percepções dos alunos matriculados na disciplina em 2015 (N=166) sobre seu aprendizado, um questionário foi enviado a eles (via ambiente Moodle).

Para saber quais mudanças podem ser implementas na disciplina, um questionário estruturado foi enviado (via email) para o coordenador da disciplina e mais três professores da disciplina.

Os resultados da entrevista com os professores, alunos e coordenador serão apresentados a seguir, após uma breve descrição da disciplina.

4 A DISCIPLINA

4.1 O programa

Trata-se de uma disciplina do novo currículo dos cursos de Engenharia Civil e Ambiental intitulada 'Introdução ao Projeto na Engenharia' (0313102). Esta disciplina é ofertada no segundo semestre do primeiro ano do curso.

A disciplina possui 4 créditos, metade dos quais, foram reservados ao tema BIM que foi abordado em 12 aulas. As aulas possuem carga horária de 4 horas semanais (segunda feira das 13:10 às 15:00 e quarta feira das 15:00 ás 16:40). No segundo semestre de 2015, quando ocorreu a primeira experiência, quatro professores atenderam a 4 turmas de 46 alunos cada. Como esta disciplina é ofertada no primeiro ano, os alunos ainda não têm conhecimento sobre BIM, assim como nenhum conhecimento específico ligado à Construção Civil.

As aulas sobre o tema BIM foram planejadas para abordar os seguintes conteúdos: (a) introdução ao BIM; (b) conceitos e leitura de projetos arquitetônicos; (c) interface e navegação em uma ferramenta de autoria BIM (Autodesk Revit® 2016); (d) modelagem de arquitetura, estrutura e

[2] www.uel.br/pessoal/barison/tool.html

fundação; (e) geração de documentação (pranchas e tabelas de quantitativos); (f) conceitos e leitura de projetos de sistemas prediais e (g) modelagem de instalações hidrossanitárias (módulo MEP).

No transcorrer da disciplina, os alunos modelaram a arquitetura, estrutura e instalações hidrossanitárias de uma residência do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), além de um pequeno edifício que foi adaptado da mesma planta MCMV. Este projeto foi selecionado tendo como critério um exemplo mais simples possível, mas que apresentasse os elementos construtivos básicos.

4.2 As atividades

Ao utilizar a ferramenta BIM, os alunos lidaram de uma forma prática com os assuntos recomendados para o NPBIM introdutório, assim como exploraram conceitos básicos de modelagem de arquitetura, estrutura e hidráulica. Neste nível, é importante que os alunos aprendam a comunicar informações de projetos de engenharia.

Contudo, antes de modelar, os alunos devem aprender técnicas de navegação no modelo BIM. Inicialmente, os alunos tiveram uma aula para aprender a navegar no modelo e depois resolveram exercícios. Para esta atividade, foi utilizado um modelo existente, o que proporcionou aos alunos certa familiarização com a ferramenta BIM.

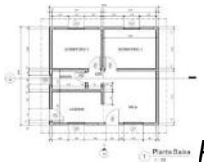
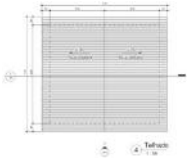
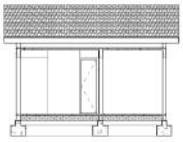
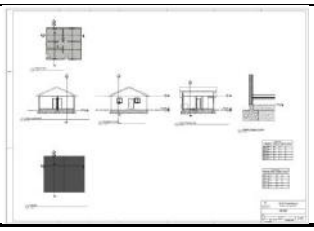
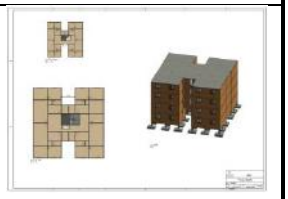
Neste nível também é importante que os alunos aprendam a gerar algumas documentações, quantidades e especificações a partir do modelo. Os alunos aprenderam a gerar plantas, secções e tabelas de portas e janelas.

Embora existam casos de escolas que ensinam o conceito de colaboração em um curso de nível introdutório, é recomendado que este conceito seja ensinado nos anos subsequentes.

Em um curso introdutório, podem ser utilizadas várias estratégias para ensinar a ferramenta BIM. Nesta disciplina, os alunos assistiram a uma explicação do professor, resolveram exercícios e modelaram uma pequena edificação real - uma casa popular com 2 dormitórios (40,2 m^2) e, também, extraíram tabelas de portas e janelas. Na sequência, eles aprenderam a modelar uma estrutura e, para isto, a planta da casa MCMV foi adaptada para ser um pavimento tipo de um edifício de 3 pavimentos, com a fundação e o térreo. As atividades da disciplina são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Atividades da disciplina

AULA	CONTEÚDO	
1	Introdução ao BIM	
2	Elementos da Construção e Leitura de Projetos Arquitetônicos	
3	Interface e Navegação no Revit 2016	
4, 5 e 6	Modelagem de Arquitetura e de Estrutura de uma pequena casa	
	Ex. 1 – Peso 4	*Modelar a arquitetura e a estrutura.*

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">Informações fornecidas</td><td> 
Planta</td><td> 
Elevação</td></tr>
<tr><td> 
Corte</td><td> 
Cobertura</td></tr>
<tr><td> 
Corte</td><td> 
Fundação</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Ex. 2 – Peso 1</td><td colspan="2">Gerar uma prancha com vistas e tabelas.</td></tr>
<tr><td></td><td>Informações fornecidas</td><td>Tabelas de esquadrias</td><td>  </td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="3">Sistemas Prediais e Leitura de Projetos Hidrossanitários</td></tr>
<tr><td rowspan="4">9 e 10</td><td colspan="3">Modelagem MEP</td></tr>
<tr><td>Ex. 3 – Peso 3</td><td colspan="2">Modelar as instalações hidrossanitárias da casa</td></tr>
<tr><td>Informações fornecidas</td><td>Perspectiva
Famílias de componentes MEP</td><td>  </td></tr>
<tr><td>Ex. 4 - Peso 2</td><td colspan="2">Modelar um prédio de 3 pavimentos adaptado da planta da casa para se tornar um apartamento.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 e 11</td><td colspan="3">Modelagem de um prédio de 3 pavimentos</td></tr>
<tr><td>Informações fornecidas</td><td>Desenhos dos pavimentos
Perspectiva
Fundação (componente)
Porta corta-fogo</td><td>  </td></tr>
</table>

Fonte: Autores (2016)

No nível introdutório, os alunos podem ser avaliados de várias formas. Nesta disciplina, os alunos foram avaliados por meio de exercícios individuais e cada disciplina foi avaliada de forma independente, pela completude e correção dos itens modelados.

5 RELATOS DOS PROFESSORES

Não houve dificuldades relacionadas com a falta de equipamentos. Tanto para o professor, quanto para cada aluno, foi disponibilizado um desktop (core i7, 8MBytes RAM) e monitores de 23 polegadas, além de um projetor multimídia na sala.

A quantidade de alunos em sala de aula foi exagerada e houve dificuldade para atender a todos os alunos a contento. Mesmo trabalhando com 2 professores em cada sala de aula (um atuando como monitor e outro conduzindo a aula) o andamento das aulas foi lento. O número de alunos por sala deveria ser menor. Como esta foi a primeira experiência com o software, não se tinha conhecimento de que tipos de dificuldades poderiam surgir.

O maior problema, com relação à ferramenta BIM, foi o fato de não se ter um *template* configurado adequadamente. Muitas dúvidas dos alunos eram com relação à visualização dos elementos e, em última instância, estavam relacionadas com uma configuração de arquivo.

A opção pelo uso do Autodesk Revit 2016 deveu-se a sua popularidade no mercado e facilidade para obtenção de licença gratuita para instalação em laboratório, assim como, em casa, para utilização pelos alunos.

Para representar um projeto usando a ferramenta BIM é necessário certo conhecimento prévio de construção, coisa que os alunos do primeiro ano ainda não possuem. A solução encontrada para amenizar este problema foi ministrar aulas teóricas, especificamente sobre sistemas construtivos e sistemas prediais hidráulicos. A ajuda de outros professores (de disciplinas específicas da área de construção civil) foi positiva, embora pudesse ser mais explorada. Mesmo assim, os alunos ainda apresentaram alguma dificuldade para modelar corretamente, em função de seu desconhecimento de construção. Entretanto, este não foi o maior empecilho. O projeto selecionado para as atividades foi simplificado e o ensino do uso de algumas funções da ferramenta Revit demonstrou não ser tão difícil.

Quanto ao planejamento da disciplina, a equipe adotou as seguintes estratégias: (a)definir objetivos de ensino; (b) definir o NPBIM (no caso, introdutório); (c) desenvolver as habilidades dos professores por meio de um treinamento de Revit MEP e (d) definir o método de avaliação.

Como a disciplina ainda está em uma fase provisória, não houve uma clara sistematização da implantação. Iniciou-se a experiência aproveitando uma oportunidade, ou seja, os coordenadores da disciplina se envolveram em uma discussão mais profunda e, com base em suas experiências, a disciplina foi planejada. Há bastante tempo, boa parte dos professores da disciplina está envolvida em BIM e são conscientes da realidade em torno do tema, tanto do ponto de vista profissional, quanto do ponto de vista acadêmico/educacional. Apesar do planejamento da disciplina não ter previsto um relato antecipado aos outros professores do curso, o Conselho

do Departamento estava ciente da experiência e o Chefe do Departamento esteve envolvido mais diretamente.

A maior dificuldade foi o pouco tempo para desenvolver a disciplina, o qual foi ajustado na medida em que as aulas aconteciam. Outra dificuldade foi a quantidade de dúvidas dos alunos que faltavam às aulas que atrapalhou o processo de ensino/aprendizagem.

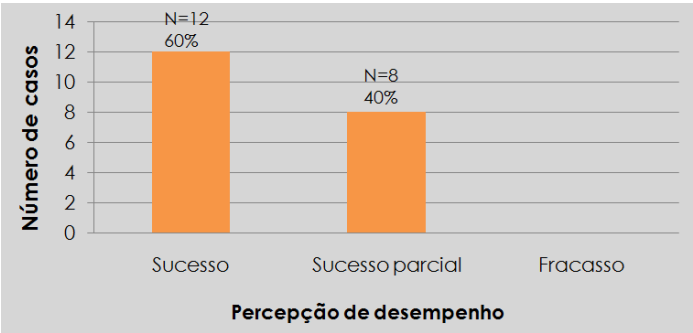
Um problema relacionado com a avaliação foi o fato de se realizar a disciplina inteira por meio de exercícios passo a passo. Desta maneira, os alunos não puderam realizar uma modelagem mais livre que permitiria aos professores avaliar se, realmente, os alunos apreenderam os conceitos ensinados.

6 RELATO DOS ALUNOS

Em 06/04/2016, um questionário contendo 10 questões objetivas, com um campo para comentários adicionais, foi enviado para os alunos matriculados na disciplina em 2015 (N=166). O questionário esteve disponível até 21/04/2016 (16 dias). Um total de 20 alunos (11%) responderam ao questionário. Trata-se de uma amostra razoável, considerando o intervalo de tempo entre o final da disciplina e a data de envio do questionário (5 meses).

Quanto à percepção de desempenho na disciplina, a maioria dos respondentes (60%, N=12), considera que a nota recebida representa um sucesso, enquanto que, 40% (N=8) a considera um sucesso parcial. Não houve relato de fracasso (Figura 5).

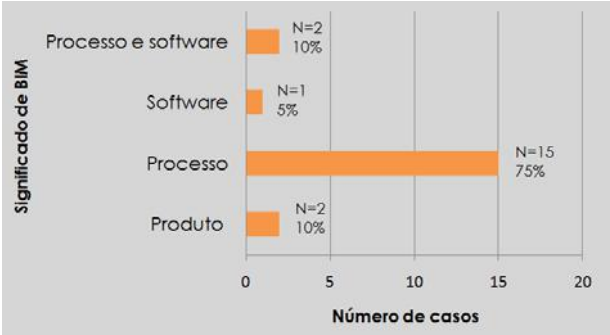
Figura 5- Percepção de desempenho



Fonte: Autores (2016)

A maioria dos alunos (75%, N=15), define BIM como um processo de modelagem e 10% (N=2) como processo e conjunto de software (Figura 6).

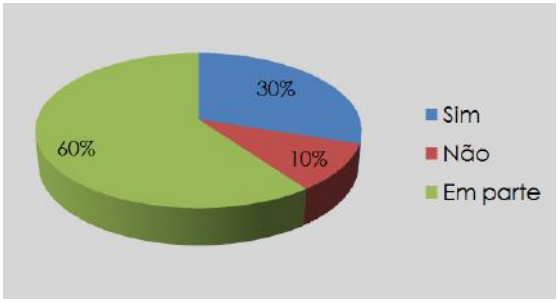
Figura 6- Percepção do aluno quanto ao significado de BIM



Fonte: Autores (2016).

Os alunos responderam se BIM os ajudou a compreender conceitos e leitura de projetos. Conforme mostra a Figura 7, a maioria dos alunos (60%, N=12) afirmou que BIM ajudou em parte, 30% (N=6) afirmou que BIM ajudou e apenas 10% (N=2) afirmou que BIM não ajudou.

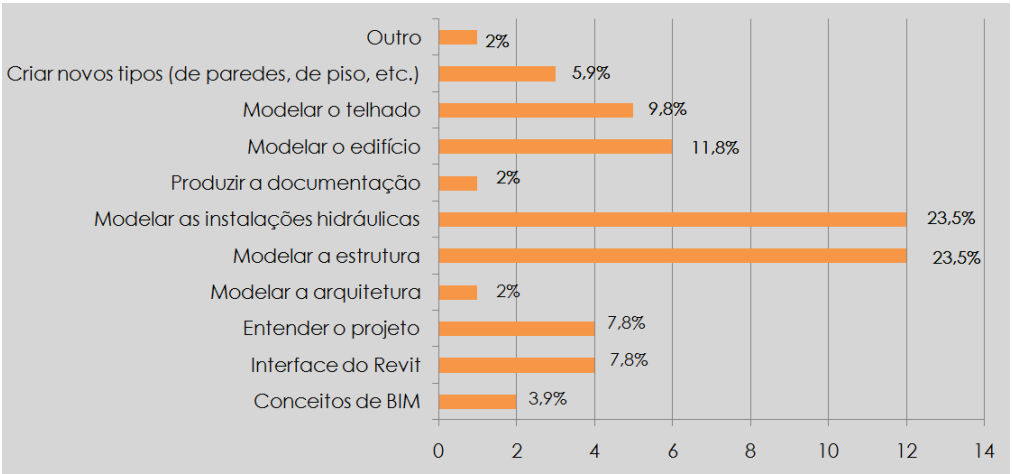
Figura 7- Percepção do aluno do quanto BIM ter ajudado a compreender conceitos e leitura de projetos



Os Autores (2016)

Na percepção dos respondentes, as modelagens das instalações hidráulicas (23,5%) e da estrutura (23%) foram os dois tópicos mais difíceis para aprender. Em seguida, estão a modelagem do edifício (11,8%) e do telhado (9,8%). Os tópicos menos difíceis são: a produção da documentação (2%) e a modelagem da arquitetura (2%) (Figura 8).

Figura 8- Distribuição de tópicos de acordo com a dificuldade percebida



Fonte: Autores (2016)

A maioria dos respondentes (40%, N=8), gostaria de ter resolvido os exercícios da disciplina com um colega mais experiente, enquanto que 35% (N=7) gostariam de ter trabalhado em grupo de 3 ou mais alunos (Figura 9). Sobre trabalhar em pares, um aluno comentou: "*Com um colega, a chance de algum deslize acontecer é menor, pois um orienta o outro e é mais fácil acompanhar o professor".* Outro aluno complementa: "*em dupla haveria uma ajuda mútua eficiente de forma que ambos aprenderiam. Em grupo os conhecimentos poderiam ficar fragmentados". Porém outro aluno sugere:* "*em grupo, no caso de cada componente ficar responsável por uma parte do projeto*".

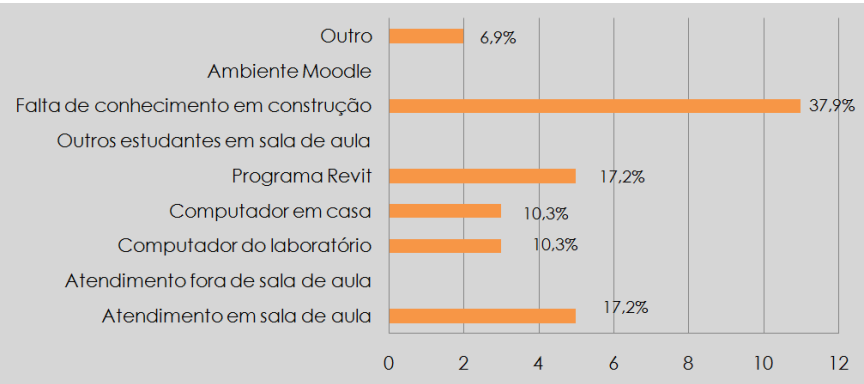
Figura 9– Preferência dos alunos quanto à forma de resolver os exercícios



Fonte: Autores (2016)

A falta de conhecimento em construção foi o problema mais frequente apontado pelos respondentes (37,9%, N=11), seguido de problemas com o Revit (17,2%, N=5) e atendimento do professor em sala de aula (17,2%, N=5) (Figura 10). Um estudante esclareceu: "*... foi um problema modelar algo que não se sabe exatamente a função ou como dimensionar.*" Entretanto, outro estudante amenizou: "A falta de conhecimento em construção civil atrapalhou um pouco, pois não tinha noção se o que fazia era correto. Mas nada que comprometesse o aprendizado". Outro aluno conclui que a falta de interesse também influenciou no aprendizado: "*o fato de eu ter escolhido Engenharia Ambiental, e não Civil, [...] meu interesse e conhecimento no assunto eram bem superficiais*".

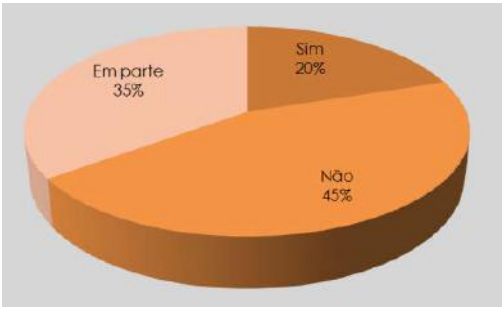
Figura 10– Problemas apontados pelos alunos



Fonte: Autores (2016)

A maioria (45%, N=9) afirmou que BIM não ajudou a esclarecer dúvidas de outras disciplinas, enquanto que 35% (N=7) afirmaram que ajudou em parte e 20% (N=4) considera que sim (Figura 11). No espaço reservado a comentários, os alunos citaram a relação que existe entre BIM e a disciplina 'Materiais de construção 1' em que BIM ajudou a aprender muitos termos desta disciplina.

Figura 11– BIM ajudou em dúvidas sobre outras disciplinas?



Fonte: Autores (2016)

Ao final do questionário, os alunos deram as seguintes sugestões para melhorar o processo de ensino/aprendizagem da disciplina: (a) iniciar a disciplina com o ensino de BIM; (b) aumentar a carga horária sobre BIM; (c) diminuir a carga horária da primeira parte da disciplina (Design Thinking); (d) focar a primeira parte da disciplina (Design Thinking) em projetos de construção civil de forma a esclarecer termos técnicos e conceitos básicos de construção civil e sincronizar este conhecimento com a utilização do Revit; (e) disponibilizar roteiros das aulas e apostila com instruções sobre Revit, incluindo a instalação; (f) acompanhamento de monitor em sala de aula; (g) diminuir a quantidade de trabalhos para entrega e avaliação para evitar estresse do aluno, o que diminui a aprendizagem; (h) dividir o ensino de BIM em módulos a serem integrados ao longo do currículo; (i) aumentar a quantidade de exercícios em sala de aula, leitura de exercícios complexos e apresentar mais exemplos da aplicação do processo BIM e (j) o professor deve continuar a resolver os exercícios junto com os alunos.

7 O QUE PODE SER MODIFICADO EM RELAÇÃO À PROPOSTA ORIGINAL

A integração de *Design Thinking* e BIM seria interessante se os *cases* a focar em *Design Thinking* apresentassem conceitos de construção. Contudo, esses conceitos usualmente não são temas de *Design Thinking*. Por outro lado, a carga horária do tema BIM poderia ser aumentada de forma a ensinar esse tópico, uma vez que BIM demanda mais tempo de dedicação do aluno. Embora isto seja possível, na prática, exigiria o deslocamento de *Design Thinking* para outra disciplina do curso.

O que já está sendo implementado é começar a disciplina ensinando os dois temas em paralelo (BIM na aula da segunda feira e *Design Thinking* na aula da quarta feira). Com esta mudança, o aluno poderá ter uma noção de onde vai aplicar os conceitos de *Design Thinking* e, ao mesmo tempo, terá

mais tempo para aprender BIM, ou seja, menos tempo na semana e mais tempo durante o ano.

Disponibilizar um roteiro das aulas é uma ideia interessante porque ajuda na orientação da execução das atividades da disciplina. Contudo, uma apostila com instruções sobre o Revit já seria suficiente. O único problema é a preparação de ambos, que dependeria do tempo disponível dos professores.

A presença de monitores em sala de aula também é importante porque há uma grande quantidade de alunos por turma para o professor atender. Entretanto, apesar de a primeira turma ter formado alunos capazes, esses monitores deveriam passar por um treinamento.

Aumentar a quantidade de exercícios em sala de aula não é possível porque demanda carga horária. Porém, estes deveriam ser reformulados de forma a serem uma aplicação do que foi ensinado em sala.

O ensino da leitura de exercícios complexos não deve ser abordado no primeiro ano devido à falta de conhecimentos prévios por parte dos alunos. A apresentação de mais exemplos de aplicação do processo BIM é possível, na medida em que a equipe adquirir mais experiência. Entretanto, outros exemplos de aplicações podem ser aprendidos ao longo do curso.

A divisão do ensino de BIM em módulos a serem integrados ao longo do currículo é essencial, uma vez que o processo BIM permeia todo o ciclo de vida da edificação e envolve grande parte das disciplinas. Isto seria possível na forma de disciplina optativa mas, como disciplina obrigatória, para o momento, é inviável uma vez que influenciaria no horário e demandaria o engajamento de professores de outras disciplinas, que precisam estar convencidos, interessados e preparados. Em princípio, a equipe planeja iniciar esse trabalho com a disciplina 'Instalações Prediais'.

Um dos objetivos da proposta original da disciplina é '*o aluno deverá ser capaz de ler e interpretar representações*' (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016), contudo, devido à carência de conhecimentos prévios em construção por parte dos alunos, perde-se tempo na explicação de conceitos básicos, o qual poderia ser aproveitado para explicar o que significam as representações gráficas de projeto. Uma solução seria transferir o ensino do tema BIM para uma disciplina do segundo ano. Assim, quando aprendesse BIM, o aluno já teria algum conhecimento prévio de construção, mais tempo para trabalhar em projetos diferenciados e, sob a consultoria de professores de diferentes disciplinas. Contudo, essa ideia de ateliê de integração é recomendada para os 3º e 4º anos onde os alunos desenvolveriam um projeto BIM com os conhecimentos adquiridos nas outras disciplinas.

8 CONCLUSÃO

Embora a disciplina tenha sido planejada seguindo a maioria das sugestões do NPBIM introdutório, tanto os professores quanto os alunos apontaram

alguns problemas. Na percepção dos professores, os principais problemas estão relacionados com: a grande quantidade de alunos em sala; o pouco tempo para ensinar o conteúdo; a falta de alinhamento das turmas e a falta de material de apoio. Da parte dos estudantes, houve percepção de sucesso, compreensão do conceito BIM e de leitura de projetos, dependendo do nível de complexidade. A maior dificuldade apontada foi modelar as instalações e a estrutura e esta percepção é justificada pela percebida falta de conhecimento em construção.

Ao sugerir melhoria para a disciplina, os estudantes apontaram possíveis soluções para algumas questões levantadas pelos professores: monitores para auxiliar nas dúvidas e trabalhos em pares ou grupos; integração de BIM com a primeira parte da disciplina; disponibilização de um roteiro para as aulas e preparação de tutoriais.

Uma dessas sugestões já está sendo implementada, que é iniciar o ensino de BIM em paralelo com *Design Thinking*. As demais sugestões estão sendo analisadas e, para que todas as melhorias sejam efetuadas, depende de um trabalho conjunto dos coordenadores da disciplina e coordenadores do curso.

Assim, a contribuição deste trabalho foi tornar conhecidos os resultados de uma experiência didática de ensino de BIM em disciplina introdutória do curso de Engenharia Civil da POLI-USP sob a ótica do pesquisador BIM, do professor e do aluno.

REFERÊNCIAS

BARISON, M.B., SANTOS, E.T. Advances in BIM Education. In: DIB, H. et al. (Ed.) **Transforming Engineering Education through Innovative Computer Mediated Learning Technologies**, Reston: ASCE, 2016. In press.

_____. A tool for assisting teachers in planning BIM courses. In: INTERNATIONALCONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2014, Miami… **Proceedings...**Miami: ISCCBE/CIB/ASCE, 2014.

_____. Ferramenta para planejamento de disciplina BIM. In: ENTAC 2014,Maceió… **Anais...**Maceió: ANTAC, 2014.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 5, n. 1, jun. 2014. ISSN 1980-6809. Disponível em: <http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634540>. Acesso em: 14 fev. 2016.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. O paradigma BIM: competências necessárias para sua inserção em cursos de engenharia civil. **Relatório Rede BIM Brasil** Capes. 2013.

REMS, J.**The Integration of BIM in Lafayette's Curriculum**.2012. Disponível em:

<http://sites.lafayette.edu/egrs451-sp12/files/2012/02/Rems.BIM-Proposal.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2012.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Disciplina: 0313102 - Introdução ao Projeto na Engenharia. 2016.** Disponível em:

https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=0313102. Acesso em: Jun. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

OS BENEFÍCIOS DO USO DO BIM NO PROJETO DA NOVA ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ[1]

DURCE, Dario C. (1); FISCHER, Rafael S. (2); HASSEGAWA, Benício (3); PEIXE, Marco A. (4); SCHEER, Sérgio (5)

(1) UFPR, e-mail: dariodurce@gmail.com; (2) UFPR, e-mail: rafaelsanfischer@gmail.com; (3) UFPR, e-mail: benicio.daniel@gmail.com; (4) UFPR, e-mail: marco.a.peixe@gmail.com; (5) UFPR, e-mail: scheer@ufpr.br;

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar quais foram os principais benefícios do uso do BIM verificados junto a membros da equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto da nova Estação Antártica Comandante Ferraz. Também busca evidenciar quais benefícios citados podem ser maximizados em projetos futuros. Para avaliá-los, foi realizada uma revisão bibliográfica buscando levantar quais são os principais benefícios do BIM citados por autores relevantes. Optou-se por utilizar um método de avaliação desses benefícios baseado em artigo de referência, que se mostrou capaz de cumprir os objetivos do trabalho. Os critérios avaliados foram coordenação do projeto, escopo, tempo, custo, qualidade, organização, comunicação, risco e software. Como resultado, foi verificado que a maior parte dos benefícios listados na revisão bibliográfica acabaram sendo identificados, principalmente no que se diz respeito a coordenação do projeto, custo e qualidade. No entanto, critérios como a organização da equipe, gestão do tempo e proficiência do software ainda possuem margem para serem melhor explorados.

Palavras-chave: BIM. Benefícios do BIM. Maturidade BIM.

ABSTRACT

This work aims to analyze what were the main benefits of BIM use checked by the members of the team responsible for the development of the project of the new Comandante Ferraz Antarctic Station. It also seeks to show which mentioned benefits can be maximized in future projects. To evaluate them, a literature review aimed to assess what are the key benefits of BIM cited by relevant authors was held. We chose to use the assessment method defined by a reference paper, that proved to be able to meet the objectives of the work. The criteria evaluated were project coordination, scope, time, cost, quality, organization, communication, risk and software. As a result, it was found that most of the benefits listed in the literature review were eventually identified, particularly as regards the project coordination, cost and quality. However, criteria such as team organization, time management and software proficiency still have margin to be better exploited.

***Keywords**: BIM. BIM Benefits. BIM Maturity.*

[1] DURCE, Dario; FISCHER, Rafael S.; HASSEGAWA, Benício; PEIXE, Marco A.; SCHEER, S. Os benefícios do uso do BIM no projeto da nova estação antártica comandante ferraz. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Após um incêndio ter destruído em fevereiro de 2012 o principal edifício da Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF -, o programa antártico brasileiro - PROANTAR - determinou a necessidade da construção de um novo edifício, que teria seu projeto selecionado através de um concurso público internacional de projetos. Lançado no início de 2013, o concurso organizado pelo Instituto de Arquitetos do Brasil - IAB - teve 109 equipes inscritas e 74 trabalhos apresentados. Após o processo de avaliação por parte da comissão julgadora, foi selecionada a proposta vencedora, de autoria do escritório curitibano Estúdio 41 (ALVAREZ, 2013).

Dada a complexidade dos projetos de arquitetura e complementares que tal programa exigia, aliada ao curtíssimo prazo de entrega imposto pela Marinha do Brasil, a equipe vencedora optou por utilizar a tecnologia BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção). Embora apenas dois de seus membros fossem completamente proficientes na tecnologia, acreditava-se que com a gradual melhoria das habilidades dos outros profissionais ao longo do processo e com a construção de um modelo tridimensional virtual único, iria-se poupar tempo, evitar retrabalhos, integrar mais facilmente as equipes de projetos complementares, facilitar a coordenação do projeto e, principalmente, evitar erros.

A partir de revisão bibliográfica, este artigo compara percepções que os autores do projeto tiveram ao final de seu desenvolvimento com os principais benefícios e potencialidades listadas por importantes referências científicas da área, utilizando como base para o método o conjunto listado em BRYDE *et al.* (2012). A ideia não é comparar se houve mais benefícios ou pontos negativos do BIM durante o desenvolvimento do projeto e, sim, identificar quais benefícios se destacaram e quais pontos negativos foram identificados, de maneira a compreender onde há espaço para melhoria na aplicação e utilização do BIM em futuros projetos de arquitetura e engenharia.

Tal como BRYDE *et al*. (2012) afirma, os principais benefícios identificados na avaliação do desenvolvimento do projeto da EACF foram relativos à maior capacidade de controle de todo o processo de projeto ao longo de suas fases. Uma redução considerável de tempo de projeto, necessária pelo prazo exíguo com o qual a equipe estava lidando, foi constatada. A facilidade de integração entre os projetos arquitetônicos e de outras disciplinas também é destacada. Os principais pontos negativos encontrados são relativos à plataforma BIM utilizada, capacidade de hardware e necessidade de mais treinamento em BIM por parte dos membros da equipe.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A nova Estação Antártica Comandante Ferraz - EACF

A questão ambiental na Antártica é tão importante de se considerar quanto o fornecimento de abrigo aos ocupantes. A estação deve ser pensada de uma maneira autônoma e autossuficiente (VALE e VALE, 2000 apud ALVAREZ; VARGAS, 2013), quase como se fosse uma nave espacial (WENDER, 2013 apud ALVAREZ; VARGAS, 2013) em um planeta desconhecido.

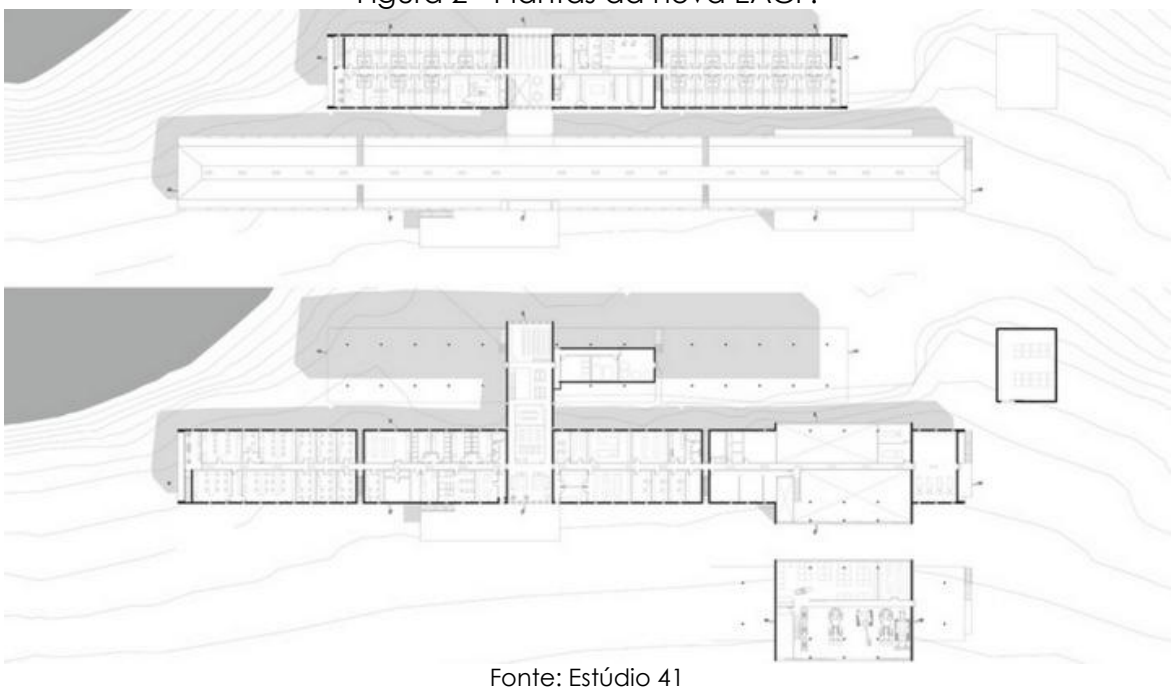
No edital e termo de referência era muito clara a preocupação da Marinha com o respeito ao meio ambiente e com a minimização de impactos. Também se verificava um incentivo a racionalização e modulação do projeto, segregação em blocos, flexibilidade de uso e preocupação com situações de emergência, a fim de evitar acidentes como o que destruiu a estação anterior (BRASIL, 2013).

Figura 1 - Perspectiva da proposta vencedora.



Fonte: Estúdio 41

Figura 2 - Plantas da nova EACF.

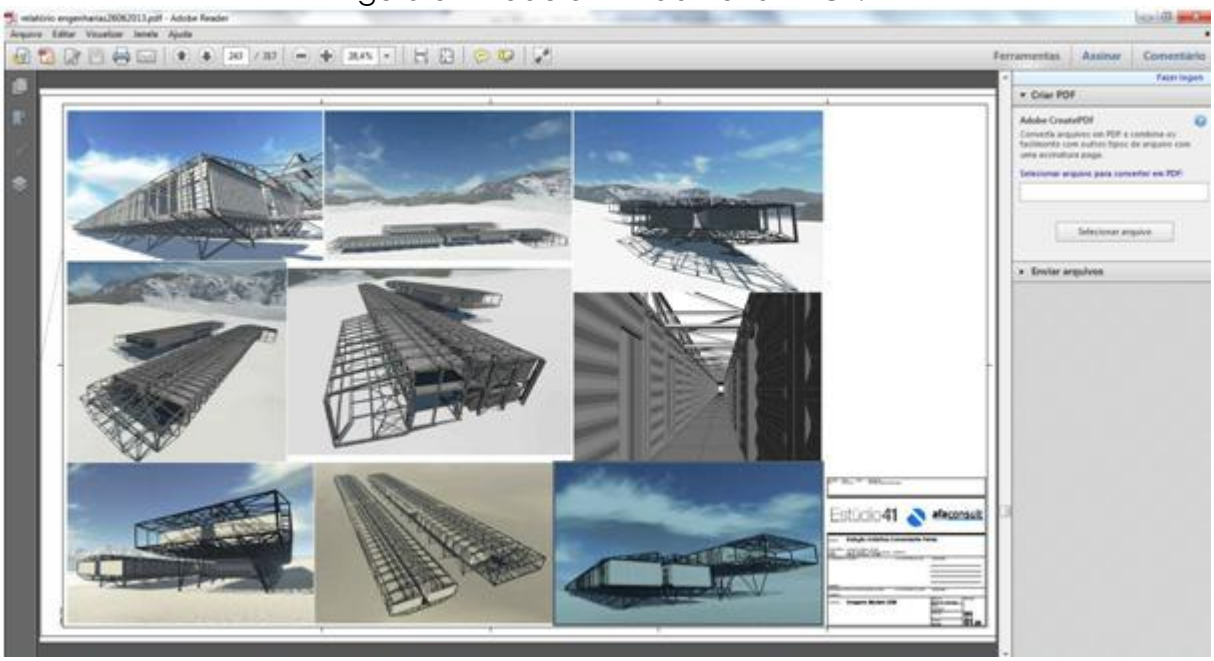


Fonte: Estúdio 41

A partir do resultado do concurso, buscando-se a ferramenta de projeto mais vantajosa para atender aos requisitos especificados, assim como gerenciar

as interferências entre as diversas disciplinas de engenharia e arquitetura, optou-se pela adoção da tecnologia BIM para a elaboração e coordenação do modelo virtual. Desse modo, a equipe do escritório de arquitetura brasileiro associou-se a uma empresa de engenharia portuguesa que já possuía ampla experiência de trabalho com o BIM, visando estabelecer uma parceria que proporcionasse maior eficiência e rapidez no processo de desenvolvimento do projeto, garantindo a agilidade necessária conjugada à consistência da documentação produzida (ALVAREZ *et al.*, 2013).

Figura 3 - Modelo BIM da nova EACF.



Fonte: Estúdio 41

2.2 BIM e seus benefícios

Para EASTMAN *et al*. (2011), BIM é uma tecnologia de modelagem, organização, comunicação e análise de informações contidas em um modelo virtual. Para SUCCAR (2009), o BIM é um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permite múltiplos agentes da construção civil projetar, construir e operar um edifício.

Essa tecnologia admite a construção virtual de um projeto de maneira que todos os elementos modelados contenham informações. Assim, pode-se verificar seu desempenho em várias disciplinas diferentes. Para tirar pleno proveito dessas informações, todavia, há necessidade da inclusão dos agentes responsáveis pelo projeto, construção e operação de um edifício ainda nas etapas prematuras do desenvolvimento do conceito arquitetônico (EASTMAN *et al*., 2011). Isso acontece no nível mais avançado de maturidade BIM, chamado por SUCCAR (2009) de IPD (*Integrated Project Delivery*). Entretanto, podem ser observados benefícios importantes ainda nos primeiros níveis de maturidade de utilização da tecnologia. No nível 1, os desenhos e visualizações de um projeto são parametrizados, facilitando sua

elaboração e diminuindo o tempo de representação. No 2, começa a haver alguma compatibilização entre projetos complementares com o auxílio do BIM. No 3, já ocorre a integração das equipes de construção e de projetos complementares nas fases de concepção de um projeto.

Kymmell (2008) classifica os benefícios do BIM sob três princípios básicos: visualização, colaboração e eliminação. A visualização se refere à melhoria da compreensão a partir do uso do modelo virtual, facilitando o levantamento das necessidades projetuais e contribuindo para a sua descrição. A colaboração diz respeito ao encorajamento e à facilitação de uma ação cooperativa e multidisciplinar. Por fim, a eliminação consiste em benefícios relativos ao projeto, como redução de conflitos, de perdas e de riscos.

"Através da modelagem paramétrica, os diversos projetistas inserem suas informações em objetos ou elementos, além de regras que definem seus padrões de comportamento, criando conjuntos lógicos que podem ser atualizados automaticamente" (ROMCY *et al.*, 2014). Assim, os diversos agentes envolvidos devem gerenciar um fluxo de informações de forma contínua, com comunicação plena e coordenada entre as atividades, visando a integração preconizada no IPD, algo que modifica a própria dinâmica de trabalho.

2.3 Avaliação de benefícios do BIM

Em estudo realizado por BARLISH e SULLIVAN (2012), foram levantados benefícios em relação aos métodos tradicionais de desenvolvimento de projetos: montagem do cronograma; minimização de retrabalhos; visualização 2D e 3D; aumento da produtividade; diminuição de custos; facilitação de comunicação; verificação de conflitos físicos e interferências; aumento da segurança do edifício, gerenciamento e manutenção de sistemas; facilidade de pré-fabricação; simulações virtuais de desempenho; consumo energético; além de estimativas consideravelmente precisas de custo. O autor adverte que o sucesso do BIM depende de fatores como o tamanho do projeto, proficiência por parte dos membros da equipe e comunicação, além de alguns fatores externos.

CZMOCH e PEKALA (2014) cita ainda possibilidade de detectar interferências entre diferentes disciplinas; parametricismo do BIM - que atualiza todos os desenhos e representações no momento em que há alguma mudança no modelo principal; possibilidade de planejar com mais precisão o tempo de execução das fases do projeto; possibilidade de estimar rapidamente custos a partir de quantitativos gerados; possibilidade de integração com softwares voltados à análise de desempenho, para melhorar eficiência e conforto; e, finalmente, facilidade de gestão dos materiais necessários para a construção. Deve-se também ponderar pontos negativos: o uso da ferramenta pode significar grandes investimentos iniciais como, por exemplo, adquirir licenças; caso a equipe não tenha proficiência no software, será necessário treinamento dos funcionários, o que muitas vezes significa

aumento de custos; sistemas BIM são extremamente precisos e essa exigência, reconhecidamente positiva, pode ser um empecilho para a criação de novos projetos; finalmente, deve-se atentar que somente o modelo completo é útil quando se trata de BIM, não permitindo obter informações completas enquanto não se têm tudo modelado corretamente.

3 MÉTODO

Para avaliar qualitativamente o desenvolvimento do projeto executivo da nova EACF em uma plataforma BIM, optou-se por utilizar como base para os procedimentos metodológicos o descrito por BRYDE *et al.* (2012). Esse trabalho lista nove principais benefícios do uso do BIM determinados a partir de uma ampla revisão bibliográfica realizada pelo autor. Esses benefícios são também definidos como os critérios de avaliação do desenvolvimento do projeto em BIM.

As informações foram coletadas junto aos membros da equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto arquitetônico. Os integrantes da equipe responderam por escrito um questionário com os critérios listados por BRYDE *et al.* (2012), no qual deveriam indicar se esses foram de fato encontrados durante o desenvolvimento do projeto, ou se houveram pontos negativos ou passíveis de serem melhorados relativos a cada um deles.

Sempre que um benefício era confirmado, atribuía-se 1 (um) ponto positivo ao critério. Sempre que uma deficiência ou questão passível de melhoria eram citadas, atribuía-se 1 (um) ponto negativo. Ao final, a pontuação de cada critério foi somada, obtendo-se assim uma classificação dos benefícios mais citados, e dos benefícios com maior possibilidade de serem melhorados no desenvolvimento de projetos futuros. Essa classificação tem como finalidade apenas evidenciar os benefícios mais importantes e os pontos a serem melhorados, não tendo como objetivo, portanto, comparar os critérios uns com os outros.

Os critérios definidos por BRYDE *et al.* (2012) utilizados na avaliação foram:

- Coordenação do projeto: verificação da integração, unificação, consolidação, articulação e questionamentos integrativos por parte dos diversos membros da equipe envolvidos;
- Escopo: verificação e controle da pertinência ao projeto do que estava sendo feito;
- Tempo: verificação e controle se as etapas do projeto estavam sendo desenvolvidas e completadas dentro do prazo e sequência definidos;
- Custos: verificação da efetiva redução de custos de projeto se comparado com os possíveis custos por meio de um projeto desenvolvido de maneira tradicional;
- Qualidade e precisão: verificação se o BIM forneceu a precisão necessária ao projeto e qual a importância dele para que essa precisão tenha sido possível;
- Organização: verificação se o modelo BIM subsidiou o desenvolvimento,

concepção ou criação de alguma parte dos projetos;
- Comunicação: verificação dos benefícios proporcionados pelo BIM relativos à comunicação entre os membros das diversas equipes envolvidas;
- Risco: verificação da possível redução de riscos a partir do uso do BIM;
- Software: verificação de possíveis benefícios ou problemas encontrados especificamente a respeito dos softwares utilizados.

4 AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DO BIM

4.1 Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico da EACF foi desenvolvido por uma equipe formada por cinco arquitetos, dos quais apenas um membro possuía proficiência plena na plataforma, sendo que os outros melhoraram suas habilidades ao longo do processo. O membro mais experiente acabou ficando responsável pelo gerenciamento do modelo. O escopo do projeto desenvolvido pela equipe englobava o projeto de arquitetura, de comunicação visual, de interiores, de mobiliário, de vedações, coordenação dos projetos listados anteriormente, e coordenação e compatibilização de todos os outros projetos complementares.

Por sua vez, outras quatro empresas se envolveram no desenvolvimento dos projetos complementares, totalizando vinte e sete responsáveis técnicos e mais cinco consultores.

4.2 Projetos complementares

Uma das empresas ficou encarregada da coordenação dos projetos de acústica, automação, estruturas, fundações, gerenciamento de resíduos, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, instalações mecânicas, segurança, cronograma físico-financeiro e coordenação e compatibilização entre os projetos listados.

Uma terceira empresa ficou encarregada pelo projeto da cozinha profissional, enquanto a quarta empresa ficou exclusivamente responsável pelo orçamento.

4.3 Comunicação

A comunicação entre os membros da equipe do projeto arquitetônico era feita *in loco*, sendo o arquivo central disponibilizado na rede do escritório. Já a comunicação entre a equipe de arquitetura e as equipes dos projetos complementares era feita à distância via teleconferências, telefonemas, e-mails e, também, através de reuniões físicas realizadas periodicamente. Todas as equipes de projetos complementares possuíam uma maturidade de utilização da plataforma BIM compatível com a da equipe do projeto de arquitetura, o que facilitou todo o processo.

4.4 Membros entrevistados

A avaliação do desenvolvimento do projeto da nova estação através do método de BRYDE *et al.* (2012) ficou restrita a três membros da equipe de projeto arquitetônico: o arquiteto com mais proficiência, designado como gerente do modelo BIM, além de dois outros arquitetos cuja aquisição de proficiência ao longo do projeto foi julgada por eles mesmos como bastante intensa.

4.5 Resultados

4.5.1 Coordenação do projeto

Benefícios citados +8

Arquivo único facilitou a coordenação (2); arquivo único permitiu o desenvolvimento do projeto de maneira simultânea; arquivo único facilitou a tomada de decisões; o produto final foi mais consistente; arquivo único facilitou o gerenciamento; o BIM facilitou a comunicação; o BIM facilitou a troca de arquivos.

Pontos a serem melhorados citados -2

Na ausência ou desligamento de um membro havia a necessidade da verificação minuciosa do trabalho feito; diferenças de proficiência geraram a necessidade do uso do sistema em CAD.

4.5.2 Escopo

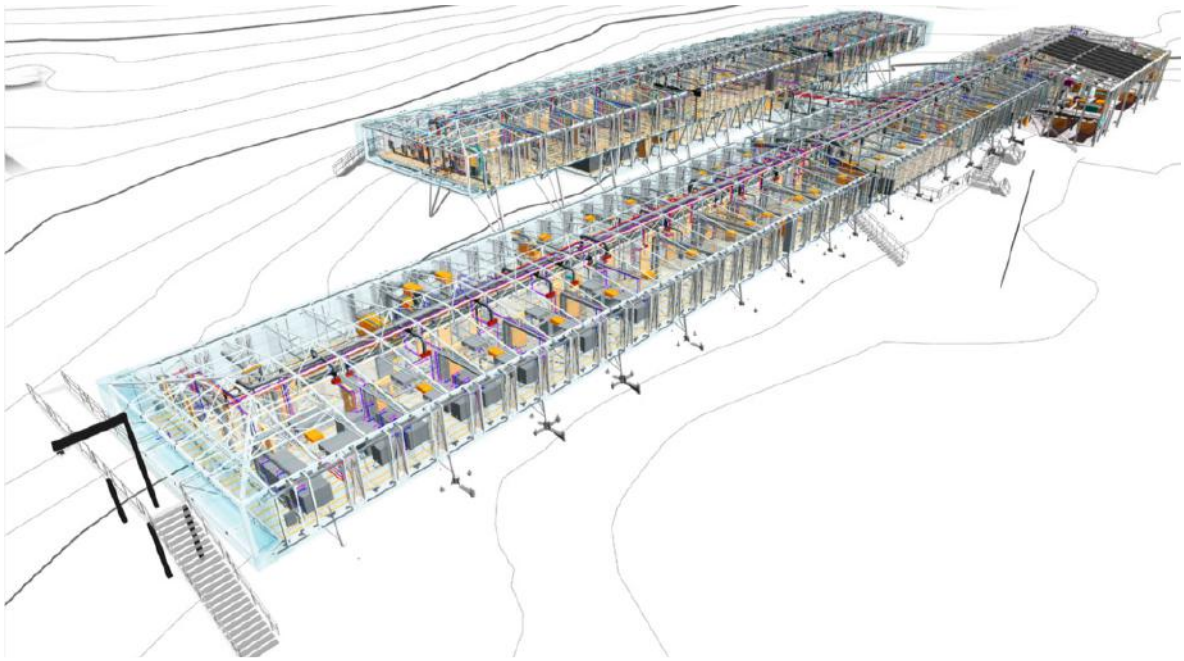
Benefícios citados +3

BIM permitiu a execução de desenhos 2D e 3D simultaneamente (2); permitiu o desenvolvimento da maior parte das peças gráficas na própria plataforma;

Pontos a serem melhorados citados -3

Alguns detalhamentos tiveram que ser desenvolvidos em CAD, mesmo pelo membro com alto grau de proficiência (2); a resistência de uso por parte de alguns profissionais sugere uma necessidade de um planejamento mais antecipado do uso do BIM.

Figura 4 - Modelo BIM do projeto da nova EACF



Fonte: Estúdio 41

4.5.3 Tempo

Benefícios +3

Maior agilidade na tomada de decisões; documentação do projeto exponencialmente mais rápida em relação ao CAD; o menor número de agentes subcontratados devido ao uso do BIM agilizou o desenvolvimento do projeto.

Pontos a serem melhorados -3

Maior tempo para se chegar a uma solução em estágios iniciais; a proficiência plena de todos os membros da equipe no começo poderia ter agilizado o desenvolvimento do projeto; a demora para visualizar os produtos finais, gerados somente a partir da finalização do modelo, gera ansiedade.

4.5.4 Custo

Benefícios +5

Facilidade de estimar custos iniciais em etapas prematuras; diminuição de tempo gasto pelo escritório (2); minimização de possíveis gastos com retrabalhos; minimização de gastos com erros.

Pontos a serem melhorados -2

Custo elevado do software; custo elevado dos computadores (2).

4.5.5 Qualidade

Benefícios +5

Gerenciamento consistente; compatibilização consistente (3); facilidade de verificação de interferências.

Pontos a serem melhorados -2

Necessidade de grande detalhamento do modelo 3D; qualidade gráfica dos elementos inferiores devido ao prazo exíguo.

4.5.6 Organização

Benefícios +4

Arquivo único facilitou a organização; desenhos gerados instantaneamente; atualização de modelo e desenhos em tempo real com as modificações; menor quantidade de arquivos diferentes criados.

Pontos a serem melhorados -3

Necessidade da existência e acompanhamento por parte de um gerente BIM; arquivos grandes e muito pesados; o uso simultâneo do CAD para alguns detalhamentos também prejudicou a organização geral do projeto.

4.5.7 Comunicação

Benefícios +4

Comunicação simultânea à medida que as escolhas de projeto eram tomadas; estímulo à comunicação entre os membros da equipe; interoperabilidade facilitou a compatibilização e visualização global do projeto; formato IFC funcionou bem para a geometria.

Pontos a serem melhorados -2

IFC foi pouco preciso na parte da documentação das informações (2).

4.5.8 Risco

Benefícios +4

Diminuiu riscos pela consistência do modelo (2); diminuiu riscos pela precisão do modelo beneficiando os agentes envolvidos, notoriamente os construtores (2);

Pontos a serem melhorados -2

Proximidade da decisão de implementação do BIM com o início de um projeto complexo aumenta os riscos; a ausência de proficiência plena por alguns membros limitou a capacidade do escritório, o que representou um risco em potencial.

4.5.9 Software

Benefícios +4

Software intuitivo; plataforma com curva de aprendizado notável; plataforma bastante completa; facilidade do desenvolvimento do projeto na plataforma.

Pontos a serem melhorados -3

Limitação de comunicação com outros softwares e outras plataformas; resistência a substituir o método tradicional de projetar em CAD; elevada

configuração mínima por parte dos computadores.

4.6 Classificação final dos critérios

Tabela 1 – Classificação dos critérios

Benefícios		**Pontos a serem melhorados**	
Critério	Pontuação	Critério	Pontuação
Coordenação de projeto	+8	Escopo	-3
Custo	+5	Organização	-3
Qualidade	+5	Software	-3
Comunicação	+4	Tempo	-3
Risco	+4	Comunicação	-2
Organização	+4	Coordenação	-2
Software	+4	Custo	-2
Escopo	+3	Qualidade	-2
Tempo	+3	Risco	-2

Fonte: Os Autores.

5 CONCLUSÕES

5.1 Principais benefícios

O critério para o qual mais benefícios foram citados pelos entrevistados foi a coordenação de projeto, totalizando oito benefícios. Os critérios com menos benefícios percebidos foram escopo e tempo, lembrados apenas três vezes cada.

Esses resultados demonstram que os principais benefícios sentidos pelos membros da equipe são relativos à facilidade que o BIM traz para a coordenação de um projeto, principalmente se tratando de um caso tão complexo e cheio de minúcias como foi o caso da EACF. Destaca-se também benefícios percebidos sob o ponto de vista de redução de custos e aumento da qualidade do projeto, ambos com cinco benefícios marcados pelos respondentes.

Benefícios relativos à redução de riscos, melhora geral na organização e até mesmo em relação à utilização do software, no qual parte da equipe não possuía proficiência plena no início do desenvolvimento do projeto, também chamam a atenção. Tratando-se de um escritório de arquitetura relativamente pequeno, esses fatores mostraram-se cruciais para viabilizar o desenvolvimento do projeto e podem representar uma vantagem competitiva importante em relação a outras empresas existentes no mercado.

Surpreendentemente um dos critérios com menos benefícios lembrados foi o tempo. Isso pode ser explicado pelo simples motivo de que o principal e mais

importante benefício da opção pelo BIM seja justamente sua diminuição, permitindo que o projeto fosse concluído no curto prazo determinado, demonstrando a competitividade e ganho de produtividade gerado pelo uso da ferramenta.

5.2 Principais pontos a serem melhorados

Com relação aos pontos passíveis de serem melhorados percebidos pelos entrevistados, não houve nenhum critério que se destacou em relação aos demais. De qualquer forma, os quatro mais lembrados foram escopo, organização, software e tempo.

Um ponto constantemente indicado em vários dos critérios diz respeito à ausência da proficiência plena em relação à plataforma BIM por parte da equipe. Um treinamento para o uso da ferramenta e o aprendizado empírico adquirido ao longo do processo de desenvolvimento do projeto são possíveis soluções verificadas que melhorariam o desempenho de critérios como organização, software, custo, qualidade, risco e tempo.

Benefícios relacionados ao escopo, comunicação, coordenação e qualidade também podem ser aperfeiçoados com a implementação de sistemas e procedimentos padrão a serem seguidos tanto pelos membros da equipe de projeto arquitetônico quanto por empresas subcontratadas para o desenvolvimento dos projetos complementares.

A última observação fica por conta da interoperabilidade, a qual trouxe alguns problemas em relação à transferência de dados entre modelos gerados em diferentes plataformas, embora poucos problemas relativos à geometria tenham sido citados.

5.3 Considerações finais

A revisão bibliográfica e a adoção do método proposto a partir do trabalho de BRYDE *et al.* (2012) mostraram-se pertinentes nesta avaliação dos benefícios do uso do BIM. Como foi feita após a conclusão do projeto, limitações relativas à apreensão de informações por parte dos pesquisadores para um número maior de fontes de evidência foram encontradas. No entanto, a entrevista realizada com três membros da equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto arquitetônico ajudou a mitigar tais limitações, fornecendo um panorama e resultados de acordo com a bibliografia pesquisada.

Ficou evidente que a utilização do BIM no desenvolvimento da EACF foi fundamental para que o projeto pudesse ter sido finalizado no exíguo prazo estipulado. A discussão em conjunto entre os diversos agentes envolvidos no desenvolvimento do projeto desde as fases iniciais, como preconiza EASTMAN (2011) e SUCCAR (2009), mostraram-se fundamentais para o sucesso do desenvolvimento do projeto arquitetônico e de suas disciplinas complementares.

Houve um perceptível aumento de qualidade do projeto final, reduzindo-se

o número de interferências, inconsistências, erros e retrabalhos com a utilização do BIM, embora tenha sido verificado espaço para a implementação de melhorias, principalmente em função do aumento da proficiência dos membros da equipe no uso do software.

A principal crítica ao BIM por parte dos entrevistados acabou sendo relativa a um fator que não depende completamente da plataforma: o desempenho do software em função da complexidade dos modelos e das limitações de hardware, como já havia citado EASTMAN (2011). Acredita-se, no entanto, que com o desenvolvimento de novos *chipsets*, processadores e equipamentos mais eficientes, bem como o aprimoramento das ferramentas BIM, há tendência para a diminuição de tais adversidades no futuro.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. E. (org) . **Concurso Estação Antártica Comandante Ferraz - Termo de Referência.** Rio de Janeiro: Instituto dos Arquitetos do Brasil, 2013 (Termo de Referência). Disponível em: < http://concursoestacaoantartica.iab.org.br/ bases/TERMO_DE_REFERENCIA_EACF.pdf>

_____.; VARGAS, P. S. P. **Programa antártico brasileiro - PROANTAR**. disponível em <http://www.mar.mil.br/secirm/proantar.html>. Acesso em: 17 mai. 2015.

_____.; _____.; VIDIGAL, E. J. **As novas edificações Brasileiras na Antártica:** Do Concurso de Projeto ao Estágio Atual. In: RAPAL 2013 - Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latino americanos, 24., 2013, La Serena, Chile. Disponível em: <http://www.inach.cl/rapal2013/wp-content/uploads/2013/08/DI-02_BRA_As-novasedifica%C3%A7%C3%B5es-Brasileiras-na-Ant%C3%A1rtica.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2015.

BARLISH, K.; SULLIVAN, K. How to measure the benefits of BIM - A case study approach. **Automation in Construction**, v.24, p.149-159, jul. 2012.

BRASIL. **Concurso estação antártica Comandante Ferraz: Termo de Referência**. IAB. Instituto de Arquitetos do Brasil, Marinha do Brasil, Comissão Interministerial para Recursos do Mar. 2013.

BRYDE, D; BROQUETAS, M; VOLM, J. The project benefits of Building Information Modeling (BIM). **International Journal of Project Management,** n.31, p.971-980, dec. 2012.

CZMOCH, I.; PEKALA, A. Traditional design versus BIM Based Design. **Procedia Engineering,** n.91, p. 210-215, 2014.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** 2.ed. Wiley, 2011.

ESTÚDIO 41. **Estação Antártica Comandante Ferraz**. Disponível em: <http://www.estudio41.com.br/?conteudo=projeto&id=54>. Acesso em: 17 mai. 2015.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations**. McGraw Hill Construction, 2008. 278p.

ROMCY, N. M. e S.; CARDOSO, D.; BERTINI, A. A.; PAES, A. Desenvolvimento de aplicativo em ambiente BIM segundo princípios da Coordenação Modular. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 2, p. 23-39, abr./jun. 2014. ISSN 1678-8621

SUCCAR, B. Building Information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in construction**, v.18, p.357-375, 2009.

YIN, R. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Bookman, 2001.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O MODELO EVOLUCIONÁRIO NO PROCESSO DE PROJETO: APLICAÇÕES NA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA[1]

SILVA, Filipe (1); ACCIOLY, Luísa (2); LAURINDO, Bárbara (3); TOLEDO, Alexandre (4)

(1) UFAL, e-mail: filipelopesfsilva@gmail.com; (2) UFAL, e-mail: luisa_patury@hotmail.com; (3) UFAL, e-mail: barbaralpsantos@hotmail.com; (4) UFAL, e-mail: alexandre.toledo@fau.ufal.br

RESUMO

A arquitetura contemporânea se apresenta como um campo multidisciplinar que demanda cruzamento de informações complexas, exigindo do arquiteto o domínio de outras áreas de conhecimento. O desenvolvimento dos processos de projeto passa a ser cada vez mais influenciado pela tecnologia computacional. A evolução nas pesquisas em biologia permitiu a transcrição dos padrões da natureza em algoritmos, que possibilitou o desenvolvimento de projetos arquitetônicos por meio de códigos genéticos de seres vivos, tornando análogos os processos da biologia evolutiva e de projeto digital. Este artigo tem como objetivo discutir os processos de projeto de arquitetura baseados na biologia, por meio de tecnologias computacionais. A metodologia consiste em revisão dos conceitos e autores apresentados por Rivka Oxman sobre modelos evolucionários. Os recentes avanços indicam que os modelos de geração evolucionário impactam nos sistemas construtivos e materiais dos edifícios, havendo a necessidade de maior integração de disciplinas no projeto. Busca-se contribuir com a lacuna na discussão acadêmica acerca dos conceitos de morfogênese e arquitetura evolucionária e suas aplicações efetivas na produção arquitetônica contemporânea.

Palavras-chave: Arquitetura digital. Modelo evolucionário. Algoritmo Generativo. Arquitetura generativa. Morfogênese digital.

ABSTRACT

Contemporary architecture has emerged as a multidisciplinary field that requires crossing complex information, requiring the architect the domain of other knowledge areas. The development of design processes becomes increasingly influenced by computer technology. Developments in research in biology in the last century allowed the patterns of nature could be transcribed into algorithms. This advance enabled architectural designs were developed from genetic codes of living beings, where evolutionary biology processes would be analogous to digital design processes. This article aims to conduct a theoretical discussion of the architecture processes based on biology through computer technologies. The methodology consists of a review of the concepts and authors presented by Rivka Oxman on evolutionary models. Recent advances indicate that generation models from evolutionary architecture impact the construction systems and materials of buildings, with the need for greater integration of disciplines in the project. This work seeks to contribute to the gap in academic discussion about the concepts of morphogenesis and evolutionary architecture, as well as its effective application in contemporary architectural production.

[1] SILVA, Filipe; ACCIOLY, Luísa; LAURINDO, Bárbara; TOLEDO, Alexandre. O modelo evolucionário no processo de projeto: aplicações na arquitetura contemporânea. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**. São Paulo: ENTAC, 2016.

***Keywords**: Digital architecture. Evolutionary model. Generative algorithm. Generative architecture. Digital Morphogenesis.*

1 INTRODUÇÃO

A crescente migração do universo analógico para o digital, nos últimos anos, tem despertado o interesse de pesquisadores que buscam compreender os novos processos de concepção e sua aplicação em projetos de arquitetura. Novas metodologias de projeto surgem para ajudar a mapear esses fenômenos e acompanhar a rápida transformação na qual a arquitetura contemporânea é concebida, desenvolvida e aplicada. Atualmente, cada vez mais, os edifícios são projetados por meio de ferramentas digitais, fazendo-se necessária a discussão e revisão teórica desse tema.

A arquiteta israelense Rivka Oxman, a qual tem desenvolvido trabalho de grande relevância e reconhecimento nessa área, vem discutindo as bases teóricas do design digital e apresentando conceitos e autores que contribuem para a compreensão dos avanços sobre o assunto. No Artigo *Theory of design in the first digital age*, Oxman (2006) argumenta que as novas metodologias de projeto possíveis na era digital podem ser revolucionárias, pois oferecem uma ampla diversidade de alternativas, formas e dinâmicas na arquitetura.

A autora levanta questões centrais a respeito da transformação dos processos de design por meio dos novos meios de tecnologia digital, e propõe uma estrutura conceitual composta por modelos baseados em quatro atividades de projeto: geração, avaliação, representação e desempenho.

No modelo generativo, o projetista desenvolve um sistema, ou seja, uma sequência finita de regras, raciocínios e operações, que oferece soluções baseadas nas melhores possibilidades de resposta ao resultado pretendido. Diferente do modo de projetar convencional, pelo qual o arquiteto tem contato direto com o objeto arquitetônico, sua criação e desenvolvimento; no sistema generativo, o mesmo atua na confecção do sistema, e toda alteração almejada ao objeto arquitetônico é condicionada a uma modificação no sistema inicial de geração.

Oxman sistematiza os modelos de design digital em cinco diferentes classes: classe dos modelos CAD; classe dos modelos de formação; classe dos modelos generativos; classe dos modelos de performance; e classe dos modelos de composição integrada. O modelo evolucionário é definido como uma subclasse do modelo generativo – que possui também como subclasse a geração através da gramática da forma. Podemos ver exemplos aonde o modelo evolucionário combina-se com outros modelos, fazendo assim parte de um modelo de composição integrada. Dentro do modelo de composição integrada, o modelo evolucionário se relaciona com modelos de outras classes, principalmente com modelos de formação, como: o modelo topológico, que explora geometrias não euclidianas; e o modelo de design associativo, baseado nos princípios do design paramétrico e

componentes generativos.

O modelo evolucionário, que se enquadra na atividade de geração, relaciona-se a mecanismos computacionais complexos, nos quais o projetista pode operar e interagir no intuito de encontrar uma forma, a partir de regras generativas. O algoritmo genético é o mecanismo computacional utilizado pelo arquiteto neste modelo de design digital e consiste em um ciclo de buscas que mímica o processo de seleção natural aplicando princípios de evolução na solução de problemas. O principal desafio ao uso dessa ferramenta está na definição do que se busca solucionar, nos dados que poderão ser alterados pelo mecanismo na busca da forma ideal e na especificação clara e objetiva do que é um resultado satisfatório.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é discutir sobre o desenvolvimento de processos digitais de projeto na arquitetura contemporânea, baseada no modelo evolucionário, proposto por Rivka Oxman, no Artigo *Theory of design in the first digital age* (2006).

3 METODOLOGIA

A metodologia consiste em revisão teórica dos conceitos e autores apresentados por Oxman (2006) sobre os *modelos evolucionários*, acompanhado de exemplificação de sua aplicação na arquitetura contemporânea, realizando investigações de como o modelo evolucionário se relaciona com as novas propostas metodológicas de outros autores e profissionais.

4 AVANÇOS NA APLICAÇÃO DO MODELO EVOLUCIONÁRIO

Os modelos generativos e de algoritmos genéticos veem sendo adaptados para ter a sua aplicação ampliada à várias metodologias, a parametrização e a modelagem de superfícies topológicas podem surgir integradas como parte desse processo. Nos diferentes casos a função do algoritmo de encontrar a melhor solução passa a possuir uma importância que varia de acordo com o projeto em questão. A metodologia utilizada pode então limitar ou não a função do algoritmo genético.

O design generativo precisa de cuidados, uma completa randomização dos parâmetros da forma dificilmente alcança algum resultado de design satisfatório, é preciso controlar os níveis de randomização e também os seus limites, assim como é igualmente importante a intencionalidade, representada pela solução ótima, previamente estabelecida pelo arquiteto.

A importância da intencionalidade - no uso de ferramentas algorítmicas - é para John Frazer o aspecto mais relevante da arquitetura evolucionária. Este aspecto é também foco da discussão, embasada nas práticas contemporâneas e no pensamento de autores como John Holland, Stephen

Gould, Nascimento, Peter Bentley, Michael Hensel, Achim Menges, Michael Pawlin e Neri Oxman.

4.1 Modelos evolucionários em arquitetura

O *modelo evolucionário* em arquitetura se apropria de técnicas de geração de formas encontradas nos seres vivos na natureza. Essa geração de forma, no modelo evolucionário é derivada de uma codificação inspirada na genética de sistemas biológicos, pela qual o projetista insere as informações que resultam em um processo criativo de formas considerado evolutivo a medida que se aproxima da solução ideal almejada pelo projetista.

Este processo se tornou possível depois que o cientista John Holland criou os algoritmos genéticos no campo da biologia, na década de 1960, com o objetivo de buscar melhores soluções em meios que se modificam. Segundo Nascimento (2014), os algoritmos criam mecanismos de adaptação entre elementos distintos, mantendo a sua performance e organização com inspiração nos sistemas biológicos, nos quais populações distintas são combinadas e selecionadas "naturalmente", por meio de mutações calculadas de forma aleatória e outros fenômenos.

A computação digital e a exploração da complexa lógica encontrada em sistemas biológicos e ambientais levam à criação de algoritmos digitais que imitam esses sistemas para serem adaptados à arquitetura. São os relacionamentos entre as partes e sua lógica de "pensar junto" com o todo que permitem que algoritmos genéticos criem complexidade, por meio da repetição de regras simples (HOLLAND, 2011).

Os primeiros algoritmos genéticos vinculados a padrões da natureza (L-systems e Cellular Automa) imitam, de acordo com Holland (2011) a "ramificação" natural encontrada em plantas e outras estruturas celulares, assim como usam um sistema binário que remete à lógica dos padrões de geração de população. Arquitetos têm se apropriado do conhecimento de algoritmos para elaborar sistemas geradores de formas e racionalizar as inter-relações de seus projetos.

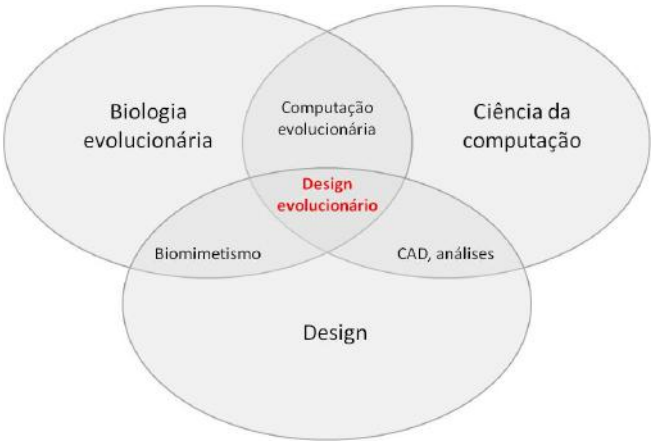
Segundo Weinstock (2010), a aplicação de técnicas de arquitetura evolucionaria vem sendo observada em larga escala, sendo aplicadas a elementos distintos do edifício contemporâneo - a exemplo de envoltórios de forma complexa - mas a aplicação de um processo evolucionário que englobe o edifício como um todo só aconteceu em experimentações teóricas ou virtuais.

4.2 Arquitetura evolutiva e morfogênese

Proposta pelo arquiteto John Frazer, a arquitetura evolutiva se apoia no conceito de algoritmos genéticos, unindo principalmente estas três disciplinas: arquitetura, computação e biologia. De acordo com Nascimento (2014), o cientista da computação e Doutor em computação evolutiva

aplicada ao design Peter Bentley, desenhou um diagrama das inter-relações das áreas de conhecimento desta pesquisa.

Figura 1 – Representação em diagrama das relações interdisciplinares propostas por Peter Bentley.



Fonte: Nascimento, 2014.

A obra *An Evolutionary Architecture* do arquiteto John Frazer (1995) faz analogias com processos da natureza de evolução e *morfogênese*, mediante uma visão do futuro da arquitetura em criar construções orgânicas. Sendo um termo inicialmente aplicado no campo das ciências biológicas, *morfogênese* refere-se ao uso da lógica na geração de forma e na produção de padrões em um organismo vivo mediante processos de "crescimento e diferenciação", desenvolvendo formas por meio da formação de tecidos, órgãos e sistemas.

Os arquitetos Michael Hensel e Achim Menges, enxergam a *morfogênese* como a origem e o desenvolvimento de um organismo e sua evolução. Seus estudos propõem que a estrutura da forma se dá em um processo contínuo, passível de entendimento por intermédio de métodos científicos, e que esse processo pode ser quebrado em etapas e transcrito em linguagem computacional por meio de algoritmos (HENSEL et. al, 2004).

O arquiteto busca otimização de sistemas e evolução de modelos que sejam mais ambientalmente conscientes e sustentáveis. O resultado desse processo de design passa a ser uma imitação de mecanismos genéticos de seleção natural, que por sua vez, de acordo com Stephen Gould e seu trabalho *The Structure of Evolutionary Theory* (2002) é quase que exclusivamente o único mecanismo de adaptação evolutiva.

5 APLICAÇÕES NA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

A aplicação da *morfogênese* digital na arquitetura contemporânea se atém, segundo Oxman (2010), a processos nos quais a forma é "encontrada" e não "proposta". Desse modo, a forma surge da geração, simulação e otimização dos modelos por meio dos algoritmos genéticos. Dentre os

conceitos de *morfogênese* da biologia, os que possuem maior aplicabilidade ao projeto arquitetônico são: o surgimento, a relação da parte com o todo, os sistemas auto-organizáveis, a adaptação evolucionária e a topologia (OXMAN, 2010).

Hoje, a maior parte do uso de padrões da natureza em edifícios é restrita a elementos específicos da edificação, como um envoltório ou uma fachada, não se fazendo presente na concepção do edifício como um todo. O padrão matemático representado na fórmula de "Voronoi", por exemplo, é amplamente utilizado na arquitetura de *morfogênese*. Como exemplo, o envoltório do Centro Aquático Nacional de Pequim, projetado pelo escritório PTW Architects para as Olimpíadas de 2003.

Figura 2 – Centro Aquático Nacional, Pequim.



Fonte: Peddle Thorp & Walker, 2016.

O padrão "Voronoi", da planta *Coleochate Orbicularius*, foi utilizado pelo arquiteto Stanislav (2009) por meio de um modelo computacional de seu crescimento, em uma proposta para envoltório. Um novo entendimento no uso de métodos generativos baseados em performance propõe que o objeto arquitetônico seja eficiente em múltiplos requisitos, já que inicialmente o uso do algoritmo como método de busca por desempenho focava em um único aspecto.

Weinstock (2006) expande essa dicotomia mostrando que sistemas de vida natural usam processos de "crescimento e diferenciação" e não "otimização e padronização". A crítica de Weinstock (2006) incentivou o aparecimento de um novo modelo de processo de projeto, desta vez análoga ao processo evolutivo de Gould (2002), pelo qual o objeto arquitetônico é submetido a múltiplas etapas de evolução pontual, cada uma por meio de um novo processo generativo, que não é necessariamente um processo generativo baseado em um processo biológico.

Michael Pawlin justifica a adoção de padrões da natureza através da biomimica, segundo ele a natureza possui bilhões de anos de evolução, que nos proporciona um catalogo de soluções eficientes, com eficazes níveis de adaptabilidade e economia de recursos que se fazem necessárias às soluções de arquitetura.

No projeto do Eden Project ele mostra como as ideas aplicadas da biologia levaram a uma eficiente estrutura de coberta do edifício. O objetivo foi alcançado com o uso de um polímero de alta resistência, que possibilitou elementos de tamanhos maiores que o vidro, por ser também mais leve, esse elemento diminui a necessidade de estruturas robustas de sustentação, utilizando muito menos aço, os benefícios foram múltiplos já que com menos aço há maior penetração de luz e com menos peso se consegue economias também na fundação do edifício.

Figura 3 – Eden Project.



Fonte: Michael Pawlin, 2010.

A cada etapa de processo evolucionário, um novo potencial generativo é incorporado ao indivíduo, que melhor atendeu à expectativa desejada na etapa anterior. O indivíduo (objeto arquitetônico com melhor performance) é então selecionado e cruzado com um novo algoritmo para incorporar novos potenciais projetuais. Esses potenciais podem ser classificados em quatro categorias principais de performance: otimização (custos, estrutura, circulação); espacial (tamanho, relação com o espaço público) ambiental (solar, ventilação, uso energético, coleta de água, luz natural etc..); projetual (iluminação natural, vistas, inovação, propriedades materiais, dimensionamento). Entender a relação do produto final desejado e do algoritmo digital, se torna o fundamento principal em estabelecer metas projetuais desde o princípio em consonância com o projeto a ser gerado.

6 CONCLUSÕES

As tecnologias computacionais trouxeram relações análogas entre arquitetura e biologia, de modo que a arquitetura passou a ser comparada às estruturas vivas da natureza. Da mesma forma que os seres vivos no meio

ambiente se reconfiguram para continuar evoluindo, a arquitetura evolutiva busca melhor se adaptar ao sistema e ao meio para solução de problemas.

O design digital vem se tornando cada vez mais um fenômeno revolucionário da arquitetura. Suas conexões interdisciplinares se fazem necessárias na concepção de projetos, influenciando diretamente a produção arquitetônica contemporânea. Novos processos são desenvolvidos a todo instante a fim de acompanhar na mesma velocidade todo o avanço da arquitetura evolucionária.

Conclui-se que as inter-relações entre as áreas de estudo pesquisadas (arquitetura, biologia e computação) geram grandes reflexões sobre as metodologias de processo de projeto digitais que impulsionam evoluções nos âmbitos tecnológicos e ambientais. Faz-se necessário toda uma transformação na cadeia produtiva da construção civil, desde projetistas - na concepção - até profissionais envolvidos na execução de obras arquitetônicas, para oferecer edifícios que retratem verdadeiramente esta era digital.

REFERÊNCIAS

GOULD, S. J. **The structure of evolutionary theory.** Cambridge: Harvard University Press, 2002.

HENSEL, M.; WEINSTOCK, M.; MENGES, A. Emergence: morphogenetic design strategies**. Architectural Design**, vol. 74, num. 3. Wiley-Academy, 2004.

HOLLAND, John. **Adaptation in natural and artificial systems.** Cambridge: MIT Press, 1992. Sem chamada no texto!

HOLLAND, Nate. Inform Form Perform. Parametricism (SPC) ACADIA Regional. **Conference Proceedings**. pp 131-140. University of Nebraska, 2011.

NASCIMENTO, Anelise V. **Fronteiras permeáveis entre a arquitetura e a biologia – processos de projeto digital.** Dissertação (mestrado em Arquitetura) Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

OXMAN, R. Theory and design in the first digital age. **Design Studies**, n. 27, p. 229-265, May 2006.

OXMAN, R. Morphogenesis in the Theory and Methodology of Digital Tectonics. **Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures**. Vol. 51, No. 3 September n. 165, pp. 95-205, 2010.

STANISLAV, R. Towards Morphogenesis in Architecture. **International Journal of Architectural Computing**, 7 (3), pp. 345 – 374, 2009.

WEINSTOCK, M. Self-Organization and the Structural Dynamics of Plants**. Architectural Design**, vol. 76, num. 2, pp. 60-69. Wiley-Academy, 2006.

WEINSTOCK, M. The Architecture of Emergence: The Evolution of Form in Nature and Civilisation. Wiley 2010.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSTA DE VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DOS REQUISITOS DE PROJETOS PELO USO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE BIM APLICADOS A NORMA DE DESEMPENHO[1]

Silva, Flávio (1); Arantes, Eduardo (2)

(1) UFMG, e-mail: flpaulino@yahoo.com.br; (2) UFMG, e-mail: arantes@demc.ufmg.br

RESUMO

Essa pesquisa objetiva parametrizar um conjunto de regras por meio do software Solibri Model Checker (SMC) para uso em modelos BIM, com o intuito de verificar o atendimento das exigências de projeto da norma de desempenho NBR15.575; propor uma ferramenta que facilite a tradução da norma para a linguagem do software; testar a parametrização e a ferramenta propostos em um empreendimento, em nível de desenvolvimento BIM ND400 (Mazione, 2013) pelo software Revit. Esse trabalho de mestrado está em desenvolvimento e os resultados são parciais. A metodologia da investigação foi baseada nos procedimentos de pesquisa denominado constructive research. As análises mostram que aproximadamente 28% dos requisitos de projeto da norma podem ser verificados de forma automática, reduzindo assim o prazo de conferência dos projetos, em relação ao método tradicional. Verificou-se que existem limitações de customização do SMC e em muitos casos será necessário combinar várias regras do software para verificar um único requisito da norma reforçando a necessidade de que o processo de tradução/parametrização seja transparente possibilitando o rastreamento da lógica de construção de cada parametrização. É necessário avaliar e equilibrar o esforço e benefícios nas etapas de modelagem, parametrização e verificação para cada requisito da norma.

Palavras-chave: BIM. Verificação automática. Norma de Desempenho.

ABSTRACT

This research aims to parameterize a set of rules through Solibri Model Checker software (SMC) for use in BIM models, in order to verify the compliance with the design requirements of NBR15.575 performance standard; propose a tool that facilitates the standard translation into the language of the software; test the parameterization and the proposed tool in an design, level of development of BIM ND400 (Mazione, 2013) by Revit software. This master's work is in development and the results are partial. The methodology was based on research procedures called constructive research. The analyzes showed that approximately 28% of the standards design requirements can be checked automatically, thus reducing the period of the project conference in relation to the traditional method. It was found that there are customization limitations of SMC and in many cases it will be necessary to combine multiple software rules to verify a single requirement of the standard reinforcing the need for the process of translation / parameterization is transparent allowing the tracking of the construction logic of each parameterization. We must assess and balance the effort x benefits in steps: modeling, parameterization and verification for each requirement of the standard.

[1] SILVA, Flávio; ARANTES, Eduardo. Proposta de verificação automática dos requisitos de projeto pelo uso de ferramentas de análise BIM aplicados a norma de desembenho. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo.

***Keywords**: BIM. Code Checking. Performace Codes.*

1 INTRODUÇÃO

As leis e as normas que regulamentam o setor da AEC (arquitetura, engenharia e construção) estão em constante evolução. A quantidade e a complexidade das regras têm aumentado ao longo dos anos. Isso elevou o grau de dificuldade na execução dos projetos que precisam atender a todos os requisitos estabelecidos.

O processo de conferência do projeto seja pelo próprio projetista ou contratante, se tornou uma tarefa complexa. Demanda muito tempo e conhecimento dos profissionais que fazem esse tipo de análise e conferência. Isso representa um custo significativo para as empresas e agentes públicos.

Nesse contexto, a verificação automática de parâmetros normativos por meio de regras introduzidas nos sistemas computacionais através da utilização de ferramentas de análise de modelos de construção virtual BIM, pode contribuir tanto na garantia de que os projetos estão conformes em relação aos requisitos e normas vigentes quanto em relação ao tempo que os projetistas e contratantes gastam para fazer essa verificação manualmente. Sob essa ótica pode agregar valor ao produto e ao processo de desenvolvimento de projetos.

Rodrigues (2015), afirma que o processo manual de verificação de projetos atual é penoso e por vezes ineficiente, visto que podem ocorrer erros ou lapsos e torna-se evidente que os sistemas de verificação automática de regras vieram acelerar todo o processo de verificação.

A tradução das normas para uma linguagem que uma máquina consiga fazer essa verificação não é uma tarefa simples. As normas e códigos são informações produzidas para serem interpretadas por e em muitos casos é necessária um domínio significativo do assunto. Existem conceitos implícitos e relações com outras normas.

Eastman (2008) afirma que os principais desafios para uma implementação da automação da verificação das regras são a complexidade inerente às próprias regras e a amplitude das condições que elas são aplicadas. Devido ao grande número de códigos de construção e número teoricamente infinito de regras que podem ser definidas é fundamental sistematizar as regras para facilitar a tarefa de inserção das mesmas em um sistema de automação da conferência.

Torna-se então evidente que é necessário um processo que dê suporte e funcione como um facilitador na parametrização das regras.

Esse artigo é parte de um trabalho de mestrado que ainda se encontra em desenvolvimento e que possui os seguintes objetivos: a) parametrizar um conjunto de regras por meio do *software Solibri Model Checker* (SMC) para uso em modelos de construção virtual BIM, com o intuito de atender às exigências de projeto da NBR15.575; b) propor uma ferramenta que facilite a

tradução das diretrizes normativas para a linguagem do SMC para o uso eficiente desse software de análise e validação e c), testar e avaliar o processo e a parametrização propostos em um empreendimento vinculado ao projeto governamental Minha Casa Minha Vida, em nível de desenvolvimento BIM ND400 (Mazione, 2013) modelado através do *software* Revit. O objetivo "c" não está finalizado e se encontra em desenvolvimento. A metodologia da investigação foi baseada nos procedimentos de pesquisa denominado *constructive research*.

Já em relação a escolha da norma de desempenho (NBR 15.575) como regra a ser parametrizada nesse trabalho ocorre pela sua amplitude e abrangência. A norma engloba e faz referência a outras 255 normas do setor e vários dos requisitos exigidos por ela são aplicáveis a projetos e por isso sujeitos a necessidade de verificação.

2 NORMA DE DESEMPENHO

A norma brasileira ABNT NBR 15.575 "Edificações Habitacionais – Desempenho", conhecida como norma de desempenho (ND) entrou em vigor a partir junho de 2013. Ela foca nos requisitos do usuário para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não em prescrição se diferenciando da maioria das normas brasileiras que são prescritivas. A ND traduz a necessidade dos usuários em requisitos e critérios de desempenho que são complementares às normas prescritivas.

Ao contrário das normas tradicionais, que prescrevem características dos produtos com base na consagração do uso, normas de desempenho definem as propriedades necessárias dos diferentes elementos da construção, independentemente do material constituinte. (CBIC, 2013)

A ND contém exigências relativas à segurança (desempenho mecânico, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação), habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico e acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental).

A norma ainda estabelece um patamar mínimo de desempenho, que deve ser obrigatoriamente atingido pelos diferentes elementos e sistemas da construção. Para alguns critérios são indicados outros dois níveis de desempenho, intermediário e superior, sem caráter obrigatório. Para o presente trabalho foi considerado apenas o patamar mínimo que é obrigatório.

3 FERRAMENTA DE CODE CHECKING BIM – SOLIBRI MODEL CHECKER

Existem alguns softwares no mercado que se propõem fazer a verificação automática de parâmetros a partir de um modelo de projetos desenvolvidos em uma plataforma BIM. O Solibri Model Checker (SMC) foi escolhido como o que será utilizado nesse trabalho, por ser um dos mais utilizados no Brasil e

por trabalhar com um formato aberto IFC (Industry Foundation Classes). Trata-se de um Software que foi desenvolvido em ambiente Java pela empresa Solibri.Inc..

Segundo (Eastman et al., 2008) o SMC tem como funcionalidades analisar modelos BIM com um conjunto de regras para identificar e avisar os potenciais problemas, conflitos ou violações que a existem num determinado modelo de informação.

O software possui uma série de templates de regras prontos que podem ser customizados pelo usuário. O nível de customização é bem amplo possibilitando que um mesmo template possa atender a muitos tipos de situações. Todos os parâmetros incluídos em cada regra podem ser editados, bem como o grau de severidade de cada regra, o que faz com que estas regras possam ser adaptáveis a uma determinada realidade. O software ainda possibilita a combinação de regras e templates diferentes ampliando significativamente a sua abrangência. Porém, existe um fator limitador. A construção ou modificações dos templates existentes só pode ser realizada pelos desenvolvedores do SMC limitando a possibilidade de customização realizada pelo usuário.

A interface com o usuário é relativamente simples não sendo necessário que o usuário tenha conhecimento em linguagem de programação. O software possui vários tutorais, e exemplos de regras já customizadas que facilitam muito o aprendizado.

Uma vez que as regras estejam parametrizadas, a aplicação nos modelos ocorre de maneira rápida e dinâmica. O software produz um relatório identificando quais as regras foram atendidas e quais não foram. As que não foram podem ser visualizadas dinamicamente na posição exata que ela se encontra no modelo facilitando muito a identificação do problema por parte do usuário.

Já a parte da parametrização do software verificador de regras contempla a fase mais complexa do processo que é o entendimento das regras em si e a tradução para uma linguagem necessária para o funcionamento do software.

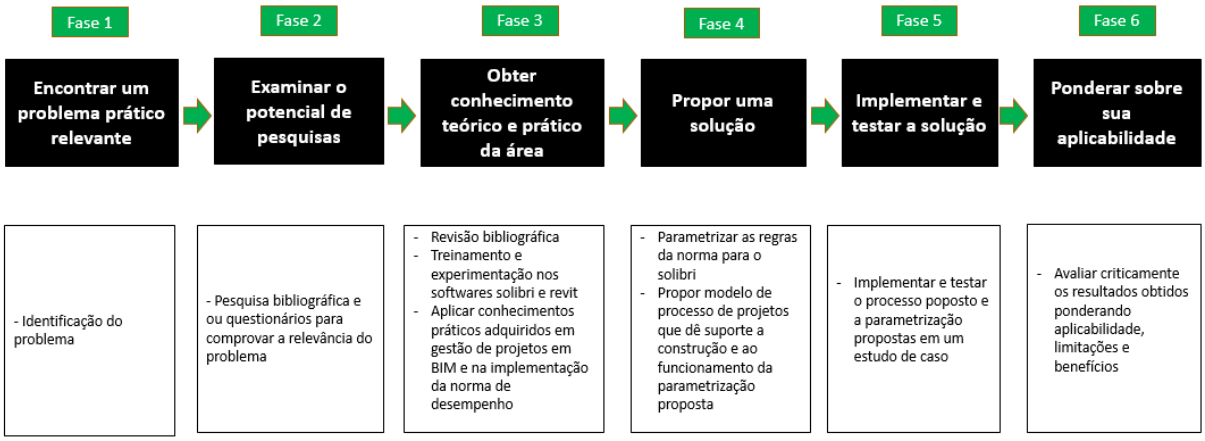
Solihin e Estman (2015) afirmam que as normas e códigos são feitos para os seres humanos e em muitos casos é necessária uma interpretação da regra exigindo um significativo domínio do assunto. Existem conceitos implícitos e relações com outras normas, e para parametrização de regras é necessário fazer essa tradução para que uma máquina consiga fazer essa verificação.

4 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia da investigação proposta para esse trabalho é baseada nos procedimentos de pesquisa denominado pesquisa construtiva (constructive research).

De acordo com Lukka (2003), a abordagem da pesquisa construtiva é um procedimento de investigação para a produção de construções inovadoras, destinadas a resolver os problemas enfrentados no mundo real e, por esse meio, para fazer uma contribuição à teoria da disciplina na qual ela é aplicada.
Uma característica importante dessa metodologia é o modo como o pesquisador participa do processo estudado. Diferentemente de um estudo de caso, onde pesquisador geralmente age como um observador interferindo o mínimo possível no processo, na pesquisa construtiva a sua participação é muito mais intensa.
Lukka (2003) afirma a característica de um estudo empírico construtivo é a intervenção forte e explícita do pesquisador. Opostamente ao objetivo típico de uma pesquisa tradicional onde é desejável que a intromissão empírica seja mínima.
O método da pesquisa construtiva desenvolve-se em fases, conforme Lukka (2003): (i) encontrar um problema prático relevante, (ii) examinar o potencial de pesquisa, (iii) obter conhecimento teórico e prático da área, (iv) propor uma solução, (v) implementar e testar a solução e (vi) ponderar sobre sua aplicabilidade.
Aplicando essa divisão do trabalho a esse trabalho, propõe-se adotar o seguinte fluxo demonstrado na fig. 1.

Figura 1 – Aplicação das fases da pesquisa construtiva proposta po Lukka nesse trabalho



Fonte: Os autores

5 DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho ainda está em desenvolvimento. Os resultados que serão apresentados a seguir são preliminares. Por limitação de conteúdo optou-se nesse artigo em não detalhar as fases 2 e 3.

5.1 Fase 1 – Encontrar um problema prático relevante

A verificação do atendimento dos parâmetros normativos exigidos nos projetos de arquitetura e engenharia é um problema emergente. Essa é uma atividade complexa exigindo muito tempo e conhecimento dos profissionais de projeto em função do número extenso de requisitos que necessitam ser atendidos. Essa complexidade da verificação manual em muitos casos se soma à prazos curtos para desenvolvimento dos projetos e ao despreparo dos projetistas e assim, não é incomum encontrar projetos em desacordo com as normas pela ineficiência dessa etapa. A norma de desempenho exemplifica bem esse contexto complexo dos códigos normativos e são muitos os requisitos que precisam ser verificados na fase de projetos. A automação dessa verificação por meio de regras introduzidas nos sistemas computacionais com uso de ferramentas de análise de modelos BIM é uma inovação convergindo para o objetivo de uma abordagem da metodologia de pesquisa construtiva.

5.2 Fase 4 – Propor uma solução

Essa fase foi dividida em duas partes distintas: classificação dos requisitos da norma NBR15.575, proposta da sistemática para estruturação/tradução das regras.

5.2.1 Classificação dos requisitos da norma NBR 15575

Nessa etapa foi identificado e quantificado quais são os requisitos da norma de desempenho que estão relacionados à fase de projetos e quais deles são possíveis aplicar regras automáticas com a utilização do SMC.

Esse trabalho foi feito em dois momentos: No primeiro, foi levantado o total de requisitos exigidos pela norma e identificado qual o percentual desses que estão relacionados a etapa de projetos. No segundo momento, a partir desse universo, os requisitos foram classificados da seguinte forma:

- Requisitos que não são proposições
- Requisitos que remetem a outras normas
- Requisitos que são verificáveis automaticamente pelo SMC
- Requisitos que não são verificáveis automaticamente pelo SMC
- Requisitos que são parcialmente verificáveis pelo SMC

Foram classificados como requisitos que não são proposições aqueles que remetem há pontos da norma onde apenas transcrevem recomendações ou demonstram indicações vagas, isto é, há pontos da regulamentação que não podem ser formulados como uma proposição com a possibilidade de atribuir um conteúdo como falso ou verdadeiro. No quadro 1.1 é apresentado um exemplo.

Quadro 1.1 – Exemplo de requisito que não é uma proposição

Seção 2.2.1 – Implantação "Para edifícios ou conjuntos habitacionais com local de implantação definido, os projetos de arquitetura, da estrutura, das fundações, contenções e outras eventuais obras geotécnicas devem ser desenvolvidos com base nas características do local da obra (topográficas, geológicas e etc.), avaliando-se convenientemente os riscos de deslizamentos, enchentes, erosões..."

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 1: Requisitos Gerais, 2013, pg.14

A norma de desempenho em muitos momentos declara que para o atendimento de determinado requisito basta atender os requisitos de outra norma especifica. Os requisitos que possuírem essa característica receberam a classificação de requisitos que remetem a outras normas. Um exemplo disso é demostrado no quadro 1.2.

Quadro 1.2 – Exemplo de requisito que remete a outra norma

Seção 8.3 - Requisito - facilitar a fuga em situação de incêndio Seção 8.3.1 - Critérios - Rota de fuga "As rotas de saída de emergência dos edifícios devem atender ao disposto na ABNT NBR 9077." Seção 8.3.2 - Métodos de avaliação "Análise do projeto ou inspeção por protótipo."

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 1: Requisitos Gerais, 2013, pg.17

Foram classificados como requisitos que são verificáveis ou não verificáveis automaticamente pelo SMC os requisitos que terão sucesso ou não no processo de parametrização proposto por esse trabalho. É apresentado no quadro 1.3 um exemplo de classificação de dois requisitos da norma verificável pelo SMC.

Quadro 1.3 – Exemplos de requisitos verificáveis pelo SMC

Seção 16.1.1 - Critério - Altura mínima de pé direito " A altura mínima de pé direito não pode ser inferior a 2,50 m".

" Em vestíbulos, halls, corredores, instalações sanitárias e dispensas, é permitido que o pé direito seja reduzido ao mínimo de 2,30 m.

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 1: Requisitos Gerais, 2013, pg.35

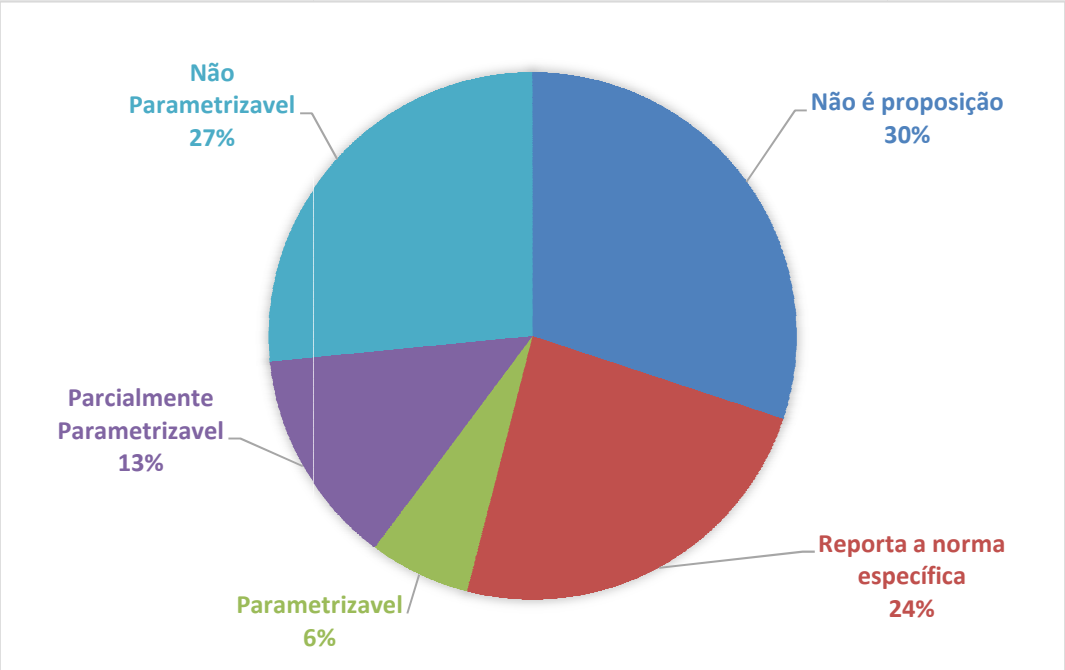
Finalmente, algumas regras vão precisar de algum tipo de interação humana. Ou para verificar os resultados, ou para tomar decisões que o computador não é capaz de fazer ou que, por limitações do software, o mesmo execute apenas parte da verificação de um requisito necessitando da interação humana para completar o restante do trabalho. Os requisitos que tiverem essas características foram classificados como parcialmente verificáveis pelo SMC.

Os resultados preliminares obtidos nessa fase estão apresentados a seguir, porém, como a parametrização de todos esses requisitos da norma ainda está em curso, podem ocorrer pequenas variações.

A ND possui 704 itens e subitens. Desses, 221 são requisitos, 113 requisitos são de projeto. Foi considerado como requisito de projeto os requisitos que a norma expressa explicitamente que é de projeto ou que o método de avaliação de atendimento do requisito indicado pela norma seja por análise de projeto.

Desse universo de 113 requisitos de projeto temos: 34 requisitos não são proposições (30%), 27 reportam para outra norma específica (24%), 30 não são verificáveis automaticamente pelo SMC (27%), 7 são verificáveis (6%) e 15 verificáveis parcialmente (13%) como demonstra a fig. 2.

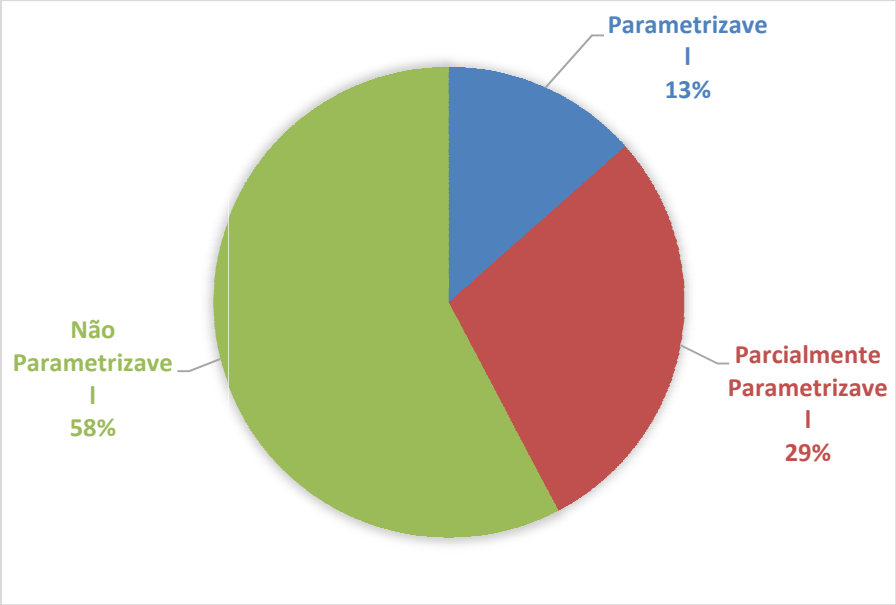
Figura 2 – Gráfico com a classificação proposta dos requisitos de projeto da norma de desempenho



Fonte: Os autores

Porém, para avaliar o percentual de requisitos da norma que o software pode contribuir com a verificação automática é necessário eliminar desse universo os requisitos que não são proposições e os requisitos que reportam para outra norma específica. Assim, sobram 22 requisitos (42%) que podem ser verificados pelo software, sendo 7 requisitos (13%) verificáveis automaticamente e 15 parcialmente verificáveis (29%) como mostra a figura 3.

Figura 3 – Gráfico com a classificação proposta dos requisitos de projeto da norma de desempenho excluindo as classificações que não são proposições ou que reportam para outra norma específica.



Fonte: Os autores

5.2.2 Proposta da ferramenta para tradução das regras

O SMC contém templates de regras prontos que podem ser combinados e/ou customizados. Dependendo do requisito da norma será necessário construir e combinar vários templates e regras diferentes para verificar um único requisito na norma. Esse processo de tradução e parametrização é complexo e precisa ser transparente para que o usuário final tenha confiança ao aplicar as regras de verificação.

Bell (2009) afirma que o usuário final precisa confiar que as regras que ele aplica são relevantes e corretas. Se ele pode repetir todos os passos utilizados para chegar a cada regra em particular, ele terá uma grande fonte de documentação adicionada aos seus procedimentos de garantia de qualidade.

Nessa etapa uma sistemática é proposta por esse trabalho para que isso aconteça, e uma tabela que funcionará como ferramenta de construção, entendimento e manutenção da parametrização proposta. O objetivo é

auxiliar o trabalho de tradução da linguagem normativa para a linguagem do software deixando claro o passo a passo de todo o processo de tradução/parametrização formando um caminho rastreável que pode ser percorrido em ambos os sentidos. Permitirá que o usuário entenda com profundidade como cada regra foi parametrizada e possibilitará usar essa estrutura para editar ou parametrizar novas regras.

A figura 4 apresenta um esquema dessa sistemática com a tabela proposta com duas regras parametrizadas de exemplo.

Figura 4 – Ferramenta proposta para tradução da linguagem normativa para a linguagem do SMC.

n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário		Tradução para linguagem do SMC	Requisitos mínimos do modelo		regras preliminares			regras principais		
				pergunta	resposta		Nível LOD	Descrição do requisito p/ SMC	template solibri	Descrição da construção	Link da visualização da tela de config.	template solibri	descr. Construção	Link da visualização da tela de config.
1	Critério - Altura mínima de pé direito - A altura mínima de pé direito não pode ser inferior a 2,50 m. Em vestíbulos, halls, corredores, instalações sanitárias e despensas, é permitido que o pé direito seja reduzido ao mínimo de 2,30 m. Nos tetos com vigas inclinados... o pé direito mínimo deve ser mantido pelo menos 80% da superfície do teto, permitindo na superfície restante que o pé direito possa descer até o mínimo de 2,30m	Caderno I, item 16.11, pag 35	parametrizável nível 3	Existe dúvida na nomenclatura e ou definições utilizadas?	Sim. O pé-direito. Distância do piso de um andar até o teto desse mesmo andar	1- A regra deverá identificar os elementos de floor e ceiling do modelo e apontar como requisito não atendido quando a distancia do topo do piso ao fundo da laje ou forro tiver uma distancia menor do que 2,5m. 2- A verificar se existem ambientes identificados como vestíbulos, hall, corredores, instalações sanitárias e despensa;	300	O modelo deve conter os pisos, lajes e forros e a classificação dos elementos deve estar correta	SQL 202 - Space Validation	-		SQL 220 - Component Distance	Selecionar opção check top to bottom distances e inserir 2,50 m no campo minimum distance.	
				Existe alguma definição informação oculta?	não									
			parametrizável nível 4	Existe algum item subjetivo?	não									
2	Comunicação com o exterior - Recomenda-se que a iluminação natural das salas de estar e dormitórios seja providas de vãos de portas ou janelas. No caso de janelas, recomenda-se que a cota do peitoril esteja posicionada no máximo a 100 cm do piso interno, e à cota de testeira do vão no máximo a 220 cm a partir do piso interno, conforme figura 1	Caderno I, item 13.2.6, pag 29		Existe dúvida na nomenclatura e ou definição utilizada?	exterior - considera-se como exterior o ambiente externo a edificação	A regra deverá: 1- verificar se existem ambientes de sala de estar e dormitórios; 2- verificar se esses ambientes contem portas ou janelas com o exterior; 3- verificar se a distância da face inferior da janelas com exterior em relação ao piso é <= a 1m. 4- Verificar se a distância da face superior da janela com o exterior em relação ao piso é <= a 2,2m.	250	O modelo deve conter os pisos, lajes, janelas, portas. Os espaços devem estar identificados com a nome correto.	SQL 202 - Space Validation SQL 21 - Components must have unique identifier			SQL 222 - Component Distance	P/ espaços classificados como "hall", "hall de escada", "hall de entrada", "corredor", "banho", "banheiro", "despensa" selecionar opção check top to bottom distances e inserir 2,30 m no campo minimum distance. Demais espaços 2,50m.	

Fonte: Os autores

Detalhando o passo a passo da esquerda para a direita tem-se: primeiramente a transcrição do requisito e a localização na norma. Na sequência, na etapa da interpretação, é feito um questionário com o objetivo de deixar mais claro o requisito. Muitas vezes, existem conceitos implícitos ou relações com outras normas que precisam ser claramente entendidos. Posteriormente, na etapa linguagem do SMC, o requisito uma vez esclarecido os pontos obscuros na etapa anterior são agora transcritos de uma maneira mais detalhada já com a linguagem de entrada do software. Na sequência, vem os requisitos que o modelo 3D feito no software de modelagem deve conter com seu respectivo nível de desenvolvimento LOD para que cada regra funcione corretamente. Por fim, vem a etapa de construção da lógica de programação. A maioria dos requisitos da norma exigirá a combinação de várias regras e templates do SMC. Além disso, será necessário criar regras preliminares que verifiquem se o modelo 3D contém as informações e o nível de desenvolvimento detalhados na etapa anterior. Nessa etapa ainda constarão os números dos templates utilizados, a descrição da construção da parametrização e um link que transportará o usuário para a imagem da tela do SMC com a configuração preenchida.

5.3 Fase 5 – Implementar e testar a solução

Como esse trabalho ainda está em andamento, essa etapa ainda não está concluída. Nessa fase propõe-se implementar a solução proposta na fase 4. A implementação e os testes das soluções propostas estão ocorrendo em um estudo de caso real. A empresa é uma incorporadora de grande porte e os projetos escolhidos estão vinculados ao programa habitacional Minha Casa Minha Vida. Foram criados dois indicadores que poderão mensurar esse teste. O primeiro deles é o tempo. Está sendo medido o tempo da verificação do projeto pelo método tradicional e pelo método proposto. O segundo indicador é a contagem de não conformidades encontradas pelos dois métodos no mesmo projeto (verificação manual e automática).

5.4 Fase 6 – Ponderar sobre sua aplicabilidade

Apesar do trabalho ainda não estar concluído, algumas considerações já podem ser compartilhadas por esse artigo.

- O SMC se mostrou aderente e muito útil na proposição de verificação de códigos normativos.
- Existem limitações em função dos templates padronizados impossibilitando que o usuário crie seus próprios.
- É necessário avaliar e equilibrar o esforço x benefícios nas etapas: modelagem, parametrização e verificação para cada requisito da norma.
- A interface com o usuário é relativamente simples, mas exige um conhecimento significativo do software.

- Foram observados alguns problemas de interoperabilidade que foram resolvidos com um formato para a padronização na exportação do software de modelagem para o formato IFC.
- O conteúdo, o formato e o processo de desenvolvimento de projetos influenciam diretamente a parametrização das regras.
- Para realizar a tradução/parametrização das regras é necessário um domínio no conteúdo da norma em si e do SMC.
- A ferramenta proposta por esse trabalho no item 5.2.2 se mostrou muito útil na construção da parametrização.
- Para maior confiabilidade da regra parametrizada é necessário que as mesmas sejam testadas no máximo de modelos possível para avaliar se existe alguma inconsistência na parametrização da regra.
- A ND possui muitos requisitos subjetivos que não podem ser verificados por sistemas computacionais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados parciais obtidos até agora são satisfatórios e em linha com os objetivos desse trabalho. A etapa descrita no item 5.3 está em andamento e é objetivo do trabalho do mestrado concluí-la.

O SMC se mostrou aderente ao propósito de verificar regras normativas em modelos de projeto BIM podendo contribuir para agregar valor ao produto e ao processo de desenvolvimento de projetos. Mas, para que isso aconteça é necessário que a tradução/parametrização seja feita de forma consistente e transparente. A tabela proposta nesse trabalho se mostrou uma fermenta importante para que isso aconteça.

O processo de verificação automática está intimamente ligado ao processo de desenvolvimento do modelo e, portanto, é recomendado que uma abordagem conjunta com uma avaliação do esforço x benefícios nas etapas: modelagem, parametrização e verificação para cada requisito da norma.

As normas não são escritas objetivando uma futura verificação de projeto automática por sistemas computacionais o que limita a automação do processo de conferência. Um exemplo disso é a norma de desempenho que foi utilizada nesse trabalho. Trinta porcento dos requisitos de projeto são subjetivos não constituindo proposições claras. Se as normas fossem redigidas, dentro do possível, com o cuidado de deixar os requisitos mais claros e menos genéricos o número de requisitos verificáveis automaticamente poderia ser bem maior.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edificações Habitacionais - Desempenho: Rio de Janeiro 2013.

BELL, H., et al : **Standardized Computable Rules**. Standards Norway**,** Strandveien 18, Developed in cooperation with the National Office of Building Technology and Administration, and Statsbygg Standards Norway, Norway, pg 1 a 68, dez 2009.

CBIC Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Fortaleza, 2013.

EASTMAN, C., et al BIM Handbook: **A Guide to Building Information Modeling for Owners, Manager, Designers, Engineers and Contractors**. 1 edição. John Wile & Sons, 2008, 504 p.

LUKKA, K. **The constructive research approach**. Case study research in logistics. Turku School of Economics and Business Administration, Serie B, v. 1, p. 83–101, 2003.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** 2013. 324 f. Tese Doutorado (Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

RODRIGUES, J. **Utilização de modelos BIM para verificação automática de projetos.** 2015. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2015.

SOLIBRI (SMC): banco de dados. Disponível em: <http://www.solibri.com/solibri-model-checker.html>. Acesso em: 15 nov 2015.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. **Classification of rules for automated BIM rule checking development**. Autmation in costruction**,** Elsevier, 53, Georgia Institute of Technology, United States, pg 69 a 82, mar 2015, journal homepage: www.elsevier .com/ locate/autcon

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

INTRODUÇÃO DO CONCEITO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO APOIADO NA ABORDAGEM PROJECT BASED LEARNING (PBL)[1]

FERREIRA, Jacqueline Vergely Fraga (1); FERREIRA, Sérgio Leal (2)

(1) USP, e-mail: jacqueline.vergely.ferreira@usp.br; (2) USP, e-mail: sergio.leal@usp.br

RESUMO

Conscientes da importância que o computador representa hoje na vida do engenheiro e do elevado nível de sofisticação que os programas de auxílio à representação do projeto alcançaram, os professores de comunicação gráfica vêm implementando, sistematicamente, mudanças nos seus cursos. Inserido nesse contexto, o presente trabalho se propõe a estudar possibilidades de inclusão do conceito de Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling – BIM) no currículo da graduação e apresentar a melhor forma, na visão dos autores, de introduzir esse conceito diante de uma conjuntura específica de um curso de Engenharia Civil, no qual modificações profundas na estrutura curricular são muito difíceis. Diante desse quadro, prioriza-se o que é possível implementar, em detrimento ao teoricamente ideal. Estuda-se também a associação entre os conceitos BIM e a abordagem do Aprendizado Baseado em Projetos (Project Based Learning - PBL). Como resultado desse trabalho, são apresentas habilidades e conteúdos recomendados a um curso que inclua o BIM, um mapeamento do perfil do aluno antes de cursar as disciplinas propostas, para então expandir e detalhar quais habilidades e conteúdos espera-se que o estudante adquira ao final do oferecimento. Finalmente, apresenta-se uma Revisão Bibliográfica e relatos de experiências no mesmo contexto.

Palavras-chave: BIM. PBL. Graduação.

ABSTRACT

The consciousness of the importance of computer presence in engineering life, and of the high level of sophistication that design aid representation programs reached, teachers of communication graphics subjects are systematically implementing changes in their courses. In this context, this work proposes to examine the possibilities to include the Building Information Modeling (BIM) concept in the undergraduate curriculum and decide the best way to introduce this concept into a specific situation of Building Construction Course, in which deep changes in the curriculum are very difficult. Facing this situation, the options most applicable are preferred, rather than the theoretical ideal ones. BIM and Project Based Learning (PBL) relationship are also studied. Skills and content necessary to a course that includes BIM, a candidate profile mapping and a plan of how the student will acquire important skills, contents and attitudes are presented as a result of this work. Finally, a literature review and reports of provisional experiences on the same context are discussed.

***Keywords**: BIM. PBL. Undergraduate.*

[1] FERREIRA, Jacqueline Vergely Fraga; FERREIRA, Sérgio Leal. Introdução do conceito de modelagem da informação da construção apoiado na abordagem project based learning (PBL). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta parte do desenvolvimento de um trabalho de iniciação científica que teve por objeto o estudo do processo de introdução do conceito de Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling – BIM) na Graduação em Engenharia Civil. As observações necessárias para a realização do estudo foram divididas em alguns tópicos de análise relevante.

É importante que cada instituição busque inserir BIM nos seus processos de ensino-aprendizagem a partir do seu contexto particular, considerando questões como definição do nível de formação em BIM e método de ensino (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

A preocupação inicial, foi conseguir transmitir para os alunos o entendimento de BIM como um conceito e não meramente como uma ferramenta. Ao ingressarem no curso de engenharia civil, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, os alunos cursam uma disciplina de representação gráfica que faz uso de um software como uma ferramenta de modelagem, sendo assim, seria necessário expandir, durante a nova disciplina proposta, essa ideia absorvida inicialmente. O objetivo seria que os estudantes relacionassem o software com BIM entendendo-o como uma ferramenta de modelagem 3D paramétrica que aplica um conceito amplo que atinge diversas áreas da construção civil e incorpora conceitos específicos desse setor.

Outro ponto considerado foi a própria natureza do conteúdo BIM. Ao pensar neste como um conjunto de processos, não pareceu viável transmitir o tema aos estudantes em aulas com o formato de ensino tradicional. O que se julgou mais correto foi a utilização da denominada Aprendizagem Baseada em Projeto (ABP), ou Project Based Learning (PBL), que permite uma aprendizagem participativa e multidisciplinar. Tal método de ensino envolve a análise e resolução de um projeto enquadrado por um problema real e permite que o aluno desenvolva um pensamento crítico, autogestão e uma reflexão, no final do curso, sobre a aprendizagem (BIE, 2016).

Após delimitar as hipóteses e traçar uma estratégia de ensino, apresentar-se-á uma matriz de habilidades e conteúdos necessários à um curso que inclua o BIM, a qual contará com um mapeamento do perfil do aluno ingressante, com um planejamento de ensino que relacione o conteúdo, habilidades e atitudes que o estudante deve atingir ao final do curso e um cronograma da nova disciplina. Por fim, será exposta uma revisão bibliográfica e o relato de experiências provisórias no mesmo contexto.

2 DISCUSSÃO DO FORMATO DA(S) DISCIPLINA(S)

No início do planejamento de inserção do conteúdo BIM na graduação, uma gama de possibilidades foi listada. O oferecimento dos conceitos de Modelagem da Informação da Construção por meio de um curso de extensão não obrigatório, como uma ou duas disciplinas específicas, ou

diluído nas disciplinas do curso, foram as potenciais rotas consideradas. Feita essa delimitação, iniciou-se uma análise dos aspectos envolvidos em cada formato de ensino, visando à escolha de um único método para a realização de um estudo aprofundado e que servisse como base para a formulação de uma proposta de introdução do conteúdo.

2.1 Disciplina como curso de extensão não obrigatório

O curso de extensão pareceu, em um primeiro momento, extremamente apropriado à estrutura da escola politécnica, pois seria uma forma de ensinar sem a obrigatoriedade de alterar a estrutura curricular. Ainda que com essa forma de oferecimento não seja possível exigir a participação de todos os estudantes, contrariando o objetivo do presente trabalho que é introduzir os conceitos BIM a todos os alunos do curso de Engenharia Civil, acredita-se que com uma divulgação apropriada poder-se-ia atingir quase a totalidade dos estudantes.

Apesar disso, indagações se instalaram na medida em que esse formato de curso era melhor analisado. A primeira questão que se discutiu esteve relacionada ao valor das aulas, uma vez que, provavelmente, a participação dos universitários seria menor caso houvesse custo.

O segundo questionamento centrou-se no conhecimento prévio que seria necessário para que o aluno pudesse acompanhar as aulas. Como os cursos de extensão, na maior parte das universidades brasileiras, são abertos à comunidade, a homogeneidade de conhecimento fica comprometida, uma vez que a inscrição nesses cursos está restrita ao interesse de cada participante, sem que haja exigência de pré-requisitos.

Diante dessas dúvidas, buscou-se nas experiências já realizadas no Brasil embasamento para uma melhor avaliação do contexto e dos resultados obtidos com essa estrutura de ensino. O curso "Revit – Usando a ferramenta de Building Information Modeling (BIM)", oferecido pela Escola de Extensão da Universidade Estadual de Campinas (Extecamp), embora não apresente os mesmos objetivos de uma potencial disciplina que este artigo analisa, se mostrou uma boa referência. A docente responsável pelo curso, Prof.ª Dra. Eloisa Dezen Kempter, respondeu, via e-mail, todas as questões que geravam inseguranças quanto a proposta do modelo de extensão universitária.

A docente esclareceu que o último oferecimento terminou no dia 04 de março de 2016 e acrescentou que a Extecamp é aberta à comunidade. Ou seja, qualquer pessoa, mesmo que não tenha vínculo com a Universidade, pode ser participante. O curso não é direcionado especificamente para arquitetos ou engenheiros, razão pela qual a única exigência para ingresso é a formação completa no Ensino Médio.

Após a coleta dessas informações, ficou o seguinte questionamento: por ser aberto à comunidade o curso apresentou um nível mais básico do que aquele que possuiria caso fosse elaborado para estudantes da graduação em Engenharia Civil? Quanto a essa indagação, a professora Eloísa

respondeu que, por se tratar de um curso muito específico, a procura é maior por parte dos profissionais do que por parte dos estudantes, gerando um patamar elevado de discussão. Nesse sentido, a docente explicou que a última turma foi frequentada por funcionários de uma importante construtora da cidade. Por fim, ela confirmou que o curso não é gratuito.

Ao considerar a opinião da especialista, conclui-se que o curso de extensão é extremamente interessante, na medida em que consegue aproximar as empresas do ambiente acadêmico, formando profissionais que preenchem necessidades do mercado. Por outro lado, ao se constituir em um curso paralelo à graduação e pago (fatores que restringem a participação total dos alunos) pode estar vinculado à uma formação que atende as exigências do mercado de trabalho em detrimento à formação acadêmica. Por esse motivo, a possibilidade de inclusão do ensino BIM, através de um curso de extensão, foi excluída.

2.2 Disciplinas obrigatórias

De acordo com Barison e Santos (2011), as escolas adotam basicamente duas abordagens: ensinar BIM em uma ou duas matérias ou utilizar BIM em várias matérias do currículo, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Estratégias utilizadas para implementar BIM no currículo



Fonte: Barison e Santos (2011)

Como recurso didático, o modelo BIM é utilizado para ajudar o aluno a compreender os conteúdos de diversas disciplinas. A outra abordagem seria ensinar BIM em duas matérias (BARISON; SANTOS, 2011). Há algumas dificuldades claras relatadas por Checcucci e Amorim (2014) reacionadas ao ensino mais diluido de BIM nos cursos de engenharia e arquitetura.

Diante dessas duas opções, buscou-se respaldo na compreensão do que é BIM e no entendimento do contexto acadêmico no qual a Escola Politécnica, da Universidade de São Paulo, está inserida.

BIM envolve políticas, processos e tecnologias para gerenciar, em formato digital, o projeto, a construção e a operação em todo ciclo de vida do edifício (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). A compreensão do que é BIM indica um conceito extremamente interdisciplinar ao relacionar políticas,

processos e tecnologias. Associando tal definição ao Artigo 3º da Resolução CNE/CES nº 11/2002, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (BRASIL, 2002), pode-se concluir que a Universidade deve formar profissionais capazes de apresentarem uma lógica multidisciplinar, à medida que a identificação e resolução de problemas considerando aspectos políticos, sociais e tecnológicos requer o uso de uma lógica abrangente que é exercitada no ambiente acadêmico. Sendo assim, a proposta mais apropriada seria a inclusão do BIM em várias matérias.

A proposta de inclusão de conceitos BIM diluídos em diversas disciplinas ao longo do curso de graduação implica em mudanças nas ementas e metodologias do currículo atual da Universidade, o que depende do esforço e comunicação intensa entre os departamentos do curso de Engenharia Civil. Nesse sentido, um levantamento realizado por Barison (2015) com professores de Engenharia Civil e de Arquitetura e Urbanismo demonstra que os docentes não acreditam que a Universidade de São Paulo está inserida em um ambiente no qual mudanças são realizadas com facilidade.

A maioria dos professores acredita que é totalmente verdadeiro que há dificuldades para integrar disciplinas já presentes na estrutura curricular e que há falta de 'espaço' para incluir novas matérias no currículo(BARISON, 2015). Diante desse quadro, a mobilização para incluir BIM em diferentes disciplinas do currículo existente demandaria um estudo mais detalhado e com duração maior do que o disponível para ser empregado no estudo do presente artigo. Sendo assim, será proposta a inclusão de duas novas disciplinas no currículo, com carácter introdutório. Essa solução não exclui a possibilidade de aplicar a proposta anterior (inclusão do conteúdo BIM diluído em várias disciplinas) que não poderia, entretanto, ser iniciada com a mesma celeridade. Assim, optou-se pela criação de duas novas disciplinas.

3 METODOLOGIA DAS DISCIPLINAS

O presente estudo surgiu com um interesse especial na associação entre ensino BIM e o Project-Based Learning (PBL) e alguns pontos são cruciais nessa combinação. De um lado, há um conceito sofisticado, de difícil compreensão para um aluno de graduação que nunca teve contato com o tema. Do outro lado, tem-se uma metodologia que propõem estimular e aumentar a participação do estudante, trazendo para o ambiente acadêmico problemas reais e incentivando a discussão sobre soluções que de fato podem ser aplicadas. São dois tópicos que fogem da forma tradicional de ensino e contribuem para a formação de engenheiros com visão e preparo que atendam às novas demandas sociais. Se estabelece assim uma nova perspectiva de ensino.

A representação gráfica é substituída pela representação e simulação numéricas, uma vez que a elaboração do modelo de edifícios no BIM requer que o aluno se coloque próximo aos processos da edificação (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). Tem-se assim um aluno do qual é cobrada uma

visão multidisciplinar, ao impor análises referentes aos processos de projeto, do canteiro de obras e da operação e manutenção.

Com a inclusão do BIM em duas disciplinas específicas, espera-se que o aluno consiga sozinho fazer conexões entre todas as disciplinas que, apesar de estarem compartimentadas por questões didáticas, fazem parte do grande tema que é a Construção Civil e com o auxílio de ferramentas BIM consiga agrupar todos os segmentos durante a representação e simulação de um projeto. Dessa forma, pode-se dizer que se espera uma posição ativa do aluno na aprendizagem, o que é um dos fundamentos do Project-Based Learning (MASSON et al., 2012).

O aprendizado e o desenvolvimento pessoal do aluno são diretamente proporcionais ao seu envolvimento nos estudos. A efetividade de políticas institucionais depende do aumento do envolvimento do aluno (CAVALCANTE; EMBIRUÇU, 2013).

Recentemente, a estrutura curricular da Escola Politécnica da USP experimentou alterações pedagógicas. Ao analisar o Projeto Político Pedagógico fica claro que pretendeu-se permitir que o aluno tenha um contato maior com disciplinas relacionadas ao seu curso desde o primeiro ano, estimular a participação do estudante e adequar o perfil do diplomado às exigências profissionais do século XXI. Essa mudança abriu uma oportunidade para aplicar as propostas do presente artigo.

Uma nova disciplina, "Introdução ao Projeto de Engenharia", passou a ensinar ferramentas BIM, sendo uma complementação da disciplina "Introdução à Engenharia Civil e Ambiental". Ambas são ofertadas no primeiro ano do curso (BARISON, 2015).

4 HABILIDADES, ATITUDES E CONHECIMENTOS

Apesar do nível de conhecimento específico dos alunos ser mais elevado nos anos finais da graduação, a intenção da maioria dos cursos é introduzir conteúdo BIM nos anos iniciais e em matérias específicas (BARISON; SANTOS, 2011).

As mudanças estruturais realizadas na Escola Politécnica da USP, possibilitaram a inclusão do BIM em uma disciplina ofertada no primeiro ano. Assim, a forma mais simples de aplicar parte da proposta desenvolvida no presente artigo é aproveitar essa oportunidade. Dessa forma, a primeira disciplina BIM será obrigatória e oferecida no segundo semestre do primeiro ano. Já para segunda disciplina, recomenda-se que o oferecimento seja entre o quarto e quinto ano da graduação.

Estratégias de ensino e aprendizagem serão propostas considerando o nível de competência em BIM. Essa classificação está relacionada ao nível de especialidade que o aluno deve possuir na prática profissional (RUSCHEL, 2013). Será delimitado o conteúdo BIM em cada uma das disciplinas a partir da escolha das habilidades e competências que se deseja que o aluno possua a cada período da graduação, de acordo com o proposto por

Barison e Santos (2011) para os níveis introdutório e intermediário. Esta proposta visa que o aluno alcance o segundo nível de proficiência em BIM.

Figura 2 – Níveis de proficiência em BIM



Fonte: Barison e Santos (2011)

Parece viável a tentativa de incluir um nível em cada oferecimento. Sendo assim, a primeira disciplina deve contemplar os tópicos introdutórios. Apesar de não apresentar pré-requisitos específicos, é importante que tracemos o perfil do aluno no início do curso para então expandir e detalhar quais habilidades e conteúdos espera-se que o estudante adquira ao final do oferecimento.

Os estudantes que iniciam seus estudos em "Introdução ao Projeto de Engenharia" apresentam um nível de conhecimento heterogêneo. Esses discentes são recém ingressantes que tiveram contato com uma única disciplina, introdutória, relacionada à Construção Civil. A eles foram apresentados: cálculo básico, início da álgebra linear e noções básicas de programação. Com certeza, após cursarem essas disciplinas os alunos estarão mais familiarizados com os métodos de avaliação da Universidade e com a dinâmica de estudos, porém, não se pode esperar que ao fim do primeiro semestre apresentem um avanço considerável nas técnicas e conhecimentos relacionados a projetos, já que essas disciplinas introdutórias não visam tal habilidade.

Além da trajetória do aluno no primeiro semestre, pode-se analisar o nível de conhecimento baseado no que a prova de ingresso na universidade cobrou do estudante: capacidade de leitura e interpretação de informações em linguagem matemática. É inegável a importância de saber caracterizar as diferentes formas geométricas e espaciais e boa capacidade de visão geométrico-espacial (FUVEST, 2015).

Supõe-se que a visão geométrico-espacial e a interpretação de informações matemáticas foram exercitadas pelo aluno e aferidas pelo vestibular. Apesar disso, não é possível inferir que o nível de conhecimento é homogêneo.

A segunda disciplina estará inserida em um contexto diferente. O estudante do 4º ou 5º ano já frequentou diversas disciplinas relacionadas à Construção Civil. Além disso, a Universidade impõe uma série de pré-requisitos que geram uma relação profunda entre os conteúdos finais e os demais oferecidos ao longo do curso. Nesse formato de organização, o aluno que deseja cursar uma disciplina que apresenta algum tipo de dependência em relação à uma ou mais disciplina que a precede, deve ter, obrigatoriamente, alcançado uma média mínima nas anteriores. Assim, supõe-se que os estudantes que frequentarão o segundo oferecimento relacionado a BIM apresentarão um nível de conhecimento mais homogêneo. O conteúdo dessa segunda disciplina será detalhado adiante.

4.1 Disciplina inicial

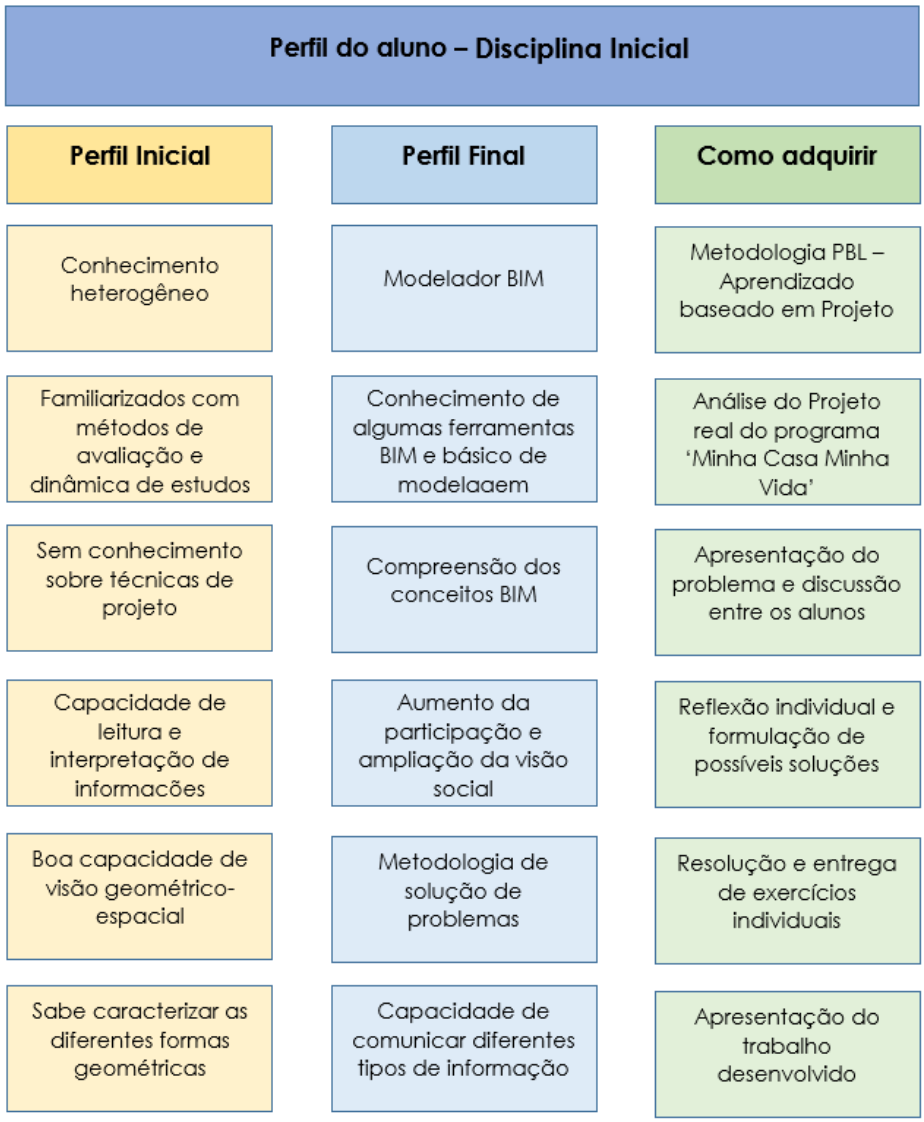
O novo projeto político-pedagógico permitiu o oferecimento de uma disciplina com conteúdo BIM em 2015. Apesar disso, o presente artigo propõe a criação de uma nova disciplina que substituiria a já existente, mas com uma estrutura diferente. Com o oferecimento inicial deseja-se que o aluno alcance o nível introdutório, de Modelador BIM.

Seguindo a metodologia PBL, as aulas serão baseadas em um projeto real de uma habitação popular do programa 'Minha Casa Minha Vida'. O modelo já será fornecido pronto para os alunos, mas o docente apresentará um problema presente no projeto, sendo que esse pode ser de cunho social, físico, ambiental ou de custo e que gere a necessidade de alterações estruturais. Diante disso, será estimulada a reflexão e a discussão entre os alunos para traçar soluções. Com essa metodologia, deseja-se que o aluno aumente a sua taxa de participação nas aulas, elabore uma estrutura para traçar e testar as hipóteses de solução, e tenha sua visão social ampliada.

É difícil testar habilidades em modelagem da construção por meio de uma prova. Pode-se resolver este problema aplicando provas escritas sobre conceitos BIM e solicitando exercícios individuais e apresentação do trabalho desenvolvido (BARISON, 2015).

Na figura 3, apresenta-se um resumo do descrito relacionando os perfis iniciais e finais e as estratégias de ensino.

Figura 3 – Perfis inicial, final e estratégias da disciplina inicial



Fonte: Os autores

4.2 Disciplina final

Os objetivos da disciplina oferecida nos anos finais do curso são, de acordo Barison e Santos (2011), que o aluno aprenda técnicas avançadas de modelagem 3D, conheça sistemas do edifício e explore funcionalidades de famílias na ferramenta BIM.

Esse nível de conhecimento BIM é um aprofundamento do nível introdutório. Sendo assim, espera-se que o aluno seja capaz de desenvolver o projeto fazendo uso de mais ferramentas e com maior habilidade e que ele consiga apresentar um pensamento interdisciplinar aplicando o que foi aprendido, ao longo da graduação, no projeto. Analisando esse nível como o que precede o de Gerente BIM, é importante que o aluno desenvolva a sua capacidade de comunicação. Os alunos deverão elaborar um projeto composto por diferentes cargos e funções, sendo que todos devem passar por todos os cargos.

É difícil promover trabalho colaborativo em disciplinas com menos que 3 horas-aula semanais. Uma solução viável é iniciar o oferecimento com um modelo já contemplado para que os alunos realizem análises (BARISON, 2015). Sendo assim, novamente as aulas serão baseadas em um modelo, com a delimitação de problemas e um nível de discussão e detalhamento elevado.

Na figura 4 apresenta-se um resumo do descrito relacionando os perfis iniciais e finais e as estratégias de ensino.

Figura 4 – Perfis inicial, final e estratégias da disciplina final



Fonte: Os autores

5 QUESTIONÁRIO

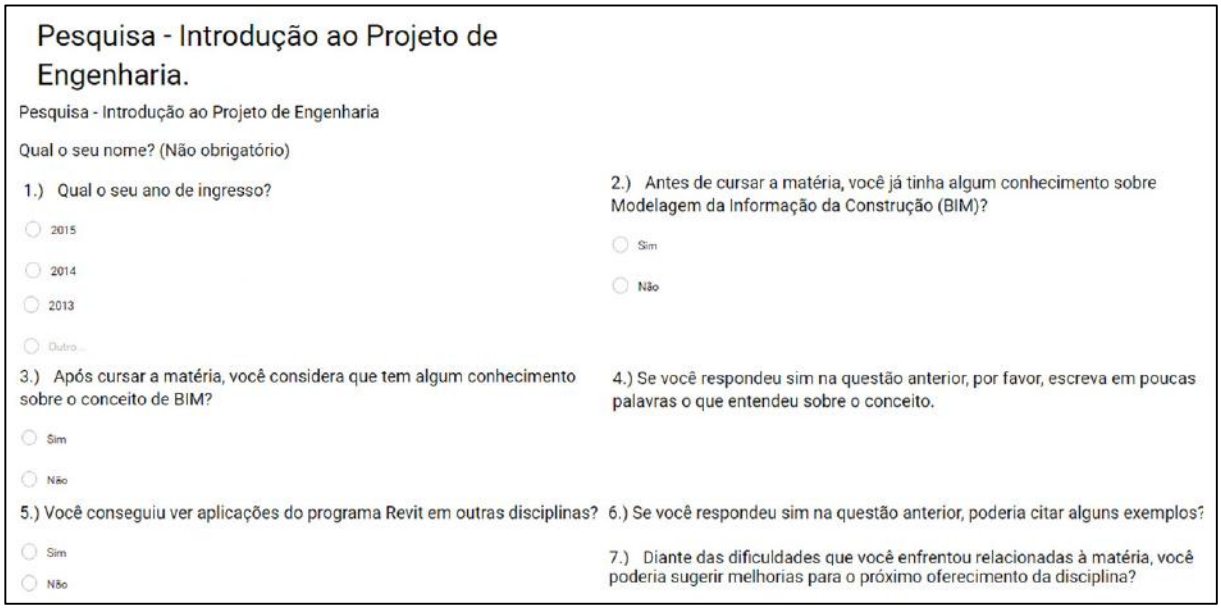
O PBL envolve a realização de três ações ao final no curso: reflexão, crítica e revisão. Os envolvidos devem refletir sobre a aprendizagem, a qualidade e eficácia das atividades e usar o feedback para melhorar os processos e

produtos (BIE, 2016). Seguindo o que preconiza o método PBL, um questionário foi oferecido aos alunos, que cursaram em 2015 "Introdução ao projeto na engenharia civil e ambiental", a fim de delimitar os problemas enfrentados pelos estudantes, avaliar a eficácia da disciplina e prever melhorias para os próximos anos. Os resultados obtidos serviram como elementos de estudo para o presente artigo. Vale ressaltar, que a disciplina atualmente oferecida não segue a mesma estrutura proposta no presente artigo. Dessa forma, os resultados coletados serviram apenas como parâmetro para a estruturação da nova disciplina inicial.

O primeiro oferecimento da disciplina "Introdução ao Projeto na Engenharia", que apresentou conteúdo BIM, foi realizado no segundo semestre de 2015. O formulário que avaliou o curso foi disponibilizado na rede social Facebook, apresentando um caráter informal, e aceitou respostas entre 7 de abril às 18:55 até 14 de abril às 18:14. A taxa de resposta foi de, aproximadamente, 10 % (18 dentre 166 alunos). Ressalta se que, apesar de ser disciplina obrigatória do 2º semestre, nem todos os alunos conseguem concluí-la no semestre adequado e, por isso, nas respostas há alunos de semestres mais adiantados.

As perguntas são apresentados na figura 5, bem como os resultados, na figura 6, que auxiliaram na decisão do conteúdo e da forma das disciplinas propostas. Além disso, servirão como um guia aos futuros docentes.

Figura 5 – Perguntas do questionário



Fonte: Os autores

Figura 6 – Resultados do questionário

Resultados	Sugestões
61,1% eram alunos do primeiro ano (ingressantes em 2015) **N = 11**	Diminuir o ritmo da aula
100% afirmaram que, antes de cursar a matéria, não possuíam nenhum conhecimento sobre BIM **N = 18**	Oferecer um material de apoio ao aluno
61,1% consideram possuir algum conhecimento sobre o conceito BIM após cursar a matéria **N = 11**	Maior acompanhamento durante as aulas
44,4% conseguiram ver aplicações do Revit em outras disciplinas **N = 8**	Preparo prévio das atividades e dos professores

Fonte: Os autores

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho se propôs a estudar a melhor forma de incluir, inicialmente, o ensino dos conceitos de Modelagem da Informação da Construção – Building Information Modeling (BIM) – na graduação em Engenharia Civil. Apesar de se aprofundar no estudo do contexto da Escola Politécnica da USP e apresentar uma proposta que se adeque a inclusão do ensino na mesma, o objetivo foi formular uma proposta que venha a ser uma referência. Ou seja, optou-se por delimitar o problema e sua resolução em uma escala micro, que seja adequada à um ambiente acadêmico específico, mas que também possa ser uma orientação para outras universidades que desejem incluir BIM na graduação.

Sendo assim, o presente artigo é uma contribuição para a inserção do conteúdo BIM na estrutura curricular da graduação da engenharia civil. Conceituando-se BIM, delimitando-se os problemas da inserção de novas disciplinas, buscando experiências e vivências em outros ambientes de ensino (UNICAMP), apresentou-se uma proposta de introdução do conceito BIM apoiada na abordagem PBL que envolve a criação de duas novas disciplinas, sendo a primeira oferecida no início do curso e a segunda no final. Após decidir-se sobre as características de introdução do conteúdo, o número de disciplinas e os prováveis períodos de oferecimento dessas, discutiu-se a metodologia de ensino, perfis dos alunos antes e depois de cursar as matérias e o planejamento semestral das disciplinas.

Definindo-se o Project Based Learning (PBL) e relacionando-o com o BIM, tornou-se clara a importância de que o estudante assuma um papel ativo, que seja responsável pelo seu aprendizado e apresente, ao final do curso, um perfil versátil e interdisciplinar. A partir daí torna-se possível detalhar os níveis de conhecimento BIM que se espera que o aluno atinja bem como realizar o planejamento que o levará a absorver o conteúdo proposto.

REFERÊNCIAS

BARISON, Maria Bernardete. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo:** uma contribuição para a formação do projetista. 2015. 362 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BARISON, Maria Bernardete; SANTOS, Eduardo Toledo. **Ensino de BIM: Tendências Atuais no Cenário Internacional: BIM Teaching: Current International Trends.** Gestão & Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 6, n. 2, p.67-80, dez. 2011.

BIE, Buck Institute for Education. **What is Project Based Learning (PBL)?** Disponível em: <http://bie.org/about/what_pbl>. Acesso em: 23 abr. 2016.

CAVALCANTE, Fernando P.L; EMBIRUÇU, Marcelo S. **Aprendizado com base em problemas: como entusiasmar os alunos e reduzir a evasão nos cursos de graduação em Engenharia**. Anais: XLI - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Gramado: UFRGS, 2013. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/116536_1.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

CHECCUCCI, Erica de Sousa; AMORIM, Arivaldo Leão de. **Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 5, n. 1, p. 6-17, jan./jun. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução nº 11, de 11 de março de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.** Resolução CNE/CES 11. 09/04/2002, Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

FUVEST (São Paulo). **Manual do Candidato 2016.** 2016. Disponível em: <http://www.fuvest.br/vest2016/manual/fuvest.2016.manual.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2016.

MASSON, Terezinha Jocelen et al. **Metodologia de Ensino: Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 15., 2012, Belém. **Anais... .** São Paulo: Cobenge, 2012. p. 1 - 6. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104325.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

RUSCHEL, Regina Coeli; ANDRADE, Max Lira Veras Xavier de; MORAIS, Marcelo de. **O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n.

2, p.151-165, abr. 2013. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/ac/v13n2/a12v13n2>. Acesso em: 12 abr. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ESTUDO EXPLORATÓRIO DE MAPEAMENTO 3D DE CANTEIROS DE OBRAS UTILIZANDO VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS[1]

ÁLVARES, Juliana (1); COSTA, Dayana (2); MELO, Roseneia (3); BELLO, Angelo (4)

(1) UFBA, e-mail: alvares.juliana@hotmail.com; (2) UFBA, e-mail: dayanabcosta@ufba.br; (3) UFBA, e-mail: roseneia.engcivil@gmail.com; (4) UFBA, e-mail: angelobello@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento de modelos 3D a partir de imagens coletadas com VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) vem sendo bastante explorado em diferentes áreas da engenharia. Porém, pelo fato desta ser uma tecnologia recente para a construção civil, percebe-se a necessidade de entender melhor o potencial de uso do mapeamento 3D para atividades relacionadas ao gerenciamento das construções. Este estudo exploratório tem por objetivo avaliar o uso de VANT para mapeamento 3D de edificações e canteiros. O estudo foi conduzido por meio de voos experimentais em duas obras residenciais, com coletas de imagens georreferenciadas em campo. Estas imagens foram posteriormente processadas pelo *software Pix4D Mapper*, para geração de modelos 3D. Com base nos produtos gerados pelo Pix4D e entrevistas realizadas com potenciais usuários, as análises focaram na facilidade de desenvolvimento dos modelos 3D, na qualidade dos mesmos e na utilidade e limitações do ponto de vista do usuário. Os resultados revelaram que, apesar de certas barreiras identificadas, os mapeamentos 3D apresentam bom potencial para algumas atividades gerenciais. Ao destacar que o mapeamento 3D proporciona um olhar da obra sobre diferentes perspectivas, este estudo traz como principal contribuição um melhor entendimento do potencial de utilização desta tecnologia para o setor da construção.

Palavras-chave: Mapeamento 3D. Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Canteiros de obras.

ABSTRACT

3D models development from images collected by UASs (Unmanned Aerial Systems) has been fairly explored by different domains of engineering. However, due to the limited use of this technology in civil engineering, the potential applications of 3D mapping using UAS for construction management tasks needs to be better understood. This paper presents an exploratory study aiming to asses the use of UAS for 3D mapping of buildings and construction jobsites. The study involved experimental field flights in two residential construction projects to collect geo-referenced images with UAS. These images were subsequently processed using Pix4D Mapper software, in order to create 3D models. Based on Pix4D outputs and interviews conducted with potential users, the 3D models were evaluated related to ease to use, 3D reconstruction quality, and usefulness and limitations of this technology from the users' perception. The results revealed that, despite certain barriers identified, 3D mappings present a good potential for some construction management tasks. The presented work identifies that 3D mapping provides a look at different perspectives of construction jobsites, and its

[1] ÁLVARES, Juliana; COSTA, Dayana; MELO, Roseneia; BELLO, Angelo. Estudo exploratório de mapeamento 3D de canteiros de obras utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

main contribution is a better understanding of the potential use of this technology for the construction industry.

***Keywords**: 3D mapping. Unmanned Aerial System (UAS). Construction jobsites.*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil vem investindo na adoção de novas tecnologias, como forma de otimizar e aperfeiçoar seus processos, tornando-os mais rápidos e eficientes. Dentre estas, destaca-se o Mapeamento 3D de canteiros e edificações por meio de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs).

Por definição, Veículo Aéreo Não Tripulado, em inglês *Unmanned Aerial Vehicle/System (UAV/UAS)*, comumente conhecido como "*drone*", caracteriza-se como toda aeronave não tripulada com finalidade diversa de recreação (Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, 2015). No Brasil, todas as operações legais com VANTs são reguladas e monitoradas pela ANAC, em que os critérios estabelecidos variam de acordo com a classificação das RPAs (*Remotely-Piloted Aircrafts*) e com os tipos de operação (ANAC, 2015).

A potencialidade de uso dos VANTs está relacionada com o fato de ser uma plataforma móvel, com alta capacidade de sensoriamento e aquisição de dados, sendo possível acoplar diversos tipos de dispositivos, como câmeras, sensores, lasers, giroscópios e *Global Positioning System* (GPS), além de ser uma ferramenta de baixo custo e simples de manipular (PURI, 2005; KUNG et al., 2011; SIBERT; TEIZER, 2014).

As câmeras com dispositivos GPS destacam-se pela possibilidade de aquisição de ativos visuais georreferenciados com o VANT, ou seja, imagens que contêm informações da localização espacial dos elementos físicos registrados, com base em um sistema de coordenadas geodésicas (KIM et al., 2016). Dessa forma, os ativos registrados podem ser utilizados para desenvolvimento de mapeamentos 3D por meio de *software* específico, a partir da sobreposição destas imagens.

Na engenharia civil, os VANTs têm sido usados na área de infraestrutura de transportes, para monitoramento e manutenção de pavimentos, rodovias e grandes estruturas (THEMISTOCLEOUS et al., 2014; METNI; HAMEL, 2007); na área de inspeção de edificações, para monitoramento de patologias e manutenção de fachadas (EMELIANOV et al., 2014); além da área de monitoramento de obras, voltado para inspeção de segurança e logística (KIM; IRIZARRY, 2015; IRIZARRY; COSTA, 2016).

Em especial, o mapeamento 3D de construções e terrenos a partir de imagens registradas com VANTs tem sido utilizado para avaliação de danos em edificações, levantamento de terrenos para fotogrametria, conservação de monumentos históricos, entre outros (KUNG et al., 2011; SILVA et al., 2014; REMONDINO et al., 2011; LI; LI, 2011; SIBERT; TEIZER, 2014).

Estudos fotogramétricos por meio de VANTs, com câmeras digitais e sistemas GNSS/INS acoplados, gerando produtos 3D, como modelos texturizados,

Modelo Digital de Superfície (MDS) e de Terreno (MDT), têm sido bastante explorados para mapeamentos 3D de pequenas áreas, de obras de engenharia, em estudos ambientais, de áreas de mineração, etc., devido à maior acessibilidade e menor custo, comparado a métodos convencionais de fotogrametria aérea (REMONDINO et al., 2011; SILVA et al., 2014).

Ao avaliar o desempenho da utilização de VANTs para rápida e autônoma aquisição de dados, usados no mapeamento 3D de canteiros de obras em atividades de terraplanagem, Siebert e Teizer (2014) destacam a boa precisão e confiabilidade desta tecnologia em apoio a atividades de levantamentos topográficos, com base em testes de campo realizados e modelos 3D desenvolvidos por meio do *software PhotoScan*. Contudo, algumas limitações técnicas foram ressaltadas, como o tempo restrito de voo, limitado pela autonomia da bateria do VANT (SIEBERT; TEIZER, 2014).

Para atividades gerenciais em canteiros, Kim et al. (2016) buscaram explorar as etapas para desenvolvimento dos modelos 3D, desde o planejamento da coleta de dados com o VANT até o processamento dos mesmos pelo *software* de modelagem Pix4D, identificando dificuldades e exigências operacionais para mapeamentos 3D com maior acurácia. Com base nos resultados, Kim et al. (2016) destacam o potencial de utilização da tecnologia para monitoramento do progresso da construção ou avanço físico, tarefas de medição e topografia.

Apesar dos estudos já desenvolvidos, ainda se desconhece o real potencial de uso do mapeamento 3D em atividades de gerenciamento de obras, além de seus benefícios e barreiras relacionados. Neste sentido, o presente artigo visa avaliar o uso de VANT para mapeamento 3D de edificações e canteiros, por meio de voos experimentais em dois projetos de edificações residenciais. Este estudo está sendo desenvolvido em nível de iniciação científica e trabalho final de curso, porém vinculado a um projeto de pesquisa mais amplo com colaboração internacional.

2 METODOLOGIA

Este trabalho adota o Estudo de Caso Exploratório como estratégia de pesquisa, e foi dividido em etapas, conforme Figura 1 e detalhamentos a seguir.

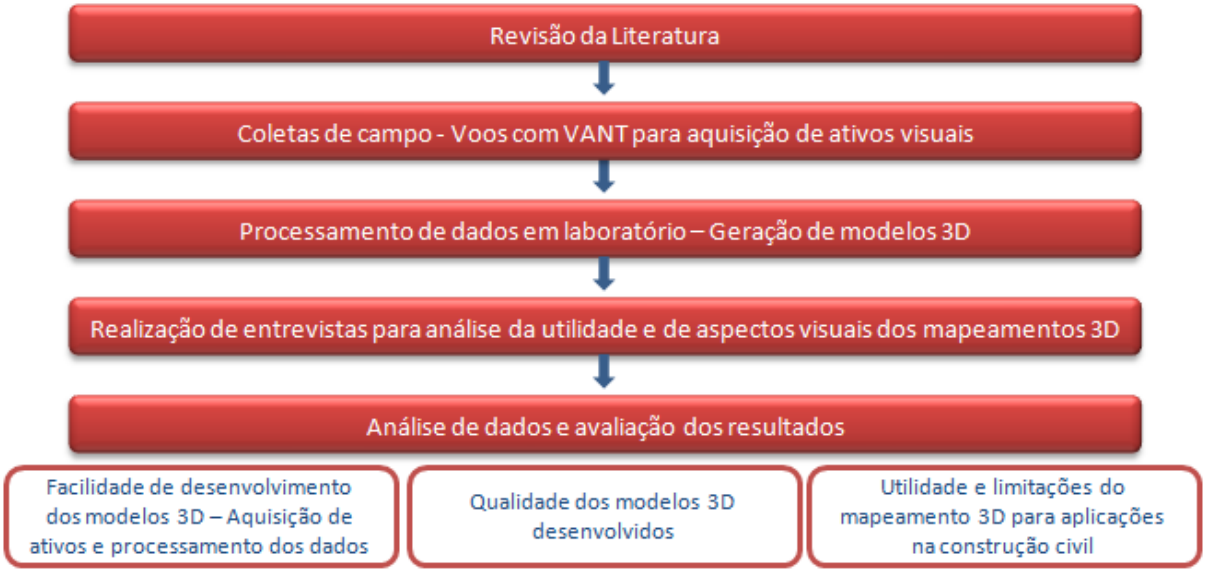
2.1 Equipamento e *software*

O VANT utilizado é do tipo quadricóptero, modelo *DJI Phantom 3 Advanced* (Figura 2), com autonomia máxima de 15 minutos de voo por bateria; operado por controle remoto e aplicativo *DJI Go app* (por meio de tablet ou smartphone), câmera Sony EXMOR ½.3" acoplada, com resolução de 12,4 megapixels e sistema GPS, permitindo a captura de imagens georreferenciadas.

O *software* utilizado para modelagem 3D foi o *Pix4D Mapper* (Figura 3). O mesmo realiza a conversão de imagens 2D georreferenciadas, por meio da

geração automática de nuvem de pontos e texturização de modelos 3D. O *software* também possui algumas ferramentas, como a de medição, que possibilita levantar distâncias, áreas e volumes a partir dos modelos 3D.

Figura 1 – Esquema com delineamento do estudo



Fonte: Os autores

Figura 2 – Equipamento utilizado (*DJI Phantom 3 Advanced)*



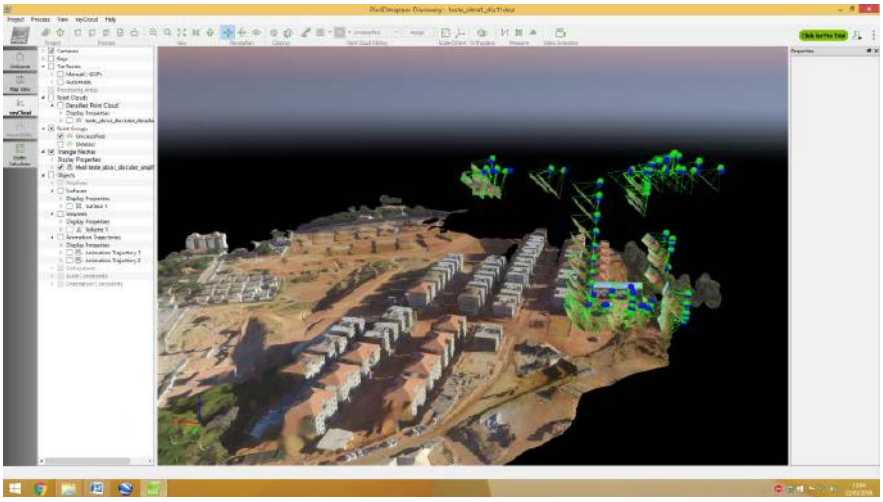
Fonte: Os autores

De acordo com Pix4D (2015), o *software* desenvolve o mapeamento 3D inicialmente por meio da compilação do conjunto de imagens e extração de pontos chave (*key-points*), foto a foto. Em seguida ocorre a combinação e marcação dos *key-points* entre as imagens, gerando uma nuvem de pontos 3D (PIX4D, 2015).

Após este processamento inicial, é feita a densificação e filtragem dos pontos. A partir dessa nuvem densificada é possível então realizar a texturização de uma malha 3D, por meio da triangulação dos pontos, gerando assim o modelo 3D da superfície registrada nas imagens (PIX4D, 2015).

Após processamento dos modelos, o Pix4D fornece relatórios de qualidade com parâmetros técnicos dos produtos gerados.

Figura 3 – *Software* utilizado (Tela de visualização do *Pix4D Mapper)*



Fonte: Os autores

2.2 Coletas de campo e processamento de dados (mapeamentos 3D)

O estudo foi realizado em duas obras de edificações residenciais, localizadas na cidade de Salvador – BA. No Quadro 1 encontram-se as principais características de cada projeto.

Quadro 1 – Caracterização dos projetos

Projetos	Descrição
 Projeto A	- Conjunto habitacional de interesse social (Minha Casa Minha Vida); - 96 edificações (91 com 5 pavimentos e 5 com 3 pavimentos), totalizando 1880 unidades; - Área total do canteiro: 150.000m²; - Área construída: 91.000m²; - Obra visitada em fase de fundação, elevação da estrutura e montagem da cobertura; - Distribuição horizontal do canteiro e atividades.
 Projeto B	- Empreendimento residencial de única torre; - Possui dois níveis de garagem, playground e 26 pavimentos tipo, totalizando 104 unidades; - Área total do canteiro: 2.500m²; - Área construída: 15.578m²; - Obra visitada em fase de execução dos revestimentos de fachada; - Perfil vertical, com atividades concentradas na torre.

Fonte: Os autores

Para desenvolvimento das etapas de coleta e processamento dos dados, foram utilizados os seguintes protocolos de pesquisa, com o objetivo de guiar as atividades realizadas:

- Formulário para reunião de planejamento: padroniza a coleta de dados para elaboração do plano de voo, definindo os pontos de decolagem e pouso e indicando as áreas recobertas para modelagem 3D;
- *Checklist* para missão com VANT: cadastro de dados técnicos do voo, além de *checklist* de todos os procedimentos necessários para operação do VANT em condições adequadas de segurança;
- Planilha *Flight Log*: relação de todos os dados físicos dos voos, registrados no *DJI Go app* e no *Checkist* para missão.

Foram realizadas um total de 7 visitas de campo para coleta de dados (4 no primeiro Projeto e 3 no segundo), conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Dados coletados em campo

Projeto	Período de visitas	Número de visitas	Total de voos	Total de fotos	Distância máxima (m)	Altitude máxima (m)	Duração total dos voos
A	Out/15 a Mar/16	4	14	579	734,0	120,0	2:07:43
B	Nov/15 a Mar/16	3	9	722	173,5	76,8	1:15:43

Fonte: Os autores (Planilha *Flight Log*)

Posteriormente, estes dados foram processados em laboratório, resultando no desenvolvimento de 12 modelos 3D (6 para cada projeto) e seus respectivos relatórios de qualidade. As Figuras 4 e 5 apresentam dois exemplos dos modelos gerados.

Figura 4 – Modelo 3D referente ao projeto A



Fonte: Os autores

Figura 5 – Modelo 3D referente ao projeto B



Fonte: Os autores

2.3 Etapa de entrevistas

As entrevistas tiveram como objetivo avaliar a utilidade da tecnologia como ferramenta auxiliar em atividades gerenciais, de acordo com a percepção de potenciais usuários. No total foram realizadas 9 entrevistas com pessoas ligadas a cada um dos Projetos, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Amostra de entrevistados

	Projeto A	**Projeto B**
Entrevistados	- Diretor da construtora - Gerente de segurança da construtora - Arquiteto da obra - Engenheiro gerente de produção da obra - Técnico agrimensor da obra	- Engenheiro gestor da obra - Engenheiro gerente de produção da obra - 2 Estagiários de engenharia

Fonte: Os autores

Nas entrevistas foram apresentados três modelos 3D de cada obra individualmente, e as mesmas foram estruturadas da seguinte maneira:

1) Percepção geral do entrevistado: identificação das atividades da construção civil nas quais os mapeamentos 3D podem ser utilizados, e suas limitações observadas;
2) Avaliação do grau de utilidade dos mapeamentos 3D para atividades pré-selecionadas (logística de canteiro, acompanhamento de avanço físico da obra e realização de medições), por meio de uma Escala Likert de cinco níveis, sendo 1 o menor grau de utilidade e 5 o mais alto grau;
3) Avaliação do grau de interferências e dificuldades causadas pela presença de inconsistências visuais (distorções, sombreamentos e falhas - buracos) na utilização dos modelos 3D, por meio de uma Escala Likert de

cinco níveis: 1 representa o grau mais baixo de interferências e 5 o mais alto grau.

2.4 Análise de dados

A avaliação do uso do VANT para mapeamento 3D foi realizada com base em três constructos e suas variáveis, apresentados no Quadro 4, definidos a partir da revisão da literatura.

Quadro 4 – Constructos, variáveis e fontes de evidência para avaliação do mapeamento 3D

Constructos	**Definição**	**Variáveis**	**Fontes de evidência**
Facilidade de desenvolvimento dos modelos 3D a partir de imagens coletadas com VANT	Análise de características das fases de aquisição dos ativos com o VANT e processamento dos dados no Pix4D, que interferem na facilidade de desenvolvimento dos modelos	Aquisição dos ativos com VANT: - Acesso a locais adequados para decolagem e pouso - Número de locais diferentes para decolagem e pouso - Interferências provocadas na obra Processamento no Pix4D: - Tempo total de processamento	Aquisição dos ativos com VANT: - Observação dos pesquisadores - Protocolos de pesquisa Processamento no Pix4D: - Relatório de qualidade
Qualidade dos modelos 3D desenvolvidos	Análise de parâmetros técnicos fornecidos pelo relatório de qualidade do Pix4D e de inconsistências visuais identificadas nos modelos 3D	Parâmetros técnicos: - GSD (*Ground Sampling Distance*) média - Porcentagem da área recoberta com sobreposição de 4 ou mais imagens por pixel Inconsistências visuais: - Distorções - Sombreamentos - Falhas (buracos)	Parâmetros técnicos: - Relatório de qualidade Inconsistências visuais: - Entrevistas com potenciais usuários - Percepção dos pesquisadores
Utilidade e limitações do mapeamento 3D de canteiros e edificações para aplicações na construção civil	Identificação das possíveis atividades para utilização destes mapeamentos 3D, e o quanto os mesmos seriam úteis como ferramenta auxiliar	- Atividades nas quais podem ser utilizados os mapeamentos 3D - Principais limitações dos mapeamentos 3D observadas - Grau de utilidade dos mapeamentos 3D para atividades pré-selecionadas	- Entrevistas com potenciais usuários - Percepção dos pesquisadores

Fonte: Os autores

3 RESULTADOS

3.1 Desenvolvimento dos modelos 3D

Com base em registros feitos nos protocolos de pesquisa, observou-se no Projeto A pouca presença de obstáculos que pudessem provocar interferências aos voos. Dessa maneira, foram necessários apenas dois locais diferentes de pouso e decolagem para recobrimento da área de interesse, localizados dentro do próprio canteiro.

Entretanto, no Projeto B, por conta das características físicas do canteiro, a operação de decolagem e pouso de dentro do mesmo foi impossibilitada. A alternativa encontrada foi a utilização, mediante autorização dos responsáveis, de áreas livres em terrenos de prédios e estabelecimentos vizinhos. Para recobrimento das quatro fachadas da torre do Projeto B foram necessários quatro pontos diferentes para decolagem e pouso.

Quanto às interferências em atividades das obras, no Projeto A não houve registro de qualquer tipo de interferência, enquanto que no B foi necessária a interrupção do funcionamento da grua durante os voos, para evitar qualquer possibilidade de acidente.

Na fase de processamento dos dados no Pix4D, o critério de maior relevância foi o tempo total de processamento para que o modelo 3D fosse completamente densificado e texturizado (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de imagens calibradas e tempo total de processamento dos modelos 3D

Projeto A							
Modelos 3D	1A	2A	3A	4A	5A	6A	**Média**
Número de imagens calibradas	51	30	17	79	136	98	**69**
Tempo total de processamento	**00:16:11**	**00:09:06**	**00:03:41**	**00:35:55**	**00:44:35**	**00:55:03**	**00:27:25**
Projeto B							
Modelos 3D	1B	2B	3B	4B	5B	6B	**Média**
Número de imagens calibradas	97	73	88	91	72	119	**90**
Tempo total de processamento	**00:46:53**	**00:27:04**	**00:51:09**	**00:41:37**	**00:24:03**	**00:45:40**	**00:39:24**

Fonte: Pix4D *Quality Report* (adaptado)

Este tempo está diretamente relacionado às características do hardware utilizado, sendo o mesmo um Intel ® Core™ i7-4790QM CPU @ 3.60GHz com 32GB de memória RAM, e ao número de imagens calibradas para modelagem. Segundo as especificações sugeridas por Pix4D (2015), o computador utilizado atende completamente as recomendações, o que torna o processamento em geral mais rápido.

Quanto ao número de imagens, observa-se que, em quase todos os casos, um número maior de imagens implicou em maior tempo de processamento (Tabela 1). O pico foi registrado no modelo 6A, com 55 minutos e 3 segundos

para 98 imagens, embora os modelos do projeto B tenham apresentado maior média (39 minutos e 24 segundos para 90 imagens).

3.2 Análise da qualidade dos modelos 3D desenvolvidos

Alguns parâmetros técnicos extraídos dos relatórios de qualidade, tais como *Ground Sampling Distance* (GSD) média e a porcentagem da área recoberta com boa sobreposição de imagens por pixel, foram analisados com base na sua correlação com a qualidade final dos modelos 3D.

GSD representa a correlação da distância entre centros de dois pixels consecutivos com a medida real no terreno (na superfície) (PIX4D, 2015). Quanto maior GSD da imagem, menor sua resolução espacial e visualização de detalhes, dificultando a combinação e marcação dos *key-points* (PIX4D, 2015). Com base na Tabela 2, é possível observar que a GSD média geral dos modelos do Projeto A (5,99) foi maior que a do B (3,24), sugerindo uma reconstrução 3D mais fácil para o segundo Projeto.

Tabela 2 – Parâmetros resultantes dos modelos 3D gerados

Projeto	Modelos 3D	*Ground Sampling Distance* (GSD) média (cm)	% da área recoberta com sobreposição de 4 ou mais imagens por pixel
Projeto A	1A	3,22	68,24%
	2A	2,83	68,48%
	3A	14,23	52,52%
	4A	5,47	60,84%
	5A	2,75	96,94%
	6A	7,41	99,31%
	Média	**5,99**	**74,39%**
Projeto B	1B	3,60	37,82%
	2B	3,61	73,59%
	3B	4,28	68,30%
	4B	1,56	98,38%
	5B	2,33	85,46%
	6B	4,05	46,18%
	Média	**3,24**	**68,29%**

Fonte: Pix4D *Quality Report* (adaptado)

Quanto ao nível de sobreposição entre as imagens, mais de 68% das áreas recobertas nos modelos de ambos os projetos apresentaram sobreposição de 4 ou mais imagens por pixel (Tabela 2), sendo este um parâmetro obtido por meio do tratamento de áreas representadas em gráficos disponíveis nos relatórios de qualidade. Quanto maior este nível de sobreposição, melhor a qualidade na reconstrução 3D da superfície modelada, na qual o mesmo está intrinsecamente relacionado ao planejamento e modo de execução dos voos.

Apesar de parâmetros que indicam maior ou menor nível de qualidade dos modelos 3D, uma avaliação técnica também foi realizada pelos possíveis usuários, com base em seu propósito de utilização. Os resultados mostram que, entre distorções, sombreamentos e falhas (buracos nos modelos), os entrevistados avaliaram o nível de distorções como o defeito que mais dificulta a utilização dos modelos 3D (3,15), seguido de falhas (2,93) e

sombreamento (2,28), conforme Tabela 3. Tais inconsistências são decorrentes de falhas ocorridas na texturização da área de interesse, podendo ser causadas por interferências visuais captadas nos ativos (objetos em movimento, superfícies refletivas, etc.) e diferentes angulações e alturas entre imagens. A Figura 6 apresenta exemplos dos tipos de inconsistências visuais identificadas.

Tabela 3 – Média da avaliação do grau de interferências causadas pela presença de inconsistências visuais (escala Likert)

Inconsistência visual	Médias no Projeto A	Médias no Projeto B	Média Geral
Distorções	2,80	3,50	**3,15**
Falhas (buracos)	2,60	3,25	**2,93**
Sombreamentos	2,80	1,75	**2,28**

Fonte: Os autores

Figura 6 – Exemplo de inconsistências visuais nos modelos 3D: (a) Distorções; (b) Falhas (buracos); (c) Sombreamentos.



Fonte: Os autores

3.3 Análise da utilidade do mapeamento 3D de canteiros e edificações

Com base nos resultados encontrados para os Projetos A e B (Tabela 4), pode-se destacar que os mapeamentos 3D possuem maior potencial de utilização para logística de canteiro, com média geral de 4,53, seguida de atividades de medição (3,75) e acompanhamento visual de avanços físicos (3,70). Os aspectos logísticos mais comentados foram a possibilidade de análise do posicionamento de estoques, locais de carga e descarga, rotas e sequência executiva de atividades.

Tabela 4 – Média da avaliação do grau de utilidade dos mapeamentos 3D para atividades pré-selecionadas (escala Likert)

Atividades	Médias no Projeto A	Médias no Projeto B	Média Geral
Logística de canteiro	4,80	4,25	**4,53**
Atividades de medição	4,00	3,50	**3,75**
Acompanhamento visual do avanço físico	3,40	4,00	**3,70**

Fonte: Os autores

O Quadro 5 apresenta os principais itens levantados em cada projeto quanto a utilidade e limitações percebidas. Em ambos os estudos questionou-se a falta de detalhamento técnico para visualização aproximada dos modelos. Também foi pontuada a impossibilidade de visualização da parte interna das construções e da cobertura no caso da torre. É importante destacar que não foi possível a visualização da cobertura do Projeto B, pois a mesma ultrapassa o limite de 60m permitido para operação com VANT em área urbana, estabelecido pela ANAC.

Quadro 5 – Indicação das áreas nas quais podem ser utilizados os mapeamentos 3D e suas limitações observadas

Aspectos analisados	Itens mais citados no projeto A	Itens mais citados no projeto B
Atividades com potencial de utilização do mapeamento 3D	- Logística de canteiro e operacional; - Acompanhamento visual de avanços físicos; - Planejamento executivo das etapas de construção; - Visualização espacial geral do canteiro e obra.	- Acompanhamento visual de avanços físicos; - Visualização espacial geral do canteiro e obra; - Aspectos gerais de segurança (elementos externos e coletivos); - Logística de canteiro.
Limitações dos modelos 3D observadas	- Falta de detalhamento técnico na visualização aproximada dos elementos modelados; - Impossibilidade de visualização da parte interna das construções; - Presença de defeitos e vazios.	- Falta de detalhamento técnico na visualização aproximada dos elementos modelados; - Necessidade de maior nitidez, limpeza e clareza nos detalhes; - Impossibilidade de visualização da cobertura da torre.

Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

O mapeamento 3D do canteiro destaca-se por oferecer uma visão ampla e externa sobre diferentes perspectivas da obra, facilitada por uma maior interatividade entre usuário e ferramenta, uma vez que é possível a visualização 360º e manipulação dos modelos 3D. Dessa forma, o estudo traz como principal contribuição um melhor entendimento do potencial de utilização desta nova tecnologia para o setor da construção.

Com base nos estudos, foi possível identificar o potencial geral de utilização do mapeamento 3D para atividades de logística de canteiro, acompanhamento geral do avanço físico da obra, e algumas atividades de medição.

Contudo, algumas barreiras relacionadas à utilização dos modelos 3D foram levantadas, como a falta de detalhamento técnico na visualização aproximada e a presença de alguns defeitos visuais, ocasionados principalmente por eventos circunstanciais, tais quais, ineficiência do planejamento de voo, presença de fortes ventos e movimentação de objetos no momento das capturas, refletindo diretamente na qualidade dos

modelos 3D. Entretanto, de acordo com a percepção dos usuários, as inconsistências visuais identificadas não representaram grande impacto na dificuldade de utilização dos modelos 3D para os fins propostos. Estes aspectos físicos e barreiras devem ser analisados cuidadosamente e alinhados ao propósito de utilização da ferramenta.

Observou-se que o Projeto A tendeu a um melhor resultado do que o B, justificado pelo perfil mais amplo e horizontal de disposição do canteiro e das atividades desenvolvidas, facilitando principalmente a aquisição dos dados durante os voos. No critério qualidade, o Projeto A obteve modelos com uma maior porcentagem de área com boa sobreposição entre imagens por pixel (74,39%), em relação ao Projeto B (68,29%). No entanto, para o parâmetro GSD, o Projeto A obteve pior resultado, justificado por uma maior variação de altura entre imagens registradas, decorrente do planejamento inadequado de alguns voos.

O estudo revela indícios de maior aproveitamento do mapeamento 3D de canteiro e edificações em obras horizontais. Contudo, são necessários futuros estudos que abordem a viabilidade dos possíveis usos da tecnologia em diferentes tipos de obras.

REFERÊNCIAS

ANAC AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento Brasileiro da aviação Civil Especial (RBAC-E nº94)**. Brasília: ANAC, 2015.

EMELIANOV, S.; BULGAKOW, A.; SAYFEDDINE, D. Aerial Laser Inspection of Buildings Facades Using Quadrator. **Procedia Engineering**, v. 85, p. 140-146, 2014.

IRIZARRY, J.; COSTA, D.B. Exploratory Study of Potential Applications of Unmanned Aerial Systems for Construction Management Tasks. **Journal of Management in Engineering**, 2016.

KIM, S.; IRIZARRY, J. Exploratory Study on Factors Influencing UAS Performance on Highway Construction Projects: as the Case of Safety Monitoring Systems. In: Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure, 2015, Ames. **Proceeding...** Ames: Iowa State University, 2015.

KIM, S.; IRIZARRY, J.; COSTA, D. B.; MENDES, A. T. C. Lessons Learned from Unmanned Aerial System-Based 3D Mapping Experiments. In: Conference of Associated Schools of Construction, 52., 2016, Provo. **Proceeding...** Provo: Associated Schools of Construction, 2016.

KÜNG, O.; STRECHA, C.; FUA, P.; GURDAN.D.; ACHTELIK, M.; DOTH, K.-M.; STUMPF, J. Simplified Building Models Extraction from Ultra-Light UAV Imagery. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38., 2011, Zurich. **Anais...** Zurich: ISPRS, 2011.

LI, Z.; LI, Y. Photogrammetric Recording of Ancient Buildings by Using Unmanned Helicopters - Cases in China. In: International Archives of the Photogrammetry,

Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38., 2011, Zurich. **Anais...** Zurich: ISPRS, 2011.

METNI, N.; HAMEL, T. A UAV for Bridge Inspection: Visual Servoing Control Law with Orientation Limits. **Automation in Construction**, v. 17, p. 3-10, 2007.

PIX4D. **Pix4Dmapper Software Manual**. Lausanne, 2015. 289 p.

PURI, A. A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance. Department of computer science and engineering, University of South Florida, 2005, Tampa.

REMONDINO, F.; BARAZZETTI, L.; NEX, F.; SCAIONI, M.; SARAZZI, D. UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling - Current Status and Future Perspectives. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38., 2011, Zurich. **Anais**... Zurich: ISPRS, 2011.

SIEBERT, S; TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. **Automation in Construction**, v.41, p. 1-14, 2014.

SILVA, D. C.; TOONSTRA, G. W. A.; SOUZA, H. L. S.; PEREIRA, T. A. J. Qualidade de Ortomosaicos de Imagens de VANT Processados com os Softwares APS, Pix4D e Photoscan. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 5., 2014, Recife. **Anais**... Recife, 2014. p. 747-754.

THEMISTOCLEOUS, K; NEOCLEOUS K; PILAKOUTAS, K; HADJIMITSIS, D.G. Damage assessment using advanced non-intrusive inspection methods: Integration of Space, UAV, GPR and Field Spectroscopy. In: International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment. 2., 2014, Paphos. **Anais**... Paphos: SPIE, 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO AMBIENTE CONTRUÍDO INFORMAL: UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO QUE REDUZ A VULNERABILIDADE EM RELAÇÃO AO RISCO DE INCÊNDIO EM FAVELAS[1]

ALVES, Luciana A. (1)

(1) IPT, e-mail: lualves@ipt.br

RESUMO

As favelas surgem como consequência dos movimentos de superurbanização e da industrialização que funciona como seu propulsor. Neste sentido, o papel dessas comunidades não é marginal à economia urbana, ao contrário, é fundamental, são elas que subsidiam e garantem a existência dos processos de produção como os conhecemos na atualidade. A economia não pode funcionar ou ser competitiva sem a contribuição desses assentamentos, uma vez que eles comportam tanto a mão de obra barata empregada quanto o "exército industrial de reserva", que garante a *subvalorização desses trabalhadores. As abordagens das políticas públicas parecem ignorar a situação de perenidade das favelas, oriunda do cenário econômico e passam ao largo das soluções que, de fato, poderiam promover melhorias reais nas condições de vida dessas pessoas, especialmente no que diz respeito à segurança contra incêndio, um problema recorrente, que se intensifica durante as estações mais frias do ano. Como solução a este problema foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, o programa de segurança contra incêndio em favelas, implantado, em 2003, na cidade de São Paulo, que demonstrou ser viável reduzir a vulnerabilidade e evitar essas ocorrências por meio de conscientização e treinamento dos moradores.*

Palavras-chave: Favela. Incêndio. Política Pública.

ABSTRACT

Slums arise as a result of super urbanization and industrialization movements which act as their propellant. In this sense, the role of these communities is not marginal to the urban economy, on the contrary, it is fundamental, they are the ones which subsidize and guarantee the existence of production processes as we know today. The economy cannot work or be competitive without the contribution of these settlements, since they include both the cheap labor used as well as the "industrial reserve army", which guarantees the undervaluation of these workers. The approaches of public policies seem to ignore the situation of permanence of slums, coming from the economic environment, and ignore the solutions that, in fact, could bring about real improvements in the living conditions of these people, especially with regard to fire safety, a recurring problem that intensifies during the colder seasons. As a solution to this problem the Technological Research Institute of São Paulo – IPT developed the fire safety program in slums, established in 2003 in São Paulo, which proved to be feasible to reduce vulnerability and avoid these events through awareness and training of residents.

[1] ALVES, Luciana A. A segurança contra incêndio no ambiente contruído informal: uma proposta de intervenção que reduz a vulnerabilidade em relação ao risco de incêndio em favelas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Slum. Fire. Public Policy.*

1 INTRODUÇÃO

Este artigo trata da necessidade de se buscar medidas de proteção à população que vive nas cidades chamadas "informais", especialmente nas favelas, expostos a inúmeros riscos, dentre eles o risco de incêndio. O desafio que se apresenta é, sobretudo, o da senbilização do Estado, como interventor, e da própria sociedade sobre as condições precárias de moradia e sobrevivência desses cidadãos, que vivem em condição de extrema pobreza e vulnerabilidade.

> A ausência do Estado nos territórios que concentram a pobreza os transforma em espaços de privação e de abandono, em muitos casos em 'cidades sem leis', a chamada' cidade informal', fragilizando seus laços com a sociedade, levando a estigmatização e a segregação urbana. (PAZ; TABOADA, 2010, p. 17).

Conhecer as dimensões da segregação urbana e do estigma que marca as diferenças entre as cidades "formal" e "informal" é essencial para a compreensão dos desafios impostos a quaisquer programas de intervenção, que visem minimizar a vulnerabilidade das pessoas que vivem em favelas, como é o caso dos programas de segurança contra incêndio.

Nesse sentido, este artigo trata, sucintamente, da gênese das favelas e das questões sociais que interferem e determinam as possíveis soluções para melhoria das condições de segurança relacionadas à moradia de 30% da população brasileira, segundo Moraes (2008), que vive sem acesso a condições adequadas de habitação e exposta a todos os tipos de risco, inclusive o de incêndio, cuja frequência, já expressiva, tende a aumentar, consideravelmente, durante o outono e o inverno, quando ao adensamento populacional e ao uso intensivo desses espaços cada vez mais precários e vulneráveis soma-se um outro compente: a necessidade de produzir calor.

A maioria das perdas originadas em grandes incêndios poderia ter sido evitada se a comunidade estivesse consciente dos riscos a que está exposta e, evidentemente, preparada para controlá-los e, em última análise, diante de uma ocorrência, capacitada para se proteger.

Esse é o conceito fundamental do programa de segurança contra incêndio em favelas, apresentado neste artigo, que embora tenha comprovado sua eficiência, continua sendo apenas um referêncial teórico para a solução do problema recorrente dos incêndios em favelas, por falta de uma política social que garanta, antes do direito à moradia, o direito à via, por meio do combate à vulnerabilidade desses cidadãos, com relação ao risco de incêndio.

2 A urbanização e a criação da pobreza

A pobreza está intrinsicamente relacionada à industrialização e à consequente urbanização. Na Europa, desde o Século XIV teve início o processo de retirada do homem do campo para as cidades a fim de criar mão de obra para o trabalho industrial, o que levou uma grande massa de trabalhadores ao estado de miséria. A inexistência de habitações dignas nas cidades para essas pessoas que se aglomeravam pelas ruas as levou a diferentes formas inadequadas de moradia. Para "disciplinar" essa massa de desempregados, o Estado Inglês, no século XV, instalou uma "política contra a vagabundagem", a legislação colocava na condição de criminosos os camponeses desempegados e imputava-lhes pena que iam desde o açoitamento à mutilação e à morte para os reincidentes. (ENGELS, 2008).

Diante das proporções que a pobreza, os governantes de viram diante da necesssidade de diminuir a miséria. Nesse sentido, em 1388, na Grâ-Bretanha, foi criada a "Lei dos Pobres" (*Poor Law Act*), a primeira dessa natureza de que sem tem notícia, seu objetivo era fixar salários e impedir a mobilidade dos desempregados que procuravam por trabalho, os considerados vagabundos, uma vez que se acreditava que eles não trabalhavam porque não queriam (desconsiderando o fato de que, recentemente, lhes tinham sido retirada a terra e, portanto, não tinham para onde ir). Em 1834 a Lei dos Pobres recebeu uma emenda a "*Poor Law Amendment Act*" que representou a implantação da política social liberal, que significou o enfraquecimento da proteção estatal em relação aos pobres e a ideia de que os pobres deveriam proteger a si mesmos, seguindo as leis de mercado.

Tais medidas não conseguiram conter o fluxo migratório das massas que continuavam saiando do campo em busca de emprego nas cidades, pois lá lhes eram oferecidos salários maiores. Toda essa população que chegava demandava habitação, mas não havia disponibilidade de imóveis suficientes. As massas sem condições financeiras para arcar com altos aluguéis, passaram a aceitar condições de moradia desumanas e miseráveis. Nesse contexto a pobreza não seria consequência do progresso, mas de responsabilidae exclusiva dos pobres, assim, para eliminá-las era necessário mudar o caráter indolente e preguiçoso dos pobres. E a população minerável foi divida em dois grupos os "os merecedores e não merecedores" (PEREIRA, 2004).

O Brasil foi, em grande medida, fortemente influenciado por esse ideário europeru conferindo, assim, seu caráter retrógrado e limitado das políticas sociais.

2.1 A origem e manutenção das favelas

Assim como na Europa e em outros países, no Brasil as favelas surgem a partir do processo descontrolado de urbanização e de industrialização como resultado da inserção, pouco cuidadosa, de uma cultura, predominantemente rural, à lógica do capital. O papel desses assentamentos informais não é marginal à economia urbana, ao contrário, é

fundamental, são eles que subsidiam e garantem sua existência, a economia, tal como a conhecemos na atualidade, não pode funcionar ou ser competitiva sem esse subsídio, uma vez que esses assentamentos comportam tanto a mão de obra barata empregada quanto o "exército industrial de reserva", que garante que essa mão de obra continue subvalorizada. (BERNER, 2000 APUD SAMORA, 2009).

Em abril de 2016, a pesquisa da ONU-Habitat da ONU, aponta mais de um bilhão de pessoas vivendo em favelas, no Brasil são mais de 11 milhões, com maior concentração no sudeste do país. O crescimento das favelas se deve, assim, em grande medida, à omissão dos governos em relação à intervenções sociais que, de fato, façam frente à financeirização e aos interesses do capital.

3 A ABORDAGEM DAS POLÍTICAS SOCIAIS VOLTADAS PARA A HABITAÇÃO NO BRASIL

Assim como a realidade é histórica, os conceitos também são, eles se remodelam constatemente ao longo do tempo, consequentemente, redefinem os modelos de proteção social. Para se entender as abordagens das políticas públicas no Brasil, é preciso entender antes as razões políticas e ideológicas que norteiam tais decisões.

3.1 As políticas sociais focalizadas e universais

Os principais defensores das políticas focalizadas são as organizações internacionais como Banco Mundial, Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID e o Fundo Monetário Internacional – FMI. Nessa abordagem cabe ao estado apenas zelar pela lei, pela ordem, garantir os direitos individuais e prover a rede subsidiária de proteção social, por meio de programas como: renda mínima, seguro desemprego, imposto negativo, seguro social contra incertezas, entre outros. Há o pressuposto de que os recursos financeiros são sempre escassos, portanto, devem ser aplicados da forma mais focalizada e eficiente, ou seja, apenas nas situações de extrema vulnerabilidade social.

Por outro lado, o escopo teórico da política social universal considera que o mercado é incapaz de gerar bem estar e garantir direitos. Ele se apoia nos direitos de cidadania, como patrimônio de todos e na justiça social. Portanto, em oposição à visão liberal defende a intervenção do Estado, como necessária, na redistribuição das vantagens econômicas e sociais para equilibrar as desigualdades naturais e as desvantagens criadas ou fortalecidas pelo capitalismo que, embora promova grande crescimento econômico, não distribui parte desse crescimento aos cidadãos agregados ao processo, gerando, assim, a pobreza.

3.3 As políticas sociais direcionadas ao problema habitacional

O Brasil reproduz em grande medida, guardadas as diferenças, a história vivida na Europa. Com a diferença de que aqui os camponeses eram, em sua maioria, negros recem alforriados e analfabetos. Com a abolição da escravidão um exército de pessoas foi colocado nas ruas sem quaisquer meios para prover o próprio sustento e, diante da falta de possibilidades, se instalando, inicialmente, nos morros do Rio de Janeiro e, mais tarde reproduzindo modelo nas diferentes regiões do país. O problema se agrava, ainda mais, a partir da década de 50 quanto tem início, no Brasil, o fluxo migratório do homem do campo para as cidades, a procura de salários maiores.

A intervenção do estado Brasileiro tem início em 1930 e passa por inúmeros modelos e formas de financiamento desde a Fundação da Casa Popular, passando pela criação do BNH, chegando até o PLANHAB – Plano Nacional de Habitação, do Ministério das Cidades, cujo objetivo é formular estratégias para "universalizar o acesso à moradia digna para todo cidadão brasileiro" (SOUZA, 2010). Entretanto, todas essas iniciativas passaram ao largo das favelas, pois destinam-se à famílias com renda suficiente para se comprometer com um financiamento.

Uma outra política social implementdada na área de habitaçã é a urbanização das favelas. Entretanto, por esse tipo de programa não intervir, diretamente, na causa do déficit habitacional: as desigualdades sociais, a má distribuição de renda e o difícil acesso à terra urbana, por exemplo, esses programas pouco promoveram a redução de indicadores críticos como insalubridade, mortalidade infantil e, ainda, contribuíram para o adensamento de muitas favelas que, depois de urbanizadas, se tornaram mais atrativas. (SAMORA, 2009)

4 O PROGRAMA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Na cidade de São Paulo, somente durante os meses de maio e junho de 2016, mais de 300 famílias, perderam suas casas devido a incêndios em favelas, situação que poderia ter sido evitada pelos próprios moradores, conforme demonstrou o programa de segurança contra incêndio comunitário, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, em 2003.

O programa de segurança contra incêdio concebido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, em 2003, do qual a autora deste artigo teve participação ativa, foi entitulado como PSIC – Programa de Segurança Contra Incêndio Comunitário, uma vez que a ideia central do programa é transferir aos moradores das comunidades todo o conhecimento necessário sobre prevenção e combate a incêndios e ainda municiá-los com os recursos necessários e suficientes para que eles possam se proteger e evitar as ocorrências de grandes incêndios.

Os objetivos do PSIC não visam resolver o problema da moradia, mas melhorar as condições de segurança dos cidadãos que vivem em assentamentos precários, enquanto ele estiverem ali.

Para tanto, busca nas medidas de proteção e prevenção, relacionadas à segurança contra incêndio da "cidade formal", legalmente instituídas por decretos estaduais e normas técnicas, as soluções aplicáveis à realidade das comunidades as adaptando para as condições reais de cada local.

Desmistificando o recorrente especulação de que a principal causa dos incêndios em favelas seriam os incêndios criminosos, atendendo aos interesses de expansão do mercado imobiliário ou ao intuito dos moradores de receber uma suposta indelização do poder público, a verdade é que essas são as causas de incêndios menos recorrentes. Durante a implantação do programa muitas vezes ouviu-se, de represetantes do poder público e da sociedade, que as pessoas estão nas favelas porque querem, porque são vagabundos que não querem pagar as contas que a cidade formal cobra (água, liz, telefone, por exemplo); ou, ainda, que uma ação de combate a incêndio nesses locais é inútil porque os moradores ateiam fogo a tudo o que têm.

A verdade é que nesses locais há um alto risco, relacionado a instalações elétricas precárias, fiações inadequadas; alta quantidade de materiais combustíveis na construção e no interior das habitações; fontes de calor como fogareiros, fogões e aquecedores utilizados de maneira inadequada, agravado pela proximidade entre as habitações,o que facilita a propagação do fogo, exigindo, no caso de um princípio de incêndio, que as medidas de combate sejam iniciadas nos primeiros cinco minutos ou foge do controle e se transforma em um incêndio de grandes proporções, ficando inviável o combate mesmo para o Corpos de Bombeiros. O início de todo incêndio é sempre e, impreterivelmente, um foco pequeno de fogo.

O atendimento pelos Bombeiros nos primeiros minutos da ocorrência é prejudicado ainda em função da falta de água (ou de hidrantes urbanos), das restrições para a movimentação das viaturas e da precariedade dos acessos no interior das favelas, o que, muitas vezes, impede o combate ao fogo no local de origem, o resgate de vítimas e o auxílio à fuga dos moradores. Lembrando que apenas 14% dos municípios brasileiros tem postos de Bombeiros.

Apesar das perdas humanas e materiais que os incêndios promovem, esse tipo de ocorrência ainda não sensibilizou o poder público nem a sociedade. Em grande medida, devido ao estigma e ao pré-conceito em relação à população desses locais e a alguns mitos. Esses mitos forma esclarecidos na dissertação de Mestrado (ALVES, 2014).

Dos vários casos apontados, inclusive, pelo Blog Fogo no Barraco, apenas um estava relacionado à expeculação imobiliária de fato. Ele foi verificado na zona oeste, onde, inclusive, após o incêndio foi construído um condomínio de alto padrão. Nos outros casos apontados pelo referido Blog, as comunidades foram reconstruídas após os incêndios e permancem nos

locais, inclusive, com várias outras ocorrências posteriores, sem que fossem registradas quaisquer mudanças ou intervenções do poder público.

O principopal problema que tais especulações acarretam é que, por um lado reforçam mitos e, por outro o pior de todos os equívocos a ideia coletiva de que os incêndios não são um problema com que devemos nos preocupar porque não há riscos reais.

4.1 As premissas do programa

É premissa do programa que a comunidade tenha uma organização interna que permita a intervenação, apesar da presença, em muitas delas, do tráfico. Porque ele se constitui essencialmente por voluntários, que entendem se comprometem. Os moradores se apropriam do programa em um processo rápido de identificação, engajamento e comprometimento com a sobrevivência. Uma vez que sabem que as ações serão desenvolvidas por eles e, portanto, o sucesso ou o fracasso está nas mãos deles. Destaca-se que muitos não conhecem os riscos, não os vê. Nesse sentido, a percepção do risco é o primeiro passo da redução da vulnerabilidade. (ALVES, 2014). A reação ao ver a realidade é de surpresa, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Apresentação dos riscos de incêndio na favela da Vila Dalva em 2003



Fonte: Acervo do Programa PSIC

4.2 Um programa de Capacitação

Um programa de segurança contra incêdio direcionados a favelas, nada mais é do que um programa de capacitação dos moradores de uam determinada comunidade. Eles são treinados para reconhecer os riscos a que estão expostos e as formas para minimizá-los por meio de aulas prática s e teóricas adequadas às limitações do público-alvo e à realidade local. O treinamento deve demonstrar qual é a capacidade local individual para a prevenção e a coletiva para o combate. São ministradas aulas com conteúdo de prevenção, cuidados com botijão de gás e com fontes de calor (velas, panelas, ferros de passar roupas, entre outros, comumente

usados), orientação aos moradores, trabalho em equipe, além do treinamento prático de combate ao fogo em simulados que permitem aos moradores conhecer o tamanho do fogo que os equipamentos, que eles estão sendo disponibilizados para eles, têm. As aulas acontem em salas de aulas em em campo conforme ilustram as figuras 1 e 2.

Figura 02 –Treinamento prático de combate



Fonte: Acervo do Programa PSIC

As comunidades contempladas com o programa na cidade de São Paulo foram: Viela da Paz (zona oeste), Jd. Cabuçu (zona norte), Maria Cursi (Zona Leste), Jardim Jaqueline (Zona Sul) e cortiço da Rua Sólon (Centro). Elas foram revisitadas 5 anos após a implantação e, em todas o programa estava ativo, embora "respirando por aparelhos", uma vez que foram abandonados, o que é próprio da descontinuidade e da fragmentação das ações dessa natureza que não contam com apoio de uma política pública que garanta sua manutenção.

Cabe destacar, que ainda assim, os resultados que apresentaram durante o cinco anos surpreenderam até os mais otimistas:

- mais de 100 ocorrências atendidas com sucesso nenhuma perda ou comprometimento de vidas humanas, devido a incêndios;
- redução de perdas materiais;
- redução de investimentos da Prefeitura em reconstrução e indenizações;
- mudança dos hábitos que expunham os moradores a vários riscos, minimizando, significativamente, tais perigos com a criação de uma cultura voltada á prevenção, por meio da qual os moradores passaram a se preocupar com atitudes e/ou atividades que expunham a coletividade a riscos; e
- melhorias da infraestrutura, urbanização, após a organização dessas comunidades.

4.3 Viabilidade do Projeto

A viabilidade, não pode ser medida, exclusivamente, por meio de uma simples conta de subtração (investimentos – custos). Sugere-se que sejam incluídos nessa fórmula: o impacto social (a mudança positiva que o programa é capaz de gerar na vida das pessoas), o retorno financeiro (na forma de economia de recursos públicos) e o conjunto de valores que são agregados à sociedade, como um todo. Ainda assim, o custo de implantação do programa em uma comunidade representa 10% do valor gasto pela prefeitura as atividades de reconstrução após uma ocorrência de grande porte, conforme dados da Defesa Civil, de 2003.

5 CONCLUSÃO

A partir da compreensão histórica da origem das favelas como consequência do processo de desenvolvimento industrial sendo, inclusive, necessário à sua manunteção, e do ideario que permeia a política social com maiores ou menores viezes liberais, é possível se chegar à compreensão do porquê as favelas existem e são toleradas e, mais do que isso, existirão ainda por um longo muito tempo, o que é bastante crítico para os cidadãos que vivem nesses locais.

As intervenções do estado Brasileiro, desde 1930 têm se traduzido na forma de modelos e formas de financiamento da casa própria direcionado para uma população capaz de arcar com o custo. Ações direcionadas a urbanização as tornou lugares ainda mais atraentes.

As políticas habitacionais, por sua vez, não vislubram as urgências das comunidades, como a necessidade humana relacionada à segurança, por exemplo. Neste sentido, a proposta deste artigo é apresentar um programa de segurança contra incêndio que, por sua natureza, assumiria a forma de uma política social, embora de abordagem focalizada ou seja, apenas aos moradores de determinada tipologia habitacional, tem potencial para trazer benefícios aos membros da comunidade e ao seu entorno, sob diversos aspectos como demonstraram as comunidades beneficiadas.
A constatação de que é possível e mais viável melhorar a qualidade de vida das pessoas que vivem em assentamentos irregulares ou favelas, do que retirá-las parece também ter sido também uma conclusão a que chegou a ONU-Habitat que, em abril de 2016, lançou a Campanha Global para Melhorar as Condições de Vida nas Favelas chamado "Levante pelos moradores de favelas - transformando a vida de 1 bilhao de pessoas" (Organização nacional das Nacões Unidas, 2016).O lançamento ocorreu durante a reunião témática da Habitat III – Terceira Conferência sobre Moradia , ocorrida em Petrória, na África do Sul.

Embora a ação da ONU-Habitat tenha objetivo simples de arrecadar dinheiro, quando conclama a iniciativa privada e os governos, ela chama a atenção para dois pontos: o primeiro refere-se à perenidade das favelas e, consequentemente, das condições que garantem sua existência: o predomínio do capital e seus sistemas de produção. E o segundo a

necessidade do poder público repensar seus papel e suas responsabilidades, talverz por meio de uma "solução público-privada". Essa ação aponta para a necessidade premente de criação de políticas públicas com componentes estratégicos para a diminuição da vulnerabilidade da população das favelas.

De modo especial, com relação ao risco de incêndio, a experiência apresentada neste artigo, mostra que isso é possível e exequível, com vantagens para o poder público, para o entorno e para a sociedade, tão ao gosto da ideologia liberalista, uma vez que promove economia dos recursos públicos e atribui responsabilidade aos beneficiários.

No caso das favelas brasileiras, superadas as restrições econômicas e políticas, ainda será necessário enfrentar os preconceitos e mitos que envolvem as comunidades e deixam à sobra a importância da segurança contra incêndio para a vida desses cidadãos.

REFERÊNCIAS

ALVES, L.A. Análise dos programas de segurança contra incêndio em favelas na cidade de São Paulo. 2014. Dissertação (Mestrado Habitação: Planejamento e Tecnologia) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo. 2014.

BALANDIER, G. Sociologia das Mutações, In: Sentido e Poder. Rio de Janeiro: Editora Pedagogo, 2014. cap. 2, p.73-95.

ENGELS, F. A situação da classe trabalhadora na Inglaterra. São Paulo. Boitempo. 2008.

MORENO, A.H.V.S. Focalização e Universalização das políticas sociais brasileiras: limites e possibilidades no enfretamento da pobreza e da desigualdade social. 2009. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Serviço Social. Pág. 96 a 98. Brasília. 2009

OGANIZAÇÃO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU-Habitat lança campanha global para melhorar condições de vida nas favelas. 2016 <https://nacoesunidas.org/onu-habitat-lanca-campanha-global-para-melhorar-condices-vida-favelas/> Acesso em: 20 abr. 2016.

PEREIRA, P. A.P., STEIN, R. H. Artigo Assistência Social no contexto das políticas públicas: Focalização X Universalização na integração de programas e projetos. Vol. 9. Anos XVII, julho/dezembro, 2004.

PAZ, R. D. O. e TABOADA, K. J. **Cidades, desigualdades, territórios**. In: Trabalho Social em Programas e Projetos de Habitação de Interesse Social. Curso à Distância**.** Brasília. Ministério das Cidades. 2010. Módulo 1. Aula 1. p. 11-23. (ISBN: 978.85-7958-017-8.

MORAES, Demóstenes. Apontamentos sobre reforma urbana e produção social do habitat.
2008http://www.unmp.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=135:

apontamentos-sobre-reforma-urbana-e-producao-social-do-habitat&catid=40:materiais-sobre-politica-de-habitacao&Itemid=68> Acesso em 08.05.2016.

SOUZA, M.A.A. Pensando a política nacional de habitação para a diversidade das famílias e dos municípios brasileiros. IN: **Anais III Encontro Anual da Rede Brasileira de Cidades Médias REDBCM** (2013). Cachoeira. BA. Acesso em 20.06.2016. <http://www.redbcm.com.br/arquivos/bibliografia/texto_angela_politicahabitacionalrecente.pdf>

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE COMPACIDADE ÀS OPERAÇÕES URBANAS CONSORCIADAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO[1]

CRUZ, Rafael Barreto Castelo da (1); MARINS, Karin Regina de Casas Castro (2)

(1) POLI-USP, e-mail: rafaelcastelo@usp.br; (2) POLI-USP, e-mail: karin.marins@usp.br

RESUMO

O modelo de cidades compactas orienta-se no sentido de aproximar pessoas com diferentes características socioeconômicas, favorecer a interação e possibilitar uma distribuição equilibrada dos recursos urbanos, ao minimizar as distâncias e os deslocamentos. A compacidade da forma urbana, e seu respectivo índice, é uma métrica espacial relacionada às interações humanas e à organização de atividades dentro de uma área urbana. O índice de compacidade, por sua vez, mede a forma urbana e sua fragmentação. Os modelos de urbanização, alavancados pelas políticas urbanas, alteram a forma urbana, tanto em seus limites territoriais quanto os urbanísticos. Atualmente, a revisão de instrumentos urbanísticos, aplicáveis ao Município de São Paulo, estabelece, dentre muitos objetivos, o desenvolvimento de áreas urbanas especificas com maiores densidades, diversificação e mais compactas. O objetivo do presente trabalho é investigar metodologias de cálculo do índice de compacidade e diagnosticar o nível de compacidade dos limites do município de São Paulo, da área urbana de São Paulo e de projetos de intervenção urbana selecionados, no caso, as operações urbanas consorciadas. Verificou-se, preliminarmente, que formas urbanas planejadas e projetadas, que detêm áreas similares, têm índices de compacidade diferentes.

Palavras-chave: Índice de compacidade. Operações urbanas. Cidades sustentáveis.

ABSTRACT

The model of compact cities is oriented towards bringing people with different socioeconomic characteristics, promote interaction and facilitate a balanced distribution of urban resources, while minimizing the distances and displacements. The compactness of urban form, and its respective index, is a spatial metric related to human interactions and organization of activities within an urban area. The compactness index, in turn, measures the urban form and its fragmentation. Urbanization models, leveraged by urban policies, change urban form, both in their territorial and urban limits. Currently, the revision of urban planning instruments applicable to the Municipality of São Paulo, provides, among many objectives, the development denser,, and more compact and diverse urban areas. The objective of this study is to investigate a calculation methodology of compactness index and diagnose the compactness of the range of São Paulo, the urban area of São Paulo and selected urban development projects, e.g. the joint urban operations. First results showed that urban forms with similar areas have different compactness indices.

Keywords: *Compactness index. Urban operations. Sustainable cities.*

[1] CRUZ, R.B.C; MARINS, K.R.C.C. Aplicação do Índice de Compacidade às operações urbanas consorciadas do Município de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A população urbana passou de 746 milhões em 1950, para 3,9 bilhões de habitantes em 2014 (UNITED NATIONS, 2015). Em 2045, ultrapassará seis bilhões de habitantes, e este crescimento se dará, principalmente, em cidades[2] nos países em desenvolvimento.

Megacidades[3] também crescem. Em 1990, havia 10 megacidades no mundo, onde habitavam 153 milhões de pessoas, cerca de 7% da população urbana. Em 2014, chegou-se à 28 megacidades, onde vivem 453 milhões de pessoas, cerca de 12 % dos habitantes do planeta (UNITED NATIONS, 2015). Cidades com estas características enfrentarão desafios em atender às necessidades do crescimento e adensamento populacional.

Planejar e gerenciar áreas urbanas em processo de expansão territorial e adensamento populacional constitui um desafio do século XXI. Fomentar vetores sustentáveis para orientar o desenvolvimento das cidades, ajustados a processos de urbanização, serão a chave para formulação de estratégias onde a cidade emerja como uma construção coletiva, associando a ordem física às questões ambientais, sociais e econômicas. O Projeto *Urban Age,* conforme Burdett e Sudjic (2007), destaca cinco características principais do processo de urbanização corrente: a escala e a velocidade de crescimento populacional; a diversidade; a migração e a imigração populacional; a complexidade (entre demandas locais e globais); e os níveis de conectividade entre as pessoas, organizações e locais.

Na década de 70, o Brasil se tornou predominantemente urbano, com 50 % da população vivendo em cidades. Recentemente, algumas propostas de planejamento e adensamento urbano estão sendo apresentadas, dentre elas recentes alterações em políticas urbanas no município de São Paulo. O município[4] de São Paulo é o mais populoso do país e constitui a maior megacidade da América Latina, junto com sua região metropolitana, constitui a 5º maior aglomeração urbana do mundo, com aproximadamente 18,8 milhões de habitantes (UNITED NATIONS, 2015).

A revisão participativa do Plano Diretor de São Paulo, aprovado em 2014, e a recente revisão da Lei de Uso e Ocupação de Solo, visam orientar o adensamento e a diversificação de usos em determinados eixos de transporte coletivo público e nas centralidades municipais (SÃO PAULO, 2014). Dá-se continuidade, ainda, às operações urbanas consorciadas[5], cuja implantação foi iniciada há mais de uma década. São também definidas Áreas de Intervenção Urbana, estas, por sua vez, organizadas em

[2]Cidade é o espaço de um município delimitado por um perímetro urbano.

[3]Megacidade é o termo para definir uma cidade que sedia uma aglomeração urbana com mais de dez milhões de habitantes com rápido processo de urbanização.

[4] Município é o espaço territorial político dentro de um estado ou unidade federativa. O município possui a sua zona rural e a zona urbanizada.

[5] Operação Urbana ou Operação Urbana Consorciada é um instrumento urbanístico que excepciona a Lei de Uso e Ocupação do Solo e é utilizada para requalificar uma área da cidade ou para implantar e/ou ampliar infraestruturas urbanas

subcategorias. Trata-se de áreas subutilizadas, seja pela degradação urbana, ou ainda pelo esvaziamento populacional, mas que possuem boa infraestrutura, tornam-se objeto de estudo por parte do Poder Público visando sua requalificação urbana.

A aplicação de índices às práticas recentes das intervenções urbanas[6], executadas por meio de parcerias entre o Poder Público e a iniciativa privada, poderia orientar a análise dos resultados destas intervenções. Nesse contexto, a "consolidação de um comparativo de indicadores" pode "...auxiliar na avaliação das soluções urbanas baseadas em critérios e estratégias de sustentabilidade" (MARINS ,2014).

A verificação dos índices de compacidade, associados a diretrizes de uso e ocupação de solo, pode fornecer insumos para analisar a eficiência de instrumentos de regulação urbanística no que tange ao adensamento urbano. Parte-se do pressuposto que o índice de compacidade é um indicador associado à morfologia urbana e dá suporte à compreensão da forma urbana, à luz do uso do solo como um dos fatores determinantes da forma urbana, segundo Dempsey e Jones (2010). O Índice de compacidade é utilizado para identificar os impactos físico-espaciais e, em continuidade a este trabalho, as consequências socioeconômicas e espaciais destas intervenções.

O objetivo do presente trabalho é investigar metodologias de cálculo do índice de compacidade e diagnosticar o nível de compacidade dos limites do município de São Paulo, da área urbana de São Paulo e de projetos de intervenção urbana selecionados, no caso, as operações urbanas consorciadas. O trabalho tem caráter exploratório, baseado em revisão bibliográfica associada à análise sistematizada de imagens de satélite com perímetros georreferenciados.

2 CIDADES COMPACTAS E PROJETOS DE INTERVENÇÃO URBANA

Segundo Marins (2014):

> O interesse e os investimentos no desenvolvimento e na implantação de distritos urbanos compromissados com abordagens sistêmicas e critérios de sustentabilidade vêm adquirindo importância nos últimos anos, no mundo e no Brasil.

Iniciativas são encontradas em diversos países, como, Hammarby Sjöstad, em Estocolmo (Suécia); Cidade Pedra Branca, em Palhoça, Grande Florianópolis (Brasil) e Tianjin (Cingapura). Contudo, em São Paulo, estas abordagens ainda são incipientes. Lima et.al. (2014) destacam, dentre novos conceitos de gestão urbana, a garantia do direito às cidades sustentáveis.

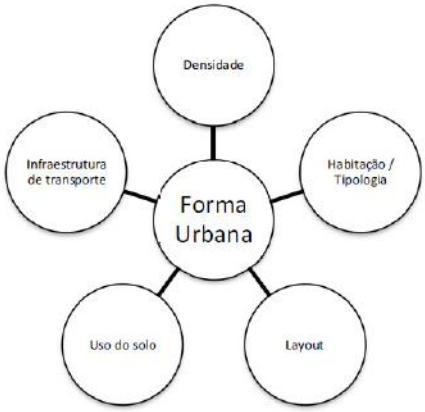
[6] Conjunto de ações de natureza urbanística praticadas pelo Município por meio de obras públicas e desapropriações, sendo que o custo delas inclui todas as despesas necessárias à sua realização, inclusive os gastos incorridos com projetos.

O princípio de sustentabilidade preceitua o artigo 2º do Estatuto da Cidade (Lei federal nº 10257/2001), que estabelece, dentre outros aspectos, diretrizes que contemplam:

> Garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 2001).

Segundo Deakin[7] (2002) apud Marins (2014), "o planejamento e a gestão de áreas urbanas de acordo com critérios de sustentabilidade requer uma visão clara do sistema urbano e das interações de seus subsistemas". Essa ideia é ilustrada por Dempsey e Jones (2010), adaptado na Figura 1. Entretanto, o entendimento de Lamas (2007) é de que o planejamento urbano das cidades da América Latina ainda apresenta diretrizes baseadas no urbanismo modernista, da década de 1950.

Figura 1 - Elementos da Forma Urbana



Fonte: Adaptado de Dempsey e Jones (2010)

Embora não exista apenas uma forma urbana[8] que se relacione com desenvolvimento urbano sustentável, para Willians et.al. (2000) é consenso que as formas urbanas com maiores densidades, com diversificação de atividades e mais compactas apresentam melhores resultados, em termos de sustentabilidade.

A cidade compacta sugere eficiência na organização de atividades urbanas, dentro de uma área relativamente pequena (RICHARDSON[9], 1973; COLE[10], 1964 apud LU e Y, 2015). Atualmente, a aplicação do conceito de

[7] DEAKIN, M. CURWELL, S. LOMBARDI, P. Sustainable Urban Development: The framework and directory of assessment methods. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**. Imperial College Press. 4 , 2(June 2002) pp. 171–197.

[8] Maneira de descrever as características físicas de uma cidade, ou, também pode ser entendida como a configuração espacial de elementos fixos em determinada escala (Anderson, Kanargoglou e Miller, 1996).

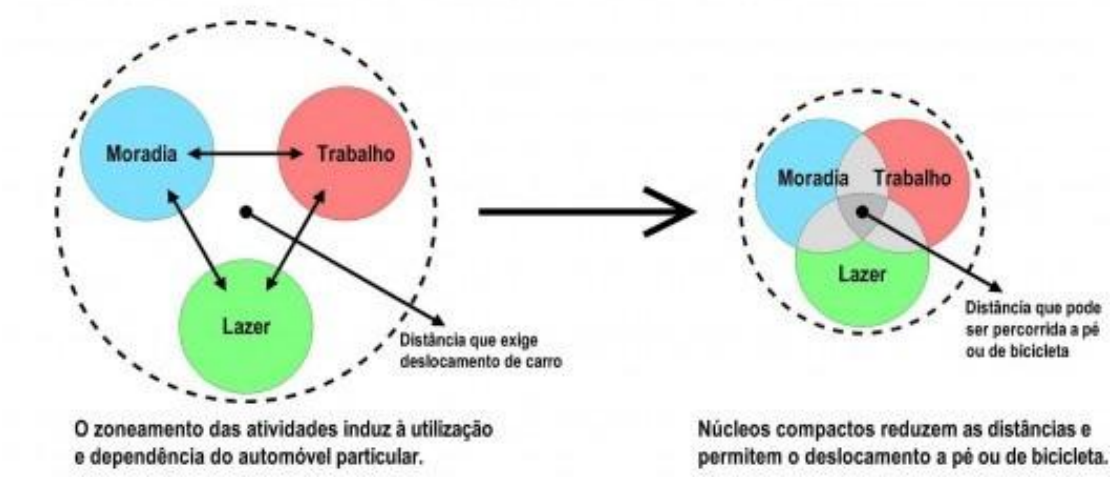
[9] RICHARDSON, H. **The Economics of Urban Size**. Westmead: Saxon House, 1973.

[10] COLE, J. **Study of Major and Minor Civil Divisions in Political Geography**. The 20th International Geographical Congress. Sheffield, 1964.

cidade compacta é, frequentemente, identificada por meio da relação entre uma área e o número de determinados elementos; sejam pessoas, serviços, habitações ou área construída (PONT e HAUPT, 2009).

De forma aditiva, a descentralização dos serviços contribui para um espaço urbano menos segregado e mais igualitário (Figura 2), estabelecendo a distribuição dos serviços e equipamentos urbanos, integrando centro e periferia, segundo Acselrad (1999 e 2009).

Figura 2 - Modelo de Cidade Compacta



Fonte: Adaptado de Rogers e Gumuchdjian (2001)

O modelo de cidades compactas se orienta aproximando pessoas de diferentes características, favorecendo a interação e possibilitando distribuição igualitária dos recursos urbanos, ao minimizar as distâncias, deslocamentos e os custos da implementação e manutenção da infraestrutura.

Nas últimas décadas, a formulação das políticas de adensamento urbano resultou na implementação de projetos urbanos em várias cidades do mundo. Em São Paulo esta prática culminou nas operações urbanas consorciadas. Cada área, objeto de operação urbana, é detalhada por meio de uma lei específica que estabelece as metas, bem como os mecanismos de incentivos e benefícios, contando com um projeto urbanístico específico. As áreas de interesse para Operações Urbanas em São Paulo foram previstas no Plano Diretor Estratégico (PDE) do Município de 2002.

As revisões do Plano Diretor Estratégico e da Lei de Uso e Ocupação de Solo do município de São Paulo, em 2013 e 2016, respectivamente, estabeleceram, dentre outros marcos, projetos de intervenção urbana como vetores de transformação induzida, mantendo as áreas das operações urbanas, as quais se configuram como poli centralidades[11] induzidas na

[11] Decorrente da dispersão, quando uma área tem densidade demográfica e econômica importante, criam-se centros secundários para a distribuição de mercadorias ou de serviços. A cidade, durante seu crescimento engloba pequenos centros semiurbanos ou antigos subúrbios, que se transformaram em centros secundários. (SANTOS, 1989)

cidade e abrangendo as operações Urbanas Água Branca, Água Espraiada, Centro e Faria Lima. Contudo, alguns autores pontuam que a ausência de um projeto urbanístico efetivo que norteie estas intervenções corrobore, apenas, para resultados favoráveis ao mercado imobiliário, tornando as iniciativas pouco efetivas para a melhoria do espaço urbano, conforme apontam Maricato et al. (2002).

3 APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE COMPACIDADE NA AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INTERVENÇÃO URBANA

"O desenvolvimento de formas diferenciadas de planejar cidades, e ferramentas de apoio metodológicos... são fundamentais para sistematizar e acelerar o processo de tomada de decisão", aponta Marins (2010).

Coloca-se o desafio de estabelecer um modelo, compatibilizando critérios e agentes, apoiado em métodos[12]. Estes modelos podem orientar os processos decisórios, culminando em uma área urbana planejada, considerando a contribuição de diversas óticas. Este processo metodológico passa por uma abordagem em que há de se mensurar, por exemplo, as variáveis que os próprios moradores julgam pertinentes para o bairro em que moram (GASPAR, 2007.).

Ademais, a inserção de processos metodológicos de planejamento urbano e tomada de decisões, que incorporem a métrica de indicadores, pode subsidiar formas urbanas com melhores relações operacionais e sociais. Nesse âmbito, há indicadores ligados a métricas espaciais que representam características físicas da paisagem e da morfologia urbana, e vários índices têm sido desenvolvidos neste sentido. Segundo Li e Yeh (2004) e Lu e Y (2015), dentre estes se incluem os índices de compacidade, centralidade, densidade, porosidade, complexidade e dispersão. Como já mencionado, este trabalho será balizado pela aferição do índice de compacidade.

O índice de compacidade, referenciado por Lu e Y (2015), é baseado nas propostas de Cole (1964) e Richardson (1973) e resulta da Equação 1. Contudo, outra abordagem é ancorada pela proposta de Li e Yeh (2004), que aplica a Equação 2, o que, matematicamente, é análogo à Equação 1.

$$IC = {2\sqrt{\pi A}}/{P} \qquad (Eq.1)$$

[12] Método é um conjunto de princípios, diretrizes e procedimentos que orientam uma sequência de operações empíricas e racionais nitidamente distintas e rigidamente concatenadas; enquanto que uma "ferramenta" é um utensílio, ou dispositivo, ou mecanismo físico ou intelectual utilizado para facilitar a realização de uma tarefa (FEYERABAND, 1977). Porém, em determinados contextos, um "método" pode ser entendido como uma "ferramenta", uma vez que tem a função de facilitar a conquista de determinadas metas .

$$IC = {}^{2\,\pi\sqrt{\frac{A}{\pi}}}\Big/_{P} \qquad (Eq.2)$$

Nos cálculos será empregada a Equação 1. O cálculo tem o caso circular como uma referência, que é a forma mais compacta. O índice com valor igual a 1 remete à forma circular (a mais compacta). Os valores inferiores indicam uma área menos compacta da cidade, onde *A* é a área urbana e *P* é o perímetro urbano. O parâmetro de classificação é proposto por Lu e Y (2015), conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação do Índice de Compacidade

IC	**Referência Padrão**
> 0,5	Compacta
0,2 – 0,5	Pouco compacta
0,15 – 0,2	Dispersa
<0,15	Muito dispersa

Fonte: Adaptado de Lu e Y (2015)

Os níveis de compacidade referem-se à percepção de que, segundo Rogers e Gumuchdjian (2001), a redução das distâncias urbanas é um incentivo à caminhada ou ao uso de bicicletas, pois favorece a continuidade e a conectividade do tecido urbano, corroborando para contenção da dispersão urbana, referenciada na bibliografia internacional como *urban sprawl*.

Para cálculo do índice foram necessários dados cartográficos, obtidos através do Portal GeoSampa[13] (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2015) e imagens de satélite obtidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016), associados a dados e metodologia de classificação de área urbanas determinados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015). As informações foram integradas e analisadas como apoio do software ArcGIS®.

Foram coletados o perímetro e a área do município de São Paulo, aferindo–se, respectivamente 365 km e 1.529 Km², conforme Figura 3. A vetorização destas áreas, conforme estabelecido nas delimitações das operações urbanas consorciadas (Figura 4), permitiu medir as respectivas áreas e perímetros, a saber: Operação Urbana Agua Branca (em azul: 4,97 km² e 11,7 km); Operação Urbana Agua Espraiada (em rosa: 13,8 km² e 47,8 km); Operação Urbana Consorciada Faria Lima (em amarelo:, 6,52 km² e 19,1 km; Operação Urbana Centro (em vermelho:, 6,26 km² e 11,4 km).

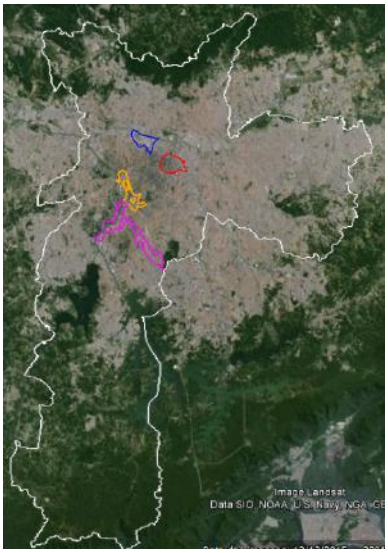
[13] Aplicação GeoSampa permite acesso às informações referentes ao geoprocessamento do município de São Paulo.

Figura 3 - Perímetro do Município de São Paulo



Fonte: Adaptado de GeoSampa (2015)

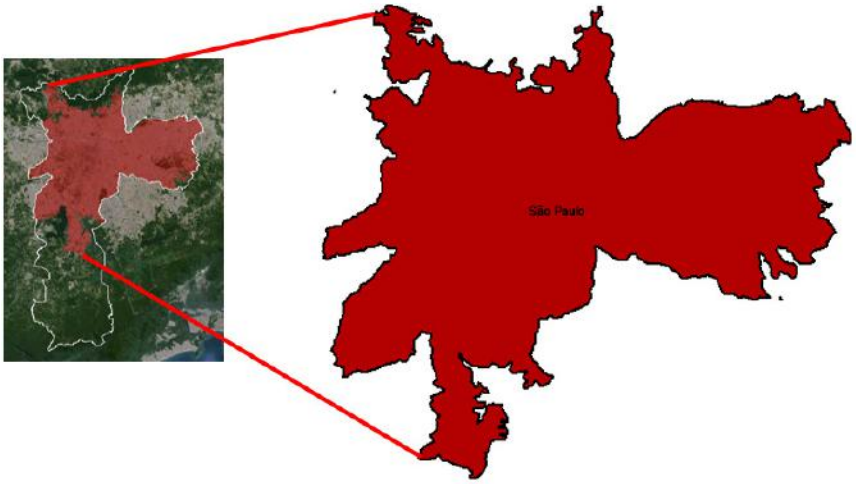
Figura 4 - Perímetro das Operações Urbanas do município de São Paulo



Fonte: Adaptado de GeoSampa (2015)

Com base na metodologia definida pelo IBGE para caracterização de Áreas Urbanizadas, o mapa foi georreferenciado com as imagens do Satélite CBERS-2, definindo-se a mancha urbanizada muito densa [14], aqui designada como "Cidade de São Paulo". Foram coletadas a área e o perímetro da mancha urbana muito densa, encontrando, respectivamente, 903,22 km² e 255,28 km (Figura 5).

Figura 5 - Mancha Urbana Muito Densa – Cidade de São Paulo



Fonte: Os Autores – Elaborado no Software ArcGIS®, com base aos critérios do IBGE sobrepostos a imagens de Satélite do INPE (2016)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

[14] Segundo o IBGE manchas urbanizadas *muito densas* correspondem às áreas centrais de grandes aglomerações urbanas, caracterizando-se por um adensamento acentuado das construções, com presença de verticalização e quase ausência de solo não impermeabilizado.

Com a coleta de dados e o estabelecimento do método de análise, foi possível verificar o índice de compacidade. Aplicando-se a Equação 1, o Índice de Compacidade do município de São Paulo encontrado é 0,380 (Equação 3). Já o índice de compacidade da mancha urbana da Cidade de São Paulo é de 0,471, conforme Equação 4.

$$IC_{Municipio\ de\ São\ Paulo} = {2\sqrt{\pi\ x\ 1529}}/{365} = \mathbf{0,380} \qquad (Eq.3)$$

$$IC_{Cidade\ de\ São\ Paulo} = {2\sqrt{\pi\ x\ 903,22}}/{255,28} = \mathbf{0,417} \qquad (Eq.4)$$

Aplicando-se a mesma metodologia nas Operações Urbanas analisadas neste trabalho, , foram encontrados os seguintes valores para o Índice de Compacidade: i.) OU Agua Branca: IC = 0,675 (Eq. 5); ii.) OUC Agua Espraiada: IC = 0,275 (Eq. 6); iii.) OUC Faria Lima: IC = 0,474 (Eq. 7); iv.) OU Centro: IC = 0,778 (Eq. 8).

$$IC_{(OUC-Agua\ Branca)} = {2\sqrt{\pi\ x\ 4,97}}/{11,7} = \mathbf{0,675} \qquad (Eq.5)$$

$$IC_{(OUC-Agua\ Espraiada)} = {2\sqrt{\pi\ x\ 13,8}}/{47,8} = \mathbf{0,275} \qquad (Eq.6)$$

$$IC_{(OUC-Faria\ Lima)} = {2\sqrt{\pi\ x\ 6,52}}/{19,1} = \mathbf{0,474} \qquad (Eq.7)$$

$$IC_{(OU-Centro)} = {2\sqrt{\pi\ x\ 6,26}}/{11,4} = \mathbf{0,778} \qquad (Eq.8)$$

Embora o quesito "diversidade" seja apontado na literatura como um item relevante na análise da compacidade, bem como fatores ligados ao adensamento e os usos mistos, em nenhuma das metodologias investigadas estes fatores são inseridos. Os resultados dos índices de compacidade calculados foram sintetizados no Quadro 2. A partir deste diagnóstico inicial, há de se investigar se as operações pouco compactas, contudo, com variações significativas entre si (por exemplo, OUC Água Espraiada com IC de 0,275 e a OUC Faria Lima com IC de 0,474) interferem, ou não, no fomento dos objetivos das cidades compactas.

Quadro 2 – Síntese dos Resultados e Diagnóstico da aplicação do índice de compacidade ao município de São Paulo

	Área	IC	Diagnóstico
Município e Cidade	Município de São Paulo	0,380	Pouco Compacto
	Cidade de São Paulo	0,417	Pouco compacta
Intervenções Urbanas	OU Agua Branca	0,675	Compacta
	OUC Agua Espraiada	0,275	Pouco Compacto
	OUC Faria Lima	0,474	Pouco compacta
	OUC Centro	0,778	Compacta

Fonte: Os Autores (2016)

Ainda cabe salientar que caracterizar São Paulo enquanto município e enquanto área urbana, conforme os critérios já apresentados, configuram um índice de compacidade melhor, contudo ainda "Pouco Compacto".

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que o planejamento e ordenamento territorial, no que tange à forma urbana, deve considerar as conseqüências das alterações morfológicas e sua contribuição para um padrão denso ou disperso de desenvolvimento. Chama à atenção a diferença percentual, em área, entre as Operações Urbanas Faria Lima e Centro, de apenas 4%. Contudo, a diferença no índice de compacidade é de 64%, demonstrando que ambos, área e perímetro, são fundamentais para definir formas urbanas mais compactas. Entretanto, tanto a densidade, quanto a diversidade, são elementos que requerem maior aprofundamento em sua associação ao conceito, e aferição, de cidades compactas e sua apropriação pelos projetos de intervenção urbana.

Ainda, investigar o comportamento de outros indicadores físicos, sociais, econômicos, etc. para diagnosticar se, de fato, as formas mais compactas corroboram para transformações positivas, principalmente nas Operações Urbanas mais compactas. Nesse âmbito, também se mostram oportunas novas pesquisas a análise de outros índices, não investigados neste trabalho, tais como centralidade, densidade, porosidade, complexidade e dispersão. O contorno da urbanização contemporânea está fortemente vinculado ao que desejamos como qualidade de vida urbana, aponta Ojima (2007). Assim, a percepção de tais índices pode, inclusive, moldar o ambiente construído, fornecendo mais um elemento a ser considerado nas tomadas de decisão.

REFERENCIAS

ACSELRAD, H. **Duração das cidades:** sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. 2ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Lamparina, 2009, 256p.

ACSELRAD, H. Discurso da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais.** Campinas, SP. Número 1, Campinas, 1999.

ANDERSON, W. P., KANARGOGLOU, P. S., MILLER, E. Urban Form, Energy and the Environment: A Review of Issues, Evidence and Policy. **Urban Studies**, v. 33, n. 1., 17-35, 1996.

BRASIL. Estatuto da Cidade - Lei n. 10257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 jul. 2001.

BURDETT, R., SUDJIC, D. **The Endless city:** the Urban Age Project. The London School of Economics and Deutche Bank´s Alfred Herrhausen Socity. Phaidon, London, UK, 8-31. ISBN 9780714848204.

DEAKIN, M. CURWELL, S. LOMBARDI, P. Sustainable Urban Development: The framework and directory of assessment methods. **Journal of Environmental Assessment.** Imperial College Press, pp.171–197, 2002.

DEMPSEY, N. E., JONES, C. **Elements of Urban Form. Dimensions of the Sustainable City** - Londres: Springer, pp. 21-51, 2010.

FEYERABAND, P. **Contra o método: esboço de uma teoria anárquica da teoria do conhecimento**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.487p

GASPAR, W. **Proposta metodologica de avaliação do grau de satisfação de popução em aera urbana.** Estudo de Caso: bairro Antenor Garcia, municipio de São Carlos. 2007. 163p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2007.

GUJARATI, D., PORTER, D. **Econometria Básica** - 5.Ed. AMGH, 2011. 920p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **DGI - Divisão de Geração de Imagens - Centro de Dados de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISICA. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas do Basil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <www.ibge.gov.br/apps/arranjos_populacionais/2015>. Accesso em jan.2015.

LAMAS, J. M. **Morfologia Urbana e Desenho da Cidade**. 4. ed. Porto: Fundação Calouste Gulbenkian, p. 37-40. 2007.

LI, X., YEH, A**.** Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS. **Landscape Urban Planning**, v.69, n.4., (October 2004) p. 335– 354, 2004

LIMA, A., REIS, L., SOUSA, K. Os Planos Diretores da Grande Teresina a Gestão Ambiental Urbana: Caracterização dos Instrumentos e Politicas Locais. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XV, 2014. Maceió. **Anais...**Maceió: ANTAC, 2014. p. 3132-314.

LU, C., Y., L. Effects of China's urban form on urban air quality Urban Studies. Urban

Studies Journal Limited 2015. DOI: 10.1177/0042098015594080. China: 7 (July 2015), 1–17.2015

MARICATO, E., WHITAKER, J. Operação Urbana Consorciada: diversificação urbanística participativa ou aprofundamento da desigualdade?: In: OSÓRIO, L.(org) **Estatuto da Cidade e reforma urbana**: novas perspectivas para as cidades brasileiras. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris, p.215-250, 2002.

MARINS, K.R.C.C. **Proposta metodológica para planejamento energético no desenvolvimento de areas urbanas.** O potencial e soluções e morfologia e mobilidade urbanas, edifícios energia e meio ambiente: o caso da operação urbana Água Branca, no Municipio de São Paulo. São Paulo: Tese (Doutorado - Area de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) - FAUUSP, 2010.798p.

MARINS, K.R.C.C. **Comparação de estratégias e soluções de sustentabilidade aplicadas a bairros urbanos**. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XV, 2014. Maceió. **Anais...**Maceió: ANTAC, 2014. p.3179 - 3188.

OJIMA, R Dimensões da urbanização dispersa e uma proposta metodológica para estudos comparativos. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais.** São Paulo, v. 24, n. n. 2, p. 277-300, jul./dez. 2007.

SÃO PAULO (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO). LEI Nº 11.774/95 de 18 de maio de 1995. Operção Urbana Água Branca. Estabelece diretrizes e mecanismos para implantação da operação Urbana Agua Branca. Define programa de melhorias previsto para à area objeto da operação, e das outras providências. **Diário Oficial do Município de São Paulo**. 1995

SÃO PAULO (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO). LEI Nº 16.050, de 31 de julho de 2014 (Projeto de Lei nº 688/13, do Executivo, aprovado na forma de Substitutivo do Legislativo) Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/2002. **Diário Oficial do Município de São Paulo.** 2013

PONT, M. Y., HAUPT, P. **Space, Density and Urban Form**. Delft: TU Delft. 2009.306p.

ROGERS, R., GUMUCHDJIAN, P. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili. 2001.196p

SANTOS, M. **Manual de Geografia Urbana.** São Paulo: Huicitec.1989.225p

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects:** The 2015 Revision. New York: UN, 2015.

WILLIANS, K., BURTON, E., JENKS, M. **Achieving Sustainable Urban Form**. Londres. E & FN. 2000. 408p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DEFICIT HABITACIONAL QUALITATIVO DE BELO HORIZONTE: ESTRATÉGIAS APLICADAS PARA MELHORIA DAS HABITAÇÕES EXISTENTES DE BAIXA RENDA[1]

DRUMOND, Rejane Coutinho (1); CASTRO, Maria Luiza de (2)

(1) UFMG, e-mail: rejanedrumond@gmail.com; (2) UFMG, e-mail: luizadecastro2000@gmail.com

RESUMO

Este artigo propõe, por meio de um estudo de caso, a análise de um programa municipal que preconiza a requalificação de unidades habitacionais existentes em Belo Horizonte. Este programa se insere dentro de uma trajetória política que tem gerado a possibilidade de uma atuação qualitativa nas intervenções municipais; o objetivo é identificar ganhos quanto a quesitos tais como a sustentabilidade em sua concepção mais ampla e o resgate da dignidade do habitante. Inicialmente é traçada uma evolução das políticas públicas municipais em Belo Horizonte, que têm avançado na busca de mais qualidade nas intervenções. Em seguida é apresentado um estudo de caso demonstrando as etapas de desenvolvimento do programa, que representa uma perspectiva promissora para abordagens sustentáveis e includentes.

Palavras-chave: Deficit qualitativo. Programa habitacional. Políticas públicas.

ABSTRACT

This paper proposes to analyze a municipal program that calls for the rehabilitation of existing housing units in Belo Horizonte. This program is part of a political trajectory that has generated the possibility of a qualitative performance in municipal operations; the goal is to identify positive aspects concerning matters such as sustainability in its broadest sense and the rescue of the inhabitants' dignity. Initially, the paper focuses on the evolution of municipal public policies in Belo Horizonte, showing the progress made towards the search for quality in interventions. In order to demonstrate the development stages of the program, the paper presents a case study. The orientation of the public policies is a promising prospect for sustainable and inclusive approaches.

***Keywords**: Qualitative deficit. Housing program. Public policies.*

1 INTRODUÇÃO

O artigo propõe o estudo de estratégias voltadas para o suprimento de habitação de uma forma integrada com ações de inclusão social para famílias muito pobres e vulneráveis. A abordagem, voltada para a requalificação de habitações, é reflexo de uma evolução das políticas municipais em busca de uma intervenção que supra não somente um déficit

[1] DRUMOND, Rejane Coutinho; CASTRO, Maria Luiza de. Deficit habitacional qualitativo de Belo Horizonte: estratégias aplicadas para melhoria das habitações existentes de baixa renda. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

habitacional, mas que articule esta questão com a busca da superação da exclusão social.

A partir da análise de uma tendência emergente no provimento da habitação social, que visa atender a estas demandas, o artigo pretende efetuar uma análise das opções trazidas pelo programa municipal Família Cidadã: Cidade Solidária, lançado em outubro de 2009 em Belo Horizonte, constituído a partir da integração entre parceiros governamentais - Secretarias Municipais de Políticas Sociais, Saúde, Educação, Assistência Social, URBEL - e não-governamentais, com a participação da iniciativa privada. Este programa pretende promover melhoria imediata das condições de vida de famílias em situações de grande vulnerabilidade, risco social e pessoal, nas áreas de intervenção do Programa BH Cidadania (ROCHA, 2005). Este programa está vinculado à Secretaria Municipal de Políticas Sociais (SMPS) e seu objetivo é proporcionar uma gestão intersetorial para integrar diferentes áreas no combate e erradicação da pobreza.

O projeto Família Cidadã prevê o atendimento de cerca de mil famílias (30 em cada um dos 33 Núcleos do BH Cidadania) com os piores indicadores de vulnerabilidade e procura articular ações em diversas frentes - transferência de renda, educação, saúde, geração de trabalho e renda, intervenção urbana e habitação, elaborando um Plano de Ação Familiar em conjunto com cada família (VEIGA; BRONZO, 2014)

Diversas secretarias estão envolvidas na execução deste plano: secretarias de Políticas Sociais; de Assistência Social; Educação; Saúde; e a URBEL. A esta última compete a gestão, execução, assessoria e acompanhamento das reformas.
A solução projetual oferecida como parte desta estratégia se contrapõe à solução tradicional para suprimento de moradia, uma vez que aproveita a edificação existente e a transforma, ao invés de demoli-la e deslocar seus habitantes. A questão da moradia passa, portanto, a fazer parte de um conjunto integrado de ações, no sentido de prestar assitência social, combater a exclusão e a indigência, contribuindo, desta forma, para a busca da sustentabilidade social de uma forma integrada.

2 LIDANDO COM O DEFICIT HABITACIONAL EM BELO HORIZONTE: ABORDAGENS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS

O problema do deficit de moradia se reflete na ocupação irregular das áreas urbanas que, em Belo Horizonte, já levou às primeiras remoções de favelas desde 1903, logo após a fundação da cidade (MOTTA, 2012). Esta situação se perpetuou até a década de 1950 (HOURI, 2008), quando foi esboçada uma resistência da população envolvida. O golpe militar de 1964 desarticulou, entretanto, esta resistência e a questão passou a ser tratada de forma mais repressiva: com o objetivo de remover as moradias de favelas e controlar novas ocupações foi criada a Coordenação de Desfavelamento das Áreas Urbanas e Suburbanas, órgão do Departamento Municipal de Bairros e Habitações Populares (DBP) (HOURI, 2008).

Na década de 1970, a cidade continuou crescendo de forma desordenada– foi nesta época a criação da Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH. Dentro deste contexto, o DBP foi substituído em 1971 pela Coordenação de Habitação de Interesse Social de Belo Horizonte (CHISBEL), que intensificou a política de remoções forçadas (HOURI, 2008; MOTTA, 2012; TONUCCI FILHO, 2012).

Uma reação crescente às políticas de desfavelamento e a incapacidade do governo de prover uma alternativa para a produção em massa de habitação acabaram fazendo com que o Poder Público reconhecesse as favelas (TONUCCI FILHO, 2012): a nova Lei de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte – LUOS, de 1976, alterou o zoneamento existente para mais de 120 favelas, incorporando a figura de "Setor Especial 4", voltada para as áreas de "urbanização específica de interesse social", mais tarde consolidada na ZEIS (CONTI, 2004).

A mudança de atitude do Poder Público é sinalizada, nesta época, pela criação do Programa de Desenvolvimento Comunitário (PRODECOM) pelo Governo do Estado, que implementou obras de melhorias habitacionais e pequenas obras de saneamento básico em favelas da cidade (TONUCCI FILHO, 2012). No âmbito legal, destaca-se a elaboração do Plano Municipal de Habitação Popular e a criação do Programa Municipal de Regularização de Favelas – PROFAVELA - em 1983, que tinha como princípio básico o reconhecimento oficial do direito de propriedade dos favelados (CONTI, 2004; HOURI, 2008).

A criação do PROFAVELA levou também ao surgimento da URBEL, inicialmente seu órgão executor, voltada para atividades de urbanização, assentamento, administração de imóveis e construção de habitações para população de baixa renda (SILVA; BARBOSA, s.d.). Na medida em que estes programas se ampliaram, a CHISBEL foi extinta (TONUCCI FILHO, 2012).

Uma análise da produção na década de 1980 mostra programas voltados para a diminuição do deficit habitacional que priorizaram a questão quantitativa (HOURI, 2008). Em seguida, o grande destaque foi para as transformações políticas e sociais articuladas, com a difusão da ideia de participação como forma de controle social das decisões: as novas perspectivas se materializaram em propostas como as de orçamento participativo, mutirões com autogestão, o reconhecimento das ocupações, do direito de posse, do direito de localização de favelas em território urbano (NAGATO, 2012). A partir da abertura política, culminando com a Constituição de 1988 e, posteriormente, a de 2000, através da regulamentação dos capítulos da política urbana no Estatuto da Cidade, os movimentos que atuavam na clandestinidade foram se consolidando. Em Belo Horizonte, esta tendência foi reforçada pelo discurso participativo e possibilitada pela a continuidade política na gestão municipal (HOURI, 2008; BEDÊ; COSTA, 2006). A Constituição de 1988 e a reforma do Estado também propiciaram o processo de descentralização das políticas, que passou a

atribuição da gestão dos programas sociais para Estados e Municípios (BEDÊ; COSTA, 2006).

A partir de 1993, quando o governo da Frente BH Popular (1993-1996) ganhou as eleições, foi implantado um novo modelo administrativo e institucional para discutir, criar e executar a política pública habitacional do município (CONTI, 2004).

Em 1994, foi criado o novo Sistema Municipal de Habitação, tendo a URBEL como órgão gestor e operador; o Conselho Municipal de Habitação (CMH) como órgão deliberativo com a participação da sociedade civil, e o Fundo Municipal de Habitação Popular (FMHP), como responsável pelo financiamento das políticas e programas (HOURI, 2008).

Esta articulação serviu como base para as ações do poder público em Belo Horizonte, que passaram então, a ser focadas na produção de novas moradias e em intervenções nos assentamentos informais, incluindo a previsão de financiamento de assessoramento técnico para atendimento de demandas individuais (BEDÊ; COSTA, 2006).

A nova abordagem procurou dar um salto de qualidade nas intervenções a partir de um planejamento global prévio, de caráter democrático (CONTI, 2004); a atenção foi voltada para os impactos no entorno, restringindo o tamanho dos conjuntos e utilizando áreas de implantação já providas de serviços e equipamentos públicos. Além disso, foram colocados em pauta os problemas relativos ao reassentamento, com a priorização de áreas mais próximas ao local de origem (HOURI, 2008).

Nesta ocasião, a prefeitura criou o "Plano Global Específico" – PGE, visando o planejamento de diretrizes para cada favela de forma integrada e não mais intervenções pontuais (MOTTA, 2012). Com a promulgação em 1996 da nova "Lei de Uso e Ocupação do Solo"– LUOS (Lei Municipal n. 7.166) e do Plano Diretor (Lei Municipal n. 7.165), este planejamento ganhou um quadro institucional, por meio da elaboração de um "Plano Estratégico de Diretrizes de Intervenção em Vilas e Favelas e Conjuntos Habitacionais de Interesse Social"; o PGE foi, em seguida, colocado como requisito para o atendimento a vilas e favelas (CONTI, 2004).

No período entre 1993 e 2000, a produção de unidades habitacionais mostrou resultados pouco significativos (HOURI, 2008). O grande mérito das políticas de então reside, portanto, na transformação da perspectiva para tratamento do problema da habitação social e na estrutura criada para as administrações seguintes (BEDÊ; COSTA, 2006).

Após 2000, o Sistema Municipal de Habitação passou a ser exercido por dois órgãos executores, incluindo, além da URBEL, a Secretaria Municipal Adjunta de Habitação (SMHAB), com foco na construção ou recuperação de unidades habitacionais, inseridas em projetos de interesse social.

Dentro das políticas executadas pela URBEL, destaca-se o Programa Vila Viva, "o maior projeto de regularização de favelas em andamento no Brasil", com foco na legalização fundiária, urbanização e desenvolvimento

socioeconômico, que tem recebido também recursos do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) (TONUCCI FILHO; TEIXEIRA ÁVILA, 2008, p. 16).

3 O PROGRAMA E SUAS ESTRATÉGIAS

Dentro de um direcionamento que vem sendo construído pelas políticas públicas municipais desde o final do século XX, o programa Família Cidadã insere a questão da habitação dentro de um contexto que inclui saúde, educação e assistência social, atendendo famílias em situação de grande vulnerabilidade de uma forma integrada, com vistas à sustentabilidade social (VEIGA, BRONZO, 2014). O projeto arquitetônico é desenvolvido por meio de uma assessoria técnica, prestada por escritórios de Arquitetura e Urbanismo selecionados por processo de licitação, promovido pela URBEL.

Após o levantamento técnico e definidos os reais problemas e demandas de cada habitação, é iniciada a etapa de anteprojeto arquitetônico. As primeiras propostas de solução e ideias no nível projetual são discutidas com a URBEL. O projeto resultante desta discussão é então apresentado à família beneficiada, momento em que são negociados eventuais ajustes até a solução aceita. A intervenção chega até a fase de projeto executivo e é encaminhada para execução.

4 ESTUDO DE CASO

O projeto a ser apresentado como estudo de caso – a requalificação de uma residência no Bairro Califórnia - teve início em fevereiro de 2014, quando quatorze unidades, localizadas em cinco diferentes bairros da cidade foram beneficiadas pelo programa. A etapa de projeto teve duração de oito meses e um escritório selecionado por meio de licitação foi o responsável técnico pelos projetos.

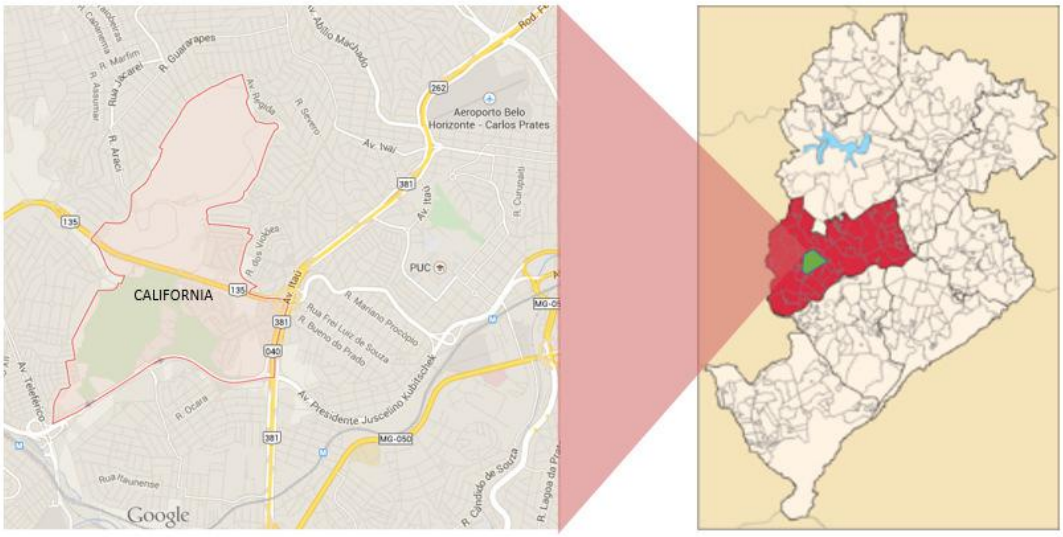
A primeira parte do levantamento contou com a equipe de dois arquitetos e um engenheiro do escritório selecionado, um engenheiro ou arquiteto da URBEL e uma agente social. Nesta etapa, foram realizados levantamentos técnico social, arquitetônico, fotográfico; e laudo técnico.

4.1 Etapa de levantamento

4.1.1 A Vila Califórnia

A Vila Califórnia, bairro Califórnia, região noroeste de Belo Horizonte (Figura 1) é uma das vilas que conquistaram recursos para elaborar seu PGE, no Orçamento Participativo de 1998 (CONTI, 2004), tendo, portanto, um histórico de ativismo interno.

Figura 1 – Bairro Califórnia, região noroeste de BH



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de imagens do Google Earth

A região Noroeste foi consolidada no período da construção de Belo Horizonte, entre 1893-1897, quando imigrantes e operários vieram trabalhar na construção da capital (BELO HORIZONTE, s.d.). Desde então, a partir de desapropriações de fazendas e melhorias a região cresce e adquire maior interesse quanto a ocupação, principalmente em relação à habitacional de baixa renda.

A vila Califórnia surgiu como consequência da construção dos Conjuntos Habitacionais Califórnia I, II e do Conjunto Novo Dom Bosco, no início da década de 1970, devido à necessidade de instalação improvisada dos operários envolvidos nas obras e de suas famílias, seguidos por migrantes que chegavam do interior do estado (BELO HORIZONTE, s.d.). Situada entre o conjunto Califórnia II e o bairro Dom Bosco a norte, inicialmente ficou conhecida como "Favela Sovaco da Cobra" (PRADO, 2014).

Os principais problemas da vila apontados no PGE incluíam: questões relativas ao sistema viário improvisado e fragmentado, a presença de edificações em áreas de risco geológico médio e alto, as condições precárias das moradias, ao risco de inundação (ocupação desordenada às margens do Córrego Avaí) e ao lançamento de lixo e entulho no córrego, além do adensamento crescente com verticalização das edificações. Desde então, algumas intervenções já foram realizadas no sentido de melhorar estas condições, incluindo a canalização de trecho do córrego e remoção de famílias de áreas sujeitas a alagamento (BELO HORIZONTE, s.d.).

Outra questão que teve um impacto negativo para todo o bairro foi a instalação do aterro que funcionou como "Lixão" na BR-040, localizado nas proximidades; que foi, entretanto, desativado em 2007.

O bairro Califórnia possui uma população de 14.260 pessoas, sendo predominantemente residencial, com a presença de pequenos comércios

locais, e já a Vila Califórnia, por sua vez, conta com 3.100 moradores (BELO HORIZONTE, s.d.).

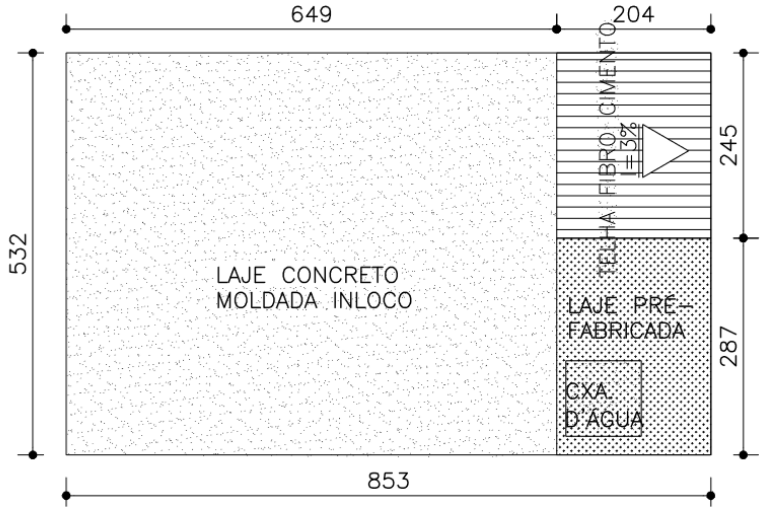
4.1.2 Condições da edificação

A edificação objeto da intervenção possui a via de acesso à mesma cimentada, sem passeio ou meio fio, e largura de apenas 2,40m. Esta conta, porém, com sistema de drenagem e iluminação pública.

A edificação não possui afastamento frontal; nos fundos, tem por limite a construção vizinha, de dois pavimentos. Os afastamentos laterais são mínimos, cerca de 0,70 na lateral esquerda e 0,95 na lateral direita, configurando pequenos corredores de acesso à edificação.

A unidade foi construída no segundo pavimento de uma outra moradia independente, que ocupa todo o terreno disponível, não havendo espaço para expansão. Apesar do pequeno afastamento nas laterais, as habitações vizinhas são mais baixas, gerando um potencial de iluminação e ventilação melhores nas fachadas sul e leste. A residência do andar inferior, na qual a unidade estudada se apoia, foi construída com vigas e pilares de concreto, vedação em alvenaria e acabamento externo com reboco.

Figura 2 – Diagrama de cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor

A edificação em estudo, por sua vez, foi construída em alvenaria de tijolo cerâmico furado com vigas de concreto para apoio da laje de cobertura (Figura 2). Esta laje é de concreto moldada *in loco*, sem impermeabilização, exceto na cozinha, onde é construída com vigotas pré-fabricadas de concreto e preenchimento de tijolo cerâmico. O hall de entrada (ver Figura 3) é o único cômodo sem laje, sendo coberto com telha de fibrocimento. As janelas têm dimensões que variam entre 95x95cm e 150x95 cm.

O interior é distribuído em três quartos, cozinha, banheiro e pequeno hall de entrada. Este hall tem pé-direito duplo indicando a intenção dos moradores de construir um terceiro pavimento. A altura do pé-direito dos demais

cômodos é 2,54m. Em relação ao revestimento, o piso de todos os cômodos é apenas cimentado e as paredes são rebocadas e pintadas; externamente a residência não possui revestimento: a estrutura e vedação de tijolos está à vista e desprotegida das intempéries.

Figura 3 – Hall de entrada, pé direito elevado



Fonte: Imagem do autor

4.1.3 Perfil dos habitantes

Por meio do laudo técnico social foi possível traçar o perfil da família que habita a edificação. Trata-se de uma família uniparental - mãe chefe da família com 3 filhas e um filho, com idade entre 10 e 17 anos, todos frequentes à escola. A mãe, que tem o curso fundamental incompleto, encontra-se desempregada, e recebe auxílio financeiro pelo programa Bolsa Família, conseguindo uma complementação de renda por meio de trabalhos temporários. A família é natural de Belo Horizonte e a responsável vive no imóvel há 19 anos. Nenhum dos ocupantes é portador de necessidades especiais, não sendo necessária a construção de ambientes adaptados.

4.1.4 Anteprojeto

Após realizado o levantamento e analisadas todas as especificidades, foram iniciados os primeiros estudos projetuais. A Figura 6 apresenta as modificações propostas na distribuição do espaço, com destaque para a criação de um novo quarto, em atendimento ao pedido dos próprios moradores, permitindo a separação dos filhos de acordo com o sexo.

As aberturas externas foram ampliadas e as paredes revestidas, para evitar futuras patologias resultantes da umidade.

O projeto prevê, ainda, a remoção da precária estrutura da laje de cobertura, que apresenta risco estrutural, com rachaduras e armaduras aparentes, e patologias resultantes de infiltração pela falta de impermeabilização (Figura 4).

Para substituí-la foi projetada uma cobertura em telha de fibrocimento com forro de PVC e colchão de ar no entreforro, que melhora o desempenho pela diminuição da transmitância térmica.

Foi ainda proposto o reforço estrutural das alvenarias por meio do cintamento superior e a instalação de uma caixa d'água de 250L, próxima às áreas molhadas.

Outro ponto especificado no projeto em relação às envoltórias foi a aplicação de chapisco, emboço, reboco e pintura com tinta acrílica nas paredes externas, para evitar problemas de estanqueidade e mofo no ambiente.

Figura 4 – Laje com trincas, armaduras descobertas e em processo de corrosão



Fonte: Imagem do autor

Outras disposições incluíram a troca dos revestimentos de piso internos, que se encontravam em situação precária, (aplicação de cimento natado ou cerâmica), a troca das louças do banheiro, da cozinha e área de serviço, e também das instalações hidráulica e elétrica destes ambientes.

Após discussão e aprovação do projeto pelos responsáveis técnicos da URBEL, os arquitetos procederam à apresentação para a família beneficiada, etapa crucial para o processo participativo. Para isso foram

utilizados recursos gráficos de fácil apreensão cognitiva, incluindo desenhos e representações tridimensionais, conforme Figura 5.

Figura 5 – Prancha entregue à família beneficiada

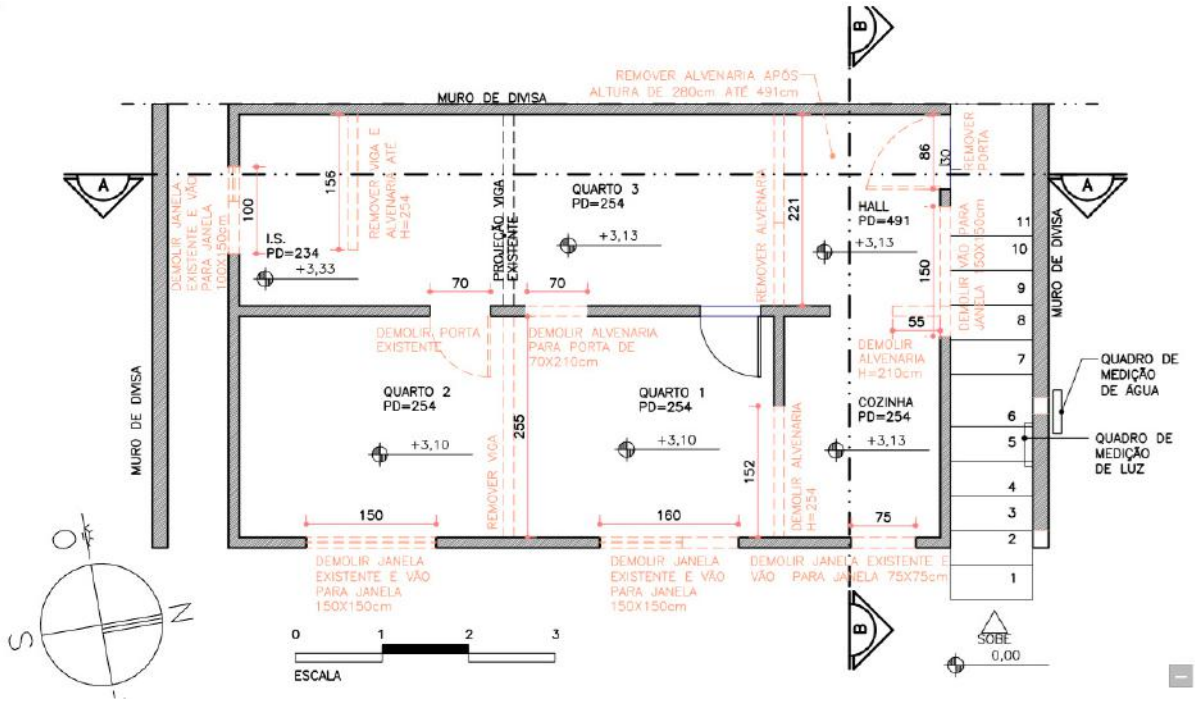


Fonte: Elaborado pela empresa

4.1.5 Projeto executivo

Com a aprovação do estudo pelos moradores, a intervenção chegou à fase de projeto executivo, incluindo a elaboração e detalhamento do projeto arquitetônico e complementares: (estrutural, elétrico e hidráulico) bem como a sua compatibilização e também os orçamentos correspondentes (Figura 6).

Figura 6 – Planta de reforma



Fonte: Elaborado pela empresa

Os recursos necessários para a execução do projeto são disponibilizados pela prefeitura de Belo Horizonte, dentro do contexto do Projeto Municipal Família Cidadã - BH. As obras encontram-se atualmente em etapa licitatória, não sendo ainda possível fazer análises quanto aos seus resultados do ponto de vista da sustentabilidade ambiental e social. Estes resultados estarão ligados não somente à qualidade do projeto e sua execução, mas à capacidade da administração pública em lidar com a gestão integrada das ações de combate à pobreza e exclusão social, que dependem de "dimensões materiais" (...), relacionais, atitudinais e comportamentais, reconhecidas como centrais para sua prevenção, mitigação e superação" (VEIGA; BRONZO, 2014, p. 599).

5 CONCLUSÕES

O programa Família Cidadã procura combater a pobreza e exclusão social de forma integrada e o combate ao déficit qualitativo de habitação é uma de suas frentes de combate. As intervenções proporcionam condições de habitabilidade e dignidade para a população alvo, não só por meio de melhorias nas condições físicas, mas também pela valorização e respeito do usuário, que participa dos processos decisórios.

De um ponto de vista mais amplo, o aproveitamento da construção pré-existente permite uma diminuição da intensidade energética e material na etapa de construção de moradias; promove também a sustentabilidade na etapa de uso ao criar condições de salubridade, segurança estrutural e acessibilidade (SZOKOLAY; AULICIEMS, 1997), contribuindo ainda para a

diminuição da energia de operação, por meio das condições mais favoráveis para a iluminação e ventilação naturais (MONTERO, 2006). Ao manter a população em áreas mais próximas do centro urbano – ao invés de realoca-la na periferia como programas habitacionais tradicionais - diminui as distâncias de deslocamento e utiliza a infraestrutura instalada de transporte da cidade, promovendo a sustentabilidade urbana (ROLNIK, 2010; BOTOLI et al., 2013).

Embora ainda não seja possível analisar resultados, já se pode presumir que o viés interdisciplinar da intervenção contribuirá não só para os vários aspectos da sustentabilidade, mas também para a garantia da dignidade da moradia, por meio da manutenção da rede de relações sociais, de vizinhança e de solidariedade existente e da valorização da vida coletiva social e política, o que permite a emancipação dos habitantes e o exercício de cidadania.

O sucesso do programa como um todo, entretanto, depende da capacidade dos diversos setores envolvidos de convergir suas ações para o atendimento do mesmo objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à FAPEMIG pelos recursos financiados para a participação do artigo no evento ENTAC 2016.

REFERÊNCIAS

BAIRROS DE BH. Home page (2004). Apresenta a história dos bairros de Belo Horizonte. Disponível em: <http://bairrosdebelohorizonte.webnode.com.br/aglomerados-vilas-e-favelas-/>.

BEDÊ, M.M.C.; COSTA, H.S.M. Entre as ideias e o contexto: uma discussão sobre a política municipal de habitação na gestão da Frente BH Popular (1993-1996). **Geografias (UFMG)**, v. 2, n. 2, p. 56-73, 2006.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Home page institucional. Apresenta informações sobre a cidade. História (s.d.). Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&app=historia&pg=5780&tax=14346>.

BOTOLI, K.; PEDROSA, M.; SARAMAGO, R.; VILLA, S**. A ineficiência de um modelo de morar mínimo:** Análise pós-ocupacional em habitação de interesse social em Uberlândia-MG. Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia, v.5, nº14, 2013.

CONTI, A. A política de intervenção nos assentamentos informais em Belo Horizonte nas décadas de 1980 e 1990 e o "Plano Global Específico". **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v. 11, n. 12, p. 189-216, dez. 2004.

HOURI, L.F. **Políticas de Produção de Moradias e segregação residencial**: Belo Horizonte – 1986 a 2000. Dissertação (Mestrado) – PUC Minas, Belo Horizonte, 2008.

MONTERO, Jorge I. P. **Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé**: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado)- USP, São Paulo, 2006.

MOTTA, L.D. Da construção da nova capital mineira ao atual modelo de gestão de vilas e favelas: notas sobre um estudo de caso do Programa Vila Viva - DOI: 10.5752/P.2237-8871. **Cadernos de História**, Belo Horizonte, v. 13, n. 19, p. 126-146, out. 2012.

NAGATO, Lilian Farah. **A prática da sustentabilidade nas políticas públicas de habitação:** a experiência de Embu das Artes. Dissertação (mestrado). São Paulo, 2012. 260 p.

PRADO, A. L. Ao fim da cidade [manuscrito]: conjuntos habitacionais nas bordas urbanas 2014. 691f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

ROCHA, M.C.G. Exclusão Social e Gestão Local Intersetorial: desafios do Programa BH Cidadania X Congresso Internacional do Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo, **Anais...** Santiago do Chile, out. de 2005.

ROLNIK, R. (org.). **Como produzir moradia bem localizada com recursos do programa minha casa minha vida?:** implementando os instrumentos do Estatuto da Cidade. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

SILVA, J. W. N.; BARBOSA A.C.Q. **Modernização e gestão de recursos humanos no setor público e o caso da URBEL em Belo Horizonte, Minas Gerais (s.d.).** Disponível em: <http://www.angrad.org.br/_resources/files/_modules/producao/producao_632_201212051834228e9c.pdf>.

SZOKOLAY, S.; AULICIEMS, A. **Design tools and techniques 3:** Thermal Comfort, PLEA, 1997.

TONUCCI FILHO, J. B. M. **Dois momentos do planejamento metropolitano em Belo Horizonte:** um estudo das experiências do PLAMBEL e do PDDI-RMBH. São Paulo, USP (Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano e Regional – FAUUSP) 2012.

TONUCCI FILHO, J. B. M.; TEIXEIRA ÁVILA, J. L. Urbanização da pobreza e regularização de favelas em Belo Horizonte. In: XIII Seminário sobre a Economia Mineira, 2008, Diamantina. **Anais ...**, 2008.

VEIGA, L.; BRONZO, C.. Estratégias intersetoriais de gestão municipal de serviços de proteção social: a experiência de Belo Horizonte. **Rev. Adm. Pública**, Rio de Janeiro , v. 48, n. 3, p. 595-620, June 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CONTRIBUIÇÕES AO ESTUDO DA PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO: MOBILIDADE DESCENDENTE ESPACIAL NA CIDADE DE MARABÁ-PA[1]

NASCIMENTO, Antonio Carlos Santos (1); FEITOSA, Thalys Soares (2); MARTINS, Thaylor Cardoso (3)

(1) UNIFESSPA, e-mail: profnascimento@unifesspa.edu.br; (2) UNIFESSPA, e-mail: thalysfeitosa@unifesspa.edu.br; (3) UNIFESSPA, e-mail: Thaylor.mts@gmail.com

RESUMO

Associada à ausência de recursos para manutenção da habitação, provenientes de pressões econômicas e simbólicas, a mobilidade descendente espacial descreve a saída de indivíduos e famílias de seu território de reprodução social, onde detinham condições mínimas de habitabilidade, passando a ocupar habitações precárias na forma de cortiços, favelas, ocupações irregulares, ou mesmo nenhuma moradia, em áreas desassistidas de equipamentos públicos e infraestrutura básica. Este artigo objetiva relacionar os projetos federais e a densificação da cidade de Marabá, identificando os cenários de especulação imobiliária neste núcleo urbano, relacionando-os ao fenômeno de mobilidade descendente espacial. Para obtenção dos dados efetuou-se levantamentos bibliográficos, pesquisa documental, além de procedimento survey e análise de imagens geo-eyes. A análise das informações determina vetores de ocupações espontâneas, principalmente, nas cotas mais baixas da sede municipal, em áreas de várzea, o que atrela possíveis impactos socioambientais e representa conflito com a vigente legislação ambiental. Considerando a perspectiva de crescimento de Marabá como metrópole, a mobilidade descendente espacial tende a acentuar-se, elevando-se, simultaneamente, o número de habitações precárias, periferização e outros problemas associados, como aumento de população em situação de rua. Dessa maneira, esta pesquisa busca contribuir com as primeiras análises necessárias para compreensão e enfrentamento dessa problemática.

Palavras-chave: Mobilidade descendente espacial. Especulação imobiliária. Marabá-PA.

ABSTRACT

Coupled with the absence of funds for housing maintenance, from economic and symbolic pressures, spatial downward mobility describes the output of individuals and families in their territory of social reproduction, which held minimum living conditions, and occupy substandard housing in the form of tenements, slums, illegal occupations, or no housing, in underserved areas of public facilities and basic infrastructure. This article aims to relate federal projects and densification of the city of Marabá, identifying the real estate speculation scenarios in this urban center, linking them to the spatial downward mobility phenomenon. To obtain the data was executed bibliographic and documentary research, and survey procedure and analysis of geo-eyes images. The analysis of information determines vectors of spontaneous occupations, mainly in the lower elevations of the municipal headquarters in lowland areas, which implies possible environmental impacts and

[1]NASCIMENTO, A.C.S.; FEITOSA, T.S.; MARTINS, T. Contribuições ao estudo da produção do espaço urbano: mobilidade descendente espacial na cidade de Marabá-PA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ENTAC, 2016.

represents conflict with current environmental legislation. Considering the growth prospects of Marabá as metropolis, spatial downward mobility tends to enlarge, rising at the same time, the number of substandard housing, peripherization and other associated problems such as population increase in the streets. Thus, this research seeks to contribute to the first analyzes necessary for understanding and coping with this problem.

Keywords: *Spatial downward mobility. Real State Mobility. Marabá-PA.*

1 INTRODUÇÃO

A produção do espaço urbano pode ser entendida como consequência das ações e interações de proprietários dos meios de produção, proprietários fundiários, promotores imobiliários, Estado e grupos sociais excluídos, entre eles mesmos, com os outros segmentos da sociedade e o território. Dotados de contradições, não raro, essas interações mostram-se conflituosas e, por essa razão, caracterizam o território como arena de manifestação desses divergentes interesses (CORRÊA, 2013).

Produto dessas contradições, a mobilidade descendente espacial – objeto de exame desta pesquisa – é definida por Alves (2013) como o processo em que o indivíduo e sua família, não conseguindo mais permanecer em determinada área da metrópole por não possuir recursos para a manutenção da habitação e sem mais escolhas, submete-se à habitações chamadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de precárias (cortiços, favelas) ou passam a ficar em situação de rua; em ambas a circunstâncias, em magnitudes distintas, desassistidos de infraestrutura básica, equipamentos públicos e de um ambiente sadio para reprodução social.

A mobilidade descendente espacial é promovida, sobretudo, pela especulação imobiliária, estratégia dos agentes da produção espacial, principalmente, daqueles que objetivam o lucro por meio da apropriação privada dos dividendos provenientes de melhorias em infraestrutura, equipamentos públicos e desenvolvimento, que são oriundos, maximamente, de investimentos públicos (CAMPOS FILHO, 2011). A especulação imobiliária instala-se em cenários de expectativa de expansão econômica, promessas de oportunidades e/ou reconfiguração das relações entre agentes da produção do espaço.

Neste contexto insere-se o município de Marabá-PA, o qual nas últimas décadas é impactado pelas reverberações dos Grandes Projetos ou promessa de instalação desses. Esse centro urbano, localizado na porção sudeste do Pará, tem experimentado surtos demográficos e observado a densificação e expansão de sua malha urbana, por meio da periferização, o que, por conseguinte, resulta no crescimento de problemáticas, como a mobilidade descendente espacial, a qual, geralmente, é presente em metrópoles.

Os intitulados Grandes Projetos formam um grupo de projetos agropecuários e mínero-metalúrgicos, no caso da região sudeste do Pará, como a extração de ferro Grande Carajás, extração de cobre Salobo e indústrias de fundição,

como Siderúrgica Norte Brasil (SINOBRAS), com atuais desdobramentos, como a recente expectativa de instalação da Aços Laminados do Pará (ALPA); os quais têm atraído um vertiginoso contingente populacional de diversas regiões para o município marabaense, redefinido as relações entre os atores da produção do espaço, nutrido a especulação imobiliária e delineado uma série de desafios para o planejamento urbano.

Considerando o panorama descrito, este artigo objetiva relacionar os Grandes Projetos e a densificação da cidade de Marabá, com os cenários de especulação imobiliária neste núcleo urbano, através da identificação das áreas transformadas pelo fenômeno de mobilidade descendente espacial.

Para o alcance dos objetivos propostos efetuou-se levantamentos bibliográficos para construção de alicerce teórico sobre a estruturação do espaço urbano, consultou-se o acervo fotográfico local que tratassem da evolução urbana marabaense, em conjunto com análise de imagens *GeoEyes*, além de procedimento *survey* em áreas de ocupações espontâneas e entrevista aos departamentos e secretarias locais de planejamento urbano.

2 PERCURSO METODOLÓGICO

As atividades da pesquisa seguiram a organização do fluxograma apresentado em Figura 1:

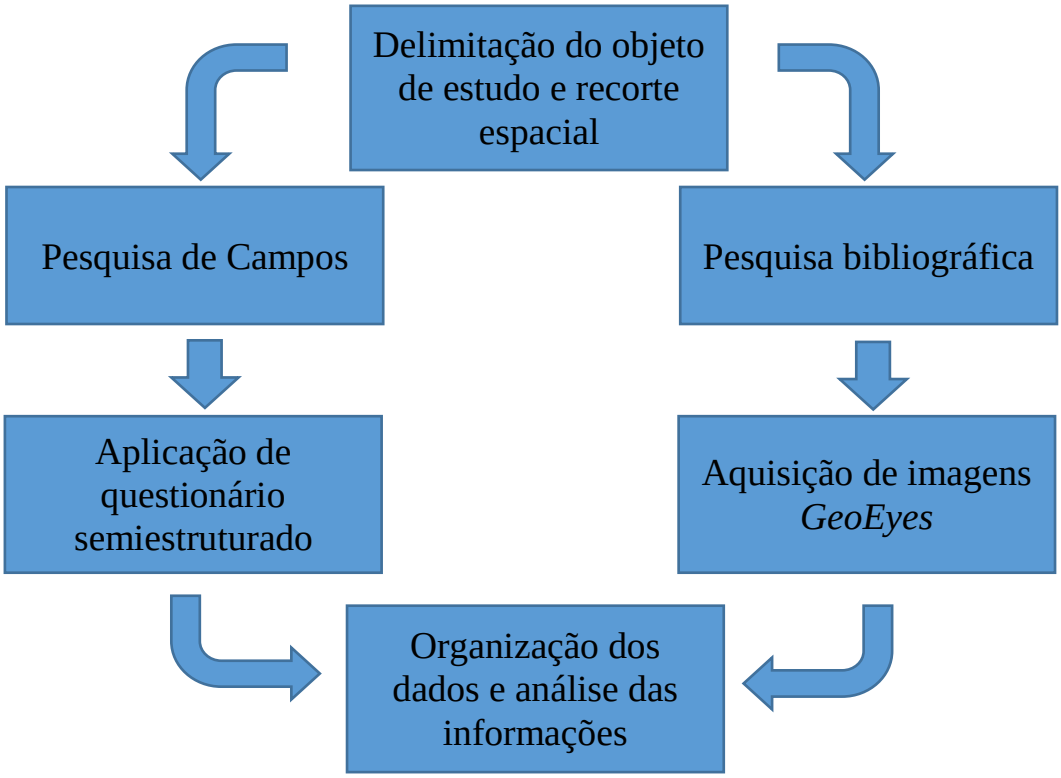


Figura 1 – Fluxograma das atividades de pesquisa. Fonte: Autores, 2016.

A abordagem do tema dá-se de modo qualitativo, sendo este percurso de melhor viabilidade para alcançar o propósito da investigação, conforme recomendado por Corrêa (2013) ao examinar os agentes da produção espacial.

Sobre os procedimentos, empregou-se a investigação bibliográfica e documental objetivando desenvolver o alicerce teórico para interpretação e análise da mobilidade descendente espacial; observando a pouca produção sobre a mobilidade descendente espacial no município marabaense, adotou-se as modalidades de percurso de campo, utilizando *survey* e *ex-post-facto* para coleta de relatos.

Com bases nos questionários semiestruturados aplicados através da metodologia *survey* foi possível mensurar a percepção dos moradores sobre a realidade que vivenciam na área de ocupação e compreender a estruturação do processo a partir do seu ponto de vista. Afinal, para se verificar que se trata de um processo de mobilidade descendente espacial era necessário prospectar a historicidade da ocupação da área.

3 UM ESTUDO DE CASO EM MARABÁ – PA: A PRODUÇÃO DO ESPAÇO E A ESPECULAÇÃO IMOBILIÁRIA

Localizado próximo à Província Mineral de Carajás e em área de abundância de inúmeros recursos naturais, como madeira, reservas minerais e a tradicional castanha-do-Pará, o município de Marabá surge em um contexto colonizador e exploratório, sendo este surgimento conveniente aos planos e estratégias do Governo Federal para a Amazônia Oriental, marca essa de outras cidades amazônicas (BECKER, 2013).

A estruturação da urbanização na Amazônia é calcada em incursões, apropriações, conflitos e exploração humana, de recursos naturais e decorre do comércio de importações direcionado ao mercado externo, sem intenção de produção de desenvolvimento regional (BECKER 2013).

Dado a tônica predatória com a qual os empreendimentos federais voltaram-se para a Amazônia Oriental, não muito pensou-se na salubridade do urbano que germinava neste contexto, em lugar disso, a urbe amazônica foi enxergada apenas como nós logísticos, nutrida como estratégico elemento colonizador e exploratório, uma vez que, detinha espaço para alocar a mão de obra para abastecer os projetos e oferecia os recursos básicos à manutenção e reprodução da vida no seio da floresta.

Conforme Becker (2013) esses centros urbanos consolidaram-se fisicamente amorfos, deficientes e repletos de problemáticas sociourbanas. Como um desses centros, Marabá tem seu perfil forjado nessas variáveis e atualmente experimenta desafios decorrentes dessa evolução histórica. Entre as diversas consequências encontra-se a mobilidade descendente espacial, promovida pela concentração de terras – resultante dessa evolução histórica – com a retenção destas áreas para fins especulativos.

Considerando a atuação regional da cidade de Marabá-PA, pode-se falar enquanto centro urbano, que ela figura como cidade média, na definição de Corrêa (2001).

Desse modo, diante dos processos de produção do espaço e reforço das diferenciações socioespaciais, a metrópole é a escala mais apropriada para a compreensão dos conflitos que apresentam a dinâmica espacial, sendo o ambiente onde melhor se observam as mudanças nos níveis produtivos que se fazem transformações socioespaciais e conduzem em última instância à homogeneização dos espaços (ALVES, 2013). E mesmo sem configurar-se ainda como metrópole, as cidades médias amazônicas, como Marabá, historicamente vivenciam processos e fenômenos que caminham para dilemas metropolitanos.

Nesse sentido e ao tratar da dinâmica espacial, Vasconcelos (2013, p.18) enuncia que

> os processos e formas socioespaciais são originários das mudanças atuais sobrepostas às inércias do passado. Processos mais amplos como globalização, mudanças na economia ("pós-fordismo"), redução do papel do Estado, migrações nacionais e internacionais, sem esquecer o papel dos movimentos sociais, são fatores que modificaram as formas das cidades, criando frequentemente novas desigualdades, sem eliminar os conflitos raciais, religiosos e políticos existentes [...]

Conforme visto, os problemas urbanos decorrem da ininterrupta produção e reprodução do espaço dentro de um visão predatória e exploradora dos recursos, configurando-se de forma nociva aos próprios promotores destas transformações por se dar de maneira excludente. Destaca-se neste quadro a expansão do trabalho informal, crescimento de habitações precárias e diferenciação socioespacial de forma negativa.

Observa-se com nitidez nos centros urbanos o confronto de interesses entre as entidades que produzem e reproduzem o espaço. Essa divergência ideológica e social manifesta-se, de acordo com Santos (2009, p. 118), no

> território, [sendo este] não apenas o teatro do jogo econômico. O território é base comum de operação para todos os atores produtores do espaço. O papel do estado é determinante e decisivo, pois, por excelência, cabe ao Estado as escolhas dos territórios para a instalação de infraestrutura e equipamentos, com objetivos específicos para atender certas atividades.

Tal disputa de interesses sobre o território traduzem-se frequentemente em diferenciação socioespacial que, de acordo com Corrêa (2007), vincula-se de modo intenso ao processo de produção capitalista e revela-se diferentemente de acordo com os estratos analisados; na escala intraurbana se traduz pela divisão econômica e social do espaço.

Tendo em conta os processos de produção e reprodução socioespaciais, afirma-se que o tecido urbano apresenta tamanha complexidade, que este

se caracteriza a partir de evoluções sociais, econômicas, históricas e políticas as quais o fazem constituir um espaço paradoxal e dialético com rupturas e heterogeneidade em sua totalidade.

Somado a isso, a especulação imobiliária instala-se com o advento e estímulo desses cenários de expectativa de expansão econômica, promessas de oportunidades ou reconfiguração das relações entre agentes da produção do espaço. Esse termo, frequente ao tratar-se dos problemas das cidades, emerge como um dos principais promotores da mobilidade descendente espacial, o fenômeno é, em termos gerais, enunciado por Filho (2001, p. 48), que afirma ser a especulação imobiliária:

> […] uma forma pela qual os proprietários de terra recebem uma renda transferida dos outros setores produtivos da economia, especialmente através de investimentos públicos na infraestrutura e serviços urbanos […].

A especulação imobiliária caracteriza-se pela distribuição coletiva dos custos de melhoria das localizações, ao mesmo tempo em que há uma apropriação privada, por meio da valorização dos imóveis, dos lucros provenientes dessas melhorias. Tais aprimoramentos referem-se, quase sempre, a implantação de infraestrutura, acessibilidade e serviços urbanos nos entornos do terreno retido para fins especulativos.

Como consequência da especulação imobiliária observa-se inúmeros problemas urbanos como a mobilidade descendente espacial e uma formação heterogênea do tecido urbano – rarefeito em alguns locais e densificado em outros – gerando custos em infraestrutura e assistência social. Resulta desse cenário, a produção de uma cidade desigual, cujos os acessos as benesses da revolução técnico cientifica informacional não melhoram significativamente a vida de todos.

6 O CASO DE MARABÁ: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com o incentivo maciço de fluxos migratórios para a cidade, seja a através do Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (Polamazônia) ou mesmo mais recentemente com promessas como a ALPA, o tecido urbano formado está repleto de vetores de ocupações espontâneas, principalmente, nas cotas mais baixas da sede municipal, em áreas de várzea, o que atrela possíveis impactos socioambientais e representa conflito com a vigente legislação ambiental.

Afinal, os fluxos migratórios oriundos das décadas de 70-80 do século XX, enraizaram-se, produziram suas territorialidades, entretanto, nesse momento de promessas de instalação de um novo projeto, instala-se a especulação imobiliária e, assim, verificou-se o aumento de aluguéis resultando em um movimento para outras áreas da cidade. Como pode ser lido no relato de um morador[2]:

[2] Entrevista de um morador da Folha 1 (área de ocupação espontânea no núcleo Nova Marabá, Marabá-PA) concedida ao professor Antonio Carlos Santos do Nascimento no dia 08 de junho de 2016.

> [...] nós morava alí moço, perto da feira, mas era de aluguel, quando o preço subiu, não teve como ficar mais não, nisso, ficamos sabendo que estava tendo lote na Folha 1, e nos veio [...]

As áreas ocupadas pelas populações atingidas pela mobilidade descendente espacial no município de Marabá são, sobretudo, áreas de várzeas, já que, as zonas de mais altas cotas foram locais onde consolidou-se as centralidades da sede municipal e aglomerados de habitações de alto padrão. O elevado preço da terra nessas zonas, por estarem livres de intempéries como as enchentes e bem localizadas em relação a serviços e outros produtos, inviabiliza a migração de famílias de baixa renda para essas áreas ou impossibilita a permanência destas, dadas as pressões econômicas e simbólicas que são submetidas ao tentarem se instalar/permanecer.

Conforme Figura 2, é claro o avanço das ocupações em direção às áreas de baixas cotas, o que pode ser percebido na imagem pela densa ocupação direcionada para as margens do Rio Tocantins (à esquerda), denominadas ocupações "Alzira Mutran" e "Coca-Cola".

Figura 2 – Avanço ocupações em direção às várzeas.



Fonte: Google Earth

Na figura 3 pode-se notar que área apresentava-se em 2005, com vegetação secundária, sendo um recurso territorial para expansão da cidade.

Figura 3 – Avanço ocupações em direção às várzeas.



Fonte: Google Earth

Nas ocupações "Alzira Mutran" e "Coca-Cola" ainda é possível visualizar uma escassa vegetação ciliar, entretanto, na Figura 4 que destaca as áreas da "Folha 1", a ocupação se forma diretamente sobre a margem do Rio Tocantins.

Figura 4 – Folha 1 em área de várzeas



Fonte: Google Earth

Essas áreas da "Folha 1" foram adensadas nos últimos 10 anos (Figura 5). Esse processo de ocupação de áreas sem a mínimas condições de salubridade e infraestrutura condicionam uma série de impactos negativos a qualidade de vida e representam uma ameaça latente de gastos com a saúde pública.

Figura 5 – Áreas onde atualmente localizam-se Folha 1, em 2005.



Fonte: Google Earth

Essas ações espontâneas para provisão habitacional acabam por maximizar os quantitativos de habitações precárias no munícipio, pois não resultam de fato em um combate ao déficit habitacional, pois de acordo com Valente (2003) esse déficit é composto por quatro componentes: reposição por depreciação, o ônus excessivo com aluguel, habitação precária e a coabitação, a Figura 6 exibe habitações comuns nas áreas de ocupação e denunciam a precariedade das moradias e ausência de infraestrutura. Assim, percebe-se que o movimento das ocupações sobre as áreas de várzeas, deflagram a necessidade de ações afirmativas de proteção dessas áreas.

Figura 6 – Habitações precárias da Folha 8 (ocupação proximal a Folha 1, porém mais antiga que essa).



Fonte: Google Street View

Em áreas de ocupações que já passaram por um processo prévio de estruturação percebe-se que a manutenção dos moradores no local começa a tornar-se dificultosa e possivelmente, dada a insegurança fundiária, em caso do imóvel ser utilizado como objeto de troca por quantia monetária (Figura 7), acabará, provavelmente, o grupo familiar deslocando-

se para outras áreas ambientalmente sensíveis a ocupação e sem infraestrutura.

Figura 7 – Ocupante vendendo seu imóvel após melhoria na avenida principal da ocupação. Nas atividades de pesquisa de campo uma quantidade expressiva de anúncios de venda foi encontrada (Folha8).



Fonte: Google Street View

Com base nas entrevistas semiestruturadas realizadas com os moradores, tanto os da ocupação "Alzira Mutran" e "Coca-Cola", que são ocupações mais antigas e estabilizadas, como também, com os da "Folha 1", que é uma ocupação mais recente, nos seus discursos foi percebido uma historicidade comum, eles necessitavam de moradias, não podendo arcar com a manutenção de suas antigas habitações (muitos são migrantes que vieram trabalhar nos projetos implementados na região) viram nas ocupações uma possibilidade de ter acesso a uma moradia própria. No caso as áreas mais recentes, uma quantidade expressiva dos ocupantes é descendente desses migrantes pioneiros e para conseguir sair da condição de coabitação participaram do processo de ocupação dessa nova área.

É valido ressaltar que medidas como o Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal procuram contribuir na reposição de estoques de moradias, entretanto, percebe-se que em geral, na disposição dos conjuntos acabam por ser em áreas distanciadas da cidade, impactando as relações de historicidade e reprodução social e econômica dos moradores. Afinal, por mais que estejam em uma área sem infraestrutura, eles estão próximos do acesso a equipamentos públicos. Diversas habitações de interesse social que foram edificadas no município foram construídas na outra margem do rio, oposta a área de ocupação.

Outro aspecto necessário de ser salientado é que, em outro núcleo da cidade, pode-se observar uma área de geomorfologia similar as anteriormente expostas (Figura 8) que passou por uma remodelação de ocupação e hoje é um condomínio. Nota-se que o estoque territorial do município precisa ser concebido dentro de um planejamento estratégico urbano, não apenas sustentável, mais equânime, para que se produza para o futuro uma cidade cidadã.

Diante da trajetória deste estudo preliminar, observa-se que a mobilidade descendente espacial se processa no município de Marabá, principalmente, em consequência das reverberações de projetos de grande capital implantados na própria sede municipal ou nos entornos do centro urbano.

Os empreendimentos, com destaque para os mínero-metalúrgicos, implantados na Amazônia Oriental prometem promover desenvolvimento para o município e região, esta expectativa inflaciona o mercado imobiliário e implica em especulação imobiliária.

Os estoques territoriais estão sendo consumidos pelos agentes imobiliários e os grupos marginalizados consomem áreas que poderiam ser utilizadas de forma estratégica para o combate ao déficit habitacional, contudo, essa ocupação espontânea de forma caótica e desordenada apenas elevará os custos de medidas corretivas e estruturantes.

Figura 8 – Entrada do Condomínio construído as margens do rio Itacaínuas (seta vermelha), no detalhe circulado em vermelho uma vista área do Condomínio.



Fonte: Google Street View/ GeoEye, adaptado.

É necessário compreender que o recurso de uso e ocupação do solo é limitado e uma vez consumido, como o expresso na figura (8), os agentes imobiliários precisarão intervir em outras áreas. Por pressões de ordem diversas, melhorias são feitas em área insalubres, e com o advento da infraestrutura e equipamentos públicos, ocorre a elevação do custo de permanência e outras áreas vulneráveis são então ocupadas devido a mobilidade descendente espacial.

Um caso icônico no estado é o da *Boulevard* Doca de Souza Franco, antigo Igarapé da Almas (Armas?) em Belém, capital (Figura 9). Ao analisar a imagem de uma área antes ocupadas por grupos marginalizados que após a estruturação, organização e benesses da infraestrutura, foram paulatinamente sendo removidos pelas estratégias econômicas e simbólicas

migrando para outras áreas da cidade por não poderem mais manter-se nesse local. Deflagrando o processo de mobilidade descendente espacial. Esse comparativo faz-se no intuito de demonstrar que o que aconteceu em Belém na década de 70 do século passado, encontra-se em curso na cidade de Marabá, e no caso de Belém esse processo resultou em um aumento vertiginoso da periferização, e elevados surtos de doenças de veiculação hídrica na década de 80 e 90 do século XX.

Figura 9 – Na parte superior da Imagem o montante do Igarapé, a esquerda na década de 70, a direita em 2014. Na parte inferior da imagem, a esquerda a montante de onde era o igarapé em 2012 e a direita na década de 70.



Fonte: Conteúdo de um dos cartões postais que ilustram o livro Belém da Saudade, 2ª edição — 1998 —, publicado pela Secretaria de Cultura do Estado do Pará com apoio do Ministério da Cultura/ Google Street View/ https://fauufpa.org/2012/05/02/doca-de-souza-franco-decada-de-1970/.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o auxílio das imagens GeoEyes foi possível verificar a evolução da ocupação das áreas, sua densificação e fazer uma análise comparativa

com outra área da cidade que já recebeu as melhorias de infraestrutura e, atualmente, uma ocupação de alto padrão econômico.

Considerando a perspectiva de crescimento de Marabá como metrópole, a mobilidade descendente espacial tende a acentuar-se, elevando-se, simultaneamente, o número de habitações precárias, periferização e outros problemas associados, como aumento de população em situação de rua.

Sendo em função da especulação imobiliária o valor da terra elevado, em consequência imediata verifica-se o aumento proporcional no valor dos aluguéis de imóveis. Muitos dos indivíduos e famílias inquilinos destes imóveis detêm pouca estabilidade financeira para permanecerem na habitação alugada frente à revisão dos custos de manutenção, desse modo, deslocam-se para áreas carecentes do fundamental para subsistência digna.

Esse processo ocorreu e ocorre na capital do estado, assim, é notório que medidas de planejamento urbano precisam ser tomadas, em caráter estruturante e estruturado, soluções pontuais são paliativas, assim é fundamental que as políticas de desenvolvimento urbano na área da habitação considerem esse processo e apoie um ordenamento territorial a nível municipal que permita uma visão mais estratégica da ocupação do solo citadino. É preciso que as reservas territoriais sejam garantidas, e considerando que o maior impulsionador de reposição do estoque habitacional na atualidade são os programas de estaduais e federais de habitação de interesse social é primaz que eles sejam concebidos de modo a não permitir a construção de uma produção do meio ambiente construído desigual e injusto.

Apresenta-se como sugestão de direcionamento para investigações futuras a efetividade das intervenções do Plano Local de Habitação de Interesse Social de Marabá frente ao cenário de problemáticas urbanas que se instalam no município, afinal ele é um desdobramento de políticas de desenvolvimento regional.

REFERÊNCIAS

ALVES, Glória da Anunciação. **A mobilidade/imobilidade na produção do espaço metropolitano**. In: VASCONCELOS, P; CORRÊA, R; PINTAUDI, S (org.). A cidade contemporânea: Segregação espacial. São Paulo: Contexto. 2013.

BECKER, Bertha. **A urbe amazônida: a floresta e a cidade**. Rio de Janeiro: Garamond Universitária, 2013.

CORRÊA, Roberto Lobato. ***A rede urbana brasileira e sua dinâmica: algumas reflexões e questões.*** In: Urbanização e cidades: perspectivas geográficas. São Paulo: Gasper/EDUSP, 2001. P. 359-367.

CORRÊA, Roberto Lobato. ***Sobre agentes sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão*** In: VASCONCELOS, P; CORRÊA, R; PINTAUDI, S (org.). A cidade contemporânea: Segregação especial. São Paulo: Contexto. 2013.

FILHO, Candido Malta CAMPOS. **Cidades brasileiras: seu controle ou o caos**. 4 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

SANTOS, Milton. **A urbanização desigual: A especificidade do fenômeno urbanos nos países subdesenvolvidos**. São Paulo: EdUSP, 2012.

SANTOS, Milton. **A Natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

VALENTE, Mary Mendes Guimarães. A questão da Habitação Social na Região Metropolitana de Belém. In: **Saneamento ambiental em áreas urbanas**/organização José Almir Rodrigues Pereira. Belém: EDUFPA, 2003.

VASCONCELOS, Pedro de Almeida. **Contribuições para o debate sobre processos e formas socioespaciais nas cidades.** In: VASCONCELOS, P; CORRÊA, R; PINTAUDI, S (org.). A cidade contemporânea: Segregação espacial. São Paulo: Contexto. 2013.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

A QUESTÃO URBANA E A HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: REFLEXÕES SOBRE A POLÍTICA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO[1]

GALLO, Douglas (1); LOGSDON, Louise (2); SILVA, Fábio (3)

(1) IFSP, e-mail: douglas.luciano@yahoo.com.br; (2) IFMT, e-mail: louise.logsdon@gmail.com; (3) Universite D'Aux-Marseille-I, e-mail: fabiofrancesilva@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar como a questão da Habitação de Interesse Social (HIS) foi abordada na 5ª Conferência Nacional das Cidades. Realizou-se um levantamento bibliográfico e documental referente à questão habitacional no Brasil e à questão urbana. A questão habitacional está atrelada à própria crise urbana, e deve fazer parte da agenda das políticas públicas numa reforma urbana séria e que busque uma urbanização mais equânime e sustentável. O déficit habitacional é uma faceta importante da crise em que se encontra o Brasil, muito ainda há que se caminhar, especialmente no que se refere à localização e à forma de implantação da HIS, que atualmente privilegia os grandes empreendimentos geradores de lucro para as grandes empreiteiras, e que devido aos altos custos da terra urbana são implantados longe dos centros das cidades e do trabalho. Esse panorama gera altos custos com infraestrutura urbana e especulação imobiliária, além de contribuir para o agravamento da crise urbana. Desde a Constituição de 1988 a participação social é garantida como um dos pilares da democracia. As Conferências das Cidades são instrumentos importantes para discussão e implementação de políticas intersetoriais de desenvolvimento urbano. Percebe-se nos documentos e discursos uma intenção em vencer a fragmentação das políticas urbanas, promovendo uma maior integração entre as diversas políticas setoriais e os interesses e necessidades locais.

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social. Questão Urbana. Desenvolvimento Urbano. Políticas Públicas.

ABSTRACT

This paper aims to analyze how the issue social housing was addressed in the "5º Conferência Nacional das Cidades". A literature and documentary research regarding the housing issue and the urban question was carried out. The housing issue is closely linked to the very urban crisis, and should be part of the public policy agenda in a serious urban reform and seek a more equitable and sustainable urbanization. The housing shortage is a very important facet of urban crisis it is in Brazil, much remains to be walking, especially as regards the location and form of implementation of social housing , which currently favors large enterprises that generate income for large contractors, and that due to the high cost of urban land are deployed far from urban centers and work. This scenario generates high costs of urban infrastructure, more appreciation of private land. Besides contributing to the worsening of the urban crisis. Since the 1988 Constitution social participation is guaranteed as one of the pillars

[1] GALLO, D; LOGSDON, L; SILVA, F. A questão urbana e a habitação de interesse social: reflexões sobre a política nacional de desenvolvimento urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

of democracy. The Conference of Cities are important tools for discussion and implementation of intersectoral policies of urban development. It can be seen in the documents and speeches an intention to overcome the fragmentation of urban policy, promoting greater integration between the various sectoral policies and interests and local needs.

***Keywords**: ENTAC2016. Paper. Publication.*

1 INTRODUÇÃO

O padrão informal de ocupação territorial brasileiro, praticamente invisível às ações e políticas urbanas, resultou num modelo de produção do espaço da pobreza, que envolve a ocupação de terrenos públicos e privados, estendendo-se sobre zonas rurais ou sobre áreas periféricas desprovidas de infraestrutura física e social, muitas vezes sobrepondo-se às áreas inundáveis ou com condições geológicas e de relevo inadequadas. Este modelo produziu cidades marcadas por assentamentos precários e por uma forte segregação sócio-espacial que dificulta que os grupos mais desfavorecidos tenham acesso a uma habitação condigna (BRASIL, 2015).

Custos com a implantação de infraestrutura ociosa; mortalidade infantil; doenças causadas pela inexistência de saneamento básico; poluição dos mananciais de água potável; distâncias imensas a serem percorridas até um polo produtivo, são alguns exemplos do cenário produzido no espaço informal da pobreza. O peso da exclusão territorial é muito grande, especialmente quando considerados os significados conferidos às esferas do imaginário, dos sentimentos, dos desejos e sonhos (BRASIL, 2015).

Para Canclini (2013) cada vez menos as identidades coletivas encontram na cidade seu palco constitutivo. A esfera pública é ocupada por agentes que organizam o atendimento às demandas segundo critérios de rentabilidade e eficiência, numa subjetividade capitalística, como esclarece Guattari e Rolnik (2000).

A crise urbana advém dessa crescente incapacidade da organização social capitalista em assegurar a produção, distribuição e gestão dos meios de consumo necessários à coletividade, como moradia, educação, transporte, saúde, áreas verdes, etc (CASTELLS, 1980).

A questão habitacional está intimamente atrelada à crise urbana, e deve fazer parte das políticas públicas em uma reforma urbana que busque uma urbanização mais equânime e sustentável. Nesse enfoque, surgiram as Conferências das Cidades, que colocam na agenda pública e política questões urbanas que sempre foram preteridas ou tratadas apenas no âmbito local. As Conferências promovem a formação de redes de difusão de informações sobre a função social da cidade e da propriedade, e fortalecem o Conselho das Cidades, que age como interlocutor das propostas aprovadas em plenárias, ampliando a participação popular e o controle social.

A 5ª Conferência Nacional das Cidades, cujo tema era "Quem muda a cidade somos nós: reforma urbana já", abordou o problema da HIS tendo

em vista seu papel fundamental na articulação de uma reforma urbana com participação social. A citada Conferência foi resultado da articulação entre autoridades, gestores, sociedade civil organizada e movimentos sociais nos âmbitos municipais e estaduais, tendo como finalidade avançar na construção da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano.

Sendo assim, o presente trabalho objetiva analisar como a questão da HIS foi abordada no âmbito da 5ª Conferência Nacional das Cidades, como espaço privilegiado de participação social.

Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico em livros, periódicos e teses sobre os temas pertinentes à questão habitacional no Brasil e à questão urbana. Também foram analisados os documentos aprovados na 5ª Conferência Nacional das Cidades: as propostas de prioridades para o Ministério das Cidades e o texto base aprovado em plenária, confrontando-os com as referências sobre a temática.

2 A QUESTÃO HABITACIONAL NO BRASIL

Ao longo da colonização do Brasil, o território foi se organizando de maneira distinta e esparsa. A urbanização brasileira se desenvolveu a partir do século XVIII, amadureceu no século XIX e apenas no século XX é que atingiu as características atuais. Entre o fim do período colonial até o final o século XIX, o índice de urbanização pouco se alterou no Brasil; entre os anos de 1890 e 1920 cresceu aproximadamente 3%; e no período entre 1920 e 1940 chegou a triplicar, elevando-se para 31,24% (SANTOS, 2009).

A partir da década de 1930, a população brasileira, predominantemente rural, iniciou um processo de migração para as cidades e para o interior do território. Até então, o Brasil encontrava-se no auge do ciclo do café, em um período de dinamismo demográfico e econômico, mas a crise mundial de 1930 afetou o processo, e a economia cafeeira começou a declinar. É nesta época que surgem os Institutos de Aposentadoria e Pensão (IAPs), para solucionar a questão habitacional da classe de trabalhadores ligados à indústria e ao comércio das cidades (MARICATO 2011).

O nascimento da habitação como uma questão social significou a formulação de uma nova proposta de arquitetura, urbanismo e também de produção, incorporando os pressupostos do movimento moderno que propunham a edificação em série, com padronização e pré-fabricação, como instrumentos para atender às grandes demandas existentes nas cidades contemporâneas (BONDUKI, 2004).

Data desta época a Lei do Inquilinato, de grande importância no contexto da política habitacional brasileira, mas que acabou trazendo prejuízos, tanto para a massa trabalhadora recém-chegada à metrópole – que só conseguia moradia pagando um aluguel elevado – como para o próprio sistema dos IAPs, visto que, com a menor entrada de capital pelos aluguéis, seus fundos iam sendo dilapidados e corroídos pela inflação. Assim, os IAPs

foram deixando de investir gradativamente na construção ou financiamento de moradias (BONDUKI, 2004).

Após a deposição de Vargas, o candidato eleito Eurico Gaspar Dutra criou em 1946 a Fundação da Casa Popular (FCP), com o objetivo de centralizar a política habitacional. No entanto, a Fundação já nasceu com uma fragilidade institucional e financeira e, por isso, suas realizações foram pouco expressivas (BONDUKI, 2004).

Pode-se dizer que, até a década de 1960, o Estado agiu de forma fragmentada nos IAPs ou na FCP, e desvinculados de uma política habitacional geral, não deu a devida prioridade à questão da moradia social. Sem estratégia para enfrentar o problema, o Estado foi incapaz de substituir os empreendedores provados como provedor de moradias para os trabalhadores. Criaram-se as condições para o surgimento e proliferação de novas soluções habitacionais de baixo custo, como a casa própria em áreas de difícil edificação – os morros do Rio de Janeiro – ou nos loteamentos clandestinos da periferia, em São Paulo (BONDUKI, 2004).

Com a tomada do poder pelos militares, buscou-se centralizar as ações do Estado frente à produção de moradias, através da criação do Banco Nacional da Habitação (BNH). A característica predominante da sua produção era a busca da eficácia voltada para a produção em série e em grande escala, tentando solucionar o déficit habitacional mesmo sem atender as necessidades dos usuários (BONDUKI, 2004).

O BNH esteve vigente entre 1964 a 1986 e financiou 4,8 milhões de habitações, em torno de 25% das moradias construídas no país entre 1964 e 1986. As habitações financiadas se destinaram a todas as faixas de renda, pela promoção privada das Companhias de Habitação Popular e pela incorporação imobiliária. Porém, apenas 20% dos financiamentos beneficiaram a população de baixa renda. Além das habitações, foram financiadas obras de infraestrutura urbana e equipamentos sociais, vinculados aos empreendimentos habitacionais (BOTEGA, 2007).

Após a extinção do Banco Nacional de Habitação (BNH), o Brasil encontrou-se numa situação complicada, pois o número de inadimplentes era elevado e o déficit habitacional ainda não havia sido solucionado. A produção habitacional entra em um período de inércia.

No ano de 1988, a Constituição Federal tornou obrigatório o Plano Diretor para os Municípios com mais de 20 mil habitantes, o Plano Diretor foi definido como o "instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana". Assim, a problemática fundiária urbana passou a ser regida pelo disposto na Constituição, os municípios, através das Leis Orgânicas Municipais, ficaram responsáveis por criar ou reforçar diretrizes de planejamento dando novo conteúdo ao Plano Diretor.

A partir de 1995, no governo de Fernando Henrique Cardoso, há uma nova postura adotada pelos municípios diante do problema habitacional. Retomam-se os financiamentos de habitação e saneamento com base nos

recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e alguns importantes programas tomam destaque: O programa de Arrendamento Residencial (PAR), o Programa Carta de Crédito e o Pró-Moradia. Os municípios e os estados tinham maior flexibilidade na definição das alternativas a serem adotadas, conforme as prioridades e peculiaridades locais (CHAFFUN, 1997).

A partir de 2005, em resposta às reinvindicações sociais, elevaram-se os investimentos para o financiamento habitacional e o foco se direcionou para a população de baixa renda. Em 2007, foi anunciado pelo Governo Federal a implantação do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e, em 2009, foi lançado o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), cuja intenção era construir um milhão de moradias. Em 2011, no primeiro mandato da Presidente Dilma Roussef, inicia-se a segunda fase do Programa, com a nova meta de produzir mais 2 milhões de moradias até 2014 (VALENÇA e BONATES, 2010).

Hoje, no segundo mandato do governo Dilma, o país encontra-se em grave crise político-econômica e o PMCMV, apesar de vigente, não tem novas metas definidas.

Com uma produção nunca vista anteriormente na história do país, o PMCMV contratou em apenas 5 anos quase 80% das unidades que o BNH financiou em seus 22 anos de existência. Em contrapartida, o programa repete os mesmos erros reconhecidos do BNH, de produção periférica em locais mal servidos por infraestrutura urbana. Como esclarece Amore et al (2015), "A questão da terra, o nó da política urbana brasileira, e da segregação socioespacial são apontadas como o principal gargalo que o Minha Casa Minha Vida não tem enfrentado, com consequências ainda difíceis de serem previstas.".

3 PARTICIPAÇÃO SOCIAL: CONFERÊNCIAS NACIONAIS DAS CIDADES

A Constituição de 1988 consagrou a participação social como forma de afirmação da democracia. A partir de então, surgiram uma multiplicidade de instâncias de participação que cumprem o papel de verdadeiras arenas públicas, lugares de encontro entre sociedade e estado. As Conferências constituem a oportunidade máxima de participação política ao construir um espaço para a sociedade compartilhar a elaboração e avaliação das políticas públicas e de sua implementação.

As Conferências das Cidades colocam na agenda pública questões urbanas que sempre foram preteridas ou tratadas apenas no âmbito local/municipal. Elas promovem a formação de redes de difusão de informações sobre a função social da cidade e fortalecem o controle social, ampliando a participação popular.

A primeira conferência aconteceu em 2003, com uma participação aproximadamente 2.100 representantes, tendo contado com etapas municipais em aproximadamente 3.000 municípios. Já a quinta e última

edição, realizada em Brasília no período de 20 a 24 de novembro de 2013, contou com número estimado de 3.000 participantes, entre delegados, convidados e observadores, tendo sido realizadas etapas municipais em 2.800 municípios que mobilizaram cerca de 240 mil pessoas. A etapa nacional é precedida de etapas municipais e estaduais, mobilizando milhares de pessoas representantes da gestão pública, dos trabalhadores da área, entidades profissionais e acadêmicas e movimentos sociais.

A Conferência Nacional das Cidades faz parte da gestão pública com empenho em construir uma nova relação entre o Estado e a sociedade civil organizada, formulando políticas públicas por meio do diálogo com a sociedade, possibilitando mediações democráticas que fortalecem e incentivam a participação e o controle social, elementos fundamentais para a construção de propostas de resoluções, programas, projetos e implementação de políticas públicas de desenvolvimento urbano.

4 A QUESTÃO HABITACIONAL NA 5º CONFERÊNCIA DAS CIDADES

Os objetivos da 5º Conferência foram:

- Propor a interlocução entre as autoridades e gestores públicos da União, Estados, Distrito Federal e Municípios com os diversos segmentos da sociedade sobre assuntos relacionados à Política e Sistema Nacional de Desenvolvimento Urbano;
- Sensibilizar e mobilizar a sociedade brasileira para o estabelecimento de agendas, metas e planos de ação para enfrentar os problemas existentes nas cidades brasileiras;
- Propiciar a participação popular de diversos segmentos da sociedade, considerando as diferenças de sexo, idade, raça e etnia, para a formulação de proposições e realização de avaliações sobre as formas de execução da Política e Sistema Nacional de Desenvolvimento Urbano e suas estratégias;
- Propiciar e estimular a organização de conferências das cidades como instrumento para garantia da gestão democrática das Políticas de Desenvolvimento Urbano nas regiões, Estados, Distrito Federal e Municípios.

A finalidade da Conferência foi a de avançar na construção da Política e do Sistema Nacional de Desenvolvimento Urbano; indicar ao Ministério das Cidades as prioridades de atuação e eleger as entidades nacionais membros do Conselho da Cidades, órgão colegiado de natureza deliberativa e consultiva, integrante do Ministério das Cidades que tem por finalidade estudar e propor diretrizes para a formulação e implementação da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano, bem como acompanhar sua execução.

O texto base para a Conferência abordava quatro grandes temas relacionados diretamente ao Sistema Nacional de Desenvolvimento Urbano: (1) Políticas de incentivo à implantação de instrumentos de promoção da

função social da propriedade; (2) Participação e controle social no Sistema Nacional de Desenvolvimento Urbano; (3) Fundo Nacional de Desenvolvimento Urbano; (4) Instrumentos e políticas de integração intersetorial e territorial.

O texto base aborda a necessidade de eliminar a fragmentação entre as diversas políticas públicas que tratam da cidade, com a criação do sistema de Desenvolvimento Urbano, pensado como instrumento para reversão dessa fragmentação, pensando a cidade integralmente (habitação, saneamento, mobilidade, lazer, trabalho, saúde, educação):

> A reversão desse quadro exige a coordenação das ações governamentais de forma a assumir a política urbana como uma política estratégica para o país, universalizar o acesso às políticas urbanas e superar a cultura de fragmentação da gestão, que separa a política de habitação da política de saneamento ambiental, da política de mobilidade, gerando desperdício de recursos, a ineficiência e a reprodução das desigualdades socioespaciais nas cidades brasileiras, desperdício de recursos e ineficiência (BRASIL, 2013).

O texto traz como forma de reversão desse quadro a coordenação das ações governamentais de forma a assumir a política urbana como uma política estratégica para o país, universalizando o acesso às políticas urbanas e superando a cultura de fragmentação da gestão, cuja separação de políticas gera desperdício de recursos, ineficiência e reprodução das desigualdades socioespaciais nas cidades brasileiras.

Desta forma, caberia ao Conselho Nacional das Cidades e às Conferências das Cidades, também, a proposição e aprovação de diretrizes para as políticas de habitação, bem como sua distribuição:

> I - propor e aprovar diretrizes e normas para implantação de planos, instrumentos e programas da política nacional de desenvolvimento urbano e das políticas setoriais de habitação, saneamento ambiental, mobilidade, acessibilidade e transporte urbano. [...]
>
> VII - estabelecer as normas e os critérios para a distribuição regional e setorial dos recursos sob gestão da União, em ações de desenvolvimento urbano, habitação, saneamento ambiental e mobilidade e transporte urbano (BRASIL, 2013).

Ficaria como competência do ente federal municipal a criação dos Conselhos Municipais das cidades que elaborariam de forma participativa com a sociedade civil organizada os Planos Municipais de Habitação com revisões periódicas. Os Conselhos Municipais e os Conselhos Estaduais das cidades têm a responsabilidade de reunir a discussão das políticas setoriais de habitação, saneamento, acessibilidade, mobilidade e planejamento urbano como forma de articular tais políticas e potencializar a intersetorialidade.

Uma das propostas era a criação de um Fundo Nacional de Desenvolvimento Urbano, com a finalidade de dar suporte às ações e formas de cooperação entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios, composto por rubricas específicas para as áreas de habitação de interesse

social, saneamento ambiental de interesse social, transporte e mobilidade de interesse social, e programas urbanos estratégicos. Os recursos viriam dentre outros fundos, do Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social. O Fundo Nacional de Desenvolvimento deveria garantir e apoiar ações de cooperação e consórcios:

> III - garantir e apoiar as ações de cooperação e ou consórcios entre os Estados, Municípios e Distrito Federal nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas, microrregiões e regiões integradas de desenvolvimento e municípios que apresentam conflitos graves entre as modalidades de transporte rodoviário e ferroviário em face dos pedestres, relacionadas as áreas de habitação, saneamento ambiental, acessibilidade urbana, mobilidade, transporte urbano, rural, transporte metropolitano, política fundiária, ordenação, patrimônio histórico e cultural e controle do uso do solo (BRASIL, 2013).

Outra característica importante aprovada é a possibilidade de disponibilizar recursos financeiros para implementação da Assistência Técnica Pública e Gratuita para habitação de interesse social, regularização fundiária e planejamento urbano nas áreas de interesse social. O envolvimento com a comunidade acadêmica por meio de centros universitários ou entidades de ensino público e privado foi percebida como prioritária.

O texto base estipulou o prazo de até 2016 para a elaboração e implementação de uma política de regularização fundiária urbana que objetivava um plano de promoção da função social nos imóveis da União vazios ou subutilizados para fins de habitação de interesse social.

O combate à especulação imobiliária, à subutilização de terrenos vazios e à captura da valorização fundiária, decorrente dos investimentos públicos para fins de investimentos em habitação de interesse social deveria ocorrer pela formação de agentes locais e sociais para a promoção de ações de regularização fundiária urbana.

Foi proposta também a criação do Sistema Nacional de Informações e de Monitoramento das Políticas Urbanas (habitação, mobilidade e acessibilidade, meio ambiente, segurança), com a difusão das diretrizes nacionais entre os municípios para que as apliquem em seus planos de forma integrada.

A falta de controle e regulação dos imóveis urbanos fica evidente quando da necessidade de criação de um instrumento que contenha todos os imóveis dos municípios, em especial os com potencial para programas de habitação de interesse social.

Entre as propostas apresentadas em plenária para votação é importante ressaltar o veto à proposta de definição como área da Unidade Habitacional de até 60m², permitindo ajustes às necessidades das famílias cadastradas. Também foi reiterada a necessidade em se aplicar os instrumentos do Estatuto da Cidade, de forma a garantir a destinação dos terrenos e imóveis desocupados para a produção habitacional que priorize as famílias de maior vulnerabilidade social.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O déficit habitacional é uma faceta muito importante da crise urbana em que se encontra o Brasil, muito ainda há que se caminhar, especialmente no que se refere à localização e à forma de implantação da Habitação de Interesse Social, que atualmente privilegia os grandes empreendimentos que geram lucro para as grandes empreiteiras, e que devido aos altos custos da terra urbana são implantados longe dos centros das cidades e do trabalho. Esse panorama gera altos custos com infraestrutura urbana, mais valorização de terrenos particulares. Além de contribuir para o agravamento da crise urbana.

Desde a Constituição de 1988 a participação social é garantida como um dos pilares da democracia. As Conferências das Cidades são instrumentos importantes para discussão e implementação de políticas intersetoriais de desenvolvimento urbano. Percebe-se nos documentos e discursos uma intenção em vencer a fragmentação das políticas urbanas, promovendo uma maior integração entre as diversas políticas setoriais e os interesses e necessidades locais.

O objetivo do presente trabalho foi analisar como a questão habitacional foi tratada na 5ª Conferência Nacional das Cidades, não sendo objeto de análise a posterior atuação do Conselho das Cidades na implementação, ou não, de políticas públicas que traduzissem as decisões das conferências. No entanto, observa-se que pouco foi desenvolvido em relação à integração das diversas políticas e setores relacionados; a questão da assistência técnica gratuita às famílias de baixa renda, apesar de estar na legislação (anterior à 5ª Conferência) ainda não se materializou na produção das cidades brasileiras; ainda não foi criado um Sistema de Informações integrado e completo; e embora existam experiências de uso dos espaços centrais para HIS e combate a especulação imobiliária, estas ainda são pontuais e dependem das legislações municipais.

AGRADECIMENTOS

À Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ANTAC), pela realização do evento. À Universidade de São Paulo (em especial à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e à Escola Politécnica) e ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), pela organização do evento.

REFERÊNCIAS

BONDUKI, Nabil. **Origens da Habitação Social no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.

BOTEGA, Leonardo da Rocha. De Vargas a Collor: urbanização e política habitacional no Brasil. **Revista Espaço Plural**. Ano VIII nº 17, p. 65 -72 2º semestre 2007.

BRASIL, Ministério das Cidades. Conselho das Cidades. **5ª Conferência Nacional das Cidades**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/5conferencia/>, Acesso em: agosto de 2015.

BRASIL, Ministério das Cidades. Programa de Formação em Gestão de Projetos Urbanos. **Curso Básico: Gestão de Projetos Urbanos**. Módulo 1 – Diagnóstico sobre o desenvolvimento urbano nos municípios brasileiros e a necessidade de concepção e implementação de projetos. Brasília, 2015.

CANCLINI, García Néstor. **Culturas Híbridas**: estratégias para entrar e sair da modernidade. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

CASTELLS, Manuel. **Cidade, democracia e socialismo***.* Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1980.

CHAFFUN, Nelson. Dinâmica global e desafio urbano. In. BONDUKI, Nabil. Habitat: **As práticas bem-sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras**. São Paulo, Studio Nobel, 1997. p. 18

GUATTARI, Félix; ROLNIK, Suely. **Micropolítica***:* cartografias do desejo. 6 ed. Petrópolis: Vozes, 2000.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades**: alternativas pra a crise urbana. 5.ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

SANTOS, Milton. **A Urbanização Brasileira**. 5ª Edição. 2ª Reimpressão. São Paulo, Edusp, 2009.

VALENÇA, Márcio Moraes; BONATES, Mariana Fialho. The trajectory of social housing policy in Brazil: From the National Housing Bank to the Ministry of the Cities. **Habitat Internacional**, v. 34, p. 165-173, 2010.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016.

DINÂMICAS E TRANSFORMAÇÕES EM CAMPINAS: HABITAÇÃO EM BAIRROS CENTRAIS, DE 2000 A 2015[1]

GONÇALVES, Viviana P. (1); PINA, Silvia Mikami G. (2)

(1) UNICAMP, e-mail: vivianapgoncalves@yahoo.com.br; (2) UNICAMP, e-mail: silviaunicamp@gmail.com

RESUMO

Os processos urbanos que envolvem a expansão das periferias urbanas continuam impactando a questão da habitação nos bairros centrais das grandes cidades brasileiras. Pouco se mencionam os casos onde esse despovoamento do centro não ocorre sem, no entanto, excluir a possibilidade de mudanças demográficas como a popularização ou o enobrecimento social. O objetivo deste artigo é caracterizar a ocupação habitacional do centro urbano de Campinas a partir de análise da produção recente de habitações coletivas e da população residente nos bairros centrais. Assim, foi realizada uma pesquisa documental nos arquivos da Prefeitura Municipal em busca de projetos de habitação coletiva aprovados na área reconhecida como Região Central pela municipalidade, entre os anos de 2000 e 2015, que apontou para a aprovação de 53 novos empreendimentos no período. A análise combinada com as informações populacionais dos Censos Demográficos brasileiros do período indica que, apesar do saldo migratório, o centro campineiro tem passado nos últimos anos, por importantes transformações com incremento do crescimento da verticalização habitacional de alto padrão e respectiva substituição da população moradora por outra de maior poder aquisitivo, apontando para um cenário de enobrecimento social.

Palavras-chave: Área Central. Habitação Coletiva. Gentrificação.

ABSTRACT

Urban processes involving the expansion of urban peripheries continue impacting the issue of housing in the central districts of Brazilian big cities. However, there is not enough discussion about cases that not present the depopulation, where possibilities of demographic changes, as the popularization or gentrification should be considered. The aim of this article is to characterize the housing occupation of the urban center area of Campinas from analysis of recent multifamily housing production and the resident population in these central districts. Thus, a documentary research was made in the archives of the City Hall for multifamily housing projects approved in the area recognized as Central Region by the municipality, from 2000 to 2015, which pointed to the approval of 53 new projects in the period. The combined analysis with the population data of Brazilian Demographic Census of the period indicates that, despite the migratory balance, the central areas of Campinas have experienced important changes in recent years, increasing the vertical housing growth of high standard and the replacement of the resident population by another with greater purchasing power, pointing to a scene of social ennoblement.

***Keywords**: Downtown Area. Multifamily Housing. Gentrification.*

[1] GONÇALVES, Viviana P.; PINA, Silvia Mikami G.. Dinâmicas e transformações em campinas: habitação em bairros centrais, de 2000 a 2015. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A expansão irrestrita das periferias urbanas, impulsionada há décadas pelo desenvolvimento industrial e pela explosão demográfica nas metrópoles brasileiras, vem modificando e agravando a segregação social, caracterizada pela dicotomia do centro rico versus periferia pobre. Outro fenômeno bastante comum é o deslocamento das classes de alta renda para condomínios horizontais em áreas distantes, impactando diretamente na ocupação dos bairros centrais, nos quais é comum ocorrer despovoamento e degradação. A cidade de Campinas, inserida na macrometróple de São Paulo, apresenta outras dinâmicas na sua área central, caracterizadas pelo não despovoamento e indicando uma transformação e não um esvaziamento. O adensamento construtivo do centro da cidade, impulsionado pelo Código de Obras de 1934 e pela implantação do Plano de Melhoramentos Urbanos de Prestes Maia em 1938 se deu principalmente pela verticalização da área central. Os edifícios dessa época, embora predominantemente residenciais, apresentavam diversidade de tipologias de apartamentos e, na sua maioria, os andares mais baixos eram destinados ao uso comercial e de serviços. O Plano de Melhoramentos se caracterizou pelo alargamento das principais vias do centro objetivando a modernização da cidade e a dispersão urbana. Após 1965, o centro da cidade passou a receber mais empreendimentos de caráter comercial e o adensamento residencial passou a ocorrer prioritariamente em outras áreas. Nos últimos anos, entretanto, mesmo com a transferência de alguns serviços da área central para pontos distantes na cidade, como os serviços judiciários e da educação superior, percebe-se a presença de um mercado forte de construção habitacional nos bairros centrais.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é caracterizar a ocupação habitacional do centro urbano de Campinas, a partir de uma análise da produção recente de habitações coletivas e do perfil da população residente nos bairros centrais. O perímetro selecionado para o desenvolvimento da pesquisa corresponde ao que a municipalidade reconhece como Área Central, ou seja, aquela formada pelo Centro Histórico e pelos bairros Guanabara, Cambuí e Bosque.

Para a obtenção dos dados, foi realizada uma pesquisa documental junto à prefeitura municipal, que apontou a aprovação de cinquenta e três novos projetos de habitação coletiva dentro do perímetro de estudo, entre os anos de 2000 e 2015. A partir da análise dos processos consultados constatou-se que vários desses empreendimentos se dão por meio da anexação de lotes menores, indicando não apenas a transformação da tipologia e do adensamento habitacional, mas também de demanda por habitação de padrão mais elevado, indicando possível população de renda mais alta. O período selecionado permite a utilização dos dados dos Censos de 2000 e 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fundamentais para o conhecimento das mudanças sócios territoriais recentes.

A pesquisa visa contribuir no sentido de possibilitar uma maior compreensão das dinâmicas de mudança de uso do solo e de produção habitacional em curso nos bairros centrais e seus efeitos, as quais parecem reiterar a hegemonia do setor privado na produção da cidade contemporânea, apoiado por políticas urbanas locais.

2 OS CENTROS URBANOS CONTEMPORÂNEOS E O ENOBRECIMENTO

Sobre a produção capitalista do espaço, Harvey (2006) coloca a relação de interdependência entre a urbanização e a economia, ressaltando que os modos de produção contemporâneos imprimem suas marcas sobre o território urbano, mas que também os processos de urbanização influenciam, na contramão, nos rumos do desenvolvimento social e econômico. Dessa forma, tanto o enfraquecimento do poder do Estado como regulador da produção do espaço urbano, quanto a sua associação indiscriminada com os interesses especulativos da iniciativa privada, dão condições para que a formação do tecido urbano e as modificações que ocorrem nas cidades sejam regidas pelas lógicas de mercado, transformando o solo urbano em uma das mercadorias mais rentáveis da atual fase do capitalismo.

As facilidades promovidas pelo desenvolvimento dos meios de transporte e comunicação propiciou a multiplicação de espaços genéricos nos territórios metropolitanos, fortalecendo as qualidades do local enquanto mantenedor da identidade coletiva da população. Tal fortalecimento do valor da localização desdobra-se também em valor econômico. É bastante comum encontrar no material de divulgação de empreendimentos habitacionais, as vantagens relativas à sua localização, informação quase sempre valorizada com relevância superior às próprias características do imóvel em si. Quando se trata do centro de uma grande cidade esse discurso ganha força máxima, pois os argumentos direcionam a favor da história do local, da diversidade sócio territorial, das atividades culturais, facilidade de transporte ou mesmo o apelo às oportunidades oferecidas pela centralização, como facilidade para os negócios e melhor qualidade de vida.

A importância do centro da cidade está relacionada à formação da aglomeração, de modo que um não preceda o outro, mas surja através do mesmo processo, constituindo uma relação de interdependência (VILLAÇA,1998). O centro é o ponto no território que minimiza os deslocamentos de toda a comunidade no acesso a espaços em comum. Como nem todos podem habitar o mesmo ponto no espaço ocorre a necessidade de afastamento, iniciando a disputa pelos locais mais próximos ao centro e que apresentam, portanto, maiores vantagens, indicando diferenciação nos valores relativos à localização.

Conforme a cidade se expande, procura-se estender para outros locais a infraestrutura urbana, mas as características presentes no Centro não podem ser replicadas. É inegável, assim, a importância simbólica desse espaço enquanto local histórico e socialmente constituído de uma cidade, apresentando o maior nível de complexidade urbana e social. Ele é,

também, o espaço mais acessível para o conjunto da sociedade, de acordo com as condições de mobilidade mais acessíveis. A importância da proximidade ao centro é relativizada conforme o desenvolvimento dos meios de transporte, pois esses alteram as condições de acessibilidade aos vários pontos da cidade. Mesmo assim, o controle sobre o espaço urbano permanece nas mãos das classes dominantes, as quais tem o poder de escolher seu local de moradia conforme suas condições e preferências particulares. Contudo, para a população de baixa renda resta como local de moradia, na maior parte das vezes, as periferias distantes e menos providas de infraestrutura ou de serviços urbanos.

A ideia contemporânea de centro urbano como centro de serviços tem criado uma heterogeneidade polarizada nas áreas centrais das grandes cidades. Os empregos oferecidos nesses locais costumam ser bastante diferenciados entre si: têm-se de um lado as atividades informais ou empregos formais mal remunerados e de outros empregos em setores de ponta com altos salários (HARVEY, 2006). Ainda sobre essa heterogeneidade pode-se dizer que o consumo e a atividade das classes populares, uma vez que o centro constitui um ponto de convergência para as mesmas, contribui para a manutenção do valor econômico da localização (VILLAÇA, 2012), ao mesmo tempo em que o ambiente físico é continuamente degradado, tornando mais fácil para o setor privado a aquisição de imóveis acessíveis. A tendência desse processo é a demolição das construções horizontais preexistentes e a anexação dos lotes, formando terrenos maiores capazes de abrigar empreendimentos verticalizados com recuos generosos em todas as faces da edificação, mas desconectados do lugar onde se inserem. Os valores das unidades habitacionais produzidas, valorizadas pela sua localização, conduzem às mudanças no perfil socioeconômico da população local e nas características do ambiente construído, criando possibilidade para que essa lógica se estenda, paulatinamente, por todo o território central, ainda que algumas diferenças possam ser mantidas.

As mudanças e os efeitos socioeconômicos promovidas pelo processo acima descrito são conhecidas por gentrificação (SMITH,2006), fenômeno que pode ser melhor compreendido no português sob o termo enobrecimento, uma vez que se refere à ideia de elevação do perfil social da população de um determinado lugar, tanto em termos econômicos quanto educacionais ou culturais, revelando seu caráter classista. O autor esclarece como o enobrecimento pode se tornar uma estratégia do mercado imobiliário e até do próprio governo local, seguindo o caminho da privatização do setor habitacional e a maximização dos lucros advindos da comercialização da moradia. Embora se utilize do caso de Nova York para explicar as lógicas que regem os processos de enobrecimento urbano, Smith (2006) deixa claro que o alcance do fenômeno é muito mais amplo, estendendo-se até os centros urbanos mais improváveis. Trata-se, portanto, de um processo bastante comum no desenvolvimento urbano contemporâneo em diversas partes do mundo, sendo diferenciado em cada caso por características locais. Além de representar a reconquista da cidade pelas classes mais altas

a gentrificação "(...) produz também o espaço urbano falsamente democratizado, passível de ser "consumido" parcialmente por outras camadas sociais (BIDOU-ZACHARIEN, 2006, p. 34).

A verticalização construtiva está, por sua vez, associada ao preço da terra urbana, ou seja, quanto mais valorizada, maior tende a ser a verticalização e, geralmente, é um dos indicativos físico-espaciais do processo de enobrecimento de um local. A verticalização no Brasil era visualizada nas primeiras décadas do século XX como símbolo de progresso e modernidade, propiciada pelo advento do elevador. Primeiramente, as edificações verticalizadas eram ligadas ao uso do setor terciário e, pouco a pouco, tornou-se predominantemente residencial no contexto de algumas cidades, como São Paulo. A política de limitação do coeficiente de aproveitamento e a instituição de um tamanho mínimo para a unidade habitacional acabou direcionando o atendimento principalmente da demanda das classes de renda média e alta (SOMEKH, 1997). Essa lógica ainda hoje perdura nas áreas mais valorizadas das grandes cidades, onde o alto custo da terra leva o mercado a fazer investimentos muito lucrativos em áreas já providas de infraestrutura, por vezes levando o poder público a substituí-la por outra mais avançada ou de maior alcance, em detrimento das periferias, cuja infraestrutura básica sequer chegou. Estas ações acirram ainda mais as diferenças de valor urbano e de acesso à cidade no seu pleno potencial.

3 O CENTRO DE CAMPINAS E AS MUDANÇAS NO USO HABITACIONAL

Assim como ocorreu em São Paulo, Campinas também recebeu influência das ideias modernizadoras e progressistas do urbanista Prestes Maia. Calcadas no ideário moderno do arranha céu e da abertura de largas avenidas, a expansão urbana e o uso do automóvel foram incentivados. A verticalização em Campinas teve início na área central, com a construção de edifícios, impulsionada pelo Código de Obras de 1934 e pela implantação do Plano de Melhoramentos Urbanos de 1938. Após 1965, com a redução do alcance do Plano, a verticalização no centro passou a destinar-se mais às atividades terciárias e o adensamento residencial passou a ocorrer prioritariamente em outras áreas da cidade (DEZAN, 2007). Essa transferência da verticalização residencial ocorreu primeiramente nas regiões lindeiras ao centro, como por exemplo, o bairro do Cambuí, espraiando-se em razão do crescimento da malha urbana e da valorização fundiária, de modo a formar diversos espaços verticalizados permeados por vazios urbanos e conectados pelo sistema rodoviário. A multiplicação de empreendimentos habitacionais destinados às classes populares na região sudoeste, historicamente ocupada pelos mais pobres, e a multiplicação de condomínios luxuosos na região norte da cidade, são alguns dos indicativos deste processo. O perfil de uso das edificações verticais aprovadas nesse período também mudou, passando da maioria destinada a escritórios ou uso misto para uso predominantemente residencial (FERNANDES, 2005).

No perímetro do centro histórico ocorreu maior verticalização, desde a implantação do Plano de Prestes Maia, constituindo hoje o espaço com melhor infraestrutura.

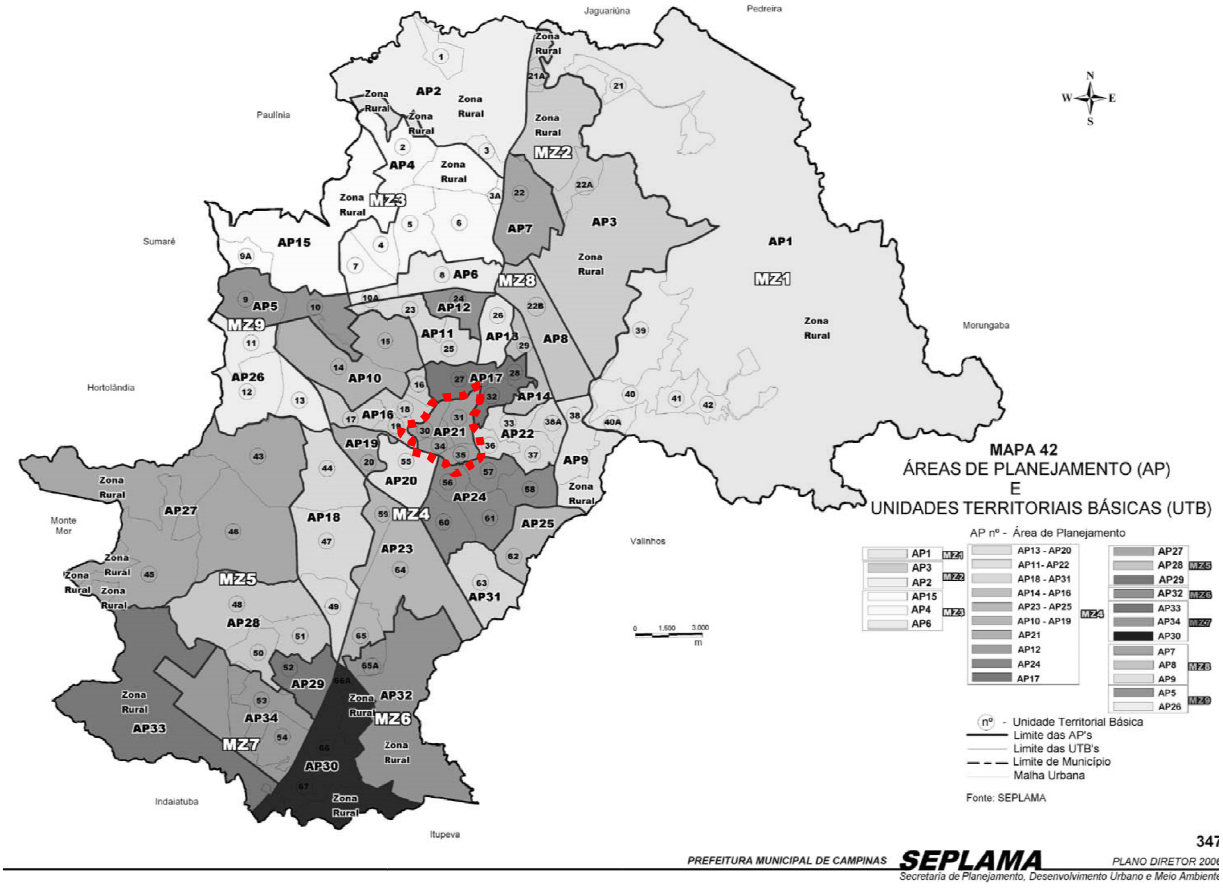
Embora o centro campineiro seja ainda muito dinâmico é comum encontrar edificações ociosas ou subutilizadas. O uso residencial no centro histórico não chega a 15% das edificações (CARTY, 2014), sendo mais intenso nos bairros vizinhos a ele. O aumento da vacância em edificações, não acompanhado pela perda de moradores, denota a concentração de população em pontos específicos do centro. A força do comércio popular, inclusive informal, mostra a importância das classes populares na dinamização do espaço central (Pedroso, 2007).

Ainda que esteja clara a presença de população de baixa renda e a demanda por habitação social também no centro, o atual Plano Diretor (CAMPINAS, 2006) apenas prevê ZEIS de indução em áreas periféricas, carentes de infraestrutura e próximas às ZEIS de regularização, acentuando a segregação sócio territorial historicamente construída na cidade.

Com o intuito de resgatar as qualidades perdidas com a transferência de diversas funções do centro para outros bairros da cidade, a área central tornou-se alvo de diversos projetos. As primeiras eram apenas intervenções pontuais, voltadas para a revitalização do patrimônio, porém, recentemente as propostas são mais complexas e propõem a refuncionalização urbana a partir da valorização da fluidez do território, adotando a mobilidade urbana como foco de alguns desses projetos (OLIVEIRA, 2012). Atualmente, a região da Avenida Francisco Glicério, principal via da região central, passa por um processo de revitalização. Contudo, as intervenções públicas permanecem restritas ao plano espacial e ao sistema viário, não existindo nenhuma ação significativa no que diz respeito à questão habitacional.

Atualmente, o planejamento urbano em Campinas se dá por macrozoneamento, delimitado conforme as características territoriais observadas, totalizando nove macrozonas. Estas, por sua vez, são divididas em 34 Áreas de Planejamento (Ap's), que são subdivididas em unidades menores chamadas Unidades Territoriais Básicas (UTB's). No centro da Macrozona 4 encontra-se o perímetro reconhecido como área central e que é objeto deste estudo. Corresponde à Área de Planejamento 21 (Figura 1). Trata-se da porção mais centralizada e de melhor infraestrutura do município e compreende as UTB's: 30 - Guanabara, 31 - Cambuí, 34 - Centro e 35 – Bosque (CAMPINAS, 2006).

Figura 1: Mapa de Campinas com os limites das Áreas de Planejamento – destaque para Ap 21 (região central).

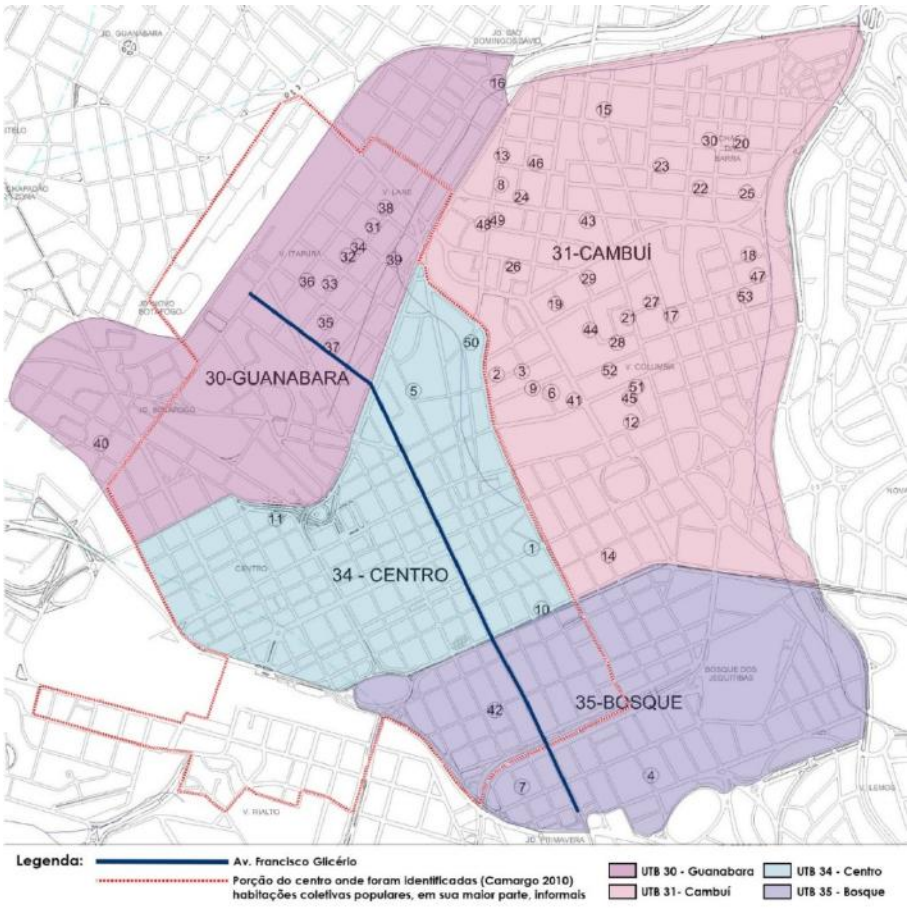


Fonte: Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano de Campinas, Plano Diretor de 2006 – Anexo 3 – Modificado pelas autoras.

O levantamento realizado junto ao Departamento de Uso e Ocupação do Solo da Prefeitura Municipal apresentou 53 projetos de habitação coletiva, aprovados na região central de Campinas entre os anos de 2000 e 2015. Esse levantamento mostrou uma aprovação expressiva de projetos dessa natureza, na forma de edifícios de apartamentos bastante verticalizados, concentrados principalmente a Norte e Nordeste da Avenida Francisco Glicério (Figura 2), ou seja, a área com melhor infraestrutura da região central. Apenas 7,5% dos empreendimentos localizam-se fora dessa área. A aprovação de empreendimentos é também diferenciada de acordo com a UTB, sendo muito mais frequente nas regiões dos bairros Cambuí e Guanabara.

Dentre os empreendimentos identificados, a grande maioria envolve a anexação de lotes e demolição de antigas edificações, como casas e sobrados, indicando mudanças de uso do solo urbano relacionadas ao enobrecimento.

Figura 2 – Localização dos empreendimentos de Habitação Coletiva Aprovados pela Prefeitura Municipal de Campinas entre os anos de 2000 e 2015.



Fonte: Mapeamento realizado pelas autoras, a partir dos dados da Prefeitura de Campinas

Do total de projetos aprovados, foi possível o acesso a 40 projetos (75, 5%), sendo que alguns se encontravam em análise no setor jurídico e outros no gabinete do prefeito, sem previsão de liberação. A grande parte dos empreendimentos consultados foi aprovada ou concluída entre 2011 e 2015 (75%), o que demonstra o aquecimento do mercado naquele período (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de empreendimentos de habitação coletiva aprovados pela Prefeitura de Campinas entre 2000 e 2015, por períodos.

UTB/	2005-2010		2011-2015		Total	
Período	Aprov.	Concl.	Aprov.	Concl.	Aprov.	Concl.
30	1	4	2	4	3	8
31		5	5	13	5	18
34			2	2	2	2
35			1	1	1	1
AP 21	1	9	10	20	11	29

Fonte: Tabulação realizada pelas autoras a partir dos dados fornecidos pela Prefeitura de Campinas, relativos a 40 processos completos.

O estudo da composição demográfica da área central, com análise dos dados dos Censos de 2000 e 2010, apresenta o não esvaziamento da região central (Tabelas 2 e 3), assim como evidencia mudança no perfil socioeconômico, possivelmente ocasionado pela transferência demográfica. Destaca-se ainda uma diferença acentuada na densidade populacional da região central em relação ao município como um todo.

Tabela 2 – População Residente por Região e Saldo Migratório

Região	Censo 2000	Censo 2010	Saldo Migratório
30-Guanabara	9.976	12.413	+ 2.437
31-Cambuí	24.895	24.696	- 199
34-Centro	13.458	15.782	+ 2.324
35-Bosque	14.569	14.535	- 34
AP 21 – Região Central	62.898	67.426	+ 4.528
Campinas	969.386	1.080.113	+ 110.727

Fonte: Tabela elaborada pelas autoras com base nas tabulações, realizadas pela Seplama Campinas, dos Censos de 2000 e 2010.

Tabela 3 – Densidade Populacional Média

Região	Área em km²	Densidade – Hab/km² Censo 2000	Densidade – Hab/km² Censo 2010
30-Guanabara	1,513	6.953,81	8.203,97
31-Cambuí	2,637	9.353,34	9.364,31
34-Centro	1,332	10.472,15	11.845,52
35-Bosque	1,211	12.589,13	12.006,00
Campinas	794,744	1.219,75	1.359,07

Fonte: Elaboração das autoras com base nas tabulações realizadas pela Seplama Campinas, dos Censos de 2000 e 2010.

A análise do tipo de domicílio (Tabela 4) apresenta uma retração da tipologia casa e o crescimento da tipologia apartamento, mostrando a mudança de tipologia habitacional construída na Região Central, reforçando o processo de verticalização.

Tabela 4 – Tipos de domicílio

UTB	**Domicílios Particulares Permanentes**		**TIPO**				
			Casa		Apartamento		Cômodos
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000
30-Guanabara	4.617	6.217	933	911	3.665	5.289	19
31-Cambuí	9.955	11.482	1.035	1.072	8.642	10.404	9
34-Centro	6.160	7.805	436	323	5.696	7.480	27
35-Bosque	6.429	6.939	987	821	5.425	6.106	17
AP 21	27.161	32.443	3.391	3.127	23.428	29.279	72
Campinas	283.444	348.268	221.629	261.908	59.743	85.011	2.069

Fonte: Elaboração das autoras com base nas tabulações realizadas pela Prefeitura Municipal de Campinas, dos Censos de 2000 e 2010. Obs: a tipologia Cômodos não constou no Censo de 2010.

4 CONCLUSÕES

A acentuada e recente verticalização da moradia confirma que o valor do solo na região central de Campinas é ainda muito elevado, de modo que, para o mercado, interessa a maximização do retorno do empreendimento, por meio da construção de condomínios verticais de alto padrão. As características das unidades habitacionais, contudo, se diferem conforme a localização. Enquanto no Centro e na região do Bosque predominam as tipologias de 1 e 2 dormitórios, no bairro Guanabara predominam as tipologias com mais de 3 dormitórios e com 4 ou 5 banheiros. Já no bairro Cambuí, onde o custo da terra é bastante elevado, percebe-se um misto entre essas tipologias, sendo as menores provavelmente destinadas a estudantes ou jovens profissionais. Essa é também a UTB que mais concentra empreendimentos.

A análise conjunta da produção recente de habitação coletiva e dos dados censitários de 2000 e 2010 permite concluir que o não esvaziamento populacional na Região Central de Campinas se dá por uma transferência demográfica contínua de população, a qual está aos poucos alterando a configuração sócio territorial da região central da cidade. A oferta de unidades habitacionais de características distintas remete, de fato, à diversidade social. No entanto, esta diversidade parece estar mais atrelada às mudanças nos modos de vida contemporâneos e nas novas conformações dos núcleos familiares, o que demanda programas habitacionais diferentes daqueles destinados às famílias típicas. Dessa forma, mesmo as unidades habitacionais aparentemente mais modestas possuem valor de mercado inacessível para as classes de mais baixa renda, reforçando uma tendência cada vez mais seletiva.

Os dados demográficos censitários apontam para uma popularização do centro entre 2000 e 2010. No entanto, com a transformação dos bairros centrais e a crescente construção de empreendimentos nos últimos cinco anos, detecta-se possível tendência de substituição da população moradora por outra de maior poder aquisitivo e de mudanças também nas características dos empreendimentos apontando para um cenário de enobrecimento social, sucedendo um período marcado pela popularização, o que revela um espaço em plena mutação. O protagonismo do mercado imobiliário nesse processo é evidente, com apoio do poder público municipal através de leis urbanísticas e obras de revitalização no centro.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BIDOU-ZACHARIASEN, Catherine (coord). **De volta à cidade:** dos processos de gentrificação às políticas de "revitalização" dos centros urbanos. São Paulo: Annablume, 2006. Trad. de Helena Menna Barreto Silva.

CAMARGO, Camila Moreno de. **Habitação coletiva popular na área central de Campinas:** tendências e caracterização. 2010. 205p. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CAMPINAS. Lei Complementar nº 15, de 27 de Dezembro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor do município de Campinas. **Diário Oficial do Município de Campinas**, Campinas, n. 9.074, Ano XXXVI, 29 dez. 2006. p. 3-12. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/uploads/pdf/1218212036.pdf> Acesso em: 26 Ago. 2014.

CAMPINAS, Secretaria Municipal de Habitação. **Plano Municipal de Habitação**. Campinas, 2011.

CARTY, Carolina Gabriel. **Vacância no centro de Campinas e o planejamento urbano brasileiro, 1990-2014**. 2014. 208p. Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas.

DEZAN, Waldir V. **A implantação de uma modernidade:** o processo de verticalização da área central de Campinas. 2007. 190 p. Diss (mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FERNANDES, T. F. **A habitação verticalizada em Campinas-SP: a evolução dos programas arquitetônicos.** 2005. 98p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

HARVEY, David. **A produção capitalista do espaço**. 2ª ed. São Paulo: Annablume, 2006. 252p.

OLIVEIRA, M.R.S. Intervenções Urbanas e Representações do Centro da Cidade de Campinas/SP: Convergências e Divergências. **Dissertação** (Mestrado) Instituto de Geociências Universidade Estadual de Campinas, 2012.

PEDROSO, Francis. **O centro de Campinas (SP) - usos e transformações**. 2007.122p. Dissertação (mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SOMEKH. **A cidade vertical e o urbanismo modernizador: São Paulo 1920-1929**. São Paulo: Studio Nobel: Editora da Universidade de São Paulo: FAPESP, 1997. 173p.

SMITH, Neil. A gentrificação generalizada: de uma anomalia local à "regeneração" urbana como estratégia urbana global. In: BIDOU-ZACHARIASEN, Catherine (coordenadora). **De volta à cidade:** dos processos de gentrificação às políticas de "revitalização" dos centros urbanos. São Paulo: Annablume, 2006. Tradução de Helena Menna Barreto Silva.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, 1998. 373p.

VILLAÇA, Flávio. **Reflexões sobre as cidades brasileiras**. São Paulo: Studio Nobel, 2012. 295p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA: CONSTRUINDO PAISAGENS URBANAS [1]

KALIL, Rosa Maria Locatelli (1); GELPI, Adriana (2); OLIVEIRA, Wagner Mazetto de (3), PRETTO, Nelita (4) , FENGLER, Jaqueline Becker (5)

(1) UPF, e-mail: kalil@upf.br (2) UPF, e-mail: agelpi@upf.br; (3) UPF, e-mail: 111919@upf.br (4) UPF, e-mail: 134338@upf.br (5) UPF, e-mail: 141900@upf.br

RESUMO

As políticas de habitação do Programa Minha Casa Minha Vida têm produzido habitações sociais no Brasil, gerando núcleos e conjuntos habitacionais em diversas cidades. A maioria dos conjuntos e núcleos está sendo construída em áreas de expansão urbana, gerando apêndices urbanos deslocados do tecido urbano consolidado. O trabalho aborda estudo de caso em Passo Fundo (RS), em conjunto habitacional que combina a construção privada com investimentos públicos, tendo como característica a diversidade de tipologias, tecnologia construtiva racionalizada e a gradual oferta de equipamentos comunitários. A análise é realizada com base métodos e conceitos de valoração integral das áreas habitacionais propostos por Montaner, Muxi e Falagan (2011). Como resultados, verifica-se que mesmo em empreendimentos privados, as ferramentas de "habitar o presente", que consideram habitação como parte de projeto urbano, podem contribuir para que a morfologia urbana resultante de novas paisagens obtenha melhor qualidade e sustentabilidade, desde que sejam efetivadas as políticas públicas habitacionais correspondentes

Palavras-chaves: Políticas habitacionais. Diversidade tipológica. Equipamentos comunitários. Paisagem urbana.

ABSTRACT

The housing policies of the Minha Casa Minha Vida Programme have produced social housing in Brazil, generating urban developments and housing projects in several cities. Most of them are situated in areas of urban sprawl, generating displaced urban appendices of the consolidated urban fabric. This paper presents a case study in Passo Fundo (RS) that combines private construction with public investments, with the characteristic diversity of typologies, building technology and streamlined the gradual provision of community facilities. The analysis is based in methods and concepts of full valuation of residential areas proposed by Montaner, Muxi and Falagan (2011). As a result, it appears that even in private enterprises, the tools "to inhabit the present," that consider housing as part of urban design can contribute to the resulting urban morphology of new landscapes get better quality and sustainability, provided that effect the corresponding public housing policies.

Keywords: *Housing policies*. *Typological diversity*. *Community facilities*. *Urban landscape*.

[1] KALIL, Rosa Maria Locatelli; GELPI, Adriana; OLIVEIRA, Wagner Mazetto de; PRETTO, Nelita; FENGLER, Jaqueline Becker. Programa Minha Casa Minha Vida: construindo paisagens urbanas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. **Anais...** São Paulo: Associação Nacional do Ambiente Construído, 2016.

1 INTRODUÇÃO

As recentes políticas públicas para habitação de interesse social, no Brasil, têm criado uma paisagem de novos condomínios e loteamentos nas periferias das cidades. A morfologia urbana das periferias se reconstrói, ao espaço informal somam-se conjuntos padrão de unidades repetitivas. A forma urbana produzida intencionalmente afasta o singular e o inesperado da autoconstrução, ao padronizar e atender demandas reprimidas numa questionável e massiva reprodução de guetos de moradias, mas não de pertencimento às cidades.

Verifica-se, de acordo com Maricato (2011) que apesar das críticas ao processo da construção das habitações de interesse social do final do século XX, as dimensões, a uniformidade e o distanciamento das facilidades urbanas se repetem. Neste contexto, à periferia é agregada massa edificada de habitações unifamiliares ou multifamiliares uniformes e monótonas em grandes áreas monofuncionais.

Em Passo Fundo, RS, repete-se o processo, mas o conjunto habitacional em estudo diferencia-se dos demais por estar localizado em área de expansão legal da cidade, prevista no Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (2006). Apresenta tipologias habitacionais variadas, sistema construtivo diferenciado em relação às construções convencionais e abriga frações sociais diferenciadas em suas moradias.

O trabalho aborda a formação de novas paisagens urbanas a partir da implantação de núcleos habitacionais de interesse social em áreas periféricas de cidade média brasileira. Estudos realizados por Maricato (2011), Bonduki et al. (2012) e por pesquisadores de todo o Brasil, avaliam a política habitacional a partir da implantação do Ministério das Cidades, da retomada de financiamentos habitacionais e de desenvolvimento urbano. Ressaltam a dificuldade de avaliar a efetividade dos mesmos na redução do déficit, na qualificação do hábitat e na continuidade dos programas, devido à diversidade das situações no território, pela insuficiência de estruturas administrativas e operacionais confiáveis e independentes de gestões políticas em todos os entes federados.

O programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) foi um marco na política habitacional destinando alto volume de subsídios diretos ao comprador e priorizando famílias de menor renda, conforme previsto no Plano Nacional de Habitação. As famílias com até três salários mínimos de renda (faixa 1) receberam subsídios mais elevados, decrescendo para as de três a seis (faixa 2). Também as de renda familiar de seis a dez salários mínimos (faixa 3) foram beneficiadas com redução de juros e outros benefícios. Em relação a projetos anteriores, houve estiramento exagerado das faixas de renda, beneficiando segmentos da classe média, e gerando mercado para o setor privado. Alto volume de subsídios diretos à moradia é a espinha dorsal do MCMV, tornando a política incerta, pois a suspensão dos subsídios paralisará todo o sistema em seu entorno (MEYER, 2014, p. 117).

Segundo Shimbo (2012) ao analisar o papel das empresas construtoras, "a

produção das cidades no Brasil se alterou profundamente neste início do século XXI. Num período de cinco anos, sobretudo entre 2006 e 2010, grandes empresas construtoras e incorporadoras passaram a ofertar habitação para as camadas de baixa renda da população imprimiram um ritmo acelerado na verticalização e no espraiamento dos tecidos urbanos".

Mesmo assim, observa-se maior exigência do programa e da Caixa Econômica Federal em relação à inserção e qualidade urbana. Meyer (2014) aponta que os projetos devem contemplar questões urbanas locais do empreendimento: transporte, iluminação, coleta de lixo, abastecimento de água e energia, solução de esgotamento e inserção na malha urbana. No MCMV 2 incluiu-se exigência de drenagem pluvial, vias de acesso e circulação pavimentadas, calçadas, guias e sarjetas, além da "adequação ambiental do projeto". Quanto à localização exige "localização do terreno na malha urbana ou em área de expansão que atenda aos requisitos estabelecidos pelo Ministério das Cidades, observado o respectivo Plano Diretor, quando existente", e a exigência ou compromisso do poder público local de instalação ou de ampliação dos equipamentos e serviços relacionados à educação, à saúde, ao lazer e ao transporte público. "De qualquer forma, ao deslocar a população para locais distantes esse modelo satura o sistema viário, degrada o meio ambiente e segrega os moradores socialmente, de forma a dificultar o acesso às oportunidades de emprego e de serviços, o que configura a maior fragilidade do MCMV" (MEYER, 2014).

A construção de novas paisagens urbanas constituídas por conjuntos habitacionais de tipologias diferenciadas foi documentada em pesquisas realizadas por Kalil et al. (2014). Os autores registraram que os novos projetos de conjuntos habitacionais de interesse social seguiram a política nacional com foco em projetos de caráter local, em núcleos de menor porte, financiados com recursos federais com uma contrapartida municipal (BRASIL, 2012). Nesse contexto, vários núcleos foram construídos em Passo Fundo com tipologia de unidades térreas isoladas, geminadas e tipologia de unidades multifamiliares de quatro ou cinco pavimentos. (KALIL, 2003; SOBARZO, 2010, KALIL et al., 2014).

O objeto da pesquisa é o conjunto habitacional Jardins Nativos, do programa MCMV, na Vila Donária, Setor 8 – Bairro Santa Marta, em área periférica e distante cerca de 6 km do centro da cidade. Nesta área está prevista expansão urbana e densificação habitacional, conforme Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (2006) e plano urbanístico municipal (2012) aprovado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento. Nesta área localizam-se os empreendimentos habitacionais mais recentes e que apresentam diferenciais quanto às tipologias habitacionais e às tecnologias construtivas executadas em loteamentos convencionais. Contudo, ainda são poucos os equipamentos urbanos existentes: escola de ensino fundamental e médio, escola de educação infantil, unidade de saúde, centro de assistência social, capelas e comércio de pequeno porte. O setor não apresenta áreas verdes públicas, nem equipamentos públicos de lazer ou esporte, apenas clubes privados (Figura 1).

O Condomínio Jardins Nativos, implantado desde 2012 subdivide-se em 17 condomínios fechados, com 24 unidades habitacionais cada, em diferentes modalidades (isoladas, térreas geminadas, sobrados de apartamentos), financiado pela Caixa Econômica Federal por meio do Programa Minha Casa Minha Vida. Localizado em área de 40 hectares, delimitada pelas ruas Dona Georgina Schell, Muçum e Miguelzinho Vargas, no sudoeste do bairro, com área de preservação a oeste, designada como Zona Especial de Interesse Social em 2009, 2010 e 2011.

Figura 1– Vista aérea da Vila Donária e condomínio Jardins Nativos



Fonte: Elaboração dos autores sobre foto de satélite do Google Maps (2016)

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo propõe investigação com foco na análise das tipologias habitacionais e dos sistemas construtivos, sua integração ou contraposição com as pré-existentes e na formação da paisagem urbana local e municipal. As áreas habitacionais são estudadas também em seus aspectos intraurbanos, e seus programas habitacionais de interesse social.

O trabalho está encaminhado, tendo-se como base, de acordo com Werna (2001), uma metodologia que combina a avaliação do produto – neste caso, a unidade habitacional e seu coletivo, com uma avaliação do processo, que inclui uma análise dos mecanismos institucionais utilizados pela municipalidade, ou seja, os programas adotados, suas implantações nas áreas urbanas, e a avaliação dos atores sociais envolvidos na aquisição da habitação.

Após a caracterização geral do conjunto habitacional avalia-se sua inserção urbana, entendendo-se por inserção urbana a forma com que o conjunto e as unidades habitacionais unifamiliares e multifamiliares se articulam no e

com o espaço urbano, considerando-se sua localização, a sua adequação ao entorno, as suas conexões com as infraestruturas e o atendimento por serviços públicos.

Na análise do conjunto habitacional foram aplicados os métodos e os conceitos básicos de valoração integral das áreas habitacionais propostos por Montaner, Muxi e Falagan (2011), no que se refere à teoria de "Habitar o presente". Os autores refletem sobre a unidade habitacional num contexto contemporâneo de grandes transformações sociais, culturais e tecnológicas agrupando uma série de questões em quatro grandes áreas: 1) sociedade, 2) cidade, 3) tecnologia e 4) recursos.

Em relação à Sociedade (1), esses autores ressaltam a readequação e diferenciação da composição dos grupos familiares; onde a posição do chefe de família provedor, mãe cuidadora e grande número de filhos deve ser revista e cuja estrutura não é mais rígida e hierarquizada; a residência passa a ser também, um espaço de trabalho e de armazenamento. A heterogeneidade da sociedade atual com distintos níveis de renda, de composição familiar multifacetada, de tipos de ocupação profissional diversificados, de gêneros, de níveis de estudos diferenciados, de estrutura demográfica em transformação e com mudanças endógenas na estrutura dos lares alteram significativamente, as propostas tipológicas e morfológicas, para os conjuntos habitacionais.

Em relação à *Cidade* (2), os autores questionam a relação da unidade habitacional com o espaço urbano, observando que a habitação deve estar inserida na cidade e não ser um apêndice a ela. Neste sentido, os valores de proximidade; a relação da habitação com espaço público; os espaços de convivência e de usos; assim como os espaços intermediários assumem, talvez, maior importância que a própria unidade habitacional. São potencializados os valores de proximidade, onde os moradores devem realizar o máximo de atividades cotidianas em distâncias percorridas a pé, com trajetos alternativos, ter fácil acesso ao transporte público, às compras do cotidiano, à educação, ao trabalho, à saúde, ao esporte, ao lazer e aos equipamentos do bairro. Afirmam que a residência deve ser compreendida como "o projeto urbano", ou seja, como parte de um projeto urbano equilibrado. As unidades habitacionais devem favorecer a potencialização de redes sociais e comunitárias criando a cidade real sobre as bases de um bom projeto urbano (Montaner, Muxi e Falagan, 2011, p. 45).

Em relação à *Tecnologia* (3) os autores abordam a formalização, a adequação tecnológica e das instalações da unidade habitacional. Sugerem a agrupação de áreas úmidas; a adaptabilidade e a qualidade da construção, que deve, necessariamente, abrigar inovações tecnológicas, inserindo a residência numa realidade cada vez mais mutante. Neste sentido, as respostas projetuais devem adequar-se a um sem número de fatores como a flexibilidade, condições essenciais ao espaço habitável, mantendo adequada articulação com os sistemas, as estruturas e os elementos construtivos, para permitir uma maior evolução e adequação às

mudanças dos usuários (Montaner, Muxi e Falagan, 2011, p. 51-54).

Abordando a questão dos *Recursos* (4), os autores propõem a retomada de partidos de projeto quase vernaculares, mas esquecidos em função do emprego das novas tecnologias, do uso da energia elétrica, do ar condicionado, do uso de elevadores, esquecendo o aproveitamento passivo e ativo do clima urbano, a exploração da ventilação cruzada, a eficiência energética, o aproveitamento dos resíduos e a reciclagem dos materiais, dos insumos e da própria energia.

3 RESULTADOS DA ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO

3.1 Análise em relação ao quesito Sociedade

O bairro Santa Marta caracteriza-se por uma população de renda baixa, tendo iniciado há quatro décadas nas proximidades de estação transformadora de energia e ao longo da via de acesso a distrito rural. Com moradias muito precárias no início, denominado vila Brasília; após recebeu habitações de baixo padrão, autoconstruídas. O bairro contava com reduzidos equipamentos comunitários: escola, capela e instituição de assistência social. Além de loteamentos populares, na década de 2010 passou a receber núcleos de habitação de interesse social, contribuindo para atendimento de famílias de baixa renda vindas de outras áreas da cidade.

Outros empreendimentos privados realizados no programa Minha Casa Minha Vida ofertaram edifícios de apartamentos e também casas isoladas, trazendo população de faixas econômicas sociais mais elevadas que as do conjunto habitacional em estudo, contemplando a heterogeneidade da economia e diversificando a paisagem construída. No mesmo programa MCMV houve construção de unidades dispersas de proprietários individuais. O bairro conta com população rarefeita em habitações unifamiliares, distantes das ofertas de vagas de trabalho, da socialização e das relações de vizinhança, pouco acesso ao transporte público e aos equipamentos comunitários.

Ao combinar condomínios para várias faixas de renda, este projeto proporciona mescla de frações sociais em diversidade socioeconômica. Oportuniza proximidade nas relações comunitárias ao implantar tipologias diferenciadas em vizinhanças próximas. Propõe a potencialização das redes sociais ao mesclar vizinhanças e espaços intermediários mais qualificados, pois um dos aspectos que diferencia este projeto de outros é a adoção de condomínios com número restrito de unidades habitacionais.

O projeto prevê a construção de 17 pequenos condomínios habitacionais, sendo que 13 já se encontram construídos e habitados. Foram planejadas três tipologias de condomínios para duas faixas socioeconômicos de população e em conformidade com as possibilidades de financiamento do Programa Minha Casa Minha Vida. A tipologia de casas geminadas, destina-se a população carente com renda familiar de 0 a 3 salários-mínimos,

enquadradas na faixa 1 de financiamento (Figura 2). A tipologia de casas isoladas destina-se a população com renda familiar de 3 a 5 salários-mínimos, enquadrados na faixa 2 de financiamento (Figura 3). Da mesma forma as tipologias de apartamentos em edifícios de 2 pavimentos destinam-se a faixa 2 (Figura 4).

Figura 2 – Condomínios Jardins Nativos Faixa 1 – casas geminadas (2012-2015)



PMCMV - Faixa 1	Condomínios fechados	Unidades	Área unidades
Renda familiar de até R$1.600,00 Cadastro na Secr. Habitação Tipologia casas térreas geminadas Valor de venda R$ 52.000,00 Prestação subsidiadas 10% do salário (R$ 25 a 50,00)	Bosque das Cerejas Bosque das Pitangas Bosque das Uvaias Bosque das Guabirobas Bosque das Uvaias Bosque dos Araçás Bosque dos Butiás Bosque dos Guabijus	24 por condomínio	42 a 50,45 m² 2 dormitórios, sala, cozinha e banheiro
Total	8 condomínios	192 unidades	

Fonte: Elaboração própria dos autores

Figura 3 – Condomínios Jardins Nativos Faixa 2 – casas isoladas (2013-2015)



PMCMV – Faixa 2	Condomínios fechados	Unidades	Área unidades
Renda familiar de 3 a 6 salários mínimos (R$2.440 a 4.800,00 em 2016) Venda no mercado Tipologia casa térrea isolada Subsídio R$17.000,00	Jardim Camélia Jardim Jasmim Jardim Hortênsia Jardim Romã Jardim Azaleia	23 por condomínio	50,45 m² 2 dormitórios, sala, cozinha e banheiro
Total	5 condomínios	115 unidades	

Fonte: Elaboração própria dos autores

Figura 4 – Condomínios Jardins Nativos Faixa 2 – apartamentos, estacionamento, lazer e casas térreas acessíveis (2015)



MCMV – Faixa 2	Condomínios fechados	Unidades	Área unidades
Renda familiar de até R$1.600,00 Venda no mercado Tipologia apartamentos 4 por andar 16 por bloco de 2 pavimentos Valor de venda R$115.000,00 Prestação R$ 400 a 500,00	Residencial Ipê Residencial Araucária	100 por condomínio Área condominial: salão de festas, estacionamento, parquinho infantil	52,80 m² área privativa 112,00 área global 2 dormitórios, sala, cozinha e banheiro, sacada
Total	2 condomínios	200 unidades	

Fonte: Elaboração própria dos autores

3.2 Análise em relação ao quesito Cidade

Em relação à cidade, o bairro periférico está sendo integrado ao tecido urbano por projeto urbanístico priorizando a inserção de habitação social. No entanto, sua localização, entre duas rodovias de alto fluxo, anel viário da cidade, gera limites marcantes, que se somam para dificultar a integração física e social do novo bairro.

O novo conjunto habitacional, mesmo monofuncional, está gerando a implantação e a qualificação de equipamentos comunitários, propiciando mais acesso à educação (novas escolas de educação infantil e fundamental em implantação) e saúde (unidade de saúde em funcionamento). A perspectiva de novos moradores com renda um pouco mais elevada deverá trazer novos estabelecimentos comerciais e de serviços.

A pavimentação do sistema viário, financiada pelo governo federal, evolui acompanhando o processo de construção das moradias. Isto facilitará o deslocamento dos moradores para as atividades cotidianas e o acesso ao transporte público. Apesar de diferenciais, constata-se que o empreendimento ainda está distante das facilidades de centro consolidado.

Desta forma, o núcleo apresenta aspectos diferenciados em relação a outros projetos realizados no país, e poderá sugerir uma diversificação da morfologia urbana e da mescla social.

3.3 Análise em relação aos quesitos Tecnologia e Recursos

Ao atender aos requisitos do programa de financiamento MCMV, as tipologias seguem espaços mínimos preconizados, ou seja, máximo de 300 unidades por condomínio, casas térreas com mínimo de 32 m², apartamentos com 37 m². Apresenta programa rígido, unidades com dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e área de serviço, sendo maior nos apartamentos que nas casas geminadas ou isoladas.

Os apartamentos apresentam área privativa de 58 m², em pequenos edifícios de dois pavimentos, formando condomínios fechados com salão de festa com churrasqueira e área de playground. As vias internas são pavimentadas com iluminação pública, áreas ajardinadas, estacionamentos e acesso para pedestres e veículos por portões eletrônicos.

A tecnologia construtiva em concreto moldado em grandes formas e cobertura em lajes pré-fabricadas não prevê a possibilidade de ampliação da área ou modificações internas. Mas oferece vantagens em isolamento térmico e acabamento. A racionalidade da obra inicia pela fundação em radier, em concreto reforçado com fibra de aço, instalações embutidas e arranque das paredes. Instalações hidrossanitárias com kits pré-cortados instalados em negativos no concreto vazado, forro de gesso e laje pré-fabricada, dentre outros itens racionalizados. Revestimentos com massa texturizada e pintura, piso cerâmico, azulejos sobre chapisco nas áreas molhadas, conferem boa qualidade às moradias. As esquadrias externas de alumínio com veneziana e peitoril de granito, proporcionam ventilação e iluminação natural aos ambientes, reduzindo uso de energia.

4 CONCLUSÕES

Em relação ao quesito *Sociedade,* a utilização de tipologias e de faixas de renda diferenciadas, permite a diversidade de ocupação na mesma área residencial. Os padrões sociais contemporâneos requerem tipologias habitacionais diferentes. Mas a rigidez nos ambientes, apenas unidades com dois dormitórios, prejudica o atendimento à heterogeneidade de composição familiar multifacetada. Desconsidera novas formas de trabalho, que poderiam utilizar espaços anexos aos recintos residenciais para a geração de renda.

Em relação à morfologia urbana no quesito *Cidade*, verifica-se que o núcleo apresenta uma diversidade relativa, habitações térreas ou edifícios com poucos pavimentos, resultando em paisagem horizontal. Desta forma se incorpora e preenche a paisagem existente de habitações e equipamentos térreos espraiados.

A tipologia adotada de núcleos de condomínios fechados com 23 e 24 unidades unifamiliares ou 100 unidades multifamiliares, embora segmente o espaço urbano, parece resultar em melhor manutenção predial e das áreas comuns. Os limites impostos pela vizinhança, e a necessidade de respeito às normas condominiais cria responsabilidades mais definidas em relação à

infraestrutura (vias internas, sistema de esgoto, áreas livres).

Como singularidade da proposta, além de infraestrutura mais completa em áreas abertas com vegetação, áreas permeáveis e iluminação pública interna, cada condomínio dispõe de estacionamento, nova realidade da população residente, ocasionada pelo momento econômico brasileiro e pela opção do veículo particular em detrimento de melhor transporte público. Áreas comuns com espaços para lazer fechado e aberto são diferenciais, especialmente em um bairro onde inexistem equipamentos de lazer e esportes.

Em relação às singularidades da proposta nos quesitos *Tecnologia e Recursos*, o sistema construtivo racionalizado inova, pois reduz desperdício, acelera o prazo construtivo e resulta em unidade habitacional com melhor qualidade construtiva. Utiliza aberturas com vedações nos dormitórios, orientação solar permitindo iluminação e ventilação natural e materiais com isolamento. As unidades para famílias de baixa renda, com dispositivo de aquecimento solar para água, contribuem para a redução de gastos energéticos das famílias.

Embora de iniciativa privada, a construção do núcleo habitacional teve o compromisso do poder público em realizar a pavimentação das vias, construção de escolas e futura área de lazer. Demonstra que por ser a área prevista em legislação municipal para a urbanização de novos bairros facilitou e agregou valor ao espaço urbano, que dispõe assim de pavimentação das vias de pedestre, acessibilidade, a despeito da pouca arborização urbana e nenhuma área verde. O bairro carece de estabelecimentos de comércio de abastecimento e de serviços diários, assim como não dispõe de espaços de trabalho, nem de espaços para juventude.

Concluindo, a questão habitar para o presente e a criação de novas paisagens, no caso em estudo e na maior parte das cidades brasileiras, demandam uma construção participativa. Combinar os interesses privados na apropriação do capital financeiro imobiliário com o atendimento à demanda de habitação social, mesmo sendo contraditório, pode ser viabilizado. Mas requer diretrizes de considerar realmente que o projeto urbano equilibrado é de responsabilidade tanto do poder público quanto do empreendedor privado. E deveria ainda contar com a participação mais efetiva dos moradores no estabelecimento das prioridades para a integração e inclusão urbanas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul e à Universidade de Passo Fundo.

REFERÊNCIAS

BONDUKI, N.; ROSSETO, R.; GHILARDI, F. H. **Política e Sistema Nacional de Habitação, Plano Nacional de Habitação.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração

Municipal: Agência Goiana de Habitação, 2012. Disponível em: <http://www.agehab.go.gov.br/pehis/download/texto%20_1.pdf >. Acesso em: 20 maio 2012.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Programas habitacionais.** Brasília: 2012.

CONSTRUTORA PRIORI. **Jardins Nativos**. 2016. Disponível em: <http://www.construtorapriori.com.br/>. Acesso em: 27 fev. 2016.

Fee-Fundação de Economia e Estatística. **Passo Fundo**. Porto Alegre: 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico: 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

KALIL, Rosa Maria Locatelli. Produção da habitação social em Passo Fundo (RS): processo histórico e situação atual. ENCONTRO DE TEORIA DE HISTÓRIA DA ARQUITETURA DO RIO GRANDE DO SUL, 6. **Anais...** Passo Fundo, 2003.

_____. **Habitação de interesse social, políticas públicas e desempenho municipal**. Relatório da Pesquisa. Passo Fundo: FAPERGS/Universidade de Passo Fundo, 2014.

_____, GELPI, Adriana. Políticas públicas de habitação social: panorama em municípios polo da região da produção. (1568–1577). In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 15. **Anais...** Maceió: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014.

MARICATO, Ermínia. **Os impasses da política urbana no Brasil**. Petrópolis: Vozes, 2011.

MEYER, João F. P. As políticas habitacionais e seus desdobramentos. In: VARGAS, Heliana Comin; ARAÚJO, Cristina Pereira de. (Orgs.) **Arquitetura e mercado imobiliário.** Barueri, SP: Manole, 2014.

MONTANER, Josep Maria; MUXI, Zaida; FALAGÁN, David H. **Herramientas para habitar el presente:** la vivenda del siglo XXI. Barcelona: Master Laboratorio de la vivenda del siglo XXI, 2011.

PASSO FUNDO. **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado.** Passo Fundo. 2006. Disponível em: <http://www.leismunicipais.com.br >. Acesso em: 26 fev. 2016.

SHIMBO, Lúcia Zanin. **Habitação social de mercado:** a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro. Belo Horizonte: C/Arte, 2012.

SOBARZO, O. Passo Fundo: cidade média com funções comerciais, de serviços e de apoio ao agronegócio. In: SPOSITO, M. E. B.; ELIAS, D.; SOARES. B; R; (Org.) **Agentes econômicos e reestruturação urbana e regional:** Passo Fundo e Mossoró. (29-100). São Paulo: Expressão Popular, 2010.

WERNA, E. et al. **Pluralismo na habitação**: parceria entre agentes públicos e não públicos. São Paulo: Annablume, 2001.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PRÁTICAS DE ARQUITETURA PARA FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA[1]

LACERDA, Danielle Pereira de (1)

(1) UFMG, e-mail: danielleplacerda@gmail.com

RESUMO

Esse artigo é fruto, de pesquisas desenvolvidas pela autora no primeiro semestre de 2015 durante o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Arquitetura e Urbanismo. O objetivo do trabalho foi desenvolver práticas de arquitetura para atender famílias de baixa renda. Partiu-se do princípio que práticas de arquitetura desenvolvidas por escritórios de arquitetura são insuficientes para atender estas famílias, pois são métodos muito passivos onde o cliente deixa parte do processo sob responsabilidade do arquiteto, abstendo-se de certas decisões. No desenvolvimento do trabalho foi feita uma breve revisão bibliográfica da política habitacional no Brasil. Foram analisadas as metodologias de práticas de arquitetura desenvolvidas por escritórios convencionais e *O Metodo*, desenvolvido por Rodolfo Livingston. Concluiu-se que, em geral, as práticas de arquitetura são ineficientes para atendimento a famílias de baixa renda e há um afastamento social entre estas famílias e arquitetos. Tenta-se elaborar uma metodologia alternativa à comumente utilizada, onde o cliente sinta-se atendido de maneira satisfatória e interaja mais com o arquiteto. Práticas que consigam fazer com que o cliente sinta-se mais presente e ativo durante o processo.

Palavras-chave: Práticas de arquitetura. Famílias de baixa renda. Política habitacional.

ABSTRACT

This article is the result of research developed by the author in 2015 during the Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) *in Architecture and Urbanism. The objective of the study was to develop architecture practices to attend low-income family. Started from the principle that architecture practices developed by architectural offices are insufficient to attend the low-income families, because they are very passive methods where the customer leaves much of the process architect responsibility, abstaining from certain decisions. In developing this work presents a brief literature review of housing policies in Brazil. Analyzed the methodologies architecture practices developed by conventional architectural offices and O Metodo, developed by Rodolfo Livingston. Conclude that, in general, architecture practices are inefficient for care of low-income families and there is a social separation between low-income families and architects. We try to develop an alternative methodology to commonly used, making the customer feel served satisfactorily, where it interacts more with the architect. Practices they can make the customer feel more present and active in the process.*

***Keywords**: Architecture practices. Low-income families. Housing policies.*

[1]LACERDA, Danielle Pereira de. Práticas de arquitetura para famílias de baixa renda. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho apresenta uma metodologia de práticas de arquitetura que possam atender de maneira satisfatória famílias de baixa renda[2].

O desenvolvimento do trabalho apresentará uma breve revisão bibliográfica acerca da política habitacional no Brasil.

Será apresentado o atual processo desenvolvido por escritórios convencionais de arquitetura, e *O Metodo* de Rodolfo Livingston, com a intenção de mostrar a participação do cliente em cada processo.

Será apresentado o desenvolvimento de uma metodologia para trabalhar com famílias de baixa renda, apontando um roteiro a ser seguido por arquitetos que desejam trabalhar com esse público. Não se apresenta a aplicação da metodologia proposta, ficando como sugestão para trabalhos futuros.

A escolha do tema surgiu a partir de uma inquietação e experiências da autora em escritórios convencionais de arquitetura e urbanismo, e num programa de assistência técnica habitacional e de capacitação de mão de obra, realizado durante a graduação, que buscou prover melhorias habitacionais a famílias de baixa renda, porém demonstrou desafios por falta de metodologia mais direcionada a estas famílias.

Portanto, como principais beneficiários deste trabalho estão famílias de baixa renda e arquitetos interessados em desenvolver projetos de melhorias habitacionais para esse público, para que tenham acesso a uma moradia digna e de qualidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No início do século XX, com o começo da industrialização em grandes cidades brasileiras, as fábricas eram construídas longe dos centros urbanos. Em locais sem infraestrutura, principalmente de transporte, "os trabalhadores precisavam morar perto do trabalho, pois não havia transporte para as áreas industriais" (CUNHA; ARRUDA; MEDEIROS, 2007, p.24), sendo assim, começaram a surgir as primeiras vilas operárias, em São Paulo.

Em meados dos anos 30, intensificou-se a urbanização no Brasil, principalmente pela aceleração do êxodo rural, gerada pela substituição do homem pela máquina e a estrutura fundiária concentrada, resultando na falta de terra para a maioria dos trabalhadores rurais. Durante o governo de

[2] Famílias que recebem de 0 (zero) a 3 (três) salários mínimos, R$ 0,00 (zero reais) a R$ 2.640,00 (dois mil seiscentos e quarenta reais).

Getúlio Vargas, iniciado em 1930, incentivou-se ainda mais o desenvolvimento do setor industrial no país.

O governo precisou intervir com políticas habitacionais nas cidades, pois as indústrias não se sentiam mais responsáveis para ofertar moradia à população que saia do campo e buscava emprego, salário e melhores condições de vida nas cidades.

As primeiras iniciativas de políticas públicas voltadas à questão habitacional no Brasil são desse período. E além de solucionar um problema urbano gerado pelo crescimento demográfico nas cidades brasileiras e pela falta de moradias populares tentava criar pacto social capaz de possibilitar a manutenção e a sustentação de suas ações políticas junto ao povo.

Em 1964, foi criado o Banco Nacional de Habitação (BNH), uma empresa pública, ligada ao Ministério do Interior. Criado como resposta à crise de moradia originada pela aceleração da urbanização. O principal objetivo da criação do BNH era viabilizar recursos públicos para a construção e aquisição da casa própria para camadas de menor renda. (FERREIRA, A. 2009)

Por mais de duas décadas foram produzidas cerca de 4,2 milhões de unidades habitacionais (FERREIRA, J. [s.a.]). Porém nem todas destinadas a famílias de baixa renda.

Foi extinto em 1986 e segundo Maricato (1993, apud FERREIRA, J. [s.a.], p.7):

> O sistema não resiste à crise inflacionária da década de 80, se desintegra pelos próprios vícios de gestão e apresenta problemas estruturais, tais quais: falta de transparência e autoritarismo; centralização da política; critérios clientelistas na distribuição de recurso/ausência de critérios sociais e técnicos objetivos; desconhecimento da realidade urbana local (conjuntos a grandes distâncias contrariaram o desenvolvimento urbano e alimentaram a especulação fundiária); priorização absoluta do financiamento para novas moradias desprezando programas diversificados; desprezo pela qualidade ambiental, urbanística e desempenho arquitetônico dos projetos, excessivamente padronizados e de baixa qualidade; Má gestão dos conjuntos e inadimplência generalizada.

Os movimentos populares tiveram papel importante na reforma urbana. Com a Constituição de 1988, houve uma autonomia dos municípios na condução das políticas territoriais e habitacionais, embora com repasses de recursos limitados, num contexto econômico de extrema concentração das riquezas e explosão das favelas. (FERREIRA, J.,[s.a.])

> Na Constituinte de 1988, 130.000 eleitores subscrevem a Emenda Constitucional de Iniciativa Popular pela Reforma Urbana, e com isso conseguem inserir na Constituição os artigos 181 e 182, que introduzem o princípio da função social da propriedade urbana. Porém, a regulamentação desses artigos só viria a ocorrer 11 anos depois, com a aprovação definitiva do capítulo da reforma urbana da nossa constituição. (FERREIRA, A., 2003, p.3)

A Constituição de 1988 fazia menção à moradia, no seu artigo 23, inciso IX, e declara que compete aos Estados, Distrito Federal e Municípios promoverem programas de construção de moradias, melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico. E no artigo 7º, inciso IV, definindo o salário mínimo como "capaz de atender a suas necessidades vitais básicas e às de sua família com moradia, alimentação [...]" (BRASIL, 1988, p. 5).

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), criado em 1998 para organizar o setor de construção civil, tinha como questões principais a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. Vinculado à Secretaria Nacional de Habitação, do Ministério das Cidades, o PBQP-H tinha como principais parceiros a Caixa Econômica Federal e o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

No Brasil, a moradia é reconhecida como direito social apenas em 2000, por meio da Emenda Constitucional nº 26.

> Art. 6º - São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados [...] (BRASIL, 2000, p. 5).

Em 2001 foi aprovado o Estatuto da Cidade, um instrumento de grande valor aos municípios.

> A Constituição de 1988 obrigou todo município com mais de 20.000 habitantes a ter um plano diretor. Embora fosse um instrumento urbanístico antigo, tal fato o reinseriu na agenda política urbana, ainda mais quando o Estatuto da Cidade, aprovado em 2001, determinou que as cidades que ainda não têm plano o produzam em 5 anos. Além disso, o Estatuto dá uma importância significativa aos Planos Diretores, ao determinar que seja neles que se faça a regulamentação dos instrumentos urbanísticos propostos. (FERREIRA, A., 2003, p.6)

Através da Lei 11.124/05, foi criado o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS), com objetivo de:

> Implementar investimentos e subsídios advindos do Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social para viabilizar o acesso à moradia digna e sustentável às populações de menor renda. A criação deste sistema colabora para o fortalecimento das políticas públicas de promoção da habitação em todo o país [...] (IAB, 2014, p.12)

Em 2008 foi elaborado o Plano Nacional de Habitação Social (PLANHAB). Que propõe Segundo Bonduki (2009 apud FERREIRA, A., 2009) universalizar o acesso à moradia digna, através de financiamento, subsídio, arranjo institucional, cadeia produtiva e estratégias urbano-fundiárias. O plano previa que para acabar com o déficit habitacional, 2% do orçamento federal deveria ser destinado a habitação durante quinze anos.

Em 2008 foi aprovada a Lei 11.888, Lei da Assistência Técnica. A Lei determina que famílias com renda mensal de até três salários mínimos residentes em área urbana ou rural, têm direito à assistência técnica pública gratuita para o projeto e construção de habitação de interesse social para sua própria moradia (BRASIL, 2008). Essa assistência abrange o acompanhamento e execução da obra a cargo dos profissionais de arquitetura, urbanismo e engenharia necessários para a edificação, reforma, ampliação ou regularização fundiária da habitação.

Em 2009 houve um grande crescimento no número de famílias de baixa renda contempladas com novas moradias. Através principalmente do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), que tinha como objetivo tornar a moradia acessível a estas famílias, atendendo de formas diferentes um público que recebe de 0 a 10 salários mínimos.

3 PRÁTICAS DE ARQUITETURA

3.1 O atual processo projetual

A formação do arquiteto e urbanista garante a ele atuar em diversas áreas, previstaas na Lei Federal 12.378 (2010, p.1):

> I – supervisão, coordenação, gestão e orientação técnica; II – coleta de dados, estudo, planejamento, projeto e especificação; III – estudo de viabilidade técnica e ambiental; IV – assistência técnica, assessoria e consultoria; V – direção de obras e de serviço técnico; VI – vistoria, perícia, avaliação, monitoramento, laudo, parecer técnico, auditoria e arbitragem; VII – desempenho de cargo e função técnica; VIII – treinamento, ensino, pesquisa e extensão universitária; IX – desenvolvimento, análise, experimentação, ensaio, padronização, mensuração e controle de qualidade; X – elaboração de orçamento; XI – produção e divulgação técnica especializada; e XII – execução, fiscalização e condução de obra, instalação e serviço técnico.

Estudos que visavam traçar o perfil do profissional arquiteto e urbanista no Brasil, realizados pelo CAU/BR e publicados por BARATTO (2015), podem ser vistos no Quadro 1.

Quadro 1 - Atividades realizadas por arquitetos no Brasil

Atividades realizadas nos últimos dois anos	%
Arquitetura e Urbanismo – Concepção	34,73%
Arquitetura e Urbanismo – Execução	15,88%
Arquitetura de Interiores	14,92%
Serviço Público	5,29%
Planejamento Urbano e Regional	3,99%
Arquitetura Paisagística.	3,36%
Instalações e Equipamentos	2,90%
Ensino	2,76%
Sistemas Construtivos e Estruturais	2,11%
Patrimônio Histórico	1,78%
Engenharia de Segurança do Trabalho	0,86%
Outros	12,28%
Total	100%

Fonte: BARATTO (2015)

Constatou-se que 65,53% das atividades desenvolvidas por arquitetos no Brasil são de concepção e execução de projetos de Arquitetura e Urbanismo e de Arquitetura de Interiores, possivelmente realizadas por escritórios convencionais de arquitetura.

O processo projetual desenvolvido por escritórios de arquitetura, que em geral são semelhantes, pode ser caracterizado segundo Nogueira (2010) e a NBR 13531 (ABNT, 1995).

A primeira etapa é o levantamento. Onde são feitas coletas de informações, que incluem dados: físicos, técnicos, legais, jurídicos, sociais, econômicos, e financeiros (ABNT, 1995). Seguido pelo programa de necessidades que consiste na apresentação de uma lista de desejos por parte dos clientes.

A etapa seguinte, estudo de viabilidade, uma "etapa destinada à elaboração de análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para a concepção da edificação e de seus elementos, instalações e componente" (ABNT, 1995, p. 4). O estudo preliminar, consiste num processo de ideias que se materializa em um desenho a ser apresentado. É nesse momento que o arquiteto tenta vender o seu produto, nele são apresentadas as primeiras ideias do arquiteto, passiveis de alterações.

A partir desse momento, há uma seleção entre os desenhos desenvolvidos no processo de criação e aqueles mostrados para o cliente, "a quem é vetada qualquer participação durante o processo de elaboração propriamente dito" (NOGUEIRA, 2010, p. 37).

Se houver um acordo entre arquiteto e cliente, é elaborado o anteprojeto e/ou pré-execução. Durante essa fase, há a contatação de profissionais para desenvolvimento dos outros projetos necessários, como estrutural, elétrico, hidráulico.

As questões técnicas são resolvidas entre os profissionais, e não costuma-se levá-las aos clientes, nem há esforços específicos para que eles as compreendam (NOGUEIRA, 2010), demonstrando a ausência do cliente em certas decisões.

No projeto legal, os projetos são apresentados para aprovação à prefeitura e/ou outro órgão responsável. Depois de aprovado, a obra poderá iniciar, os desenhos "são de caráter técnico e devem demonstrar apenas a conformidade da solução às diversas legislações urbanas" (NOGUEIRA, 2010, p. 38).

Por questões burocráticas, fica a cargo do arquiteto ou de terceiros as aprovações do projeto nos órgãos responsáveis. E finalmente, depois de aprovado é apresentado o projeto executivo**.**

É nessa parte do processo que são apresentados os desenhos, mais detalhados, para execução da obra. Para facilitar a troca de informações entre os diversos agentes da construção do objeto arquitetônico, "o projeto executivo torna-se um documento incompreensível para a maioria dos clientes, restrito à interpretação por especialista" (NOGUEIRA, 2010, p.39).

Quando a obra é iniciada, há um acompanhamento do arquiteto, com visitas ocasionais, e nelas o arquiteto esclarece informações sobre o projeto ao longo do processo de construção e pode-se elaborar modificações (NOGUEIRA, 2010).

As etapas definidas e caracterizadas acima, não são padronizadas. Cabe a cada escritório desenvolver sua metodologia de trabalho.

O tempo gasto para cada etapa do processo é relativo, depende do tamanho da obra, da disponibilidade dos clientes em darem retorno ao profissional, além do tempo necessário para a aprovação do projeto nos órgãos responsáveis.

O tempo é um dos maiores obstáculo da profissão, o que impossibilita arquitetos de atender e se dedicar a outras classes sociais, em função do curto espaço de tempo para a elaboração dos projetos. Poucos escritórios se dedicam a atender um público limitado financeiramente, focam em clientes com maior poder aquisitivo. O público alvo normalmente são famílias de classe média, média alta ou alta, onde o arquiteto é visto como um produto de elite.

A prática arquitetônica desenvolvida usualmente mostra-se ineficiente para atender famílias de baixa renda, uma prática onde o cliente não participa

ativamente do processo de produção e desenvolvimento do projeto, menos ainda do processo criativo de suas obras.

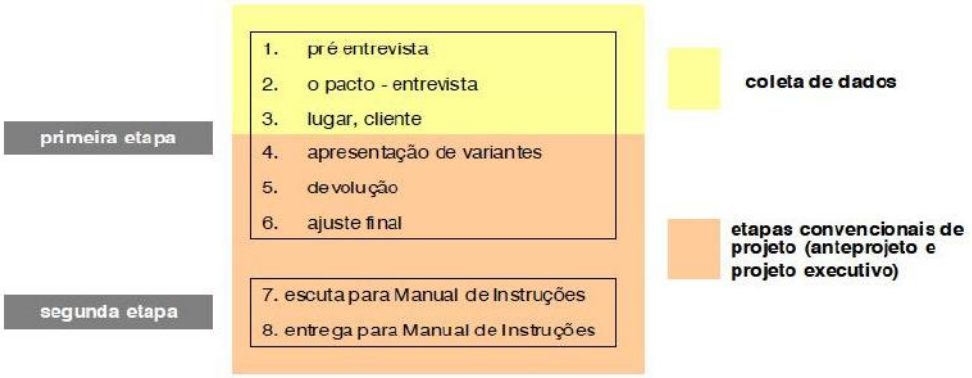
3.2 *O Metodo*

Desenvolvido pelo arquiteto argentino Rodolfo Livingston, *O Metodo* é classificado como participativo, pelo fato dos projetos serem desenvolvidos com ampla participação dos usuários na definição das demandas e na escolha de soluções.

O Metodo é formado por oito fases, divididas em duas etapas: "A primeira etapa inclui *Pre-entrevista, Premera Entrevista, Sitio y Cliente, Presentación de Variantes, Devolución e Ajuste Final*. A segunda inclui a *Escuta* e *Entrega para Manual de Instrucciones*" (NOGUEIRA, 2010, p. 67).

Vale lembrar que o Método, não foi desenvolvido para um público específico e pode ser aplicado em qualquer classe social.

Quadro 2 - O Metodo esquematizado



Fonte: NOGUEIRA (210, p. 67)

A primeira fase é uma *Pre-entrevista* por telefone, onde se explica a forma de trabalho e preço. O arquiteto deve pedir ao cliente desenhos de sua casa ideal, o chamado *Proyecto del Cliente (PC),* o arquiteto tenta compreender as ideias que o cliente tem para modificar seu espaço. (NOGUEIRA, 2010)

A *Premera Entrevista*, deve acontecer no escritório do arquiteto, para que não haja interrupções durante a conversa, além disso permite ao arquiteto o uso de artifícios que podem auxiliá-lo, como fotos de lugares, de projetos. Nessa fase, o arquiteto deve prestar muita atenção aos relatos, anotar o que for possível e interferir o mínimo.

Na terceira fase, *Sitio y Cliente,* Nogueira (2010, p. 79) explica que:

> O arquiteto visita o local, executa as devidas observações e medições e aproveita para tirar possíveis dúvidas, revisando brevemente o conteúdo tratado na entrevista. Os clientes têm a

> oportunidade de se manifestar sobre algum detalhe não mencionado antes na Entrevista.

O arquiteto deve fazer um levantamento detalhado de tudo que envolva a casa, a família e o entorno.

Presentación de Variantes, "é a elaboração de opções de projeto" (NOGUEIRA, 2010, p. 80).

Um grande diferencial do *Metodo* é o tipo de desenho utilizado, pois "não existe uma separação entre o que é processual e o que é apresentado aos clientes" (NOGUIERA, 2010, p. 83). Além disso, os desenhos devem ser elaborados utilizando papéis transparentes, em escala que facilite a medição e entendimento dos próprios clientes e feitos à mão (NOGUEIRA, 2010).

Para que as próximas fases aconteçam, os clientes devem levar os desenhos apresentados para casa e avaliá-los, levando o tempo que julgarem necessário.

Devolución e Ajuste Final, os clientes mostram suas escolhas, propõe novas ideias, caso achem necessárias e o arquiteto desenvolve o projeto final.

Na *Escuta* e *Entrega para Manual de Instrucciones,* deve-se começar sempre pelos clientes, "será definida a quantidade de informações que o manual deve conter e serão escolhidos tipos de janelas, portas, guardacorpos, fechamentos, revestimentos e cores". (NOGUEIRA, 2010, p. 86). Além de definir o que deve ou não aparecer no Manual:

> Detalhamentos específicos, projeto estrutural, de instalações sanitárias e elétricas, quantitativos de materiais, detalhes de marcenaria ou carpintaria e detalhes de banheiros não devem aparecer. [...] Livingston propõe que todas essas informações devem estar no mesmo desenho, para que os impactos das ações de obra sejam avaliados simultaneamente. (NOGUEIRA, 2010, p. 86)

No manual, devem aparecer ainda desenhos como fachada, com propostas de cores, e detalhamentos de elementos que forem necessários. O arquiteto deve ainda gravar um áudio explicativo, para clientes e construtores, nele, ele se imagina percorrendo a casa por três vezes, na primeira ele explica a obra de maneira geral, na segunda ambiente por ambiente, falando sobre cores e iluminação e por último ele passa informações sobre elétrica, hidráulica e outros reparos. (NOGUEIRA, 2010)

4 METODOLOGIA

Durante a pesquisa constatou-se que: "a prática arquitetônica usual se mostra ineficiente para atender [...] as demandas principalmente em virtude do afastamento social existente entre clientes populares e arquitetos" (NOGUEIRA, 2010, p.7).

Depois da análise de metodologias já desenvolvidas, apresenta-se uma metodologia de práticas de arquitetura, alternativa à convencional para o atendimento de famílias de baixa renda.

Se houver um grupo maior de famílias atendidas, haverá consequentemente mais profissionais envolvidos, e aconselha-se o desenvolvimento de cursos de capacitação em construção civil, visto que muitas famílias já construíram suas casas com ajuda de amigos e parentes.

A metodologia trabalhada é de caráter participativo, e o arquiteto deve priorizar a escuta ao cliente.

As visitas devem ser feitas de maneira espontânea, com um comprometimento tanto do arquiteto quanto da família, as partes devem estar em constante comunicação e sintonia para que o projeto funcione de maneira harmoniosa e ninguém se sinta oprimido ou envergonhado para opinar ou questionar.

Além disso, é de grande importância que a família atendida saiba desde o princípio que irá arcar com todos os custos da obra, com exceção do arquiteto, e este deve saber quanto a família está disposta ou pode gastar.

O processo contará com três agentes principais, a prefeitura, a família e o arquiteto e pode ser desenvolvido por escritórios convencionais ou contratados por prefeitura, arquitetos da prefeitura, escritórios modelos vinculados a universidades ou instituições que prestam serviços na área da construção civil, sob supervisão de um arquiteto.

O processo começa com a seleção das famílias, que acontecerá pela prefeitura, que encaminhará ao arquiteto.

Durante o primeiro contato com a família, o arquiteto tenta conhecê-la, saber a rotina dos moradores, quem e quantos são. O arquiteto deve acima de qualquer coisa, ouvir a família. Ao final dessa conversa, ele deve passar segurança e disponibilidade aos moradores.

Durante a primeira conversa, o arquiteto tem noção dos desejos da família. Como tarefa para um segundo encontro, sugere-se que peça aos moradores que apresentem ideias, desenhos ou fotos, sugestões de todos são bem vindas.

Os encontros devem acontecer preferencialmente na casa da família, além disso, é indicado que o arquiteto deixe um contato para que a família o procure quando julgar necessário.

Quadro 3 - Roteiro para o primeiro encontro entre o arquiteto e a família

PRIMEIRO ENCONTRO	
Local: preferencialmente na casa dos moradores	
Objetivo do encontro: primeiro contato entre os agentes	
ARQUITETO	FAMÍLIA
Definir o perfil da família trabalhada; escutar a família de forma atenta; tentar conhecer a família; passar à família segurança e disponibilidade; solicitar aos moradores para que apresentem ideias	Como uma tarefa para o próximo encontro apresentem ideias, desenhos e sugestões
Prazo para acontecimento do próximo encontro: 1 semana	

Fonte: Autora

No segundo encontro, a família deve apresentar os desenhos desenvolvidos, e o arquiteto deve mostrar um programa básico que ele desenvolveu a partir da primeira conversa.

Depois da apresentação, o arquiteto deve perguntar à família, se eles estão de acordo, se aquelas são as reais necessidades, se está faltando alguma coisa, se tem coisas além do esperado. É muito importante que a família entenda tudo o que foi apresentado, e digam se concordam ou não.

Depois que a apresentação das ideias, desenhos e sugestões da família fique claro para o arquiteto e o programa de necessidades fique claro para a família, o arquiteto passa para o levantamento, que consiste na medição dos cômodos da casa, de mobiliário e outros aspectos necessários.

Durante o processo de levantamento, a família deve ajudar, com fotografias e medições. O arquiteto deve desenhar todas as informações que forem relevantes ao desenvolvimento do projeto.

Quadro 4 - Segundo encontro

SEGUNDO ENCONTRO	
Local: preferencialmente na casa dos moradores	
Objetivo do encontro: apresentação das primeiras ideias dos agentes envolvidos e levantamento	
FAMÍLIA	ARQUITETO
Apresentar as ideias, sugestões e desenhos desenvolvidos	Apresentar um programa básico de necessidades a partir da percepção do primeiro encontro
Depois que o arquiteto apresentar o programa de necessidades, ele deve conversar com a família para que não haja dúvidas a respeito dos desenhos apresentados pela família nem do programa de necessidades apresentado pelo arquiteto	
Quando todas as dúvidas forem sanadas, o arquiteto deve passar para o levantamento, onde toda ajuda da família é bem vinda, como para fotografias e medições	
Prazo para acontecimento do próximo encontro: que não ultrapasse 2 semanas	

Fonte: Autora

Se tudo ficar resolvido, o arquiteto passa para a fase de desenvolvimento do projeto. Ele deve tomar cuidado com o tempo, pois a demora pode acarretar na desistência da família. Previsão maxima dessa etapa é de duas semanas.

O arquiteto deve mostrar à família todas as ideias que tiver, da forma que julgar ser de mais fácil entendimento, seja por croquis desenvolvidos à mão ou digitalmente.

Se os moradores não estiverem satisfeitos com as soluções apresentadas, o arquiteto deve esclarecer ou questionar. O mais provável é que ainda haja questões a serem decididas, e precisem de mais reuniões para ficarem claras e fechadas.

Quadro 5 - Resumo do terceiro encontro

TERCEIRO ENCONTRO
Local: preferencialmente na casa dos moradores
Objetivo do encontro: apresentação das ideias do arquiteto
Depois de unir as vontades dos cliente com o programa de necessidades desenvolvido, o arquiteto passa para a fase de desenvolvimento do projeto. Para apresentação à família, o arquiteto deve mostrar todos os desenhos do processo, como ele pensou em cada solução, cada detalhe
Provavelmente as famílias terão dúvidas, e é papel do arquiteto tentar da melhor forma possível esclarecê-las. Caso haja necessidade de outros encontros, o processo desse encontro deve se repetir
Representação dos desenhos: da forma que o arquiteto julgar ser a melhor, e de mais fácil atendimento para família
Prazo para acontecimento do próximo encontro: 1 semana quando houver a necessidade de alterações

Fonte: Autora

Depois de fechadas todas as questões, o arquiteto começará a produzir um caderno de processo para as famílias e para quem for executar a obra.

Os desenhos e representações do caderno devem conter informações precisas, de fácil entendimento, sem muitas simbologias e representações técnicas, salvos os casos em que haverá aprovação do projeto pela prefeitura. Recomenda-se também o uso de cores e legendas para facilitar o entendimento.

No caderno de processos deve conter informações que possam auxiliar a obra, nele também pode ter um passo a passo, com a ordem do que deve ser realizado.

Quando o caderno já estiver pronto, deve haver uma conversa entre família, arquiteto e quem for executar a obra. Essa conversa visa minimizar hierarquias e ter os trabalhadores como aliados (NOGUEIRA, 2010).

Quadro 6 - Quarto encontro

QUARTO ENCONTRO
Local: preferencialmente na casa dos moradores
Objetivo do encontro: montagem do caderno de processo
Em parceria com a família, o arquiteto deve desenvolver um caderno de processo para a execução da obra, nesse caderno deverão estar informações pertinentes a execução, todas as informações devem aparecer de forma clara tanto para os moradores quanto a quem vai executar a obra
Se ainda houver dúvidas, e é papel do arquiteto tentar da melhor forma possível esclarecê-las. Caso haja necessidade de outros encontros, com novas propostas o processo desse encontro deve se repetir
Prazo para acontecimento do próximo encontro: 1 semana quando houver a necessidade de alterações, se não houver dúvidas ou alterações necessárias passa-se para a execução da obra

Fonte: Autora

Passa-se para a fase de execução da obra, durante esse processo há participação da família em escolhas que ficaram pendentes, como cores e revestimentos, se necessários.

O arquiteto deve combinar com a família a frequência de visitas à obra, devem sempre conversar e conferirem se está tudo de acordo com o esperado, e se ainda há alguma dúvida.

Essa não é, nem tenta ser a melhor, mais perfeita e engessada proposta para se trabalhar com famílias de baixa renda, porém acredita-se que pode ser um instrumento de grande eficácia e utilidade.

5 CONCLUSÃO

Chegou-se a conclusão da necessidade de uma metodologia específica para o trabalho com famílias de baixa renda, pois as práticas de arquitetura que são desenvolvidas por escritórios convencionais não atendem esse público de maneira satisfatória.

Todas as conquistas no âmbito das políticas habitacionais foram resultado de um longo processo, principalmente de conscientização da necessidade de políticas voltadas para o atendimento de famílias de baixa renda.

Uma preocupação maior com a população de baixa renda contribui para que tenham acesso a um profissional que pode produzir um espaço confortável e funcional para que tenham acesso a uma moradia digna e de qualidade.

Com o desenvolvimento de uma metodologia mais participativa e diferenciada, acredita-se na contribuição, mesmo que pequena, para uma sociedade melhor.

Sugere-se para trabalhos futuros relacionados ao tema, a aplicação da metodologia desenvolvida para comprovação de sua eficácia.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13531.** Elaboração de projetos de edificações - Atividades Técnicas. 1995.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/mConstituicao.htm> Acesso em: 26 de fev. de 2015.

BRASIL. **Lei n.º 11.888, de 24 de dezembro de 2008.** Assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social e altera a Lei n.º 11.124, de 16 de julho de 2005. Brasília, DF. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11888.htm> Acesso em: 20 jun. 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.378, de 31 de dezembro de 2010**. Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo; cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil CAU/BR e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos Estados e do Distrito Federal CAUs; e dá outras providências. Brasília. DF. Disponível em: <http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2012/07/L12378.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

CUNHA, E. M. P.; ARRUDA, Â. M. V. de; MEDEIROS, Y. **Experiências em habitação de interesse social no Brasil**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Brasília. 2007. 219p.

FERREIRA, A. R., **Programas de combate ao déficit habitacional brasileiro**. 2009. 72p. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Econômicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009, Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25348/000737944.pdf> Acesso em: 26 de fev. de 2015.

FERREIRA, J. S. W. **POLÍTICAS HABITACIONAIS NO BRASIL PÓS BNH**. Concurso Livre Concurso Livre-Docência Docência – Prova Didática. [s.a.]. 51 slides. Disponível em <http://www.escoladegoverno.org.br/attachments/3343_LD_provadid.pdf>. Acesso em: 20 de jun. de 2016.

Instituto de Arquitetos do Brasil. **Manual para a Implantação da Assistência Técnica Pública e Gratuita a Famílias de Baixa Renda para Projeto e Construção de Habitação de Interesse Social.** Disponível em: <http://www.abconline.org.br/wp-content/uploads/2012/08/Manual-para-implantacao-da-Assistencia-Tecnica-Publica-e-Gratuiata.pdf> Acesso em: 20 de jun. de 2016.

NOGUEIRA, P. S. **Práticas de Arquitetura para demandas populares - A experiência dos Arquitetos da Família.** 2010. 186p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura)**.** Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DOS EIXOS DE ESTRUTURAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO URBANA DE SÃO PAULO, SEGUNDO INDICADORES SELECIONADOS[1]

LAMOUR, Quentin (1); MARINS, Karin Regina de Casas Castro (2)

(1) EPUSP, e-mail: quentin.lamour@gmail.com; (2) EPUSP, e-mail: karin.marins@usp.br

RESUMO

O espalhamento das áreas urbanas gera custos ambientais e econômicos altos para a sociedade. Nesse contexto, e no intuito de promover a redução do uso do transporte motorizado individual, a estratégia do Desenvolvimento Orientado pelo Transporte (DOT) explora a correlação entre o sistema de mobilidade e o padrão de uso do solo. Adensamento, uso misto do solo, diversidade, transportes não motorizados e espaços públicos de qualidade são os principais componentes dessa estratégia. O objetivo do artigo é fornecer um quadro analítico para apoio à avaliação quantitativa da estratégia de DOT adotada no Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo, no escopo dos Eixos de Estruturação da Transformação Urbana. O sistema de indicadores para avaliação da forma urbana, proposto por Bourdic, Salat e Nowacki, em 2012, foi adaptado para analisar as consequências ambientais e sociais desta estratégia em São Paulo. Concluiu-se que essas consequências são quantificáveis por meio dos indicadores selecionados. Apresentou-se a aplicação do indicador de diversidade de renda ao caso da estação Belém do metrô, que indicou a necessidade de analisar os resultados com a devida cautela. Por fim, mostrou-se os limites e as dificuldades de implementação da estratégia de DOT.

Palavras-chave: Indicadores espaciais. Plano Diretor. São Paulo. DOT. Morfologia urbana.

ABSTRACT

Modern cities are facing the high environmental and economic costs of urban sprawl. In that context, and intending to promote a decrease in private transport use, the Transit-Oriented Development (TOD) strategy explore the correlation between mobility systems and land use patterns. High-density, mixed-use developments, diversity, non-motorized transport and high-quality public spaces are the core principles of this strategy. This article intends to provide an analytical framework for quantitative assessment of the TOD strategies adopted in the São Paulo Master Plan, regarding the so called "Structuring Axes of Urban Transformation". The system of indicators proposed by Bourdic, Salat e Nowacki, in 2012, has been adapted to analyse the environmental and social consequences of that strategy in São Paulo. The authors found out that those consequences are quantifiable through the selected indicators. The income diversity indicator has been applied to the case of Belém metro station and the findings are that it is crucial to analyse carefully the results to embrace the situation of the area. Finally, the limits and difficulties to implement the DOT strategy are drawn to attention.

Keywords: *Spatial indicators. Master Plan. São Paulo. TOD. Urban morphology.*

[1]LAMOUR, Quentin; MARINS, Karin Regina de Casas Castro. Análise dos eixos de estruturação da transformação urbana de São Paulo, segundo indicadores selecionados. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

No mundo todo, pode-se verificar um espalhamento das áreas urbanas: estima-se que a área urbanizada mundial possa triplicar em 30 anos (ANGEL et al., 2010). Essa tendência ao espalhamento vem acompanhada por sérios problemas, típicos desse padrão de crescimento.

Inicialmente, o espalhamento aumenta o consumo de terras rurais, consequência da urbanização à margem da mancha urbana (CAMAGNI; GIBELLI; RIGAMONTI, 2002).

Em seguida, o espalhamento dificulta a implantação de redes de infraestrutura em geral, e, particularmente, de transporte público, aumentando a extensão da rede necessária e, portanto, os investimentos para a implantação e os custos operacionais (CAMAGNI; GIBELLI; RIGAMONTI, 2002; RODE et al., 2014). Por consequência, há carência de sistema de transporte abrangente, dificultando o acesso à cidade para as populações afastadas, geralmente de baixa renda.

O espalhamento da cidade aumenta, ainda, as distâncias a serem percorridas para se alcançar os centros de atividades, assim como o tempo médio de deslocamento diário. Distâncias maiores associadas a um sistema de transporte público pouco abrangente favorecem o uso do transporte motorizado individual (NEWMAN; KENWORTHY, 2006; EWING; CERVERO, 2010). Como consequências negativas ocorrem maior consumo de energia, poluição atmosférica, emissão de gases de efeito estufa, problemas de saúde, congestionamentos no tráfego viário, prejuízos na produtividade, acidentes de trânsito, dentre outros, representando um custo alto para a sociedade (LITMAN, 2015).

Há uma correlação entre espalhamento urbano e uso do transporte motorizado individual, ou seja, entre o sistema de mobilidade e o padrão de uso e ocupação do solo (NEWMAN; KENWORTHY, 1996). Assim, necessita-se desenvolver estratégias combinando políticas de uso do solo e de desenvolvimento da rede de transporte público (RODE et al., 2014).

O objetivo desse trabalho é fornecer um quadro analítico para apoio à avaliação quantitativa das estratégias adotadas no Plano Diretor Estratégico (PDE) do município de São Paulo (PMSP, Lei nº 16.050/14, 2014), no escopo dos Eixos de Estruturação da Transformação Urbana (EETU). Os conceitos de *Smart Growth*, Cidades Compactas e Desenvolvimento Orientado pelo Transporte (DOT) são adotados como referência para o estabelecimento desse quadro.

2 SMART GROWTH, CIDADES COMPACTAS E DESENVOLVIMENTO ORIENTADO PELO TRANSPORTE (DOT)

Nos últimos anos, frente aos desafios urbanos levantados anteriormente, vêm sendo desenvolvidas teorias e modelos, tais como *Smart Growth* (crescimento inteligente), DOT e Cidades Compactas, para apoiar a

integração entre as políticas de transporte e de uso e ocupação do solo (NEWMAN; KENWORTHY, 1996).

Primeiramente, aponta-se a importância da intensidade do desenvolvimento urbano (densidade populacional e de empregos) como fator essencial da sustentabilidade nas cidades (JABAREEN, 2006; NEWMAN; KENWORTHY, 2006; RODE et al., 2014). Em particular, há forte ligação entre uma maior densidade populacional e uma redução do uso do transporte individual (CERVERO; KOCKELMAN, 1997). Além disso, estabeleceu-se a importância do nível de acesso ao transporte público na redução do uso do automóvel (BENTO et al., 2005; CAMAGNI; GIBELLI; RIGAMONTI, 2002). Portanto, no intuito de aproveitar os efeitos positivos de maiores densidades e do acesso ao transporte, a estratégia DOT propõe o **adensamento das áreas acessíveis a pé a partir de uma estação de transporte de massa (10 minutos ou cerca de 500m)** (RECONNECTING AMERICA, 2007).

Em seguida, a promoção de **usos mistos** (comércio, serviços e residências nos mesmos empreendimentos ou situados proximamente) tem um papel importante na redução das necessidades de deslocamento na cidade, ao aproximar os locais de residência das atividades cotidianas (CERVERO; KOCKELMAN, 1997; CAMAGNI; GIBELLI; RIGAMONTI, 2002; BENTO et al., 2005; EWING; CERVERO, 2010). Assim, deve ser privilegiado o comércio de proximidade, acessível a pé (LITMAN, 2015). A diversidade de usos reforça a vitalidade de um bairro e é essencial para uma boa qualidade de vida (BURDETT et al., 2004).

Além disso, Burdett et al. (2004) retratam que a diversidade social é uma das características mais valorizadas nos bairros mais densos; recomenda-se, assim, a **diversidade das tipologias de habitação** (unidades habitacionais de diferentes tamanhos, padrões construtivos e preços).

Também, essas teorias dão grande importância à **valorização de modos de transportes ativos** (a pé ou de bicicleta). A proximidade com as atividades e o uso misto são fatores importantes para alcançar essa meta. Além disso, o desenho das ruas e calçadas é valorizado para garantir a acessibilidade e a segurança dos usuários (CERVERO; KOCKELMAN, 1997; EWING; CERVERO, 2010).

Por fim, **espaços públicos de qualidade e vibrantes** são centrais para uma boa qualidade de vida; eles reforçam a noção de comunidade, proporcionam uma maior identificação com o bairro, melhoram a sensação de segurança e favorecem os deslocamentos a pé (GEHL, 2015, p. 107).

3 OBJETIVO E METODOLOGIA

O caso de São Paulo é um exemplo característico da tendência mundial de espalhamento urbano (IBGE, 2002 e 2012) e a cidade deve encarar os desafios expostos anteriormente. Em 2014, entrou em vigor a revisão do PDE que introduziu as estratégias de *Smart Growth*, Cidades Compactas e DOT no planejamento do município, graças à promoção dos Eixos de

Estruturação da Transformação Urbana (EETU). Nesse contexto, este trabalho visa analisar essas estratégias do ponto de vista de seu impacto na estruturação das áreas urbanas do município que sofrerão processos de adensamento.

Bourdic, Salat e Nowacki (2012) apresentaram um sistema de indicadores para a avaliação da forma urbana, da repartição espacial da população e das atividades e da organização urbana. Esse sistema visa quantificar e apreciar as consequências ambientais e sociais da forma urbana. No presente trabalho, esse sistema de indicadores foi adequado para analisar as consequências ambientais e sociais da estratégia DOT adotada nos EETU, em São Paulo.

4 OS EIXOS DE ESTRUTURAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO URBANA: UMA ESTRATÉGIA DE DOT APLICADA EM ÁREAS DE DESENVOLVIMENTO URBANO, EM SÃO PAULO

No intuito de induzir a localização da produção imobiliária nas áreas de fácil acesso ao transporte, o Plano Diretor prevê a possibilidade do adensamento ao longo dos eixos de transportes de massa existentes e planejados no município de São Paulo.

A seguir, são analisados os principais parâmetros urbanísticos definidos pelo PDE e relacionados os indicadores propostos por Bourdic, Salat e Nowacki (2012) pertinentes.

4.1 Coeficiente de aproveitamento e outorga onerosa do direito de construir

O coeficiente de aproveitamento (CA) corresponde ao número de vezes em que é possível construir a área do terreno. Ele representa o **grau de adensamento construído**. O PDE prevê um CA básico igual a 1 para todo o município e um CA igual a 4, nos EETU. Porém, para construir além do CA básico, deve-se comprar o potencial construtivo adicional mediante pagamento da Outorga Onerosa do Direito de Construir (OODC).

Do ponto de vista teórico, a OODC se justifica pela separação entre propriedade e direito de construir (PINTO, 2010). A aplicação desse instrumento tem um **objetivo arrecadatório**: a prefeitura, ao cobrar a OODC, recupera parte da valorização fundiária. Essa cobrança representa um ônus para os proprietários e se refere aos custos de urbanização da área, correspondendo a um **objetivo de equidade**.

O PDE prevê um CA maior para EHMP - Empreendimentos de Habitação para o Mercado Popular - e EHIS - Empreendimentos de Habitação de Interesse Social (CA=5 para EHMP e CA=6 para EHIS). O intuito é duplo: promover **maior adensamento** e **diversidade de renda** na área. A

Tabela 1 apresenta os indicadores selecionados para avaliação das características de um eixo, relativamente ao CA.

Tabela 1- Indicadores relativos ao Coeficiente de Aproveitamento (CA)

Densidade construída	$DC = \frac{m^2\ construídos}{Área\ do\ Eixo\ (m^2)}$	Intensidade
Densidade construída de HMP/HIS	$DC\ HMP\ /\ HIS = \frac{m^2\ HMP\ /\ HIS\ construídos}{Área\ do\ Eixo\ (m^2)}$	
Diversidade de renda	$Div.Renda = \frac{1}{Cat}\sum_{i=1}^{Cat}\left[1 - \frac{\%população_{Renda\ i}}{\%população_{Renda\ i}^{Obj}}\right]^2$	Diversidade

Fonte : Os autores, com base em Bourdic, Salat e Nowacki (2012).

4.2 Cota Parte

A cota parte determina a cota máxima de terreno por unidade habitacional; a partir dessa cota, pode-se calcular o número mínimo de unidades a serem construídas em um lote, como mostra a equação (1):

$$N = \frac{CAu \times At}{CAmax \times Q} \quad (1)$$

Onde:

- N é o número mínimo de unidades;
- CAu é o coeficiente de aproveitamento do projeto;
- At é a área do terreno;
- CAmax é o coeficiente de aproveitamento máximo;
- Q é a cota máxima de terreno por unidade habitacional.

Por exemplo, em um lote de 1000m², com CAu=CAmax=4 e Q=20m²/un., o número mínimo de unidades é N=1000/20=50 un. O objetivo principal do instrumento é limitar o tamanho e maximizar o número de unidades habitacionais. Assim, junto com a possibilidade de aumentar o CA além do CA básico, espera-se promover um **adensamento populacional maior**. Além disso, ao controlar o tamanho, limita-se o preço de cada unidade visando à **facilitação do acesso à moradia**. Os indicadores selecionados são apresentados na

Tabela 2.

No entanto, o artigo 174 da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS) (PMSP, 2016) estabelece uma cota máxima de terreno Q=30m² (contra 20m² no PDE) para os três primeiros anos de vigência da lei (2016-2019), dificultando, assim, que os objetivos progressistas do PDE sejam atingidos.

Tabela 2 - Indicadores relativos à Cota Parte

Densidade Populacional	$DP = \frac{No.\ de\ habitantes}{Área\ do\ Eixo\ (m^2)}$	Intensidade
Densidade de Unidades Habitacionais	$DUH = \frac{No.\ de\ Unidades\ Hab.}{Área\ do\ Eixo\ (m^2)}$	
Densidade de Unidades HMP/HIS	$\text{DUHMP/HIS} = \frac{No.\ de\ Unidades\ HMP/HIS}{Área\ do\ Eixo\ (m^2)}$	
Proporção de HMP/HIS	$\%\ \text{HMP/HIS} = \frac{No.\ de\ Unidades\ HMP/HIS.}{No.\ de\ Unidades\ Hab.}$	
Diversidade de Renda	$Div.Renda = \frac{1}{Cat}\sum_{i=1}^{Cat}\left[1 - \frac{\%população_{Renda\ i}}{\%população^{Obj}_{Renda\ i}}\right]^2$	Diversidade

Fonte : Os autores, com base em Bourdic, Salat e Nowacki (2012).

4.3 Uso misto

O PDE permite e promove os usos não residenciais (nR) nos lotes ou edificações residenciais: são consideradas como não computáveis (não contadas no cálculo da OODC) as áreas para usos não residenciais, até 20% da área computável total. Por exemplo, em um lote de 1000m², com CA=4, a área residencial a ser construída é de 4000m² e podem ser adicionados 800m² de área nR, gratuitamente.

Esse incentivo objetiva **aproximar a moradia do trabalho** e **desenvolver o comércio de proximidade**; assim espera-se reduzir o uso do transporte motorizado e favorecer os deslocamentos a pé ou de bicicleta.

A Fachada Ativa é outro incentivo relativo ao uso misto. São consideradas não computáveis as áreas construídas no nível da rua, com acesso direto ao logradouro, com testada superior a 20m, até 50% da área do lote, destinadas a comércio e serviços. Por exemplo, em um lote de 25x40m=1000m² (25m ao longo da rua), com um CA=4, o empreendimento poderá ter uma área de 500m² de comércio e serviços sem pagar outorga, na condição de estar construída no nível da rua. Através deste instrumento, visa-se ter **ruas mais movimentadas, vibrantes e, portanto, mais agradáveis e seguras**. Os indicadores relativos ao uso misto aparecem na

Tabela 3 - Indicadores relativos ao Uso Misto

Densidade de empregos	$DE = \frac{No.\ de\ Empregos}{Área\ do\ Eixo\ (m^2)}$	Intensidade
Relação emprego/moradia	$E/M = \frac{No.\ de\ Empregos}{No.\ de\ Moradias}$	
Potencial de empregos	$Pot.E = \frac{No.\ de\ Empregos}{População\ Trabalhadora\ no\ Eixo}$	
Relação comércio/moradia	$C/M = \frac{No.\ de\ Comércios}{No.\ de\ Moradias}$	
Porcentagem de calçada com fachada ativa	$\%\ FA = \frac{Calçadas\ com\ FA\ (ml)}{Calçadas\ do\ Eixo\ (ml)}$	
Porcentagem de moradias distantes de Xm de um mercado	$\{\%\ M/Merc < Xm\} = \frac{No.\ de\ moradias\ (<Xm\ de\ um\ mercado)}{No.\ de\ moradias}$	Proximidade
Diversidade estrutural de empregos	$\text{Div. Empregos} = \frac{1}{Cat}\sum_{i=1}^{Cat}\left[1 - \frac{No.\ Emregos_{Cat\,i}}{No.\ Empregos_{Cat\,i}^{Obj}}\right]^2$	Diversidade

Fonte : Os autores, com base em Bourdic, Salat e Nowacki (2012)..

Tabela 3 - Indicadores relativos ao Uso Misto

Densidade de empregos	$DE = \frac{No.\ de\ Empregos}{Área\ do\ Eixo\ (m^2)}$	Intensidade
Relação emprego/moradia	$E/M = \frac{No.\ de\ Empregos}{No.\ de\ Moradias}$	
Potencial de empregos	$Pot.E = \frac{No.\ de\ Empregos}{População\ Trabalhadora\ no\ Eixo}$	
Relação comércio/moradia	$C/M = \frac{No.\ de\ Comércios}{No.\ de\ Moradias}$	
Porcentagem de calçada com fachada ativa	$\%\ FA = \frac{Calçadas\ com\ FA\ (ml)}{Calçadas\ do\ Eixo\ (ml)}$	
Porcentagem de moradias distantes de Xm de um mercado	$\{\%\ M/Merc < Xm\} = \frac{\text{No. de moradias (<Xm de um mercado)}}{No.\ de\ moradias}$	Proximidade
Diversidade estrutural de empregos	$\text{Div. Empregos} = \frac{1}{Cat}\sum_{i=1}^{Cat}\left[1 - \frac{No.\ Emregos_{Cat\,i}}{No.\ Empregos_{Cat\,i}^{Obj}}\right]^2$	Diversidade

Fonte : Os autores, com base em Bourdic, Salat e Nowacki (2012).

4.4 Fruição Pública

Os espaços públicos de qualidade constituem um ponto chave na estratégia do DOT. O PDE incentiva a fruição pública dos espaços privados e estipula que se uma área for doada para fruição pública, o CA será calculado a partir da área inicial e 50% do potencial construtivo máximo relativo à área destinada à fruição pública será gratuito. Porém, a área doada deve seguir as seguintes condições: ser maior que 250m², estar alinhada com a via, estar no nível da calçada e ficar permanentemente aberta. Por exemplo, considerando um lote de 1.000m², com CA=4 e que a área doada seja igual a 250m²; 500m² (0,5x4x250) serão gratuitos. Portanto, só precisam ser comprados 2.500m² de potencial construtivo adicional para atingir o CA=4.

O objetivo desse incentivo é promover o **aumento da quantidade de espaços públicos** e **aproximar os espaços públicos da moradia**, criando uma rede de espaços de pequeno porte, espalhados nos bairros. A

Tabela 4 - Indicadores relativos à Fruição Pública

Densidade de espaços públicos	$DEP = \frac{Espaços\ Públicos\,(m^2)}{Área\ do\ Eixo\,(m^2)}$	Intensidade
Densidade de espaços públicos sem carro	$DEP\ sem\ carro = \frac{Espaços\ Públicos\ sem\ carro\,(m^2)}{Área\ do\ Eixo\,(m^2)}$	
Relação espaços públicos/ habitantes	$EP\,/\,habitante = \frac{Espaços\ Públicos\,(m^2)}{No.\ Habitantes}$	
Porcentagem das moradias distantes de Xm de um espaço público	$\{\%\ \text{M/E.Públicos} < \text{Xm}\} = \frac{\text{No. de moradias (<Xm de um E.Público)}}{No.\ de\ moradias}$	
Diversidade no tamanho dos espaços públicos	$\text{Div. Tamanho EP} = \frac{1}{Cat}\sum_{i=1}^{Cat}\left[1 - \frac{n_i S_i}{A}\right]^2$	Diversidade

Fonte : Os autores, com base em Bourdic, Salat e Nowacki (2012). mostra os indicadores relevantes para se avaliar os efeitos da fruição pública.

Tabela 4 - Indicadores relativos à Fruição Pública

Densidade de espaços públicos	$DEP = \frac{Espaços\ Públicos\ (m^2)}{Área\ do\ Eixo\ (m^2)}$	Intensidade
Densidade de espaços públicos sem carro	$DEP\ sem\ carro = \frac{Espaços\ Públicos\ sem\ carro\ (m^2)}{Área\ do\ Eixo\ (m^2)}$	
Relação espaços públicos/ habitantes	$EP\ /\ habitante = \frac{Espaços\ Públicos\ (m^2)}{No.\ Habitantes}$	
Porcentagem das moradias distantes de Xm de um espaço público	$\{\%\ M/E.Públicos < Xm\} = \frac{No.\ de\ moradias\ (<Xm\ de\ um\ E.Público)}{No.\ de\ moradias}$	
Diversidade no tamanho dos espaços públicos	$Div.\ Tamanho\ EP = \frac{1}{Cat}\sum_{i=1}^{Cat}\left[1 - \frac{n_i S_i}{A}\right]^2$	Diversidade

Fonte : Os autores, com base em Bourdic, Salat e Nowacki (2012).

4.5 Desincentivos ao uso do automóvel

Uma das metas principais da estratégia do DOT é a redução do uso de transporte motorizado individual. Nesse intento, o PDE prevê medidas para limitar o número de vagas de estacionamento nos novos empreendimentos desenvolvidos nos eixos. Para uso residencial, será considerada não computável a área destinada a estacionamento, no limite de uma vaga por unidade habitacional; para uso não residencial, no limite de uma vaga a cada 70m² de área construída.

A área de garagem ficou limitada, ainda, pela cota máxima de garagem. Essa cota é a relação entre a soma das áreas destinadas a carga e a descarga, circulação, manobra e estacionamento de veículos e o número total de vagas de estacionamento. Por exemplo, em um lote residencial de 1.000m², com CA=4 e o número de unidades N=50 un. (valor compatível com a cota parte), o número máximo de vagas é Nv=50 vagas. Com a cota de garagem máxima igual a 32m², a área total da garagem é AG=32x50=1600m².

Objetiva-se **limitar o número de carros** na área do eixo, favorecendo os deslocamentos de transporte público, a pé ou de bicicleta. Além disso, procura-se controlar o custo de construção dos edifícios, e assim reduzir o preço das unidades habitacionais, permitindo um **acesso facilitado para moradores de menor renda.** Geralmente, empreendimentos de padrão mais alto têm maior número de vagas de garagem; portanto, limitando-se o número de vagas, espera-se atrair residentes de menor renda, motivando

uma **maior miscigenação social**. Os indicadores relevantes para análise dessas medidas são apresentados na Tabela 5.

No entanto, retomando o exemplo, e considerando uma vaga padrão de tamanho médio com 2,30x4,70m, a área total de estacionamento seria Aest=50x2,3x4,7=540,5m². Portanto a área de garagem destinada à carga e a descarga, circulação e manobra seria AG-Aest=1600-540,5=1059,5m², área considerável e possivelmente superior ao necessário. Dessa maneira, seria possível sua ocupação com "vagas duplas", criadas *a posteriori* da emissão dos alvarás de aprovação das obras, pondo, assim, em questão a efetividade destas regras em relação ao objetivo pretendido para com a especificação de empreendimentos nas áreas dos eixos.

Além disso, o artigo 174 da LPUOS (PMSP, 2016) autoriza, para os três primeiros anos de vigência da lei, duas vagas de estacionamento por unidade habitacional. Dessa maneira, este artigo de lei veio contrariar, mais uma vez, os objetivos do PDE.

Tabela 5 - Indicadores relativos aos desincentivos para vagas de garagem

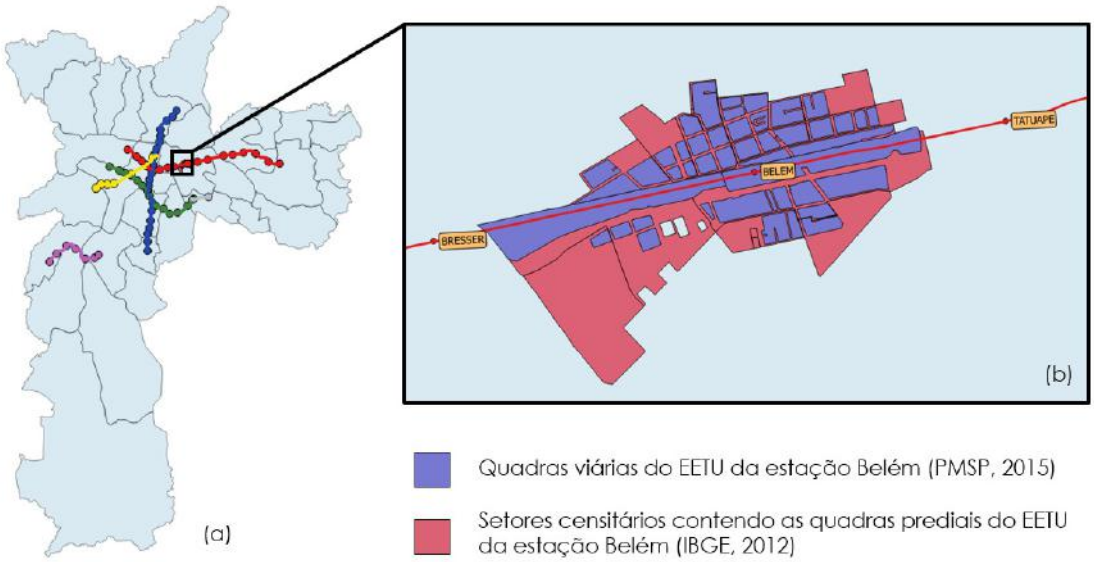
Densidade de carros	$DCarros = \frac{No.\,de\,carros}{Área\,do\,Eixo\,(m^2)}$	Intensidade
Número de Vagas por Unidade Habitacional	$Vagas\ por\ UH = \frac{No.\,de\,vagas\,de\,garagem}{No.\,de\,Unid.\,Hab.}$	
Relação carros/moradia	$C/M = \frac{No.\,de\,Carros}{No.\,de\,Moradias}$	
Densidade de área de garagem	$DÁrea\,Garagem = \frac{Área\,de\,Garagem\,(m^2)}{Área\,do\,Eixo\,(m^2)}$	
Diversidade de renda	$Div.Renda = \frac{1}{Cat}\sum_{i=1}^{Cat}\left[1 - \frac{\%população_{Renda\,i}}{\%população_{Renda\,i}^{Obj}}\right]^2$	Diversidade

Fonte : Os autores, com base em Bourdic, Salat e Nowacki (2012).

5 CASO PRATICO

Nessa parte do trabalho, é realizado um exemplo de aplicação de um indicador a um caso real. Calcula-se o indicador de diversidade de renda (Cf. Tabelas 1, 2 e 5) para o caso do EETU da estação Belém, na linha 3 vermelha do Metrô. A Figura 1 (a) mostra a localização da estação Belém no município de São Paulo. A LPUOS (PMSP, 2016) fornece um mapa das Zonas de Estruturação da Transformação Urbana (ZEU), que correspondem aos EETU do Plano Diretor. As quadras urbanas constituintes da ZEU Belém são apresentadas na Figura 1 (b). Os mapas foram produzidos por meio do programa de georreferenciamento QGis. Os dados de renda (IBGE, 2012) são agrupados por setor censitário; portanto, a Figura 1 (b) apresenta também os setores censitários contendo as quadras da ZEU Belém.

Figura 1 - (a) Mapa das subprefeituras do Município de São Paulo e Linhas de Metrô. (b) EETU da estação Belém do Metrô



Fonte : Os autores

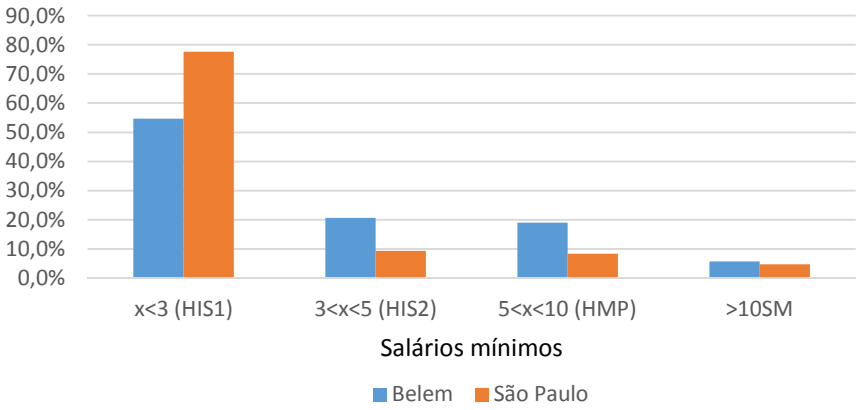
A Tabela 6 apresenta as porcentagens dos domicílios da ZEU Belém e do município de São Paulo, para cada categoria de renda. O PDE categoriza os empreendimentos de HIS e HMP segundo a renda dos moradores, como apresentado na Tabela 6 - Distribuição dos domicílios segundo a renda, para o EETU Belém e o município de São Paulo. Portanto, os dados censitários fornecidos pelo IBGE (2012) foram agrupados em categorias correspondentes ao PDE. Na Figura 2, pode-se constatar uma maior proporção de domicílios com renda entre 3 e 10 salários mínimos (SM) no Belém em relação ao município; e uma menor proporção de domicílios com renda inferior a 3 SM; a proporção de domicílios com renda superior a 10 SM é parecida no Belém e em São Paulo.

Tabela 6 - Distribuição dos domicílios segundo a renda, para o EETU Belém e o município de São Paulo

Rendimentos (salários mínimos - SM)	x<3 SM	3 SM<x<5 SM	5 SM<x<10 SM	>10 SM
Tipo de empreendimento	HIS 1	HIS 2	HMP	Mercado Comum
Belém	54,6%	20,6%	19,0%	5,7%
São Paulo	77,6%	9,3%	8,3%	4,7%

Fonte : Os autores, a partir dos dados do IBGE (2012).

Figura 2 - Distribuição dos domicílios segundo a renda: EETU Belém e o município de São Paulo



Fonte: Os autores, a partir dos dados do IBGE (2012)

O indicador de diversidade de renda é calculado segundo a fórmula (2):

$$\text{Div. Renda} = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}\left[1 - \frac{\%\text{Domicílios}_{\text{Renda i}}^{\text{Belém}}}{\%\text{Domicílios}_{\text{Renda i}}^{\text{São Paulo}}}\right]^2 = 0{,}81 \qquad (2)$$

Assim, o valor do indicador aproxima-se de 0 quando a repartição dos domicílios do Belém, segundo a renda, fica mais próxima da repartição para o município, e se aproxima de 1 quanto maior a diferença.

Pode-se afirmar que, para alcançar uma diversidade de renda representativa da repartição de renda no município de São Paulo, deve-se, no caso do Belém, construir empreendimentos de HIS1. Se forem construídos empreendimentos de HIS2 e HMP, o indicador será mais próximo de 1, refletindo uma repartição da renda que se distancia da repartição do município. No entanto, deve-se considerar não somente a área de estudo, mas também a cidade como um todo: há uma falta de moradias populares e de interesse social localizadas em áreas de fácil acesso de transporte público em São Paulo (ROLNIK et al., 2015). Portanto, apesar do indicador se aproximar de 1, o efeito seria benéfico para a cidade.

Pode-se concluir, então, que o sistema de indicadores apresentado constitui uma ferramenta muito valiosa para a análise urbana; porém, os resultados devem ser analisados com devida cautela. Só assim, alcançar-se-á um entendimento mais amplo da situação do local.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os instrumentos previstos no PDE em relação aos EETU evidenciam a inclusão da estratégia do DOT no plano de desenvolvimento da cidade, promovendo mais sustentabilidade e diversidade. Concluiu-se que as consequências ambientais e sociais destes incentivos são quantificáveis, fornecendo-se ferramentas para tal objetivo. Todavia, pode-se perguntar se, na prática, inclusão e sustentabilidade serão alcançadas. Os indicadores selecionados e

listados ao longo deste trabalho constituem uma ferramenta relevante para ajudar a responder a essa pergunta.

Primeiro, pergunta-se se a miscigenação social prezada no discurso se dará de fato. Há de se temer que os imóveis, apesar das medidas propostas, sejam muito valorizados e não possam ser comprados por moradores menos abastados. Pode-se questionar se há interesse da parte da indústria da construção em produzir imóveis de habitação social nessas áreas.

Segundo, conhecendo a criatividade dos empreendedores, pode-se duvidar da eficiência de algumas das medidas propostas. Por exemplo, para contornar as restrições ligadas à Cota Parte, poderiam ser desenvolvidos projetos segundo os quais apartamentos contíguos possam ser juntados, constituindo unidades habitacionais grandes, consumidoras de espaço.

Terceiro, não seria mais eficiente limitar o número de vagas na área do eixo como um todo, contando, inclusive, as vagas em estacionamentos abertos e os edifícios-garagem? Além disso, pode-se questionar o valor da cota de garagem, que não limita, de forma suficiente, o tamanho das vagas para estacionamento de veículos.

Por fim, a LPUOS (PMSP, 2016) – e, principalmente, o seu artigo 174 - suporta a implantação de empreendimentos com densidades populacionais inferiores ao planejado e com oferta superior de vagas de estacionamento, dando um passo para trás com relação à aplicação da estratégia de DOT no município de São Paulo.

Dessa maneira, pode-se entender que a teoria do DOT não constitui uma panaceia: a sua aplicação coloca numerosos questionamentos. Portanto, os gestores públicos enfrentarão dificuldades ao promovê-la. No entanto, ela representa uma guia valiosa para o desenvolvimento de estratégias de gestão do uso e ocupação do solo urbano e da qualificação da vida urbana na escala do bairro.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à Capes pelo financiamento da pesquisa que resultou nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

ANGEL, S.; PARENT, J.; CIVCO, D.L.; BLEI, A. M. The persistent decline in urban densities: Global and historical evidence of sprawl. **Lincoln Institute of Land Policy Working Paper**. 2010.

BENTO, A. M.; CROPPER, M. L.; MOBARAK, A. M.; VINHA, K. The effects of urban spatial structure on travel demand in the United States. **Review of Economics and Statistics**, Vol. 87, 2005, pp. 466-478.

BOURDIC, L.; SALAT, S.; NOWACKI, C. Assessing Cities: a new system of cross-scale spatial indicators. **Building Research and Information**, 40(5), 2012, pp. 592-605.

BURDETT, R. et al. **Density and Urban Neighbourhoods in London.** Summary Report. Enterprise LSE Cities, London, 2004.

CAMAGNI, R; GIBELLI, M., C.; RIGAMONTI, P. Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. **Ecological Economics**, No. 40, 2002, pp. 199–216.

CERVERO, R; KOCKELMAN, K. Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity and Design. **Transportation Research** Part D: Transport and Environment, Vol. 2, No. 3, 1997, pp. 199-219.

EWING, R.; CERVERO, R; Travel and the built environment**. Journal of the American Planning Association**, Vol. 76, 2010. pp. 265-294.

GEHL, J. **Cidades para Pessoas**. Tradução de A. Di Marco. 3. Ed. Perspectiva, São Paulo, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010** – documentação dos microdados da amostra. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JABAREEN, Y.R. Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts. **Journal of Planning Education and Research,** No. 26. pp. 38-52.

LITMAN, T. Analysis of Public Policies That Unintentionally Encourage and Subsidize Urban Sprawl. **Victoria Transport Policy Institute**. 2015.

NEWMAN, P., W., G.; KENWORTHY, J., R. The land use-transport connection: An overview. **Land Use Policy** 13(1), 1996, pp. 1-22.

NEWMAN, P., W., G.; KENWORTHY, J., R. Urban design to reduce automobile dependence. **Opolis,** 2 (1), 2006, pp. 35–52.

PINTO, V. C. Direito urbanístico e o Direito de Propriedade. São Paulo: **Editora Revista dos Tribunais**, 2010. Capítulo 7. pp. 229-277.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO – PMSP. Lei Municipal nº16.050, de 31 de julho de 2014. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo.** São Paulo: PMSP, 2014.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO – PMSP. Lei Municipal nº 16.402/16. **Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo**. São Paulo: PMSP, 2016.

RECONNECTING AMERICA. Why TOD and why now? **TOD 101**, 2007. Disponível em: http://reconnectingamerica.org/resource-center/books-and-reports/2007/tod-101-transit-oriented-development-and-why-now/ Acesso em 28/03/2016.

RODE, P.; FLOATER, G.; THOMOPOULOS, N.; DOCHERTY, J.; SCHWINGER, P.; MAHENDRA, A.; FANG, W. Accessibility in Cities: Transport and Urban Form. **NCE Cities Paper 03**. LSE Cities. London School of Economics and Political Science, 2014.

ROLNIK, R. et al. O Programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas da São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação. **Cadernos da Metrópole**. V. 17, n. 33. pp. 127-154. São Paulo, 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

A LOCAÇÃO SOCIAL COMO ALTERNATIVA PARA O *DÉFICIT* HABITACIONAL NO PORTO MARAVILHA[1]

MATTOS, Maíra Rocha (1); ROSSI, Angela Maria Gabriella (2)

(1) PEU/POLI/UFRJ, e-mail: mairarocha@gmail.com; (2) PEU/POLI/UFRJ, e-mail: gabriella.rossi@poli.ufrj.br

RESUMO

Nas duas últimas décadas deste século houve grandes investimentos em habitação social através do programa federal Minha Casa Minha Vida, cujo modelo vem sendo questionado devido à baixa qualidade dos produtos oferecidos, seja no que se refere às tipologias arquitetônicas como nas formas urbanas resultantes. Atualmente, em um momento de cortes orçamentários em programas governamentais, torna-se oportuno que se busquem alternativas para garantir o acesso à moradia digna. Através da Locação Social pode ser possível reocupar imóveis nos centros esvaziados das grandes cidades brasileiras e gerar mais unidades residenciais em áreas pródigas de infraestrutura, como a Região Portuária do Rio de Janeiro (Porto Maravilha). O presente artigo tem por objetivo discutir a aplicação da modalidade de Locação Social no âmbito do Plano Local de Habitação de Interesse Social do Porto Maravilha, em implementação pela Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro (CDURP). O trabalho pretende contribuir para a ampliação do debate sobre políticas sustentáveis de habitação social, mostrando vantagens e limitações da modalidade Locação Social e dessa forma aumentar o leque de alternativas viáveis para a diminuição do *déficit* habitacional urbano no contexto brasileiro.

Palavras-chave: Locação social. Habitação social. Porto Maravilha.

ABSTRACT

In the last two decades of this century there were major investments in social housing through the federal program Minha Casa Minha Vida, which model has been questioned because of the low quality of the products offered, not only regarding the architectural typologies but also the urban forms adopted. Today, at a time of low budget in government programs, it is urgent to seek alternatives to ensure access to decent housing. Through the Social Rent may be possible to reoccupy the empty estates or lots of downtown of large cities and generate more residential units in areas with provided infrastructure, such as the Port Region of Rio de Janeiro(Porto Maravilha). This article aims to discuss the implementation of the modality of Social Rent within the Local Social Housing Plan of Porto Maravilha, which is being implemented by the Urban Development Company of the Port of Rio de Janeiro (CDURP). The work aims to contribute to a wider debate on sustainable social housing policies, showing advantages and limitations of the modality Social Rent in Brazil and thus increase the range of viable alternatives to reduce the urban housing deficit in the Brazilian context.

***Keywords**: Social rent. Social housing. Porto Maravilha.*

[1] MATTOS, Maíra Rocha; ROSSI, Angela Maria Gabriella. A locação social como alternativa para o *déficit* habitacional no Porto Maravilha. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O Rio de Janeiro passa por grandes transformações urbanas para receber os Jogos Olímpicos de 2016. Umas das regiões que mais recebeu investimentos foi a região portuária, que passa por profundas mudanças não só de infraestrutura, mas também morfológicas e sociais.

Foi criada uma Operação Urbana Consorciada (OUC) chamada Operação Urbana Porto Maravilha, na área do porto para coordenar as intervenções na região. A OUC, por contar com investimentos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), teve que elaborar um Plano de Habitação de Interesse Social, onde descreve as políticas de habitação propostas para a região.

Entre as políticas presentes no plano, está a de Locação Social, uma modalidade raramente usada no país, e que, diferente da maioria dos programas habitacionais, não tem a propriedade privada como base.

Este artigo pretende analisar criticamente a modalidade de Locação Social dentro do contexto da operação Urbana Porto Maravilha, suas perspectivas, propostas e desafios.

2 O CONTEXTO DA HABITAÇÃO SOCIAL NO BRASIL

Foi a partir dos anos 30, com Getúlio Vargas, que a habitação passou a ser objeto de políticas públicas. No entanto, apenas no governo João Goulart o direito à moradia aparece na pauta de debates políticos, com os movimentos sociais urbanos reivindicando a reforma urbana como uma das reformas de base do governo.

Com o golpe de 1964, a discussão da reforma urbana foi tirada de cena e a única reivindicação atendida foi a criação, em agosto de 1964, do Banco Nacional de Habitação (BNH), responsável pelo financiamento de casas populares.

Segundo Marcus *apud* ROLNIK, (2015, pg. 282), o governo militar ao criar o BNH teve como objetivo maior um alinhamento de interesses políticos e econômicos entre o governo e o setor empresarial da construção civil e, além disso, a intenção de transformar cada trabalhador em um proprietário. É oportuno lembrar que se vivia a Guerra Fria no mundo, com o interesse dos militares em barrar a expansão comunista.

A preocupação fica evidente na fala da primeira presidente do BNH, Sandra Cavalcanti: "...a casa própria faz do trabalhador um conservador que defende o direito de propriedade. " Sandra Cavalcanti, havia sido secretária de habitação do governo estadual de Carlos Lacerda no Rio de Janeiro, famoso por ter perpetrado uma política urbana polêmica, responsável por cerca de trinta mil remoções entre 1961 e 1965.

Ao longo de sua duração, a política habitacional do BNH foi se tornando uma política cada vez mais voltada para a estabilização da economia do que exatamente uma política de acesso à moradia para os mais pobres.

> "A criação do FGTS e sua transformação na principal fonte de recursos para a política habitacional – e de saneamento- no país fortaleceram a dimensão financeira do programa, ao subordinar as decisões sobre para quem, onde, como e de que forma investir em habitação à necessidade de remuneração dos recursos desse fundo. Isso explica, em parte, por que apenas 30% dos 4,5 milhões de financiamentos habitacionais concedidos através do BNH, entre 1970 e 1986, tenha se dirigido aos setores de menos renda." (ROLNIK, 2015)

Com a extinção do BNH, em um contexto de agravamento de crise econômica no início dos anos 80, a política de financiamento habitacional se retrai e a política de produção habitacional só volta a ocupar lugar de destaque dentro da política brasileira em 2008 durante o governo do Partido dos Trabalhadores (PT), através do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV).

Assim como o BNH, o programa MCMV tinha pretensões para além do *déficit* habitacional. Em um momento de crise financeira global, o programa aqueceu o setor da construção civil, que é responsável por uma parcela importante do Produto Interno Bruto Brasileiro, além de movimentar uma rede de diversas indústrias de insumos para a construção e com isso fomentar a criação de novas vagas no mercado de trabalho.

A tática de aquecimento geral da economia foi inegavelmente bem-sucedida. Além desse efeito positivo, o programa teve o mérito de atuar em uma faixa de população até antes não contemplada por programas habitacionais anteriores, a chamada Faixa 1 do MCMV, que abarca trabalhadores com renda de 1 a 3 salários mínimos, renda onde os subsídios chegam a 100% da aquisição da moradia.

No entanto, entre os pesquisadores da temática habitacional urbana, como Raquel Rolnik (2009) Adauto Cardoso (2011) e Lúcia Shimbo (2012) questiona-se até que ponto um programa baseado em regras do mercado pode realmente ser a melhor opção tanto no combate ao *déficit* habitacional, quanto na produção do espaço urbano. Isso porque na intenção de maximizar os seus lucros, as construtoras buscaram economizar na aquisição dos terrenos para construção dos empreendimentos habitacionais, adquirindo assim, lotes em áreas periféricas e, não raro, sem acesso à infraestrutura urbana como: mobilidade, equipamentos urbanos essenciais de saúde, educação e lazer.

> "O modo de produção de moradias populares para além dos limites da cidade tem consequências graves que acabam prejudicando a todos. Além de encarecer a extensão das infraestruturas urbanas, que precisam alcançar locais cada vez mais distantes, o afastamento entre os locais de trabalho, os equipamentos urbanos e as áreas de moradia aprofundam as segregações socioespaciais e encarecem os custos da mobilidade urbana." (ROLNIK e NAKANO, 2009)

3 A LOCAÇÃO SOCIAL COMO POLÍTICA HABITACIONAL

Diante dos desafios enfrentados pelos programas de habitação social frente aos crescentes índices de *déficit* habitacional nas cidades brasileiras, e, uma vez que o problema da habitação tem várias faces e muitas especificidades dependendo da região em que aparece, é interessante que se pense em

propostas alternativas de provisão de moradia que fujam à engessada lógica da casa própria com altos investimentos do Estado (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2015).

Antes de tudo, é importante esclarecer um conflito recorrente com relação à locação social, muito confundida com a prática do aluguel social.

Diferente da primeira, o aluguel social (ou auxílio aluguel, ou cheque aluguel) é a modalidade onde o morador recebe um valor fixo mensal da prefeitura (ou em alguns casos, do governo do estado) para alugar, por conta própria, algum imóvel de sua escolha. Em geral, essa modalidade é adotada para moradores que foram removidos de seus locais de origem por alguma questão (insalubridade, risco de cheia ou de desabamento, obra de infraestrutura) e que em um determinado prazo, deverão receber moradia nova subsidiada pelo poder público.

A locação social tem, em geral, caráter menos temporário e não envolve oferta de valor direto ao morador, mas sim de gestão de unidades residenciais.

Embora conste do escopo da Política Nacional de Habitação (PNH) a Locação Social é pouco utilizada no Brasil. Contudo, trata-se de uma alternativa que pode, aliada a outras modalidades, representar um avanço para a questão da habitação no cenário urbano brasileiro. Bastante utilizada em outros países, principalmente na Europa do pós-guerra, a locação social tem algumas vantagens com relação às políticas hegemonicamente praticadas hoje.

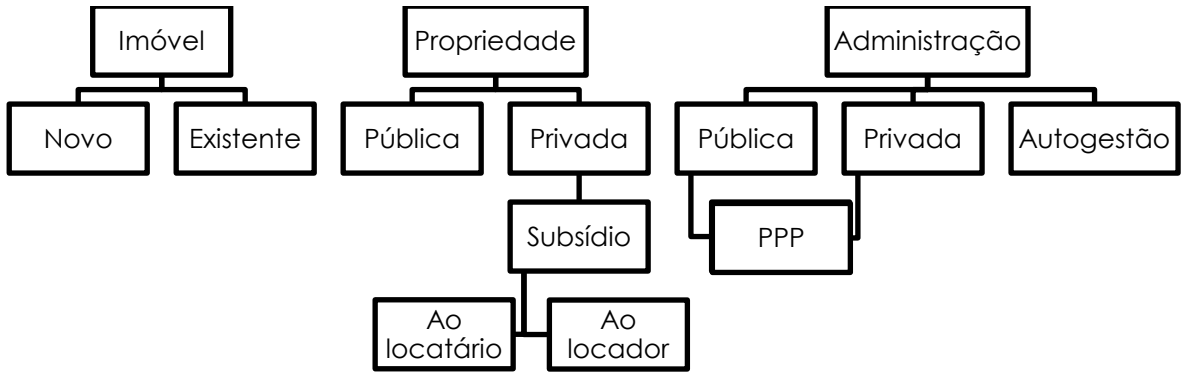
Na Região Portuária especialmente, essa é uma política que pode apresentar bons resultados por se tratar de uma área com todos os elementos necessários à sua implantação. Trata-se de uma área central, que vem recebendo melhorias em infraestrutura e mobilidade, e, além disso, farta em imóveis públicos desocupados.

Se bem implementada, a Locação Social, além de ser uma nova forma de ajudar a combater o déficit habitacional, pode favorecer o processo de revitalização da área, adensando e trazendo mais uso e vida para a região.

A política de Locação Social consiste, basicamente, em um programa de locação de imóveis com valores controlados e subsidiados pelo governo, sendo um facilitador de acesso à moradia, sem, necessariamente, comprometer o beneficiário com um financiamento. A modalidade é aplicada de diversas formas nos países em que é adotada.

A Figura 1 sintetiza as variáveis mais adotadas de locação social:

Figura 1 – Modelos de Locação Social



Fonte: Os autores

4 A OPERAÇÃO URBANA CONSORCIADA PORTO MARAVILHA

Atualmente, a região portuária é objeto de uma das maiores intervenções urbanísticas em processo no país, o projeto Porto Maravilha, criado através da Lei Complementar (LC) Municipal nº101/2009.

De acordo com essa LC, a Operação Urbana Consorciada Porto Maravilha tem por finalidade promover a reestruturação urbana da Área de Especial Interesse Urbanístico (AEIU) da Região Portuária, por meio da ampliação, articulação e requalificação dos espaços livres de uso público.

Para gerir a Operação Urbana foi criada a Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro (CDURP), uma empresa de economia mista, cujo acionista principal é o Município do Rio de Janeiro.

O projeto Porto Maravilha instituiu a criação dos Certificados de Adicional Potencial Construtivo (CEPACs), instrumento baseado no princípio de Outorga Onerosa do Estatuto da Cidade e que, segundo a CDURP, constitui-se hoje na maior fonte de investimento e financiamento do projeto.
Os dois princípios adotados pelo projeto: Operações Urbanas Consorciadas e Outorga Onerosa, estão previstos no Estatuto da Cidade e são melhor explicados no volume "Estatuto da Cidade para compreender", trabalho realizado pela Área de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Instituto Brasileiro de Administração Municipal para a Caixa Econômica Federal em 2001:

> "As operações urbanas consorciadas referem-se a um conjunto de intervenções e medidas, coordenadas pelo poder público municipal, com a finalidade de preservação, recuperação ou transformação de áreas urbanas contando com a participação dos proprietários, moradores, usuários permanentes e investidores privados." (OLIVEIRA, 2001)

O autor explica ainda que para aprovação das OUC, deverá ser desenvolvido o plano de operação urbana consorciada, onde se defina o limite da área atingida, um programa de ocupação para a região,

programas de atendimento econômico e social à população, estudos de impacto de vizinhança além de explicitar os mecanismos de controle e participação social da sociedade civil durante todo o processo.

> "A outorga onerosa do direito de construir consiste na possibilidade de o Município estabelecer relação entre a área edificável e a área do terreno, a partir da qual a autorização para construir passaria a ser concedida de forma onerosa. Por exemplo: a relação 1 possibilita construir 1 vez a área do terreno, a relação 2, permite construir 2 vezes a área do terreno, e assim por diante. " (OLIVEIRA, 2001)

Através da Outorga Onerosa, a prefeitura aumentou, o potencial de construção de imóveis da Região Portuária, área que atrai a atenção de investidores do setor imobiliário para projetos comerciais e residenciais,

Investidores interessados em explorar esse potencial devem comprar Certificados de Potencial Adicional Construtivo (CEPACs), títulos usados para custear operações urbanas que recuperam áreas degradadas nas cidades.

Todo o valor arrecadado com a venda dos CEPACs é obrigatoriamente investido nas obras e serviços nos 5 milhões de m² da região, inclusive em áreas de preservação em que os imóveis não podem ter aumento de potencial.

O exemplo da Operação Consorciada Porto Maravilha tem algumas diferenciações com a maioria dos modelos de OUC adotados no restante do país, especialmente São Paulo e Recife. No Porto Maravilha, as CEPACs, ao serem oferecidas em leilão, foram arrematadas pela Caixa Econômica Federal com recursos do Fundo de Garantia por tempo de Serviço (FGTS) através do Fundo de Investimento Imobiliário Porto Maravilha (CDURP,2015).

O fato de as CEPACs estarem sendo administradas hoje pelo FGTS pode ser um dado favorável à implantação de uma política de habitação social eficaz, inclusive para a modalidade de Locação Social, onde é desejável que a administração pública conte com um bom estoque de imóveis públicos para negociar e oferecer à locação com valores subsidiados.

5 O PHIS-PORTO

A Instrução Normativa do Ministério das Cidades nº33 de 17/12/2014 criou a exigência de elaboração de um Plano de Habitação de Interesse Social (PHIS) para Operações Urbanas que utilizem recursos do FGTS, fato que ocorre na OUC Porto Maravilha, onde todas as CEPACs foram adquiridas pelo fundo.

A Instrução Normativa orienta para que a elaboração do PHIS seja realizada de forma participativa e até seis meses após a aprovação do aporte de recursos do FGTS, e deve conter informações como: a definição qualitativa e quantitativa da demanda por habitação, o levantamento de áreas e imóveis disponíveis para implantação de empreendimentos habitacionais, definição de zonas de especial interesse social (ZEIS) visando a permanência da população dessas áreas, além de estratégias variadas de provisão

habitacional visando atender satisfatoriamente à demanda por habitação da área.

A elaboração do Plano de Habitação de Interesse Social do Porto Maravilha foi produto do esforço conjunto de um Grupo de Trabalho composto por vários órgãos e entidades como: Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro – CDURP; Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos – IPP; Secretaria Municipal de Habitação – SMH; Secretaria Municipal de Urbanismo – SMU; Instituto Rio Patrimônio da Humanidade – IRPH. Além do GT, o plano contou com consultorias de outras instituições como: Pacto do Rio, a Frente de Espaços Urbanos e Habitação, o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP); do Sebrae RJ, e do o Observatório de Metrópoles, vinculado ao IPPUR/UFRJ além de audiências populares com representantes da sociedade civil organizada e moradores das áreas.

Para elaboração do Plano, foi realizado pelo IPP um diagnóstico habitacional da área do AEIU do Porto e do seu entorno imediato. O documento pretende traçar um perfil não só da população que reside na área, como também uma análise da morfologia urbana da área, através de mapas de uso e ocupação do solo, gabaritos, mapa viário e modais de transporte.

O plano foi construído através de uma série de encontros entre técnicos da prefeitura, professores e pesquisadores acadêmicos, representantes de movimentos sociais e moradores.

Tais encontros foram de suma importância para maturação do plano. Durante as reuniões temáticas surgiram propostas como a elaboração de uma conferência deliberativa para aprovação final do Plano e a demanda de aumentar de 5 mil para 10 mil o número de unidades habitacionais para a região.

Outra novidade trazida pelo PHIS é justamente a aplicação da Locação Social, modalidade pouco utilizada de provisão de moradia no país. Com esse objetivo, foi criado o Projeto de Lei nº1445/2015 que institui o Programa de Locação Social da área central da Cidade do Rio de Janeiro.

2.1 Propostas do PHIS

O Plano é dividido em três partes: Proposta metodológica Participativa, Diagnóstico e Plano de Ação.

A Proposta Metodológica dá conta do processo de elaboração de cada etapa do Plano. Apresenta os marcos legais que incentivam a produção de habitação de interesse social, indica quais foram as instituições envolvidas, como foram coletadas as informações presentes no diagnóstico, de que maneira foram organizados os processos participativos e como foram desenhadas as propostas.

O Diagnóstico realizado pelo Instituto Pereira Passo (IPP) traz informações socioeconômicas e territoriais tendo como principal fonte de informações o

Censo de 2010 do IBGE, além de outras informações fornecidas pelo IPP, IRPH, SMH, CDURP, Sebrae-RJ e outros órgãos do município do Rio de Janeiro. As informações são apresentadas em mapa da área, o que permite a visualização espacial dos dados e uma melhor leitura da área.

O Plano de Ação é a parte do PHIS onde se apresentam as propostas habitacionais para a região. As modalidades apresentadas são:

- Programa de Provisão de Habitação de Interesse Social
- Programa de Provisão de Equipamentos Comunitários e Inclusão Socioprodutiva
- Programa de Locação Social
- Programa de Melhoria Habitacional e Assessoria Técnica
- Programa de criação e regularização fundiária de AEIS

2.2 Análise Crítica do PHIS

O PHIS tem pontos bastante positivos e mostra um avanço geral no que tange à política habitacional praticada nas últimas gestões municipais marcadas por intervenções urbanas controversas e que foram responsáveis por milhares de remoções e de forte caráter gentrificador.

O intenso processo participativo para a elaboração do plano, com diversos encontros entre técnicos da prefeitura e a sociedade civil, foi importante para que as propostas do plano estivessem adequadas às demandas da população local.

A inclusão de propostas como a Locação Social e as Melhorias Habitacionais, pouco abordadas no âmbito da política habitacional no país, mostram o caráter inovador do plano que buscou diversificar o leque de propostas e assim tentar contemplar a demanda por moradia em suas muitas particularidades e complexidades. A proposta de Locação Social, inclusive, foi alvo do Projeto de Lei nº 1445/2015, que segue em tramitação na Câmara Municipal.

No entanto, o documento possui alguns pontos fracos ou mal desenvolvidos, o que pode comprometer sua implantação e funcionamento. A seguir se abordam alguns desses pontos.

Muitas vezes o plano cita o processo participativo intenso durante a elaboração do plano. No entanto, é importante que a participação social seja um processo contínuo, tanto durante a implementação do plano quanto durante sua operação. Além disso, a melhor forma de controle social se dá através de participação efetiva da população, ou seja, que os processos não sejam meramente consultivos, mas também deliberativos, que a população possa ser ouvida e participar ativamente das propostas, projetos e políticas em curso na área. Para tato, é preciso que se criem fóruns permanentes e agendas com eventos em horários favoráveis à participação dos moradores.

O diagnóstico elaborado pelo IPP baseia-se, em sua maior parte, nos dados do censo de 2010, período anterior às grandes transformações do Porto Maravilha, dentre elas os grandes processos de remoção como as realizadas no Morro da Providência em função da construção de um teleférico. Com isso, mesmo informações sobre o *déficit* habitacional da área podem estar descaracterizadas. Além disso, o diagnóstico ignorou em seus levantamentos uma tipologia bastante característica e presente na região: os cortiços. Não tendo sido citados nos levantamentos, essa tipologia também não recebeu nenhuma proposta, ficando assim fora do plano como um todo.

Tomando por base a Instrução Normativa nº33 do Ministério das Cidades, também é possível identificar algumas inconsistências no PHIS. A ausência de mapas com informações sobre o novo zoneamento proposto para a área indicando quais parâmetros urbanísticos foram alterados pela nova legislação, a confrontação de onde e como foram feitas tais alterações, dificultam a compreensão do novo zoneamento.

No que tange à Locação Social, o plano não define com clareza de que forma se dará a provisão dos empreendimentos de Locação Social. Ao invés disso, aventa várias possibilidades sem detalhar nenhuma delas. Não há informações precisas sobre os locais (terrenos ou imóveis existentes a serem requalificados) onde serão disponibilizadas as novas unidades. Em algumas passagens, o texto chega a citar que há imóveis públicos já disponíveis, mas não define quais serão usados para cada modalidade.

Outro ponto crucial para que um programa de Locação Social tenha êxito, é o desenho de uma metodologia de implantação e manutenção da política. Para tal, é preciso definir a modelagem institucional e financeira que fará a operação dos empreendimentos. Será necessário criá-la através dos expedientes jurídicos disponíveis, as instituições (sejam elas públicas, privadas, PPPs ou de autogestão) e um organograma com as atribuições de cada órgão e seu funcionamento.

6 CONCLUSÃO

Embora a elaboração de um Plano de Habitação de Interesse Social seja um passo importante na consolidação de uma política habitacional efetiva e comprometida, o documento deve apresentar não só propostas e medidas de acordo com a demanda específica do local, mas também uma metodologia de elaboração, de implementação e de gerenciamento para cada uma dessas propostas.

Além disso, é desejável que o controle social seja feito em todas as modalidades de política habitacional e durante todas as fases do processo.

O PHIS Porto, embora traga propostas diversificadas e comprometidas com a complexidade da demanda por habitação na área, não se aprofunda satisfatoriamente em cada uma delas, não criando assim as condições necessárias para que seja aplicado integralmente.

REFERÊNCIAS

ARRAES, Jorge; SILVA, Alberto. **Porto Maravilha:** Permanências e Mudanças, *in* Ephim Shulger e Miriam Danowski (orgs.), *Cidades em Transformação*. Rio de Janeiro, Edições de Janeiro, 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Instrução Normativa nº33**, de 17 de Dezembro 2014. *Regulamenta a aquisição, pelo Agente Operador do FGTS, de cotas de Fundos de Investimento Imobiliário (FIIs) e de Fundos de Investimento em Direitos Creditórios (FIDCs), de Debêntures e de Certificados de Recebíveis Imobiliários (CRIs), que possuam lastro em Operações Urbanas Consorciadas.* Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil , Brasília, DF , 18 Dez. 2014.

CARDOSO, Adauto Lucio; ARAGÃO, Thêmis Amorim; ARAUJO, Flavia de Souza. **Habitação de interesse social:** Política ou mercado? Reflexos sobre a construção do espaço metropolitano. XIV encontro nacional da anpur. Rio de Janeiro, RJ, 2011.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit Habitacional no Brasil 2013: Resultados Preliminares. Belo Horizonte, 2015.

OLIVEIRA, Isabel Cristina Eiras de. **Estatuto da cidade:** para compreender... Rio de Janeiro, IBAM/DUMA, 2001.

RIO DE JANEIRO (município). Lei Complementar nº101/2009. Modifica o Plano Diretor, autoriza o Poder Executivo a instituir a Operação Urbana Consorciada da Região do Porto do Rio e dá outras providências. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, RJ, 23 nov. 2009.

RIO DE JANEIRO (município). Projeto de Lei nº 1445/2015. Institui o programa de locação social e dá outras providências. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, RJ, 28 ago. 2015.

ROLNIK, Raquel. **Guerra dos Lugares:** A colonização da terra e da moradia na era das finanças. São Paulo, Boitempo, 2015.

ROLNIK, Raquel; NAKANO, Kazuo. **As armadilhas do Pacote Habitacional** in: LE MONDE, Diplomatique Brasil. Edição: 05 de março de 2009. Disponível em: http://www.diplomatique.org.br/artigo.php?id=46. Acesso: abril 2016.

SHIMBO, Lucia Zanin. **Habitação social de mercado**: a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro. Belo Horizonte, C/Arte, 2012

SILVA, Alberto G.; ABUD, Aline; LIMA, Daniel V. **Plano de Habitação de Interesse Social do Poto Maravilha.** Rio de Janeiro, CDURP, 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

INTEGRANDO A PAISAGEM NATURAL À INFRAESTRUTURA URBANA ATRAVÉS DA ABORDAGEM DA INFRAESTRUTURA VERDE[1]

RIVALDO, Silvana (1); ROSSI, Angela Maria Gabriella (2)

(1) PEU/POLI/UFRJ, e-mail: silvanarivaldo@poli.ufrj.br; (2) PEU/POLI/UFRJ, e-mail: gabriella.rossi@poli.ufrj.br

RESUMO

O conceito "infraestrutura verde" vem assumindo importância crescente nas discussões sobre modelos urbanos sustentáveis. Internacionalmente, planejadores e projetistas vêm experimentando soluções que começam a ser testadas no contexto urbano brasileiro, utilizando-se de diversas tipologias e tecnologias para esse fim. Embora existam diferentes definições para o termo e diferentes soluções segundo as escalas de intervenção física no território, pode-se afirmar que a importância dessa abordagem reside na tentativa de integrar a paisagem natural à infraestrutura técnica em uma mesma intervenção urbana. Diante da crise urbana contemporânea, a infraestrutura verde tem surgido como uma das abordagens para devolver qualidade ao ambiente urbano e contribuir para mitigar o impacto do mesmo sobre a natureza. Sendo parte de uma dissertação de mestrado em desenvolvimento, o objetivo deste artigo é clarificar o conceito de infraestrutura verde, a partir de um levantamento bibliográfico extenso. Este estudo pretende contribuir para divulgar o conceito e sua adequada aplicação junto à administração pública e junto a planejadores e projetistas urbanos no Brasil, de modo que ações de infraestrutura verde sejam adotadas como uma das alternativas para a promoção de ambientes construídos mais sustentáveis.

Palavras-chave: Infraestrutura verde. Infraestrutura urbana. Paisagismo. Sustentabilidade urbana.

ABSTRACT

The concept of "green infrastructure" has assumed increasing importance in discussions on sustainable urban models. Internationally, planners and designers have experimented solutions that begin to be tested in the Brazilian urban context, using the various types and technologies for this purpose. Although there are different definitions for the term and different solutions according to the physical scales of intervention in the territory, it can be affirmed that the importance of this approach lies in the attempt to integrate landscape to the technical infrastructure in the same urban intervention. Considering the contemporary urban crisis, green infrastructure has emerged as one of the approaches to improve quality to urban environment and to contribute to the mitigation of its impact on nature. Being part of a master's thesis, the purpose of this article is to clarify the concept of green infrastructure through an intensive literature research. This study intends to publicize the concept and its suitable application to public administration and among urban planners and designers in Brazil, so that green infrastructure actions can be taken as an alternative to promote more sustainable built environments.

---

[1] RIVALDO, Silvana; ROSSI, Angela Maria Gabriella. Integrando a paisagem natural à infraestrutura urbana através da abordagem da infraestrutura verde. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Green infrastructure. Urban Infrastructure. Landscaping. Urban sustainability.*

1 INTRODUÇÃO

O conceito "infraestrutura verde" vem sendo estudado e aplicado, tanto no Brasil como no exterior, como uma forma de reconciliação do ambiente construído com o ambiente natural, assim como uma ferramenta da sustentabilidade urbana.

Considerando que a população urbana a nível mundial tem crescido rapidamente, passando de 746 milhões em 1950 para 3,9 mil milhões em 2014, gerir áreas urbanas tem-se tornado um dos desafios mais importantes do Século XXI (UNITED NATIONS, 2015). Muito do esperado crescimento urbano terá lugar nos países das regiões em desenvolvimento como o Brasil e, consequentemente, esses países enfrentarão inúmeros desafios para atender às necessidades do crescimento da população urbana, como habitação, infraestruturas, transportes, energia e emprego, assim como para os serviços básicos como a educação e a saúde.

As áreas urbanas consomem grande parte dos recursos naturais do território onde são construídas, utilizam energia de forma intensiva, e geram grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

As cidades consomem três quartos de toda a energia do planeta e, consequentemente, são responsáveis por três quartos da poluição global. São elas que produzem e consomem a maior parte dos bens industriais, tornando-se "grandes parasitas da paisagem" (ROGERS, 2008).

A humanidade está enfrentando uma crise sistêmica nunca ocorrida na sua história, desde que a espécie se desenvolveu e as civilizações prosperaram a partir da engenhosidade e da exploração dos recursos naturais (HERZOG, 2013).

No que diz respeito ao Brasil, a ocupação do território resulta de um planejamento urbano baseado em uma estrutura socialmente desigual de acesso à terra e às riquezas sociais, causando vários problemas, tais como a exclusão social e a periurbanização. As reformas urbanas entre o final do século XIX e as primeiras décadas do século XX foram realizadas sem considerar os fatores sociais, culturais e ecológicos, dando início ao conflito entre urbanização, sociedade e meio físico (LOURENÇO, 2013).

Em 1945 apenas 25% de um total de 45 milhões de pessoas viviam em cidades. Em 2000, a parcela da população urbana representava 82% de um total de 169 milhões. De 2000 a 2010, quando a população total aumentou em 20%, a população nas cidades cresceu 40%, principalmente nas nove áreas metropolitanas habitadas por um terço da população. Por volta de 2060 a população brasileira deverá atingir um total de 260 milhões de habitantes, regredindo após esse período. Nesse contexto, a cidade pós-industrial brasileira vive um urbanismo onde prevalece a ausência da integração com a natureza e a perda do sentido sócio espacial entre os habitantes e a cidade (SILVA e ROMERO, 2010).

Sendo parte de uma dissertação de mestrado em desenvolvimento, o objetivo deste artigo é clarificar o conceito de infraestrutura verde e contribuir para divulgar o conceito e sua adequada aplicação.

O artigo foi concebido como um *survey* para identificar como a infraestrutura verde se relaciona com a infraestrutura urbana, estando organizado em cinco tópicos. O primeiro tópico apresenta a introdução, a qual contextualiza o tema no âmbito nacional e internacional, expõe o objetivo do artigo e explica como o mesmo está estruturado. No segundo tópico é discutida a relação entre infraestrutura urbana e urbanismo sustentável. O tópico 3 apresenta e discute o conceito de infraestrutura verde e sua relação com o projeto paisagístico e com outros conceitos correlatos. O tópico 4 apresenta uma análise comparativa entre os parâmetros do urbanismo sustentável e da infraestrutura verde, buscando identificar complementaridades, para que possam ser compreendidos e melhorados em trabalhos futuros e aplicados de maneira adequada em projetos de infraestrutura urbana. O tópico 5 tece as considerações finais.

2 INFRAESTRUTURA URBANA E URBANISMO SUSTENTÁVEL

A infraestrutura técnica, também denominada "infraestrutura cinza", é composta pelos sistemas de redes físicas de saneamento ambiental e drenagem urbana e tem sido concebida, a partir do início do século XX até recentemente, separadamente dos sistemas que visam prover infraestrutura social, como áreas verdes e equipamentos públicos e comunitários. Esse paradigma começou a ser questionado a partir dos anos 1970, com o aumento da conscientização dos impactos ambientais provocados pela urbanização.

2.1 Infraestrutura Urbana e Paisagem Natural

A ideia da paisagem integrada à infraestrutura urbana se tornou mais conhecida através da proposta de Frederick Law Olmsted, em 1870, para a reabilitação de Boston's Back Bay, um bairro histórico residencial e comercial no oeste de Boston, Massachusetts, nos Estados Unidos, situado ao longo do rio Charles. Olmsted projetou um parque de cerca 11km que conectou Boston ao Franklin Park. Além de suprir a necessidade da realização de um parque, o projeto de Olmsted melhorou a drenagem do local, ajudando a limpar e purificar as águas e mitigar inundações no local.

Os conceitos de Olmsted foram sendo postos de lado à medida que os automóveis proliferaram e a construção de estradas e outras infraestruturas cinza alimentaram a expansão metropolitana na era pós-Segunda Guerra Mundial. Contudo, na segunda metade do século XX ressurgiu como um método importante de planejamento e projeto urbanos.

Ian McHarg, com *"Design with Nature"*, publicado em 1969, escreveu sobre o ordenamento do território respeitando os sistemas naturais. McHarg foi o pioneiro do método da "sobreposição de camadas" para analisar uma paisagem e determinar sua adequação para a urbanização. Tal método

consiste no mapeamento e na análise de vários fatores ecológicos, incluindo o clima, geologia, hidrologia, solos, vegetação e vida selvagem. A análise de adequação com base na síntese desses fatores revela a capacidade do solo para suportar o impacto da urbanização sobre os recursos naturais (ROUSE e BUNSTER-OSSA, 2013).

McHarg, arquiteto paisagista escocês, estudou na escola de arquitetura da *Graduate School of Design* da Universidade de Harvard nos Estados Unidos e posteriormente foi o fundador do departamento de arquitetura da paisagem da Universidade da Pensilvânia. McHarg estabeleceu a noção de "serviços ecológicos", ou seja, a natureza possui um valor direto e mensurável para o bem-estar humano. Os princípios do projeto com a natureza foram institucionalizados em regulamentos ambientais federais e estaduais, influenciando, assim, o desenvolvimento de uma boa parte das paisagens urbanas nos Estados Unidos.

2.2 Parâmetros do Urbanismo Sustentável

As necessidades atuais de reintegração dos processos naturais com o ambiente urbano têm levado a novas práticas, nas quais as questões de planejamento e de projeto se sobrepõem e os limites disciplinares se confundem. Exemplos a favor dessa reintegração têm adotado diversas terminologias, como "Urbanismo Sustentável", "Urbanismo Ecológico" ou ainda "Biourbanismo". Neste artigo será utilizada a expressão "urbanismo sustentável" por ser a mais comumente utilizada.

O urbanismo sustentável enfatiza a importância dos benefícios sociais da vida no bairro (ou vizinhança), onde deve ser possível satisfazer necessidades diárias a pé. Tais benefícios são maiores em vizinhanças que integram cinco parâmetros: definição, compacidade, totalidade, conexão e biofilia (FARR, 2013).

No caso da definição, o autor se refere a um centro e a limites bem definidos, os quais estimulam a sociabilidade através de uma rede social finita. Isto proporciona o aumento do bem-estar e do capital social, uma vez que uma vizinhança bem definida motiva e incentiva o potencial da região.

Quanto à compacidade, o autor se refere ao aumento da eficácia da sustentabilidade. Não se pode ter urbanismo sustentável em locais de baixa densidade, pois baixos coeficientes de ocupação não suportam transportes públicos de modo eficiente e normalmente não há destinos que possam ser acessados a pé no dia a dia, ou seja, regiões de baixa densidade possuem dificuldade em integrar infraestruturas. Regiões mais compactas são capazes de abrigar de forma mais eficiente uma maior diversidade de bens e serviços, reduzindo impactos ambientais. Por outro lado, uma densidade muito alta sobrecarrega o suporte físico, provoca congestionamentos e pode causar problemas de saúde pública.

Quando à totalidade, o autor se refere à completude (diversidade) dos bairros, ou seja, bairros que incluam uma grande variedade de usos do solo,

tipos de edificações e tipos de moradia, diversidade de bens e serviços ofertados na região e também diversidade da população que habita determinada região.

A conexão ou conectividade representa a integração de transportes e uso de solo, promovendo a caminhada, o uso da bicicleta e da cadeira de rodas pela vizinhança. Além disso, objetiva oferecer transporte público de qualidade para bairros próximos e destinos regionais. Os corredores de transporte público são a espinha dorsal do urbanismo sustentável, pois conectam bairros com distritos e estes com outros destinos regionais.

A biofilia consiste na necessidade do homem de se conectar com a natureza e descreve em que medida os seres humanos necessitam da conexão com a natureza e outras formas de vida. Esse parâmetro pretende fazer essa conexão mesmo em ambientes urbanos mais densos. O urbanismo sustentável deve se comprometer a preservar espécies não humanas localizadas em *habitats* próximos aos assentamentos humanos.

3 INFRAESTRUTURA VERDE

Benedict e McMahon (2006) afirmam que apesar do termo infraestrutura verde ser novo, o conceito teórico já existe há mais de 150 anos, conforme mostrado no item 2.1.

Uma primeira definição de infraestrutura verde foi concebida em 1994, na Flórida, Estados Unidos, quando o termo foi utilizado pela primeira vez em um relatório endereçado ao governo americano sobre estratégias de conservação do meio ambiente. Tal relatório tinha a intenção de refletir sobre a noção de que os sistemas naturais são tão ou até mais importantes que os componentes de uma infraestrutura convencional (ou infraestrutura cinza) para o funcionamento e desenvolvimento de uma comunidade. Da mesma maneira que é importante e necessário planejar uma infraestrutura convencional, a ideia era também planejar uma infraestrutura verde de forma a conservar ou restaurar os sistemas naturais e assim dar visibilidade à importância deste conceito para o desenvolvimento das cidades (FIREHOCK e WALKER, 2015).

Uma segunda definição de infraestrutura verde evoluiu da necessidade de abordar os impactos das águas pluviais urbanas na qualidade da água em resposta à Lei da Água Limpa e às exigências regulatórias relacionadas. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), infraestrutura verde refere-se a sistemas e práticas que usam ou mimetizam processos naturais para infiltração, evapotranspiração (o retorno da água para a atmosfera, quer por evaporação ou por plantas), ou reutilização das águas pluviais ou de escoamento no local onde são geradas. Embora as definições da Comissão de Corredores Verdes da Florida e do Fundo de Conservação enfatizem grandes elementos da paisagem, como parques, áreas naturais, áreas verdes, florestas e áreas agricultáveis, a EPA identifica características de menor escala em contextos urbanos: telhados verdes, árvores, jardins de chuva, e assim por diante, como componentes típicos de

infraestrutura verde.

Rouse e Bunster-Ossa (2013), por sua vez, juntaram as duas definições e as enriqueceram visualizando a infraestrutura urbana através da lente da paisagem, considerando-a como a manifestação física de processos que ligam os ambientes construídos e naturais, com várias funções e produzindo benefícios associados para a saúde e o bem-estar das pessoas e da vida selvagem. Essa perspectiva liga forma física e estética com a função e como tal, não está separada da infraestrutura cinza, mas constitui a base sobre a qual esta existe. Em outras palavras, não há nenhum limite fixo entre os dois. O apagamento das fronteiras obriga a uma abordagem holística e interdisciplinar no planejamento e no projeto de infraestrutura urbana.

A União Europeia (UE), por ser um território densamente povoado com grande parte das terras em uso, a maioria das áreas naturais que existem estão sob pressão e em risco de tornar-se fragmentadas. Isso afeta o funcionamento dos ecossistemas, os quais precisam de espaço para crescer e oferecer seus serviços. Estatísticas recentes da Agência Europeia do Ambiente (AEA) ilustram o quão importante são essas tendências. Cerca de 8.000km² foram cimentados durante os anos 1990, o que representa um aumento de 5% de áreas artificiais em apenas 10 anos. Além disso, 15.000km de novas autoestradas foram construídos na UE entre 1990 e 2003 (UNIÃO EUROPEIA, 2010).

No Brasil, o conceito da "infraestrutura verde" tem sido estudado principalmente por paisagistas e arquitetos urbanistas, juntamente com conceitos como "paisagens multifuncionais", "sistemas de espaços livres", ou ainda "projeto ou desenho ambiental urbano".

Herzog (2013) salienta que a natureza da infraestrutura verde é multidisciplinar e é necessário superpor seis sistemas que estão totalmente conectados, três deles naturais (geológico, biológico e hidrológico) e três deles antrópicos (social, circulatório e metabólico).

Lourenço (2013) esclarece que paisagens multifuncionais são intervenções urbanísticas normalmente associadas a obras de drenagem urbana que preveem mais de um uso para o mesmo local.

Queiroga (2011) afirma que os espaços livres são todos os espaços livres de edificação, ou seja, todos os espaços descobertos, sejam eles urbanos ou não, vegetados ou pavimentados, públicos ou privados. No entanto, o sistema de espaços livres urbanos deve estar inter-relacionado com outros sistemas (de drenagem, de transportes, de proteção), cujas funções podem coincidir ou apenas justapor-se, tecendo relações de conectividade e complementaridade com a preservação, a conservação e a requalificação ambientais, a circulação e a drenagem urbanas, as atividades de lazer, o imaginário, a memória e o convívio social públicos.

Franco (2001) chama a atenção para a necessidade de um projeto (ou desenho) ambiental para incluir o paradigma ecológico na arquitetura da paisagem e vai além, enfatizando a importância de reintroduzir, nas práticas

do planejamento urbano e territorial, o planejamento ambiental preconizado por Frederick Law Olmsted, mencionado no tópico 2.1.

Os tópicos seguintes identificam os principais parâmetros da infraestrutura verde, objeto estudo deste artigo e os compara com os parâmetros do urbanismo sustentável apresentados no tópico 2.2.

3.1 Parâmetros da Infraestrutura Verde

O texto a seguir foi elaborado a partir de Rouse e Bunster-Ossa (2013), que definem seis parâmetros, indicando como a infraestrutura verde pode ser inserida nos serviços e métodos de planejamento e outras profissões já estabelecidas, a saber: multifuncionalidade, conectividade, habitabilidade, resiliência, identidade, retorno do investimento.

A multifuncionalidade caracteriza-se pelos benefícios sociais promovidos pela infraestrutura verde à comunidade. Também chamados de "serviços ecossistêmicos", esses benefícios derivam das múltiplas e sobrepostas funções fornecidas por diferentes sistemas (hidrologia, transporte, energia, e assim por diante), que se cruzam na infraestrutura verde.

A conectividade determina que a infraestrutura verde é mais eficaz na prestação de serviços e benefícios quando é parte de um sistema conectado fisicamente ao longo da paisagem. Por exemplo, um parque que está ligado a outros parques através de uma trilha para caminhada ou para ciclismo serve mais pessoas que um parque circundado por um bairro residencial local.

A habitabilidade focaliza a promoção da saúde de seres humanos e de ecossistemas, promovendo espaço com vida ao ar livre para pessoas, flora e fauna, através da melhoria da qualidade do ar e da água, o aumento da oportunidade para recreação ao ar livre e para o exercício, além da restauração de *habitats* nativos.

A resiliência, definida como a capacidade de se recuperar de uma mudança ou perturbação e de se adaptar às mesmas, é particularmente relevante em um momento em que os ecossistemas naturais e humanos estão experimentando uma instabilidade que inclui os altos preços da energia e os efeitos das mudanças climáticas.

A identidade se refere à promoção do caráter comunitário de um local, que seja agradável para se viver ou visitar. A infraestrutura verde possui potencial para contribuir para a definição visual de um lugar. Uma árvore, por exemplo, pode atuar tanto como um dissipador de carbono quanto para a conservação de energia, através do sombreamento que proporciona.

Finalmente, em uma época de recursos financeiros escassos, o princípio do retorno do investimento leva planejadores, gestores e projetistas a demonstrar como a infraestrutura verde pode reduzir custos e produzir resultados financeiros positivos para governos, instituições, negócios e cidadãos. Infraestruturas verdes podem ser um catalisador para o desenvolvimento econômico da região, para a diminuição do consumo de

energia e para a redução de custos de infraestrutura cinza.

4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS PRINCÍPIOS DO URBANISMO SUSTENTÁVEL E DA INFRAESTRUTURA VERDE

A definição adotada neste artigo considera a infraestrutura verde como uma rede ecológica urbana que, associada à infraestrutura urbana, auxilia o projeto paisagístico e o projeto urbano a reestruturar a paisagem e mimetizar os processos naturais a fim de manter ou restaurar as funções do ecossistema urbano, oferecendo serviços ecossistêmicos ao local.

Tendo em vista os conceitos apresentados nos tópicos 2 e 3, é feita uma análise comparativa dos principais parâmetros descritos.

A "definição" e a "identidade" são parâmetros complementares. O primeiro aponta para a necessidade de se definir um tamanho para uma vizinhança, após ser realizado um diagnóstico territorial. Contudo, destaca-se que a vizinhança (ou bairro) deve ter uma centralidade e limites definidos. O segundo parâmetro salienta que é fundamental que as espécies vegetais e o projeto da paisagem acoplada à infraestrutura urbana promovam o sentido de lugar. Tal sentido de lugar é aplicável a um determinado tamanho de espaço que pode corresponder à vizinhança (ou bairro).

A "compacidade" e a "habitabilidade" são parâmetros complementares, uma vez que a definição de densidades ótimas permitirá que a água, o ar e o solo tenham qualidade suficiente de modo a promover espaços habitáveis pelos seres humanos, flora e fauna.

A "totalidade" e a "multifuncionalidade" são parâmetros complementares. Enquanto o primeiro enfatiza a importância da adoção de diferentes usos do solo, de tipos de habitação e de população, o segundo salienta a importância da adoção de diferentes funções para uma mesma paisagem, o que confirma a necessidade da integração entre diferentes sistemas.

O termo "conectividade" é comum ao urbanismo sustentável e à infraestrutura verde. A conectividade do primeiro refere-se à integração entre transporte e uso do solo, papel exercido pelos elementos da paisagem, no caso da infraestrutura verde. Nesse caso, os elementos do sistema de transportes e os elementos de infraestrutura verde podem, em uma mesma intervenção urbana, contribuir para o urbanismo sustentável.

A "biofilia" e a "resiliência" são parâmetros complementares, uma vez que a adoção de elementos de infraestrutura verde contribuem tanto para a capacidade de recuperação de um ambiente urbano frente a mudanças quanto para aproximar o homem da natureza, beneficiando sua saúde mental e anímica.

Finalmente, acredita-se que o "retorno do investimento" pode ser obtido através da adoção tanto dos parâmetros de urbanismo sustentável quanto dos parâmetros de infraestrutura verde, uma vez que todos podem contribuir para qualificar o espaço urbano.

O Quadro 1 sintetiza o que foi exposto, de modo a tornar mais clara a análise comparativa realizada.

Quadro 1 – Análise comparativa dos parâmetros da infraestrutura verde e do urbanismo sustentável

Urbanismo Sustentável (FARR, 2013)	Descrição	**Infraestrutura Verde** (ROUSE e BUNSTER-OSSA, 2013)	Descrição
Definição	Tamanho, centro e limites da vizinhança.	Identidade	Sentido de lugar, possível nos limites da vizinhança.
Compacidade	Densidade ótima.	Habitabilidade	Espaço habitável para todos os seres vivos, através da melhoria da qualidade do ar, da água, do solo.
Totalidade	Diversidade de usos do solo, de tipos de habitação, de população.	Multifuncionalidade	Diversidade de funções para uma mesma paisagem: hidrologia, transportes, energia, recreação.
Conectividade	Transportes e Uso do Solo.	Conectividade	Ligações físicas e funcionais entre os elementos da paisagem natural e as escalas territoriais.
Biofilia	Filiação do homem à natureza, benefícios trazidos pelos serviços ecossistêmicos.	Resiliência	Capacidade de se recuperar após uma perturbação.
		Retorno do Investimento	Geração de valor para as áreas urbanas

Fonte: Os autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi a de clarificar o conceito de infraestrutura verde. Nesse sentido, foram levantados os autores que vem se debruçando sobre esse e outros conceitos correlatos e optou-se por comparar os parâmetros de infraestrutura verde com os de urbanismo sustentável, uma vez que ambos os conceitos buscam a sustentabilidade urbana.

Os parâmetros da infraestrutura verde mostrados neste artigo reforçam a necessidade da adoção de soluções integradas no planejamento e no projeto das áreas urbanas, em suas diferentes escalas.

Este trabalho não esgotou a busca por melhores definições e parâmetros, mas buscou iniciar uma discussão sobre os mesmos, questionando a relação da infraestrutura verde com outros conceitos que relacionam o ambiente construído com o ambiente natural e que podem contribuir para a melhoria dos projetos de infraestrutura urbana.

A continuação da pesquisa buscará aprofundar e materializar os conceitos apresentados neste artigo, incluindo a discussão da dimensão social associada à dimensão ambiental.

REFERÊNCIAS

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities**. Washington, D.C.: Island Press, 2006.

FARR, D. **Urbanismo Sustentável: Desenho Urbano com a Natureza**. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FIREHOCK, K; WALKER, A. Strategic Green Infrastructure Planning: a Multi-Scale Approach. Wasington: Island Press, 2015.

FRANCO, M.A.R. **Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável**. São Paulo, Annablume, FAPESP, 2001.

HERZOG, C. P. **Cidade para todos: (re)aprendendo a conviver com a natureza**. 1 ed. Rio de Janeiro: Mauad X; Inverde, 2013.

LOURENÇO, I.B. **Rio Urbanos e Paisagens Multifuncionais: O Projeto Paisagístico na Requalificação Urbana e Ambiental**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura Paisagística, FAU/UFRJ, 2013.

MCHARG, I. L. **Design with Nature**. New York: The Natural History Press, 1969.

QUEIROGA, E.F. Sistemas de Espaços Livres e Esfera Pública em Metrópoloes Brasileiras. In: **RESGATE. Revista Interdisciplinar de Cultura.** vol. XIX, nº21, pp. 25-35. Campinas: UNICAMP, jan/jun 2011.

ROUSE, D.C.; BUNSTER-OSSA, I. F. **Green Infrastructure: A Landscape Approach**. Report Number 571. Chicago: Planning Advisory Service. American Planning Association, 2013.

SILVA, G.J.A.; ROMERO, M.A.B. Novos Paradigmas do Urbanismo Sustentável no Brasil: Revisão de Conceitos Urbanos para o Século XXI". In: **PLURIS 2010: 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**. Universidade do Algarve, Faro, Portugal, 2010.

UNIÃO EUROPEIA. **Green Infrastructure**. Eurpean Comission. Nature, 2010. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm. Acesso em 15 de abril de 2015.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision**. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (ST/ESA/SER.A/366). New York, 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O IMPACTO DA OPERAÇÃO URBANA CONSORCIADA ÁGUA ESPRAIADA NA IMPLANTAÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL[1]

CASTRO, Laura R. (1); PINA, Silvia Mikami G. (2)

(1) UNICAMP, e-mail: laura.rocha.castro@gmail.com; (2) UNICAMP, e-mail: silviaunicamp@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho analisa a utilização do instrumento operação urbana consorciada na implantação de habitação de interesse social. No município de São Paulo, as Operações Urbanas Consorciadas se constituem em instrumento urbanístico utilizado anteriormente à aprovação do Estatuto da Cidade em julho de 2001. Trata-se de um instrumento que possibilita a aquisição de potencial adicional de construção pelo empreendedor privado, o qual em contrapartida adquire Certificado de Potencial Adicional de Construção em leilões realizados na Bolsa de Valores do Município de São Paulo, antecipando recursos ao município. O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto deste instrumento no que diz respeito às melhorias sociais e ao programa de atendimento econômico e social para a população diretamente afetada pela operação urbana consorciada, com foco na implantação da Habitação de Interesse Social. Para tanto, realiza-se uma análise a partir de um estudo de caso na cidade de São Paulo: a operação urbana consorciada Água Espraiada, considerando a relação entre os dados de arrecadação e a implantação de habitação social, bem como a quantidade de famílias atendidas. Os resultados apontam para um efeito pouco expressivo e ainda singelo das Operações Urbanas no sentido da apropriação de um legítimo direito à cidade.

Palavras-chave: Operação Urbana Consorciada. Habitação de Interesse Social. Certificado de Potencial Adicional de Construção.

ABSTRACT

In the city of São Paulo, the Urban Operation Consortium constitutes an urban device used previously the approval of the City Statute in July of 2001. This is an instrument that enables the acquisition of potential additional construction by the private developer, which on the other hand acquires Potential Certificate of Additional Construction at auctions held on the stock exchange of São Paulo. Achieving these auctions enables the municipality to advance funds, which must necessarily be used for the deployment of interventions program in the demarcated perimeter for joint urban operation. The goal of this study is to evaluate the impact of this instrument with regard to social improvements and the economic and social care program for the population directly affected by urban operation, focusing on the implementation of the Social Housing. For this purpose, an analysis from a case study in the city of Sao Paulo was held: the consortium urban operation of Água Espraiada, considering the relationship between the tax revenues and the implementation of social housing as well as the number of families served. The results point to little effect and even not expressive of Urban Operations towards the appropriation of a legitimate right of the city. At the same time, it refers to the need for changes in the application of the instrument as priorities,

[1] CASTRO, Laura R.; PINA, Silvia Mikami G. O impacto da operação urbana consorciada água espraiada na implantação de habitação social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

including greater attention on building urban infrastructure and real possibilities for maintaining the population despite the real estate values in the region.

***Keywords**: Urban Operation. Housing Social. Potential Certificate of Additional Construction.*

1 INTRODUÇÃO

O desafio da remodelação urbana é fornecer subsídios para políticas públicas mais efetivas, estimulando o processo contínuo de reconstrução de novas bases espaciais de produção seja por meio da substituição, renovação ou ruptura das estruturas preexistentes. Frente a tal demanda, o instrumento urbanístico Operação Urbana Consorciada – OUC vem sendo cada vez mais aplicado nas capitais brasileiras, fundamentando-se em quatro matrizes simultâneas presentes nas cidades brasileiras: (a) a falta de recursos públicos para a realização de investimentos na transformação urbanística; (b) a convicção que o controle do potencial construtivo é uma grande contrapartida que o poder público pode contar para participar na operação; (c) a certeza de que os investimentos públicos geram valorização imobiliária que pode ser captada pelo poder público e (d) críticas recorrentes às tradicionais estratégias de controle de uso e ocupação do solo pela sua polêmica capacidade em promover resedenhos efetivos e de identificar singularidades das localidades.

Neste sentido, o objetivo da Operação Urbana Consorciada na perspectiva da política urbana deveria ser, em tese, a realização de parcerias público-privada previstas no Estatuto da Cidade para a transformação estrutural de um setor específico da cidade por meio da implantação de um projeto urbano. De forma geral, contudo, a prática e aplicação do instrumento Operação Urbana nas experiências brasileiras, em mais de duas décadas, apresentam uma aparente contradição ao buscar o cumprimento da função social da propriedade, do interesse coletivo e da redução das desigualdades sociais a partir da valorização do solo urbano e da propriedade privada (PESSOA e BÓGUS, 2008). Contrariamente à orientação da Constituição Federal (artigos 182 e 183) e do Estatuto da Cidade, os ganhos para a sociedade e para a qualidade do ambiente construído são ainda pouco expressivos (FIX, 2009; ALVIN et al, 2011). Os projetos de renovação urbana parecem atender, em sua maioria, os interesses privados e especulativos do mercado imobiliário, fundiário e financeiro, em detrimento da população que tem sido expulsa para os anéis mais periféricos da cidade. Esta situação parece agravar-se quando se passa a justificar o emprego do instrumento pela produção de Habitação de Interesse Social que ela pode realizar.

O objetivo geral deste artigo é avaliar o impacto do instrumento urbanístico Operação Urbana Consorciada no município de São Paulo no que diz respeito às melhorias sociais e ao programa de atendimento econômico e social para a população diretamente afetada pela operação urbana, com foco na implantação da Habitação de Interesse Social-HIS, tendo como estudo de caso a Operação Urbana Consorciada Água Espraiada.

2 OPERAÇÃO URBANA ÁGUA ESPRAIADA E HABITAÇÃO SOCIAL

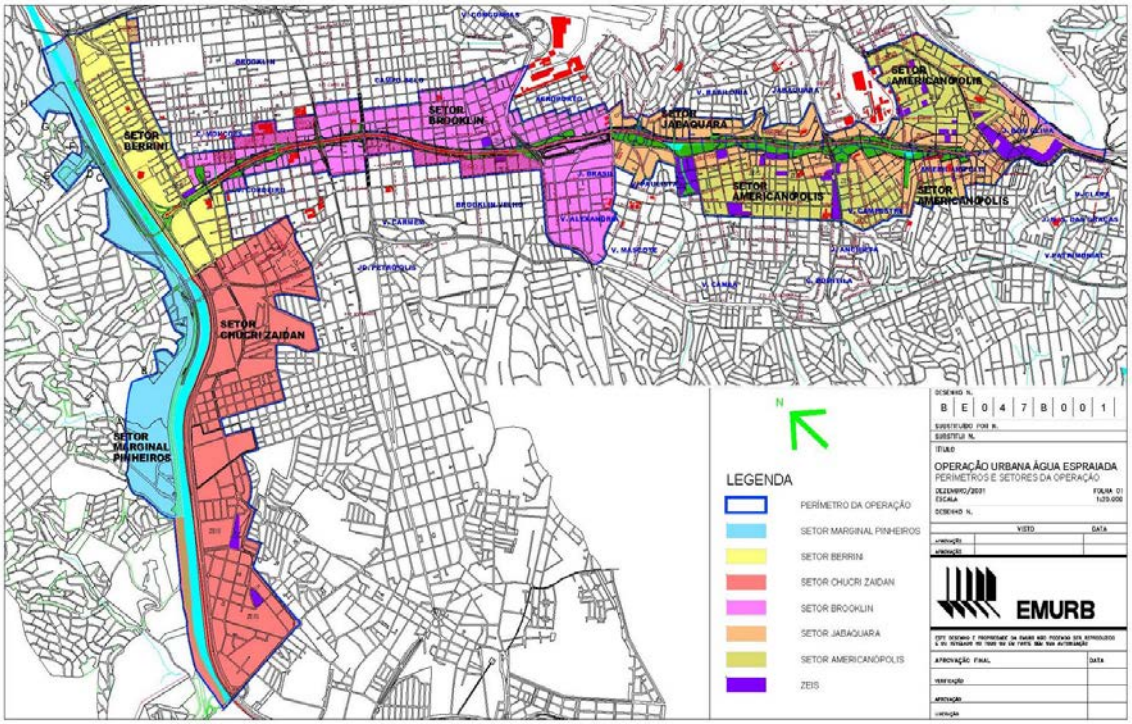
Na gestão da prefeita Luiza Erundina (1989-1992), existia um projeto para a construção de uma avenida sobre o córrego Água Espraiada, criando assim uma frente de expansão urbana (MALERONKA, 2010). Com a atuação do agente incorporador na região, a partir da compra de direitos de construção acima do permitido no zoneamento, o poder público arrecadaria os recursos necessários para a realocação de famílias residentes nas favelas do local, bem como a execução de obras de macrodrenagem. Contudo, o projeto de lei para tal obra não foi aprovado devido à grande extensão de desapropriação proposta. Mas, as obras para a implantação da avenida já haviam sido iniciadas na gestão anterior (Jânio Quadros) e, por falta de recursos estavam paralisadas. A abertura da avenida era legalmente justificada pela lei municipal nº 10.443/88, a qual alterava a lei n. 6.591/64, onde foi aprovado o primeiro plano de abertura da Avenida Água Espraiada, atual Avenida Jornalista Roberto Marinho.

Na gestão seguinte, do prefeito Paulo Maluf (1993-1996), o projeto desta operação urbana foi retomado, porém com o nome de "Via expressa e Operação Urbana Água Espraiada", enfatizando a obra viária, a qual foi concluída no trecho da Avenida Marginal Pinheiros até a Avenida Lino de Moraes Leme entre 1995 e 1996. A população residente nas favelas da região de intervenção foi retirada sem uma solução adequada, levando várias famílias a se deslocar para a região sul, às margens da represa Billings, na área de mananciais. Devido ao considerável número de moradores que se transferiram da favela Jardim Edite, localizada na Avenida Luís Carlos Berrini, uma dessas ocupações residenciais irregulares foi denominada de Jardim Edite 2 (FIX ,2009).

A OUC Água Espraiada foi aprovada em 2001, por meio da Lei nº 13.260, de 28 de dezembro de 2001, sendo a primeira no país a utilizar os Certificados de Potencial Adicional de Construção – CEPAC, os quais consistem em títulos imobiliários negociados na Bolsa de Valores de São Paulo. Ela foi inserida no Plano Diretor Estratégico do Município São Paulo (Lei no 13.430/2002) e regulamentada pelo Decreto Municipal no 44.845/2004. Além disso, passou por um processo de licenciamento ambiental que resultou na emissão da Licença Ambiental Prévia aprovada (LAP no 17/SVMA.G/2003).

O perímetro da OUC Água Espraiada está localizado na região sudoeste do município de São Paulo e dividido em seis setores conforme se pode observar na figura 1. Em 2001, a complementação desta infraestrutura viária foi o principal argumento para a instituição da Operação Urbana Consorciada Água Espraiada, somada à proposta de adensamento construtivo ao longo do eixo viário. Ao observar o conjunto de intervenções, identifica-se um número maior de intervenções viárias, justificadas como obras estruturais necessárias para o desenvolvimento da região, em detrimento da prioridade social.

Figura 1- Perímetro da Operação Urbana Consorciada Água Espraiada, dividido em setores.



Fonte: SP-URBANISMO (2015)

Assim, a lei foi aprovada durante a gestão da petista Marta Suplicy, que se valeu da implantação de habitações de interesse social em seu perímetro como justificativa para a aprovação da lei da OUCAE. Quando começaram os leilões de CEPACs para a arrecadação de recursos, inicio da gestão Serra-Kassab, alterou-se a prioridade das intervenções e dos próprios objetivos da operação urbana. Este redirecionamento provocou protestos dos moradores das áreas de habitações precárias em maio de 2008, data da inauguração da ponte estaiada. Conforme discutido por Fix (2009):

> A ponte é a materialidade e, ao mesmo tempo, expressão simbólica da realidade urbana que se aprofundou e consolidou nesse período, cindida entre uma "nova cidade" para poucos – que concentra investimentos públicos e privados, cresce em metros quadrados construídos, mas perde população – e uma imensa periferia, com índices explosivos de crescimento populacional (FIX, 2009, p.45).

No programa de intervenções, a provisão de habitações de interesse social para o reassentamento definitivo da população foi relegada para segundo plano devido a priorização das intervenções viárias e, portanto, de utilização de recursos para este fim. A implantação das intervenções viárias em detrimento das demais é decorrente exclusivo do atendimento da demanda de infraestrutura viária como atrativo para novos empreendimentos e, consequentemente, maior atuação das incorporadoras na criação do eixo Faria Lima-Berrini-Água Espraiada. Como resultado desta política de

desenvolvimento urbano priorizando o viário identifica-se a maior produção de edifícios residenciais e comerciais voltados ao atendimento da demanda de alto padrão, priorizando a utilização do transporte individual e acarretando extensos congestionamentos. Assim, o que vem ocorrendo na prática é a implantação das intervenções planejadas na região de interesse imobiliário, de forma que se verifica que 90% dos R$ 652 milhões foram investidos concentradamente em obras viárias (CEF, 2015).

Os dados referentes às intervenções viárias da OUCAE, apresentados na Tabela 1, apresentam a utilização de R$ 1.315.351.316,23 de recursos provenientes de CEPACS, valor atestado pela Caixa Econômica Federal até março de 2015, último período em que os dados foram disponibilizados ao público. Contudo, a obra que requisitou o maior montante até o momento, correspondente a R$ 229.679.423,86, foi a ponte estaiada Octávio Frias de Oliveira, valor este superior aos R$165 milhões iniciais previstos, conforme dado apresentado em 01/10/2003, momento da licitação da ponte.

Tabela 1 – Intervenções e recursos

Intervenção - Viária	**Total Atestado até o trimestre anterior**	**Total Atestado no Trimestre (01/01/15 a 31/03/15)**	**Total Atestado pela CAIXA (R$)**
Ponte Estaiada sobre Rio Pinheiros (Ponte Octávio F. Oliveira)	R$ 229.679.423,86	R$ 0,00	R$ 229.679.423,86 (**17,50%)**
Remanejamento linhas de alta tensão, Implantação da alça acesso Morumbi	R$ 83.675.899,06	R$ 0,00	R$ 83.675.899,06 (6,50%)
Apoio ao Gerenciamento, Fiscalização, Supervisão e Controle Tecn. - Ponte Estaiada (Concremat - FAT)	R$ 1.614.069,25	R$ 0,00	R$ 1.614.069,25 (0,10%)
Apoio ao Gerenciamento, Fiscalização, Supervisão e Controle Tecn. – Ponte Estaiada (Falcão Bauer - Ductor)	R$ 4.330.300,41	R$ 0,00	R$ 4.330.300,41 (0,30%)
Projeto Básico Alça de Acesso Morumbi, Complexo Viário Real Parque	R$ 28.300,00	R$ 0,00	R$ 28.300,00 (0,0%)
Projetos executivos Túneis prolongamento da Av. Jorn. Roberto Marinho até Rod. Imigrantes	R$ 40.208.775,72	R$ 0,00	R$ 40.208.775,72 (3,05%)
Desapropriações - Implantação Via Parque	R$ 185.719.957,12	R$ 21.033.004,06	R$ 206.752.961,18 (15,70%)
Desapropriações - Prolongamento Av. Chucri Zaidan	R$ 468.749.722,88	R$ 76.097.934,20	R$ 544.847.657,08 (**41,40%)**
Obras e serviços para execução prolongamento Avenida Roberto Marinho - Lote 1	R$ 73.952.484,87	R$ 4.051.275,19	R$ 78.003.760,06 (5,90%)
Obras e serviços para execução prolongamento Avenida Roberto Marinho - Lote 2	R$ 15.163.067,28	R$ 0,00	R$ 15.163.067,28 (1,15%)

Intervenção - Viária	Total Atestado até o trimestre anterior	Total Atestado no Trimestre (01/01/15 a 31/03/15)	Total Atestado pela CAIXA (R$)
Obras e serviços para execução prolongamento Avenida Roberto Marinho - Lote 3	R$ 14.972.526,59	R$ 0,00	R$ 14.972.526,59 (1,10%)
Obras e serviços para execução prolongamento da Avenida Roberto Marinho - Lote 4	R$ 14.646.533,63	R$ 0,00	R$ 14.646.533,63 (1,10%)
Execução Av. Chucri Zaidan e Complexo Burle Marx	R$ 49.273.560,99	R$ 32.154.481,12	R$ 81.428.042,11 (6,20%)
Total Acumulado	R$ 1.182.014.621,66	R$ 133.336.694,57	R$ 1.315.351.316,23 (100%)

Fonte: elaboração própria a partir de Relatório Trimestral da Caixa Econômica Federal, 2015.

Ao analisar os dados do Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) da OUC Água Espraiada elaborado em 2003, verifica-se uma demanda habitacional de 8.500 famílias moradoras de favelas no perímetro da OUC. Conforme determinado em legislação, as mesmas deveriam ser realocadas dentro do perímetro da OUC, de forma que estavam previstos 24 perímetros de ZEIS, concentrados principalmente no Setor Jabaquara, afetado por estes projetos. O segundo EIA/RIMA elaborado em 2009, identificou que para a execução das intervenções, ampliação da Av. Roberto Marinho, Túnel e Parque Linear haveria a necessidade de desapropriação de 8.194 imóveis, destes 1.104 formais e 7.090 imóveis informais de 14 núcleos de favelas, ou seja, a totalidade de favelas existentes na área. Estas áreas são identificadas como: Alba (700 imóveis), Americanópolis (50), Babilônia (650), Beira Rio (540), Fonte São Bento (250), Guian Corruíras (600), Henrique Mindlin (750), Imigrantes I (236), Muzambinho (300), Rocinha Paulistana (814), Taquaritiba (1.000), Vietnã (1.200). A maior parte dos imóveis informais desapropriados estava localizada na área prevista para a implantação do parque linear, sendo 6.040 imóveis (OBSERVATÓRIO DAS REMOÇÕES, 2012).

Inicialmente, foram cadastradas as famílias da favela Jardim Edite e da favela Minas Gerais, as quais já foram reassentadas em três conjuntos habitacionais: Jardim Edite, Estevão Baião e Corruíras, os quais totalizam 793 unidades habitacionais, que representa somente 10% da demanda de atendimento prevista no EIA/RIMA de 2003, além da utilização de cerca de 10% dos recursos arrecadados, conforme apontam os dados apresentados na 36° Reunião do Conselho Gestor da OUCAE (tabela 1). A atuação das lideranças resistentes na região, com destaque para a do Jardim Edite, levou à intervenção da defensoria pública neste processo visando o pleno atendimento das famílias.

As áreas de intervenção de HIS no setor Jabaquara até o momento não teve o interesse das incorporadoras para aquisição de estoques e CEPACs, expressando a falta de interesse do mercado imobiliário, ou seja, os setores em que houve maior consumo de estoque foram aqueles priorizados para a

implantação de intervenções importantes para a consolidação do corredor especulativo Faria Lima-Berrini-Roberto Marinho-Marginal Pinheiros. No ano de 2011, a Secretaria Municipal de Habitação contratou o cadastro dos imóveis e famílias diretamente beneficiadas, cujos dados são apresentados na tabela 2, a qual totaliza 6.755 imóveis, 6.337 famílias e 17.703 pessoas. As áreas com maior contingente populacional correspondiam a: Vietnã (2.722), Souza Dantas (1.996), Rochinha Paulista (1.922) e no outro extremo com menor contingente: Arco Verde (49) e Americanópolis (136).

Tabela 2 – Áreas diretamente beneficiadas, cadastro SEHAB, 2011

Áreas Diretas	Total de Imóveis (Residencial e Não Residencial)	Total de Famílias	Total de Pessoas
Rochinha Paulistana	1.150	1.108	1.922
Arco Verde	19	18	49
Beira Rio	672	640	1644
Alba	622	578	1557
Souza Dantas	733	653	1996
Nova Minas Gerais	231	230	753
Henrique Mindlin	410	360	1.196
Taquaritiba	615	557	1.688
Babilônia	419	385	1.082
Paraguai	90	98	347
Vietnã	949	873	2722
Guian Corruíras	239	227	735
Ponte Fonte São Bento	123	130	418
Imigrantes	240	249	809
Muzambinho	201	190	649
Americanópolis	42	41	136
Total Geral	6.755	6.337	17.703

Fonte: OUCAE - Relatório Executivo Áreas Diretamente Beneficiadas, 2011.

Este total de unidades corresponde a apenas 10% da demanda de atendimento prevista no EIA/RIMA de 2003, além da utilização de cerca de 10% dos recursos arrecadados, conforme apontam os dados apresentados na 37° Reunião do Conselho Gestor da OUCAE.

De acordo com dados apresentados na 37° reunião do Conselho Gestor da OUCAE referentes a junho de 2015, eram quatro obras em andamento totalizando 738 unidades habitacionais (HIS 3, HIS 18, HIS 46 e Estevão Baião). Cinco áreas, correspondentes ao atendimento do CDHU, com projetos já aprovados na Secretaria de Licenciamento – SEL, Jabaquara B, C, D, E e F, totalizando 2.228 unidades habitacionais. Destaca-se que todos os empreendimentos estão projetados para o setor Jabaquara.

As unidades habitacionais de responsabilidade da COHAB totalizam 4.083 e estão agrupadas em dois blocos. Estas unidades serão produzidas por meio do Programa Minha Casa Minha Vida, utilizando recursos da Caixa Econômica Federal (R$76 mil) e do Programa Casa Paulista (R$20 mil), sendo que este último visa disponibilizar recursos, para que sejam elaborados projetos diferenciados do ponto de vista arquitetônico, assim como os projetos já implantados.

Tabela 3 – Estimativa total de unidades habitacionais OUCAE, 2015.

Estimativa total habitações OUCAE			**Total**
Empreendimento	**Situação**	**UH**	
Roma – Lotes 1 a 4			
HIS 3 – OAS/Cetenco	andamento - finalização	74	1.034
HIS 18 – OAS/Cetenco	andamento - finalização	102	
HIS 46 – OAS/Cetenco	andamento - fundações	262	
HIS 44 – OAS/Cetenco	Projeto – UH estimado	528	
Casimiro de Abreu	Projeto – UH estimado	124	
HIS 32 - Odebrecht	Obra paralisada	24	
HIS 42 – Queiroz Galvão	Obra paralisada	44	
SEHAB			
Jardim Edite 2	Projeto	68	368
Estevão Baião	Em andamento	300	
SEHAB/ COHAB - MCMV			
Agrupamento 1 – Construtora RGA	Projeto – UH estimado	2.045	4.083
Agrupamento 2 – Construtora Cury	Projeto – UH estimado	2.038	
CDHU			
Jabaquara B	Projeto em aprovação – PMSP/SEL	101	2.228
Jabaquara C	Projeto em aprovação – PMSP/SEL	148	
Jabaquara D	Projeto em aprovação – PMSP/SEL	93	
Jabaquara E	Projeto aprovado – PMSP/SEL	50	
Jabaquara F	Projeto aprovado – PMSP/SEL	54	
Campo Belo A B	Projeto em aprovação – PMSP/SEL	324	
Campo Belo C	Projeto em aprovação – PMSP/SEL	108	
Sacomã E	Projeto em aprovação – PMSP/SEL	350	
Empreendimentos	Áreas 60, 61, 62, 64, 65 e 66:	1.000	

Estimativa total habitações OUCAE			Total
Empreendimento	**Situação**	**UH**	
OUCAE	em desapropriação		
Áreas remanescentes – Via Parque Áreas 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58 e 59	A desapropriar	1.538	1.538
Total Geral de HIS Estimado		9.251 (sendo 168 UH demanda Jd. Edite e 9.083 UH demanda via parque)	

Fonte: 37° Reunião do Grupo Gestor da OUCAE junho de 2015

3 CONCLUSÕES

A criação da operação urbana consorciada em si, um dos instrumentos previstos no Estatuto da Cidade como resultado da luta pela reforma urbana e dos movimentos sociais, que deveria promover os direitos supracitados, tem contribuído na prática para a exclusão social. Embora a luta da população desta área suscite esperança, ela também reflete a necessidade de séria revisão do próprio instrumento no sentido que a maioria da população envolvida tenha seus direitos garantidos e reconhecidos, sem necessidade de recursos judiciais adicionais. Ao considerar o processo das operações urbanas Faria Lima e Água Espraiada, depara-se com uma utilização do instrumento OUC em seu viés mais perverso, contribuindo para um processo de gentrificação e de expulsão. A morosidade do atendimento e no deslocamento involuntário da população para outras áreas e ao mesmo tempo na priorização de intervenções viária, foram ações que favoreceram especialmente o mercado imobiliário atuante no perímetro definido para a OUCAE.

Por outro lado, os três conjuntos habitacionais já implantados nesta área da tornaram-se referências na produção de habitação social, tendo reconhecida sua qualidade, mesmo após tanta demora.

No Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (lei n. 16.050/2014), foi definido que as novas operações urbanas consorciadas devem prever que no mínimo 25% dos recursos arrecadados sejam utilizados para a implantação de habitação de interesse social, acenando para um aprimoramento do instrumento. A determinação em lei deste percentual mínimo é fato muito importante, visto que nas primeiras operações urbanas implantadas previa-se a utilização de um percentual de apenas 5% para este fim.

Especificamente para o caso da OUCAE, pode afirmar que o impacto na construção de HIS foi irrisório mediante a grandiosidade das vantagens adquiridas pelo empreendedor privado e dos altos recursos destinados para as obras viárias. Do total de recursos gastos até junho de 2015, apenas 10% do total foi utilizado na implantação de HIS, resultando em meras 867 unidades habitacionais, diante da demanda de 10.000 pessoas que resistiram e permaneceram na área, ou pior ainda se considerar as 15.000 famílias que residiam no perímetro no início do processo.

A própria inserção de empreendimentos de HIS, de arquitetura diferenciada, que deveria ser visto como um direito a habitação digna também pode ser identificado como mais um instrumento de pressão, desta vez da permanência, pois vários moradores destes conjuntos, em especial do Jardim Edite, recebem ofertas para vender seus imóveis às pessoas da classe média que trabalha na região. Junte-se a esta pressão o alto custo de vida da região, que leva os moradores do Jardim Edite, por exemplo, a deslocar-se para outros locais para efetuar suas compras.

A análise dos dados apresentados permite ponderar alguns aspectos importantes deste processo. Inicialmente, salienta-se a presença lideranças das comunidades inseridas na região que, obstinadas, fizeram a diferença e, principalmente, possibilitou que por meio de uma ação judicial, os residentes permanecessem na área-perímetro da operação urbana, conforme determinado pela lei da operação urbana e Estatuto da Cidade. A necessidade de se buscar apoio jurídico, quando o direito a moradia digna, a função social da propriedade e o direito a cidade são direitos que deveriam ser garantidos a todos os cidadãos, é um aspecto que evidencia o grau dos conflitos urbanos.

Parece evidente que se trata de um instrumento urbanístico que vem sendo utilizado, até o momento, para atendimento a demanda do mercado imobiliário favorecendo de forma desequilibrada a iniciativa privada, resultando em valorização do perímetro de abrangência, exclusão de população de vulnerável, que deveria prioritariamente ter atendimento econômico social e esvaziamento populacional da área. O Poder Público deveria regular este o processo, concentrando esforços para atendimento da população vulnerável e não ao mercado imobiliário, que se constitui neste processo como o lado mais forte.

Para que este instrumento realmente se efetive e possa ser utilizada para atendimento a demanda habitacional da população de 0 a 3 salários é necessário: a) a priorização de atendimento a esta demanda e b) a reserva e utilização de recursos proveniente dos primeiros leilões de CEPACs para este atendimento e, se possível, vincular os demais gastos à efetivação da construção das moradias. Recomenda-se, ainda, a compra de terrenos logo no início da operação urbana, antes que a área se valorize, de forma que o custo para implantação destes projetos seja menor e possibilite o atendimento ao maior número de famílias. A implantação de empreendimentos habitacionais deve ser acompanhada de equipamentos públicos, para atendimento da demanda de saúde, educação, lazer e cultura, com especial atenção para com a viabilidade de comércio e serviços acessíveis a esta população, para que realmente se efetive sua permanência.

Finalmente, a implantação de operações urbanas consorciadas no município de São Paulo tem sido referência e modelo para outras cidades, assim, a intensificação da discussão e a participação constante da sociedade civil podem contribuir ainda mais para o seu aprimoramento.

REFERÊNCIAS

ALVIM, A. A. T. B.; ABASCAL, E. H. S. e MORAES, L. G. S. Projeto urbano e operação urbana consorciada em São Paulo: limites, desafios e perspectivas. **Cadernos Metrópole**. São Paulo, v. 13, n. 25, pp. 213-233, jan/jun 2011.

BÓGUS, L. M.M. e PASTERNAK, S. (ed). **São Paulo: transformações na ordem urbana.** Coleção Metrópoles: território, exclusão social e governança democrática. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL- CEF **Relatório Trimestral** da Caixa Econônica Federal, 2015. Disponível em: http://sistemas.cvm.gov.br/dados/cepac/INFPEREVENT/RJ-2004-02403/20150930_Relat%C3%B3rio_de_despesas_2015_3%C2%BA_trimestre.pdf

FIX, M. Uma Ponte para a especulação ou a arte da renda na montagem de uma "cidade global". **Cadernos CRH**, Salvador. V.22, n.55, p.41-64, Jan/Abr. 2009.

MALERONKA, C. Projeto e gestão na metrópole contemporânea um estudo sobre as potencialidades do instrumento "operação urbana consorciada" à luz da experiência paulistana. **Tese** (Doutorado – Área de concentração: História e Fundamentos da Arquitetura e Urbanismo) – FAUUSP – São Paulo, 2010.

SÃO PAULO, PREFEITURA DO MUNICIPÍO Operação Urbana Consorciada Água Espraiada. **Relatório** Executivo das Áreas Diretamente Beneficiadas, 2011. Disp. em: http://www.habisp.inf.br/theke/documentos/operacao_urbana_consorciada_agua_espraiada/relatorios/oucae_relatorio_executivo_areas_diretamente_beneficiadas.pdf: acesso em 05/04/2014.

SÃO PAULO, PREFEITURA DO MUNICIPÍO- LAP **Licença** ambiental prévia nº 17/SVMA.G/2003, disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/resolucao%20155%20aprova%20parecer%20%2055%20cades13%20%20chucri%20zaidan.pdf . acesso em 12/10/2015.

Legislação:
BRASIL Lei 10.257 de 10 de julho de 2001: Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional. 2001

SÃO PAULO, PREFEITURA DO MUNICIPÍO LEI Nº 13.260 de 28 de dezembro de 2001: Estabelece diretrizes urbanísticas para a área de influência da atual Avenida Água Espraiada. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2001.

SÃO PAULO, PREFEITURA DO MUNICIPÍO Lei 13.430 de 13 de setembro de 2002: Institui o Plano Diretor Estratégico e o Sistema de Planejamento e Gestão do Desenvolvimento Urbano do Município de São Paulo. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2002.

SÃO PAULO, PREFEITURA DO MUNICIPÍO DECRETO Nº 44.845, de 14 de junho de 2004: Regulamenta a Lei nº 13.260, de 28 de dezembro de 2001, que aprovou a Operação Urbana Consorciada Água Espraiada, no que se refere aos aspectos urbanísticos e aos procedimentos a serem aplicados aos empreendimentos que fizerem uso dos benefícios nela previstos. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2004.

SÃO PAULO, PREFEITURA DO MUNICIPÍO Lei nº 10.443, de 4 de março de 1988: Modifica parcialmente o plano de melhoramentos aprovado pela Lei nº 6.591, de 5 de novembro de 1964, no 30º subdistrito - Ibirapuera, e da outras providencias. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 1988.

SÃO PAULO, PREFEITURA DO MUNICIPÍO Lei nº 6.591, de 5 de novembro de 1964: Aprova plano de abertura de avenida, e dá outras providências. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 1964.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O IBIS-FRS SYSTEM NOS PROGRAMAS DE URBANIZAÇÃO DE FAVELAS. O ESTUDO DE CASO DE PARAISÓPOLIS[1]

SARNO, Francesca (1); ABIKO, Alex Kenya (2)

(1) Sapienza University of Rome, e-mail: francesca.sarno@uniroma1.it;
(2) USP, e-mail: alex.abiko@poli.usp.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é relacionar métodos de avaliação de um conjunto da SEHAB (Condomínio D) na favela de Paraisópolis e das casas de Centro Brejo (Paraisópolis) com métodos de análise de dados. Para fazer isso, foram aplicados dois métodos científicos: Avaliação Pós-Ocupação e Lógica Fuzzy. Por meio da Fuzzy, especificamente do Issue-Based Information Systems e Fuzzy Reasoning System (IBIS-FRS), o artigo busca contribuir na elaboração de dados subjetivos, mas, ao mesmo tempo, oferecer um instrumento útil para melhorar futuros projetos de Habitação Social. O estudo do caso brasileiro (a favela de Paraisópolis) fornecerá indicações úteis para contextos comparáveis na realidade de outros países, particularmente a italiana, assim como indicar os pontos de diversidade e buscar modificações do método. Neste sentido, na perspectiva das metrópoles italianas, os assentamentos urbanos informais mais próximos são os "Campos nômades", terrenos ocupados ilegalmente pela população de etnia Rom, Sinti e Caminanti, mas o mesmo problema pode-se encontrar em outros casos de gestão habitacional, como para refugiados políticos e moradores de edifícios ocupados irregularmente no centro ou nas periferias das cidades. Com certeza indagar sobre políticas habitacionais de países como o Brasil poderá contribuir a um avanço sobre o tema.

Palavras-chave: Urbanização de favelas. Habitação Social. Avaliação Pós-Ocupação. Lógica Fuzzy.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to establish a relationship between methods of evaluation of a SEHAB apartment complex (Condominium D) in Paraisópolis slum and of Centro Brejo houses (Paraisópolis) with methods of analysis of data. Two scientific methods were applied: Post Occupancy Evaluation and Fuzzy Logic. Through Fuzzy, specifically the Issue-Based Information Systems and Fuzzy Reasoning System (IBIS-FRS), the article seeks to contribute to the development of subjective data, but at the same time providing a useful tools for improving future projects of social housing. The Brazilian case study (Paraisópolis slum) will provide useful information for similar contexts in the reality of other countries, particularly the Italian case, as well as to indicate the diversity of points and to seek modifications of the method. In this regard, in Italian cities, the nearest comparative models of urban informal settlements are "gypsy fields", land illegally occupied by the ethnic groups named Rom, Sinti and Caminanti. The same problem can be found in other cases of housing management, such as political refugees housing and residents of buildings occupied irregularly in the center or in the outskirts of cities. We believe that research on housing policy in countries such as Brazil can bring strong contribution to breakthrough this issue.

[1] SARNO, Francesca; ABIKO, Alex Kenya O IBIS-FRS System nos programas de urbanização de favelas. O estudo de caso de Paraisópolis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Slum upgrading. Social Housing. Post-Occupancy Evaluation. Fuzzy Logic.*

1 INTRODUÇÃO

Este artigo tem foco na reconfiguração de espaços informais da capital paulista, concentrando-se na escala arquitetônica de unidades habitacionais.

A favela de Paraisópolis, contexto espacial extremamente complexo localizado na zona sul da cidade, é o estudo de caso apresentado.

O texto quer mostrar o que foi desenvolvido pela Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo (SEHAB), mas também quer apresentar uma análise dupla, focada em moradores do Condomínio D – projeto SEHAB – e em moradores das casas do Setor 51, localizado na área mais ampla de Centro Brejo[2].

O presente trabalho pretende ilustrar os métodos científicos aplicados: Avaliação Pós-Ocupação (APO) e Lógica Fuzzy. Através da Fuzzy, especificamente o *Issue-Based Information Systems* e *Fuzzy Reasoning System* (IBIS-FRS), apresentando uma elaboração de dados subjetivos derivados pela APO, mas, ao mesmo tempo, oferecendo um instrumento útil para definir futuros projetos de habitação social.

A aplicação experimental do IBIS-FRS implementa a avaliação e a compreensão de projetos realizados e investiga a relação entre espaços, objetos e usuários, para definir um sistema representativo de referência na configuração de programas de urbanização de favelas.

Esta metodologia, aplicada ao estudo de caso brasileiro, poderia ser útil na elaboração de outros programas, também em contextos diferentes de outros países, como a realidade italiana.

O artigo pretende fazer uma reflexão sobre a "globalização" da informalidade e portanto sobre a utilidade de compartilhar ideias, metodologias, abordagem para projetos e programas.

2 GLOBALIZAR PROBLEMAS E SOLUÇÕES

Quando a cidade não é apropriada para os seus habitantes, estes se adaptam a ela.

Os aglomerados informais são uma das consequências dramáticas desta adaptação: é a resposta de todos aqueles que, não tendo uma renda suficiente para viver com dignidade na cidade, optam por sobreviver em qualquer condição.

Segundo a UN-Habitat em 2030, 40% da população mundial terá dificuldade em encontrar habitação e infraestrutura adequadas. Esta situação está intimamente relacionada com o crescente aumento da população nas

2 Paraisópolis está dividida nas áreas de Grotão, Grotinho, Antonico e Centro Brejo; Grotão inclui a Palmeirinha, área no limite da favela onde há projetos do Estado e do Município de São Paulo.

áreas urbanas, especialmente nas megalópoles do Sul do mundo.

As cidades, enquanto lugar de convivência democrática, serão chamadas para satisfazer necessidades crescentes de moradia, para contrastar a exclusão social nas periferias ou nas realidades informais que agora caracterizam e desenham as paisagens urbanas, em alternativa àquelas formais/legais.

Estas paisagens, até poucos anos atrás limitadas aos países em desenvolvimento, começam a ser visíveis também nos países do hemisfério Norte. Já em 2012, o projeto chamado *São Paulo Calling* (2012) havia mostrado como a "informalidade" era um fenômeno global, capaz de pôr em contato realidades extremamente distantes e, como no caso da cidade de Roma, aparentemente sem relação com a favela comumente entendida.

Embora os caracteres da informalidade são diferentes, assim como são diversificadas as formas de apropriação do espaço urbano pela população de baixa renda, não são distintas as razões, comuns às várias partes do mundo: a necessidade de ter uma casa, um abrigo, um refúgio.

Cada caso é único, e cada lugar, cidade ou país, tem suas peculiaridades, mas há problemas comuns, relacionados às condições precárias de moradia em áreas metropolitanas. Atualmente isso pode evidenciar uma série de casos de estudo, tanto no Sul quanto no Norte do mundo.

Hoje a Europa está enfrentando a maior onda de imigração depois da Segunda Guerra Mundial: o campo de refugiados de Idomeni no Nordeste da Grécia (Figura 1), na fronteira com a Macedónia, tornou-se o símbolo do que está acontecendo, evidenciando todos os dias a inadequação dos países europeus para acolher em maneira humana populações em trânsito para o Norte da Europa. Neste campo de refugiados a capacidade máxima excedeu o limite, levando consequentemente problemas de saúde, higiene e alojamentos, ainda que temporários.

Figura 1 – Campo de refugiados, Idomeni Grécia

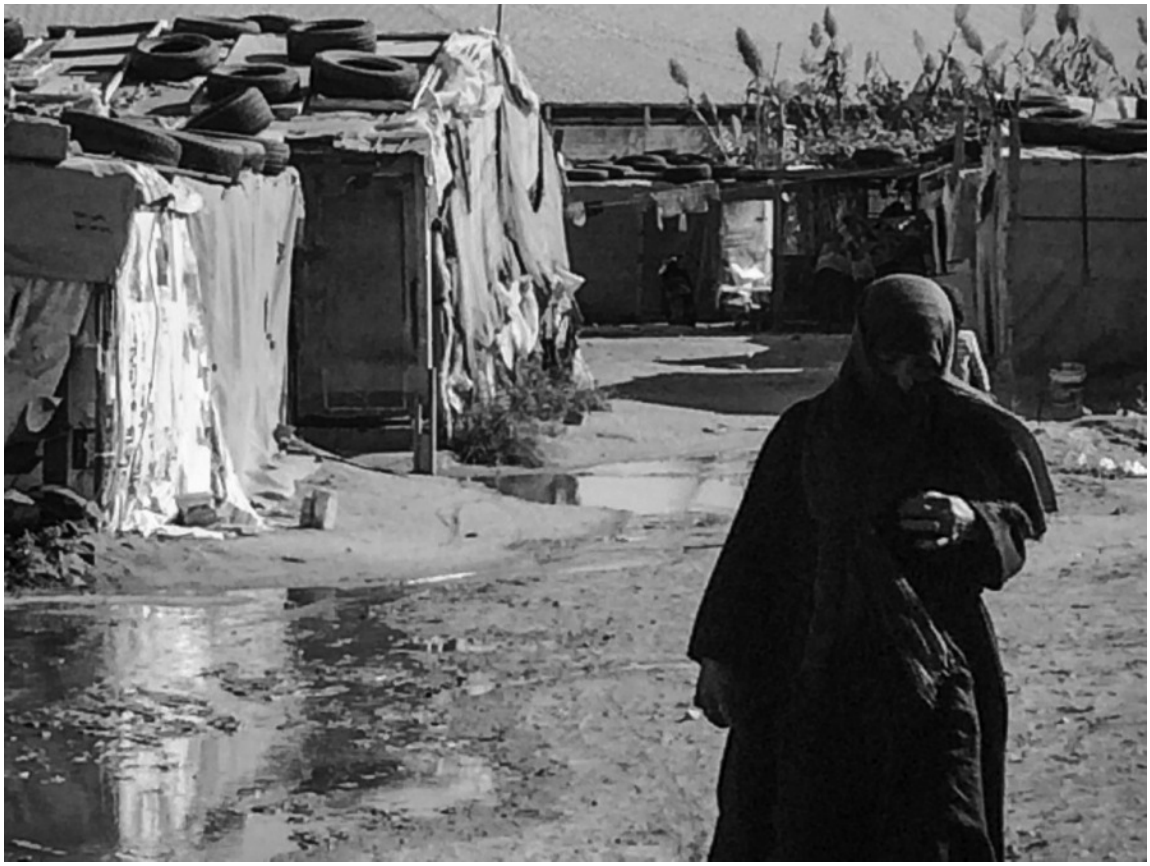


Fonte: Stoyan Nenov, Reuters/Contrasto (Foto)

Assim como existem campos oficiais na Europa e/ou no Norte da África, há também aqueles não oficiais, especialmente no Líbano, país que não permite às organizações humanitárias a criação de campos de refugiados. O resultado, especialmente na fronteira com a Síria, é que a população está morando em barracos improvisados ou em habitações inadequadas localizadas em cidades próximas (Figura 2).

Estes lugares são semelhantes aos aglomerados informais: uma situação geopolítica incerta pode agravar e levar a uma sedimentação. Não se trata de favelas, mas, sem dúvida, podem ser considerados contextos com um caráter informal.

Figura 2 – Campo de refugiados não oficial, Shwakir Líbano



Fonte: Marta Cosentino (Foto)

Um conhecimento cada vez maior sobre o projeto urbano, arquitetônico e social que está sendo desenvolvido no Brasil, país que hoje tem um avanço significativo nesta área, parece necessário para uma compreensão da evolução de cenários urbanos, indispensáveis também na cooperação internacional.

Além disso, a pesquisa sobre políticas habitacionais implementadas no contexto da cidade de São Paulo para contrastar a realidade informal oferece instrumentos e reflexões uteis para o desenvolvimento de procedimentos semelhantes, também em outros países, como a Itália, e em particular a cidade de Roma.

A crise econômica italiana mostrou a necessidade de produzir mais habitações de interesse social, sendo por muito tempo trascurada pelos governos locais e nacionais.

As consequências são um aumento de riscos sociais e económicos, os que envolvem grupos sociais diferentes, tornando-se os novos pobres: jovens, idosos, imigrantes, casais separados, estudantes (LODI RIZZINI, 2013 e 2015).

Em relação aos fluxos migratórios crescentes, a cidade de Roma está mostrando dramática inadequação, incapacidade à hospitalidade e à aceitação da diversidade.

Embora qualquer aproximação pode parecer inapropriada, na perspectiva

italiana, em particular das suas cidades, áreas urbanas informais próximas dos casos brasileiros podem ser considerados os "Campos nômades" (Figura 3), terrenos ocupados ilegalmente pela população cigana de etnia Rom, Sinti e Caminanti. Para contrastar a exclusão social dessas comunidades, hoje as políticas publicas italianas – em relação à saúde, habitação, educação, emprego – ainda são poucos implementadas.

Figura 3 – Campo nômade permitido pela Prefeitura de Roma



Fonte: Maura Percoco (Sapienza University of Rome)

Sempre na Itália, casos de informalidade são encontrados em outros contextos que envolvem, por exemplo, refugiados políticos, vítimas de desastres naturais, moradores que ocuparam edifícios, na maioria das vezes, nas periferias das cidades (Figura 4). Problemas de habitação pública estão também em bairros periféricos construídos nas décadas de 1950 e 1980.

Figura 4 – Edifício Selam, Roma Itália



Fonte: Associazione Cittadini del Mondo

A contemporaneidade do tema, bem como os programas que a Prefeitura de São Paulo está implementando, levou muitos centros de pesquisa, também da Europa, a enfrentar os desafios da capital Paulista, em cooperação com o seu governo. Compartilhar ideias foi o motor para esta colaboração entre a Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo e instituições acadêmicas várias como o ETH de Zurique, a University of California, Los Angeles (UCLA), o Berlage Institute de Delft, a Columbia e Harvard University. A SEHAB convidou profissionais e pesquisadores do mundo para oferecer uma contribuição, mudando visitas em workshops, seminários e estudos, para globalizar não só os problemas, mas também as soluções (FRANÇA; COSTA, 2012).

Algumas experiências significativas desta cooperação têm como campo de pesquisa a favela de Paraisópolis, realidade informal complexa localizada em São Paulo. Também por isso este artigo apresenta um trabalho de avaliação que pode ser colocado em um contexto internacional mais amplo de pesquisa.

3 O ESTUDO DE CASO PARAISÓPOLIS.

A favela de Paraisópolis, apresentando a diversidade urbana e social de São Paulo, é um desafio para todos as pessoas envolvidas nos programas de urbanização de favela.

É a segunda maior favela de São Paulo, objeto de um programa amplo de urbanização desde 2005, ano do ante projeto. Localizada no distrito de Vila Andrade (subprefeitura Campo Limpo), com 60.000 habitantes, uma área de cerca 900.000 m^2 (SEHAB, 2008) e mais de 13.000 habitações precárias (IBGE, 2010), é fulcro do Projeto Paraisópolis. Sem duvida é uma das maiores

intervenções no âmbito do Plano Municipal de Habitação Social da Cidade de São Paulo (PMH-SP 2009-2024); por esta favela existe também um plano de desenvolvimento específico em atuação: Plano de Desenvolvimento Urbano 2010-2025 (AMORIM; PIRONDI; OTERO, 2010). O Projeto envolve Paraisópolis e as áreas de Jardim Colombo e Porto Seguro, por conectá-las uma com outra e com a cidade em geral, visando inclusão social e espacial através da melhoria ambiental, de habitação e saúde.

> A primeira [fase], já finalizada, contemplou intervenções urbanísticas pontuais em todos os setores do Complexo. Podem ser incluídas nessa fase a reforma da escadaria Manuel Antônio Pinto, a recuperação das áreas de risco nos setores Grotinho e Grotão, melhoria do Campo de Futebol Palmeirinha, implantação de infraestrutura no sistema viário Centro-Brejo, canalização do Córrego Brejo e implantação de redes de distribuição de água e redes coletoras de esgoto. No Jardim Colombo, a melhoria da escadaria Antônio Júlio dos Santos e a contenção de encostas em áreas de risco, além da construção de 56 novas unidades habitacionais, já entregues, são outras obras da primeira fase. (FRANÇA; BARDA, 2010, p. 42)

É uma cidade na cidade, perto de um dos bairros mais opulentos de São Paulo: Morumbi.

Figura 5 – Favela de Paraisópolis, São Paulo



Fonte: Google Earth, elaboração por os autores

É uma cidade "pobre" na cidade "rica" e por isso as contradições, como escrito por Elisabete França, especialmente para um estrangeiro, aparecem insuperáveis; na verdade há uma relação de dependência mútua, a favela fornecendo mão de obra, Morumbi trabalho e serviços. Esta relação de troca constante determinou também o crescimento de Paraisópolis. Esta comunidade é sobretudo um território ideal para realizar aquela convivência democrática que encontra na cidade contemporânea a sua sede e à qual aspiram os programas de favelas (FRANÇA; COSTA, 2012).

O objetivo do Projeto Paraisópolis não é só a redução de problemas na área, mas também o fortalecimento da identidade da comunidade, mesmo através o processo participativo.

A regeneração urbana e social da favela é, portanto, em parte facilitada pela sua localização geográfica, pela facilidade de acesso, pela possibilidade de encontrar trabalho na favela e fora dela, mas também pela sua comunidade, que está envolvida na definição do plano.

O projeto participativo em fase de concepção de programa, também explicitado no Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), tem como objetivo identificar problemas, definir soluções, avaliar propostas e é um ponto central do Programa de Urbanização de favelas de São Paulo.

2.1 Metodologia e processamento de dados

Melhorar a qualidade de vida dos habitantes é aspecto essencial, também em relação à possibilidade de utilização de espaços públicos e serviços. O objetivo deste trabalho foi fornecer critérios e ferramentas para uma abordagem à "moradia informal", identificando soluções adequadas e duradouras, relacionadas ao contexto e às necessidades das comunidades estudadas.

Entender a opinião dos moradores é fator necessário e indispensável nos estudos de avaliação científica por realizações em favela, contexto muito diferente da cidade formal.

A Lógica Clássica baseando-se em leis matemáticas é rigorosa e linear, ao contrário da realidade (CAO; PROTZEN, 1999). Por isso, a combinação de APO e Lógica Fuzzy pode ser uma escolha apropriada, sendo possível com a Fuzzy analisar problemas vagos, nebulosos, tais como os humanos. Não é necessário buscar a precisão absoluta, mas obter uma representação clara daqueles que são as tendências respeito à questão de estudo (CAO; PROTZEN, 1999).

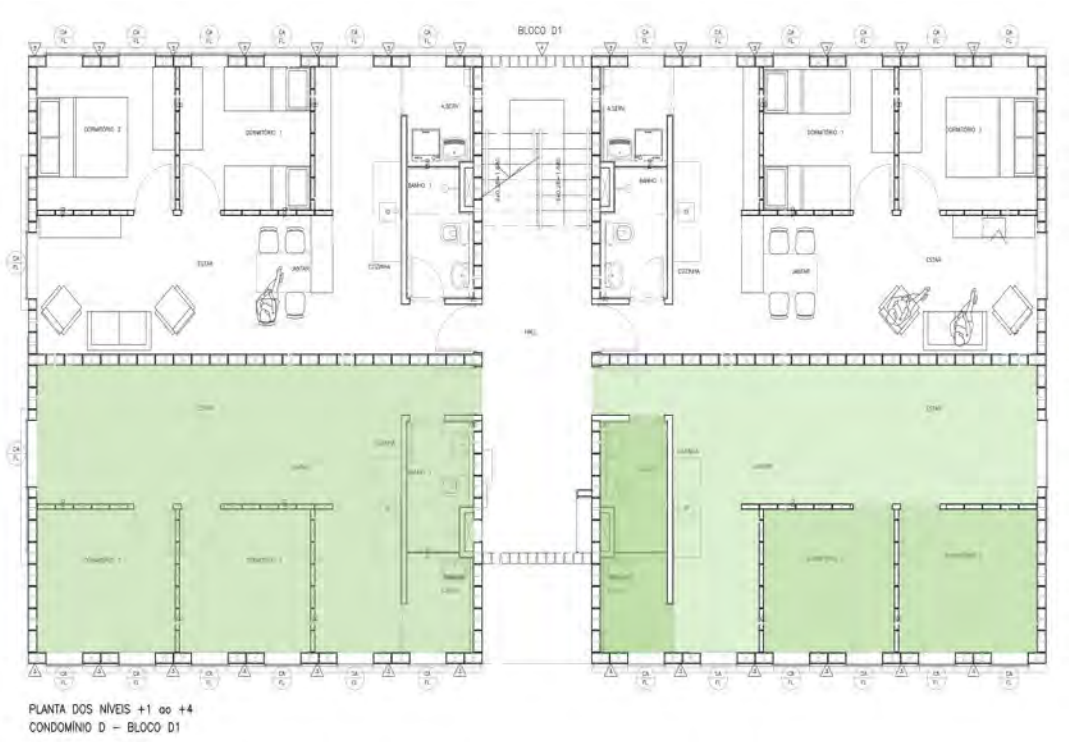
O IBIS-FRS permite representar estas tendências, a fim de avaliar o projeto e contribuir para os processamentos de análise. O IBIS-FRS é um *framework* de informações obtidas pela combinação de dois sistemas: o Issue-Based Information Systems e o Fuzzy Reasoning System. É um método baseado na análise cognitiva do indivíduo, aqui identificado no morador de apartamento (Figura 6) e de casa (Figura 7).

O que eles acham das suas moradias e da comunidade onde moram? Esta

é a pergunta central deste estudo.

A abordagem ao tema foi identificado com base nos objetivos do trabalho da pesquisa; os questionários entregados foram 44 em total, sobre Estética e âmbitos da moradia; Conforto; Segurança; Acessos a infraestrutura, equipamentos e serviços; Convivência e participação; explicitando pontos positivos e negativos, identificando também prioridades e por fim apontando aspectos relacionados com a qualidade de vida.

Figura 6 – Condomínio D, Paraisópolis São Paulo



Fonte: SEHAB, elaboração por os autores

Figura 7 – Setor 51, Paraisópolis São Paulo



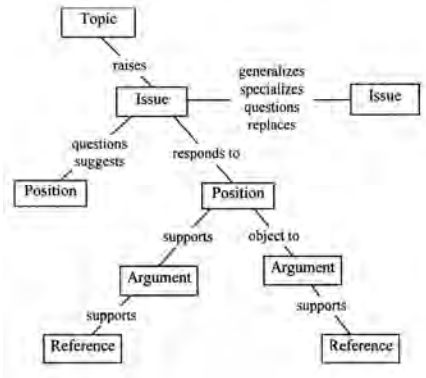
Fonte: SEHAB, elaboração por os autores

A estrutura do questionário APO foi sugerida pelas necessidades de processamento dos dados segundo o IBIS-FRS, superando, portanto, uma abordagem só estatística.

Apresentamos dois mapas cognitivos desenvolvidas em relação a Estética e âmbitos da moradia e Acesso a infraestrutura equipamento e serviços, sendo elementos importantes para melhorar projetos e programas de urbanização de favela. O objetivo é ter informações sobre a habitação ideal, sobre as prioridades, identificadas por meio da avaliação da moradia na vida diária e sobre as infraestruturas e serviços na favela.

Em acordo com o Issue-Based Information Systems (IBIS), os dados foram organizados em quatro tipos de nós (questão, posição, argumento, registro), que são hierarquicamente interconectados.

Figura 8 – Estrutura do IBIS em quatro nó

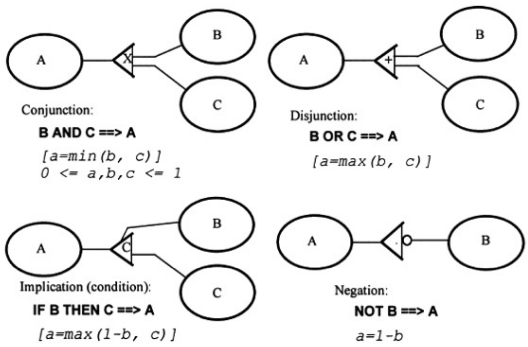


Fonte: Cao e Protzen (1999)

As ligações no Fuzzy Reasoning Charts (FRC) representam as relações entre as questões, expressas pela variável fuzzy, à que, por sua vez, corresponde um nó. Portanto, as relações lógicas expressas pelo FRC são associadas às equações fuzzy do Fuzzy Reasoning Equations (FRE) (CAO; PROTZEN, 1999).

Relações logicas básicas são conjunção, disjunção, implicação e negação (Figura 8). Os valores das variáveis das FRE representam a medida do nó correspondente. As FRE são, portanto, equações onde os nós do FRC são as variáveis e onde as relações constituem as funções.

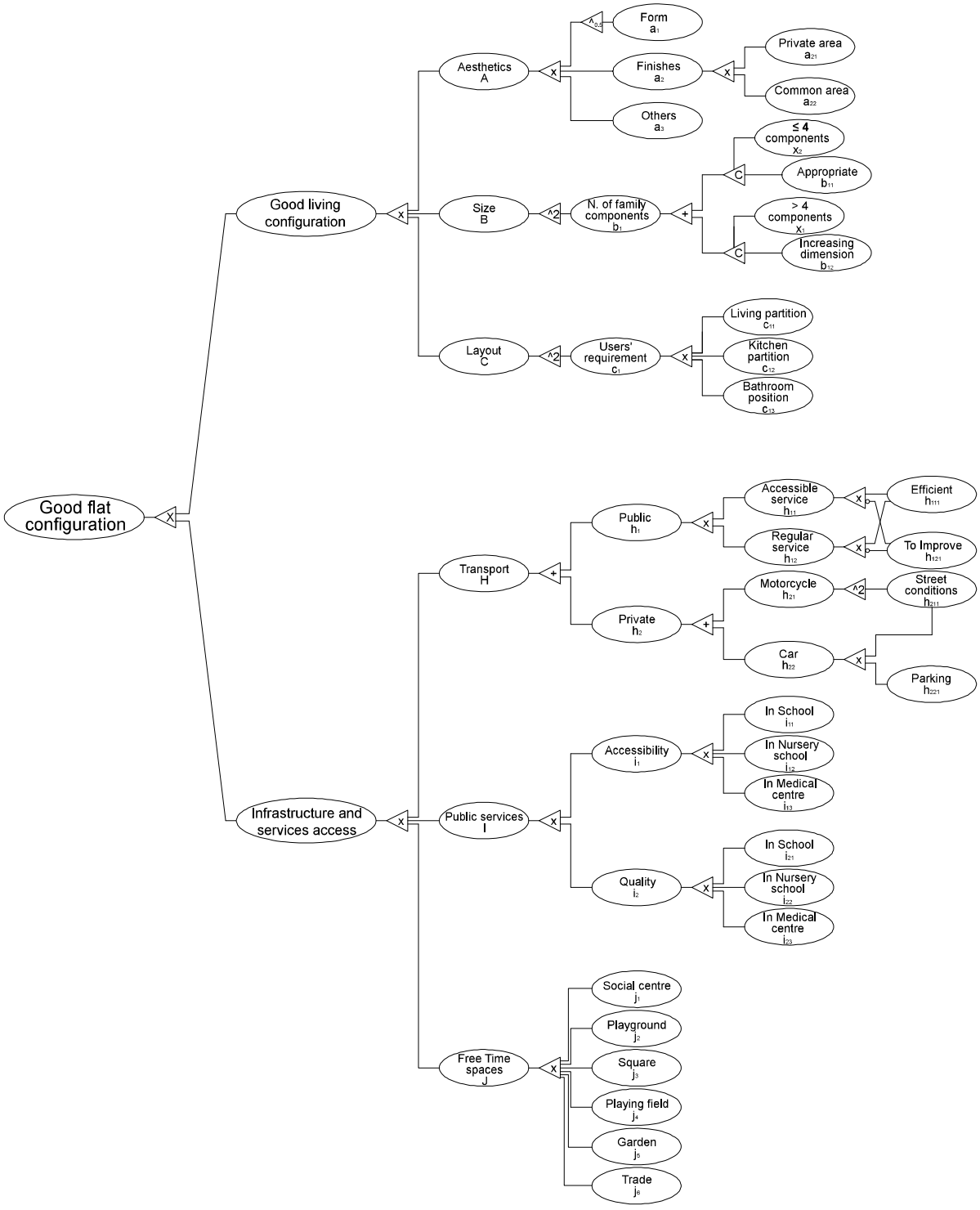
Figura 9 – Relações básicas do FRC em associação com o FRE



Fonte: Cao e Protzen (1999)

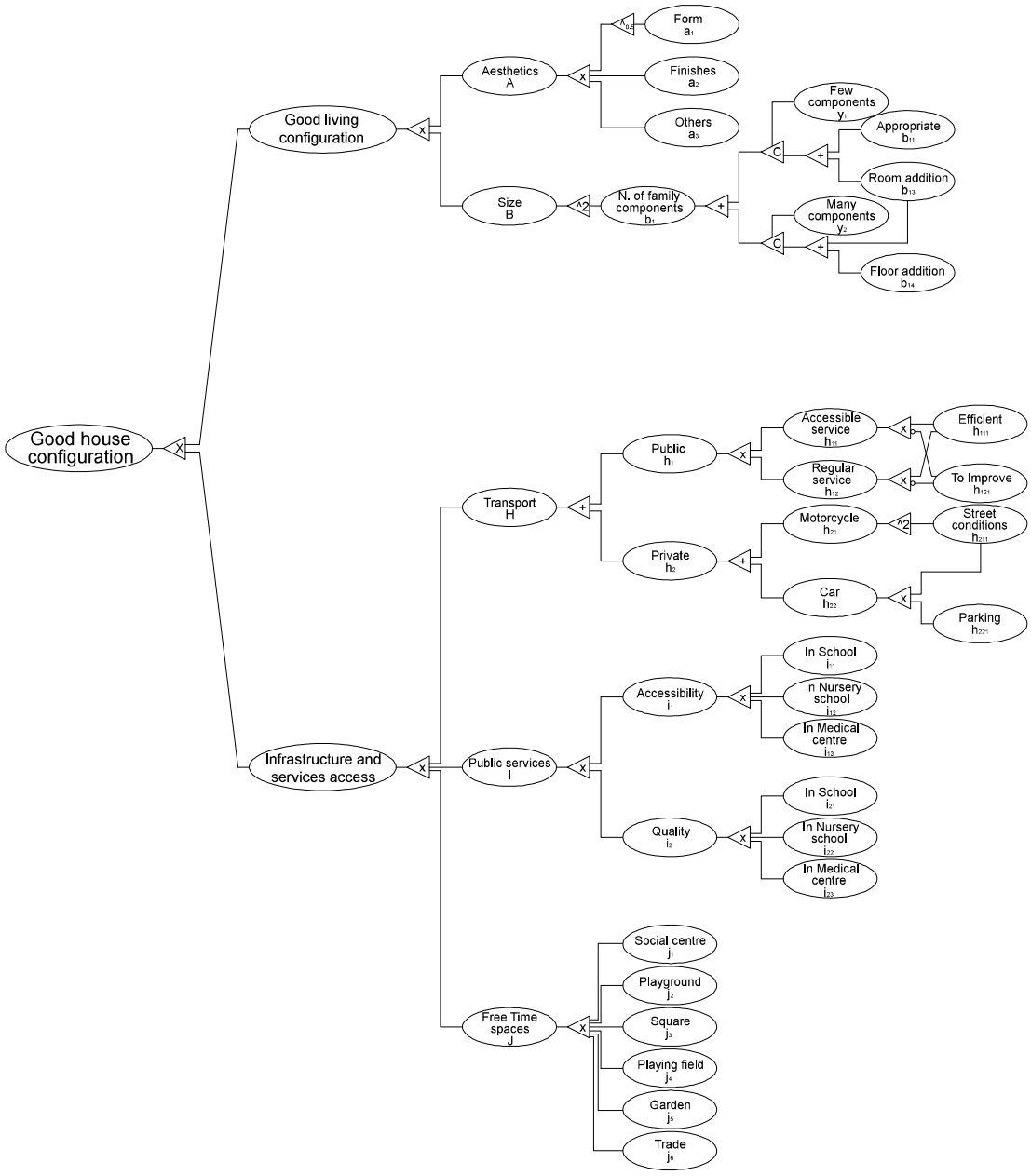
O IBIS-FRS permitiu obter informações relacionadas com o projeto, definindo uma rede de nós e o mapeamento das questões do formulário APO, assim identificar as suas relações. (Figuras 9 e 10).

Figura 10 – IBIS-FRS Apartamento



Fonte: Os autores

Figura 11 – IBIS-FRS Casa



Fonte: Os autores

O pensamento dos usuários foi traduzidos nestes mapas cognitivos e, em relação ao questionário, foi possível atribuir um valor fuzzy por todas as variáveis encontradas (Tabelas 1 e 2). Introduzindo os valores das variáveis nos mapas e desenvolvendo as operações nós obtemos um valor. O mínimo é assim representativo das situações mais criticas para os habitantes de apartamento e casa (Quadro 1).

Como explicado por Kiatake, Cheng e Petreche (2005) a estruturação do IBIS-FRS em questões, posições, argumentos e registros ajuda na busca de informações, por sua vez processados pelo raciocínio fuzzy, que hoje está muito desenvolvido e aplicado em pesquisas, também sociais.

Tabela 1 – Variáveis fuzzy, Estética e âmbitos da moradia

Variable	**Fuzzy Variable**	**Apartment**	**House**
Form	a_1	0,95	0,60
Finisches	a_2	-	0,60
Finishes - Private area	a_{21}	0,90	-
Finishes - Common area	a_{22}	0,80	-
Others	a_3	0,55	0,20
Appropriate size	b_{12}	0,85	0,50
Increasing dimension	b_{11}	0,65	-
Flexibility of space	b_{13}	-	0,90
Floor addition	b_{14}	-	0,95
Living partition	c_{11}	0,70	-
Kitchen partition	c_{12}	0,65	-
Bathroom position	c_{13}	0,70	-

Fonte: Os autores

Tabela 1 – Variáveis fuzzy, Infraestrutura Equipamentos e serviços

Variable	**Fuzzy Variable**	**Apartment**	**House**
Public transport - Efficient	h_{111}	0,50	0,80
Public transport - To Improve	h_{121}	0,30	0,10
Street conditions	h_{211}	0,70	0,10
Parcking	h_{221}	0,10	0,10
Accessibility - In School	i_{11}	0,40	0,40
Accessibility - In Nursery school	i_{12}	0,50	0,50
Accessibility - In Medical centre	i_{13}	0,60	0,70
Quality - In School	i_{21}	0,80	0,85
Quality - In Nursery school	i_{22}	0,40	0,60
Quality - In Medical centre	i_{23}	0,70	0,60
Social center	j_1	0,50	0,60
Playground	j_2	0,15	0,10
Square	j_3	0,10	0,15
Playing field	j_4	0,50	0,30
Garden	j_5	0,80	0,10
Trade	j_6	0,80	0,85

Fonte: Os autores

Quadro 1 – Resultados por apartamento e casa

	***Good Living Configuration* (GLC)**	***Infrastructure and Services Access*** (ISA)
Apartamento	$GLC_A = \min(0{,}55; 0{,}72; 0{,}42) \Rightarrow GLC_{Amin} = 0{,}42$	$ISA_A = min\ (0{,}49; 0{,}40; 0{,}10) \Rightarrow ISA_{Amin} = 0.10$
Casa	$GLC_C = \min(0{,}20; 0{,}90) \Rightarrow GLC_{Cmin} = 0{,}20$	$ISA_C = min\ (0{,}20; 0{,}40; 0{,}10) \Rightarrow ISA_{Cmin} = 0.10$

Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

Todo o estudo revela algumas dinâmicas sócio-culturais que afetam os moradores na mudança de casa para o apartamento. Os resultados mostram que o projeto urbano e arquitetônico faz aumentar na população o sentido de respeito em relação às áreas de convivência e estimula o desejo de melhoria, embora limitado ao conjunto condominial. Este sentido de respeito não se encontra nos moradores do Setor 51 de Paraisópolis, que muitas vezes aceitam de forma acrítica espaços comunitários marcados por degradação urbana. Todos os entrevistados reconhecem que as áreas de lazer e de convivência social são poucas e inadequadas, assim como os equipamentos para as necessidades da população de Paraisópolis, que por isso precisam ser melhorados.

No que diz respeito aos mapas cognitivos apresentados e às variáveis fuzzy é possível entender que muitos desses parâmetros não satisfazem totalmente os moradores seja pelo tamanho das moradias (apartamento e casa), seja por algumas soluções arquitetônicas propostas, no caso específico dos apartamentos.

Os serviços e equipamentos precisam ser melhorados e incrementados a partir da ordem de importância identificada pelos moradores (Quadro 2). Todavia, apesar do transporte publico não ser considerado pelos moradores como uma necessidade urgente, é preciso entender que se trata de um serviço fundamental para chegar a ter uma boa qualidade de vida e que, por isso, deveria ser incrementado.

Quadro 2 – Ordem de importância por
Acessos a infraestrutura, equipamentos e serviços

	Condomínio D	**Setor 51**
1	Escola	Escola
2	Posto de saúde	Posto de saúde
3	Creche	Creche
4	Transporte	Transporte
5	Quadra de esportes	Comercio
6	Centro de convivência	Quadra de esportes
7	Rua	Praça
8	Estacionamento	Jogos para criança
9	Jogos para criança	Centro de convivência
10	Comercio	Rua
11	Jardins	Estacionamento
12	Praça	Jardins

Fonte: Os autores

Em conclusão, esta elaboração pode ser considerada como uma referência para projetos futuros, aplicável também em outros contextos. De fato, assim sendo, é possível responder aos desejos e às necessidades dos habitantes, de acordo com os princípios de integração espacial e respeito cultural, que orientam os programas de urbanização das favelas.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A.; PIRONDI, C.; OTERO, R. **Paraisópolis. Plan de Desarrollo Urbano 2010-2015 São Paulo, Brasil**. DEARQ – Revista de Arquitectura 6, 2010, pp. 148-155.

BRASIL. Estatuto da Cidade - Lei n. 10257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 jul. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>. Acesso em: 10 março 2015.

CAO, Q.; PROTZEN J. P. **Managing design information: Issue-Based Information Systems and Fuzzy Reasoning System**. Design Studies, vol. 20, 4, 1999, pp. 343-362.

FRANÇA, E.; BARDA, M. (org.). **A cidade informal no século XXI**. São Paulo: Tinta Pura, 2010

FRANÇA, E.; COSTA, K. P. (org.). **Plano Municipal da Habitação. A Experiência de São Paulo**. São Paulo: HABI Superintendencia da Habitaçao Popular, 2012.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico (2010): **Aglomerados subnormais. Informações territoriais**. Rio de Janeiro: IBGE , 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 27 out. 2014

KIATAKE, M.; CHENG, L. Y.; PETRECHE, J. R. D. **Knowledge Representation of Architectural Design: A Case Study by Using IBIS-FRS System**. Journal of Advanced Computational Intelligence, vol. 9, 6, 2005, pp. 677-683.

LODI RIZZINI, C. **Il social housing e i nuovi bisogni abitativi. In: MAINO F.; FERRERA M. (org.). Primo rapporto sul secondo welfare in Italia**. Torino: Centro di Ricerca e Documentazione Luigi Einaudi, 2013

LODI RIZZINI, C. **La ricerca dell'integrazione nelle politiche abitative attraverso alcune esperienze di social housing**. Welfare e Ergonomia 1, 2015.
São Paulo Calling. Domus 963, 2012.

SEHAB. **Urbanização de Favelas: A Experiência de São Paulo**. São Paulo: Boldarini Arquitetura e Urbanismo, 2008.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AS REMOÇÕES PARA A COPA DO MUNDO DE 2014: AS DIFERENTES PERCEPÇÕES SOBRE O MEGAEVENTO NA CIDADE DE PORTO ALEGRE/RS[1]

SILVA, Gabriela (1); PORTELLA, Adriana (2); PEREIRA, Gisele (3)

(1) Universidade Federal de Pelotas, e-mail: gs.arq@hotmail.com.br; (2) Universidade Federal de Pelotas, e-mail: adrianaportella@yahoo.com.br; (3) Universidade Federal de Pelotas, e-mail: gisele_pereira@hotmail.com

RESUMO

Este artigo aborda questões relacionadas às remoções forçadas de famílias em função de obras destinadas a preparação das cidades-sede no Brasil para a Copa de 2014. Essas remoções são caracterizadas pela falta de respeito aos direitos humanos, principalmente ao direito à moradia. O objetivo central é comparar a percepção de diferentes grupos de usuários quando à Copa do Mundo de 2014: pessoas que vivenciaram as remoções e pessoas que não vivenciaram esse processo. Para isso, teve-se como estudo de caso a duplicação da Avenida Tronco, em Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, visto que tal obra foi dada inicialmente como o principal legado para a cidade, por proporcionar melhorias na mobilidade e também por existir um projeto habitacional. Os resultados evidenciaram que a população removida não foi contra a realização do megaevento, mas sim contra a maneira com que as remoções estão sendo lidadas, caracterizadas pela falta de respeito e diálogo. Com relação às pessoas que não vivenciaram a remoção, há grande aceitação do megaevento, sendo divulgado como oportunidade para novos investimentos de acordo com a Prefeitura. Espera-se que os resultados desse estudo sirvam como subsídios teóricos para os próximos megaeventos, havendo maior atenção aos direitos humanos.

Palavras-chave: Copa do Mundo. Remoção. Percepção. Direitos humanos.

ABSTRACT

This article approaches topics related to the forced removal of families due to works designed to the preparation of the host cities in Brazil for the Cup 2014. These removals are featured for the lack of respect for the human rights, mainly for the right to Housing. The central goal is to compare the perception of different groups of users towards the World Cup in 2014: people who went through the removals and people who haven't gone through it. For this, it was had as a study of case the duplication of Tronco Avenue, in Porto Alegre, capital of Rio Grade do Sul, since such a work was initially carried out as the main legacy for the city, for providing improvements in the mobility and also for having a housing project. The results showed that the removed population wasn't against the megaevent, but against the way the removals are being dealt with, featured by the lack of respect and dialogue. About the people who haven't gone through the removals, there's a great acceptance, being said as a great opportunity of new investments, according to the City Hall. It is expected that the

[1] SILVA, Gabriela; PORTELLA, Adriana; PEREIRA, Gisele**.** As remoções para a copa do mundo de 2014: as diferentes percepções sobre o megaevento na cidade de Porto Alegre. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

results of this study help as theoretical subsidies for the next megaevents, having more attention to the human rights.

***Keywords**: World Cup 2014. Removal. Perception. Human rights.*

1 INTRODUÇÃO

Em 2014, o Brasil sediou os jogos da Copa nas seguintes cidades: Rio de Janeiro (RJ), Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), São Paulo (SP), Cuiabá (Mato Grosso), Curitiba (PR), Fortaleza (CE), Manaus (AM), Natal (RN), Recife (PE), Salvador (BA) e Porto Alegre (RS). De acordo com o Governo, tal escolha esteve relacionada ao crescimento do país como um todo, o que proporcionou a irradiação de investimentos e o desenvolvimento, atendendo todas as regiões (MINISTÉRIO DO ESPORTE, 2011).

A partir disso, grande parte da população comemorou, inicialmente acreditando que o megaevento seria a grande oportunidade para grandes transformações ocorrerem, além de mostrar a capacidade do Brasil em sediar um evento desse porte (PAULA, 2015). Porém, em junho de 2013, duas semanas antes da Copa das Confederações, o país se pôs diante de uma grande manifestação, que focava majoritariamente em problemas como os gastos com as obras de preparação do país para os jogos da Copa do Mundo de 2014, bem como das Olimpíadas de 2016 (FARIAS, 2014).

Segundo o relatório de Rolnik (2014a), o momento de preparação para a Copa do Mundo de 2014 deveria ser utilizado para reurbanizar áreas onde vivem pessoas de baixa renda, bem como planejar obras de mobilidade urbana que atendessem as prioridades de deslocamento da população na cidade. Entretanto, o que aconteceu foram remoções, muitas vezes caracterizada pela falta de informação e respeito, não havendo a participação das comunidades atingidas nos projetos, distanciando-se dos direitos humanos e à moradia (ROLNIK, 2014b).

De acordo com denúncias feitas pela ANCOP (2014) sobre a violação de direitos humanos da Organização das Nações Unidas (ONU) relacionados à moradia adequada, 250 mil pessoas estão sendo removidas de suas residências para atender obras relacionadas ao megaevento (ver Figura 1). Em geral, a justificativa para as remoções dessas famílias esteve relacionada à falta de registro do terreno, uma vez que as áreas apropriadas pertencem ao Poder Público. Contudo, conforme o art. 183 da Constituição Federal (1988) há o reconhecimento de posse de espaços públicos ou privados por pessoas que não possuem condições de acesso à moradia.

Mesmo com a existência da lei, não há o pagamento de indenizações e quando essas existem, contemplam apenas a benfeitoria (residência) (MARINHO, CAMPAGNANI e COSENTINO, 2014; ROLNIK, 2014a). Em outras situações, houve o pagamento do aluguel social, correspondendo entre R$ 300,00 e R$ 500,00, impossibilitando a permanência da pessoa no bairro ou até mesmo na mesma cidade (ROLNIK, 2014a), tolhendo-as de usufruir do legado deixado para a cidade. Logo, essa conjuntura transformou a vida de muitas comunidades removidas, sendo marcada pela (i) falta de

informação, (ii) falta de transparência nas ações promovidas pelo poder público, (iii) falta de participação das comunidades atingidas, (iv) violação dos direitos humanos e (v) violação do direito à moradia adequada (ROLNIK, 2014a).

Figura 1 – Residência demolida na Avenida Tronco, Porto Alegre, em 12/06/2014.



Fonte: SILVA (2015).

Os problemas enfrentados pelas comunidades removidas devido às obras de preparação para a Copa do Mundo 2014 em todas as cidades-sede vão muito além do que abrange a própria residência. De maneira geral, as pessoas perderam o vínculo social ao deixar seu bairro de origem para morar em áreas e/ou cidades diferentes. O acesso à educação e à saúde, que antes eram próximos à residência, agora só é possível com transporte público ou individual (automóvel), o que geralmente se torna caro. Quanto ao emprego, muitos precisaram procurar um novo, o que pode demorar e a família ficar sem renda por tempo indeterminado. À vista disso, o sentimento de vizinhança é desfeito, visto que seu conceito se trata de uma interação social, considerando o indivíduo dentro de um grupo social de amigos, parentes ou vizinhos. Essa convivência traz além do convívio social, o sentimento de união, que pode trazer benefícios para o local em que moram, bem como oportunidades de emprego. Entretanto, essa relação é desfeita ao passo que os moradores são coagidos a morar em outra área que abrange periferias ou cidades arredores das capitais (ROLNIK, 2014a; CASTRO e NOVAES, 2015).

A partir disso, o presente artigo aborda os problemas relacionados às remoções de pessoas considerando a forma com que elas foram, e ainda estão sendo, retiradas de suas casas, devido às obras de mobilidade urbana e infraestrutura para os jogos da Copa do Mundo de 2014. Essas remoções

ainda acontecem em 2016, pois várias obras não foram finalizadas a tempo para o megaevento.

2 OBJETIVO

Tendo em vista a problemática exposta, o objetivo geral é investigar a percepção de diferentes grupos de usuários (pessoas que passaram pelo processo de remoção, pessoas que não passaram pelo processo de remoção e servidores do Departamento Municipal de Habitação) quanto à Copa do Mundo de 2014, a fim de identificar qual o legado deixado pelo megaevento para a população. O intuito de analisar a percepção de diferentes grupos de usuários quanto ao megaevento esportivo tem como foco verificar se o processo de remoção interfere na percepção das pessoas atingidas.

Para atender ao objetivo proposto, teve-se como estudo de caso a cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, dado que essa, assim como as demais cidades-sede, apresentou investimentos para atender ao megaevento desencadeando a remoção de 31.238 pessoas em diferentes áreas da capital.

Dentre as obras que estavam associadas ao megaevento através da Matriz de Responsabilidades da Copa, a ampliação da pista do Aeroporto Salgado Filho causou a remoção de 13.351 pessoas da Vila Dique, Nazaré e Floresta. A reurbanização do entorno da Arena do Grêmio (centro de treinamento para a Copa), atingiu 3.150 pessoas da Vila Santo André. As obras do entorno do estádio Beira-Rio removeram 315 pessoas da Ocupação 20 de Novembro e a duplicação da Avenida Tronco atingiu 6.862 pessoas. Por último, para os projetos relacionados ao PISA (Projeto Integrado Socioambiental) 7.560 pessoas estão sendo removidas (ANCOP, 2014; CASTRO e NOVAES, 2015).

A partir disso, escolheu-se a Avenida Tronco, bairro Cristal, localizada na Zona Sul da capital, como foco deste estudo (ver Figura 2). Seu principal objetivo era criar uma rota alternativa que ligasse a Zona Sul com Área Central e Zona Norte, servindo de apoio nos dias dos jogos, além de propiciar a execução de um projeto habitacional para as famílias atingidas pelas remoções (SECOPA, 2014). A previsão para seu término, que era para junho de 2014, passou para final do ano de 2017, segundo o Relatório de obras de Mobilidade Urbana da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2015).

Assim sendo, este estudo visa reforçar a discussão de que o momento da Copa de 2014 deveria ser utilizado para reurbanizar áreas onde vivem pessoas de baixa renda, planejar obras de mobilidade urbana que atendam as prioridades de deslocamento da população na cidade, bem como viabilizar um projeto habitacional para as pessoas atingidas pelas remoções.

Figura 2 – Indicação dos quatro trechos a serem duplicados na Avenida Tronco, em Porto Alegre.



Fonte: Departamento Municipal de Habitação de Porto Alegre (2014).

3 METODOLOGIA

Múltiplos métodos de coleta e análise de dados foram aplicados, permitindo cruzar informações e validar resultados, dando maior credibilidade e confiabilidade à pesquisa (SOMMER e SOMMER, 2002). Os métodos selecionados para a coleta de dados desta pesquisa são representados em duas etapas: (i) levantamento de arquivo e (ii) levantamento de campo.

Primeiramente, através da Secretaria Extraordinária da Copa de 2014 (SECOPA) foram coletadas informações sobre o projeto viário de duplicação da Avenida Tronco e o projeto habitacional referentes às moradias destinadas às famílias que vivem o processo de remoção, a fim de dar subsídios para iniciar o levantamento de campo. Nesta segunda etapa, os seguintes métodos foram utilizados: (i) grupo focal, (ii) questionários e (iii) entrevistas.

O método do grupo focal, tipo de entrevista realizada com um grupo específico de pessoas com o intuito de explorar o que pensam e sentem sobre determinado assunto (SOMMER e SOMMER, 2002), foi utilizado com as pessoas atingidas pelas remoções da duplicação da Avenida Tronco, bairro Cristal, com o propósito de analisar a percepção delas sobre a situação das remoções no local. O encontro aconteceu no dia 22 de outubro de 2014 com a presença de apenas quatro moradores. O baixo número pode ser explicado pela falta de comunicação entre a diretora e outros funcionários da escola que desconheciam a realização da atividade e não souberam informar sobre a reunião quando algum morador entrava em contato.

O questionário foi aplicado via *internet*, sendo posto *online* no dia 16 de setembro de 2014 e dado como finalizado no dia 6 de outubro de 2014, obtendo o total de 166 respondentes Sua aplicação avaliou a percepção

dos respondentes quanto à Copa do Mundo de 2014 do grupo de usuários que não passaram pelo processo de remoção.

Por fim, quatro entrevistas foram aplicadas com o grupo de usuários atingidos pelas remoções na Avenida Tronco, bairro Cristal, nos dias 16 e 18 de dezembro de 2015. Objetivou-se completar informações adquiridas pelo método do grupo focal. A diferença de tempo comparada com a aplicação do grupo focal possibilitou validar questões já exploradas. Este método também foi aplicado com dois servidores da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, responsáveis pelas obras na Avenida Tronco. Observou-se que para os outros cinco trabalhadores contactados que se recusaram a colaborar, o assunto era considerado impróprio para a entrevista. O método foi aplicado no dia 26 de setembro de 2014 e 17 de outubro de 2014.

4 RESULTADOS

O processo de remoções na cidade de Porto Alegre abrangeu aproximadamente 31.238 pessoas (ANCOP, 2014). Na Avenida Tronco 1.525 famílias estão saindo de suas casas para que a obra seja realizada: 656 famílias ainda residem no local (ver Figura 3), 499 famílias optaram pelo bônus moradia oferecido pela Prefeitura da cidade no valor de R$ 52.340,00, 195 famílias optaram pelo aluguel social também oferecido pela Prefeitura no valor de R$ 500,00 e 175 famílias receberam indenizações (DEMHAB, 2015b).

Figura 3 – Área de remoções na Avenida Tronco, Porto Alegre, em 12/04/2015.



Fonte: SILVA (2015).

Segundo os participantes do grupo focal, a falta de respeito e de diálogo, de informação e de participação das comunidades atingidas no projeto viário e habitacional são os principais pontos negativos diante das remoções.

Com relação aos baixos valores oferecidos pelos Programas do Governo, as famílias foram obrigadas a sair do bairro atual para áreas distantes do centro ou até mesmo para outras cidades da Grande Porto Alegre e litoral. Em decorrência disso, muitas famílias juntaram seus bônus moradia e aluguel social para a compra ou aluguel de outro imóvel. Outras fizeram empréstimos para completar o valor dado pela Prefeitura e assim viabilizar a compra de uma residência em Porto Alegre. Entretanto, mesmo com essas soluções encontradas pelas pessoas, os imóveis contidos no orçamento estavam localizados na periferia de Porto Alegre.

Tendo em vista os problemas associados às localidades das novas residências e a dificuldade em arranjar um emprego nessas regiões, as comunidades em conjunto com integrantes da Articulação Nacional da Copa (ANCOP) fizeram uma seleção de terrenos ociosos no próprio bairro Cristal para a Prefeitura desapropriar e construir habitações populares a partir do Programa Minha Casa Minha Vida. Depois de muita pressão e persistência dos moradores, 17 terrenos foram desapropriados num raio de 2 km da Avenida Tronco, entretanto, as construções não começaram até o momento (2016) e não há previsão para seu início, pois os projetos ainda estão em processo de aprovação. Entretanto, conforme os servidores da Prefeitura, o principal legado proviniente da Copa do Mundo é o projeto habitacional, possibilitando a qualidade de vida da população atingida.

A partir do grupo focal, outros problemas encontrados pelos moradores foram a quantidade de lixo no local e os escombros não retirados das casas demolidas, fazendo com que muitos se machucassem com ferros e pregos, bueiros abertos, o que ocasionou aumento na quantidade de transmissores de doenças (ver Figura 4). Algumas residências que estavam semidemolidas foram refeitas após a demolição, virando locais de uso de drogas e pontos de tráfico, aumentando a violência no bairro. Essa situação acabou obrigando famílias a aceitarem o bônus moradia ou aluguel social do Programa do Governo Federal para sair do local, visto que a insegurança se tornou um problema no bairro. Segundo as entrevistas com os moradores da Avenida Tronco "*muitas vezes eu tive que trabalhar com bandido do lado, aqui, armado*".

Tal fato é contraditório com o que a Prefeitura afirma, já que essa diz haver policiamento diário e quando ocorre a reconstrução de casas já demolidas para pontos de venda de drogas, esses são retirados pela Brigada Militar. Além disso, os servidores relatam que os terrenos são cercados, evitando o depósito de lixo e invasão.

Em termos de legado, as entrevistas com as pessoas atingidas pelas remoções não identificaram aspectos positivos, pois todas as melhorias estiveram relacionadas ao estádio e ao turismo, todavia, conforme o grupo focal, mesmo que tais melhorias tragam benefícios para a cidade, "*custou muita dor e muito sacrifício para as famílias que foram removidas*".

Figura 4 – Área de remoções na Avenida Tronco, Porto Alegre, em 12/07/2014.



Fonte: SILVA (2014).

Em contraposição aos relatos dos motadores atingidos, os servidores entrevistados garantiram que os direitos das comunidades foram respeitados, havendo cumplicidade entre os moradores e a Prefeitura e um canal de comunicação acessível. Com relação às unidades habitacionais a serem construídas, os servidores entrevistados da Prefeitura afirmaram que o fato de as famílias não terem despesas quanto ao pagamento do novo imóvel a partir do bônus moradia proporcionou maior motivação nas comunidades, fazendo com que 90% das famílias atingidas ficassem a favor da negociação.

Com relação à população não atingida pela remoção, os dados do questionário demonstraram que 66,9% dos respondentes gostaram da Copa do Mundo no Brasil e a classificaram como organizada. Ainda, 72,3% acreditam que o megaevento ajudou a divulgar a capital gaúcha como destino turístico, sendo avaliada por 52,5% como boa durante os jogos. Com relação às melhorias de infraestrutura, 56,1% julgam as obras do entorno do estádio Beira-Rio como positivas para a cidade, todavia, apenas 25,3% sabiam das remoções em Porto Alegre que englobam aquelas localizas no entorno do estádio, referente à comunidade 20 de Novembro, 26,5% não tinham conhecimento sobre tal processo e 41,6% já havia ouvido falar mas não tinham noção do alto número de pessoas envolvidas. Ainda, 67,5% não conhecem o Programa de Aluguel Social oferecido pelo Governo Federal.

No que diz respeito às pessoas que assistiram aos jogos no estádio Beira-Rio, 74,2% consideraram boa a preparação de Porto Alegre para a chegada das pessoas ao estádio. No que tange à Copa do Mundo no país, apenas 24,7% acreditam que sua realização foi negativa devido a problemas de roubo, corrupção e discriminação com as classes menos favorecidas. No entanto,

56,6% dos respondentes têm uma renda salarial entre Classes A, B e C (segundo critérios da Fundação Getúlio Vargas, 2011), tendo 79,5% plano de saúde, não dependendo de atendimentos públicos que, de fato, precisam de melhorias.

Conclui-se que a percepção por parte da parcela da população não removida se torna positiva sobre o megaevento, todavia destaca-se a falta de conhecimento de grande parte de situações que poderiam ser motivos para essa visão mudar.

5 CONCLUSÕES

A partir do grupo focal e das entrevistas com os moradores que vivem o processo de remoção na Avenida Tronco é possível afirmar o descontentamento desse grupo de usuários com relação às remoções no bairro Cristal. Os moradores declararam como aspectos negativos: (i) falta de respeito e diálogo com o Departamento Municipal de Habitação, (ii) falta de participação das comunidades atingidas, (iii) baixos valores oferecidos pelos Programas do Governo e para as indenizações, (iv) pressão psicológica por parte do Departamento Municipal de Habitação para aceitar Programas do Governo (aluguel social e bônus moradia), (v) sem perspectiva da construção das unidades habitacionais no bairro, (vi) aumento da violência no bairro, (vii) aumento de lixo no bairro e (viii) possibilidade de compra (a partir da indenização ou bônus moradia) ou aluguel (a partir do aluguel social) somente em lugares afastados.

Dentro dessa problemática, os moradores da Avenida Tronco não se manifestaram contra a Copa do Mundo, mas sim contra a forma que o Governo está atendendo as remoções, visto que nunca houve o planejamento de um projeto social. Tal situação atinge diretamente o legado do megaevento, que deve ser planejado para que a população como um todo seja beneficiada, aumentando a qualidade de vida (PAIVA, 2013).

Os entrevistados do DEMHAB afirmaram que o projeto social é prioritário nas obras da Avenida Tronco, advindo em função do megaevento, contudo não há previsão para o início das obras. Esse grupo de usuários promoveu positivamente a imagem do projeto viário e habitacional, bem como da Copa do Mundo.

Com relação ao grupo de usuários que não vivenciou a remoção, evidencia-se a percepção positiva diante do megaevento, avaliando-o como organizado e positivo independente do legado. Todavia, grande parcela desconhece o processo de remoção em Porto Alegre, bem como programas do Governo Federal.

Por fim, se o legado deixado para Porto Alegre estiver relacionado às obras inacabadas, mas que um dia serão concluídas, essas irão beneficiar apenas aqueles de maior poder aquisitivo, os quais usufruirão das vias de duplicação. Para as comunidades mais carentes ainda não se pode falar

em legado, já que a construção das habitações prometidas não começou e está sem data para tal. Da mesma forma, essas comunidades ainda lutam com a esperança de que essa situação se resolva respeitando seus direitos à moradia adequada.

REFERÊNCIAS

ANCOP. **Dossiê Megaeventos e Violações dos Direitos Humanos no Brasil**. Brasil: Brasil, 2014. Disponível em: <https://br.boell.org/sites/default/.../ancop_dossie2014_web_bollbrasil.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2015.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

CASTRO, D. G.; NOVAES, P. R. Copa do Mundo 2014 e os Impactos no Direito à Moradia: uma análise das cidades-sede brasileiras. Organização do texto: JUNIOR, O. A., GAFFNEY, C.; RIBEIRO, L. C. **Brasil: o impacto da Copa do Mundo de 2014 e das Olimpíadas de 2016**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2015.

FARIAS, A. **Uma história das Copas do mundo. Futebol e Sociedade**. São Paulo: Armazém da Cultura, 2014, 577p.

MARINHO, G., CAMPAGNANI, M.; COSENTINO, R. Brasil. Organização do texto: PAULA, M.; BARTELT, D. D. **Copa para quem e para quê?** Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll Stiftung, 2014.

MINISTÉRIO DO ESPORTE. **Primeiro balanço para a Copa do Mundo de 2014**. Brasil: Ministério do Esporte, 2011. Disponível em: <http://www.esporte.gov.br/index.php/institucional/futebol-e-direitos-do-torcedor/copa-2014/cidades-sede>. Acesso em: 17 nov. 2015.

PAIVA, E. K. G. **A cidade para o cidadão. O legado urbano dos Jogos Olímpicos**. Brasília, 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília.

PAULA, M. A Copa do Mundo de 2014: legados e desafios. **Solidar**, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2015/06/15/copa-do-mundo-2014-qual-foi-o-legado>. Acesso em: 18 nov. 2015.

ROLNIK, R. Megaeventos: direito à moradia em cidades à venda. In:_____. **Brasil em jogo. O que fica da Copa e das Olimpíadas?** São Paulo: Boitempo, 2014a, 92p.

_____. No final das contas, 2014 não teve caos nem legado. Blog da Raquel Rolnik. São Paulo, 2014b. Disponível em: <https://raquelrolnik.wordpress.com/2014/12/02/no-final-das-contas-2014-nao-teve-caos-nem-legado/. Acesso em: 15 jan. 2014.

SECOPA. Material fornecido pela Secretaria Extraordinária da Copa de 2014 sobre as obras da Avenida Tronco. Porto Alegre: SECOPA, 2014.

SOMMER, R.; SOMMER, B. **A practical guide to behavioral research: Tools and techniques**. Oxford: Fifth Edition, 2002, 380p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL: ANÁLISE DO *CONTAINER* COMO UMA NOVA ALTERNATIVA[1]

SOUZA, Denise Aparecida de (1); PINHO, Giusilene Costa de Souza (2)

(1) Ifes, e-mail: souzadenise@outlook.com; (2) Ifes, e-mail: giusilene.pinho@ifes.edu.br

RESUMO

O deficit habitacional brasileiro é um problema enfrentado há muito tempo. Nos programas habitacionais existentes, usualmente, opta-se por sistemas construtivos tradicionais. Estes, são, majoritariamente, implantados devido ao vasto conhecimento de suas técnicas construtivas, além da cultura produtiva do país estar voltada para os mesmos. Soma-se a isso, a escassez de mão de obra industrializada, já que sistemas inovadores vêm sendo inseridos gradativamente na construção civil. Logo, o objetivo desta pesquisa é estudar os sistemas industrializados adotados atualmente para a Habitação de Interesse Social (HIS), fazendo uma análise da viabilidade do sistema *container* para esta finalidade. O Estado do Espírito Santo foi o recorte espacial efetuado para esta análise, onde constatou-se a presença de três sistemas construtivos industrializados destinados a HIS: Sistema Concreto-PVC, Sistema Integrado em Estrutura Metálica e *Mobile Steel System*. Visa-se, primordialmente, a utilização dos módulos de *containers* descartados pelo mercado náutico, buscando uma opção que gere menos resíduos que a construção tradicional. *Containers* possuem potencial de se somar aos sistemas inovadores existentes, destacando-se por serem sustentáveis, recicláveis, modulares e de rápido fornecimento. Portanto, sua utilização é propícia à HIS, inclusive por suas propriedades de resistência e durabilidade, assim como, de possibilidades construtivas sobrepostas e contínuas.

Palavras-chave: Sistemas construtivos industrializados. Habitação social. Habitação em *container*.

ABSTRACT

The Brazilian housing deficit is a problem faced long. In existing housing programs usually is chosen to traditional construction systems. These are, mostly, deployed due to their extensive knowledge of construction techniques, as well as productive culture of the country is facing the same. Added to this, the labor shortage industrialized as innovative systems are being inserted gradually in construction. Therefore, the aim of this research is to study the industrialized systems currently adopted for Social Housing, making an analysis of the viability of the container system for this purpose. The State of the Espírito Santo was the spatial area made for this analysis where it was found the presence of three industrialized building systems for Social Housing: Concrete PVC System, Integrated System in Steel Structure and Steel Mobile System. The aim is primarily the use of containers modules discarded by the nautical market, seeking an option that generates less waste than traditional construction. Containers have the potential to add to existing innovative systems, especially by being sustainable, recyclable, modular and fast delivery. Therefore, their use is favorable for Social Housing,

[1] SOUZA, Denise Aparecida de; PINHO, Giusilene Costa de Souza. Sistemas construtivos industrializados para Habitação Social: análise do *container* como uma nova alternativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, Colatina (ES). **Anais**... São Paulo: ANTAC, 2016.

including for its resistance properties and durability, as well as continuous and overlapping constructive possibilities.

***Keywords**: Industrialized building systems. Social Housing. Housing container.*

1 INTRODUÇÃO

Conforme o cenário de incentivo mobiliário proposto pela Caixa Econômica Federal (CEF), nos anos 70 o Governo brasileiro incentivou a instalação de processos construtivos industrializados, visando o equacionamento do problema habitacional por meio da produção em massa de habitações, uni e multifamiliares (MELLO, 2004). Contudo, nos anos 80, houve a extinção dos Programas Habitacionais instalados (Sistema Financeiro de Habitação e Banco Nacional da Habitação) devido à crise no sistema habitacional, provocando, portanto, o retorno ao sistema construtivo tradicional (MELLO, 2004).

Novamente, partindo de uma iniciativa do Governo Federal, surgiu em 2009 o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) – Recursos do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR), com o intuito de diminuir o deficit habitacional brasileiro por meio de concessões de financiamentos e/ou Habitações de Interesse Social (HIS). O Programa está ligado à Secretaria Nacional de Habitação do Ministério da Cidade e municipalmente é gerido por equipes distintas que fazem o processo de escolhas das famílias objetos sociais (CAIXA, 2016).

No Estado do Espírito Santo, recorte espacial efetuado para o presente estudo, atualmente, estão sendo implantados três sistemas construtivos industrializados para HIS. As cidades onde estão implementados são Cachoeiro de Itapemirim (Região Central Sul), Linhares (Região Rio Doce) e Colatina (Região Centro-Oeste).

Propõem-se somar o sistema habitacional em *containers* aos demais sistemas industrializados. Objetiva-se o uso de *containers* reciclados como uma forma de construção sustentável e de rápido fornecimento. Tratando-se de um elemento modular, desviar-se-ia, por exemplo, da geração de resíduos de obras, criando-se, portanto, uma solução efetiva e não corretiva, aos entulhos gerados em processos construtivos convencionais (MATTOSINHO; PIONÓRIO, 2009).

2 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

Partindo da premissa de uma análise desenvolvida sob caráter descritivo-exploratório, o presente estudo se desenvolveu embasado em literaturas pertinentes, reunindo também informações coletadas em visitas técnicas junto a órgãos públicos e construtoras.

As seguintes etapas estão englobadas no desenvolvimento do trabalho:

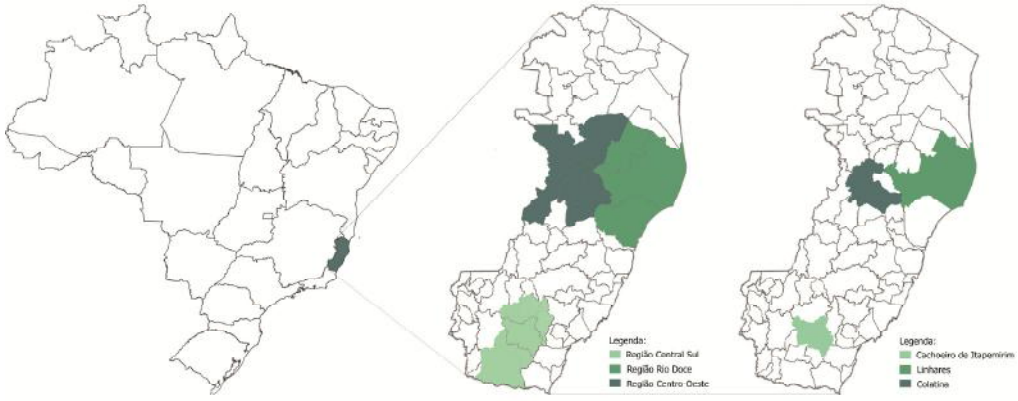
- Revisão bibliográfica para fornecimento de base conceitual;
- Definição do recorte espacial delimitador do presente estudo;

- Estudo sobre os sistemas industrializados homologados pela CEF;
- Pesquisa junto aos órgãos públicos e construtoras encarregadas da implantação dos sistemas industrializados;
- Caracterização dos sistemas construtivos industrializados implementados para HIS no Estado do Espírito Santo;
- Estudo do *container* reciclado para habitação.

3 DEFICIT HABITACIONAL CAPIXABA

O Espírito Santo, Estado brasileiro localizado na Região Sudeste (Figura 1), possui uma população total de 3.929.911 habitantes (IBGE, 2016). Estes, encontram-se distribuídos desproporcionalmente em 10 regiões de planejamento do território capixaba. A Região Central Sul, a Região Rio Doce e a Região Centro-Oeste, ocupam, respectivamente, a segunda (8,9%), a terceira (8,3%) e a quarta (7,3%) região mais populosa do Estado, precedidas somente pela Região Metropolitana (48%) (PEHAB 2030, 2013).

Figura 1 – Localização do Espírito Santo e das Regiões Central Sul (Cachoeiro de Itapemirim), Rio Doce (Linhares) e Centro-Oeste (Colatina)



Fonte: IBGE (2016). IJSN (2016). Elaboração: As autoras

Em números absolutos, o somatório de carências urbanas e rurais do Estado, totaliza 66.586 unidades. Parte dos maiores índices desse deficit habitacional estão nas regiões capixabas mais populosas, sendo que na Tabela 1 estão dispostas as porcentagens referentes as Regiões onde sistemas construtivos industrializados foram implantados (PEHAB 2030, 2013).

Tabela 1 – Deficit habitacional das Regiões cujos Municípios implantaram sistemas industrializados

Município	**Sistema industrializado**	**Região**	**Deficit habitacional**
Cachoeiro de Itapemirim	Sistema Integrado em Estrutura Metálica (Usiminas)	Central Sul	7,3%
Linhares	Sistema Concreto-PVC (Royal)	Rio Doce	10,7%
Colatina	Sistema Concreto-PVC (Royal) e *Mobile Steel System* (Fischer)	Centro-Oeste	6,8%

Fonte: PEHAB 2030 (2013). Elaboração: As autoras

4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

Até o século XIX, os materiais predominantemente empregados em grandes edificações eram a pedra e tijolo, componentes de durabilidade e obtidos de formas distintas, mas de processos construtivos muito próximos, ou seja, por empilhamento de peças (SALES, 1995).

Contudo, Sales (1995) afirma que a partir do desenvolvimento da siderurgia ocorrido no século 18, o ferro fundido foi fabricado em escala industrial com custo relativamente mais baixo. No século seguinte, desenvolvido por Bessemer, surgiu o processo industrial de conversão do ferro em aço, popularizando comercialmente o material que antes era raro e de alto custo (SALES, 1995).

Desde então, foram criados sistemas industrializados vinculados ou não a este material, visando preencher as lacunas pertinentes na construção civil tradicional, aumentando a gama de possibilidades construtivas, elevando a qualidade, a padronização e produtividade dos mesmos. "A evolução dos modos de construir está ligada ao desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos. Os métodos devem primar pela eficiência (...) de produção e reduzir as incertezas." (SCHMIDT, 2013, p. 22).

4.1 Sistema Concreto-PVC

Atualmente, no Município de Colatina existem 1.790 unidades de HIS fracionadas em seis conjuntos habitacionais. Verifica-se a ocorrência de construções convencionais nos cinco primeiros conjuntos, propostos e edificados com alvenaria e mão de obra tradicional (FORTES *et al.*, 2014).

O sexto conjunto (Figura 2), entretanto, possui uma proposta construtiva industrializada em perfis modulares de PVC preenchidos com concreto. Localizado no Bairro Vicente Soella, o Loteamento Nilson Soella III está em construção e disponibilizará 433 unidades habitacionais.

Figura 2 – Habitações em Sistema Concreto-PVC localizadas no Loteamento Nilson Soella III - Colatina (ES)



Fonte: Arpa (2014)

Em Linhares, Município que também está implantando o Sistema Concreto PVC em HIS, estão sendo edificadas 253 unidades residenciais. Localizado no

Bairro Santa Cruz, o Loteamento é denominado Conjunto Residencial Jocafe (Figura 3).

Figura 3 – Habitações em Sistema Concreto-PVC localizadas no Conjunto Residencial Jocafe - Linhares (ES)



Fonte: As autoras

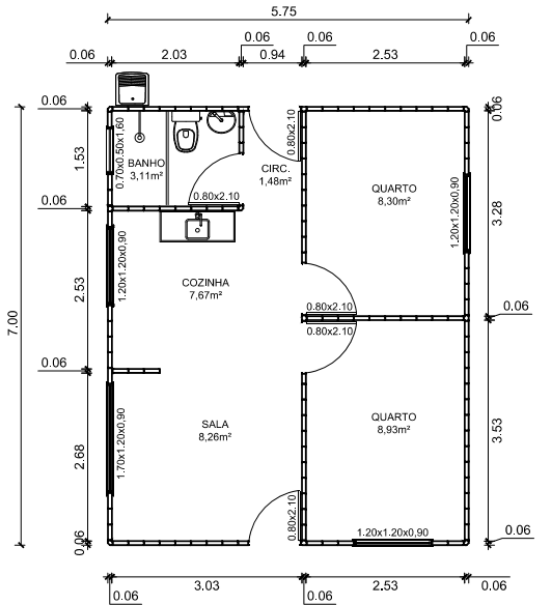
Com origem no Canadá, o Sistema Concreto-PVC foi criado para suprir as deficiências pós desastres (inundações, tempestades) com velocidade. Basicamente constituído por paineis ocos de PVC com reforços internos encaixados verticalmente entre si (encaixe macho-fêmea), posteriormente preenchidos com concreto leve e fluido (SCHMIDT, 2013).

O interior oco das paredes deste sistema facilita a inserção das armaduras e tubulações necessárias (hidráulicas, elétricas). A concretagem subsequente (somente agregados miúdos) visa aumentar a rigidez do conjunto e possibilitar a resistência mecânica junto à estrutura; os revestimentos ficam a critério (SCHMIDT, 2013).

Segundo a Royal do Brasil Indústria de Perfis de PVC Ltda, fornecedora do sistema aos Municípios de Colatina e Linhares, os paineis de 64 mm de espessura preenchidos com concreto estrutural, não necessitam de estruturas independentes como vigas e colunas, suportando até três pavimentos com quaisquer tipos de lajes. Geralmente, utiliza-se fundação do tipo radier (ROYAL, 2016).

Cabe ressaltar que, de acordo com Schmidt (2013), por se tratar de um sistema industrializado, o número de atividades realizadas *in loco* é reduzido. Por exemplo, os Kits construtivos (Figura 4) chegam cortados à obra em suas dimensões finais, prontos para serem montados, sem a necessidade de grandes estoques. A habitação constitui-se de sala, cozinha, banheiro e dois quartos, dispostos em cerca de 40 m².

Figura 4 – Planta baixa do Kit construtivo disponível no Sistema Concreto-PVC



Fonte: Arpa (2014)

4.2 *Mobile Steel System*

Novamente em Colatina, também para HIS, está sendo implantado o método construtivo *Mobile Steel System*, idealizado pela Empresa Irmãos Fischer Indústria e Comércio Ltda. de Santa Catarina. As habitações (Figura 5) estão situadas no Bairro Barbados, sendo que, 6 unidades foram entregues e 13 ainda estão sob processo construtivo.

Figura 5 – Habitações modulares edificadas pelo método construtivo *Mobile Steel System* localizadas no Bairro Barbados - Colatina (ES)



Fonte: As autoras

Similarmente, o Sistema é conhecido como Casa Modular Fischer, possuindo área padrão de 39,41 m² e disponibilizado em um kit de montagem (Figura 6). Neste sistema, paineis tipo "sanduíche" (aço galvalume preenchidos com poliuretano) possuem amarração com cabos de aço e união entre si sob encaixe macho-fêmea (TRAÇAR, 2016).

Figura 6 – Kit de montagem correspondente a Casa Modular Fischer



Fonte: Sistema (2016)

Os painéis são fixados a fundação, comumente feita em radier, por uma calha em PVC extrudado de formato "U". O sistema de instalações hidráulicas é aparente, de PVC soldável para água fria, permitindo fácil manutenção com perfil de acabamento no painel (TRAÇAR, 2016).

Quanto as instalações elétricas, estas estão dispostas internamente aos paineis, através de eletrodutos. A cobertura é constituída por telhas sanduíche, constituídas de aço galvalume preenchidas em EPS; estas se apoiam nas paredes laterais e central do módulo (TRAÇAR, 2016).

4.3 Sistema Integrado em Estrutura Metálica

Também por meio do PMCMV, Cachoeiro de Itapemirim inseriu pela primeira vez um sistema industrializado em HIS. O Residencial Esperança (Figura 7), situado no Bairro Marbrasa, disponibilizou 496 apartamentos dispostos em 31 prédios, sendo 16 unidades habitacionais em cada edificação e 4 moradias por pavimento. Estas foram construídas com um Sistema Integrado em Estrutura Metálica, utilizando-se vigas e pilares em aço estrutural patinável, divisórias em gesso acartonado e aço (sistema *dry wall*) e vedação externa em blocos cerâmicos (PMCI, 2013).

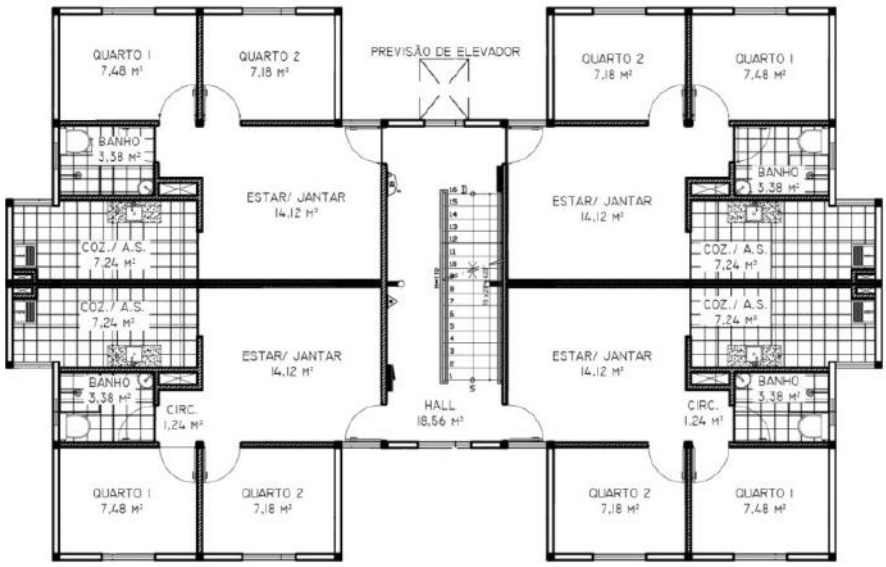
Figura 7 – Habitações em Sistema Integrado de Estrutura Metálica localizadas no Residencial Esperança – Cachoeiro de Itapemirim (ES)



Fonte: Santos (2014). Pontini (2016)

Este sistema de estruturas metálicas, denominado Usiteto, é fornecido pela Siderúrgica Usiminas. Permite-se a construção de edifícios residenciais com até cinco pavimentos, cujas unidades habitacionais possuam até 45 m² (Figura 8) (SILVA, 2003).

Figura 8 – Pavimento tipo dos edifícios implantados no Residencial Esperança



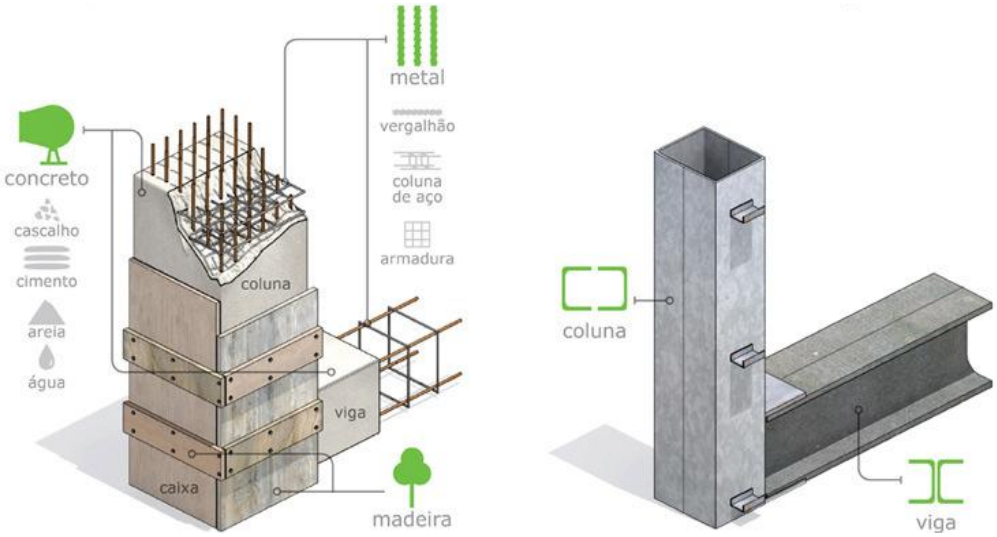
Fonte: Construtora Solare, responsável final da execução do projeto. Adaptação: As autoras

A opção por divisórias em gesso acartonado foi um método de economia em tijolos cerâmicos. A redução desse volume de material no interior de cada prédio foi suficiente para vedação de outro semelhante (PMCI, 2013). Esse tipo de vedação interna industrializada é a mais difundida na construção civil, compondo-se de gesso revestido em papel acartonado em ambos os lados. Dessa forma, "a baixa resistência à tração do gesso é suprida pelo papel cartão aderido que atua como uma malha de tração e confere um melhor acabamento final." (COELHO, 2003, p. 129).

Entre as placas existe um vazio propício à passagem de instalações, sejam elétricas ou hidráulicas. Os montantes, estruturas verticais compostas por perfis galvanizados dispostos entre as placas de gesso acartonado, também possibilitam a passagem de instalações através de furos regularmente espaçados entre si (COELHO, 2003).

Segundo a Usiminas (2016), a agilidade produtiva é o benefício que mais se destaca em construções de estruturas metálicas; diversas montagens podem ocorrer simultaneamente. Além disso, utiliza-se de um material racionalizado, totalmente reciclável, provedor de uma maior resistência mecânica e rigidez estrutural, ao passo que obras convencionais possuem um maior peso estrutural, maior impacto no entorno, maior volume de entulhos e gastos onerados em transporte dos diversos materiais. A economia de materiais na utilização do sistema industrializado ao convencional, assim como sua sustentabilidade, está sintetizada na Figura 9 (USIMINAS, 2016).

Figura 9 – Economia e sustentabilidade em materiais utilizando-se vigas e pilares em estrutura metálica



Fonte: Usiminas (2016)

4.4 Sistema habitacional em *containers*

Os *containers* são grandes caixas de metal locomovidas em trens ou navios com objetivo de comportar e condicionar cargas, tendo vida útil para tal necessidade de aproximadamente 10 anos (MILANEZE *et al.*, 2012). Idealizando a habitação utilizando os módulos metálicos, Milaneze *et al.* (2012, p. 618) afirma que as mesmas "refletem uma mudança de comportamento da sociedade, pois assumem um papel prático na vida dos indivíduos, seja por causa da mobilidade, do preço ou das constantes catástrofes naturais.".

Visando um projeto ambientalmente correto, economicamente acessível e sustentavelmente produtivo, o sistema habitacional em *containers* agrega-se aos demais sistemas industrializados. Como tal, este sistema auxiliará na agilidade e conclusão da edificação, contribuirá na menor produção de resíduos de obras, bem como utilizar-se-ia de um bem descartado após completar sua vida útil como contentor de cargas, minorando os amontoados contínuos de *containers* em cidades portuárias (MILANEZE *et al.*, 2012).

Os módulos são produzidos com propriedades físicas e geométricas para serem empilhados de forma segura durante as trajetórias comerciais. Dessa forma, por exemplo, situações emergenciais poderiam ser atendidas de forma efetiva, visto que é praticável a fabricação e estoque de *containers,* mesmo que modificados para uso habitacional.

No mercado náutico, tal qual definido pela Delta *Containers* (2016), existem duas tipologias de *containers* dominantemente empregadas*: Container Dry* (seco) e *Container Reefer* (refrigerado), ambos com dimensões predefinidas, conforme Tabelas 2 e 3. De acordo com a *Containers* Brasil (2016), a padronização de *containers* é proposta pela *International Standards Organization* (ISO), contudo, houve a ratificação da mesma em nosso país.

Dessa forma, a normalização técnica dos módulos é controlada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), porém, embasados na diretriz ISO para *containers*.

Tabela 2 – Dimensionamento de *Container Reefer* (refrigerado)

***Container Reefer* (refrigerado)**	**Dimensões internas**			**Área**
	Comprimento	**Largura**	**Altura**	
20' *Standart*	5,456 mm	2,294 mm	2,273 mm	12,52 m²
40' *Standart*	11,590 mm	2,294 mm	2,273 mm	26,59 m²
40' *High Cube*	11,590 mm	2,294 mm	2,545 mm	26,59 m²

Fonte: Delta (2016)

Tabela 3 – Dimensionamento de *Container Dry* (seco)

***Container Dry* (seco)**	**Dimensões internas**			**Área**
	Comprimento	**Largura**	**Altura**	
20' *Standart*	5,898 mm	2,352 mm	2,393 mm	13,87 m²
40' *Standart*	12,032 mm	2,352 mm	2,393 mm	28,30 m²
40' *High Cube*	12,032 mm	2,352 mm	2,698 mm	28,30 m²

Fonte: Delta (2016)

O modelo *High Cube*, seja ele *Reefer* ou *Dry*, é o melhor indicado para fins habitacionais, visto que seu pé direito é o maior da categoria, estando somente ele acima de 2,50 m, pé direito mínimo estabelecido pela NBR 15575: Norma de Desempenho (TELLO; RIBEIRO, 2012).

Conforme proposto por Aguirre, Oliveira e Correa (2010), um projeto de HIS em *containers* se mostra adequado ao propósito de minimização do deficit habitacional. Para implantação do sistema de estudo destes autores, seguiu-se a Legislação Municipal local vigente.

Nesta, as áreas úmidas (cozinha, banheiro e área de serviço) e churrasqueira, deveriam estar em um anexo edificado com paineis pré fabricados de tijolos furados (Figura 10); os demais cômodos estariam dispostos em dois módulos sobrepostos de 20' cada. A edificação totalizou aproximadamente 42 m².

Figura 10 – Fachada Norte, perspectiva e plantas baixas da proposta de HIS em *container*

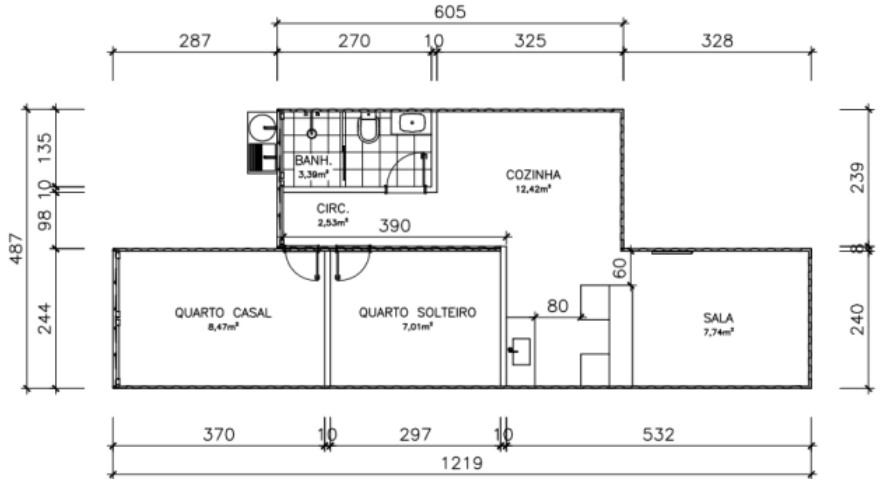


Fonte: Aguirre; Oliveira; Correa (2010)

Para isolamento térmico, devido a baixa resistência térmica do módulo, foi proposta uma camada de poliestireno expandido e acabamento em réguas de PVC ou placas OSB. Ainda visando a proteção térmica da superfície, aplicou-se cobertura vegetal em ambos os contentores (AGUIRRE; OLIVEIRA; CORREA, 2010).

No Município de Colatina, uma proposta de implantação deste sistema para HIS traria outras peculiaridades segundo o atual Código de Obras Municipal. Utilizar-se-ia um *Container Dry* 20' para as áreas molhadas, visto que é aceitável um menor pé direito para as mesmas. Os demais compartimentos estariam dispostos em um módulo *Dry* 40' *High Cube* (Figura 11) (COLATINA, 1996). A edificação totalizaria em torno de 42 m² de área útil.

Figura 11 - Projeto habitacional em *containers*



Fonte: As autoras

5 COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

Os dados apresentados abaixo (Tabela 4), exceto para o Sistema *Container*, foram recorrentes da implementação dos Sistemas nas cidades capixabas mencionadas.

Tabela 4 – Comparativos entre sistemas construtivos adotados no Espírito Santo

	Sistemas construtivos			
Discriminação	**Sistema Concreto-PVC**	***Mobile Steel System***	**Sistema Integrado em Estrutura Metálica**	**Sistema *Container***
Tipo habitacional pesquisado	Térreo	Térreo	Edifício (04 pavimentos)	Térreo
Possibilidade de edifício multifamiliar	Sim	Sim	Sim	Sim
Área útil unifamiliar	38,00 m²	39,41 m²	39,40 m²	41,56 m²
Fundação tipo Radier	Sim	Sim	Não	Sim
Estruturas independentes (vigas e pilares)	Não	Não	Sim	Não
Cobertura	Sim	Sim	Sim	Não
Modulação	Kit construtivo	Kit construtivo	Kit construtivo estrutural	Módulo
Vedação	PVC	Aço galvalume	A critério	Aço corten
Revestimento interno	Não	Não	Emassamento e Pintura	Réguas de PVC, placas OSB ou gesso acartonado
Revestimento externo	Não	Não	A critério	Pintura
Construção enxuta	Sim	Sim	Sim	Sim
Mão de obra qualificada	Sim	Sim	Sim	Sim

Elaboração: As autoras

A partir da Tabela 4, verifica-se que o Sistema *Container* possui características muito próximas dos atuais sistemas adotados no Estado do Espírito Santo. Ainda, soma-se aos benefícios do *container*, o corte de gastos em cobertura, visto que o módulo já a possui, bastando revestí-la internamente como as paredes. Outro grande potencial do sistema proposto é a possibilidade de pronto atendimento em situações de calamidade, ganhando dos demais em cronograma de execução.

5 CONCLUSÃO

O sistema habitacional, no Brasil, resiste em optar pelas técnicas industrializadas, contudo, os benefícios das construções racionalizadas vem sendo buscados em conjunto com o crescimento das necessidades atuais de produção de HIS.

O fato de sistemas industrializados serem homologados pela CEF como alternativas edificáveis de HIS, exemplifica a reabertura projetual da construção civil à técnicas não tradicionais, o que viabiliza a busca por alternativas técnicas avançadas. No entanto, a mão de obra qualificada ainda é um desafio rumo a esta conquista.

O Sistema *Container* possui potencial no equacionamento do deficit habitacional, trazendo consigo qualidade de habitabilidade, rapidez e fácil expansibilidade destas moradias.

Apesar disso, atualmente, ainda não existem normas ou minutas de diretrizes brasileiras que regem este sistema. A possível homologação e desenvolvimento de HIS com uso de *containers* trará consigo um importante avanço nas técnicas construtivas utilizadas, bem como contribuirá para a reciclagem dos descartes do mercado náutico atual.

AGRADECIMENTOS

À Traçar Construtora e Incorporadora, à Construtora Arpa e Serviços, à Jocafe Empreendimentos Imobiliários e à Solare Construtora e Incorporadora, pela disponibilidade, fornecimento de dados e informações. Similarmente, agradecemos ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Colatina, pelo suporte dado no decorrer da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, L. D. M.; OLIVEIRA, J. G.; CORREA, C. B. **Habitando o container – Proposta de uso de container reciclado para Habitação de Interesse Social Bioclimática para a cidade de Pelotas.**In: Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social, 2010, Porto Alegre. ANAIS - Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre: EDIPUCRS. 2010. 150-150 p.

ARPA Construtora. **Projeto Loteamento Nilson Soella 3.** Maio 2014. Disponível em: <http://www.construtoraarpa.com.br/mostra_projetos/38/loteamento-nilson-soella-3-maio-2014>. Acesso em: 07 abr. 2016.

CAIXA Econômica Federal. **Minha Casa Minha Vida.** Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programas_habitacao/entidades/entidades.asp>. Acesso em: 23 jan. 2016.

COELHO, Roberto de Araújo. **Sistema Construtivo Integrado em Estrutura Metálica.** 2003. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais. 2003.

COLATINA. Lei nº 4.226. Código de obras. **Dispõe sobre o código de obras do Município de Colatina Estado do Espírito Santo.** 12 fev. 1996. Disponível em: <http://www.colatina.es.gov.br/legislacao/Codigo_obras.pdf>. Acesso em: 25 maio 2016.

CONTAINERS Brasil. Disponível em: <http://www.containersbrasil.com.br/site/index.asp?area=container&id_container=19>. Acesso em: 16 jan. 2016.

DELTA Containers. Disponível em: <http://deltacontainers.com.br/>. Acesso em: 16 jan. 2016.

FORTES, B. C. S. *et al*. **Análise perceptiva da qualidade ambiental em habitação de interesse social na cidade de Colatina - ES:** Avaliação pós-ocupação. In: Fórum Habitar 2014 - Habitação e desenvolvimento sustentável, 2014, Belo Horizonte. Anais do Habitar 2014, 2014.

IJSN - INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Mapas.** Disponível em: < http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>. Acesso em: 04 fev. 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=es>. Acesso em: 07 abr. 2016.

MATTOSINHO, C; PIONÓRIO, P. **Aplicação da produção mais limpa na construção civil:** uma proposta de minimização de resíduos na fonte. International Workshop Advances in Cleaner production key elements for a sustainable World: energy, water and climate change. São Paulo: May 20th – 22 nd, 2009.

MELLO, C. W. **Avaliação de Sistemas Construtivos para Habitações de Interesse Social.** 2004. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004.

MILANEZE, G. L. S. *et al*. **A utilização de containers como alternativa de habitação social no município de Criciúma/SC.** Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense. SICT – SUL 1. Criciúma – SC, 2012.

PEHAB 2030 - **Plano Estadual de Habitação do Espírito Santo - 2030.** Vitória – ES, 2013.

PMCI - PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM. Habitações em Cachoeiro são modelo para outras cidades. *Via ES***.** Cachoeiro de Itapemirim, 22 jan. 2013. Disponível em: <http://viaes.com.br/site4/exibir/38659/Noticias>. Acesso em: 08 abr. 2016.

PONTINI, Lenilce. Governador e ministro das Cidades participam de entrega de unidades habitacionais em Cachoeiro. *Folha Vitória*, Vitória, 18 fev. 2016. Disponível em: <http://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/2016/02/governador-e-ministro-das-cidades-participam-de-entrega-de-unidades-habitacionais-em-cachoeiro.html>. Acesso em: 08 abr. 2016

ROYAL do Brasil Indústria de Perfis de PVC Ltda. Disponível em: <http://www.royal-es.com/sistema-construtivo>. Acesso em: 07 abr. 2016.

SALES, J.J. **Estudo do projeto e da construção de edifícios de andares múltiplos com estruturas de aço.** São Carlos, 1995. 257p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1995.

SANTOS, Allana. Prefeitura de Cachoeiro-ES reconvoca selecionados do Minha Casa, Minha Vida. *Folha do ES*. Cachoeiro de Itapemirim, 12 de jun. 2014. Disponível em: <http://www.folhadoes.com/noticia/2014/06/12/prefeitura-de-cachoeiroes-reconvoca-selecionados-do-minha-casa-minha-vida.html>. Acesso em: 08 abr. 2016.

SILVA, Daniel Marques. **Estruturas metálicas:** novas tecnologias empregadas em moradias populares. 2003. 40p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003.

SISTEMA Construtivo Fischer. Disponível em: <http://www.casamodularfischer.com.br/projetos>. Acesso em: 07 abr. 2016.

SCHMIDT, Vinicius Leandro. **Paredes Estruturais Constituídas de Paneis de PVC Preenchidos com Concreto:** Análise das Potencialidades do Sistema. 2013. 89p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

TELLO, Rafael; RIBEIRO, Fabiana Batista. **Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção.** – Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2012. 160p.

TRAÇAR Construtora e Incorporadora. **Casas Modulares.** Disponível em: <http://www.tracarconstrutora.com.br/casamodular.html>. Acesso em: 05 abr. 2016.

USIMINAS - USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS S.A. **Usiminas avança no Minha Casa, Minha Vida.** Disponível em: <https://www.usiminas.com/solucoes/usiminas-avanca-no-minha-casa-minha-vida/>. Acesso em: 09 abr. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS DE PROJETO DE FORMAS PARA TAIPA[1]

BARRETO, Mylla B. F. (1); LOPES, Camila A. (2); YUBA, Andrea N. (3); LATOSINSKI, Karina T. (4)

(1) UFMS, e-mail: myllafrota@gmail.com; (2) UFMS, e-mail: camila-lopes@outlook.com; (3) UFMS, e-mail: naguissa@gmail.com; (4) UFMS, e-mail: karina.latosinski@ufms.br

RESUMO

A execução de taipa, técnica construtiva para paredes maciças de terra, dispensa, pelo seu nível de acabamento, o uso de reboco ou tintas. Mas, assim como toda técnica que se baseia no uso de formas, é suscetível à ocorrência de patologias, como deformações ou imperfeições de superfície. Buscando aprimorar a qualidade das paredes e o sistema de formas, o estudo das patologias ocorridas em obras é oportuno para o desenvolvimento das premissas relacionadas à difusão desse sistema construtivo. Este trabalho objetiva levantar parâmetros de projeto para a elaboração de formas empregadas na construção em taipa a partir de evidências avaliadas em um estudo de caso. Analisou-se um protótipo, em taipa mecanizada, cujas paredes apresentaram, após a desforma, deformações visíveis a olho nu. Foram consideradas etapas do processo produtivo e foram examinadas as patologias existentes ao final da execução de tais paredes. As medições avaliaram o desvio de prumo e o material excedente utilizado, através de um método simples combinado com modelagem tridimensional. Foi calculado o excedente total de 7m^3 de terra, o que representa um desperdício equivalente a uma parede. Logo, a sistematização das informações permitiu a elaboração de diretrizes relacionadas às formas visando minimizar patologias nas paredes de taipa e aprimorar os equipamentos necessários à execução do sistema construtivo.

Palavras-chave: Taipa. Forma. Patologia.

ABSTRACT

Rammed earth, a construction technique for massive walls, because of its high finishing level, does not need plasters or painting. But, like every other technique based on the use of formwork, it is susceptible to defects, like deformations or surface imperfections. Moreover, it is not good with corrections without any loss of aesthetic quality. Aiming to improve the quality of rammed earth walls and formwork, a research about these defects is appropriate to develop some principles towards dissemination of this building construction system. Thus, the present work aims to develop design parameters for rammed earth formwork, based on a case study. It analyzes a rural housing prototype with 105 m2, built with a mechanized method. The walls had, after disassembly, deformations caused by the resistance lack of the formwork components. Thus, for the parameters, stages of production process were considered - materials and formwork conexions, easiness for assembling and disassembling it, ramming efforts - and also the data collected about the status of each wall. The deviations were measured and the material excesses were obtained, by the combination of simple tools and 3D modeling. It was calculated total surplus of about 7m3 of soil, which is equivalent to

[1] BARRETO, Mylla; AJIKI, Camila; YUBA, Andrea; LATOSINSKI, Karina. Levantamento de Parâmetros de Projetos de Formas para Taipa. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

another wall. Therefore, the data allowed the development of guidelines to minimize defects and improve the equipment for the construction system.

***Keywords**: Rammed earth. Formwork. Patology.*

1 INTRODUÇÃO

Dentre os métodos de construção com terra, a taipa apiloada (*rammed earth, pisé)* é uma técnica que, apesar da origem antiga, vem sendo incrementada tecnologicamente para passar da condição artesanal à racionalizada. Isso tem se dado pela introdução de outros materiais, que melhoram seu desempenho, aumento do conhecimento técnico e pela mecanização do seu processo produtivo, o que agrega mais produtividade e qualidade.

Ao contrário do que se poderia esperar em tempos de alta discussão da sustentabilidade, os exemplares de construções com terra são poucos, encontrados em nichos de produção muito peculiares, seja no Brasil ou em outros lugares. Tecnologias emergentes, tal como a taipa mecanizada, enfrentam barreiras de integração com os sistemas construtivos comercialmente estabelecidos e, dessa forma, é necessária a adaptação da cadeia produtiva para a inserção desse sistema construtivo. Essa foi uma discussão recorrente na I Conferência Internacional de Construções em Taipa realizada na Austrália (CIANCIO e BECKETT, 2015).

Apesar de poucos, os exemplares são suficientes para fomentar as elocubrações sobre a potencialização do material e da técnica para uso na construção civil. Isso já aconteceu na história brasileira, com os trabalhos desenvolvidos pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, da Universidade do Estado da Bahia (CEPED, 1984), mas que não evoluiu. Mais recentemente, foi desenvolvida a norma de blocos de solocimento, e em curso a de adobe. A difusão ocorre em pequena escala com eventos e ações de redes, como PROTERRA (iberoamericano) e TerraBrasil (brasileiro).

Um dos gargalos tratados pelo CEPED era a dificuldade de obter formas adequadas para a técnica. O Manual de Construção com Solo-cimento, do CEPED, cita a dificuldade de construção de paredes maciças mantendo o alinhamento e o prumo das formas. A atual mecanização da compactação agrega mais fatores a serem considerados no projeto das formas, o que, somado a falta de domínio da técnica e a falta de fornecedores nacionais aptos, perfaz uma grande lacuna para a difusão da técnica. A eficiência do sistema de formas é chave para a boa produtividade das paredes em taipa, mas ainda é frequente a adaptação de formas originalmente utilizadas em concreto para a construção com terra (WALKER, P. *et al*, 2005).

Características como leveza, compacidade, durabilidade, bom acabamento são esperados para o bom desempenho da forma. Assim como o que já foi ressaltado por NEVES e FARIA (2011) quanto à facilidade de montagem/desmontagem sem impactos à parede e também custo. Além disso, a forma para taipa deve ser resistente ao empuxo causado pela compactação e não obstruir as operações da produção de parede. Todos

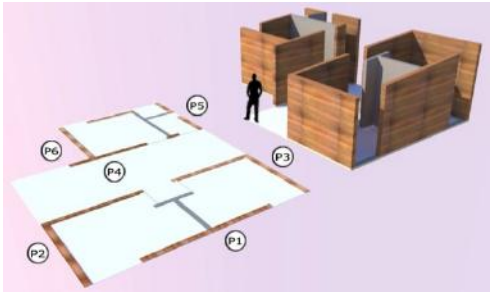
esses parâmetros constituem *inputs* para o projeto da forma, que precisam de sistematização.

Assim, este artigo sistematiza tais parâmetros, que deverão alimentar o processo de projeto de uma forma especificamente projetada para taipa. Para tanto, uma forma para taipa, foi adquirida, adaptada e utilizada para a produção de um protótipo. O processo de produção de paredes foi acompanhado e problemas foram detectados durante a construção (item 2) e após a desforma (item 3). A avaliação de desempenho da forma foi feita com base no produto (paredes) e não na forma, pelos ganhos de conhecimento proporcionados pelo uso e também pela falta de equipamentos específicos para verificação das formas. Os dados foram sistematizados e avaliados (item 4).

2 A FORMA E O PROTÓTIPO

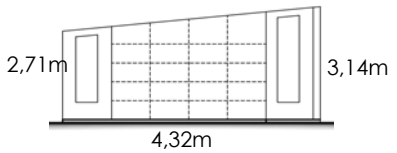
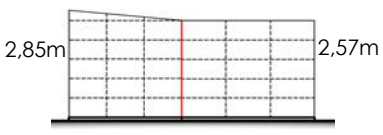
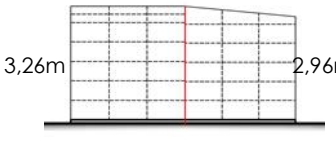
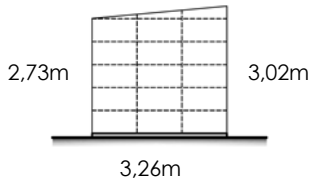
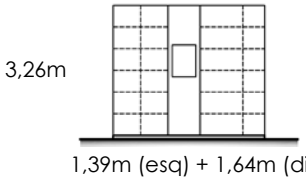
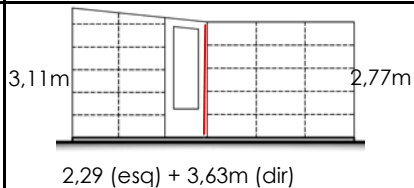
O protótipo de habitação social, com 105 m², é composto por dois volumes, separados por uma varanda. Possui tanto paredes de taipa, quanto de alvenaria convencional (em locais onde há esquadrias, parede hidráulica e espaços exíguos). As seis paredes de taipa, enumeradas na Figura 1 e no Quadro 1, foram projetadas para terem 20cm de espessura e 4 delas com inclinação no topo, de 10%.

Figura 1 – Ordem de execução das paredes do protótipo de habitação



Fonte: Gomes (2015)

Quadro 1 – Medidas gerais das paredes do protótipo.

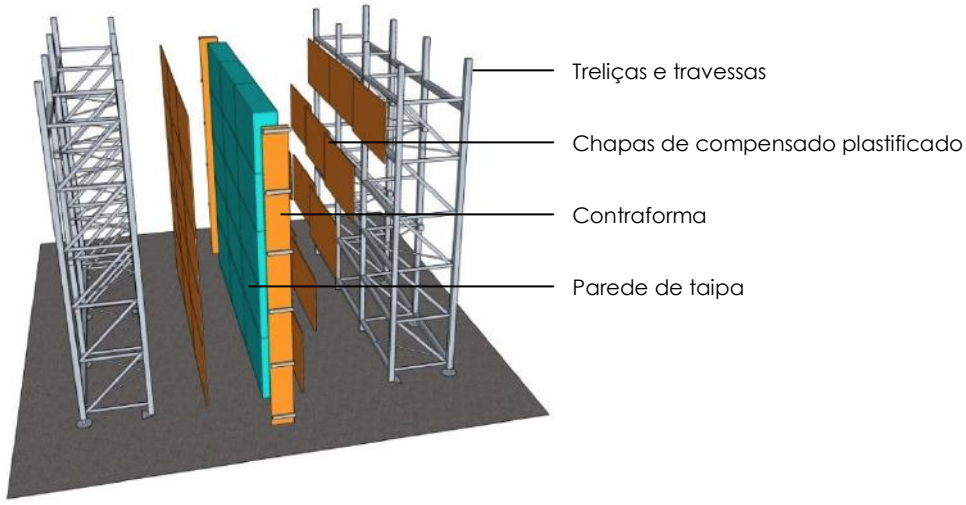
P1	P2	P3
		
Vol: 2,84 m3	Vol: 3,88 m3	Vol: 4,82 m3
P4	**P5**	**P6**
		
Vol: 2,69m3	Vol: 2,28m3	Vol: 4,15m3

* linhas pontilhadas indicam as marcas das bordas das placas de compensado plastificado sobre a parede.
** em P2, P3 e P6, paredes em "L", as linhas vermelhas indicam a mudança de direção da parede.

Fonte: Os autores

As formas utilizadas, projetadas por HEISE e HOFFMANN (2005), são de estrutura treliçada de aço formada por perfis tipo Metalon e barras chatas (0,53 x 3,3 m), travessas e chapas de compensado plastificado (20mm). A estrutura treliçada tem nessa forma, o papel de substituir as agulhas (barras que transpassam a forma de um lado para outro, que atuam sob tração, durante a compactação), passando a atuar sob compressão. As barras horizontais são usadas como suporte para tábuas, para atuar como andaime, otimizando o espaço no canteiro de obras. A forma já havia sido utilizada em outras obras (com quantidade variável de usos em cada obra) e sofreu adaptações para se adequar à espessura de 20cm da parede e para a altura de 3,3m. Na base, a fixação da estrutura é feita com parafusos, diretamente no radier, conformando rigidez à estrutura. O prumo é ajustado por rosqueamento na extremidade das treliças metálicas (Figuras 2 e 3).

Figura 2 – Perspectiva explodida do conjunto de formas utilizado



Fonte: Os autores

Figura 3 – Formas utilizadas para a construção das paredes.



Fonte: Os autores

Cada metro quadrado de face de forma tem 14,13kg/m^2, correspondendo a 3 treliças (cada 3 treliças contemplam 2 módulos de 1,10m na largura e 6

módulos de 0,55m na altura), 14 travessas, 3 peças de topo. Módulos maiores que 0,60m2 (0,55x1,10m) foram cogitados pelos operadores, mas esse apresentou-se vantajoso para a adaptação das dimensões originais de projeto.

O tempo de montagem da forma, na execução do protótipo, foi de ½ a 1 dia, com significativa dificuldade para aprumar e alinhar, dado que a forma já acumula deformações sofridas nas obras passadas. A compactação das paredes demandou de 1 a 2 dias e a desmontagem foi feita em pouco mais de meia hora.

O preparo das formas consiste em aplicação de uma camada de desmoldante nas chapas de compensado, antes de receber a mistura de terra. No caso, foi utilizado o óleo diesel.

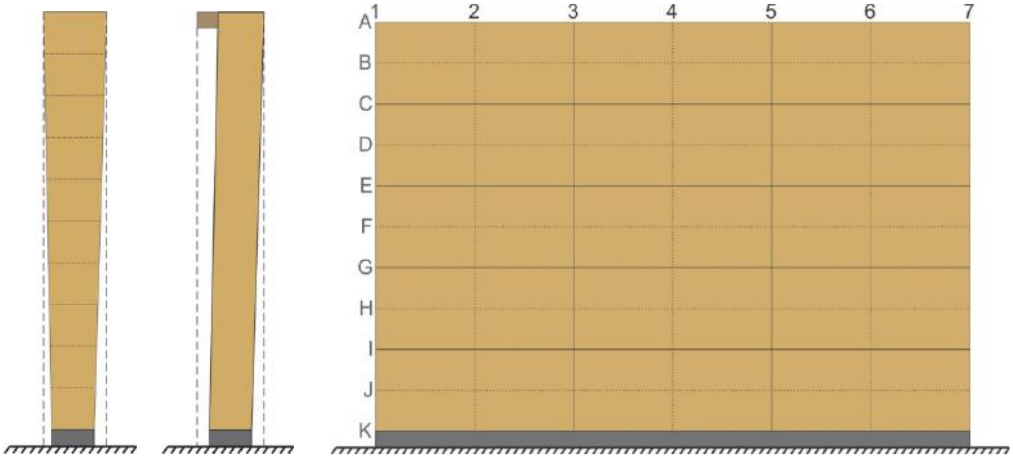
A compactação foi realizada com um compactador pneumático, sobre camadas de 20cm de mistura solta, até que a altura reduzisse a 50 – 55% (10 a 11cm). Cada módulo de placa de compensado em altura (0,55m) corresponde a 4 ou 5 camadas compactadas. E cada treliça corresponde a até 6 módulos desses (3,20m de altura útil), recebendo os golpes do compactador, de até 30 camadas.

Durante a execução das paredes, foram relatados rompimentos do travamento do topo da forma, que não puderam ser reparadas. Isso resultou em paredes mais largas no topo do que na base. Na base não houve deformação, dado o chumbamento com parafusos no radier.

3 MÉTODO DE MEDIÇÃO DAS PAREDES CONSTRUÍDAS

Após a desforma, eram visíveis a olho nu, deformações em ondulações verticais e horizontais. Cada parede foi medida (altura, espessura, largura, prumo), tendo como base as marcas nas paredes deixadas pelas placas de compensado (Figura 4).

Figura 4 – Perfil esquemático das paredes e eixos de medição.



*eixos 1, 3, 5 e 7 e A, C, E, G, I, K: marcas das chapas de compensado. Os eixos verticais também correspondem à posição das treliças metálicas da estrutura da forma e os horizontais correspondem às travessas.
**eixos 2, 4, 6: maior deformação por flexão.

Fonte: Os autores

Tendo como princípio não comprometer a aparência, função ou durabilidade das paredes, foi elaborado um procedimento de medição dos defeitos sem causar danos.

Foi utilizado prumo de face posicionado nos eixos 1 a 7, identificados na Figura 4. As primeiras medições revelaram que as paredes são mais largas no topo do que na base e que há também paredes muito desaprumadas. Assim, uma peça auxiliar, um cubo de madeira com medida conhecida e posteriormente subtraída, foi empregada para viabilizar a medição (Figura 5a).

Após a colocação da peça auxiliar rente à parede, posicionou-se o prumo de face (Figura 5b) e no ponto onde o pêndulo apontou o prumo (Figura 5c) foi tensionada uma linha para balizar as medições. A partir dessa linha, foram medidas as distâncias até a parede de taipa (Figura 5d).

Figura 5 – Medição de desvios de prumo, sem e com peça auxiliar.



a **b** **c** **d**

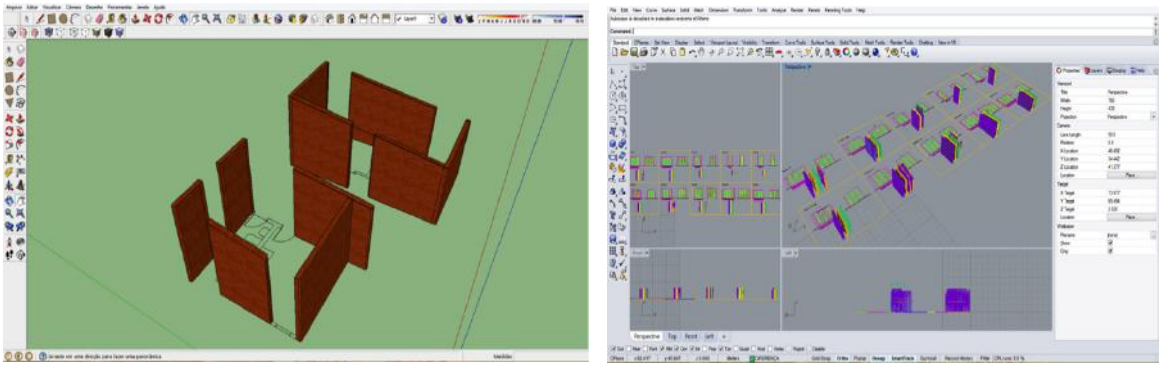
*linha tracejada: linha tracionada

Fonte: Os autores

Dessa maneira, a espessura da parede foi totalmente medida com régua apenas em seu topo. Ao longo do pé direito, a espessura foi obtida através dos valores encontrados com a medição do prumo nas duas faces de cada parede e transferidos para o desenho no *software* AutoCad. Tais medidas geraram 63 seções das paredes (1 corte a cada 55cm, por exemplo: corte no plano dos pontos 1A, 1B, 1C,...., 1K de uma face e 1A, 1B, 1C...., 1K da face oposta).

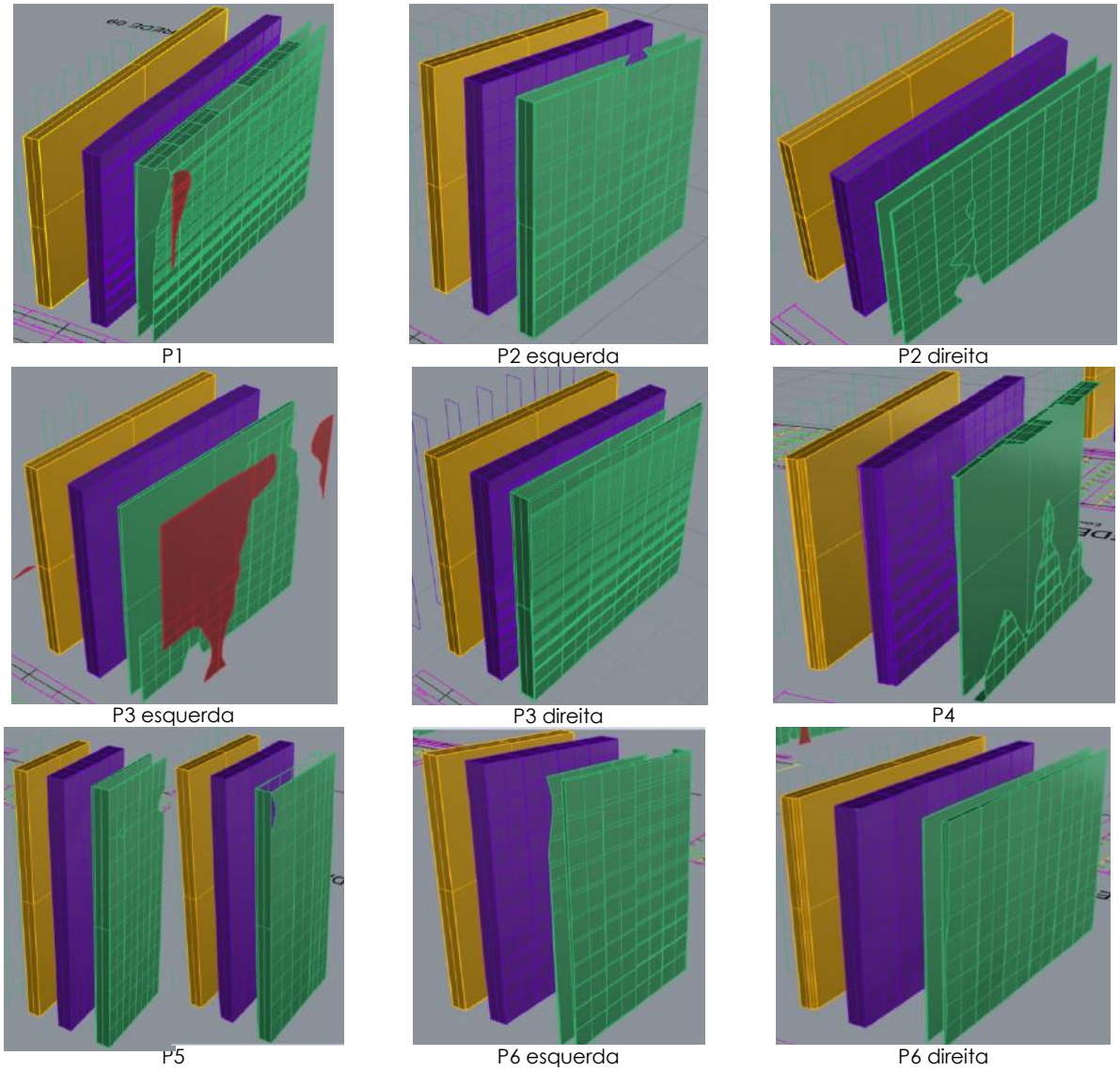
Para a obtenção da totalidade de material faltante/desperdiçado pela ocorrência desses defeitos, as medidas das 63 seções representadas em AutoCad (2D) foram modeladas em 3D com os *softwares* SketchUp 8® e Rhinoceros. Paredes hipoteticamente perfeitas foram também modeladas em SketchUp 8® para comparação e subtração de volumes entre os modelos da parede real e a fictícia (perfeitamente prumada com 20cm de espessura). O uso de 2 softwares de modelagem se deve ao nível de detalhamento que cada um possibilita, ao representar curvaturas (Figuras 6 e 7).

Figura 6 – Plataformas dos softwares SketchUp8® e Rhinoceros®, com modelagem das paredes fictícias e reais, respectivamente.



Fonte: Os autores

Figura 7 – Subtração entre as paredes na plataforma do programa Rhinoceros®.



roxo: modelo real; amarelo: modelo fictício; verde: volume desperdiçado; vermelho: volume deficitário

Fonte: Os autores

Todas as paredes tiveram o seu volume calculado em metros cúbicos, utilizando-se dos comandos de medição do próprio software Rhinoceros.

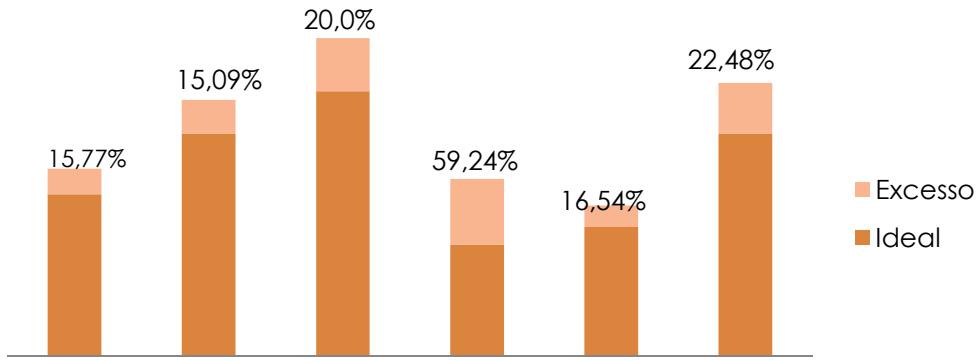
4 RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Quanto a medição

Através das medições e elaboração dos cortes identificou-se que os desvios de prumo mais expressivos são de 5cm, ou seja, um quarto da espessura da parede fora do seu eixo. Ainda, foi percebido que os abaulamentos das chapas de compensado das formas resultam em valores entre 0,8 e 1,5cm, na maior parte, podendo chegar a 2,45cm nos pontos de maior flexão.

O volume de material excedente totalizou 3,8m^3, quase ¼ a mais do volume total utilizado na obra (Figura 8).

Figura 8 – Volume de material incorporado em cada parede.



	1	2	3	4	5	6
Excesso	0,387	0,509	0,803	1	0,326	0,767
Ideal	2,454	3,373	4,015	1,688	1,959	3,376

Fonte: Os autores

Nas paredes 1 e 2, os desperdícios foram de aproximadamente 15% a mais do volume ideal e a parede 4 teve mais excessos do que as demais, correspondente a mais da metade do ideal. Cabe notar que as primeiras paredes tiveram acompanhamento dos projetistas da forma e sendo os percentuais maiores nas paredes 3 em diante, é possível inferir que há influencia da inabilidade da mão de obra, para a montagem e conferência de prumo e alinhamento. Essas paredes também sofreram adaptações (encontro em L entre P4 e P6, uso de contraformas em P5) e tiveram rompimentos de placa de compensado (6) e de topo (4 e 6).

O volume total do desperdício é equivalente a uma parede com dimensões similares à P2. O volume de terra solta correspondente, considerando fator de compactação de 1,8, seria de 6,8m^3, ou seja, mais de um caminhão a mais.

4.2 Quanto as diretrizes projeto para a proposição de formas

Tendo em vista que os resultados serão usados para melhorar a forma ou projetar uma nova, os dados obtidos permitiram tecer algumas considerações a respeito de:

- Leveza e compacidade: o peso de cada componente não ultrapassa 25kg, o que permite que seja carregada por uma pessoa apenas. O tamanho máximo dos componentes também não ultrapassa 3,3m e o espaço ocupado pela forma montada é de 1,2m (largura), habilitando-o para uso em espaços relativamente pequenos;
- Durabilidade: sendo em Metalon, a forma vem acumulando deformações ao longo das obras. À parte as deformações, tanto as peças metálicas quanto as chapas de compensado plastificado ainda apresentam bom estado de conservação, dado que o cimento presente na mistura não tem quantidade suficiente para aderir e danificar as chapas;
- Facilidade de montagem e desmontagem: a forma tem pequena diversidade de peças, o que facilita a identificação e o uso das peças corretas. Entretanto, dadas as deformações acumuladas da estrutura metálica, a montagem tomou mais tempo do que o usual. Sobre a hipótese de se adotar módulos maiores do que 0,6m^2, estima-se que, quanto maiores os componentes, menor será a tolerância para as interfaces com os demais subsistemas. A introdução de soluções de tolerância dimensional e sistemas de travamento condicionados ao autonivelamento e prumo podem ser consideradas no projeto;
- Acabamento da parede: houve deslocamentos das chapas, devido à vibração durante a compactação, resultando em desnivelamentos na superfície da parede. Isso ocorreu devido a folga entre chapas de compensado e entre estrutura e chapa, que, por sua vez, são decorrentes das deformações acumuladas na estrutura metálica. Nos pontos mais graves, ocorreu desagregação da parede pronta, pela falta de compactação. O desaprumo em paredes de taipa é de difícil correção e prejudica a colocação de esquadrias.
- Resistência da forma: as deformações das paredes têm as seguintes causas aparentes: a) a flexão das treliças e travessas, o rompimento dos topos das treliças e o abaulamento das chapas de compensado plastificado, quando submetidas ao empuxo da compactação; b) o deslocamento das chapas pela vibração da compactação. Isso evidencia a falta de resistência dos componentes e o cuidado necessário de considerar o empuxo da compactação no dimensionamento da forma.
- As ondulações superficiais, somadas aos problemas de rompimento dos topos da forma, apesar de aparentarem ter pouco impacto, totalizaram um desperdício de quase 7,0 m³ de terra;
- Grau de obstrução às operações da produção de parede: dada a concepção de projeto dessa forma, não há elementos internos à forma

(como agulhas) e também não há andaime, o que dá agilidade à produção e facilita a montagem em lugares estreitos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do estudo possibilitou avaliar as condições das paredes de uma edificação recentemente construída em taipa apiloada e, consequentemente, das formas utilizadas para a execução. Através dos resultados obtidos puderam ser identificados 7 aspectos para o projeto de formas de taipa (leveza e compacidade; durabilidade; facilidade de montagem e desmontagem; acabamento da parede; resistência da forma; ondulações superficiais; grau de obstrução às operações da produção de parede), cujos inter-relacionamentos deverão ser considerados para obter-se um desempenho satisfatório das formas.

O mapeamento dos excessos, facilitado pela simulação computacional, evidencia além do próprio desperdício, os pontos mais frágeis da forma. Visualmente, os excessos são perceptíveis, no entanto não se sabia o real volume excedente. O uso desses softwares permitiu aumentar o nível de precisão de valores relacionados pricipalmente ao volume.

Foi constatado que o topo das treliças e os pontos intermediários das travessas precisam de reforço. E, do mesmo modo, o ponto intermediário das treliças, para que suportem a compactação sem sobrecarregar as ligações no topo. Seria desejável que isso fosse feito sem o acréscimo de elementos na parte interna da forma. Assim, indica-se aos projetos de formas para paredes em taipa que sejam realizados ensaios em pequenas paredes monitorando as ações atuantes durante a compactação da mistura nas formas e o empuxo provocado para que os moldes resistam ao efeito.

Logo, o estudo é oportuno para evidenciar e contabilizar os prejuízos causados por falhas no sistema de formas necessários para a construção em taipa apiloada. Assim, os dados apresentados podem ser balizadores para o desenvolvimento, adaptação ou criação de novas formas/sistemas que possam suportar adequadamente os esforços atuantes durante a compactação no processo construtivo. Consequentemente, os dados apresentados podem contribuir para o uso racional de terra e materiais de construção, bem como os custos com transporte associados.

AGRADECIMENTOS

Patrocinadores: FUNDECT, CNPq, UFMS, Taipal Construções em Terra, Construgreen, Neomatex, Votorantim Cimentos, Sermix, Batlab, Ecomáquinas, Quartozolit, SF Formas, Mineração Xerez, Cerâmica Volpini. Imagens: Maria Claudia Bensimon Gomes.

REFERÊNCIAS

CEPED. Manual de construção com solo-cimento. São Paulo: CEPED, 1984. 3ª edição.

CIANCIO, D.; BECKETT, C.(EE). Rammed Earth Construction. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÃO EM TAIPA, 1, 2015, Western/Austrália. Anais... Londres: University of Western Australia, 2015, 181p.

HEISE, A., HOFFMANN, M. V. Projeto de forma de taipa. 2005.

MILANI, A.; YUBA, A.; VERALDO, A.; PAZ, J.. Análise do Processo de Produção de Paredes Monolíticas de Solo Estabilizado a Partir do Uso de Mecanização. In: XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014. Campo Grande–MS, 2014.

NEVES, C.; FARIA, O.. Técnicas de Construção com Terra. Baurú, São Paulo: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011.1º Edição

NEVES, C.. O uso de solo-cimento em edificações. A experiência do CEPED. In: V Seminário Iberoamericano de Construcción con Tierra, 2006, Mendoza. Construir con tierra ayer y hoy. Mendoza: Inchiusa conicet cricyt, 2006.

NEVES, C.. Utilização do Solo-Cimento para Execução de Paredes Monilitica. In: Boletim PNUD/MDU, 3, PNUD/MDU, 1987.

WALKER, P. et al. Rammed Earth: Design and construction guidelines. Garston, Waltford/Inglaterra: BRE Bookshop, 2005, 146p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SÍSMICA DE REFRAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DE PROVÁVEIS OBRAS DE AMPLIAÇÃO DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO[1]

DANTAS, Hiago S. (1); GUIMARÃES, Marina V. F. (2); ALVES, Felipe S. (3); TOMÉ, Stella M. G. (4); ARAÚJO, Marina M. (5)

(1) IFMG, e-mail: dantashiago@gmail.com; (2) IFMG, e-mail: marina.vf.guimaraes@gmail.com; (3) IFMG, e-mail: felipe.alves@ifmg.edu.br; (4) IFMG, e-mail: stella.tome@ifmg.edu.br; (5) IFMG, e-mail: marina.araujo@ifmg.edu.br;

RESUMO

A ideia preliminar de expansão do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi contempla a construção de um prédio destinado a laboratórios e salas de aula. O conhecimento de propriedades geotécnicas da subsuperfície e de informações referentes à execução do prédio atual do *campus* podem contribuir significativamente para a qualidade do projeto. O presente trabalho visa estudar a viabilidade técnica de aplicação da sísmica de refração para otimização do projeto de ampliação do *campus*. Os dados foram coletados através de entrevistas semiestruturadas e analisados por meio de pesquisa qualitativa. Como resultado do estudo, foram obtidas e registradas informações sobre a prática de execução da sísmica de refração, de características do subsolo local, do prédio atual bem como de prováveis obras de expansão do *campus*. Concluiu-se que é recomendado o uso da sísmica de refração nas áreas de estudo, pois o mesmo poderá auxiliar no mapeamento da estratigrafia do terreno e na detecção de eventuais interferências subterrâneas, podendo ainda contribuir para uma avaliação pós-ocupação das instalações do *campus*, na análise de eventuais danos relacionados a problemas de fundação. Para orientar aplicações da sísmica de refração nas áreas de estudo, foi sugerida uma programação de prospecção por este método no local.

Palavras-chave: Sísmica de refração. Método indireto de prospecção. Viabilidade técnica.

ABSTRACT

The expansion preliminary idea of IFMG – *Campus* Avançado Piumhi *includes the construction of a building for laboratories and classrooms. Understand the geotechnical properties of the subsurface and information concerning the implementation of the current campus building can significantly contribute to the quality of the project. This work aims to study the technical viability of refraction seismic application in order to optimize the campus expansion project. Data were collected through semi-structured interviews and analyzed using qualitative research. As the study results, were obtained and recorded information about the practical implementation of seismic refraction, of the local*

1 DANTAS, Hiago S.; GUIMARÃES, Marina V. F.; ALVES, Felipe S.; TOMÉ, Stella M. G.; ARAÚJO, Marina M.. Estudo de viabilidade técnica de aplicação do método de sísmica de refração para otimização de prováveis obras de ampliação de uma instituição federal de ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

underground features, of the current building and probable campus expansion works. It was concluded that the use of seismic refraction in the study areas is recommended, since it may assist in the ground stratigraphy mapping and in the detection of possible underground interference, and may contribute to after occupation evaluation of campus installations, in the analysis of damage related to foundation problems. In order to guide possible seismic refraction applications in the study areas, a prospecting program was suggested.

Keywords: *Seismic refraction. Indirect method of prospecting. Technical viability.*

1 INTRODUÇÃO

Uma série de acidentes ocorridos em grandes obras de engenharia, ao fim do século XIX e início do século XX, fomentou o estudo do solo, sua compreensão e manipulação, uma vez que qualquer edificação interage com a superfície terrestre, estando ela em contato direto ou não com a mesma. Citam-se, como exemplos, os sucessivos escorregamentos de terra de Culebra e Cucaracha durante e após a construção do Canal do Panamá, que por vezes bloquearam a passagem de embarcações (CAPUTO, 2014).

A ciência geofísica tem contribuído de forma significativa para o conhecimento do subsolo. Segundo Kearey *et al.* (2009), os métodos geofísicos de prospecção do terreno, embora passíveis de ambiguidades e incertezas na interpretação, podem fornecer informações relevantes para o entendimento sistêmico do comportamento do solo, de modo a complementar os dados das investigações diretas, que são pontuais. Como exemplos dessas informações, citam-se a estratigrafia do terreno, os prováveis tipos de solo e/ou rocha, a profundidade do lençol freático bem como eventuais interferências subterrâneas (tubulações, eletrodutos, fundações pré-existentes, etc.) presentes no subsolo (AZEVEDO & ROCHA, 2010; BARSÉ *et al*., 2003).

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade técnica de aplicação do método geofísico denominado sísmica de refração para otimização de obras de ampliação de uma instituição de ensino. Caso esta viabilidade seja confirmada, o levantamento por sísmica de refração poderá contribuir, por exemplo, para elaboração de perfis geotécnicos do terreno onde se pretende construir novos prédios que possam comportar salas de aula, laboratórios, áreas de lazer e recreação, bem como para uma avaliação pós-ocupação das instalações do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi, na análise de eventuais danos relacionados a problemas de fundação.

A escolha do referido método geofísico se deve à sua ampla aplicação em projetos de Engenharia Civil, no que diz respeito à investigação do subsolo e ainda, de acordo com Herzig (2004, p. 4) por fornecer "uma imagem detalhada das estruturas em subsuperfície, podendo apresentar boa resolução e grande penetração".

O estudo supracitado possui abordagem qualitativa no qual foram utilizadas, para a coleta de informações, análise documental e entrevistas

semiestruturadas[2], de forma a averiguar dados relativos à obtenção de características do terreno, do prédio atual e de prováveis instalações do *campus*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A técnica de sísmica de refração encontra-se explicitada resumidamente a seguir.

2.1 O método de sísmica de refração

De acordo com Kearey *et al.* (2009), no método de sísmica de refração, as ondas sísmicas são geradas por uma fonte controlada e se propagam em subsuperfície. Algumas delas retornam à superfície após sofrerem refração nas interfaces entre as camadas geológicas em profundidade, podendo ser detectadas por geofones distribuídos ao longo do perfil que se deseja prospectar.

Os geofones registram as vibrações do solo e os tempos de chegada a diferentes distâncias em relação à fonte, que são convertidos em velocidade de propagação das ondas sísmicas, de modo que as diferenças entre essas velocidades no perfil são utilizadas para o cálculo das espessuras das camadas de solo.

2.2 Ondas sísmicas

As ondas sísmicas são de baixa energia e curta duração, propagadas em todas direções na forma de pulsos a partir de uma fonte sísmica. A passagem destas através de um sólido não altera a massa do material, por isso, denominadas ondas elásticas de corpo (TEIXEIRA, 2013).

Segundo De Azevedo (2010), as ondas de corpo podem ser divididas em: ondas P, que se propagam longitudinalmente, e ondas S, de propagação transversal. Para fins de engenharia, tem-se maior aplicação da sismologia de ondas de cisalhamento (ou ondas S), nas quais as medidas das velocidades para camadas mais próximas à superfície permitem o cálculo do coeficiente de Poisson, que, de acordo Kearey *et al*. (2009), é um indicador litológico o qual fornece informações sobre as propriedades geotécnicas do terreno bem como sua estratigrafia.

A Figura 1 a seguir apresenta valores e intervalos de velocidade de ondas

2 Segundo FLICK (2004), entrevista semiestruturada é aquela em que o entrevistado possui amplo conhecimento sobre o tópico em estudo. Para a obtenção de informações o entrevistador utiliza um roteiro previamente estabelecido, complementando com outras questões inerentes às circunstâncias momentâneas à entrevista.

sísmicas, obtidas em laboratório, típicos para uma ampla variedade de materiais terrestres.

Figura 1 – Velocidades de propagação de ondas sísmicas em materiais terrestres

	Vp **(km/s)**
Materiais inconsolidados	
Areia (seca)	0,2 - 1,0
Areia (saturada em água)	1,5 - 2,0
Argila	1,0 - 2,5
Til glacial (saturado em água)	1,5 - 2,5
Permafroste	3,5 - 4,0
Rochas sedimentares	
Arenitos	2,0 - 6,0
Arenito terciário	2,0 - 2,5
Arenito Pennant (Carbonífero)	4,0 - 4,5
Quartizito cambriano	5,5 - 6,0
Calcários	2,0 - 6,0
Greda cretácea	2,0 - 2,5
Oólitos jurássics e calcário bioclássico	3,0 - 4,0
Calcário carbonífero	5,0 - 5,5
Dolomitos	2,5 - 6,5
Sal	4,5 - 5,0
Anidrita	4,5 - 6,5
Gipso	2,0 - 3,5
Rochas ígneas/metamórficas	
Granito	5,5 - 6,0
Gabro	6,5 - 7,0
Rochas ultramáficas	7,5 - 8,5
Serpentinto	5,5 - 6,5
Fuidos dos poros	
Ar	0,3
Água	1,4 - 1,5
Gelo	3,4
Petróleo	1,3 - 1,4
Outros materiais	
Aço	6,1
Ferro	5,8
Alumínio	6,6
Concreto	3,6

Fonte: Kearey *et al.,* 2009

2.3 Sistema de aquisição de dados sísmicos

Para aquisição dos dados necessários à caracterização dos perfis geológicos-geotécnicos, o sistema de aquisição deve ser constituído pelos seguintes instrumentos: uma fonte sísmica repetível, geofones e um sismógrafo multicanal (CHIOSSI 2013).

Kearey *et al.* (2009) descrevem fonte sísmica como uma região localizada, dentro da qual uma repentina liberação de energia gera ondas mecânicas. Estas ondas são captadas pelos geofones e registradas pelo sismógrafo, que grava o tempo decorrido entre a liberação da energia e a chegada da primeira onda P.

Essas informações são processadas utilizando-se pacotes de *softwares* computacionais, que identificam e realizam automaticamente o mapeamento das camadas componentes do solo estudado (KEAREY *et al*., 2009).

3 METODOLOGIA

Foram obtidos dados a respeito da prática de execução do método de sísmica de refração junto a empresa especializada na execução desta técnica bem como de características do subsolo local, do prédio atual e prováveis instalações do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi.

Para levantamento das informações supracitadas, foram realizadas seis entrevistas semiestruturadas:

- A primeira foi efetuada em Piumhi-MG, em 10 de junho de 2015, com o então Diretor de Ensino, Pesquisa e Extensão da referida instituição, professor Humberto Coelho de Melo e abordou ideias preliminares de prováveis obras de ampliação do *campus* associadas ao projeto anterior à construção do prédio atual (ver apêndice A: entrevista semiestruturada A);
- A segunda, concretizada em Piumhi-MG, em 16 de outubro de 2015, foi direcionada ao engenheiro civil Sr. Nivaldo Alves de Oliveira, responsável técnico pelo projeto e execução da obra de construção da edificação existente no *campus* e resultou em dados sobre a estratigrafia do terreno, a terraplenagem e o projeto de fundações do prédio atual (ver apêndice B: entrevista semiestruturada B);
- A última, realizada em 14 de outubro de 2015, foi aplicada junto à empresa GPR Geofísica Ltda., em São Paulo-SP, forneceu informações referentes à prática de execução do levantamento por sísmica de refração (ver apêndice C: entrevista semiestruturada C).

As informações coletadas foram analisadas através do método de pesquisa qualitativa[3], de forma a embasar o estudo de viabilidade técnica que é realizado no tópico seguinte.

4 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

De acordo com Shull *et al.* (2004), o objetivo principal de um estudo de viabilidade não é encontrar uma resposta definitiva, mas sim criar um corpo de conhecimento sobre a aplicação da tecnologia. Neste sentido, estuda-se a viabilidade da aplicação do método de sísmica de refração nas áreas remanescentes do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi, isto é, se o mesmo atende de forma satisfatória aos objetivos inicialmente definidos.

3 "A pesquisa qualitativa parte da noção da construção social da realidade em estudo, está interessada nas perspectivas dos participantes, em suas práticas do dia a dia e em seu conhecimento cotidiano em relação a questão em estudo." (FLICK, 2009).

Para tanto, é necessária uma descrição dos objetos de estudo sob o ponto de vista técnico, localizando-os geograficamente e identificando suas características mais relevantes.

4.1 Caracterização do terreno

4.1.1 Situação Geográfica

As áreas de estudo do presente trabalho estão localizadas na porção norte do município de Piumhi, situado na mesorregião oeste do Estado de Minas Gerais, a 256 quilômetros de Belo Horizonte. A cidade de Piumhi possui cerca de 31.883 habitantes.

Conforme apresentado na Figura 2 a seguir, as áreas de estudo estão situadas junto ao prédio, localizado na Rua Severo Veloso, 1.880, esquina com a Avenida José Alvarenga Peixoto, próximo ao Poliesportivo Municipal Totinha Rezende, no Bairro Nova Esperança, Piumhi-MG. A área de estudo 1 possui cerca de 5.324 m², perímetro em torno de 310 metros, e encontra-se em frente ao prédio existente. A área de estudo 2 tem, aproximadamente, 14.000 m² e 490 metros de perímetro, localizando-se à direita do prédio atual.

Figura 2 – Imagem aérea do terreno do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi, em 2013, com detalhe das áreas de estudo



Fonte: Adaptado de Google Earth™. Acesso em: 15/10/2015

4.1.2 Estratigrafia do Terreno

Conforme entrevista semiestruturada B, foram executadas sondagens a percussão no terreno, em agosto de 2007, as quais permitiram a obtenção de características do subsolo.

Segundo informações fornecidas nesta entrevista, a estratigrafia do terreno das áreas de estudo é marcada por duas camadas homogêneas de solo: a mais superficial, de coloração laranja avermelhada, é composta de silte

argiloso e possui aproximadamente seis metros de espessura; a mais profunda, amarelada, é constituída de silte arenoso e apresenta boa capacidade de suporte; em ambas as camadas de solo, não foi identificada a presença de matacões e/ou pedregulhos.

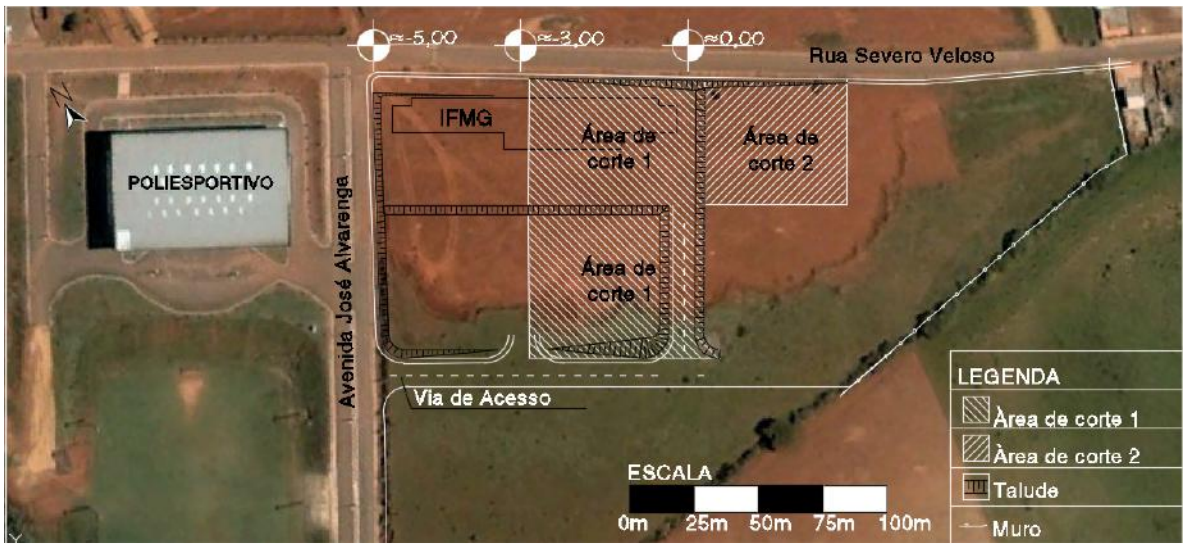
Nas sondagens a percussão supracitadas, executadas no período de estiagem, não foi encontrado o lençol freático, tampouco o topo do maciço rochoso. No entanto, cabe ressaltar a existência de um poço tubular profundo com 27 metros de comprimento, ao lado do prédio atual do *campus*.

4.1.3 Histórico de terraplenagem

Através da entrevista semiestruturada B, foram obtidas informações a respeito dos serviços de terraplenagem destinados à construção das atuais instalações da instituição de ensino, os quais compreenderam escavação e aterro.

De acordo com a Figura 3 a seguir, as áreas de corte estão distribuídas nas porções central e leste do terreno. Na área de corte 1, a altura de escavação é variável, apresentando valor máximo em torno de três metros, à direita, que diminui gradativamente à esquerda, sendo nulo após cerca de 70 metros de extensão em planta. Na área de corte 2, a altura de escavação também é variável, contendo valor máximo de aproximadamente um metro e meio, à esquerda, que diminui gradualmente à direita, sendo nulo após cerca de 65 metros de extensão em planta.

Figura 3 – Imagem aérea do terreno do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi, em 2003, com detalhe das áreas de corte

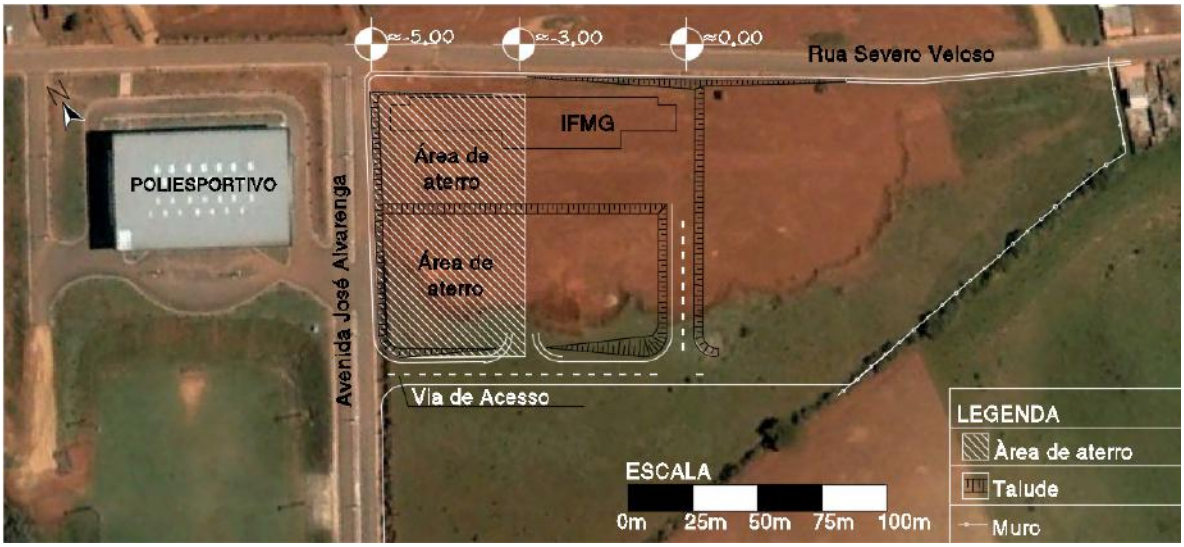


Fonte: Adaptado de Google Earth™. Acesso em: 15/10/2015

A Figura 4 a seguir apresenta a distribuição da área de aterro, que está localizada na porção oeste do terreno. A altura de aterro é variável, apresentando valor máximo em torno de seis metros, à esquerda, que

diminui gradativamente à direita, sendo nulo após cerca de 60 metros de extensão em planta.

Figura 4 – Imagem aérea do terreno do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi, em 2003, com detalhe da área de aterro



Fonte: Adaptado de Google Earth™. Acesso em: 15/10/2015

4.1.4 Ocorrência de interferências e benfeitorias

De acordo com a entrevista semiestruturada B, não há registro de interferências subterrâneas nas áreas de estudo, tais como tubulações, eletrodutos, fundações pré-existentes, entre outras.

4.1.5 Prédio Atual

A atual edificação da instituição apresenta área total construída de aproximadamente 3.450 m², distribuída em dois pavimentos, e contém nove salas de aula, nove salas destinadas ao setor administrativo, uma biblioteca, um auditório, quatro toaletes, um restaurante e seis laboratórios divididos nas seguintes disciplinas: Informática (dois laboratórios), Química Experimental, Física Experimental, Topografia e Desenho Técnico e Arquitetônico. O prédio está localizado em frente a um estacionamento pavimentado que possui 72 vagas para carros, 21 vagas para motocicletas e cerca de 2.450 m².

De acordo com a entrevista semiestruturada B, na construção da edificação atual, foram utilizadas fundações do tipo estaca Strauss[4] com profundidade de assentamento que variou de seis a 14 metros. As estacas de maior comprimento foram executadas na área de aterro. Nas áreas de corte, foram executadas estacas de menor profundidade. De forma geral, foram utilizadas duas estacas por pilar, exceto em casos de maior esforço na estrutura, nos quais foram executadas três estacas por pilar.

4 "Estaca executada por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se o lançamento do concreto e retirada gradativa do revestimento com simultâneo apiloamento do concreto." (NBR 6122:2010).

4.1.6 Natureza e finalidade das futuras edificações

A ideia preliminar de expansão do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi, conforme entrevista semiestruturada A, contempla a construção de uma instalação predial de dois pavimentos, com porte similar ao do prédio existente, destinada a laboratórios de prática de Construção Civil, Geotecnia, Materiais de Construção, Instalações Elétricas, Instalações Hidrossanitárias, Desenho Técnico e Arquitetônico, etc., bem como salas de aula e área arborizada de recreação e convivência.

5 CONCLUSÃO

É recomendado o uso da técnica de levantamento por sísmica de refração nas áreas onde provavelmente serão executadas obras de ampliação da instituição federal de ensino, em virtude das razões explicitadas a seguir.

É razoável admitir que a fundação de prováveis instalações do *campus* possa ser profunda, atingindo profundidade de assentamento entre seis e 14 metros, conforme fundação do prédio atual da referida instituição, pois aquelas provavelmente apresentarão porte similar a este. A técnica de sísmica de refração poderá apresentar, na subsuperfície estudada, profundidade de prospecção em torno de 30 metros, possibilitando, assim, a elaboração de um perfil praticamente contínuo das interfaces entre as camadas de solo e/ou rocha, dado este não fornecido pelas investigações diretas.

O método geofísico supracitado poderá contribuir para o mapeamento da camada de solo mais profunda identificada pelas investigações diretas, de cor amarela, constituída de silte arenoso, cujas propriedades mecânicas são adequadas ao assentamento da fundação de prováveis instalações, bem como do aterro, que possivelmente não apresenta boa capacidade de suporte, homogeneidade nem estabilidade, visto que não houve controle laboratorial de sua compactação, para evitar que nesta área seja feito o assentamento da fundação de obras de ampliação da infraestrutura do *campus*.

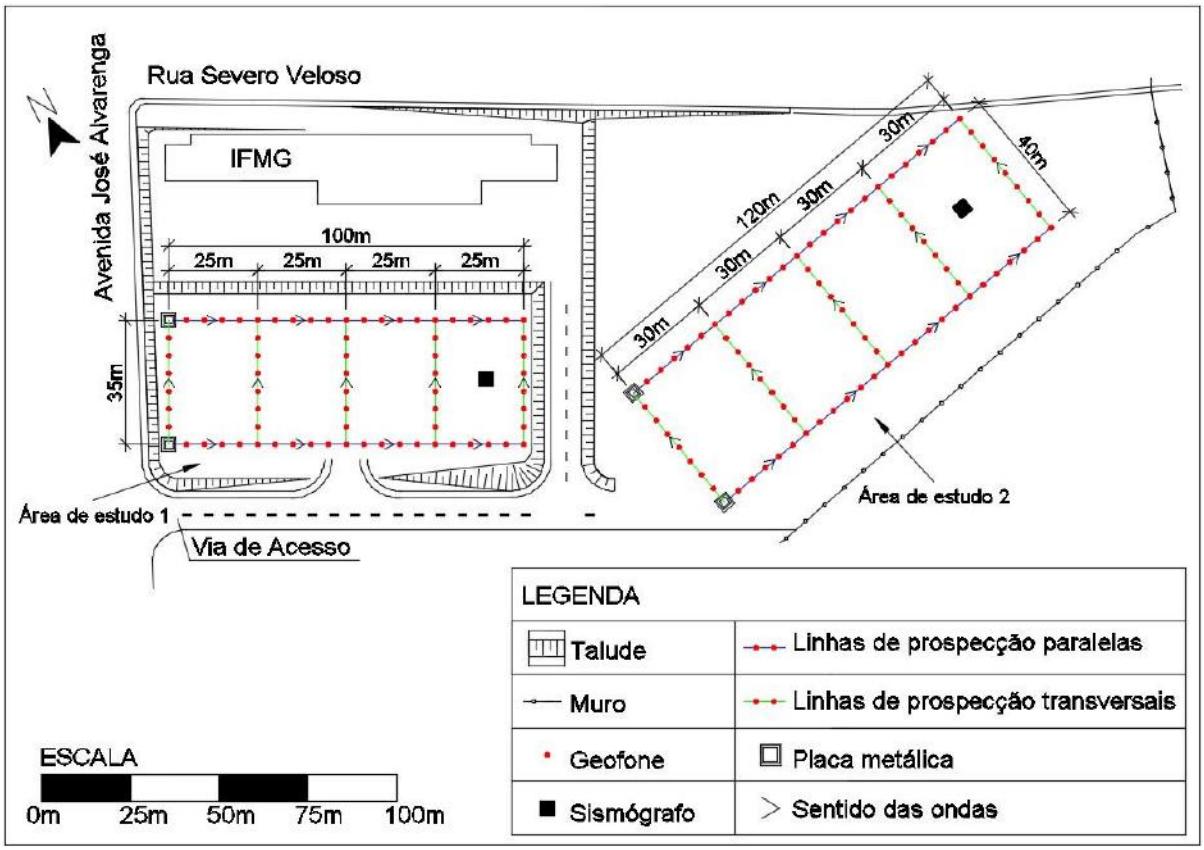
A técnica de sísmica de refração poderá ainda identificar elementos que possam influenciar a execução de futuras obras, embora não tenha sido indicado a presença de interferências subterrâneas nas proximidades das áreas de estudo.

Adicionalmente, a provável ampliação da estrutura física da instituição aumentará o seu consumo de água. Tendo em vista que o mesmo utiliza água proveniente de um poço tubular profundo com cerca de 27 metros de comprimento, a execução de novos poços seria uma alternativa razoável para suprir a nova demanda. O levantamento por sísmica de refração poderá, assim, contribuir para o mapeamento do lençol freático e, por consequência, para elaboração do projeto de tais poços.

Por fim, a sísmica de refração poderá ser utilizada em uma avaliação pós-ocupação das instalações atuais e futuras da instituição, para análise de eventuais danos nas edificações relacionados a recalques[5] de elementos de fundação (tais como ruptura de tubulações, perda de funcionalidade de esquadrias, modificação prejudicial de caimentos de drenagem, ou, até mesmo, ruptura parcial ou total de elementos estruturais), decorrentes, por exemplo, de rebaixamento de lençol freático.

Com base nas questões levantadas anteriormente, para orientar possíveis aplicações da técnica de sísmica de refração nas áreas de estudo, é proposta, na Figura 5 a seguir, uma programação de prospecção por sísmica de refração nas áreas de estudo. Cabe ressaltar que a mesma deverá ser confirmada em campo por meio de levantamentos preliminares.

Figura 5 – Programação proposta de prospecção por sísmica de refração nas áreas de estudo



Fonte: Os autores

O levantamento proposto na Figura 5 encontra-se detalhado no Quadro 1 a seguir e no texto subsequente.

5 Recalque – Movimento vertical descendente de um elemento de fundação.

Quadro 1 – Detalhamento da programação de prospecção

Área de estudo	Linha de prospecção	Número de linhas	Extensão (metros)	Quantidade de geofones por linha
1	Paralela	2	100	20
	Transversal	5	35	5
2	Paralela	2	120	24
	Transversal	5	40	6

Fonte: Os autores

Sugere-se a utilização de geofones com 14 ou 40 Hz de frequência de operação, cravados no terreno a cada cinco metros em planta, bem como o uso de impacto de uma marreta sobre placa metálica semienterrada para servir de fonte de ondas sísmicas, tendo em vista que esta fonte seria suficiente para atingir a profundidade de investigação desejada (em torno de 30 metros), sem causar danos às construções circunvizinhas, o que poderia ocorrer no emprego de outras fontes sísmicas, tais como queda de peso e explosivos (DE AZEVEDO, 2010).

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 6122**: Projeto e execução de fundações – Termos e Definições. Rio de Janeiro, 2010.

BARSÉ, L., SENTINGER, F. M., GORELIK, B., DUARTE, C. L. S., SALVADORETTI, P., COSTA, J. F. C. L., & KOPPE, J. C.. Determinação da espessura do manto de intemperismo utilizando sísmica de refração rasa na área de Seival–RS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/rede-carvao/Sess%C3%B5es_C1_C2_C3/C3_ARTIGO_03.pdf> Acesso em: 15 nov. 2015.

CAPUTO, H. P.; **Mecânica dos Solos e suas aplicações**: Fundamentos. 6. ed. v. 1. 248 p. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

CHIOSSI, N. J.. **Geologia de Engenharia.** 3. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

DE AZEVEDO, P. A.; ROCHA, M. P.. Estudo do método geofísico de sísmica de refração com aplicação no futuro trecho norte do metrô de Brasília. 2010. Disponível em: <https://www.ucb.br/sites/100/118/TCC/2%C2%BA2010/TCCPAULOARAUJO.pdf> Acesso em: 10 out. 2015.

FLICK, U.; **Desenho da pesquisa qualitativa**: Coleção Pesquisa Qualitativa. Porto Alegre: Bookman, 2009.

FLICK, Uwe. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução de Sandra Netz. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

HERZIG, R. L.. Integração das técnicas de refração e reflexão sísmica rasa aplicada ao estudo de barragens-UHE Piraju II. Revista Brasileira de Geofísica, vol.22 no.2 São Paulo Mai/Ago, 2004.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; IAN, H.. **Geofísica de exploração**. Tradução de Maria Cristina Moreira Coelho. São Paulo: Oficina de textos, 2009. 438 p.

SHULL, F.; MENDONÇA, M.; BASILI, V.; CARVER, J.; MALDONADO, J. C.; FABBRI, S.; TRAVASSOS, G.; FERREIRA, M. C.. Knowledge-Sharing Issues in Experimental Software Engineering. **Empirical Software Engineering**. 1-2. ed. v. 9, mar. 2004.

TEIXEIRA, W. L. E.. Um estudo das condições de percolação e estabilidade em barragens de terra mediante métodos geofísicos: caso do dique de Sant Llorenç de Montgai-Espanha. 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/18368> Acesso em: 20 nov. 2015.

APÊNDICE A – Entrevista Semiestruturada Aplicado Prof. Humberto Coelho de Melo. Piumhi/MG.

ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA A

Quais as ideias preliminares de obras de ampliação da infraestrutura do *campus*?
Com desejo de implantar o curso técnico integrado algumas infraestruturas devem ser melhoradas, tais como, sala de aula e laboratórios adequados, bem como, a construção de área poliesportiva.
Qual seria o porte de prováveis futuras edificações?
Área construída seria de cerca de 1.500 m² divididos em dois pavimentos.

Piumhi, 08 de junho de 2015

Humberto Coelho de Melo
Engenheiro Civil

APÊNDICE B – Entrevista Semiestruturada Aplicada ao Sr. Nivaldo Alves de Oliveira, Piumhi/MG.

ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA B

Quais investigações geotécnicas foram realizadas no terreno?
Foi executada sondagem a percussão.
Qual a estratigrafia do terreno?
O solo é homogêneo, pouco variável e de grande profundidade, este é composto por duas camadas principais: a mais superficial de coloração laranja avermelhado apresenta características de silte argiloso, esta camada tem aproximadamente 6 metros de profundidade; a segunda, de cor amarela, é composta de silte arenoso e apresentou propriedades mecânicas adequadas ao apoio das fundações. A prospecção do terreno não atingiu o lençol freático, no entanto, é importante ressaltar que a mesma foi realizada em agosto, no período de estiagem. Posteriormente, durante a perfuração do poço artesiano presente no *campus*, foi encontrada água à cota de 27 metros. O topo do maciço rochoso não foi encontrado, bem como a presença de matacões e pedregulhos.
Como se procedeu a terraplenagem?
Os trabalhos de terraplenagem compreenderam áreas de escavação e aterro. Na área do atual prédio houve cortes de 3,5 metros na porção Leste com aproximadamente 50 metros de extensão. Na metade à Noroeste da área houve aterro de 6 metros com aproximadamente 60 metros de comprimento. No terreno atualmente destinado a estacionamento (não pavimentado) houve aterro de 6 metros. Não houve controle laboratorial da compactação do aterro.
Qual a fundação executada?
Foi executada fundação do tipo estaca Strauss, que variou de 6 a 14 metros de profundidade.
É de seu conhecimento a existência de interferências no subsolo?
Não.

Piumhi, 16 de Outubro de 2015

Nivaldo Alves de Oliveira
Engenheiro Civil

APÊNDICE C – Entrevista Semiestruturada Aplicada ao Sr. Wagner França Aauino. Geofísico da GPR Geofísica Ltda.. São Paulo/SP

ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA C

Qual a profundidade máxima de prospecção prevista para o terreno do *Campus* Avançado Piumhi, utilizando-se o método de sísmica de refração?
A profundidade de interesse deve ser de 30 metros no máximo. Neste caso, a sísmica de refração utilizando como fonte de sinal um impacto de martelo em placa de metal possui este alcance em subsuperfície, sem necessidade de outras fontes (queda de peso ou explosivos).
Qual seria a programação de investigação por sísmica de refração (detalhamento da prospecção: linhas de prospecção, dimensionamento dos geofones, etc.) mais indicada para o artigo?
Seria necessária a execução de linhas transversais e longitudinais nas áreas de interesse, sendo que a quantidade e o posicionamento desses perfis dependem das dimensões e acessibilidade dos locais a serem investigados, de preferência em pontos sem pavimento para cravação dos geofones. Além disso, é recomendável que cada linha sísmica possua um comprimento de 120m, com adoção de geofones de 14Hz de frequência de operação e tenham uma distância de separação de 5,0m.

São Paulo, 14 de Outubro de 2015

Wagner França Aquino
Geofísico

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS PARA A EXECUÇÃO DE GUIAS: UTILIZAÇÃO DE COMPONENTES PRÉ-FABRICADOS OU MOLDAGEM POR EXTRUSÃO[1]

DESTRI, Guilherme (1); FERREIRA, Priscilla (2); SOUZA, Ubiraci (3)

(1) FDTE, e-mail: guilherme.destri@fdte.org.br; (2) FDTE, e-mail: priscilla.ferreira@fdte.org.br; (3) FDTE, e-mail: ubiraci.souza@indiconengenharia.com.br

RESUMO

Nas obras de vias urbanas ou rodoviárias empregam-se elementos para delimitar áreas, guiar as águas pluviais e orientar o tráfego; tais elementos são chamados de guias ou meios-fios e sua execução pode ser feita de formas distintas: através de elementos pré-fabricados de concreto, ou de moldagem "in loco" utilizando-se de equipamento de extrusão de concreto. Este artigo pretende apresentar uma análise comparativa das técnicas construtivas e sua influência na produtividade, no custo, na formação das equipes e consumo de materiais e equipamentos. O trabalho se dá no âmbito de um projeto, realizado pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), que aprimora as composições orçamentárias do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). A metodologia empregada envolve pesquisa bibliográfica e visitas à obras. Como resultados, observou-se que as tarefas para execução do serviço e a produtividade por metro linear são diferentes para os tipos de guias citados, o que acarreta impactos em custos, prazos e dimensionamento de equipe. Sendo assim, este estudo tem a função de apresentar os dois métodos, mostrando as implicações e requisitos necessários para adoção de cada um, além de servir como material base para tomada de decisão nas definições de projeto.

Palavras-chave: Guia pré-fabricada. Guia extrusada. Produtividade.

ABSTRACT

In urban way construction or in highway construction is common to use elements to define borders, to transport rainwaters and to guide traffic; these elements are called curbs and there is two different ways to execute: through concrete elements pre-fabricated, or molded in place using extruded concrete equipment. This paper intend to show one comparative analyze of constructive techniques and the influence on productivity, on costs, on team formation and consumption materials and equipment. This research is inserted in a project developed by Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), who assess cost units of Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). The methodology used involves bibliographic research and visit to construction sites. As results, it was observed that the activities to construction the service analyzed and the productivity per linear meters are different for the types of curbs, which result impacts on costs, schedules and team measuring. This way, this study has the function to show two

[1] DESTRI, G.A.; FERREIRA, P.F.R.; SOUZA, U.E.L.. Comparação entre dois métodos para execução de guias: utilização de componentes pré-fabricados ou moldagem por extrusão. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

methods, showing the implications and the necessary requirements to adoption each one, beyond to serve as base material to take decisions on projects definitions.

***Keywords**: Pre-fabricated concrete curbs. Extruded concrete curbs. Productivity.*

1 INTRODUÇÃO

Guias ou meios-fios são os nomes dado aos elementos utilizados nas vias urbanas e em rodovias com a finalidade de delimitar áreas, conduzir as águas pluviais e orientar o tráfego para os diferentes usuários da via. Estes elementos, que podem ser feitos de diferentes materiais, têm na maioria das obras do Brasil a aplicação empregando-se o concreto (CEHOP).

Para as guias de concreto tem-se, pelo menos, dois métodos construtivos diferentes para sua execução (DNIT,2006). Em determinadas situações faz-se o uso das guias pré-fabricadas de concreto (Figura 1) e, em outros casos, utilizam-se as guias moldadas "in loco" através de equipamento de extrusão de concreto (Figura 2).

Figura 1 – Guias pré-fabricadas de concreto



Figura 2 – Guias moldadas "in loco" com equipamento extrusor de concreto



Tendo em vista estes dois métodos distintos de execução de guias, este artigo pretende, através da análise comparativa entre os métodos, analisar sua influência na produtividade, no custo, na formação das equipes, no consumo de materiais e equipamentos, a fim de fornecer material de apoio para a tomada de decisão nas definições de projeto.

Para isto, a metodologia de pesquisa está fundamentada em realizar uma revisão bibliográfica e visitas a obras.

Como resultado, observou-se que tanto para as técnicas construtivas quanto para a produtividade, a execução do serviço de assentamento de guias pré-fabricadas de concreto ou a execução de guias extrusadas de concreto apresentam diferenças significativas o que acarreta impactos diferentes em custos, prazos e dimensionamento de equipe.

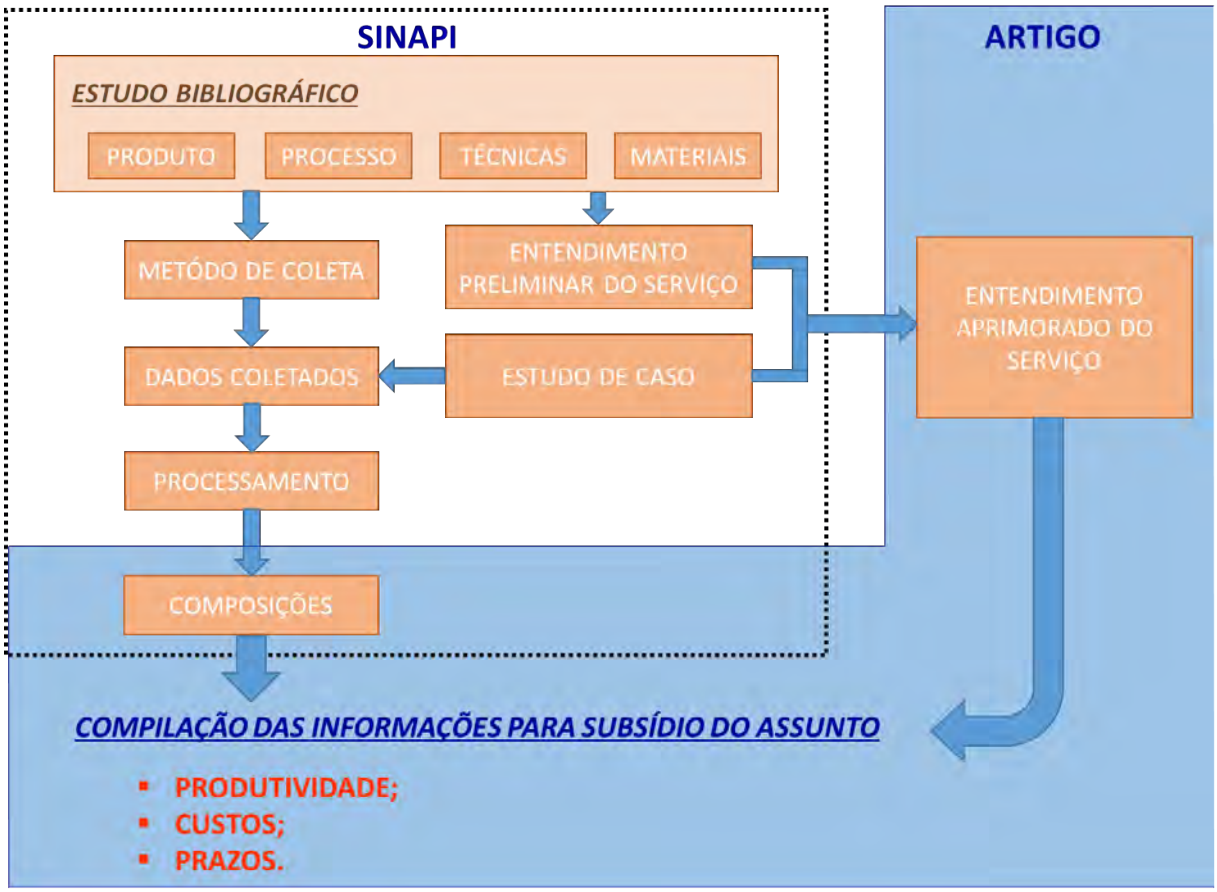
2 OBJETIVO

Tendo em vista a carência de bibliografia e a inexistência de normas sobre o tema, este artigo visa reunir textos e informações dispersos no meio acadêmico e técnico com o objetivo de subsidiar a tomada de decisões de projetistas e executores através da análise comparativa entre dois métodos construtivos, guias pré-fabricadas de concreto e guias moldadas "in loco" com a utilização de equipamento de extrusão de concreto, considerando a abordagem da técnica de execução, produtividade e custo.

3 MÉTODO DE TRABALHO

A metodologia de pesquisa adotada para o desenvolvimento deste artigo está baseada na estrutura apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Metodologia de pesquisa adotada para desenvolvimento do artigo



A metodologia empregada para o desenvolvimento deste artigo está inserida em um projeto de pesquisa, realizado pela Fundação para o Desenvolvimento do Tecnológico da Engenharia (FDTE), que afere e aprimora as composições orçamentárias do SINAPI. Esta etapa está fora do escopo do artigo; contudo foi realizada pelos autores. A seguir é explicado como esta etapa, descrita na Figura 3 com o nome de SINAPI, é feita.

O trabalho de aferição das composições orçamentárias se dá inicialmente com a definição do tema a ser abordado (produto), ou seja, qual é o serviço final que se pretende estudar. Para este artigo, o tema abrange as guias ou meios-fios. Definido o tema, analisa-se os processos inerentes ao serviço para entregar o produto, isto é, quais são as tarefas envolvidas no processo de produção que conduzem a atingir o produto. Estas atividades estão melhor descritas nos capítulos subsequentes.

Após as etapas de definição de produto e verificação do processo construtivo, realiza-se pesquisa extensa para verificar as técnicas executivas mais comuns e os materiais empregados. Toda esta etapa do trabalho está inserida dentro de um estudo bibliográfico, onde se consultam artigos técnicos e acadêmicos, normas vigentes, executores do serviço, fornecedores de materiais e consultores especializados no tema.

Terminada esta etapa, juntamente com o entendimento preliminar do

serviço, é definido o método de coleta a ser adotado para se obterem os dados necessários que permitam serem estudados e aferidos índices de produtividade da mão de obra e consumo de materiais e equipamentos.

Definido o método de coleta, prossegue-se com o estudo de campo, que inclui visitas a obras para acompanhamento do serviço e coleta de informações, tais como: equipe, equipamentos, materiais utilizados, tempos da atividade etc.

Finda a etapa anterior, passa-se ao processamento dos dados observados em campo e ao tratamento matemático e estatístico a fim de verificar os fatores que afetam a produtividade e, deste modo, gerar os índices de produtividade e consumo das composições orçamentárias (CAIXA, 2015).

A partir deste ponto, a metodologia de pesquisa, que não faz parte do escopo deste artigo, está finalizada. Passa-se, então, à metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

Tendo em vista que o serviço analisado carece de normas técnicas e referências bibliográficas, para permitir o desenvolvimento deste artigo, utilizou-se do conhecimento adquirido na etapa de gerar as composições orçamentárias e realizou-se a compilação de diversos textos técnicos com a descrição do serviço e exigências de desempenho, a fim de consolidar o conhecimento e criar um artigo que servisse de base para verificar as características do serviço e embasasse a tomada de decisões.

4 TÉCNICA DE EXECUÇÃO

Com base nas referências bibliográficas, verificou-se que a execução do serviço possui processos de produção distintos entre os diferentes tipos de guias de concreto. A seguir são descritos o processo de produção para cada tipo.

4.1 Produção de guias pré-fabricadas de concreto

O serviço inicia-se com o preparo da base para assentamento, que é comumente chamada nas obras pelo termo de colchão, denominação que será utilizada a partir deste ponto.

O colchão de assentamento deve ser feito sobre a superfície do terreno limpa e nivelada, sobre a qual se lança uma camada de material granular inerte, areia ou pó de pedra, com espessura uniforme, a qual é submetida a compactação (CEHOP).

Na sequência procede-se a colocação das linhas de referência, onde são cravados piquetes ao longo do eixo de assentamento e, com o auxílio de nível e régua de pedreiro, marcam-se as cotas de nível e, por fim, esticam-se as linhas de referência.

Simultaneamente é feito o transporte das guias pré-fabricadas de concreto, de forma manual ou com o auxílio de carrinho-de-mão, entre o estoque, onde estão dispostas em pallets, e o local de execução do serviço.

Enfim, inicia-se o assentamento das guias, que consiste em colocar os elementos de forma alinhada, nivelada e distribuída de modo que as juntas de rejuntamento fiquem com distâncias uniformes (DER, 2006). Também é feito, visando evitar o tombamento das guias, o escoramento na parte posterior com o lançamento de "cubos" de concreto (CEPAM).

Por fim, passa-se a fazer o preenchimento das juntas com argamassa de cimento. A sequência executiva descrita pode ser vista na Figura 4 onde estão apresentadas, através de imagens, todas as etapas do serviço.

Figura 4 – Sequência executiva para guias pré-moldadas de concreto



4.2 Produção de guias moldadas "in loco" com a utilização de equipamentos de extrusão de concreto

Na execução das guias extrusadas de concreto, o início do serviço se assemelha ao assentamento de guias pré-fabricadas de concreto, ou seja, inicia-se com a execução do colchão de assentamento e na sequência procede-se a colocação das linhas de referência.

A partir deste ponto o processo de produção se diferencia da execução de guias pré-fabricadas de concreto. É feita a execução das guias através de formas metálicas deslizantes, acopladas a um equipamento de extrusão de concreto, devidamente nivelado, em que se recebe o concreto diretamente do caminhão betoneira. Em conjunto com esta atividade, executam-se as juntas de dilatação fazendo corte na guia com o uso de equipamento do tipo serra disco, ou até mesmo, com a colher de pedreiro, permitindo assim a expansão e contração do concreto e evitando fissuras e trincas (DNIT, 2006).

Assim que a execução da guia com o equipamento de extrusão disponibiliza frente de serviço disponível, os operários realizam o acabamento superficial com o espalhamento de argamassa de cimento. Finalizada esta etapa, a guia extrusada está pronta, devendo-se fazer o processo de cura úmida através do molhamento com água. A sequência executiva descrita pode ser vista na Figura 5, onde estão apresentadas, através de imagens, todas as etapas do serviço.

Figura 5 – Sequência executiva para guias moldadas "in loco" com equipamento de extrusão de concreto



5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Observou-se, nas obras visitadas, o tamanho das equipes e as funções desempenhadas por operário; aliando-se a isso, com base nas atividades previstas para a execução do serviço e considerando as referências bibliográficas utilizadas, determinou-se o tamanho mínimo de cada equipe conforme o tipo de guia adotada. O Quadro 1 apresenta, de forma comparativa, o tamanho das equipes, as funções de cada operário e suas respectivas tarefas.

Quadro 1 – Descrição resumida das equipes

GUIAS PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO			GUIAS MOLDADAS "IN LOCO" COM EQUIPAMENTO DE EXTRUSÃO DE CONCRETO		
Qtd	Função	Atividade	Qtd	Função	Atividade
1	Encarregado	Coordenar e verificar o serviço.	1	Encarregado	Coordenar e verificar o serviço.
3	Pedreiro	Executa as atividades como: colchão de assentamento, colocação das linhas de referência, assentamento, escoramento e rejuntamento das guias.	1	Pedreiro	Executa as atividades complementares como: colchão de assentamento, colocação das linhas de referência, auxílio no lançamento do concreto do caminhão betoneira ao equipamento, execução juntas de dilatação e acabamento superficial.
3	Serventes	Auxiliar o pedreiro nas atividades de execução das guias e transportar as guias entre estoque e frente de serviço.	2	Serventes	Auxiliar o operador de máquina e pedreiro nas atividades de execução de guias e realizar a cura umida.
-	-	-	1	Operador	Ajusta, nivela e manipula o equipamento de extrusão.
Tamanho da equipe: 7 operários			Tamanho da equipe: 5 operários		

Conforme visto, a execução das guias de concreto pré-fabricado exige uma equipe de operários maior do que as guias moldadas "in loco" com equipamento de extrusão de concreto.

6 PRODUTIVIDADE E CONSUMO DE MATERIAIS NA EXECUÇÃO DE GUIAS

Para definir a produtividade e o consumo de materiais na execução do serviço de guias, utilizaram-se as composições orçamentárias do SINAPI.

No sistema do SINAPI os fatores que afetam os índices de produtividade são muitos, tais como: dimensões das guias pré-moldadas de concreto, perfil da guia moldada "in loco" extrusada, trechos retos ou em curva (CAIXA, 2016). Visando facilitar a comparação entre os dois métodos executivos, agruparam-se as composições similares, sem prejuízos significativos para a análise comparativa, e adotaram-se os valores medianos de produtividade e consumo de materiais para as composições pertencentes ao mesmo grupo. Sendo assim, os quatro grupos definidos para comparação foram:

- Guia (meio-fio) de concreto moldada "in loco" com equipamento de extrusão;

- Guia (meio-fio) e sarjeta conjugados de concreto moldado "in loco" com equipamento de extrusão;
- Guia (meio-fio) de concreto pré-fabricado;
- Guia (meio-fio) de concreto pré-fabricado e sarjeta de concreto moldada "in loco".

6.1 Índices de produtividade e consumo de materiais na execução de guias

Após a análise das composições do SINAPI e cálculo das medianas para determinar as produtividades e consumo de materiais para os tipos de guias considerados na análise, obtiveram-se os índices apresentados na Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 – Índices de produtividade da mão de obra e equipamentos

TIPO DE COMPOSIÇÃO ORÇAMENTÁRIA	OPERADOR (h/m)	OFICIAL (h/m)	AJUDANTE (h/m)	CHP (EXTRUSORA) (h/m)	CHI (EXTRUSORA) (h/m)
Guia (meio-fio) de concreto moldada "in loco" com equipamento de extrusão	0,093	0,227	0,455	0,015	0,077
Guia (meio-fio) e sarjeta conjugados de concreto moldado "in loco" com equipamento de extrusão	0,152	0,286	0,573	0,025	0,127
Guia (meio-fio) de concreto pré-fabricado	-	0,394	0,394	-	-
Guia (meio-fio) de concreto pré-fabricado e sarjeta de concreto moldada "in loco"	-	0,903	0,903	-	-

Tabela 2 – Índices de consumo de materiais

TIPO DE COMPOSIÇÃO ORÇAMENTÁRIA	ARG. REJUNTE/ ACABAMENTO (m^3/m)	CONCRETO (m^3/m)	FORMAS (m/m)	GUIAS (m/m)	AREIA BASE (m^3/m)
Guia (meio-fio) de concreto moldada "in loco" com equipamento de extrusão	0,002	0,040	-	-	0,007
Guia (meio-fio) e sarjeta conjugados de concreto moldado "in loco" com equipamento de extrusão	0,004	0,100	-	-	0,020
Guia (meio-fio) de concreto pré-fabricado	0,001	0,016	-	1,131	0,007
Guia (meio-fio) de concreto pré-fabricado e sarjeta de concreto moldada "in loco"	0,001	0,081	0,304	1,131	0,021

7 CUSTOS

A partir dos valores obtidos para a produtividade da mão de obra e consumo de materiais e equipamentos, utilizaram-se, para estimar o custo

por metro linear de guia, as tabelas não desoneradas de custos de insumos e composições, mês de referência fevereiro de 2016, disponibilizadas pela Caixa Econômica Federal (CAIXA, 2016).

Sendo assim, calculou-se, a partir da multiplicação dos custos unitários pelos índices obtidos, o custo por metro linear para a execução das guias, obtendo-se os valores conforme mostrado na Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3 – Custo de produção de guias por metro linear

INSUMO	CUSTO UNITÁRIO POR UNIDADE DE INSUMO	GUIA (MEIO-FIO) DE CONCRETO MOLDADA "IN LOCO" COM EXTRUSORA		GUIA (MEIO-FIO) DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO	
		INSUMO	VALOR	INSUMO	VALOR
Operador	R$ 17,04	0,093	R$ 1,58	-	-
Pedreiro	R$ 18,62	0,227	R$ 4,23	0,394	R$ 7,34
Servente	R$ 15,96	0,455	R$ 7,26	0,394	R$ 6,29
Equipamento Extrusor	R$ 19,48	0,092	R$ 0,60	-	-
Areia(1)	R$ 59,00	0,007	R$ 0,41	0,007	R$ 0,41
Concreto(2)	R$ 219,21	0,040	R$ 8,77	0,016	R$ 3,51
Guia(3)	R$ 21,40	-	-	1,005	R$ 21,51
Argamassa(4)	R$ 398,04	0,002	R$ 0,80	0,001	R$ 0,40
TOTAL POR M:		**R$ 23,65**		**R$ 39,45**	

(1) Considerado areia média para a base de assentamento;
(2) Concreto usinado bombeável, classe de resistência C20, com brita 0 e 1, Slump = 100 +/- 20 mm, exclui serviço de bombeamento;
(3) Guia ou meio-fio de concreto pré-fabricado, comprimento 1,0 m, altura 0,30 cm, largura 0,15/ 0,13 m (base/topo);
(4) Argamassa traço 1:3 (cimento e areia média), preparo manual.

Tabela 4 – Custo de produção de guias conjugado com a execução de sarjeta por metro linear

INSUMO	CUSTO UNITÁRIO POR UNIDADE DE INSUMO	GUIA (MEIO-FIO) E SARJETA CONJUGADOS DE CONCRETO MOLDADO "IN LOCO" COM EXTRUSORA		GUIA (MEIO-FIO) DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO E SARJETA DE CONCRETO MOLDADA "IN LOCO"	
		INSUMO	VALOR	INSUMO	VALOR
Operador	R$ 17,04	0,152	R$ 2,59	-	-
Pedreiro	R$ 18,62	0,286	R$ 5,33	0,903	R$ 16,81
Servente	R$ 15,96	0,573	R$ 9,15	0,903	R$ 14,41
Equipamento Extrusor	R$ 19,48	0,152	R$ 0,99	-	-
Areia(1)	R$ 59,00	0,020	R$ 1,18	0,021	R$ 1,24
Concreto(2)	R$ 219,21	0,100	R$ 21,92	0,081	R$ 17,76

INSUMO	CUSTO UNITÁRIO POR UNIDADE DE INSUMO	GUIA (MEIO-FIO) E SARJETA CONJUGADOS DE CONCRETO MOLDADO "IN LOCO" COM EXTRUSORA		GUIA (MEIO-FIO) DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO E SARJETA DE CONCRETO MOLDADA "IN LOCO"	
		INSUMO	VALOR	INSUMO	VALOR
Guia[3]	R$ 21,40	-	-	1,005	R$ 21,51
Argamassa[4]	R$ 398,04	0,004	R$ 1,59	0,001	R$ 0,40
Fôrmas para sarjeta	R$ 3,12	-	-	0,304	R$ 0,95
TOTAL POR M:		R$ 42,74		R$ 73,07	

(5) Considerado areia média para a base de assentamento;
(6) Concreto usinado bombeável, classe de resistência C20, com brita 0 e 1, Slump = 100 +/- 20 mm, exclui serviço de bombeamento;
(7) Guia ou meio-fio de concreto pré-fabricado, comprimento 1,0 m, altura 0,30 cm, largura 0,15/ 0,13 m (base/topo);
(8) Argamassa traço 1:3 (cimento e areia média), preparo manual.

8 CONCLUSÃO

Através das analises realizadas, verificaram-se diversas vantagens na execução de guias por extrusão:

- A equipe de produção das guias moldadas "in loco" por extrusão é 29% menor do que a equipe necessária para produzir as guias pré-fabricadas.
- Considerando a análise de produtividade das atividades guias mais sarjetas, a execução pelo método com concreto extrusado é mais eficiente (possui melhor produtividade) que guias pré-fabricadas com sarjeta moldada "in loco"; já que a extrusora consegue fazer os dois elementos em uma única moldagem e não necessita de fôrmas para a sarjeta.
- Com relação às análises de custos, a execução de guias pré-fabricadas possuem custos mais elevados se comparada com a execução de guias moldadas por extrusão.

Apesar dessas vantagens, observou-se nas obras coletadas, uma predominância na adoção da execução de guias pré-fabricadas.

Os autores acreditam que esta situação ocorre em parte, porque o serviço com uso de equipamento de extrusão é uma tecnologia mais recente, o que faz com que haja demora na disseminação do conhecimento técnico e na transposição das barreiras de aceitação de uma nova técnica. Outro fator é que, como não existem normas técnicas sobre o assunto, é difícil determinar parâmetros de medição para o controle de qualidade das guias moldadas "in loco", enquanto para os elementos pré-fabricados já existem normas específicas e controle de qualidade da produção de materiais pré-fabricados.

Por último, notou-se que, para a execução de guias moldadas "in loco", o local do serviço é, usualmente, um loteamento novo, um trecho ainda não urbanizado, sem a pavimentação e o passeio executados. E as pré-fabricadas são utilizadas tanto nos locais descritos anteriormente quanto em áreas já edificadas e com pavimentação.

Enfim, verifica-se que os dois métodos construtivos são, do ponto de vista técnico, boas soluções; porém, a decisão sobre qual método adotar deve ir além dos fatores de prazo e custo, e incluir, também, fatores como local para execução do serviço e conhecimento técnico dos executores.

REFERÊNCIAS

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. SINAPI. **Cadernos Técnicos das Composições de Guias e Sarjetas – Lote 3**. Disponível em < http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-consulta-publica-lote3-saneamento-infraestrutura-urbana/SINAPI_LOTE3_GUIAS_SARJETAS_01_A_32.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2016.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. SINAPI. **Metodologias e conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil/Caixa Econômica Federal.** Brasília, 2015. 122 p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. SINAPI. **Relatório de Insumos e Composições - Fev/16 - sem desoneração**. Disponível em < http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_664>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Drenagem – Meios-fios e guias – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2006. 6 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional. Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal (CEPAM). **Formalização de convênios – Orientações**. **Detalhamento técnico.** São Paulo, [s.d]. 75 p.

SÃO PAULO. Secretaria dos Transportes. Departamento de Estradas de Rodagem (DER-SP). **Especificação técnica – Meio-fio, sarjetas e sarjetões.** São Paulo, 2006. 6 p.

SERGIPE (Estado). Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (CEHOP). Orçamento de Obras de Sergipe . **Especificações – Infra-estrutura – Pavimentação Rodoviária – Meios-Fios e Guias**. [s.d]. 5 p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROJETO MODULAR DE HABITAÇÃO EMERGENCIAL COM O USO DE PALLETS E BAMBU[1]

LOPES, Geane Talia de Almeida (1); COSTA, Marcella Ribeiro da (2); GUERREIRO, Marcos Vinicius Dias Ramos (3); FREITAS, Valeria de Cerqueira Tramontini (4); MOURA, Jorge Daniel de Melo (5)

(1) UEL, e-mail: geanea.lopes@gmail.com; (2) UEL, e-mail: marr.cella@hotmail.com;
(3) UEM, e-mail: rriarcos@gmail.com; (4) UEM, e-mail: valeriatramontini@hotmail.com;
(5) UEL, e-mail: jordan@uel.br

RESUMO

Os fenômenos naturais que podem dar origem às catástrofes ocorrem em diversas condições. O Brasil tem sofrido impactos ambientais negativos devido a esses fenômenos. A pesquisa propõe o projeto de habitação emergencial e temporária com área máxima de 25 m², com módulo 240cmx200cm. Os principais materiais construtivos são o pallet e o bambu. A estrutura principal e a cobertura são em bambu (em cana), pois apresenta características mecânicas semelhantes do aço e do concreto. O sistema construtivo modular tem como base o pallet padrão PBR. A estrutura articulável juntou-se quatro pallets em duas linhas, formando uma placa de 2,40m por 2,00m. Com quatro destas placas criou-se um módulo, constituído de piso, duas paredes laterais e forro. Esta forma proporcionou um pé-direito de 2,40m e como as ripas do pallet são orientadas neste sentido, sugere-se uma maior rigidez a compressão e a flambagem. As vigas, pilares e estrutura do telhado foram interligados com parafusos anti-corrosivos e braçadeiras em metal para garantia de segurança e estabilidade da edificação. Conclui-se que o uso desses materiais através de produção modular é uma excelente solução para as situações de desastres, pois é um sistema de construção eficaz, que atende rapidamente às condições de emergência.

Palavras-chave: Habitação Emergencial. Sistema construtivo. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Natural phenomena that can lead to disasters occurring in various conditions. Brazil has suffered negative environmental impacts due to these phenomena. The search proposes the emergency and temporary housing project with a maximum area of 25 m², module 240cmx200cm. The main construction materials are the pallet and bamboo. The main structure, pillars, beams and roof are in bamboo (shaped cane), because it has similar mechanical properties of steel and concrete. The modular building system is based on the standard pallet PBR. The pivotable structure joined four pallets in two rows, forming a plate of 2.40m by 2.00m. With four such plates created a module, consisting of floor, two side walls and ceiling. This form provided a ceiling height of 2.40 m and as pallet slats are orientated in this direction suggests greater rigidity compression and buckling. The beams, pillars and roof structure were linked with anti-corrosive screws and metal clamps to guarantee security and stability of the building. We conclude that the use of these materials through modular production is an excellent solution for disaster situations, because it's a rapid construction system that meets quickly to emergency situations.

[1]LOPES, G. T. A.; COSTA, M. R.; GUERREIRO, M.V.D.R.; FREITAS, V. C. T.; MOURA, J. D. M. Projeto modular de habitação emergencial com o uso de pallets e bambu. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

***Keywords**: Emergency housing. Build system. Sustainability.*

1 INTRODUÇÃO

Ultimamente o Brasil tem sofrido impactos ambientais negativos devido aos fenômenos naturais que podem dar origem às catástrofes que ocorrem em diversas condições geológicas, climáticas e regionais. E são considerados como aleatórios, muitas vezes não sendo possível evitar seus efeitos. A população desabrigada muitas vezes é relocada para abrigos coletivos improvisados devido à rapidez dos fatos.

> As primeiras coisas que aqueles que ficaram sem casa e abrigo precisam são: comida, medicamentos e primeiros auxílios, mas também seguramente os arquitetos estão em importante posição de poder para aconselhar com autoridade e fazer pressão para que a ONU (Organização das Nações Unidas) ou [...] UNRRA (United Nations Reliefand Rehabilitation Administration) [...] proporcionem casas imediatas que chegue o quanto antes às zonas de catástrofe. (DAVIS, 1980, p.63, tradução livre).

Passada a intercorrência, os rastros de destruição são incalculáveis, e uma das demandas que normalmente é de difícil e lenta solução é a questão das Habitações Emergenciais Temporárias.

Existem várias dificuldades para se prover abrigos unifamiliares, ou que se proponha dar certa privacidade às famílias, como a disponibilidade de áreas preparadas para implantação, mão de obra qualificada e em quantidade, fornecimento de insumos, dentre outras.

Com isso, exige-se uma solução rápida e barata para atender esta população. A inovação tecnológica é indispensável na busca de horizontes de sustentabilidade. Em virtude disso, diversas pesquisas em tecnologia têm sido desenvolvidas, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais das construções, em especial, utilizando materiais alternativos de baixo custo, como por exemplo, o bambu e o pallet.

Algumas propostas de habitações de emergência modulares contemplam diversos materiais entre os quais pode-se ressaltar: madeira proveniente de plantio florestal (Silva 2006), materiais recicláveis e materiais industriais (Nogueira 2012), utilização do concreto armado em painéis pré-fabricados tipo sanduíche (Delaqua, 2013), painéis de madeira "sanduíches"[2], abrigos feitos com tubos de papel[3]e uso do polipropileno (Abrigo Origami- Alastair Pryor), um tipo de plástico que pode ser 100% reciclado.

O bambu é um material sem muito valor econômico, social ou cultural em nossa sociedade. Em outros países é motivo de orgulho e objeto de

[2]Abrigo Luna - desenvolvido por estudantes na Finlândia.Os painéis são fixados usando somente os encaixes na madeira e fitas de nylon, sem a utilização de parafusos ou ferramentas elétricas.

[3]Abrigo em tubos de papel – projeto do escritório Shigeru Ban, no Japão. Paredes com tubos de papel, envernizadas ou com pintura anti -fogo; madeiramento do telhado com preenchimento de papel.

pesquisas por seu potencial em diversas e comprovadas áreas de aplicação. O bambu não é poluente, não requer grande consumo de energia e oxigênio em seu processo de beneficiamento, sua fonte é renovável, de baixo custo e apresenta características mecânicas similares do aço e do concreto (RIPPER, 1994).

O pallet em madeira, como já sabido, é uma plataforma móvel em forma de estrado concebida para facilitar o transporte e armazenamento de cargas e possui dois apelos: ser constituído por madeira reflorestada, ou seja, a liberação de dióxido de carbono em sua produção é praticamente zero, e também por poder reciclar os que estão presentes em diversos setores do comércio.

Portanto a habitação emergencial proposta nesse trabalho tem por objetivo um projeto versátil e de fácil montagem para ser executado rapidamente em situações de catástrofes em diferentes áreas, com adaptação para terrenos distintos. O estudo propõe o projeto de uma habitação emergencial e temporária, podendo permanecer por um período maior do que previsto em algumas situações que as populações atingidas estejam desabrigadas, com área máxima de 25 m². Teve como uso de materiais construtivos principais o pallet e o bambu.

2 METODOLOGIA

Como etapa preliminar, foi elaborado um programa de necessidades compatível com a metragem estipulada. Os ambientes considerados de maior importância para habitação em casos emergenciais foram: banheiro, sala para refeições, cozinha, e dormitório.

Portanto no contexto do projeto – problema 4 a forma veio como resposta ao que o programa de necessidades identificou, como descreve abaixo, a fim de descobrir a natureza do problema:

> Se entendermos o papel real do programa, fica claro que - por definição - ele não pode determinar a solução nem dificultá-la. Na medida em que é um sistema de atividades, o programa estabelece o âmbito de possibilidades da forma e, ao mesmo tempo, atua como elemento de verificação do projeto em diversas fases do seu processo. (PIÑÓN, 2006 p. 50).

Entendendo o projeto como o processo e considerando que no papel a ideia toma forma[5], o trabalho teve seu início na concepção dos croquis e seguiu as variáveis externas, problemas e tentativas de soluções que, gradualmente se tornaram nas intenções formais da planta e dos volumes.

[4]Conceito projeto – problema: é um exemplo de estrutura conceitual que tem objetivo de formular uma abordagem simples o bastante para que possa ser utilizada em qualquer projeto.Também chamado método *ProblemSeeking.*

[5]Juan Pablo AschnerRossellie outros autores como Doris Catherine CornelieKnatz Kowaltowskiabordam sobre o processo de projeto em Arquitetura.

Conhecimento das necessidades implica também saber os meios ou recursos disponíveis para esta variável, que foi criativamente interessante.

Para a análise das condições do projeto foi usado o método *ProblemSeeking, que* é abrangente o bastante para cobrir a maior parte dos fatores que irão influenciar nos resultados, o qual está estruturado em cinco passos e quatro aspectos que foram considerados. (Ver tabela 1)

Tabela 1 - Metodologia do *ProblemSeeking*

Passos	**Aspectos a Considerar**
1 – METAS – O que o cliente quer obter, e por quê? 2 – FATOS – O que se sabe? O que é dado? 3 – CONCEITOS – Como o cliente quer alcançar as metas? 4 – NECESSIDADES – Quanto dinheiro e espaço? Qual nível de qualidade? 5 – PROBLEMA – Quais são as condições significativas que afetam o projeto do edifício? Quais são as direções gerais que o projeto deve tomar?	Função - o que vai acontecer no edifício? As palavras-chaves são: pessoas,atividades e relações. Forma - o que será visto e sentido? As palavras-chave são: local, ambiente e qualidade. Economia - diz respeito ao orçamento e qualidade da construção, mas também pode incluir considerações de custos de operação e do ciclo de vida. Palavras-chaves são: orçamento inicial, custos operacionais e custos do ciclo de vida. Tempo - três classificações : passado, presente e futuro – as quais lidam com influências da história, as mudanças inevitáveis do presente e as projeções para o futuro. As palavras-chave são: passado, presente e futuro.

Fonte: PEÑA; PARSHALL, 2001 [1969], p.30-31 apud MOREIRA, 2007 p.87 a 90)

Com relação ao dimensionamento físico, foram quantificados os equipamentos, os mobiliários, as circulações, as infraestruturas técnicas, os serviços de apoio correspondendo às dimensões humanas. Consideraram-se, além das medidas estáticas, as medidas dinâmicas do corpo humano, com espaço mínimo em torno dos equipamentos para a realização de atividades necessárias de maneira descontraídas.

Segundo OKAMOTO (2002), dimensionar os espaços em torno dos objetos e equipamentos, pode ocasionar restrições aos movimentos do indivíduo, tornando-os cansativos e desgastantes. Embora o projeto não tenha chegado a detalhamento de mobiliário, pois não fazia parte de seu enfoque, as dimensões do espaço interno foram contempladas em planta, visando que o espaço seja funcional, confortável e acessível.

2.1 Processo do Projeto

A escolha dos materiais foi orientada por parâmetros econômicos, disponibilidade no mercado e facilidade do emprego da tecnologia no projeto. Foram estabelecidos como matérias bases para o desenvolvimento desta ideia o pallet e o bambu.

O projeto priorizou o uso dos pallets de madeira pinus como sistema de vedação, pois verificou-se que a sua produção no país é abundante e há possibilidade de reaproveitamento desse material no padrão PBR. E o

bambu, por ser uma abundante espécie vegetal encontrada em diversas partes do mundo, inclusive no Brasil, é barato, leve, de crescimento veloz e com qualidades mecânicas significantes, se enquadra como um material excelente, pois seu beneficiamento não exige grandes aportes de energia.

No Brasil, os pinus vêm sendo plantados há mais de um século, tendo sido, inicialmente, introduzidos para fins ornamentais. A partir de 1950 é que foram plantadas em escala comercial para produção de madeira. O principal uso deles é como fonte de matéria-prima para as indústrias de madeira serrada e laminada, chapas, resina, celulose e papel. O estabelecimento e o manejo de florestas plantadas com pinus vêm possibilitando o abastecimento de madeira que, anteriormente, era suprido com a exploração do pinheiro brasileiro. Essa prática estabeleceu-se como uma importante aliadas dos ecossistemas florestais nativos, pois vem suprindo uma parcela cada vez maior da necessidade atual de madeira. (EMBRAPA, 2009).

Segundo o IPT (1989), a madeira pinus apresenta vantagens como secagem e manejo. É fácil de desdobrar, aplainar, lixar, tornear, furar, fixar, colar e permite bom acabamento. A tabela 2 expõe os valores das propriedades físicas e mecânicas da madeira pinus.

Tabela 2 – Propriedades da madeira pinus.

PROPRIEDADES FÍSICAS				
Densidade de massa (ρ)		**Contração**		
Aparente a 15% de umidade (kg/m³)	Básica (kg/m³)	Radial (%)	Tangencial (%)	Volumétrica (%)
480	400	3,4	6,3	10,5
PROPRIEDADES MECÂNICAS				
Flexão - Resistência (fм)				
Madeira verde (MPa)	Madeira a 15% de umidade (MPa)	Limite de proporcionalidade - madeira verde (MPa)	Módulo de elasticidade - madeira verde (MPa)	
48,0	69,6	19,7	6463	
Compressão paralela às fibras - Resistência (fc0)				
Madeira verde (MPa)	Madeira a 15% de umidade (MPa)	Limite de proporcionalidade - madeira verde (MPa)	Módulo de elasticidade - madeira verde (MPa)	
18,5	31,5	13,7	8846	
Outras propriedades				
Resistência ao impacto na flexão (MPa)	Cisalhamento - madeira verde (MPa)	Dureza janka paralela - madeira verde (N)	Tração normar as fibras - madeira verde (MPa)	
14,5	5,8	1932	3,0	

Fonte: (IPT, 1989).

Segundo Salgado et. al. (1994), o bambu é uma espécie vegetal pertencente à família das *Gramineaes,* com aproximadamente 45 gêneros e mais de mil espécies catalogadas e espalhadas pelo mundo. Matéria – prima de baixo custo e de fácil apropriação, o bambu pode ser encontrado com facilidade em todo o território brasileiro. Dentre os vários países latino-americanos onde o bambu se desenvolve, o Brasil reúne o maior número de espécies desta planta, algumas nativas e outras exóticas (GRACA, 1988).

A aplicação do bambu na construção civil gera vantagens, pois chega produzir uma economia de até 50%, pode surgir como alternativa de gerar emprego, além de apresentar resistência à tração próxima de uma chapa de aço. A tabela 3 apresenta as propriedades do material.

Considerando as limitações que os dois materiais apresentam, focou-se na modulação dos pallets como elemento definidor do projeto.

O sistema modular é um instrumento que auxilia no dimensionamento, posicionamento e conectividade dos materiais e componentes, tanto no projeto quanto na execução da construção. A vantagem do uso do sistema é a simplificação e a compatibilização dos projetos e das operações de execução, com maior precisão dimensional e locação da obra, facilitada pelo reticulado modular; a padronização dos materiais e componentes, facilitando a produção em série, evitando quebras e a substituição; a redução dos problemas de interface entre os componentes, elementos e subsistemas; a facilidade na utilização de técnicas pré-definidas; o possível intercâmbio nacional e internacional das tecnologias de construção e inovações nos materiais (PARIZOTTO FILHO, 2004).

Tabela 3 - Propriedades físicas e mecânicas do bambu.

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO BAMBU	
Compressão	Peças curtas podem suportar 50 MPa, superando a resistência dos concretos convencionais.
Resistência específica	O bambu mostra-se mais eficiente do que o concreto.
Tração paralela às fibras	O módulo de elasticidade é em torno de 20.000 MPa.
Flexão estática	Apresenta rigidez suficiente para que possa ser utilizado em estruturas secundárias, na forma de treliças e vigas.
O peso no entanto é 90% menor que do aço.	
Cabos de bambus trançados oferecem resistência similar ao aço CA-25 (2.500 Kgf/cm²).	
PROPRIEDADES FÍSICAS E RESISTÊNCIA DAS FIBRAS	
Flexão	**Tensão**
Externa (Kg/cm²)	
2.531	949
Interna (Kg/cm²)	
3.200	1.150

Fonte: Marçal (2008).

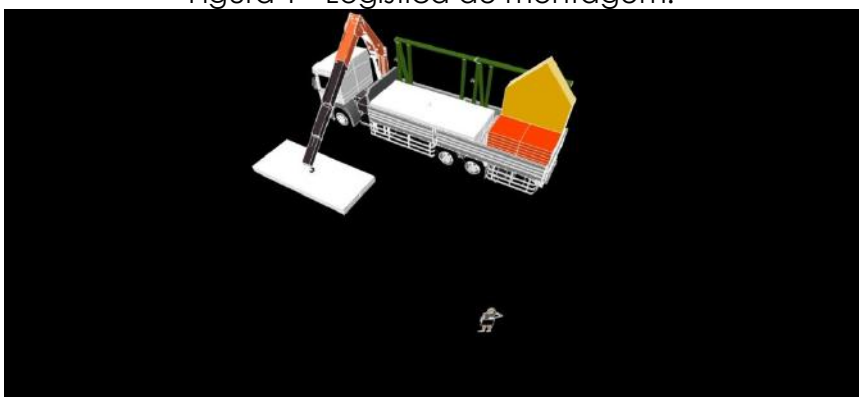
Portanto para a modulação da proposta foi necessário escolher qual padrão de pallet seria utilizado, pois existem muitos. Porém identificou-se que a maior parte dos pallets produzidos no Brasil, são em Padrão Brasil (PBR), ou seja, 1,20m x 1,00m x 0,14m.

2.2 Logística

Constatando a amplitude das possibilidades de criação de painéis modulares utilizando a estrutura do pallet, os projetos de painéis verticais em madeira foram baseados nas seguintes premissas: proporcionar simplificação, organização, rapidez de produção, redução de mão-de-obra, desperdício de materiais, custos na construção, montagem e desmontagem e a sustentabilidade.

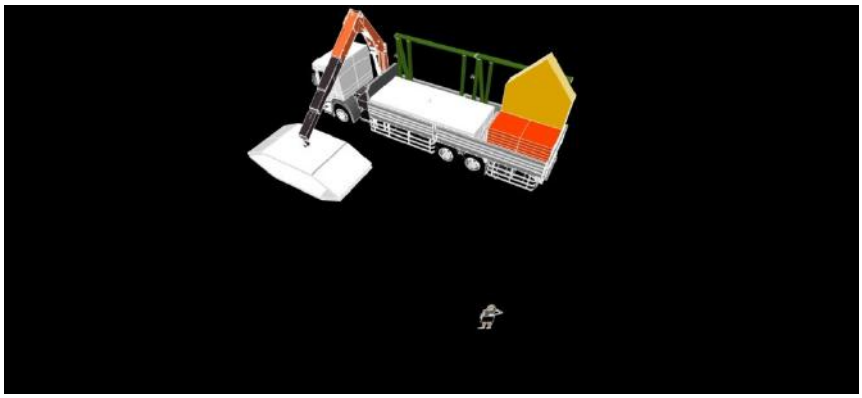
Como ponto de partida, imaginou-se uma estrutura articulada, em que um caminhão munck, conforme as Figuras 01, 02, 03, poderia auxiliar a montagem, eliminando assim mão de obra e aproveitamento do meio de transporte que seria necessário para entregar estas unidades aos locais atingidos. As articulações poderiam ser como em algumas escadas de manutenção, Figura 04, que ao se afastarem as extremidades ela se auto-trava, porém com uma lingueta ela permite o seu destravamento voltando ao estado inicial.

Figura 1 - Logística de montagem.



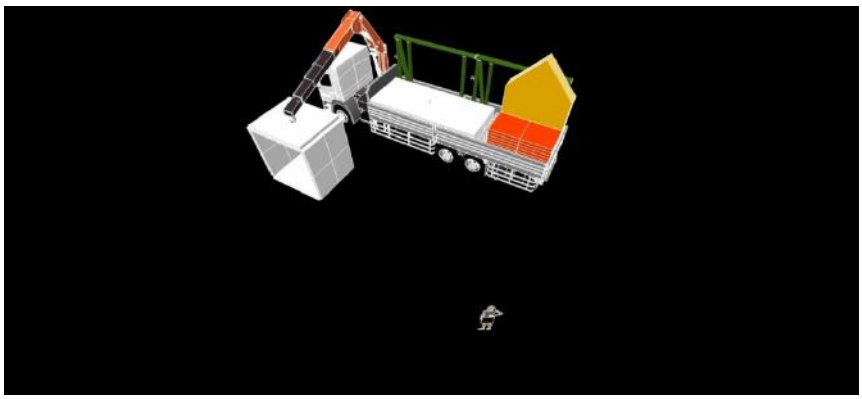
Fonte: Os autores.

Figura 2 - Logística de montagem.



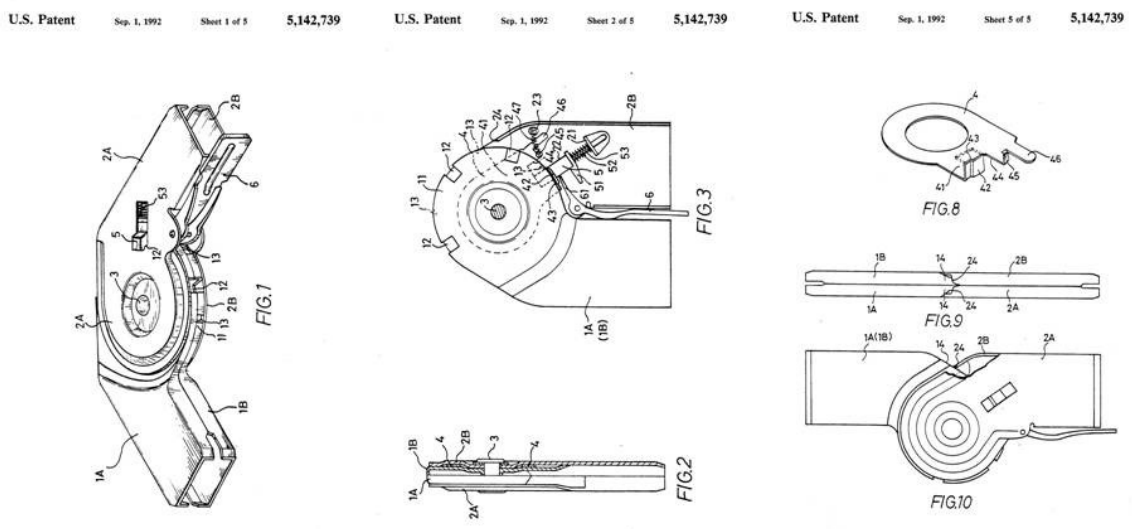
Fonte: Os autores.

Figura 3- Logística de montagem.



Fonte: Os autores.

Figura 4- Conexão Flexível.



Fonte: Sung C. Line, inventor; Palhood Industries Corporation, cessionário. Lockable hinge joint for folding ladders. United States Patent US 005142739A. 1992, Sep. 1.

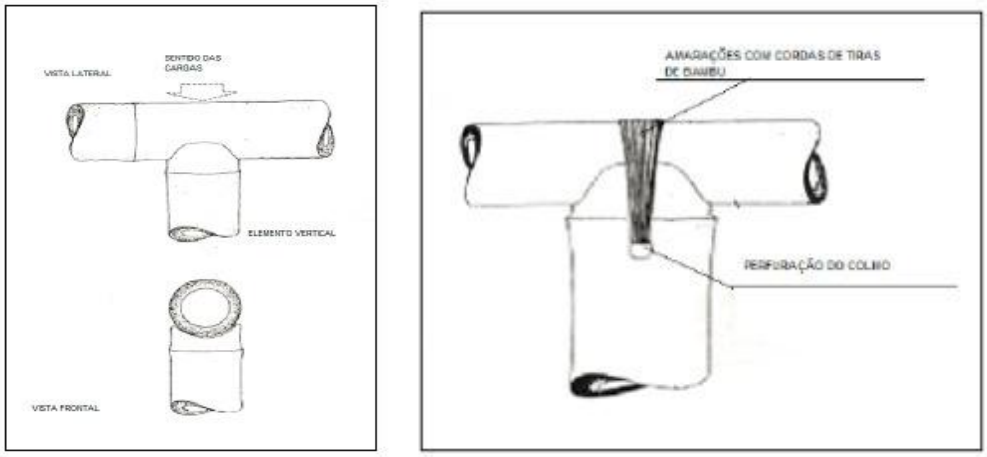
Para montar uma estrutura com este equipamento, deveria se considerar apenas o esforço no eixo "Y"(vertical). Portanto, pensou-se em juntar quatro pallets em duas linhas, formando uma placa com dimensões de 2,40m por 2,00m, e com quatro destas placas criou-se um módulo, constituído de piso, 02 paredes laterais e forro. Desta forma obteve-se um pé-direito razoável de 2,40m e como as ripas do pallet são orientadas neste sentido, obtêm uma maior rigidez à compressão e à flambagem.

Deste modo, o módulo se compôs de duas placas rígidas e duas articuladas; as rígidas seriam o piso e o teto, e as paredes seriam articuladas na horizontal ao meio. Como o piso deste módulo de quatro placas possui apenas 4,8m², as aberturas laterais possibilitariam o aumento de área ao se articular outros módulos similares a este.

2.3 Conexão dos Módulos e Estrutura de Bambu

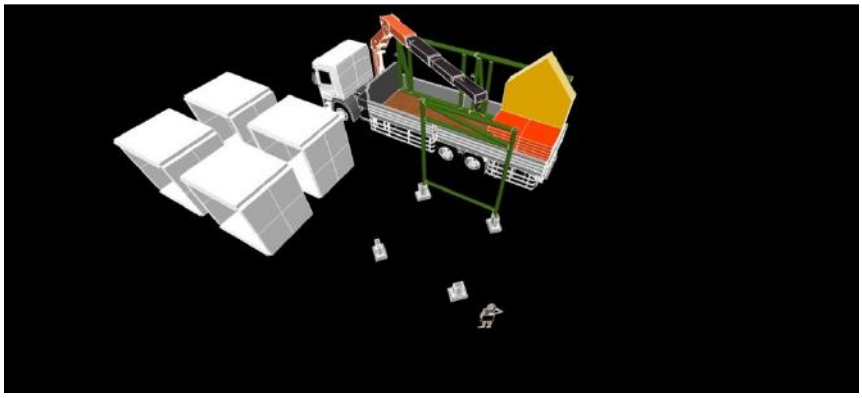
Para a conexão dos módulos, utilizou-se o bambu. Na Figura 05, demonstra como seriam os encaixes. Chegou-se a um componente em forma de "Ó", com os montantes horizontais inferiores afastados do solo e no superior dois montantes afastados com contraventamento, Figura 06, configurando uma treliça. Foram utilizados quatro destes componentes para acoplar os módulos, e contraventados horizontalmente na parte superior e inferior de acordo com a Figura 07. Para a fixação dos módulos pallet com a estrutura de componentes em bambu, pensou-se em perfis "U" fixados nos seguimentos horizontais de cada módulo, e que se encaixam quando em posições contrárias.

Figura 5 - Conexão a topo; Conexão a topo com amarração.



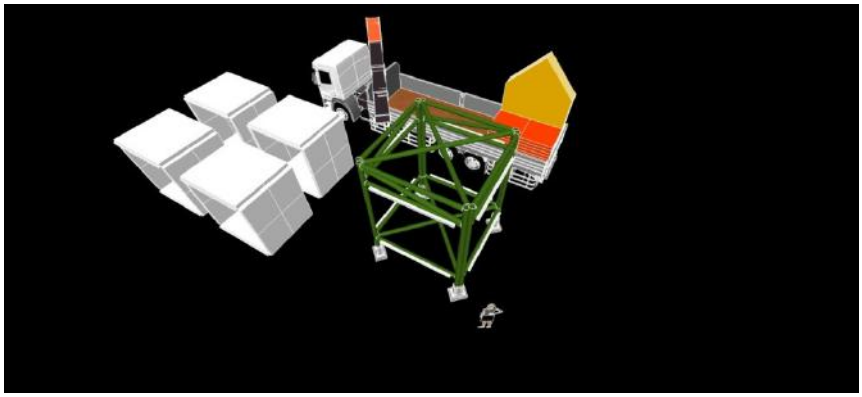
Fonte: Dunkelberg (1996) citado por Padovan. O Bambu na arquitetura: Design de conexões estruturais. Disponível em: https://www.faac.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/MestradoeDoutorado/Design/Dissertacoes/roberval-braz-padovan.pdf, consultado em: 07 fevereiro 2016, p. 111.

Figura 6 - Componente em Bambu.



Fonte: Os autores.

Figura 7- Montagem dos Componentes.

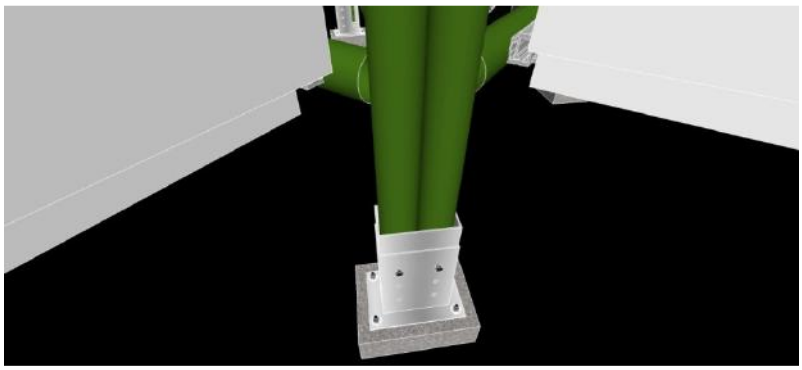


Fonte: Os autores.

2.4 Fundação

Para que não fosse necessário terraplenagem, e também que a estrutura não ficasse em contato com o solo, pois madeira não resiste a grandes variações de umidade, foi proposto quatro pontos de apoio (em bambu, descrita anteriormente) apoiados sobre blocos de concreto. Por meio de duas "luvas" de aço de dimensões diferentes e perfuradas, uma envolvendo a extremidade inferior dos componentes em bambu, a outra nos blocos de concreto, funcionaria como um "macaco", onde o nível seria regulado com pinos conforme a Figura 08.

Figura 8- Bambu em luvas de aço.



Fonte: Os autores.

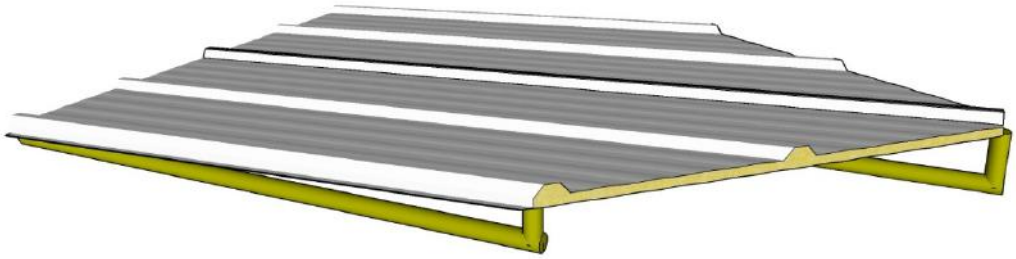
2.5 Cobertura

Para a cobertura, pensou-se utilizar o bambu em cana como estrutura, conforme a Figura 09, e inicialmente, a utilização do bambu em meia cana como telha, porém o material é pouco durável em contato com umidade direta.

Então optou-se pelas telhas sanduíche, constituídas em duas camadas de aço galvanizado (liga de Zinco e Alumínio), nas extremidades, e uma de poliuretano ao meio. Com inclinação mínima de 5%, ela exige menos estrutura, resultando em leveza e suavidade ao telhado.

Outro ponto a favor é a quantidade reduzida de telhas, pois é feita sob medida, o que proporciona uma estanqueidade maior, pois os recobrimentos podem ser pontos passíveis de infiltração. Outra vantagem é o ganho do desempenho térmico, contribuindo para o conforto do usuário.

Figura 9- Estrutura de cobertura.

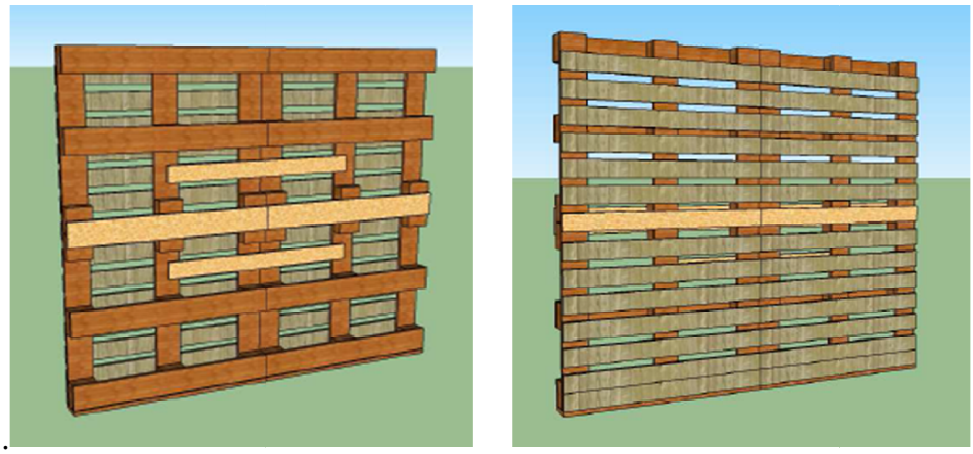


Fonte: Os autores.

2.6 Vedação e Ligação dos Pallets

Tanto para paredes como para piso utilizou-se o pallet como mencionado anteriormente. A ligação entre eles foi através de mata juntas produzidas com os próprios tirantes superiores dos mesmos. Para o fechamento, ou seja, a vedação de suas aberturas optou-se a utilização de meias ripas de madeiras pregadas no próprio pallet. Como mostram as Figuras 10 e 11.

Figura 10- Ligação entre pallets.



Fonte: RIBEIRO, F.M. ; ANDRADE, R. (2015).

Figura 11- Vedação dos pallets.

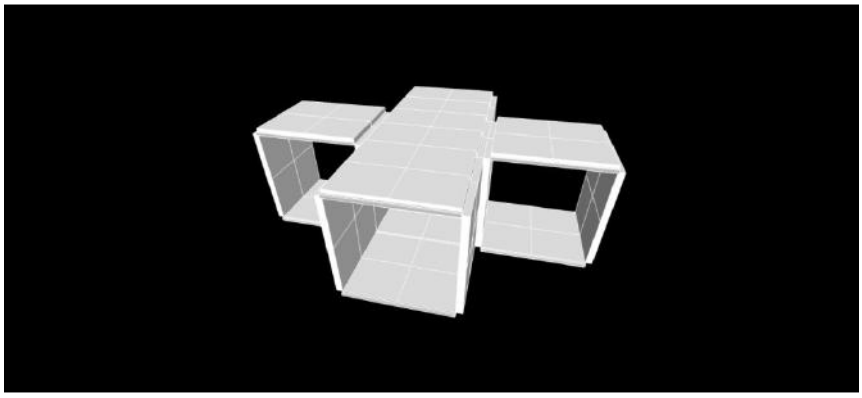


Fonte: Baungarten *et. al.* (2011).

3 RESULTADOS

Como foi exposto anteriormente, a limitação da área máxima foi de 25m², desta forma poderia se utilizar até cinco módulos, chegando-se a 24m², conforme a Figura 12. Em formato de cruz, posicionando três deles como um túnel e mais dois, sendo um de cada lado, nas laterais do módulo central. Esta configuração impedia a circulação entre os módulos adjacentes obrigando a introdução de aberturas, o que poderia enfraquecer a estrutura.

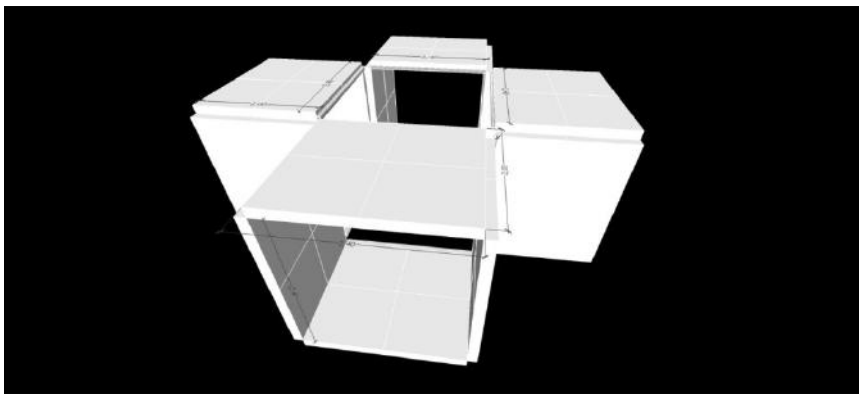
Figura 4- 05 módulos.



Fonte: Os autores.

Outra problemática seria impossibilitar um layout razoável para o mobiliário, pois as dimensões não eram suficientes nesta disposição. Com isso, abrindo mão de um módulo, ou seja, trabalhando com apenas quatro, colocou-se em formato de cruz novamente, com as aberturas voltadas para o centro e para as extremidades, favorecendo a circulação, conforme a Figura 13.

Figura 5- 04 módulos.



Fonte: Os autores.

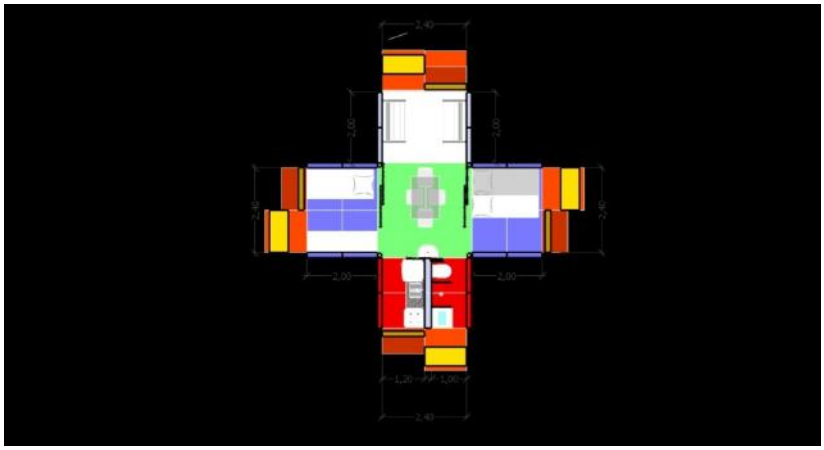
Este formato contribuiu também para a configuração do layout, segundo a Figura 14, e possibilitando trabalhar com módulos com funções específicas. Criou-se então os módulos: "dormitório", "molhado" - com cozinha e banheiro e o "estar".

No espaço vazio ao centro, locou-se a função "jantar". No módulo "dormitório", prevê as camas na transversal (que podem ser tanto duas de solteiro (0,80m x 1,95), como uma de casal (1,45m x 1,95m), liberando espaço para circulação lateral).

No módulo "molhado", foi inserida uma parede hidráulica ao meio para servir a ambos os cômodos, a cozinha e ao banheiro. Deste último foi retirado o lavatório, pois foi considerada necessária a inserção de um espaço para a máquina de lavar roupas.

O Lavatório foi inserido na parte central da estrutura junto à função "jantar" e fixado na parede hidráulica. No modulo "estar", pode-se inserir um sofá articulado em um dos lados e a TV do outro[6]. Para o fechamento das extremidades voltadas para o exterior, utilizou-se de dois conjuntos de dois pallets articulados em cada módulo para fazer o papel de janelas e portas.

Figura 6- Disposição dos módulos.

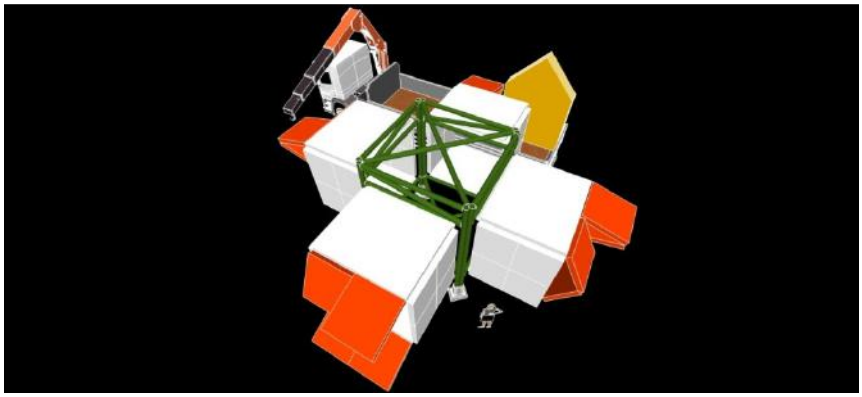


Fonte: Os autores.

[6] O mobiliário não foi pensado como objetos articuláveis, mas nesse artigo não será abordado.

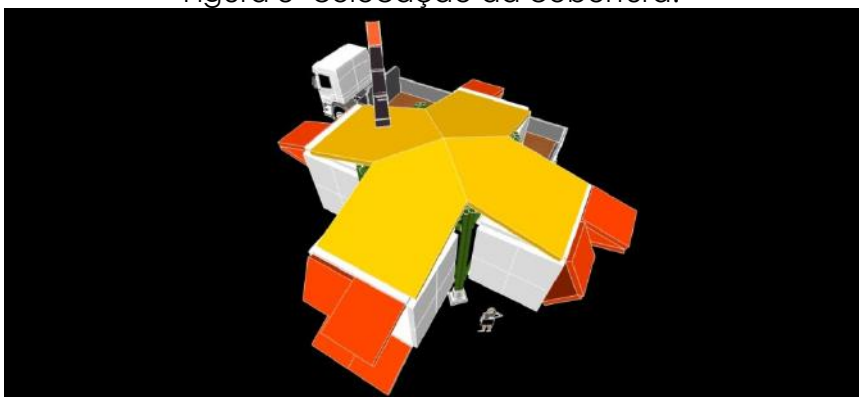
Portanto esta pesquisa teve como resultado um Estudo Preliminar de uma habitação modular (módulo 240cmx200cm) considerando questões de funcionalidade, estruturais e estéticas para o seu desenvolvimento, de acordo com as Figuras 15, 16 e17.

Figura 7- Colocação dos módulos.



Fonte: Os autores.

Figura 8- colocação da cobertura.



Fonte: Os autores.

Figura 9- Corte esquemático - instalação sanitária, cozinha e Estar.



Fonte: Os autores.

4 CONCLUSÕES

A necessidade do desenvolvimento de projetos que abordem tecnologias diferenciadas e visem questões como sustentabilidade e métodos inovadores com materiais de fácil acesso é um problema que está sendo debatido em diversos fóruns na atualidade.

O estudo para a elaboração de projeto de uma habitação emergencial e temporária, usando pallet e bambu, compreendendo uma área máxima de 25m² teve como conclusão uma planta dimensionada e imagens em 3D (três dimensões) de uma habitação modular (módulo 240cmx200cm).

O projeto considerou questões de funcionalidade, estruturais e estética para o seu desenvolvimento, segundo a metodologia do *ProblemSeeking*. O sistema modular, devido à sua racionalidade, foi aplicado, mantendo como base as dimensões do pallets PBR.

Durante a pesquisa pode-se observar quanto potencial esses materiais construtivos principais apresentam para que seu uso seja efetivado no mercado da construção civil. As pesquisas científicas, em nível mundial, têm apontado caminhos para soluções sustentáveis na construção civil, porém, pouco divulgado e conhecido no mercado de trabalho.

Observa-se que o tema proposto é pertinente e urgente na diversidade de fatos catastróficos que acometem as nações. Sobre o Projeto Preliminar proposto conclui-se que o uso dos materiais pallet e bambu através de produção modular é uma excelente solução para as situações de desastres, pois é um sistema de construção rápida, que atende às condições de emergência.

O módulo proposto para habitação emergencial indica uma solução que precisa ser estudada com mais detalhes nos aspectos técnicos de conexões, devendo chegar a um protótipo para testar sua eficácia diante de uma situação real. A continuidade dessa pesquisa pode contribuir para o conjunto científico que existe sobre o tema.

REFERÊNCIAS

DAVIS, Ian. **Arquitectura de emergência**. Barcelona, Gustavo Gili, 1980.

DELAQUA, Victor. Habitação de Emergência para Mães Solteiras/ 4L ARQ. Portal Archdaily. 29 jul. 2013. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/br/01-130699/habitacao-de-emergencia-para-maes-solteiras-slash-4l-arq> Acesso em: 23 jun. 2013

EMBRAPA **(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).** Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes> Acesso em: 15 JUN. 2016.

GRAÇA, V.L. **Bambu, térmicas para o cultivo e suas aplicações.** 2ª ed. Ed. Ícone, SP 1988.

IPT **(Instituto de pesquisas tecnológicas).** Disponível em <http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=7> Acesso em: 15 JUN. 2016.

KOWALTOWSKI, Doris C.C.K. et al. **O processo de projeto em arquitetura da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MARÇAL, S.H.V. **Uso do bambu na construção civil.** Monografia – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2008.

NOGUEIRA, Waldeir. Habitação portátil: ECOmoradia de emergência- Ecobitat. **Portal Painel Sustentável.** 1 mai. 2012 Disponível em: < http://painelsustentavel. blogspot.com.br/2012/05/felipe-campolina-ecobitat-um-sistema-de.html> Acesso em 23 jun. 2016

NORBERG-SCHULTZ, Christian. **Intenciones enarquitectura**. Barcelona: Gustavo Gili, S.A., 1998.

PARIZOTO FILHO,S. **Análise Arquitetônica e construtivade tipos habitacionais** edificados com painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos. Tese (Mestrado) – UNIVERSIDADEFEDERAL DE SANTA CATARINA ,2004.

PIÑÓN, Helio. **Teoria do projeto**. Tradução Edson Mahfuz. Porto Alegre: Livraria do Arquiteto, 2006.

RIBEIRO, F.M. ; ANDRADE, R. C. **Construção de Casas Emergenciais utilizando "Pallet" em Rio Grande/RS.**CONFERENCE PAPER · APRIL 2015 [online]. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280089130_Construcao_de_Casas_Emergenciais_utilizando_Pallet_em_Rio_GrandeRS> Acesso em: 05 Fev. 2016.

ROSSO; T.**Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAUUSP, 1976.

SALGADO, A.L. de B. el. al. **Instruções técnicas sobre o bambu.** Boletim técnico, 143, 43p. Campinas: Instituto Agronômico, 1994.

SILVA, Ricardo Dias. Habitação de Emergência com Resíduos de Madeira e Derivados. 2006 Disponível em: < http://www.lares.org.br/2006/artigo %20ricardo%20silva%20habitacao%20de%20emergencia%20vfinal.doc. Acesso em 23 jun. 2016

VENTURA, Alessandro. **Reflexão sobre conceitos de produção modular e arquitetura.** Pós. Rev Programa Pós-GradArquit Urban. FAUUSP [online]. 2006, n.20, pp. 170-185. ISSN 1518-9554.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ARQUITETURA DE CONTAINER: REUTILIZAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

LOPES, Geane Talia de Almeida (1); LOIOLA, Izadora Tonin (2); SAMPAIO, Ana Virgínia Carvalhaes de Faria (3)

(1) UEL, e-mail: geanea.lopes@gmail.com; (2) UEL, e-mail: izatonin@gmail.com; (3) UEL, e-mail: ansampaio@uel.br

RESUMO

Uma das maiores atividades geradora de resíduos na atualidade é a construção civil. Uma das soluções que vem se destacando no cenário atual é a reutilização, reaproveitado de materiais. Entre os elementos que podem ser reaproveitados na arquitetura, o que tem se destacado nas últimas décadas é o container. Este artigo tem como objetivo investigar como se dá a reutilização do container na construção civil e sua aplicabilidade nas mais diversas tipologias arquitetônicas. Para isso foi realizada pesquisa bibliográfica do contexto histórico e composição do container, para o maior aprofundamento no assunto. Também foi realizado o levantamento de quais fatores influenciam na reutilização do container, de forma que a edificação ofereça condições de habitabilidade para seus usuários. São apresentadas três obras que utilizam o container como método construtivo, para demonstração das múltiplas possibilidades de uso do método. Por fim, é feita a análise comparativa das vantagens e desvantagens da reutilização do container na construção civil. Espera-se que o trabalho contribua para a maior difusão do método construtivo no Brasil, através do esclarecimento de alguns fatores, incentivando a sua popularização.

Palavras-chave: Construção civil. Reutilização. Sustentabilidade. Industrialização. Container.

ABSTRACT

Nowadays, one of the largest generators of waste activities is the construction. One solution that has been highlighted in the current scenario is to reuse, recycled materials. Among the elements that can be reused in the architecture, which has more gain prominence in recent decades is the container. This article has as objective to study and analyze the reuse of the container in civil construction and its applicability in the most different architectural typologies. For this reason the bibliographic research was performed with the historical context and the composition of the container for the greater deepening in the subject. Also survey was done of which factors influence the reuse of the container, so that the building offers conditions of habitability for its users. Are presented three works that use the container as constructive method for demonstration of the multiple possibilities of the use of the method. Finally, it is performed the comparative analysis of the advantages and disadvantages of the reuse of the container in civil construction. It is expected that the work will contribute to the further spread of constructive method in Brazil, through the clarification of some factors, encouraging their popularization.

***Keywords**: Construction. Reuse. Sustainability. Industrialization.Container.*

[1]LOPES, G. T. A.; LOIOLA,I. T.; SAMPAIO, A. V. C. F. Arquitetura de Container: Reutilização para Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das maiores atividades geradora de resíduos, sendo que a situação é ainda mais grave no cenário nacional (ROMANO; PARIS; NEUENFELDT JR., 2014). Como mudar este panorama? Muitos poderia ser reutilizado, reaproveitado ou readaptado ao invés de ser descartado em lixões e gerando maiores transtornos para o meio ambiente. Mas como reutilizar?
A arquitetura atual tem unido esforços para encontrar soluções que visam à sustentabilidade ambiental, através da eficiência energética, analises bioclimáticas, uso das potencialidades locais como condicionantes de projeto, além do reaproveitando de materiais que seriam descartados no meio ambiente (ROMANO; PARIS; NEUENFELDT JR., 2014).

Entre os elementos que podem ser reaproveitados na arquitetura, o que tem se destacado nas últimas décadas é o container, utilizado para o transporte de cargas marítimas. Apesar de sua grande utilidade, a vida útil do container é curta, de aproximadamente 10 anos. Após o uso, os containers são descartados e ficam depositados nas áreas portuárias, criando transtornos para o meio ambiente (MILANEZEet al. *apud*ROMANO; PARIS; NEUENFELDT JR., 2014).

Devido a sua estrutura e formato, os containers caíram no gosto dos arquitetos, engenheiros, empresas e organizações, por permitir diversas configurações e usos, como casas, escolas, lojas e hotéis, aliando o projeto arquitetônico, desde o princípio, com a sustentabilidade (SCHONARTH*apud*ROMANO; PARIS; NEUENFELDT JR., 2014).

Este artigo tem por objetivo fazer uma breve relato sobre a reutilização do container na construção civil, comsua descrição, métodos projetuais, elementos que implicam na sua adaptação de uso, como o conforto ambiental e por fim,a apresentação e analise de três obras que utilizam o container como estrutura construtiva.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do artigo, primeiramente foi realizada a revisão bibliográfica, através da busca e consulta em artigos, publicações e sites especializados. Por se tratar de um tema novo e pouco abordado, houve dificuldades para o desenvolvimento da pesquisa. O levantamento das informações sobre containers se deu através dos modelos e opções de adaptação existentes atualmente. A análise das obras foi feita de modo a enfatizar as diversas possibilidades de usos do material, expondo o levantamento de informações e peças gráficas em sites especializados.

2.1 Container como Sistema Construtivo

O container é um equipamento feito em aço, alumínio ou fibra, geralmente de grandes dimensões, destinado a acondicionar cargas variadas para transporte tanto marítimo quanto terrestre e aéreo.

Segundo Kotnik (2013), o conceito de usar essas estruturas em formato de caixas para transportar mercadoria surgiu por volta do final do século XVIII na Inglaterra, como uma alternativa para aprimorar o transporte que até então era realizado por meio de carroças puxadas por animais.

Porém, a revolução desse meio de transporte se deu somente, segundo o autor, em 1955 quando nos EUA, Malcom P. McLean, dono de uma grande empresa de transporte de mercadorias-transporte realizado por meio de caminhões- comprou uma companhia de navegação, e resolveu transportar os reboques dos caminhões em navios.

> Ele percebeu que é muito mais simples e mais rápido levantar um container cheio de mercadorias de um veículo e carregá-lo diretamente em um navio, ao contrário de transportar uma carga em várias etapas. Isso deu origem aos chamados intermodalidade, ou seja, o sistema de transporte em que dois ou mais meios de transporte são combinados para simplificar e acelerar o fluxo de pessoas e bens. (KOTNIK,2013,p. 14)

Essa estratégia simplificou o processo de logística de mercadorias e levou a uma revolução no transporte de cargas e comércio internacional e após muitos anos a utilização do container adentrou o campo da arquitetura (KOTNIK, 2013).

Robinson e Swindells(2012) apontam que antes dos containers se tornarem populares entre arquitetos eles foram utilizados pela primeira vez como barracos e abrigos em países emergentes, e que já foram implantados em áreas com condições ambientais extremas (Marshall, 2009) e utilizados como abrigos emergenciais e centros médicos (Christensen; Worzala 2010, Container to Clinic 2016).

Na última década, o uso do container não ficou restrito a edifícios temporários, ou de caráter emergencial, mas sim tem emergido como uma tecnologia altamente solicitada para vários tipos de construção, como habitações residenciais, edifícios comerciais, públicos, assim como estruturas efêmeras como protótipos de habitação móvel, ou unidades portáteis (ISMAILet al. 2015).

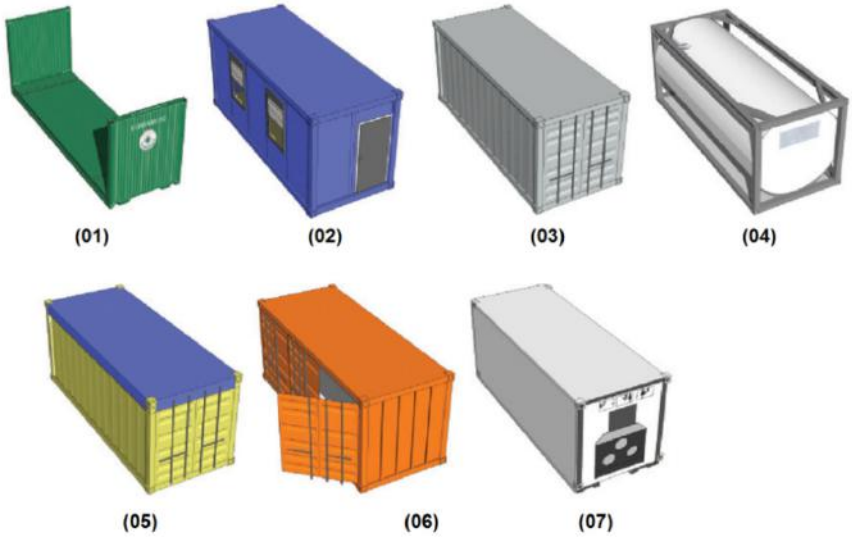
Atualmente, de acordo com Kotnik (2013), o mercado apresenta uma série de modelos diferentes de containers, com dimensões variadas. A dimensão varia com o tipo de uso do container. No mercado podemos encontrar containers de 20, 40 e até 45 pés, compreendendo respectivamente ao volume de 33,1m³, 67,5m³ e 86,1 m³. O container de 20 pés possui 6,05 x 2,43 metros e o de 40 pés 12,20 x 6,05 metros, ambos com altura de 2,59 metros. (Figura 1).

Sobre os tipos existentes de container, o mercado já fabrica containers destinados exclusivamente à construção civil, sendo esse tipo o mais usado para a realização de projetos temporários - em que há a necessidade constante de mudança de local. Esse tipo de container surgiu com a transformação dos containers de navio, já é possível encontrar obras

implantadas no Brasil, como exemplo o projeto da loja Decameron, do arquiteto Marcio Kogan, que se tornou referência no país (SOBRAL, 2011).

Esse tipo é, portanto, mais adequado para projetos de escritório/habitação e leva um tempo menor de montagem, comparado ao método de reutilização de containers de carga. Suas principais vantagens são o fato de que eles são perfeitamente compatíveis com o sistema de transportes e facilita a construção rápida e de baixo custo (KOTNIK, 2013).

Figura 1- Modelos de Containers



(01: flat-rack container; 02: container para construção; 03: container de transporte de carga; 04: container tanque; 05: container com abertura superior; 06: container com abertura lateral; 07: container refrigerado).

Fonte: KOTNIK, 2013. Dados modificados pelas autoras (2015).

As possibilidades do uso dos containers são variadas, desde o uso dele em toda obra, em reformas, combinado com outros materiais, anexos de obras já existentes, podendo ser, por exemplo, adicionado a coberturas de prédios, devido o seu baixo peso (KOTNIK, 2013).

Sendo assim, o princípio de reutilização de containers tem como objetivo minimizar o impacto do descarte desse material, que com o passar do tempo são descartados e inutilizados assim, repensar o uso dos recursos na construção civil. (KOTNIK, 2013).

2.2 Metodologia construtiva do container

A metodologia construtiva da arquitetura em container é caracterizada por se restritamente racional, devido o material ter características industriai se tamanhos padronizados, podendo assim ser pensada como uma arquitetura modular. O projeto arquitetônico deverá se atentar às dimensões e as características que o elemento apresenta. O método projetual pode ser comparado ao usado em construções em "steelframe", que necessitam de um projeto arquitetônico bem resolvido e detalhado, para evitar possíveis problemas futuros com adequações de projeto (KEELER; BURKE, 2010).

Para que um container possa ser utilizado na construção é necessário que este passe por uma reforma (quando a peça for reutilizada), na qual suas superfícies são regularizadas e adaptadas de acordo com o projeto arquitetônico (abertura de portas e janelas). O container deve passar por um tratamento antiferrugem e pela pintura (normalmente com cores vibrantes), para garantir a isolação do metal contra a ação de agentes externos. Após esse processo, as unidades são transportadas para o local solicitado e montadas com o auxilio de guindastes (KEELER; BURKE, 2010).

Os isolamentos térmico e acústico das superfícies devem ser previstos em projeto, sendo itens de grande importância para a realização do mesmo, já que os containers necessitam que as partes elétricas e hidráulicas sejam embutidas nas paredes. As preocupações referentes ao isolamento térmico giram em torno do uso de espumas, fibras de vidro e seus aglomerantes. As questões energéticas também são significativas, exigindo tipos de isolamento eficientes e de alto desempenho.

> Os principais problemas desse tipo de tecnologia são referentes aos isolamentos térmicos e acústicos, que demandam estudos aprofundados de orientação solar e os ventos predominantes, os materiais mais usados que também auxiliam são as lãs de rocha ou vidro (KEELER; BURKE, 2010,p. 181).

Para finalizar a construção devem-se proceder com a colocação dos componentes elétricos, hidráulicos, e de placas de gesso acartonado, que servem como proteção destes elementos. Para amenizar os problemas de conforto térmico, e ruídos oriundos da parte superior, uma solução muito utilizada é o emprego de "coberturas verdes". É sabido que as coberturas verdes e as paredes vivas minimizam o reflexo e os efeitos de ilha térmica, reduzindo, também, o escoamento de águas pluviais.

A parte de estrutura e fundação desse tipo de construção, para Robinson; Swindells (2012)é resolvida de forma simples, já que a tecnologia funciona como uma arquitetura modular. Deve-se evitar que o container fique em contato direto com o solo, parar impedir que a umidade danifique a estrutura da peça.

> Como muitos edifícios celulares, edifícios em container usam a estrutura em "frame" para transferir cargas de apoio dos módulos para áreas de plano mais aberto. No caso de colapso do módulo ou o seu suporte, os recipientes estão ligados horizontalmente, de modo que o peso das unidades pode ser realizado por unidades adjacentes (ROBINSON; SWINDELLS, 2012,p. 66).

Os projetos arquitetônicos desenvolvidos para casas de container tem aspecto extremamente minimalista e contemporâneo, pois os módulos são em formato retangular e com medidas padrão, dando às edificações uma aparência de requinte e sofisticação (ROBINSON; SWINDELLS, 2012).

2.3 Container City I e II

Localizadas na zona portuária de Londres, segundo Portal Metálica (2016), a Container City I e II são compostas por um aglomerado de containers de variados formatos, posicionados de forma flexível, criando espaços habitáveis de baixo custo, que podem abrigar diversas atividades.

Inicializada em 2000, a Container City I foi concluída em 5 meses. É composta por 20 containers, sendo 15 destinados a residências, distribuídos em 4 pavimentos. Já a Container City II foi construída dois anos após, composta por containers menores destinados para locação, sendo muito procurados por artistas e designers. Este método construtivo demanda a metade do tempo e custo em relação às construções convencionais (Figura 2).

Todos os containers são reformados em um local específico, onde recebem as instalações e revestimentos. Logo após, os módulos são transportados e instalados no local, através de engates na estrutura para sua conexão. A pintura externa é feita no fim do processo, através do uso de tintas específicas para o aço, em cores alegres e vibrantes (PORTAL METÁLICA, 2016).

Existe a possibilidade de se fazer alterações na estrutura do container antes de sua instalação, através do corte e anexação de outros módulos de tamanhos variados, possibilitando a criação de espaços de 90m² a 270m². Também há a possibilidade de criar aberturas nas paredes, piso e teto (PORTAL METÁLICA, 2016).

Figura 2- Vista Container City I e II



Fonte: Urban Space Management, 2016

2.4 Tetris Container Hostel

Localizado em Foz do Iguaçu/PR, o Tetris Container Hostel foi concebido originalmente para receber uma exposição de decoração. Atualmente o local, além de abrigar o hostel, também é utilizado para o desenvolvimento de atividades culturais, gastronômicas, entre outras (XAVIER, 2014).

A edificação é composta por 15 containers empilhados e justapostos, pintados em cores vibrantes, fazendo referência ao jogo Tetris, que deu nome ao Hostel. Os containers foram transformados em quartos privativos e coletivos, com banheiros, uma cozinha, uma sala de estar de uso comum

além de duas piscinas. O hostel ainda é composto por "longe", bar, varanda e jardins internos e terraços (Figura 3).

Para concepção do projeto, foi empregado o conceito dos 3R's-Reduce, Reuse, Recicle, de forma a minimizar o dano ambiental causado pela edificação. Foram utilizados o telhado verde, que contribui para o conforto térmico da edificação, sistema de captação e reaproveitamento de água das águas, piso drenável, tratamento de efluentes e aquecimento solar. Internamente, a estrutura do container foi revestida e o piso original foi substituído, sendo que a estrutura fica aparente apenas nas áreas de convívio social (PORTAL NOMADES DIGITAIS, 2015).

Figura 3- Vista externa Tetris Container Hostel



Fonte: PORTAL NOMADES DIGITAIS, 2015.

2.5 Casa Container

Localizada em Cordoba, Argentina, o projeto foi realizado no ano de 2014. Projetado pelo arquiteto José Schreiber, a casa possui o total de 195 m². Essa obra se destaca pela inovação técnica, estética e funcional (DELAQUA, 2015).O projeto foi desenvolvido sob três princípios básicos: a inovação tecnológica, a velocidade da construção e a simplificação dos materiais. Para alcançar esses princípios foi utilizado o reuso de containers marítimos (Figura 4).

O térreo é formado por duas caixas dispostas em "L", contendo a parte de serviço (cozinha, despensa, lavabo, banheiro, oficina, depósito etc). Entre esses dois containers há um vazio que foi aproveitado para a parte social (churrasqueira, sala de estar e copa).Sob esses dois containers foi feito um volume prismal, destinado à área íntima (dormitórios e banheiro).

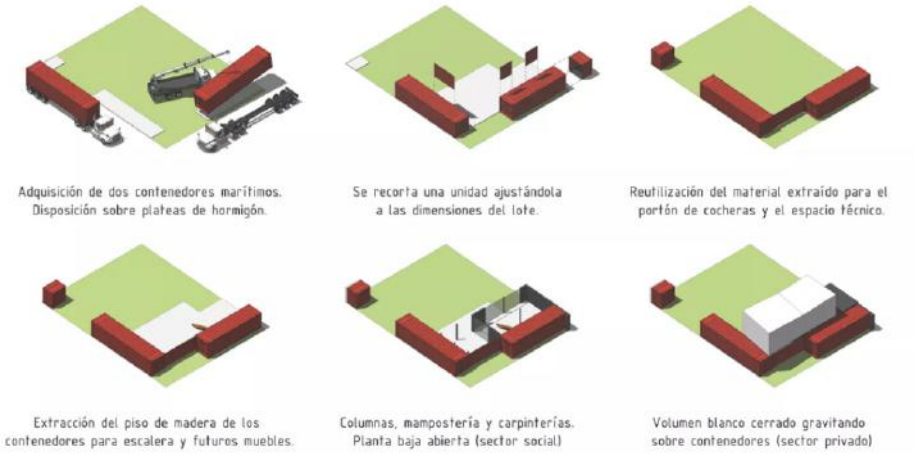
Figura 4- Vista externa casa container



Fonte: SOSA, 2015

Para garantir o conforto tanto térmico e acústico, a casa esta equipada com espuma de poliuretano, pintura em látex dos tetos, vedação das paredes verticais com placas de gesso (para esconder as instalações). As aberturas foram "recortadas" das paredes do container, as chapas de aço oriundas desses recortes foram utilizados como portão da garagem e espaço técnico. As aberturas foram localizadas também para garantir a maior eficiência de ventilação e iluminação. O piso de madeira originais dos containers foram retirados e reutilizados na escada e mobílias (Figura 5).

Figura 5 - Esquematização projeto



Fonte: SOSA, 2015

3 CONCLUSÕES

Conceitos sobre sustentabilidade começaram a ser altamente difundidos em todo o mundo principalmente após a década de 1940, como uma forma de insatisfação e reação ao sistema capitalista que segundo Lyle(1996), se caracteriza por ser um sistema degenerativo, totalmente prejudicial ao meio ambiente e que os efeitos dessa degradação para a população podem levar muito tempo para ser percebidos.

Mais do que uma tendência, o desenvolvimento sustentável deve ser encarado como uma necessidade para a sociedade atual, um antídoto para esse padrão de insustentabilidade(LYLE 1996).

O container é uma solução de projeto multidimensional que pretende atender aos requisitos técnicos de reaproveitamento e adaptação de um produto industrializado pré-existente, que de acordo com Adam(2001) visa maximizar a reutilização ecológica e a sustentabilidade.

Assim como qualquer outra tecnologia de construção, segundo Adam (2001), devem-se analisar as vantagens e desvantagens de viabilizar seu uso.Vantagens: transporte facilitado; tempo reduzido de construção; flexibilidade de projeto; baixo custo de construção; menor percentual de perdas e desperdícios em obras; as estruturas de aço, quando devidamente tratadas apresentam maior resistência a intempéries.

> Estudos afirmam que as perdas em obras variam entre 30 a 100% do material comprado, há perdas inclusive no material de reposição. Caliça, pedras, pedaços de concreto, tocos de madeira... tudo fica amontoado no canteiro como lixo (ADAM, 2001, p. 103).

Desvantagens: limitação pela arquitetura modular; aplicação de produtos para proteção antiferrugem; custos com transporte muitas vezes elevados; necessidade de mão de obra especializada; alto custo com produtos de isolamento térmico e acústico.

Várias percepções negativas estão associadas à adequação e adaptação em climas tropicais, (ISMAILet al. 2015), relacionado a eficácia para garantir um ambiente interno confortável nos trópicos quente-úmido e a relação custo-benefício entre a disponibilidade dos containers e transporte das peças, que pode encarecer custo da construção.

A construção de casas e comércios com sistema construtivo em container é uma excelente forma de realizar construções ecologicamente corretas, ajudando a reaproveitar container em desuso pelos portos. Este modelo construtivo é extremamente econômico e rápido, por isto sua aplicação vem sendo muito difundida em empresas do setor da construção civil, agrícola e fábricas em locais remotos.

Contudo a construção em container exige uma dedicação maior na elaboração do projeto arquitetônico, para que a edificação tenha um bom aspecto visual e possibilite um bom desempenho térmico e acústico.

REFERÊNCIAS

ADAM, R. S. (2001). **Princípios do ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício**. São Paulo: Aquariana.

CHRISTENSEN, P; WORZALA, E. **Teaching Sustainability: Applying Studio Pedagogy to Develop an Alternative Post - Hurricane Housing Solution Using Surplus Shipping Containers** JOSRE Vol 2 No. 1- 2010 Disponívelem< http://www.josre.org/wp-content/uploads/2012/09/Teaching_Sustainability_Applying_Studio_Pedegogy-JOSRE_v2-15.pdf> Acesso em: 20 jun. 2016

Containers to Clinics.**Clinics shipped from US to Haiti**. Disponível em: < http:// www.containers2clinics.org> Acesso em: 20 jun. 2016

DELAQUA, V. Casa Container/ José SchreiberArquitecto. **Portal Archdaily**. 25 maio 2015. Disponível em < http://www.archdaily.com.br/br/767378/casa-container-jose-schreiber-arquitecto?ad_medium=widget&ad_name=recommendation> Acesso em: 20 jun. 2016

ISMAIL, M.; AL-OBAIDI, K. M.; RAHMAN, A. M. A. ; AHMAD, M. I. Container Architecture in the Hot-Humid Tropics: Potential and Constraints. **International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2015)**, p. 141-148, maio 2015.Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278021414_ CONTAINER_ARCHITECTURE_IN_THE_HOT-HUMID_TROPICS_POTENTIAL_AND _CONSTRAINTS> Acesso em: 20 jun. 2016

KEELER, M. ; BURKE, B.**Fundamentos de Projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman. 2010.

KOTNIK, J. **New Container Architecture**. 2013. Disponível em: <http://www. exhibitionsinternational.org/extra/9788415492054_01.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2016.

LYLE, John Tillman. **Regenerative design for sustainable development**.John Wiley & Sons, 1996

MARSHALL, S. Sustainable Design and Construction of a Library for Disabled Children of Jamaica. In:**International Journal of Service Learning.** Vol 4, No1, pp. 1-19, 2009. Disponívelem: <http://ojs.library.queensu.ca/index.php/ijsle/article/viewFile/ 2164/2257> Acesso em: 20 jun. 2016

PORTAL NOMADES DIGITAIS. **Conheça o maior hostel brasileiro feito de containers**. 2015. Disponível em: <http://nomadesdigitais.com/conheca-o-hostel-brasileiro-feito-de-containers/>. Acesso em: 15 jan. 2016

PORTAL METALICA (Brasil). **Container City: um novo conceito em arquitetura sustentável.** Disponível em: <http://wwwo.metalica.com.br/container-city-um-novo-conceito-em-arquitetura-sustentavel>. Acesso em: 03 jan. 2016.

ROBINSON, A.; SWINDELLS, T. (2012) Customized Container Architecture. In:**ACSA FallConference 2012**. Pp.64- 69

ROMANO, L.; DE PARIS, S.R.; NEUENFELDT JÚNIOR, A.L. **Retrofit de contêineres na construção civil**. Labor & Engenho, Campinas (Brasil), v.8,n.1,p.83-92,2014. Disponível em:<www.conpadre.org>Acesso em: 03 jan. 2016.

SOBRAL, Laura. **Projetada por Marcio Kogan, loja da Decameron, em São Paulo, incorpora contêineres sobrepostos**. Disponível em <http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/205/aconchego-industrial-213254-1.aspx>. Acesso em: 15 jan. 2016.

SOSA, Ramiro. **CasaContainer/ José SchreiberArquitecto**. 2015. Disponível em: < http://www.archdaily.com.br/br/767378/casa-container-jose-schreiber-arquitecto>

URBAN SPACE MANAGEMENT (Inglaterra). **Container City™ is fast, innovative, and highly versatile system that provides stylish and affordable spaces for a range of**

uses. 2013. Disponível em: <http://www.containercity.com/about>. Acesso em: 03 jan. 2016.

XAVIER, M.M.**Tetris: o maior Hostel Container do Brasil**. 2014. Disponível em: <http://minhacasacontainer.com/2014/07/04/tetris-o-maior-hostel-container-brasil/>. Acesso em: 15 jan. 2016

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE MELHORIA DOS PROJETOS ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL - ESTUDO DE CASO[1]

ANTUNES, Elaine G. P. (1); CORRÊA, Larissa Z. (2); PICCININI, Ângela C. (3); VITO, Márcio. (4); VARGAS, Alexandre. (5)

(1) UNESC/UFSC, e-mail: elainegpa@unesc.net; (2) UNESC, e-mail: larissazapcor@hotmail.com; (3) UNESC, e-mail: acp@unesc.net; (4) UNESC, e-mail: marciovito@unesc.net; (5) UNESC, e-mail: avargas@unesc.net

RESUMO

Para que o processo construtivo alvenaria estrutural (AE) potencialize suas vantagens econômicas é primordial que o projeto arquitetônico seja desenvolvido especialmente para o processo. Essa pesquisa trata-se de um estudo de caso realizado em um empreendimento de habitação de interesse social localizado no município de Criciúma/SC. O objetivo desta pesquisa é demonstrar que pequenas alterações no projeto arquitetônico, visando melhor adequabilidade com o processo construtivo em AE, garante maior racionalidade à referida obra e, consequentemente, economia. Primeiramente, identificaram-se algumas falhas nos projetos originais, arquitetônico e estrutural, e, com base nestes, propôs-se alterações. É importante mencionar que as referidas mudanças seguiram algumas diretrizes básicas, que são: manter o conceito base do projeto arquitetônico, efetuar a menor alteração possível de área da unidade habitacional e, também, dos ambientes de cada unidade. Além disso, as alterações seguiram diretrizes construtivas do processo construtivo, com ênfase na coordenação modular. A modulação é primordial para o "sucesso" de uma edificação em alvenaria estrutural. A utilização de dimensões modulares no projeto arquitetônico faz com que o projeto estrutural atenda as necessidades do processo de forma mais eficiente, racionalizando o processo e melhorando significativamente a qualidade do produto-edifício.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Coordenação modular. Qualidade do projeto.

ABSTRACT

For the structural masonry constructive process (AE) leverage its economic advantages it is essential that the architectural design is specially developed for the process. This research it is a case study in a social housing development located in Cricklewood / SC municipality. The objective of this research is to demonstrate that small changes in architectural design, to better suitability with the construction process in AE ensures greater rationality to that work and, consequently, the economy. First, we identified some flaws in the original design, architectural and structural, and on that basis, it was proposed changes. It is important to mention that these changes follow some basic guidelines, which are: to maintain the basic concept of architectural design, make the smallest possible change of the housing unit area

---

[1]ANTUNES, Elaine G.P.; CORRÊA, Larissa Z.; PICCININI, Ângela C; VITO, Márcio; VARGAS, Alexandre. Avaliação e proposta de melhoria dos projetos arquitetônico e estrutural de habitação de interesse social em alvenaria estrutural – Estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

and also the environments of each unit. In addition, the changes followed constructive guidelines of the construction process, with emphasis on modular coordination. Modulation is essential for the "success" of a building in masonry. The use of modular dimensions in architectural design makes the structural design meets the needs of most efficiently process streamlining the process and significantly improving product quality-building.

***Keywords**: Structural masonry. Modular coordination. Project quality.*

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural (AE) é um processo construtivo bastante antigo e têm-se, ainda hoje, obras de milhares de anos em bom estado, fato que comprova a durabilidade e eficiência desse processo construtivo. As Pirâmides de Gize são um bom exemplo a serem citadas, elas foram construídas no Egito Antigo, em blocos de pedra, e, caracterizam-se por serem as mais antigas construções registradas em alvenaria do mundo, datam aproximadamente 2600 anos antes de Cristo. (JÚNIOR, 2012).

A ABNT NBR 14974 – Bloco sílico-calcário para alvenaria (2003, p. 02) traz a seguinte conceituação para alvenaria estrutural: "*Alvenaria de blocos ou tijolos que tem a função de suportar cargas além do seu peso próprio, fazendo assim parte integrante da estrutura da edificação*".

A alvenaria estrutural, normalmente, é mais econômica do que prédios estruturados por executarem alvenaria e estrutura numa só etapa, o que gera maior economia no uso de material e maior rapidez na execução (ROMAN et al, 2002). Atentos a essas potencialidades do processo AE algumas construtoras, que constroem obras financiadas pelo Programa do Governo Federal *Minha Casa, Minha Vida (PMCMV,)* "*l*ançam-se" a construir edificações utilizando o referido processo. No entanto não ponderam que a AE têm suas peculiaridades e que a mão de obra de sua construtora, até então, não a domina, ou seja, trata-se de uma equipe sem aparato técnico para tal empreendimento. Com base nesse contexto, é inerente salientar que para a obtenção dos predicativos mencionados, é imprescindível que as diretrizes do processo construtivo, projeto e execução, sejam respeitadas.

Segundo Manzione (2004) a alvenaria estrutural demanda forte integração entre projetos sendo fundamental o equacionamento da sua interface projeto-execução. A alvenaria estrutural pode ser muito vantajosa, acaso muito bem planejada. De acordo com Roman et al (2002), para que um empreendimento em AE tenha realmente supremacia perante o concreto armado, o mesmo tem que começar por um projeto adequado.

Um projeto de alvenaria estrutural tem que ser muito bem detalhado para se evitar erros na execução, conforme Parsekian:

> O produto resultante desse processo tende a ser mais detalhado, evitando ou minimizando soluções improvisadas pela mão-de-obra durante a execução, o que melhora a produtividade e a qualidade

> dos serviços, pois a mão-de-obra não perde tempo pensando em como fazer. Parsekian (2003, p. 05).

O projeto em AE é de fundamental importância, para agregar qualidade ao produto, reduzir gastos de produção e contribuir com a eficiência do processo (JÚNIOR, 2012).

A modulação é parte importante no desenvolvimento de um projeto em AE, trata-se da base de todo o processo. O uso adequado da modulação reduz cortes, trabalhos de ajustes na execução e uso de peças especiais, que representariam perda de tempo, material e mão-de-obra (ROMAN et al, 2002).

A coordenação modular pode, de acordo com o Relatório de Implantação da Coordenação Modular no Brasil (2010, p. 16), promover a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos e componentes construtivos, para além de arranjos produtivos particulares ou de alcance restrito. A relação com as dimensões do bloco escolhido obrigam o projetista a limitar suas decisões a coordenadas previamente definidas, nas quais todas as dimensões serão múltiplas inteiras das dimensões dos blocos, verticais, ou dos meio-blocos, horizontais (DUARTE, 1999).

Um projeto bem estudado e bem definido em termos de modulação aproveita melhor as vantagens do processo alvenaria estrutural, resultando em facilidade e redução de tempo durante a execução, reduzindo desperdícios e entulhos, aumentando a economia e a qualidade no produto final (CAMACHO, 2006). O projetista e o construtor não devem conceber soluções com base em conhecimentos e procedimentos aplicáveis ao concreto armado, mas naqueles específicos a alvenaria estrutural, tendo em vista que os referidos processos não possuem os mesmos mecanismos de funcionamento (ROMAN et al, 1999).

Sabendo da importância da modulação esse trabalho busca propor alterações no projeto arquitetônico e estrutural de uma edificação em AE, com base nas diretrizes do processo construtivo, visando eficientizar e maximizar o desempenho do processo. É importante mencionar que as referidas mudanças seguiram algumas diretrizes básicas, que são: manter o conceito base do projeto arquitetônico, efetuar a menor alteração possível de área da unidade habitacional e, também, dos ambientes de cada unidade.

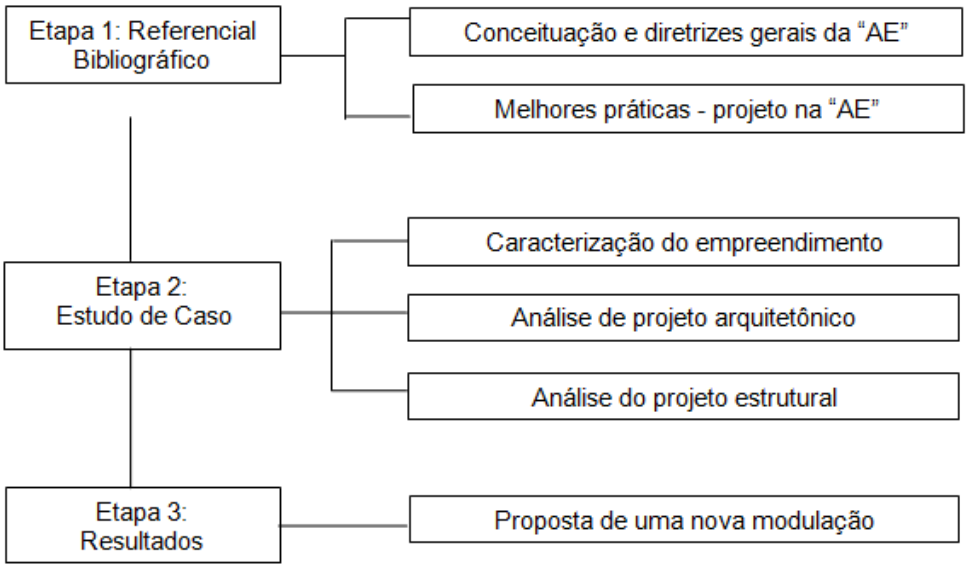
2 METODOLOGIA

Para obtenção dos resultados a pesquisa permeia referenciais bibliográficos, realiza um estudo de caso e propõe uma nova modulação para o projeto original.

Primeiramente, faz-se uma pesquisa bibliográfica com o intuito de buscar informações acerca das melhores práticas para o desenvolvimento de

projetos estruturais com base na modulação. Posteriormente, efetua-se a análise dos projetos arquitetônico e estrutural da edificação com o propósito de identificar as falhas dos mesmos. E, em seguida se propõe uma nova modulação. A organização da pesquisa realizada segue o organograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Organização da pesquisa



Fonte: Do autor (2016)

O estudo de caso ocorreu num empreendimento composto por um bloco de quatro pavimentos, com quatro unidades habitacionais por pavimento, totalizando assim 16 unidades habitacionais. A edificação em análise faz parte do Programa *Minha Casa, Minha Vida* do Governo Federal e localiza-se na cidade de Criciúma, no sul do estado de Santa Catarina. A referida edificação começou a ser construída em agosto/2013 e durante a pesquisa ela se encontrava na fase de acabamento. Seu processo construtivo é em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos. A Figura 2 apresenta a imagem da fachada da edificação.

Figura 2 – Fachada edificação



Fonte: Construtora (2014)

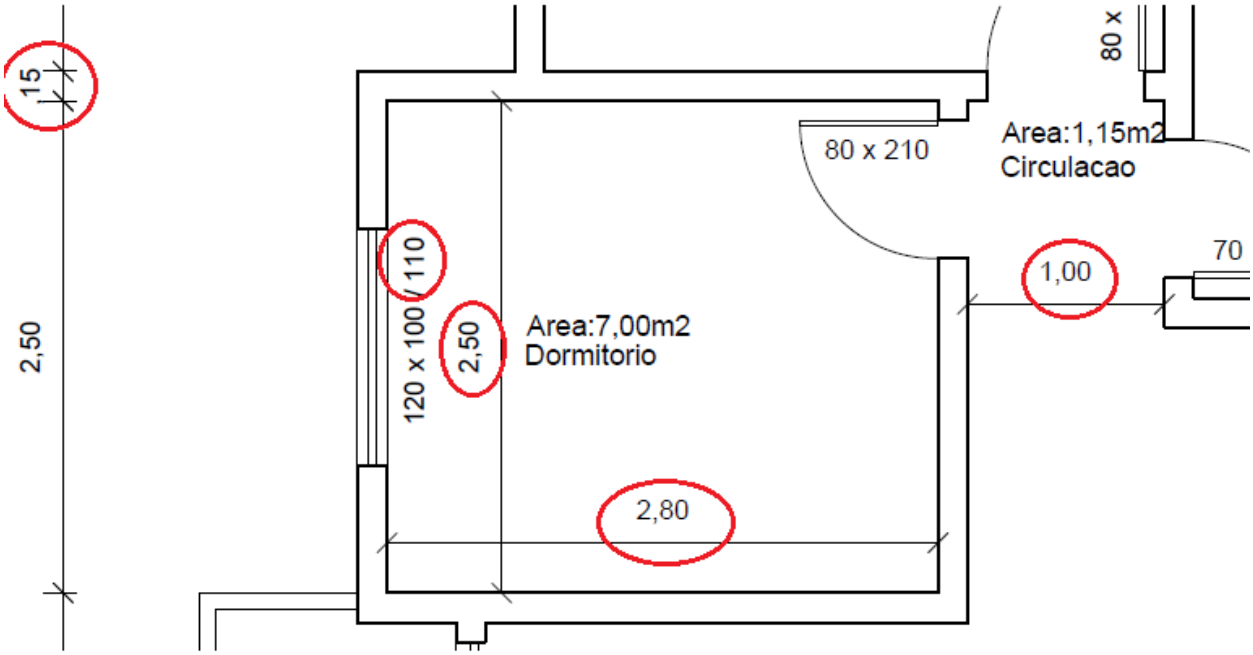
2.1 Análise do Projeto Arquitetônico

O projeto arquitetônico original do empreendimento não está adequado ao processo alvenaria estrutural, tendo em vista que ele não segue integralmente os preceitos da coordenação modular. Para tal, podem-se enumerar os seguintes exemplos:

- As dimensões não são compatíveis com as dos blocos estruturais;
- O bloco utilizado possui espessura de 14 cm, sendo que a espessura final da parede é de 15 cm;
- O peitoril da janela está com 110 cm, o que para a família de blocos utilizada não corresponde à modulação. O peitoril deveria ter altura de 100 cm ou 120 cm.

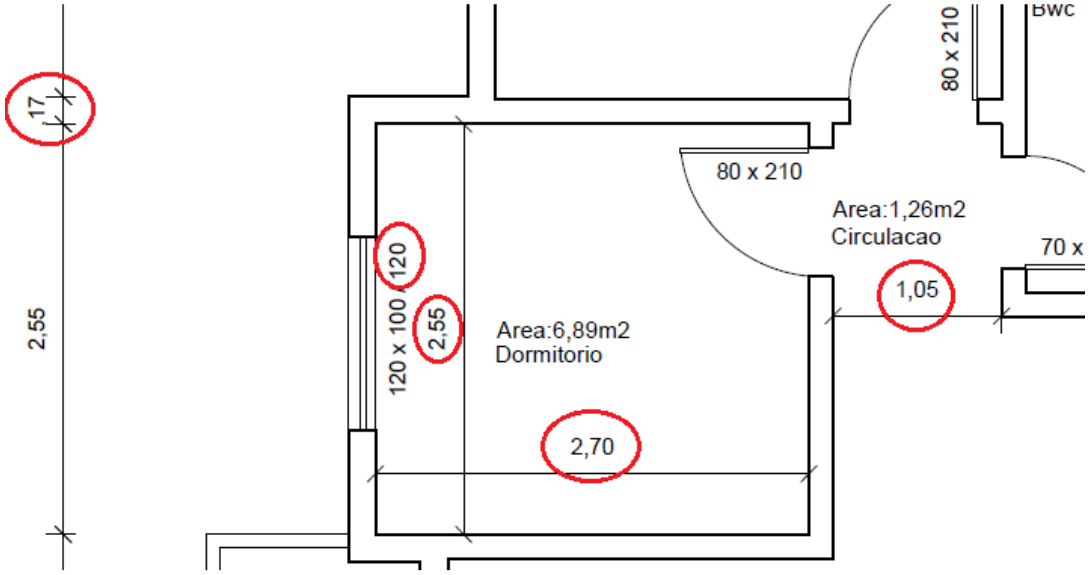
As figuras 3 e 4, respectivamente, demonstram o exemplo de um ambiente do projeto original e o mesmo mediante a nova proposta.

Figura 3 – Detalhe do arquitetônico original (1)



Fonte: Construtora (2014)

Figura 4 – Detalhe do arquitetônico proposto (1)



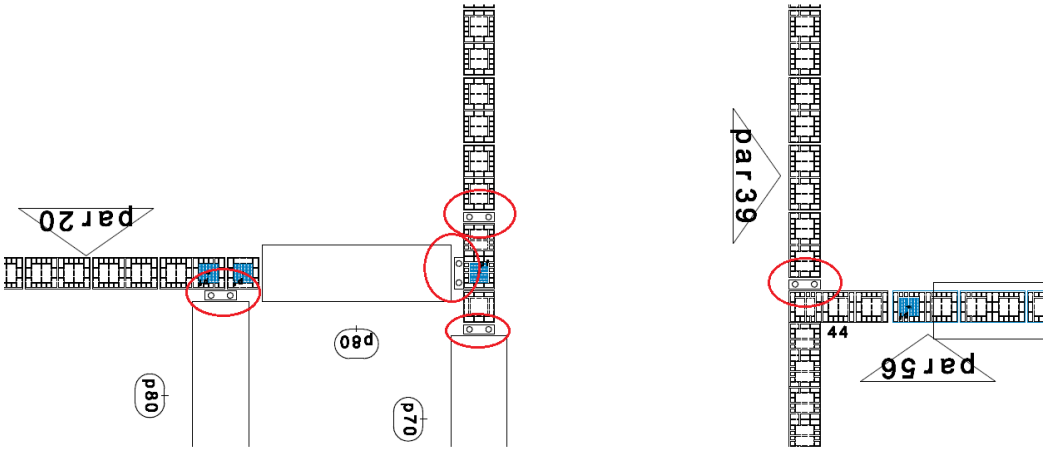
Fonte: Do autor(2016)

Na alteração do arquitetônico, projetou-se paredes externas com espessura de 17 cm, sendo 14 cm de espessura do bloco, 2,5 cm de revestimento argamassado externo e cerca de 0,5 cm para revestimento de gesso interno. Nas paredes internas continuou-se com 15 cm de espessura, pois apenas será utilizado o revestimento de gesso, aplicado diretamente ao bloco. Optou-se por maior espessura do revestimento nas paredes externas a fim de atender as exigências da ABNT NBR 15577: 2013 - Edificações Habitacionais – Desempenho.

2.2 Análise do Projeto Estrutural

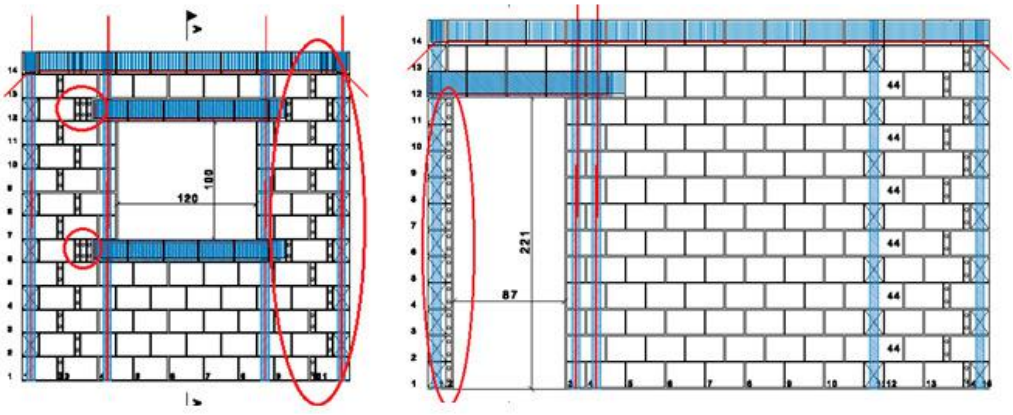
Em virtude do projeto arquitetônico não estar adequado, o estrutural trouxe consigo erros acumulativos. Um dos erros mais frequentes foi à utilização excessiva dos compensadores para completar as medidas do arquitetônico (Figuras 5 e 6). A utilização de compensadores são mais frequêntes quando empregados unidades, blocos, não modulares, fato este que não se verifica no projeto analisado. Nos projetos não modulares, utiliza-se o recurso dos compensadores, com maior intensidade. No entanto, esta solução deve ser utilizada com moderação, pois são peças com custo unitário maior e tornam-se também elementos a mais para serem gerenciados no canteiro, além de prejudicar a amarração entre os blocos nas fiadas (MANZIONE, 2004). Acredita-se que uma das causas do emprego excessivo de compensadores é a pouca experiência por parte dos projetistas da alvenaria. Apesar do mercado da AE estar crescendo, ainda são poucos os cursos de engenharia que disponibilizam a disciplina "Alvenaria Estrutural", e, mesmo aqueles que a oferecem, esta geralmente se caracteriza por ser uma disciplina optativa (ROMAN et al, 2002).

Figura 5 – Detalhe da planta de primeira fiada (1)



Fonte: Construtora (2014)

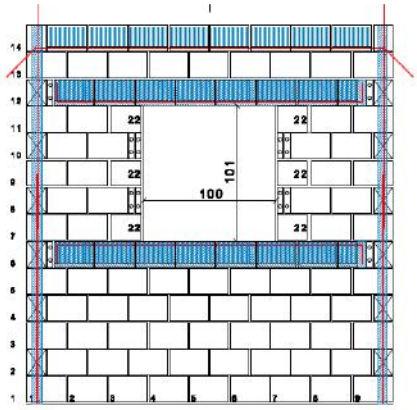
Figura 6 – Paginação P27 e P5



Fonte: Construtora (2014)

O projeto da parede da escada, Figura 7, não considera a amarração do patamar e nem a altura da janela a partir do patamar, como se não houvesse escada naquela parede. Coincidindo assim pelo projeto arquitetônico o patamar no meio da janela.

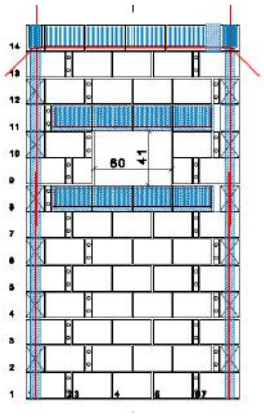
Figura 7 – Paginação parede da escada



Fonte: Construtora (2014)

Nos banheiros o problema foi à altura dos basculantes, que não coincidem com o restante das janelas, Figura 8, proporcionando assim um efeito visual desagradável. O basculante deveria ficar nas fiadas 10 e 11.

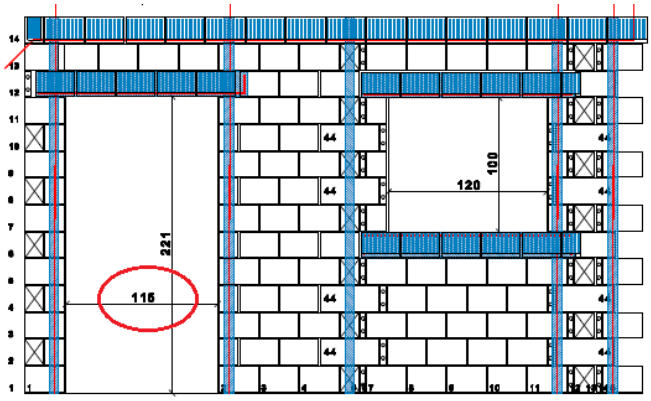
Figura 8: Parede 03



Fonte: Construtora (2014)

Na parede da sacada, Figura 9, a dimensão utilizada no arquitetônico não foi respeitada. A mesma deveria ser 120 cm de largura, porém, no estrutural se apresenta com 115 cm.

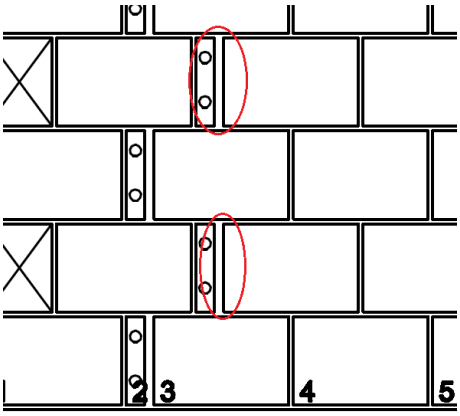
Figura 09: Parede 30



Fonte: Construtora (2014)

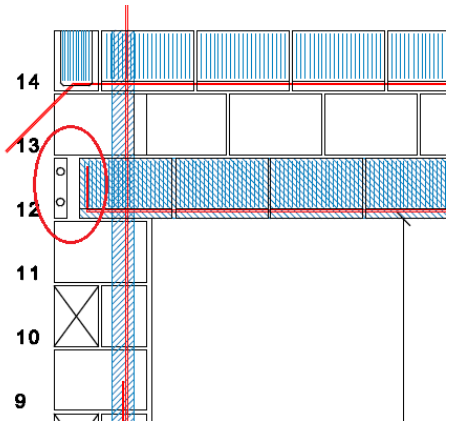
Em algumas paredes não se utiliza as juntas de assentamento adequadas, 10 mm ± 3 mm, exceto as juntas horizontais da primeira fiada, conforme ABNT NBR 15812-2 (2010) e ABNT NBR 15961-2 (2011). Esse fato pode ser visualizado nas Figuras 10 e 11. Esses erros acontecem em virtude das dimensões não estarem de acordo com a modulação a ser empregada. Para compensar as medidas, o projetista se utiliza de juntas irregulares, na maioria dos casos com espessuras superiores as prescritas, reduzindo assim a resistência estrutural da parede.

Figura 10: Parede 53



Fonte: Construtora (2014)

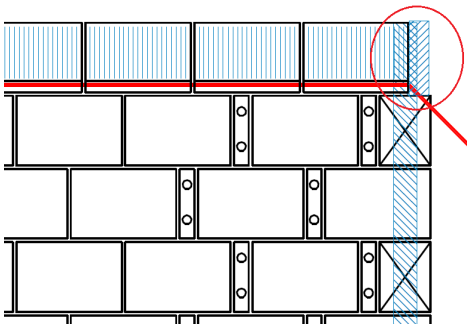
Figura 11: Parede 29



Fonte: Construtora (2014)

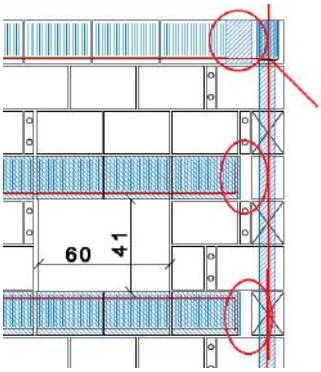
O projeto apresenta alguns vazios em meio aos blocos, que não podem ser juntas e nem algum tipo de bloco especial (Figuras 12 e 13), deixando o projeto confuso, dificultando sua leitura e facilitando erros durante a execução. Esses vazios estão em meio aos compensadores, tendo em vista a necessidade de quebra de blocos para tentar suprir o vão, o que não é recomendado no processo AE. Os blocos a serem utilizados no assentamento devem ser íntegros (ROMAN et al, 2002).

Figura 12: Parede 11



Fonte: Construtora (2014)

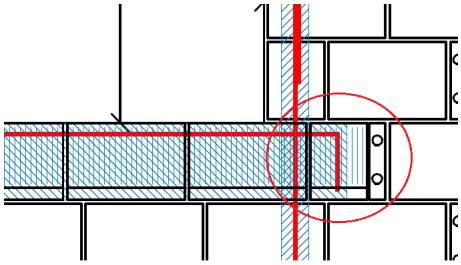
Figura 13: parede 3



Fonte: Construtora (2014)

Em alguns pontos são projetados blocos que não existem, Figura 14, na família a ser utilizada, logo a necessidade de quebra de bloco.

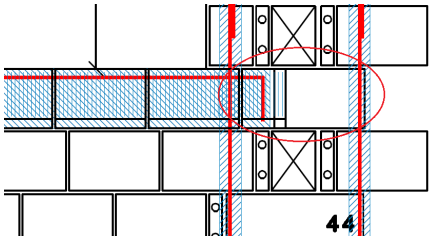
Figura 14: Parede 27



Fonte: Construtora (2014)

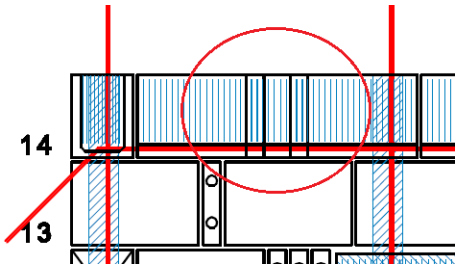
Em outros pontos os blocos são sobrepostos, Figuras 15 e 16, dificultando a leitura e entendimento do projeto. Novamente, facilitando erros durante a execução no canteiro de obras.

Figura 15: Parede 27



Fonte: Construtora (2014)

Figura 16: Parede 29



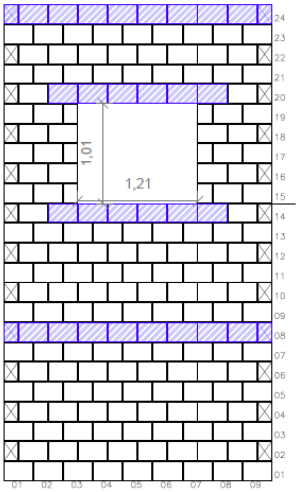
Fonte: Construtora (2014)

O projeto ainda tem outras falhas como a ausência de projeto da segunda fiada, falta de previsão de shafts nos apartamentos e na área comum, sequência de numeração das paredes, falta de legenda dos blocos.

3 DISCUSSÕES

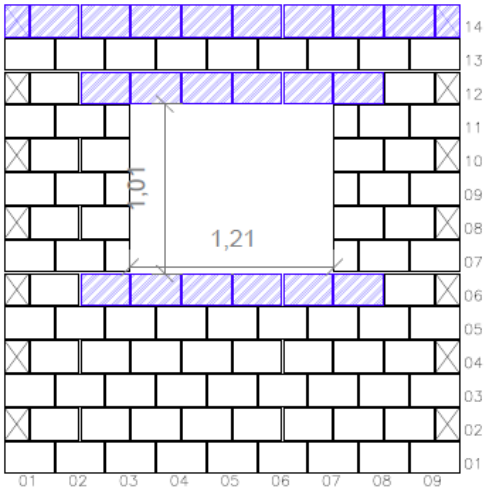
A primeira alteração requerida utilizou os blocos inteiro (14x19x29), meio bloco (14x19x14), bloco de amarração (14x19x44) e blocos canaletas U e J. Não utilizando os blocos compensadores, pois as medidas estão de acordo com a modulação 15. A modulação horizontal, fez-se com a largura e comprimento do bloco, já a vertical seria com a altura do bloco. O novo projeto veio com a numeração conforme o usual, de cima para baixo e da esquerda para a direita, facilitando assim o manuseio no canteiro de obra. O projeto possui ainda planta de segunda fiada e previsão de *shafts*. A parede da escada, Figura 17, consta com a amarração do patamar, e a localização mais adequada para a janela. As dimensões da janela da escada e do hall, Figura 18, foram alteradas, ficando agora com as mesmas dimensões das demais janelas (dormitórios e cozinhas).

Figura 17: Parede 07 (escada)



Fonte: do autor (2016)

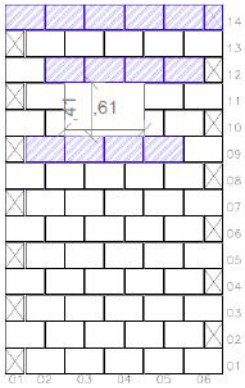
Figura 18: Parede 22 (tipo-hall)



Fonte: do autor (2016)

Quanto aos basculantes dos banheiros, Figura 19, subiu-se uma fiada, para seguir o alinhamento.

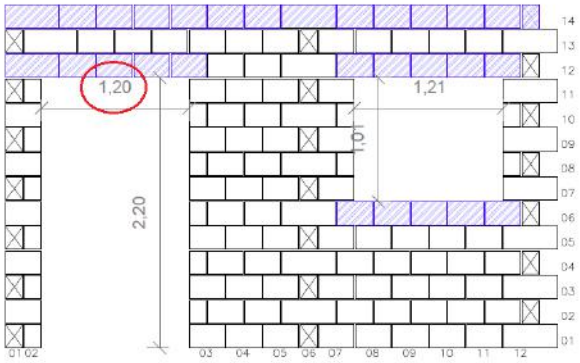
Figura 19: Parede 03



Fonte: do autor (2016)

Na parede da sacada, Figura 20, a proposta traz a dimensão utilizada no arquitetônico.

Figura 20: Parede 33



Fonte: do autor (2016)

Em todas as paredes as juntas de 10 mm ± 3 mm foram respeitadas. Em nenhuma das paredes foi deixado algum vazio, ou algum bloco que não existisse na família a ser utilizada. Como todas as medidas estavam de acordo com a modulação 15, não se fez necessário à utilização de blocos especiais ou a quebra de blocos. Facilitando o entendimento na leitura do projeto e reduzindo os erros durante a execução.

4 CONCLUSÕES

A alvenaria estrutural (AE), na maioria das vezes, é utilizada em empreendimentos de habitação de interesse social. Essa escolha é devido à economia e velocidade na construção, quando comparado ao concreto armado. Muitas empresas optam por esse processo, no entanto por não conhecerem suas diretrizes e não terem profissionais com conhecimento na área acabam utilizando-o de forma incorreta. Um bom projeto de AE começa pelo projeto arquitetônico. Como pôde ser visto neste trabalho falta de adequações geram diversas falhas no projeto estrutural. A coordenação modular quando utilizada desde o princípio do empreendimento evita uma série de erros. Soluções realizadas no projeto estrutural podem aumentar a geração de resíduos, além de difundir a informação errônea de que o processo não é vantajoso. Após análise dos projetos originais do empreendimento em estudo, tem-se como resultados a verificação de falta de segmentos das diretrizes do processo. Esses equívocos acarretam em projetos ineficientes e que não proporcionam o resultado esperado quanto aos quesitos economia, racionalização e desempenho da edificação.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Viviany Melchior. **Determinação dos problemas e proposta para integração dos diversos setores da cadeia construtiva [dissertação]: estudo de caso alvenaria estrutural.** 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14974-1**: Bloco sílico-calcário para alvenaria - Parte 1: Requisitos, dimensões e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15961-2**: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15812-2**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 10837**: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

Fundação Euclides da Cunha. **AVALIAÇÃO DOS ESFORÇOS PARA IMPLANTAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR NO BRASIL**. Relatório, 2010, 80p.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Soleira/SP, 2006. 53p.

DUARTE, Ronaldo Bastos. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural.** Porto Alegre: Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER, 1999. 78 p.

HELENA JÚNIOR, Flávio. **CONTRIBUIÇÃO PARA O PROJETO DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL.** 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2012.

MANZIONE, Leonardo. **Projeto e execução de alvenaria estrutural.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2004. 116 p. (Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras).

PARSEKIAN, Guilherme Aris; FURLAN JUNIOR, Sydney. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO III SIBRAGEC, 3., 2003, São Carlos. **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL.** São Carlos: Ufscar, 2003. p. 1 - 10.

ROMAN, Humberto Ramos; MUTTI, Cristine do Nascimento; ARAÚJO, Hércules Nunes de. **Construindo em Alvenaria Estrutural.** Florianópolis: Ufsc, 1999. 83 p.

ROMAN, H. R.; SIGNOR, R.; RAMOS, A. S.; MOHAMAD, G.. **Análise de Alvenaria Estrutural**. Apostila, Universidade Corporativa Caixa, 2012, 37p.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DIRETRIZES PARA PADRONIZAÇÃO DIMENSIONAL DE PORTAS UTILIZANDO OS CONCEITOS DA COORDENAÇÃO MODULAR[1]

JOAZEIRO, Fernanda (1); BARBOZA, Aline (2)

(1) UFAL, email: fernandajoazeiro@hotmail.com; (2) UFAL, email: aline@lccv.ufal.br

RESUMO

A coordenação modular estabelece num contexto de dimensão e espaço, a ordenação eficiente dos componentes de uma construção. Diante disso, com vistas a aprimorar o processo de conectividade entre porta e alvenaria, esse trabalho tem como objetivo estabelecer diretrizes para padronização dimensional de portas, considerando os princípios da coordenação modular. Para o desenvolvimento do trabalho buscou-se inicialmente detalhar os princípios da coordenação modular e em seguida fazer um levantamento de dados sobre portas produzidas e comercializadas na cidade de Maceió – Alagoas. Todas as portas levantadas foram catalogadas e analisadas, para que fosse elaborada uma diretriz de industrialização aberta, estabelecendo uma padronização que possibilitasse a permutabilidade e multiplicidade do componente porta em diferentes edificações. A diretriz considera que as dimensões de largura e altura do vão devem ser coordenadas modularmente, e para isso cada fabricante deve estabelecer as dimensões do marco, da folha e da folga para instalação. Os projetistas devem especificar a dimensão do contrapiso e a solução de piso que melhor se adequem à obra e assim dimensionar, como elementos acessórios, o alizar e a boneca do componente porta.

Palavras-chave: Coordenação Modular. Conectividade. Diretriz de Padronização Dimensional. Portas.

ABSTRACT

The modular coordination establishes a efficient context of dimension and space to organize components in a building. Therefore, to improve an optimized connectivity process between door and masonry, this work aims to establish guidelines for dimensional standardization of doors, considering the modular coordination principles. Beside this modular coordination principles was detailed and it was carried out on a survey data from produced and marketed doors in Maceió - Alagoas. All the data doors had been cataloged and analyzed, to draw up an open industrialization politic, which would enable the interchangeability and multiple port component into different buildings. The guideline considers that the doorway dimensions should be modularly coordinated, and each manufacturer should establish the door frame and supplementary equipment which concerns to the installation. Designers must specify the subfloor and finishing floor thickness that best fits the supplementary door equipment.

***Keywords**: Modular coordination. Conectivity. Guidelines dimensional standartization. Doors.*

[1] JOAZEIRO, Fernanda; BARBOZA, Aline. Diretrizes para padronização dimensional de portas utilizando os conceitos da coordenação modular In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A coordenação modular é um conceito de dimensão e espaço, no qual os componentes da edificação são dimensionados e posicionados de acordo com uma unidade básica, o módulo. O completo benefício da industralização só pode ser atingido por meio da padronização. Por sua vez nenhuma padronização efetiva pode ser atingida sem a coordenação dimensional (Farhana et al., 2015, p.1). O uso da coordenação modular é influenciado diretamente pela necessidade do setor produtivo por velocidade de construção, qualidade, benefícios advindos da produção em escala assim como por uma necessidade especifica do produto. Tais benefícios podem ser quantificados numa avaliação holística do custo em relação a alternativas tradicionais. (ROGAN; LAWSON; BATES-BRKLJAC, 2000, p.1).

No contexto de se buscar um processo otimizado, esse trabalho tem como objetivo estabelecer diretrizes para padronização dimensional de portas, considerando como componente básico do módulo o bloco normalmente empregado na execução da alvenaria estrutural, e os princípios da coordenação modular.

Para desenvolvimento do trabalho buscou-se inicialmente conceituar o que é a coordenação modular e o componente modular e em seguida realizou-se uma pesquisa sobre as portas produzidas e comercializadas na cidade de Maceió – Alagoas. As amostras de portas foram cadastradas e analisadas, verificando-se a compatibilidade geométrico-dimensional, associativa e funcional, não só do componente porta, mas de todos os elementos que influenciam a dimensão do vão no qual será instalada a porta.

2 COORDENAÇÃO MODULAR

A coordenação modular é um instrumento que visa promover a compatibilidade dimensional de medidas na indústria da construção civil.

Coordenação modular é a coordenação dimensional mediante o emprego de um módulo básico ou de um multimódulo. O módulo básico é a menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é M = 100 mm (ABNT NBR 15.873:2010, p.1).

Seu principal objetivo é reunir os diferentes setores da indústria da construção civil em torno de uma unidade dimensional padrão determinada pelo módulo e juntos interagirem no processo de montagem de um edifício. A coordenação modular torna-se importante ferramenta para a qualidade do projeto e construção, colaborando para a melhoria do desempenho e para a redução do custo (ANDRADE, 2000, p.15).

O sistema de referência e o quadriculado modular são utilizados tanto para projetar componentes ou edificações quanto na execução da obra. Neste momento é pensada a relação entre componentes adjacentes, dando a exata correspondência entre as medidas nominais dos vãos ou componentes (MASCARÓ 1976, apud GREVEN; BALDALF, 2007).

No sistema modular de medidas além do módulo básico (10cm) são utilizados também multi-módulos e submódulos. Os submódulos são indicados somente para componentes que obrigatoriamente possuem medidas inferiores ao módulo, por exemplo espessura de painéis, perfis e alguns tubos. Para resolver essa situação propõe-se a utilização de M/2 (5 cm), M/4 (2,5 cm) e M/8 (1,25 cm). O uso indiscriminado de submódulos geram aumento na variedade dimensional contrariando os princípios da padronização de dimensões da coordenação modular (ROSSO 1976, apud GREVEM; BALDALF, 2007).

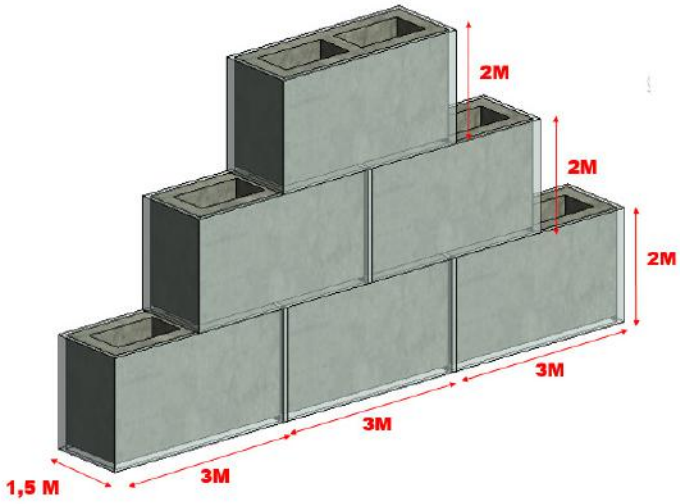
2.1 Componente Modular

Medida modular é a medida igual a um módulo básico ou a multimódulos, incluindo a dimensão do componente (dimensão nominal do objeto), suas tolerâncias de fabricação e sua folga perimetral para instalação (ajuste de coordenação do objeto). Somando-se a dimensão nominal do objeto com o ajuste de coordenação do objeto tem-se o espaço de coordenação do objeto. Desta forma garante-se que cada componente tenha o espaço necessário para instalação, sem invadir a medida modular de outro componente (LUCINI, 2001).

Para definição do ajuste de coordenação é necessário que o fabricante calcule quais serão as deformações mecânicas, térmicas ou por umidade, as perdas e acréscimos consequentes do processo de fabricação, e ainda que conheça o processo, os matérias e as dimensões necessárias para a instalação do componente.

Como exemplo, pode-se observar o bloco de alvenaria estrutural normatizado onde sua dimensão nominal é 29 x 14 x 19 cm. Seu ajuste de coordenação engloba as tolerâncias dimensionais permitidas ± 2 mm na largura, ± 3 mm na altura e no comprimento para a fabricação do bloco e ainda considera a argamassa de assentamento com espessura de 10 mm (± 3 mm) para aplicação. O espaço de coordenação do objeto no caso deste componente é 30 x 20 x 15 cm sendo a sua medida modular 3M x 2M x 1,5M (Figura 1) (ABNT NBR 15.961-2:2011, p. 14).

Figura 1: Medida Modular - 3M x 2M x 1,5M



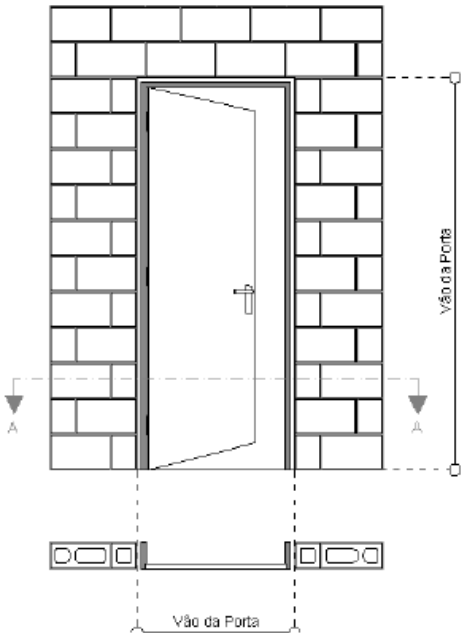
Fonte: Autor (2015)

Nas planta baixa e elevações utilizadas na alvenaria estrutural todos os componentes devem ser locados sem que um interfira na locação do outro.

3 COMPONENTE PORTA

Porta é o componente construtivo cuja função principal é permitir ou impedir a passagem de pessoas, animais e objetos entre espaços ou ambientes. Os principais componentes da porta são: marco ou caixa da porta, folha da porta, alizar e ferragens. Pode ser fornecida montada de fábrica, kit porta ou porta pronta. O vão da porta refere-se a "abertura na parede destinada a instalação da porta" (Figura 2) (ABNT NBR 15.930-1:2011p.1).

Figura 2: Vão da Porta



Fonte: GRABARZ (2013)

A norma NBR 15.930-2:2011 faz referência às medidas das folhas das portas e especifica as dimensões de altura, largura e espessura, diferenciando portas internas e externas de acordo com a massa: leve, médio, pesado e superpesado (Tabela 1 e Tabela 2). Estabelece ainda dimensionamento e tolerância para os vãos das portas para os padrões: leve, médio, pesado e superpesado (Tabela 3).

Tabela 1: Padronização das dimensões das folhas das portas internas de acordo com a massa

Dimensão das folhas das portas internas para os padrões (cm)			
Descrição	**Leve** **De 6 a 10 Kg/m³**	**Médio** **De 10 a 20 Kg/m³**	**Pesado** **De 20 a 30 kg/m³**
Altura	210	210	210 240
Largura	60 70 80 90	60 70 80 90	60 70 80 90
Espessura	3,5	3,5 4,0	4,0 4,5

Fonte: ABNT NBR 15.930-2:2011

Tabela 2: Padronização das dimensões das folhas das portas de entrada e externas

Dimensão das folhas das portas de entrada e externas para os padrões (cm)				
Descrição	**Leve** **De 6 a 10 Kg/m³**	**Médio** **De 10 a 20 Kg/m³**	**Pesado** **De 20 a 30 Kg/m³**	**Superpesado** **> 30Kg/m³**
Altura	210	210	210 240	210 240
Largura	80 90	80 90 100 110	80 90 100 110	80 90 100 110
Espessura	3,5	3,5 4,0	4,0 4,5	4,5

Fonte: ABNT NBR 15.930-2:2011

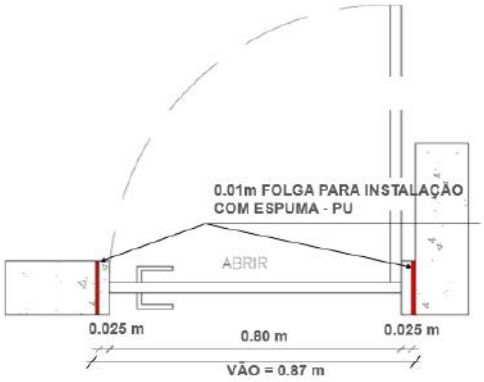
Tabela 3: Dimensionamento e tolerância dos vãos das portas fixadas com espuma PU, onde L = largura e H = altura

Dimensionamento e tolerância dos vãos das portas para os padrões (cm)				
Descrição	**Leve** 6 a 10 Kg/m³	**Médio** 10 a 20 Kg/m³	**Pesado** 20 a 30 Kg/m³	**Superpesado** > 30Kg/m³
Largura do vão	L + 7	L + 8	L + 9	L + 10
Altura do vão	H + 4	H + 4,5	H + 4,5	H + 5
Tolerância do vão da porta	± 1			

Fonte: ABNT NBR 15.930-2:2011

Nas tabelas pode-se observar que a norma especifica medidas decimais de largura para as folhas. Porém, para a coordenação modular não importa que parte do componente possua dimensões decimais, mas sim que o componente instalado, considerando o ajuste de coordenação, tenha dimensões decimais (Lucini, 2001). Como exemplo, pode-se ver na Figura 3, uma porta de massa leve com largura da folha de 0.80 m, caixa com espessura de 0.025 m e folga para instalação de 0.01 m conforme especifica a norma (L + 7cm), Tabela 3.

Figura 3: Desenho com dimensões do vão de acordo com a Norma 15.930-2:2011



Fonte: Autor (2015)

Quando a norma especifica que a folha tem dimensão de largura decimétrica e que soma-se a 7, 8 ou 9 cm de acordo com os padrões levando em consideração somente a massa nenhum vão de largura relacionado com estas medidas será decimétrico. Somente quando especifica (L+10cm) o vão será decimétrico, porém esse valor é considerado para as portas superpesadas que são pouco utilizadas.

Analisando também as dimensões especificadas para a altura (210 e 240 cm) somados a 4 e 4,5 também não se obtém valores deciméticos. Somente quando a norma especifica (H+5) pode-se chegar a um vão coordenado, porém também só é empregado em portas superpesadas que são pouco utilizadas.

4 AVALIAÇÃO DAS PORTAS NA CIDADE DE MACEIÓ, ALAGOAS

Para a elaboração desta pesquisa foi feito um levantamento dimensional e dos procedimentos de instalação dos diversos tipos de porta produzidos e vendidos pelos principais fabricantes e fornecedores da cidade de Maceió/AL. Foram verificados as especificações adotadas pelos diferentes fabricantes para diferentes tipologias (giro, correr e pivotante), diferentes formas de instalação (chumbada, espumada e parafusada), diferentes materiais (madeira, alumínio e pvc) e diferentes dimensões. Os dados cadastrados de cada porta foram: dimensões de largura, altura, marco e folga para instalação. Todas as informações foram tabuladas e com os dados foi possível estabelecer os vãos necessários para a instalação de cada componente considerando os conceitos de coordenação modular e

as normas aplicáveis à alvenaria estrutural. No total foram cadastradas 13 diferentes fábricas, com um total de 471 portas.

Segundo a ABNT NBR 15873:2010 p. 1, componente modular é definido como "componente construtivo cujas medidas de coordenação são modulares".

Com base nos estudos acerca da utilização da malha modular e das definições de componente modular, foi possível estabelecer parâmetros para classificar os componentes estudados de acordo com a coordenação modular e o módulo básico.

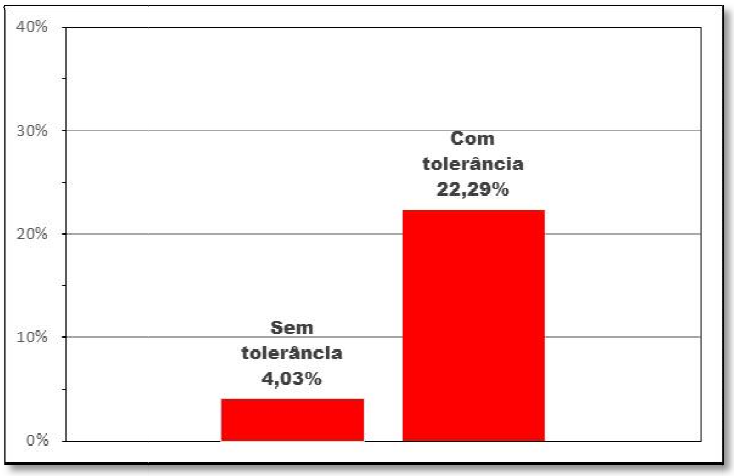
Grabarz, 2013, p.138, destaca a importância do contrapiso e da solução de piso adotada no cálculo do vão necessário para instalação da porta. A autora classifica o contrapiso como um elemento complexo para o dimensionamento de vãos de portas, uma vez que pode apresentar variações dimensionais.

Segundo Souza, 2007, p.1, o contrapiso pode ter de 2 cm a 7,8 cm de espessura. Barros e Sabbatini, 1991, p.18, recomendam a utilização de até 6 cm, e apontam que acima disso é uma espessura elevada, favorável ao desperdício.

Como foram consideradas diferentes formas de instalação e para cada forma existe um ajuste de coordenação foi adotada uma tolerância de ±1 cm na dimensão final dos vãos sendo 0.5 cm de cada lado.

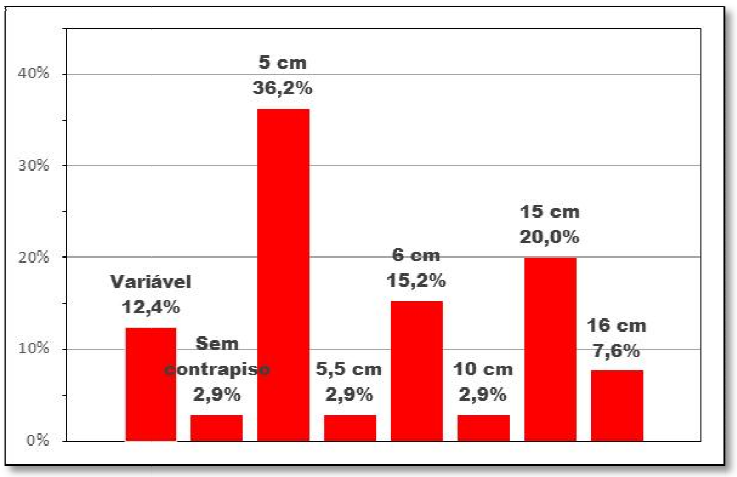
O Gráfico 1 mostra que apenas 4% das portas que estão no mercado são modulares. Se considerada a tolerância de 1 cm nos vãos, essa porcentagem sobe para 22,29%. Outra característica analisada foi a relação entre o contrapiso e solução de piso e os vãos de portas modulares. Avaliando este critério, pode-se identificar a espessura necessária do contrapiso e solução de piso para que o vão de instalação torne-se modular, de acordo com uma modulação de altura de 20 em 20 cm (altura do bloco). Utilizando os critérios de Souza, 2007, p1, mais de 33% das portas mostradas no Gráfico 2 são inviáveis para utilização. Pôde-se constatar também que 27,6% das portas necessitariam de uma espessura de contrapiso mais solução de piso que poderia chegar a quase o dobro da proposta pelo autor. Porém, levando em consideração as recomendações de Barros e Sabbatini, 1991, p18, obtêm-se que 69,5% das portas com vãos modulares cadastradas estão na faixa de contrapiso e solução de piso ideal.

Gráfico 1: Porcentagem de portas modulares sem/com tolerância



Fonte: Autor (2015)

Gráfico 2: Espessura do contrapiso e solução de piso das portas com vão modular

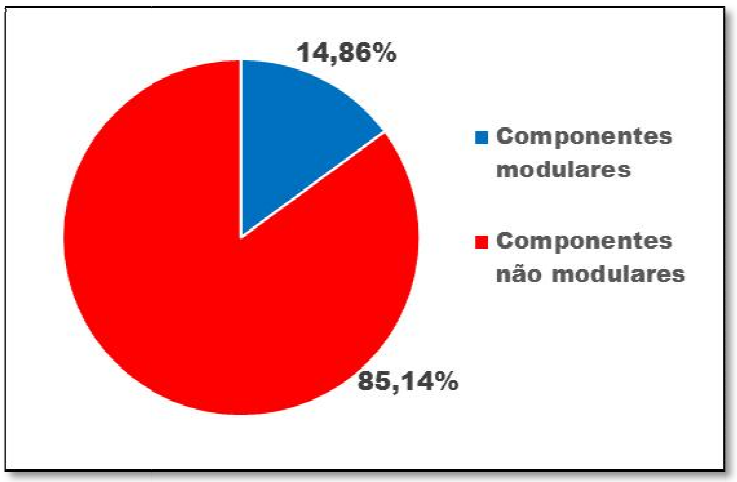


Fonte: Autor (2015)

Levando em consideração a espessura de contrapiso mais solução de piso propostas por Souza, 2007, p.1 e também de Barros e Sabbatini, 1991, p.18, pode-se perceber que o contrapiso mais a solução de piso é uma variante e não se pode chegar a uma dimensão fixa. Diante disso foi estabelecido como ideal o limite inferior de 2 cm e o superior de 6 cm que é a interseção entre as medidas propostas pelos dois autores.

O Gráfico 3 mostra o resultado final da caracterização dos componentes cadastrados, se estão ou não de acordo com os princípios da coordenação modular.

Gráfico 3: Porcentagem de componentes modulares com espessura de contrapiso mais solução de piso adotada em relação a todos os componentes cadastrados.



Fonte: Autor (2015)

Portanto, de todos os 471 componentes inicialmente cadastrados, apenas 14,86% apresentaram dimensões de acordo com os conceitos da coordenação modular, quando levado em conta os critérios apresentados.

O problema das portas não serem um componente modular é que suas dimensões não são compatíveis com as dos componentes vizinhos, que são usualmente os blocos, com isso muitas vezes é necessário cortes e adaptações para instalá-las, gerando desperdício de tempo, de materiais e aumento do custo em discondância com o que cita Andrade, 2000.

5 PROPOSTA DE DIMENSÕES PARA PORTAS DE GIRO MODULARES

Diante do exposto fica claro a necessidade urgente de se utilizar portas modulares com dimensões decimétricas padronizadas, considerando:

- As dimensões nominais da porta;
- O ajuste de coordenação com tolêrancias de fabricação (deformações mecânicas, térmicas ou por umidade, as perdas e acréscimos consequentes do processo de fabricação) e folga para instalação (chumbada, parafusada ou com espuma de Poliuretano – PU).

As diretrizes ora propostas para a padronização dimensional de portas limitaram-se a porta de madeira por ser a única que possui normatização de dimensão. Partiu-se do kit porta pronta de madeira, visto que o mesmo já vem com todos os componentes da porta (folha, caixa da porta, alizares, dobradiças) montados de fábrica e de acordo com as recomendações prescritas na ABNT NBR 15.930-1:2011. Na instalação do kit porta pronta é recomendado 1 cm de folga, fixação definitiva com espuma de PU e que o piso e o teto já estejam acabados.

Ressalta-se que com o objetivo de se buscar um processo otimizado e estabelecer diretrizes para padronização dimensional de portas o bloco

normalmente empregado na execução da alvenaria estrutural foi considerando como o componente básico do módulo.

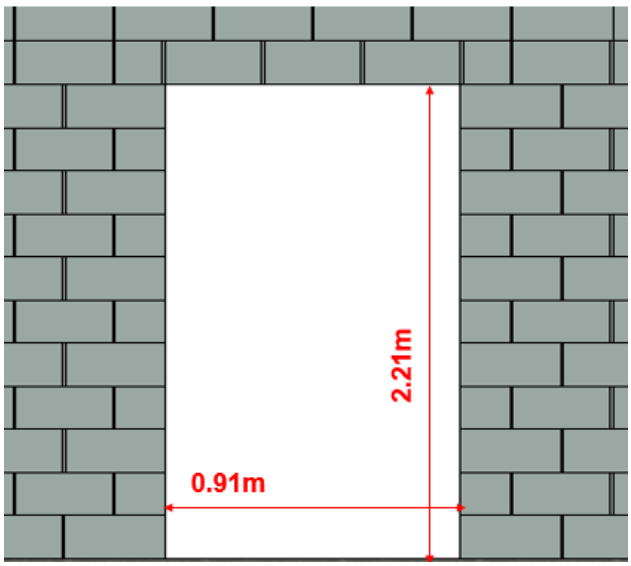
Para exemplificação foi utilizada a porta de madeira de 0.80 m com abertura de giro, por ser a mais utilizada em edificações, porém as diretrizes podem ser aplicadas a qualquer tipologia, dimensão e material.

5.1 Elementos que Influenciam o Vão da Porta

De acordo com os conceitos da coordenação modular a medida de coordenação do objeto deve ser decimétrica (10 cm). Como o vão da porta é feito na parede e sobre o piso, faz-se necessário considerar os componentes para calcular o espaço de coordenação da porta conforme cita Lucini, 2001.

Os blocos estruturais mais utilizados são os da família 29 x 19 x 14 cm e os da família 39 x 19 x 14 cm, de acordo com a NBR 15.961-2:2011, p. 14 a espessura de argamassa de assentamento é de 10 mm com tolerância de +/- 3 mm as medidas modulares são 3M x 2M e 2M x 2M respectivamente. Na Figura 4 pode-se observar que após o assentamento dos blocos o vão que se obtém é de 0.91 x 2.21 m em função da espessura da argamassa.

Figura 4: Vão da Porta



Fonte: Autor (2015)

Por ser a porta um componente pré fabricado foi pertinente utilizar a norma ABNT NBR 9062:2005, p. 6, determina que as dimensões dos elementos devem ser fixadas levando em conta as tolerâncias globais compatíveis com o processo construtivo.

A espessura de contrapiso somada à solução de piso, adotada como ideal, está entre 2 cm e 6 cm que é a interseção entre as medidas propostas pelos autores Souza, 2007 e Barros e Sabbatini, 1991, conforme explicitado anteriormente.

5.1.1 Parâmetro Largura

As dimensões mais utilizadas em portas de giro são 0.60, 0.70, 0.80, 0.90 e 1.00 m. O objetivo não é alterar as medidas habituais, porém adequá-las. Atualmente estas medidas são medidas nominais da folha da porta, que com a adequação passarão a ser o espaço de coordenação do objeto.

Com isso, o projetista terá maior facilidade em especificar o vão no projeto, pois independente da porta ser leve, média, pesada ou superpesada, ter caixa de 0.045, 0.04, 0.03 ou 0,025 o vão especificado será o mesmo, o que vai variar é a dimensão nominal da folha da porta. Os fabricantes deverão adequar as dimensões da folha de acordo com a espessura de seus componentes.

Quando o fabricante, o projetista, o construtor ou o cliente final solicitarem uma porta de 0.90 m, estarão falando do vão e não da folha da porta.

5.1.2 Parâmetro Altura

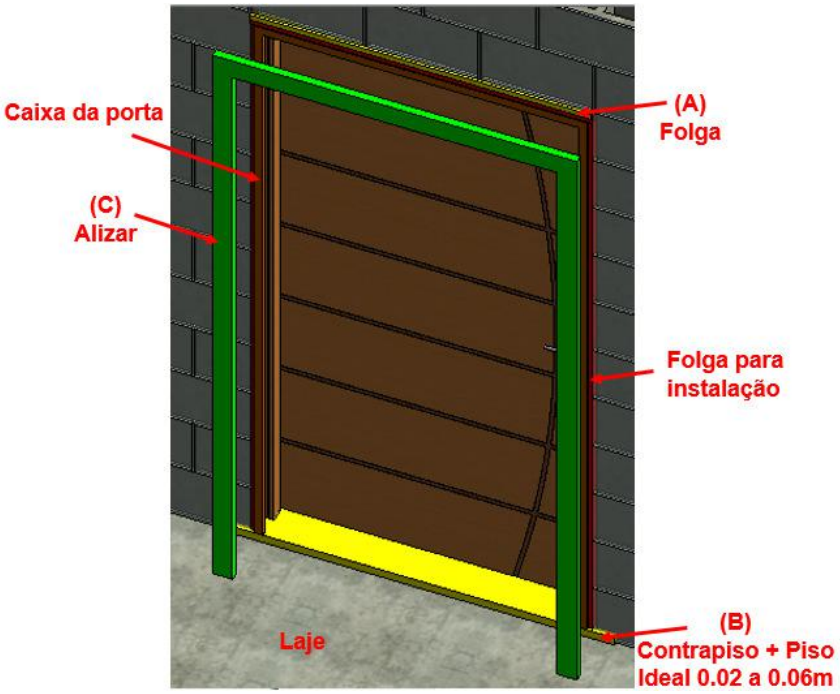
A dimensão mais utilizada para a altura de porta é de 2.10 m, porém está medida é a dimensão nominal da folha da porta.

Considerando que a maioria dos blocos possuem altura de 0.20 m medida de coordenação, e que ao se executar a alvenaria os blocos são assentados em cima da laje uns sobre os outros, com 11 fiadas assentadas tem-se uma altura de 2.21m.

Com isso foi possível estabelecer uma relação entre os vãos modurar verticais, espessura de contrapiso, caixa da porta, folga de instalação, medidas usuais das folhas de porta e alizares.

Na Figuras 5, pode-se observar todos os itens que devem ser considerados na instalação do Kit porta pronta sendo: (A) folga, a caixa da porta, a folga para instalação, (B) contrapiso + piso e (C) Alizar.

Figura 5: Componentes da Porta



Fonte: Autor (2015)

Muitos projetistas acham que a utilização do alizar é somente estetica, porém é um componente necessário para esconder imperfeições de instalação e cobrir o espaço (A) folga, dando um perfeito acabamento em todo perímetro da caixa da porta. A instalação do (C) alizar é feita após a fixação permanente do Kit porta pronta.

Pode-se atentar que a dimensão (A) folga tem relação direta com a dimensão (C) do alizar, pois quanto maior for o espaço da folga, maior será a dimensão do alizar, já que o mesmo tem a função de esconder as imperfeições (Tabela 4).

- Dimensões variáveis – (A) Folga, (B) Contrapiso + Piso e (C) Alizar

Tabela 4: Relação entre (B) Contrapiso x (A) Folga x (C) Alizar

ALTURA FOLHA	MARCO	(B) CONTRAPISO + PISO	(A) FOLGA	(C) ALIZAR	ALTURA MODULAR
2.10m	0.03m	**0.02m**	**0.05m**	**0.10m**	2.20m
2.10m	0.03m	**0.03m**	**0.04m**	**0.10m**	2.20m
2.10m	0.03m	**0.04m**	**0.03m**	**0.07m**	2.20m
2.10m	0.03m	**0.05m**	**0.02m**	**0.07m**	2.20m
2.10m	0.03m	**0.06m**	**0.01m**	**0.05m**	2.20m

Fonte Autor (2015)

A dimensão de 0.05, 0.07 e 0.10 m consideradas para os (C) alizares são as utilizadas no mercados de portas e a dimensão de 0.03 m do marco foi

utilizada somente como exemplo, podendo variar de 0.045 a 0,025 m conforme a norma NBR 15.930-2:2011.

Para instalar portas no canto de paredes ou em corredores é necessario deixar uma boneca ou espaleta, que seja proporcional ao (C) alizar.

Na execução da boneca é necessário seguir o projeto de produção, normalmente é especificado um componente pré fabricado de concreto e sua fixação é feita com argamassa e parafuso ou ainda utiliza-se blocos compensadores de 0.04 m ou 0.09 m fixados com argamassa.

Como a coordenação modular visa padronizar medidas (decimétricas), foi feita uma relação entre as medidas existente dos alizares com a dimensão da boneca. Para alizares com 0.10 m o projetista deve prever uma boneca de 0.10 m no mínimo, para alizares com 0.07 e 0.05m deve prever uma boneca de 0.05 m no mínimo.

Se a boneca tem que ser prevista em função da dimensão do alizar e a dimensão do alizar é relacionada com a espessura do contrapiso + solução de piso, o projetista tem que prever qual é a solução de contrapiso + piso mais adequada para sua obra, para só então dimensionar o alizar e a boneca, ressalta-se que o dimensionamento do contrapiso é complexo de acordo com que cita Grabarz, 2013. Sugere-se padronizar a boneca com a dimensão de 0.10 m, pois assim é possível instalar portas com qualquer variação de contrapiso adotada.

6 RESULTADOS

Após esta pesquisa foi possível elaborar diretrizes para padronização dimensional de portas utilizando os conceitos da coordenação modular.

O espaço de coordenação da porta na largura deve ser terminado em 0 e na a altura deve-se considerar a altura dos blocos iniciando de 2.20 m.

Partindo-se da complexidade de dimensionamento do contrapiso e considerando que a porta é um elemento pré fabricado e suas dimensões devem ser padronizadas, para que haja intercambialidade é necessário utilizar um elemento de acabamento, conhecido como alizar que pode ter dimensões variaveis de 0.05, 0.07 e 0.10 m, para cobrir as folgas necessárias resultantes da instalação.

A metodologia deste trabalho pode ser utilizada em portas de qualquer material desde que seja respeitada às dimensões coordenadas.

Cada fabricante deve estabelecer a dimensão da caixa, a dimensão da folha da porta e a dimensão da folga para instalação adequadas, de acordo com o material, o peso e as deformações consequentes do processo de fabricação.

Os projetistas e construtores devem especificar a dimensão do contrapiso e solução de piso que melhor se adeque à obra, bem como o alizar e a boneca.

Com isso visou-se facilitar de forma abrangente a especificação de portas modulares, causando o menor impacto possível para a cadeia produtiva.

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados mostrados, pode-se afirmar que são poucos os componentes do tipo porta que seguem os princípios da coordenação modular.

Destaca-se a importância da padronização e normatização da medida modular do componente porta, visto que os vãos previstos em projeto coordenado modularmente são de extrema importância para alcançar eficiência.

As portas de madeira foram citadas por serem usuais e possuirem normatização de dimensão, mas as diretrizes propostas podem ser aplicadas a qualquer material que obedeça às dimensões coordenadas. Sugere-se que seja padronizada a forma de comercialização do componente como o kit porta pronta.

É fundamental que após a padronização das dimensões seja feita uma campanha de divulgação para que os projetistas, construtores, vendedores e consumidores tenham consciência desses elementos e de sua importância para a qualidade da obra, uma vez que estes têm influência direta na necessidade, ou não, de retrabalho, contribuindo assim com a normatização, resultando em uma linguagem unificada e simplificada.

Para que a coordenação modular seja aplicada de forma efetiva no Brasil é necessário difundir seus conceitos para que os profissionais envolvidos possam aplicá-los. São necessárias mudanças substanciais das técnicas construtivas, ajustes na produção de componentes, capacitação profissional, e colaboração entre todos os setores da construção civil, obtendo assim edificações eficientes quanto à produtividade e níveis de desperdícios.

AGRADECIMENTOS

Às fábricas e lojas que colaboraram com a pesquisa. À Financiadora de Estudos e Projetos FINEP, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.961-2:** Alvenaria estrutural blocos de concreto, parte 2: execução e controle. Rio de Janeiro. 2010b

_____. **NBR 9062:** Projeto e execução de estruturas de concreto pré moldado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15.930-1:** Portas de madeira para edificações, parte 1: terminologia e simbologia. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15.930-2:** Portas de madeira para edificações, parte 2: requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15.873:** Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.

ANDRADE, M. L. V. X. **Coordenação dimensional como ferramenta para a qualidade em projetos de habitação popular.** 2000 208p. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Escola de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasília, 2000.

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil.** 2004 147p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2004

BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais.** São Paulo, 1991

FARHANA, S et al. Modular coordination: an application in constuction industry. In *International Conference on: "Engineering: Issues, opportunities and Challenges for Development". S.N. Patel Institute of Technology & Research Centre*, 2015, Bardoli. ISBN: 978-81-929339-1-7 **Anais Eletrônicos...** Bardoli, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281174977_MODULAR_COORDINATION_AN_APPLICATION_IN_CONSTUCTION_INDUSTRY> Acesso em: 01 mar. 2016.

GRABARZ, R. C. **Contribuição para o emprego de portas modulares em projetos de alvenaria estrutural.** 2013 285p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós Graduação em Estruturas e Construção Civil. São Carlos, 2013.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil:** uma abordagem atualizada. Porto Alegre: ANTAC, 2007. Coleção Habitare, vol. 9.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias.** São Paulo: Pini, 2001.

ROGAN, A. L; LAWSON, R. M; BATES-BRKLJAC, N. **Value and Benefits Assessment of Modular Construction**. The Steel Construction Institute. London, 2000. 24p. Disponível em: < http://www.designforhomes.org/wp-content/uploads/2012/03/ModularSteel.pdf> Acesso em: 22 fev. 2016.

SOUZA, U. E. L. **Argamassa para contrapiso:** Como evitar desperdício de argamassa na execução de contrapisos. PiniWEB. Edição 12. Jul. 2007. Disponível em <http://www.equipedeobra.com.br/construcao-reforma/12/artigo56461-1.asp>. Acesso em: 21 set. 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

APLICABILIDADE DE PLACAS DE FIBRA DE BANANEIRA NA ABSORÇÃO SONORA E ISOLAMENTO ACÚSTICO[1]

SILVA, Diógenes M (1); DEMARCHI, Carlos A (2); MORALES, Gilson (3)

(1) UEL, e-mail: magri1982@yahoo.com.br; (2) UEL; e-mail: dm@gestaoambiental.bio.br; (3) UEL, e-mail: gmorales@uel.br

RESUMO

A emergência das questões ambientais, na atualidade, tem propiciado inúmeras discussões acerca da sustentabilidade e, consequentemente, do desenvolvimento de produtos ambientalmente adequados. É neste contexto que se fundamenta o presente estudo que se caracteriza como pesquisa experimental, e propõe desenvolver um produto para absorção acústica, utilizando resíduos fibrosos da cultura da bananeira. Para embasar este experimento, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica, que compreendeu noções de: cultura da bananeira; sustentabilidade; desenvolvimento de produtos ambientalmente corretos e conceituação de acústica. Os painéis absorsores foram confeccionados no Laboratório de Matérias, da Universidade Estadual de Londrina (UEL). O material utilizado e a fibra do pseudocaule da bananeira, foram confeccionadas painéis de dimensão 30x30cm com espessura 2cm e 5cm. Foram realizados testes determinação de absorção sonora em tubo de impedância, flamabilidade, e análise por MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura). Na maioria dos materiais com bom desempenho acústico, a porosidade varia entre 0,80 e 0,98. Os valores obtidos pelo experimento desenvolvido variaram entre 0,80 e 0,95, o que comprova que a placa de fibra de bananeira tem potencial para se tornar material base para a fabricação de revestimento para absorção acústica, em função desta porosidade. Concluiu-se que a espessura da placa é um dos fatores mais significativos quanto ao desempenho como material para absorção acústica, visto que as placas com espessura de 5 cm absorveram melhor o som do que as placas com espessura de 2 cm. Quanto à combustibilidade, verificou-se a inviabilidade do uso das placas sem a aplicação de um produto antichama, por não atender as disposições da norma técnica NBR 9178. O desempenho apresentado pelas placas em tubo de impedância, para faixa de frequência 1000(Hz) apresenta uma absorção de 0,95 para fibra de bananeira, fibra coco 0,5, espuma Sonex 0,44, lã de vidro 0,87 e lã de rocha 0,88 de absorção, ou seja, os resultados foram satisfatórios e pode-se pensar na confecção de painéis ressonantes/vibrantes. Recomenda-se que o isolamento atenda o conforto acústico de acordo com a NBR 10152 (Nível de ruído para conforto acústico).

Palavras-chave: Painéis Acústicos. Sustentabilidade. Absorção Sonora. Novos Materiais.

ABSTRACT

The current emergence of environmental issues has generated countless discussions about sustainability, and consequently, the development of environmentally appropriate products. This pseudostem is the raw material used in this study. A literature review was conducted as the background for this study, and it included notions related to bananas, sustainability, development of environmentally correct products, and acoustics conceptualization. This

[1] SILVA, Diógenes M; DEMARCHI, Carlos A; MORALES, Gilson. Aplicabilidade de placas de fibra de bananeira na absorção sonora e isolamento acústico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

study concludes that the banana fiber panels showed excellent performance in sound absorption. The performance displayed by the prototypes was better than the performance of other panels made of materials such as coconut fiber, Sonex® foam, fiberglass, and mineral wool.

Keywords: *Acoustic panels. Sustainability. Sound absorption. New materials.*

1 INTRODUÇÃO

Problemas ambientais, não são recentes e têm causado estragos antes nunca observados, em todas as partes do planeta (GOLDEMBERG E BARBOSA, 2004).

Sob esta óptica, desenvolveu-se o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual, segundo Veiga (2007), inclui o de "empreendedorismo sustentável", que se fundamenta na ecoeficiência, na minimização da produção de lixo e na prevenção contra a poluição. Assim, o empreendedorismo sustentável consiste no uso inteligente dos recursos disponíveis, ou seja, numa combinação entre desenvolvimento e preservação, único caminho para a permanência da vida no planeta. Neste sentido, Savastano et al. (2000), indicam a possibilidade do uso de matrizes à base de cimento reforçado com fibras naturais para a produção de componentes construtivos, como telhas, painéis de vedação vertical, caixas d'água, pias de cozinha, entre outros.

No caso particular da fibra do pseudocaule da bananeira, trata-se de uma fibra natural celulósica. Segundo Justiz-Smith et al. (2007), as fibras celulósicas despertam grande interesse por apresentarem altos valores de módulo de Young, quando comparadas a outras fibras poliméricas, pois seu alto conteúdo de lignina proporciona um incremento de resistência à tração (tensão de escoamento). Assim, os autores indicam que a utilização de fibras naturais é de interesse para a formulação de materiais compósitos de matriz cerâmica, polimérica ou metálica, para aplicações que vão da construção civil à indústria aeronáutica. Balzer et al. (2007) apresentam a utilização de fibra do pseudocaule da bananeira como reforço em materiais termoplásticos, melhorando as propriedades de um composto de PVC reforçado com estas fibras.

Santos (2005) desenvolveu painéis de isolamento acústico a partir de materiais normalmente descartados, como: embalagens de ovos, balões, garrafas pet, entre outros. Muitas pesquisas têm levado ao desenvolvimento de produtos à base de materiais disponíveis descartados junto à natureza.

Dentre as propriedades que podem ser favorecidas por estas incorporações está a absorção sonora. Segundo Fernandes (2002), "O som é um fenômeno vibratório resultante de variações da pressão no ar". Fonte sonora é todo e qualquer fenômeno causador de ondas de pressão no ar. Frequência, intensidade e timbre são as três variáveis físicas que caracterizam o som. Ele ainda define que "frequência é o número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som".

Desta forma, o ouvido humano é capaz de captar sons numa faixa ou banda audível que varia entre 20 e 20.000 hertz.

Segundo Bistafa (2006), a propagação do ruído em recintos fechados pode ser causadora de vários problemas: a perda de audição, muito frequente em ambientes industriais; em uma sala de aula, a redução da inteligibilidade da fala; dificuldade de dormir, num quarto; numa biblioteca, a dificuldade de concentração; e dificuldade de se comunicar em qualquer ambiente fechado. Devido à energia das ondas sonoras, materiais rígidos, utilizados como divisórias ou mesmo paredes, vibram parcialmente ou como um todo. Estes obstáculos, como são compostos de materiais rígidos, vibram e se comportam como diafragmas, acabando por irradiar a energia sonora neles incidida (SILVA, 2005).

O som incidente em uma superfície divide-se em três partes, sendo que parte é refletida no mesmo ambiente, enquanto as outras duas partes se dividem em energia sonora transmitida e energia sonora absorvida. Existem três formas de dispositivos especializados de absorção sonora: painel perfurado sobre material poroso/fibroso, membrana flexível sobre material fibroso/poroso e painel ressonante (BISTAFA, 2006).

Ante o exposto, procurou-se realizar neste trabalho uma análise da utilização da fibra do pseudocaule da bananeira, sendo que é neste contexto que se encaixa o produto desenvolvido por este estudo. Para tal, foram produzidas placas para absorção acústica, as quais são muito usadas na construção civil. Objetivou-se melhorar a compreensão do desempenho destas placas, com o propósito de utiliza-las no tratamento acústico de elementos na construção civil.

Conforme Outa (2014), que estudou a fibra da cana e da comparação entre os materiais de mercado, conclui-se que a fibra da cana pode ser utilizada como material de absorção acústica, surge então a possibilidade de experimentação com outras fibras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa experimental que, conforme Gil (1991, p. 53), "é o melhor exemplo de pesquisa científica".

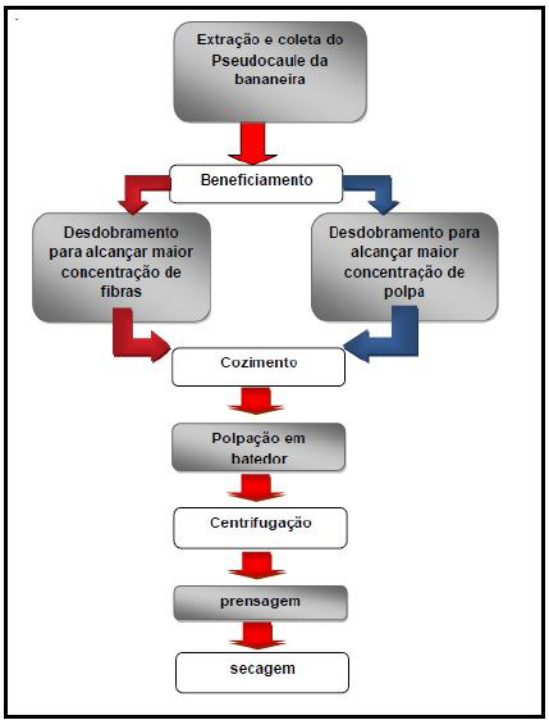
A subespécie de bananeira, cujo nome científico é Musa Cavendishii – AAA, subgrupo Giant Cavendishii, foi a escolhida para este trabalho. As amostras foram cedidas pelo Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, no Município de Londrina, Paraná, Brasil.

Esta pesquisa foi norteada pela sequência: extração, beneficiamento, conformação, aplicabilidade de placas de fibra de bananeira, determinação e análise comparativa entre os coeficientes de absorção sonora das placas confeccionadas com fibra de bananeira e os valores encontrados na literatura referentes a placas de espuma Sonex®, placas de fibra de coco, lã de vidro e lã de rocha.

Dentre as questões de pesquisa, uma delas era verificar qual seria o melhor desempenho quanto à absorção acústica, se o das placas de fibra de bananeira com maior concentração de fibras ou daquelas com maior concentração de polpa.

Após coleta do pseudocaule da bananeira, o processo se dividiu nas seguintes etapas, conforme a Figura 01.

Figura 1 – Processo de beneficiamento do pseudocaule da bananeira para a obtenção de fibras.



Fonte: Os autores.

2.1 Cozimento

O cozimento foi feito em tambor de aço contendo 200 litros d´água, a uma temperatura média de 140ºC, controlada por meio de termômetro. O tempo de cozimento entorno de duas foi determinado por meio de testes experimentais, sendo considerado ideal quando se verificou que a poupa se soltava da fibra.

2.2 Polpação

A polpação é uma operação que consiste em romper a estrutura da bainha e reduzi-la a uma massa fibrosa. O processo de rompimento das fibras pode se dar de várias formas, mecanicamente, quimicamente ou combinações entre elas, sempre com o uso de calor para ajudar a dissolução do material. Optou-se pela polpação termomecânica.

Foram adotadas duas formas de realizar a polpação, em função da

dimensão das amostras.

A primeira forma foi por meio de um batedor com três hélices, constituído de um tambor metálico de volume igual a 20 litros e motor de 1,5 cavalos e 1700RPM. O material, previamente cozido, com dimensões de cerca de 10cm de largura por 10cm de comprimento, era colocado no tambor contendo 5 litros de água a temperatura ambiente e batido durante 2 minutos.

A segunda forma foi por meio da prensagem em um cilindro de alumínio, utilizada para o material com comprimento superior a 100mm, separando a polpa das fibras, sendo a mesma coletada em um tambor.

2.3 Centrifugação

A centrifugação da matéria foi feita em centrifuga doméstica convencional, com capacidade para dez quilos da marca Wanke. A operação consistiu no depósito do material, polpa e fibra, em sacos de algodão, sendo os mesmos centrifugados por 2 minutos.

2.4 Moldagem das placas

O material foi desfiado manualmente e disposto de forma uniforme em uma moldura de madeira, com a dimensão de 30cmx30cm e altura de 6cm, apoiada sobre um fundo de madeira. O consumo de material para a prensagem é função da espessura desejada, a qual foi fixada em 2 e 5 cm. Para a placa com espessura de 2 cm, o consumo de material variou de 1,0 a 1,5 g/cm2, e para a de espessura 5 cm, o consumo variou de 3,2 a 3,8 g/cm2. Não houve adição de qualquer produto para promover a aglomeração das fibras, a qual se deu unicamente por meio da polpa.

2.5 Secagem

O material moldado e prensado foi removido da moldura para se proceder a secagem. A secagem foi feita de duas formas distintas: em estufa, à temperatura de 35ºC para evitar a combustão, durante 7 dias, e ao sol, durante um período de 4 dias. Recorreu-se à secagem em estufa em função do período de chuvas que dificultou a secagem ao sol.

2.6 Ensaio de Absorção Sonora no Tubo de Impedância

O ensaio de absorção sonora no tubo de impedância consiste no seguinte: definida a faixa a ser ensaiada, conecta-se então o tubo à fonte sonora. O intervalo de frequência a ser ensaiado foi de 100 e 1600 Hz. Os microfones são posicionados na extremidade oposta à fonte sonora. Calibrado o equipamento a ser utilizado no ensaio segundo a ISO 10534-2, inicia-se o processo de medição ao excitar com um ruído branco o tubo, para poder

então medir a pressão no interior do mesmo, isto feito com a amostra em duas diferentes posições, repetindo-se o ensaio com todas as 18 amostras.

Foram empregadas as seguintes frequências: 100Hz; 125Hz; 160Hz; 200Hz; 250Hz; 315Hz; 400Hz; 500Hz; 630Hz; 800Hz; 1000Hz; 1250Hz.

O experimento foi realizado com dois microfones, visando conseguir maior velocidade no ensaio por captar dois sons simultaneamente e também pela disponibilidade do equipamento.

Foram moldados 18 corpos de prova redondos, com diâmetro de 100mm, sendo 9 corpos de prova com maior concentração de polpa, 3 do tipo 1A com espessura de 50mm e massa específica de 0,29 g/cm3; 3 do tipo 1B com espessura de 50mm e massa específica de 0,10 g/cm3 e 3 do tipo 1A1 com espessura de 20mm e massa específica de 0,04 g/cm3 e 9 corpos de prova com maior concentração de fibras, 3 do tipo 2A com espessura de 50mm e massa específica de 0,33 g/cm3 de massa; 3 do tipo 2B com espessura de 50mm e massa específica de 0,15 g/cm3 e 3 do tipo 1A1 com espessura de 20mm e massa específica de 0,05 g/cm3.

2.7 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Foram realizadas imagens através de microscopia eletrônica de varredura, por meio do microscópio Modelo Quanta 200 da FEI Philips do Laboratório de Microscopia Eletrônica da Universidade, capaz de chegar a uma aproximação de 50.000 vezes.

As amostras de fibra de bananeira, secas em estufa, foram cobertas com uma camada de ouro de 30 nanômetros de espessura, em um equipamento metalizador denominado Spuptercuater SCD 050, para aumentar a condutividade e melhor refletir a luz, de modo a favorecer a captação da imagem, por se tratar de material opaco. Também foram feitas fotos com cobertura do material com carbono para possibilitar a indicação de medidas nas amostras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio de absorção sonora foi realizado pela Empresa Waytech Eng. e Com. Ltda. Para a execução do ensaio foi necessária a utilização de um sistema Pulse de captação e tratamento de sinais, composto por: computador para tratamento e armazenamento de dados e amplificador para ajuste do sinal dentro do tubo de impedância. O ensaio utilizou as seguintes frequências: 100 Hz; 125 Hz; 160Hz; 200Hz; 250Hz; 315Hz; 400Hz; 500Hz; 630Hz; 800Hz; 1000Hz; 1250Hz.

Nesta etapa do processo foram empregados dezoiito amostras diferentes de placas de fibra de bananeira, de dimensões de 30 cm x 30 cm, sendo assim caracterizadas: com maior número de fibras e com maior concentração de polpa; com duas massas específicas diferentes; e duas espessuras também diferentes. Foram obtidas placas com maior concentração de polpa e com

maior concentração de fibras, com duas espessuras distintas, 2 e 5 cm. A Tabela 1 apresenta as características gerais das placas.

Ao se observar os valores específicos das massas de cada tipo de placa, verificou-se que a massa das placas com maior concentração de fibras, após secagem, mostrou-se levemente maior do que a das placas com maior concentração de polpa. Isto ocorre porque a polpa absorve maior quantidade de água, enquanto massa úmida, após a centrifugação. As fibras retiveram uma menor quantidade de água, porém, tal característica não foi significativa na massa final das placas secas.

Tabela 1 - Caracterização das placas de fibra de bananeira.
(*) Placas (1) com maior concentração de polpa
(**)Placas (2) com maior concentração de fibra

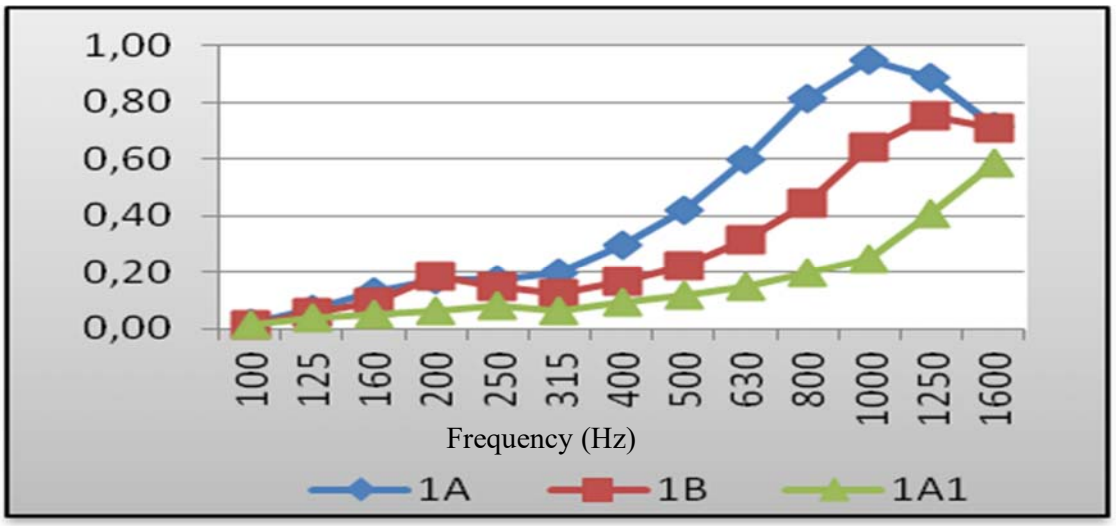
Placas		Massa da placa prensada úmida [kg]	Massa médio da placa prensada seca [kg]	Massa específica [g/cm^3]
Código	Espessura [cm]			
1 A *	5	3,44	1,31	0,29
1B *	5	2,92	0,44	0,10
1A1 *	2	1,38	0,20	0,11
1B1 *	2	0,92	0,15	0,08
2 A**	5	3,44	1.49	0,33
2B**	5	2,92	0,47	0,15
2A1**	2	1,38	**0,21**	0,11
2B1**	2	0,92	**0,19 kg**	0,10

Fonte: Os autores

3.1 Absorção Sonora no Tubo de Impedância

A figura 2 apresenta os resultados do ensaio de absorção sonora no tubo de impedância, com corpos de prova com maior concentração de polpa, sendo que os 1 A têm espessura de 5 cm e massa específica de 0,29 g/cm3; os 1B, espessura de 5 cm e massa específica de 0,10 g/cm3; e os 1 A1, espessura de 2 cm e massa específica de 0,04 g/cm3. As amostras dos tipos 1B1 e 2B1 não foram ensaiadas por apresentarem menor massa específica e pelo fato de já haver sido constatado, em amostras anteriores, que a absorção, nestes tipos de placas, é diretamente proporcional à massa específica.

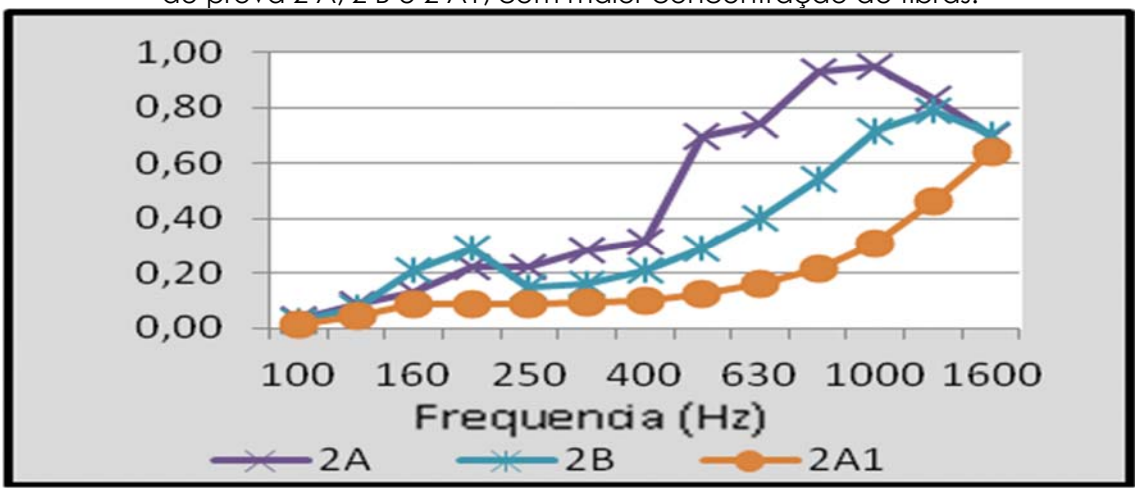
Figura 01 - Variação da absorção em função da frequência para os corpos de prova 1 A, 1B e 1 A1 com maior concentração de polpa.



Fonte: Os autores

Ao se fazer a leitura dos dados apresentados na figura 01, constatou-se que, das três amostras analisadas, a 1A alcançou o melhor desempenho em relação à absorção acústica quando comparada às outras duas, 1B e 1A1. A amostra 1B, com massa específica 0,10g/cm3 e espessura 5cm, superou a amostra 1 A1, com massa específica 0,11 g/cm3 e espessura 2 cm.

Figura 02 - Variação da absorção sonora em função da frequência, para os corpos de prova 2 A, 2 B e 2 A1, com maior concentração de fibras.



Fonte: Os autores

Ao se analisar os dados da figura 3, conclui-se que, das três amostras analisadas, o corpo de prova 2A, com massa específica 0,33 g/cm3, alcançou o melhor desempenho em absorção acústica em relação aos outros dois corpos de prova, ou seja, 2B e 2A1, com massas específicas 0,15 e 0,11g/cm3 respectivamente. Já o desempenho do corpo de prova 2B, com massa específica 0,15g/cm3 e espessura de 5cm, superou o do corpo de prova 2 A1, com massa específica 0,11 e espessura de 2cm. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de absorção sonora para efeito

de comparação e análise.

Segundo os dados da figura 1 e 2, as amostras 2A e 1A apresentaram melhor desempenho acústico quando comparadas às amostras 2B e 1B. Como todas tinham a mesma espessura, verificou-se que o fator que influenciou tais resultados foi a massa específica.

Desta forma, a espessura é um dos fatores mais significativos em relação à absorção acústica deste material, pois, nas amostras em que a massa específica era, ligeiramente, superior, no caso, o corpo de prova 2 A1, cuja massa específica era 0,11 g/cm3, superior à do corpo de prova 1B, com massa específica 0,10 g/cm3, o desempenho foi melhor. Percebeu-se que os corpos de prova que apresentaram maior absorção acústica foram os com 5 cm de espessura. Isto indica que a espessura é um fator que se deve levar em conta na definição deste tipo de placa. Observou-se, também, que a placa com maior massa específica foi a que apresentou maior absorção sonora.

Os corpos de prova com maior concentração de fibras apresentaram resultados superiores aos dos corpos de prova com maior concentração de polpa, assim, conclui-se que todos os corpos de prova com maior concentração de fibras, independente da espessura, apresentam melhor desempenho para a absorção acústica.

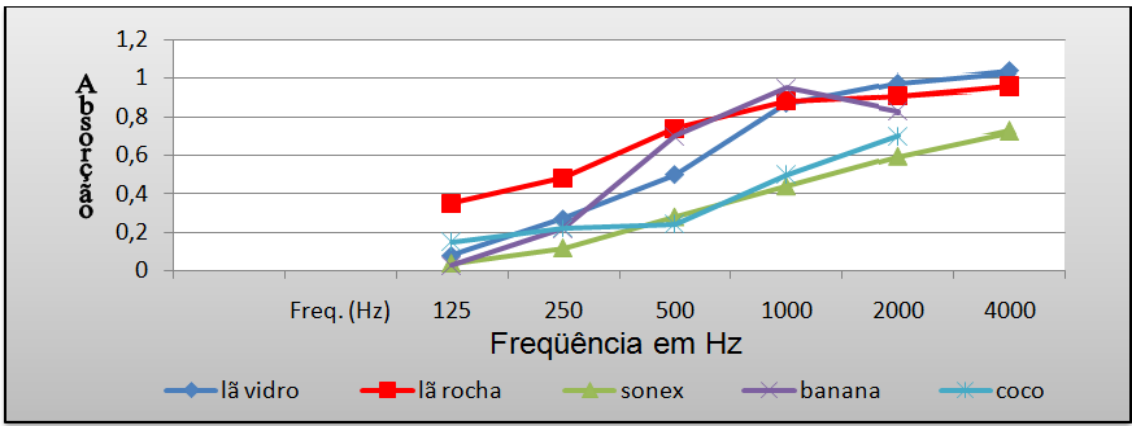
A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de absorção sonora no tubo de impedância, com corpos de prova de: lã de vidro, lã de rocha, Sonex®, fibra de coco e fibra de bananeira, segundo dados da literatura e resultados obtidos, neste trabalho, com a fibra de bananeira. Os valores de frequência, de 125 a 4.000 hertz, correspondem à faixa normalmente utilizada na construção civil. Para efeito de comparação, foi considerado o melhor resultado obtido com a fibra de bananeira, correspondente aos corpos de prova do tipo 2 A.

Tabela 2 - Absorção sonora, em função da frequência, para diferentes materiais.

Frequencia (Hz)	**Materiais**				
	Lã Vidro	**Lã Rocha**	**Sonex®***	**Coco****	**Banana**
125	0,08	0,35	0,04	0,15	0,03
250	0,27	0,48	0,12	0,22	0,22
500	0,5	0,74	0,28	0,24	0,7
1000	0,87	0,88	0,44	0,5	0,95
2000	0,98	0,91	0,6	0,7	0,83
4000	1,04	0,96	0,73		

* Segundo Bistafa (2006)
** Segundo Mafra (2004)
Fonte: Os autores

Figura 3 - Variação da absorção sonora em função da frequência para os diferentes materiais.



Fonte: Os autores

Pelos dados demonstrados na Tabela 2 e na figura 3, observa-se que a placa de fibra de coco e justifica o empenho na investigação da fibra de bananeira a placa de espuma Sonex® apresentam resultados de absorção sonora muito próximos; já a fibra de bananeira apresenta resultados semelhantes aos das placas de fibra lã de rocha e lã de vidro.

3.2 Teste Flamabilidade

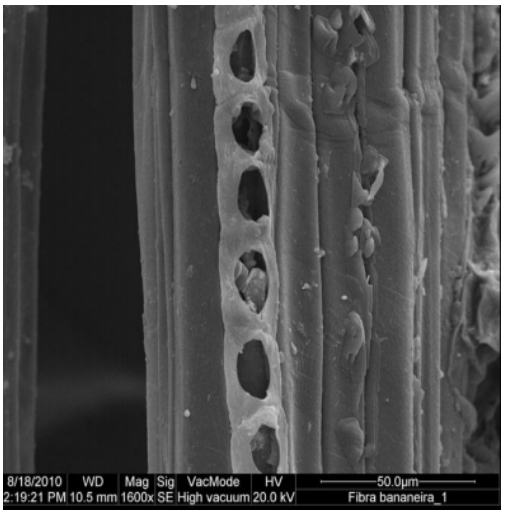
Para verificação de combustão do material aplicou-se, nas placas, um produto antichama, à base de enxofre, por meio de um borrifador, sendo que, nas placas que receberam o tratamento, não ocorreu a combustão. As placas que não receberam tratamento antichama apresentaram velocidade de queima maior do que o permitido pela norma NBR9178, ou seja, 100 mm/min. Desta forma, destaca-se a necessidade deste tratamento.

3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura

Neste ensaio, foram obtidas imagens por meio de amostras recobertas com ouro. O uso do recobrimento em ouro, se fez necessário para melhorar ainda mais a captação da imagem, por se tratar de um material opaco.

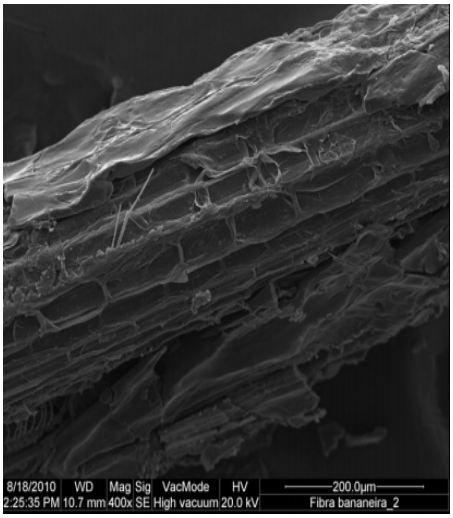
Na imagem ampliada 1.600 vezes (Figura 4), podem ser observados pequenos conjuntos de fibras e um corte, ao longo de uma delas, que revela uma sequência de células parcialmente abertas. As características observadas levam à conclusão de que o material se comporta como um conjunto de ressonadores de som. A Figura 5 apresenta uma imagem com ampliação de 80 vezes, na qual aparece uma parede que toma quase todo o espaço da mesma, onde se verifica a repetição dos elementos.

Figura 4 - Série de fibras de bananeira, em corte longitudinal, mostrando uma sequência de células parcialmente abertas.



Fonte: Os autores

Figura 5 - Sequência de células de fibra de bananeira: uma estrutura cilíndrica recoberta com a polpa.



Fonte: Os autores

4 CONCLUSÃO

A partir deste experimento, foi possível observar que a empregabilidade das placas de fibra de bananeira desenvolvidas apresenta elevada viabilidade de uso na construção civil, uma vez que comprovaram desempenho geral compatível com o de outros materiais empregados para os mesmos fins, o que justifica a sua utilização, sendo uma alternativa sustentável de material.

O desempenho do material estudado foi superior à lã de vidro, no intervalo de 250 a 1000 Hertz, e, ligeiramente superior, à lã de rocha, entre 500 e 1400 Hertz.

Referências Bibliográficas

_____. **NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

BALZER, Palova S., VICENTE, Lawrence L., BRIESEMEISTER, Ricardo et al. Estudo das propriedades mecânicas de um composto de PVC modificado com fibras de bananeira**. Polímeros**, jan/mar. 2007, v.17, n.1, p.1-4. ISSN 0104-1428.

BISTAFA, Sylvio R., **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

GARAVELLO, M.E.P.E.; MOLINA, S.M.G. O Artesanato com Fibra de Bananeira. In: XIII Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, Registro, 2005.
GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLDEMBERG, José; BARBOSA, Luiz Mauro. Meio ambiente no Brasil e no mundo. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/artigos/030904_meioambibrasil/htm>. Acesso em 10 jun. 2010.

JUSTIZ-SMITH, Nilza G.; VIRGO G. Junior; BUCHANAN, Vernon E. Potential of Jamaican Banana, Coconut Coir and Bagasse Fibres as Composite Materials. Materials Characterization (2007), doi: 10.1016/j.matchar. 2007.10.011

Outa, Roberto. "Estudo e análise do coeficiente de absorção acústico do compósito da fibra de cana." (2014): 70-f. Disponível em: http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/pos-graduacao/roberto-outa_final.pdf. Acesso em 31 mai. 2016.

SANTOS, Jorge Luiz Pizzuti dos . Estudo do Potencial Tecnológico de Materiais Alternativos em Absorção Sonora**.** Santa Maria: UFSM, 2005

SAVASTANO Jr., H.; WARDEN, P.G.; COUTTS, R.S.P**.** Microstructure and mechanical properties of waste fibre–cement composites. **Cement & Concrete Composities**, 2005, v.27.

SILVA Péricles. Acústica Arquitetônica e Condicionamento de Ar. **EDTAL Empresa Termo Acústica Ltda.** Belo Horizonte, 2005.

VEIGA, José Elida. A emergência socioambiental. São Paulo: **Senac**, 2007.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES EM *LIGHT STEEL FRAMING*[1]

MONTEIRO, Paulo R. M. (1); BARRETO, Douglas (2); PALIARI, José Carlos (3)

(1) PPGECiv-UFSCar, e-mail: paulo@allbizcompany.com; (2) PPGECiv-UFSCar, e-mail: dbarreto@ufscar.br; (3) PPGECiv-UFSCar, e-mail: jpaliari@ufscar.br

RESUMO

O sistema construtivo *Light Steel Framing* (LSF) vem surgindo como forte alternativa para modernização do subsetor de edificações como forma de resolver antigos problemas, como perdas de materiais, excesso de patologias e baixo desempenho da edificação como um todo ou de alguns de seus subsistemas. Este trabalho tem por objetivo analisar o desempenho dos subsistemas construtivos do LSF levando-se em consideração suas características. Classificado como pesquisa de cunho bibliográfico e documental, foram realizadas consultas em livros, dissertações, teses e artigos publicados em congressos e periódicos. Como resultado, foi abordado o desempenho do sistema construtivo LSF no tocante a Vida Útil de Projeto (VUP); Desempenho térmico; Desempenho acústico, Resistência ao fogo; Durabilidade do sistema; Desempenho das instalações prediais. Verificou-se que, nas edificações testadas e apresentadas nos documentos consultados, os materiais e os subsistemas ensaiados em laboratórios atendem ou superam aos principais requisitos de desempenho e qualidade estabelecidos pela Diretriz SINAT 003 Revisão 01, pela NBR 15.575:2013 e pela ISO 6241:1984.

Palavras-chave: Construção Civil. Desempenho. *Light Steel Framing*.

ABSTRACT

The building system Light Steel Framing (LSF) is emerging as a strong alternative for modernization of the subsector of buildings as a way to solve old problems, such as loss of materials, excess pathologies and low performance of the building as a whole or some of its subsystems. This work aims to analyze the performance of the LSF´s subsystems constructive taking into consideration its features. Classified as bibliographical stamp of research and documentation, consultations were held in books, dissertations, theses and articles published in congresses and technical magazines. As the result, was approached the performance of LSF building system regarding the Service Life Planning; Thermal performance; Acoustic performance, Resistance to fire; System durability; Performance of building installations. It was verified that the edifications tested and presented in the documents consulted, materials and subsystems assayed in laboratories meet or exceed the main performance and quality established by Directive SINAT 003 Revision 01, the NBR 15575: 2013 and ISO 6241:1984.

***Keywords**: Construction Industry. Performance. Light Steel Framing.*

[1] MONTEIRO, Paulo R. M.; BARRETO, Douglas; PALIARI, José Carlos. Desempenho das edificações em *light steel framing*. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a indústria da construção civil brasileira clama por um maior grau de industrialização, além de implantação de sistemas de controle da qualidade, redução das perdas de materiais e melhor aproveitamento da mão de obra aplicada. Sistemas construtivos industrializados possuem características que mitigam estes e vários outros antigos problemas da construção civil. Santiago e Araújo (2008) afirmam que mão de obra qualificada, produção seriada e em escala de elementos padronizados, racionalização e possibilidade de gestão rígida dos processos e cronograma da obra, se contrapõem aos problemas próprios da construção artesanal.

Neste sentido o sistema construtivo *Light Steel Framing* (LSF) vem surgindo como forte alternativa para modernização do subsetor de edificações, indo ao encontro destas necessidades. Vivan, Paliari e Novaes (2010) afirmam que o LSF é um sistema construtivo industrializado que permite o melhor desempenho da produção articulada com projetos elaborados visando a montagem da edificação, portanto forma a base ideal para aplicação de processos a alcançar altos níveis de racionalização e seus benefícios.

Entretanto, o mercado da construção civil é conhecido por seu conservadorismo e mostra-se tímido em termos de inovações tecnológicas, apresentando diversas barreiras (TOLEDO, ABREU, JUNGLES 2014). Desta forma, segundo Barros (1988) e Sabbatini, Barros (2003), todo sistema inovador que pretende consolidar sua aceitação no mercado deve comprovar sua eficiência.

Avaliar o desempenho das edificações e seus subsistemas é um importante avanço para o setor. Outrora considerado pelo mercado um conceito subjetivo, ganhou força e objetividade no cenário nacional com a publicação da NBR 15.575 (ABNT, 2013), que estabeleceu parâmetros, objetivos e quantitativos passíveis de serem medidos. Especificamente, para o LSF, o Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT), objetivando avaliar novos produtos e processos construtivos, quando estes não são abrangidos por normas técnicas prescritas, publicou em 2012 a Diretriz Sinat 003 Revisão 01, apresentando também de forma objetiva a caracterização técnica do produto, além dos requisitos e critérios mínimos de desempenho.

2 OBJETIVOS

Analisar o desempenho dos sistemas e subsistemas prediais aplicados em edificações construídas no sistema construtivo LSF.

3 MÉTODO

A pesquisa realizada neste trabalho pode ser classificada como bibliográfica e documental. Isto porque a pesquisa em mãos é constituída de livros, dissertações, teses, artigos e congressos apresentados, notoriamente relevantes sobre o tema. Quanto à metodologia o trabalho faz uso do método dialético. Esta opção se justifica porque o trabalho busca analisar

criticamente os fatores positivos e negativos, juntamente com outras técnicas construtivas ao longo do mesmo.

Para tanto, fez-se uma revisão bibliográfica do sistema construtivo LSF, juntamente com o método de execução e analisou-se o desempenho e a relação racional e sistêmica de seus principais subsistemas.

4 O SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING

Segundo definição de Santiago, Freitas e Crasto (2012) o LSF é racionalizado desde sua concepção e caracterizado por ser uma "estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não-estruturais, vigas secundarias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes formando o subsistema estrutural". Vários subsistemas como o de vedação, isolamento termo-acústico, instalações elétricas, hidráulica e outros, são racionalmente adicionados à estrutura de forma seca, passíveis de chegarem à obra com alto grau de pré-fabricação, possibilitando rapidez de execução. Essas características conferem ao LSF a nomenclatura de sistema industrializado.

Analogicamente pode-se comparar o sistema LSF ao gesso acartonado por apresentarem semelhanças visuais e, a partir deste ponto, entender as diferenças conceituais que o caracteriza. No LSF a estrutura da edificação é formada por um esqueleto composto por painéis em perfis leves, com espessuras nominais usualmente variando entre 0,80mm a 2,30mm e revestimento de 180g/m² para áreas não marinhas e 275g/m² para áreas marinhas, em aço galvanizado, projetados para suportar todas as cargas da edificação. Já o gesso acartonado é um subsistema de vedação, não estrutural, que utiliza aço galvanizado em sua sustentação, com espessura nominal de 0,50mm, com necessidade de revestimento de zinco média de 120g/m² e que necessita da estrutura da edificação para suportá-lo.

5 DESEMPENHO E VIDA ÚTIL DE PROJETO

5.1 Conceito de Desempenho

O conceito de desempenho teve origem nas exigências de segurança estrutural de produtos da indústria bélica e aeroespacial na Segunda Guerra Mundial, na construção civil, tal conceito foi primeiramente abordado em 1962 durante a realização do 2º Congresso do CIB – *International Concil for Research and Innovation in Building and Construction* e nas suas edições seguintes de 1965 e 1968, mas foi somente em 1970 que se foi criada a comissão de trabalho do CIB - W60 - "*The performance concept in building*".

Atualmente a ISO 6241- *Performance standards in building: principles for their preparation and factors to be considered* (ISO, 1984) é um importante instrumento referencial internacional com foco nas exigências do produto, seja ele o edifício todo ou algum subsistema, estabelecendo requisitos no seu comportamento em uso e não simplesmente na prescrição de

procedimentos construtivos. Tais requisitos podem ser utilizados para avaliações de novas tecnologias, além de servirem como balizamento para os desenvolvedores de projetos e produtos.

A norma NBR 15.575 (ABNT, 2013) define desempenho como "Comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas". Portanto, entendemos pela expressão "em uso" que a edificação e todos seus sistemas devem atender às exigências dos usuários quando solicitados e passíveis de serem avaliados por métodos e critérios tanto objetivos quanto normalizados durante toda a sua vida útil.

A mesma norma, além de possuir as funções de avaliações das novas tecnologias e de balizar projetos e produtos em desenvolvimento, atua como norteadora do mercado da construção civil disciplinando ações judiciais embasadas na Lei Federal 8.078, Código de Defesa do Consumidor (Brasil 1990) que proibiu a colocação no mercado de qualquer produto ou serviço "em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes [...] pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial".

5.2 Vida Útil de Projeto (VUP)

Definida como o período estimado teórico de tempo para o qual um sistema é projetado, deve atender durante todo este período aos requisitos de desempenho preestabelecidos (especificações qualitativas). Para tanto, considera-se o estágio do conhecimento no momento do projeto e o atendimento da periodicidade e execução dos processos de manutenção especificados. A NBR 15.575-1 - Edificações Habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais (ABNT, 2013) estabelece o período de 50 anos como Vida Útil de Projeto Mínima (VUPmínima), para a edificação como um todo (Tabela 1), sendo que a escolha de outros períodos cabe aos intervenientes no processo de construção.

Tabela 1: Vida Útil de Projeto (VUP)

Sistema	VUP mínima anos
Estrutura	≥ 50 segundo ABNT NBR 8681-2003
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: NBR 15.575-1 (2013)

6 DESEMPENHO E DURABILIDADE DO LSF

6.1 Avaliação Técnica Estrutural

O sistema construtivo passou por ensaios de avaliação técnica no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) para obtenção do Documento de Avaliação Técnica (DATec) nº 14 que tem como proponente a empresa multinacional privada Saint Gobain e DATec nº 15 solicitado pela paranaense LP Brasil. A única substancial diferença entre os ensaios ficou por conta do fechamento da face externa das paredes externas é formado por placas cimentícias na primeira avaliação e por chapas de OSB estrutural com barreira impermeável e réguas (siding) vinílicas na segunda.

Segundo os mesmos documentos, são atendidos os critérios previstos na Diretriz SINAT 003 Revisão 01 referentes ao desempenho estrutural, à estanqueidade à água de paredes internas e externas decorrente da ocupação do imóvel.

Bevilaqua (2005) salienta que o uso dessas chapas de OSB atuando como diafragmas rígidos horizontais e verticais é bastante positivo. Independente do sistema de contraventamento, quando projetados corretamente, o sistema tem um ótimo desempenho estrutural, resistindo a todos os esforços solicitantes horizontais e verticais, apresentando deslocamentos horizontais e verticais bem menores quando comparados aos do sistema aporticado. Ainda segundo a mesma autora, considerando os excelentes resultados obtidos, o LSF é perfeitamente aplicável em prédios com até 7 pavimentos seguindo os preceitos da NBR14.762 (ABNT, 2001).

6.2 Desempenho Térmico

O objetivo do isolamento de uma edificação é controlar as condições térmicas sujeitas aos agentes climáticos externos indesejados. No LSF este conceito se dá pela isolação multicamada, combinando placas leves de fechamento com preenchimento de material isolante. Gomes (2007) considera que as adaptações climáticas a serem feitas no sistema são referentes principalmente ao projeto, pois mesmo utilizando fechamentos que amenizam as condições climáticas, uma edificação com problemas de concepção construtiva não é capaz de atingir o desempenho de conforto ambiental requerido.

Isto ficou claro na avaliação do desempenho térmico do DATec 014 que considerou todas as 8 zonas previstas na NBR 15.220-3 Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT, 2004) e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, e no DATec 015, que avaliou as zonas Z1, Z3 e Z8. Os resultados, apresentados nos Quadros 1 e 2 respectivamente, demonstram que as edificações que empregam o sistema construtivo LSF proposto pelas empresas somente atendem ao critério de desempenho térmico mínimo dependendo da tipologia de projeto considerada, das cores dos acabamentos externos e do sombreamento, não somente da espessura do isolante usado no forro e vedos.

Quadro 1: Síntese da avaliação do desempenho térmico - DATec 014

Zonas Bioclimáticas	Camada de isolante sobre forro (mm) [2]	Cor do acabamento externo das paredes [1]			
		Condição padrão [3]	Com sombreamento [4]	Com ventilação [5]	Com sombreamento e ventilação [6]
1	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
2	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
3	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
4	50	Claras	Qualquer cor	Claras ou Médias	Qualquer cor
5	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
6	50	Não atende	Claras ou Médias	Não atende	Claras ou Médias
7	50	Qualquer cor	Qualquer cor	Qualquer cor	Qualquer cor
8	100	Não atende	Claras	Não atende	Claras

Fonte: IPT (2013 A)

Quadro 2: Síntese da avaliação do desempenho térmico - DATec 015.

Zonas Bioclimáticas	Camada de isolante térmico sobre o forro (mm) [1]	Camada de isolante térmico [1] no núcleo da parede externa (mm)	Beiral: projeção horizontal (mm)	Cor do acabamento externo das paredes			
				Condição padrão [2]	Com sombreamento [3]	Com ventilação [4]	Com sombreamento e ventilação [5]
1	50	-	600	Não atende	Não atende	Não atende	Cores claras
3	50	-	600	Não atende	Não atende	Não atende	Cores claras
8	100	50	1000	Não atende	Não atende	Não atende	Cores claras

Fonte: IPT (2013 B)

Ainda segundo Gomes (2007) os conceitos de projetos destinados a Habitações de Interesse Social (HIS), tipologia objeto dos dois DATecs, necessitam ser revistas, ainda que pese o fator custo como uma das suas principais diretrizes.

6.3 Desempenho Acústico

Segundo Michalski (2011), diversos tipos de materiais podem e devem ser usados simultaneamente na construção dos subsistemas da edificação para proporcionar melhorias no isolamento sonoro entre ambientes, isto ocorre quando há uma redução significativa da passagem de som de um ambiente para outro. Ainda, segundo o mesmo autor, esta necessidade emana da obrigatoriedade do edifício de proporcionar conforto e privacidade aos seus ocupantes atendendo Normas Técnicas e ISOs vigentes. A Tabela 2 apresenta a quantificação do isolamento de uma parede, quantificando-o de pobre à excelente de acordo com a Perda de Transmissão (PT) apresentada (SALES 2001).

Tabela 2: Qualificação do isolamento acústico.

Quantificação do isolamento	Perda de Transmissão (PT)	Condições de audição
Pobre	< 30 dB	Compreende-se a conversação normal facilmente através da parede.
Regular	30 a 35 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não se entende bem a conversação normal.
Bom	35 a 40 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não é facilmente inteligível.
Muito bom	40 a 45 dB	A palavra normal é inaudível e em voz alta é muito atenuada, sem compreensão.
Excelente	> 45 dB	Ouvem-se muito fracamente os sons muito altos.

Fonte: Sales (2001)

Outra forma de avaliar a acústica do conjunto de vedação leva em consideração apenas os valores obtidos para a parede, desde que os demais elementos tenham isolamento maior ou igual à mesma. Kruger (2000) estudou diversos elementos construtivos considerando a Classe de Transmissão de Som Aéreo (CTSA) que também indica a capacidade do material de reduzir o nível sonoro entre dois ambientes em decibéis (dB). Essa grandeza, obtida em laboratório para determinado componente construtivo, pode ser comparada com outros ensaios apesar de não considerar o isolamento do ambiente. Pela tabela 3 percebemos que para atingir o mesmo valor absoluto de isolamento que sistemas construtivos a seco como o drywall e o LSF obtêm com 13,5 cm de espessura, o sistema construtivo tradicional necessita de 25 cm de espessura.

Tabela 3: Classe de som aéreo para elementos construtivos.

Componente da Construção	CTSA
Parede de tijolo com 25 cm	52
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 15 mm em ambos os lados sem isolamento com lã mineral	34
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 50 mm de espessura	38
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 600 mm com placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 75 mm de espessura	45 - 49
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 600 mm com 2 placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 75mm de espessura	50 - 54

Fonte: Adaptado de Kruger (2000)

O IPT (2013) realizou ensaios para verificar o índice de isolação sonora das paredes de fachada e das paredes de geminação, conforme síntese dos critérios e resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Classe de som aéreo para elementos construtivos

Elemento	Valor mínimo (Rw em dB), Diretriz SINAT 003 e NBR 15.575-4:2013	DATec 14 Valor de Rw determinado em laboratório (dB)	DATec 15 Valor de Rw determinado em laboratório (dB)
Parede entre unidades	45	51	47
Fachadas	20 a 30 dependendo da proximidade da fonte de ruido	50	39

Fonte: Dos autores

Para paredes de fachadas, é importante ressaltar para a necessidade da adoção de esquadrias externas com isolação sonora adequada e com valores mínimos de redução sonora (Rw) para o perfeito desempenho acústico do sistema construtivo.

6.4 Resistência ao Fogo

As construções em LSF têm as duas faces das paredes de geminação e a face interna das paredes de fachadas compostas por duas chapas de gesso para drywall resistente ao fogo (RF) de 12,5mm. Da mesma forma, o material comumente aplicado nestes casos para isolamento interno, lã de vidro ou lã de rocha, também é incombustível, caracterizando este subsistema como não propagador de chamas e fumaça.

Os ensaios para determinação da resistência ao fogo das paredes de geminação realizada pelo IPT (2013) foram realizados com uma carga vertical uniformemente distribuída no topo da parede de 600kgf/m, simulando os esforços sofridos por uma casa térrea, e consideraram resistência ao fogo de 30 minutos. As paredes ensaiadas mantiveram a estanqueidade, o isolamento térmico e a estabilidade estrutural pelo período mínimo determinado de 30 minutos. Portanto, concluíram os pesquisadores que este sistema construtivo atende ao critério da Diretriz SINAT Nº003 Revisão 1 quanto à segurança ao fogo.

Souza (2010) constatou que é possível atender ao Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) superior a 120 minutos quando necessário com o acréscimo de uma segunda placa de gesso proporcionando uma redução significante da elevação da temperatura ao longo da espessura da parede, o mesmo autor afirma que as proteções desenvolvidas para o perfil metálico mostram-se bastantes satisfatórias, proporcionando redução significante da temperatura.

6.5 Durabilidade

A durabilidade de qualquer edificação está relacionada diretamente a estanqueidade e resistência à água oriunda de fontes externas e internas, neste quesito, Lima (2013) sugere que ainda existe a necessidade de mais estudos para melhorar o desempenho das vedações, incluindo a cobertura.

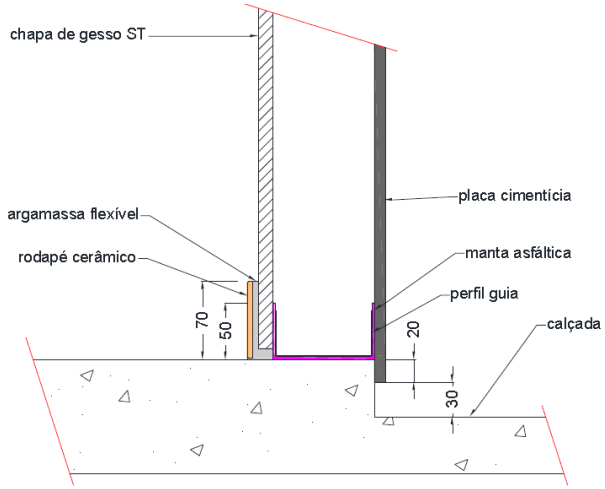
Somados, os dois DATec avaliaram a durabilidade do sistema pela análise de

detalhes construtivos especificados em projeto e constatados em obra, ensaiaram em laboratório trechos de paredes e por envelhecimento acelerado os seguintes componentes, Perfis de aço; Parafusos; Componentes metálicos; Placas cimentícias; Chapas de OSB e Siding vinílicos.

Nos detalhes construtivos foi verificada com destaque a inserção de embasamento e de uma tira de manta asfáltica na interface entre a fundação e o perfil guia inferior de todos os quadros estruturais, de todas as paredes, destinada a evitar o contato dos perfis metálicos com a umidade ascendente proveniente da fundação, assim como o cobrimento das laterais do quadro estrutural de aproximadamente 50 mm de altura para evitar o contato dos perfis e das chapas delgadas com eventual umidade do piso, proveniente das lavagens, manutenções, chuvas ou outras atividades de uso.

Tal procedimento em detalhe construtivo está apresentado na Figura 1. Entretanto não foi encontrado o mesmo detalhe em nenhuma outra bibliografia pesquisada ou mesmo qualquer imagem publicada por outras empresas especializadas neste sistema construtivo, limitando esta aplicação apenas na porção imediatamente abaixo do montante do painel (Figura 2).

Figura 1: Corte esquemático. Interface de quadro metálico com fundação.



Fonte: IPT (2013 A)

Figura 2: Manta aplicada sob o montante.



Fonte: www.equipedeobra.pini.com.br (2012)

Todas as amostras, tanto dos componentes quanto dos trechos de paredes ensaiados em laboratórios foram aprovados quando destinados à aplicação em ambientes rurais, urbanos, e marinhos, atendendo aos critérios da Diretriz SINAT 003 Revisão 01. A grande limitação do sistema construtivo LSF se deve a não aplicação em ambientes de elevada agressividade ambiental, entendida como atmosferas industriais ou atmosferas ao mesmo tempo marinhas e industriais.

6.6 Desempenho das Instalações Prediais

O desempenho de todas as instalações prediais não sofre alteração em função do sistema construtivo. Neste sentido, as especificações gerais para projetos de instalações, os princípios de dimensionamento, de perdas de carga, considerações das propriedades dos materiais e caminhamento das instalações, continuam os mesmos adotados nos sistemas construtivos convencionais (SANTIAGO, FREITAS, CRASTO, 2012). Alguns cuidados específicos devem ser observados na sua execução, oriundo do fato de a parede das edificações em LSF não possuir massa em seu interior, portanto, necessitam de suportes e montantes para fixação das instalações, quando embutidas atravessam os perfis dos painéis por furos nas suas almas, atendendo aos parâmetros estabelecidos na NBR 15.253 (ABNT, 2005).

Campos e Souza (2010) enfatizam a facilidade e rapidez do processo de manutenção e correção das patologias em instalações embutidas, quando comparado aos sistemas construtivos tradicionais devido a não exigência de rasgar os vedos. Tal facilidade vai ao encontro dos conceitos envolvendo desemprenho, VUP e seus requisitos de validação mediante o atendimento aos processos de manutenção especificados, juntamente com sua periocidade.

7 CONCLUSÕES

No decorrer deste estudo bibliográfico e documental, pode-se verificar que os subsistemas do Light Steel Framing testados atenderam aos principais requisitos de desempenho e qualidade estabelecidos pela Diretriz SINAT 003 Revisão 01, pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) e pela ISO 6241 (ISO, 1994), apresentando em alguns casos desempenhos específicos superiores, como o estrutural, os vedos no tocante ao isolamento acústico, que é passível de maior controle sem aumentar expressivamente sua espessura, acarretando ganho de área útil do imóvel e a facilidade da manutenção preventiva e correção das patologias dos sistemas prediais. O desempenho térmico só pode ser considerado satisfatório mediante a adoção de outras características do projeto arquitetônico.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14762:2001: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio - Procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

_____ NBR 15.220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2004.

_____ NBR 15.253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2005.

_____ NBR 15.575-1: Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais –. Rio de Janeiro, 2013.

Barros, M. M. B. de. Premissas para a implantação de inovações tecnológicas na produção de edifícios - Anais eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção,1988. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART483.pdf>. Acessado em maio de 2016.

Barros, M. M. B. de, Sabbatini, F. H. Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios - Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2003

BEVILAQUA, R. Estudo comparativo do desempenho estrutural de prédios estruturados em perfis formados a frio segundo os sistemas aporticado e "light steel framing". 2005. 225p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2005.

BRASIL. Lei Federal 8.078 de 11 de setembro de 1990. Código de Defesa do Consumidor. Brasília, 1990.

BRASIL. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Habitação. Programa Nacional da Qualidade e Produtividade do Habitat. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas - Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos SINAT 003 – REVISÃO 01. Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (sistemas leves tipo "light steel framing"). Brasília. 2012.

CAMPOS H. C., SOUZA H. A. Avaliação pós-ocupação de edificações estruturadas em aço, focando edificações em light steel framing. CONSTRUMETAL – CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA São Paulo, 2010.

GOMES, A. P. Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em light steel framing. 2007 172p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Ouro Preto - MG, 2007.

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Documento de Avaliação Técnica No 14. Sistema Construtivo a seco Saint-Gobain - Light Steel Frame. São Paulo. 2013 A

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Documento de Avaliação Técnica No 15. Sistema construtivo LP Brasil OSB em Light Steel Frame e fechamento em chapas de OSB revestidas com siding vinílico. São Paulo. 2013 B

ISO 6241: *Performance standards in building: principles for their preparation and factors to be considered* – Londres. 1984

KRUGER, P. von. Análise de Painéis de Vedação nas edificações em estrutura metálica. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2000.

LIMA, R. F. Técnicas, métodos e processos de projeto e construção do sistema construtivo *light steel frame*. 2013. 144p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2013.

MICHALSKI, R. L. X. N. Metodologias para medição de isolamento sonoro em campo e para expressão da incerteza de medição na avaliação do desempenho acústico de edificações. 2011. p.197 Tese (Doutorado) Programa de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

Revista Equipe de Obra, ed. Pini edição 52 Outubro/2012 - Passo a Passo: Estrutura de steel frame. Disponível em < http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/52/artigo267880-1.aspx> Acessado em maio de 2015.

SALES. U. C. Mapeamento dos problemas gerados na associação entre sistemas de vedação e estrutura metálica e caracterização acústica e vibratória de painéis de vedação. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2001.

SANTIAGO, A. K., ARAÚJO, E. C. De. Sistema light steel framing como fechamento externo vertical industrializado. 2008. CONSTRUMETAL – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica São Paulo, 2008.

SANTIAGO, A. K., FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. Steel framing: arquitetura. 2012. . IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2012.

SOUZA, M. F. Estudo numérico do isolamento térmico de painéis do sistema light steel framing em situação de incêndio. 2010. 174p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2010.

TOLEDO, R. de; ABREU, A. F. de; JUNGLES, A. E. A difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil. In: ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014. Maceió-AL. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_563.pdf> Acessado em maio de 20116.

VIVAN, A. L. ; PALIARI, J. C. ; NOVAES, C. C. Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva. In: ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010. Canela-RS.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DESEMPENHO TÉRMICO DE PAINEL DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNO COMPOSTO POR PLACAS DE MADEIRA MINERALIZADA EM LIGHT STEEL FRAMING[1]

NOGUEIRA, Jocely Rosanna da Silva (1); CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio (2); DURANTE, Luciane Cleonice (3); MARTINS, Ana Flávia Souza (4); LOUZICH, Kellen Mello Dorilêo (5); ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho (6)

(1)UFMT, e-mail: tokdarte@gmail.com (2) UFMT, e-mail: ivancallejas1973@gmail.com; (3) UFMT, e-mail: luciane.durante@hotmail.com; (4) UFMT, e-mail: ana.flavia.martins@hotmail.com; (5) UFMT, e-mail: keldorileo@hotmail.com; (6) UFMT, e-mail: karyna.rosseti@gmail.com

RESUMO

Os sistemas de vedação vertical precisam ser avaliados com vista a atender os requisitos de desempenho estabelecidos pelas normas brasileiras. Esta pesquisa tem por objetivo avaliar desempenho térmico de um projeto de Habitação de Interesse Social implantado na Zona Bioclimática 7, composta por painéis de vedação vertical em blocos cerâmicos revestidos e uma proposta alternativa de painel de vedação. A avaliação seguiu os critérios normativos da NBR 15575-1 e 4 e pelo Método de Graus-Horas de acordo como RTQ-R, por meio de simulação utilizando o software EnergyPlus. Os componentes do painel de vedação vertical alternativo foram sequencialmente do exterior para o interior os seguintes: placa cimentícia 10mm, placa de madeira mineralizada de 17mm, câmara de ar de 90mm e placa de gesso acartonado de 12,5mm, estruturado com perfis Light Steel Framing (LSF). No dia típico de verão, as reduções em relação à temperatura externa foram de 2,4°C e 3,3°C na habitação com bloco cerâmico revestido e painel alternativo em LSF, indicando que ambas as tipologias alcançaram o nível de desempenho térmico Intermediário. Com relação aos graus-horas de resfriamento, o painel alternativo obteve uma redução de 3,5% em relação ao painel convencional.

Palavras-chave: Simulação computacional. EnergyPlus. Painel leve.

ABSTRACT

The vertical panel systems need to be evaluated in order to meet the performance regulatory requirements. This research aims to evaluate thermal performance of a social housing project (HIS) implemented in bioclimatic zone 7, composed by vertical panels coated ceramic blocks and by a alternative panel system. The evaluatation followed NBR 15575-1 and 4 standards and cooling degree-hours method, according to RTQ-R, by computational simulation using EnergyPlus software. The components design to compose the vertical panel system were sequentially from outside to inside: cementitious board (10mm), mineralized wood board (17mm), air gap (90mm) and gypsum plasterboard (12.5mm)

[1] NOGUEIRA, Jocely Rosanna da Silva; CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio; DURANTE, Luciane Cleonice; MARTINS, Ana Flávia Souza; LOUZICH, Kellen Mello Dorilêo; ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho. Desempenho térmico de painel de vedação vertical externo composto por placas de madeira mineralizada em Light Steel Framing. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

structured by Light Steel Framing (LSF). In typical summer day, the reductions in the external temperature were 2,4°C and 3,3°C in the HIS with ceramic block and alternate panel LSF, indicating that both panel system types reached the Intermediate performance level (I). The cooling degree-hours indicated that was an improvement of 3.5% over the traditional panel composed by ceramic blocks.

Keywords: Computer simulation. EnergyPlus. Light panel.

1 INTRODUÇÃO

São inúmeras as alternativas disponíveis para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas (SVVIE), destinadas às edificações habitacionais. Porém, ainda predomina uma forte tendência na construção civil brasileira de utilização de sistemas de vedação vertical compostos por blocos cerâmicos revestidos internamente e externamente (ABDI, 2015).

A necessidade de buscar novas alternativas para o sistema de vedação vertical, face à elevada demanda construtiva gerada pelo déficit habitacional brasileiro, no âmbito econômico e sustentável, motiva o interesse por pesquisas sobre novas tecnologias construtivas. A escolha de sistema de vedação vertical está atrelada, na maioria das vezes, apenas ao fechamento de área externa, à compartimentação dos ambientes internos e aos custos iniciais gerados por esta etapa da obra, deixando-se de observar, previamente, quesitos relacionados ao conforto térmico e ao consumo de energia.

Os custos relacionados à adequação de edificações e a problemas no pós-ocupação são comuns, principalmente oriundos da elaboração de projetos que tratam dos condicionantes ambientais de forma estanques. Todavia, eles devem ser discutidos de forma ampla tendo em vista que a NBR 15575-1(ABNT, 2013) estabelece parâmetros de desempenho mínimo a serem considerados em relação ao conforto ambiental e habitabilidade de uma edificação. Por meio desta norma, a avaliação do nível de desempenho térmico pode ser feita de modo simplificado, através da estimativa dos valores mínimos da transmitância térmica e da capacidade térmica a serem observados em cada Zona Bioclimática Brasileira, ou ainda, por meio de simulação computacional, caso estes requisitos não sejam atendidos.

Uma alternativa crescente neste nicho construtivo são os sistemas industrializados, que apesar de não ser uma novidade para a indústria da construção civil brasileira, ainda são pouco utilizados para vedação das edificações, quando comparados aos sistemas convencionalmente empregados (MÓDENA, 2009). Dentre os sistemas industrializados utilizados atualmente nas edificações, está o estruturado em Light Steel Frame (LSF), uma tipologia de sistema de painel de vedação bastante difundida no mundo e tecnicamente viável, principalmente nos aspectos de produtividade, de controle de qualidade e de possibilidade de variação nas composições de projeto em edificações. Uma característica positiva do LSF é a utilização de múltiplos painéis e enchimentos, que possibilita elaborar projetos de diversas composições, permitindo melhor adequação do desempenho térmico e acústico de acordo com a zona bioclimática de

implantação, além de reduzir o peso próprio na edificação finalizada, quando comparado com as vedações tradicionalmente utilizadas no país (SANTIAGO et al., 2012).

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é realizar um estudo comparativo de desempenho térmico entre o sistema de vedação vertical composto por blocos cerâmicos revestidos interna e externamente com argamassa, e um sistema de painel estruturado em LSF, composto externamente por placas cimentícia e mineralizada e, internamente, por placa de gesso acartonado, aplicados ao projeto de uma habitação de interesse social na Zona Bioclimática 7.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da edificação objeto de estudo

A edificação objeto de estudo se constitui de uma tipologia arquitetônica idealizada para conjuntos habitacionais de interesse social (HIS) do Programa Minha Casa, Minha Vida, já construída na Zona Bioclimática 07, sendo o seu modelo amplamente utilizado em várias regiões brasileiras.

O sistema construtivo é composto por paredes de tijolos cerâmicos de oito furos com dimensões de 9x19x19cm, assentados na menor dimensão (meia vez), revestidos com argamassa externa e interna de 2,5cm de espessura e com argamassa de assentamento de 1cm de espessura.

O piso é de concreto desempenado. As portas externas são metálicas e as internas, de madeira. As janelas dos quartos e da sala não possuem vidro, somente venezianas. As janelas da cozinha são em vidro transparente, sem proteção solar específica.

Optou-se pela alteração do material utilizado na cobertura original da casa (Figura 1), com o intuito de isolar a cobertura da HIS para que não interferisse nos resultados do sistema de vedação. Assim, a cobertura considerada passou a ser a de telha metálica com isolamento térmico, em duas águas, com forro em laje de concreto 10cm.

A planta baixa e cortes da edificação que apresenta área construída igual a 38,70m^2 podem ser visualizados nas Figuras 2 e 3.

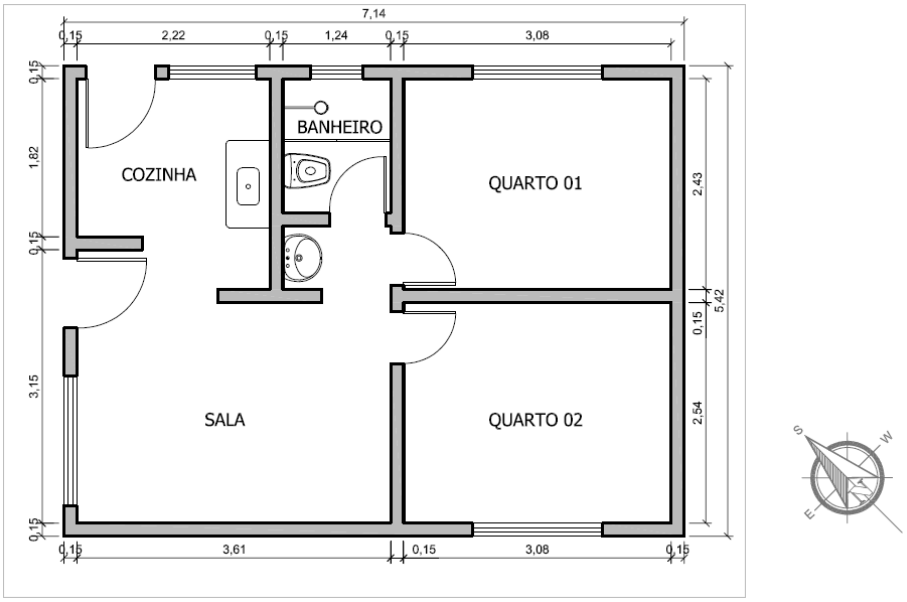
As paredes têm acabamento externo no tom bege claro e as internas na cor branca. Como se objetiva comparar os sistemas verticais de vedação vertical convencional com o proposto neste trabalho, o modelo convencional de SVVIE composto por tijolo cerâmico e argamassa foi substituído pelo painel industrializado composto por placas cimentícias, placas de madeira mineralizada e placa de gesso.

Figura 1 – Foto edificação utilizada na avaliação de desempenho térmico



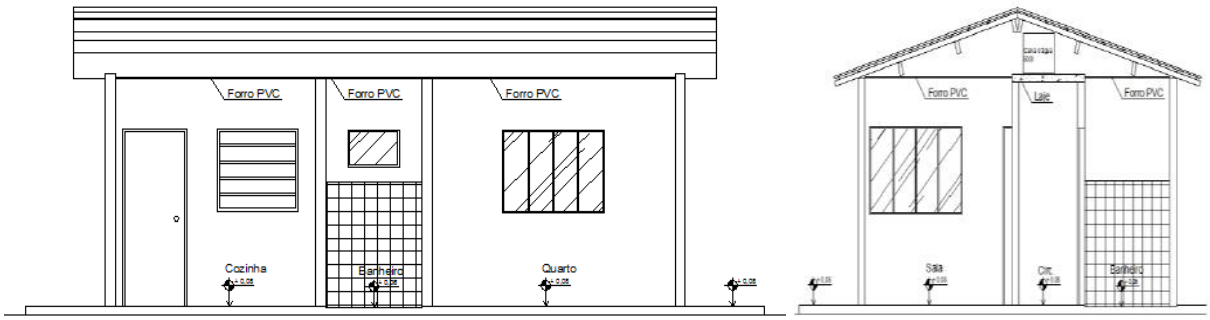
Fonte: Rios (2015)

Figura 2 – Planta-baixa da HIS



Fonte: Desenho com base em tipologia proposta Caixa Econômica Federal.

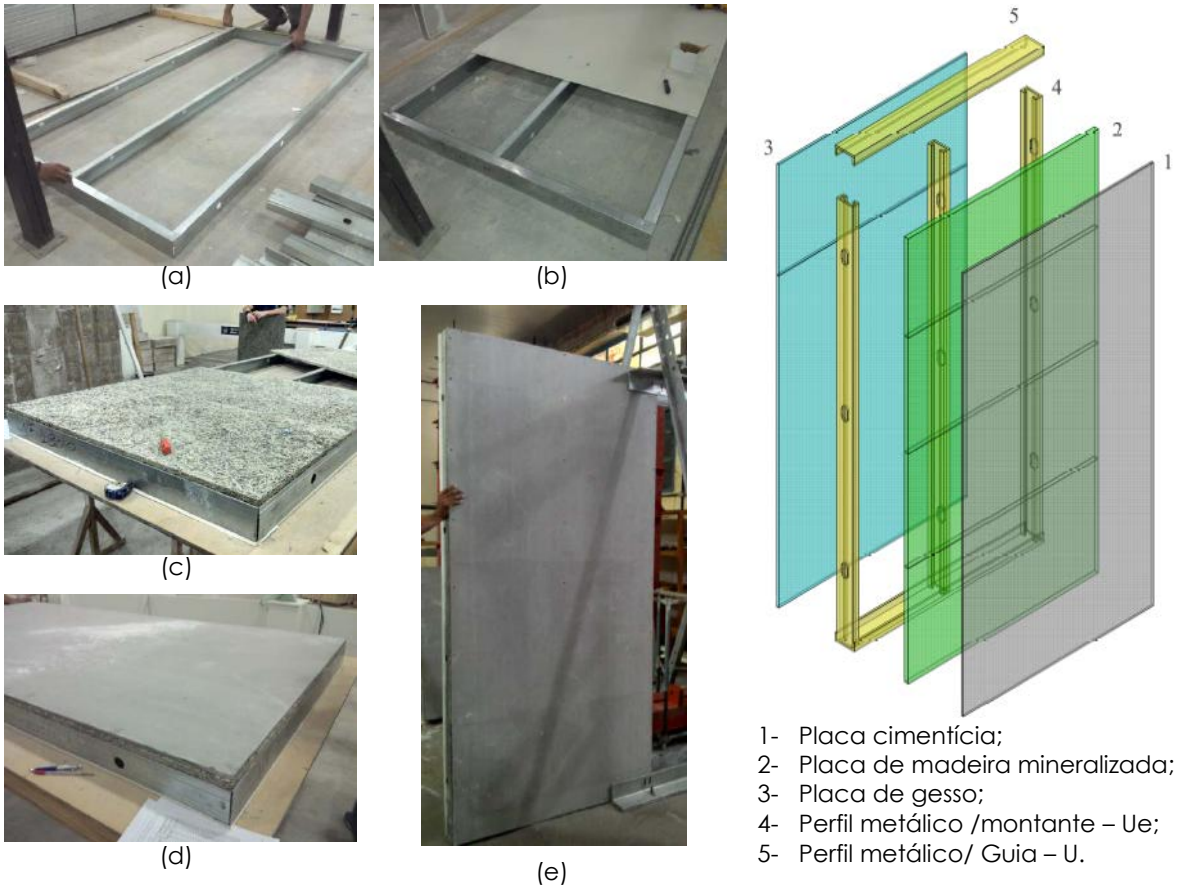
Figura 3 – Cortes da HIS.



Fonte: Desenho com base em tipologia proposta Caixa Econômica Federal.

Os detalhes de fabricação/ montagem e representação esquemática do SVVIE estruturado em LSF podem ser visualizados na Figura 4. Sequencialmente do exterior para o interior, o painel apresenta a seguinte configuração: placa cimentícia 10mm , placa de madeira mineralizada de 17mm, câmara de ar de 90mm e placa de gesso acartonado de 12,5mm, estruturados em perfis Light Steel Framing.

Figura 4 – Esquema de fabricação/ montagem do SVVIE estruturado em LSF : (a) Estruturação em LSF; b) placa de gesso acartonado, c) placa de madeira mineralizada; d) placa cimentícia, e) painel montado



Fonte: Os autores

3.2 Método de avaliação por simulação

A avaliação do desempenho térmico da HIS com os diferentes painéis foi realizada por meio de simulações computacionais com o software EnergyPlus, utilizando-se do arquivo climático da cidade de Cuiabá-MT, obtido no sitio www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios, conforme recomendação do Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-R, 2010).

Na etapa de modelagem da HIS, utilizou-se o Plug-in OpenStudio para a edição e visualização em maquete eletrônica no programa SketchUp8. Para o desenho em 3D, o programa considera os elementos de construção sem

suas espessuras, as quais serão adicionadas, como informações numéricas para os cálculos, diretamente no EnergyPlus 8.1. A tipologia foi modelada conforme a planta baixa apresentada na Figura 1, sendo que as superfícies que representam as paredes externas foram desenhadas nos limites externos, as que representam as paredes internas, no eixo da parede de divisão entre os ambientes. Foram modeladas cinco zonas térmicas: quarto 1, quarto 2, banheiro, sala-cozinha e ático da cobertura, conforme critério estabelecido pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Para subsidiar as análises, determinaram-se as propriedades físicas e térmicas dos componentes da edificação padrão com painel de blocos cerâmicos revestidos externa e internamente por argamassa e do painel proposto estruturado em LSF, seguindo as orientações previstas nos procedimentos de cálculo estabelecidos pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005) e NBR 15575-1 (ABNT, 2013). Estas propriedades podem ser consultadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Propriedades termofísicas dos materiais da HIS

Características do componente	Cerâmica (Tijolo 8 furos)	Argamassa de reboco	Aço	Poliestireno Expandido	Concreto Laje/radier
Rugosidade	Áspero	Áspero	Liso	Áspero	Liso
Espessura (m)	0,09	0,025	0,00043	0,04	0,10
Condutividade (W/mK)	0,55	1,15	55	0,04	1,75
Densidade (Kg/m³)	1600	2000	7800	15	2400
Calor Específico (J/kgK)	920	1000	460	1420	1000
Absorção térmica, solar e visível	0.85; 0,75; 0,75	0.85; 0,3; 0,3	0.3; 0,7; 0,7	0.3; 0,7; 0,7	0,3; 0,7; 0,7

Fonte: Os autores

Tabela 2 – Propriedades termofísicas do painel proposto estruturado em LSF

Características do componente	Gesso acartonado	Placa cimentícia	Placa madeira mineralizada	Câmara de ar	Perfil metálico
Rugosidade	Liso	Áspero	Áspero	Liso	Liso
Espessura (m)	0,0125	0,010	0,025	0,09	0,0095
Condutividade (W/mK)	0,35	0,95	0,032		55
Densidade (Kg/m³)	750	1800	440		
Calor Específico (J/kgK)	0,84	0,84	2,30		0,46
Absorção térmica, solar e visível	0,30; 0,50	0,65; 0,80	0,65; 0,80		0,25

Fonte: Os autores

Para atender ao critério da NBR 15575-Parte 4 (ABNT, 2013b), a absortância a radiação solar das superfícies das paredes foi considerada na cor clara, com α = 0,3. Como a edificação foi implantada em várias orientações no

condomínio, na simulação computacional da edificação seguiu-se o critério estabelecido na NBR 15575-Parte 1 (ABNT, 2013) que indica que devem ser simulados os recintos de permanência prolongada (sala de estar e dormitórios) na orientação geográfica mais crítica do ponto de vista térmico, que para a condição de verão. Essa condição corresponde a um ambiente com duas paredes expostas, tendo uma janela voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte, ou em caso de impossibilidade dessa condição, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste. Não foram considerados sombreamentos, visto que a referida norma prescreve que as paredes e janelas devem estar totalmente desobstruídas.

O quarto 01 em planta foi o ambiente escolhido visto que este atende os requisitos estabelecidos na NBR 15575-Parte 1 (ABNT, 2013) e apresentou o pior desempenho térmico na edificação avaliada.

Foi considerada na simulação a condição de ausência de ocupação, portas e janelas fechadas e ventilação natural padrão estabelecida para os ambientes (inclusive ático), ocorrendo apenas pelas frestas com 1 taxa de renovação de ar por hora (1 ren/h). Avaliou-se também a edificação operando na condição de ventilação seletiva.

Foram adotados os parâmetros de coeficiente de rugosidade do entorno (a), de coeficientes de pressão superficial (CP), de coeficiente de descarga (CD) e de coeficiente do fluxo de ar por frestas (CQ), indicados pelo RTQ-R (BRASIL, 2010), para ambas condições de simulação. As áreas de abertura das janelas atendem o requisito do RTQ-R que indica que o percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A) deve ser superior a 5%.

3.3 Avaliação de desempenho térmico – NBR 15575 e RTQ-R

A verificação da adequabilidade da edificação ao clima da região (zona bioclimática 7) é passível de ser feita pelos procedimentos normativos da NBR 15575-1 (ABNT, 2013), bem como pelo procedimentos estabelecidos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2012), sendo ambos adotados para avaliação do desempenho térmico da edificação pesquisada.

A avaliação da edificação habitacional, considerando o desempenho térmico, deve atender aos requisitos do usuário quanto à permanência nos ambientes de uso frequente (sala e dormitórios). Assim, os critérios de avaliação para as condições de verão segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), considerando os níveis de desempenho mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S) são as apresentadas na Tabela 3, em função da temperatura do ar interna do ambiente e da temperatura externa do ar (GUIA CBIC, 2013).

Tabela 3 – Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de verão para as zonas bioclimáticas brasileiras

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	T_i, máx ≤ T_e, máx	T_i, máx ≤ T_e, máx
I	T_i, máx ≤ (T_e, máx. – 2°C)	T_i, máx ≤ (T_e, máx. – 1°C)
S	T_i, máx ≤ (T_e, máx. – 4°C)	T_i, máx ≤ (T_e, máx. -2°C) e T_i, mín ≤ (T_e, mín. +1°C)

Sendo:
M: Nível de desempenho Mínimo
I: Nível de desempenho Intermediário
S: Nível de desempenho Superior
Te. máx: Temperatura externa máxima no dia típico de verão (°C)
Ti. máx: Temperatura interna (nos ambientes) máxima no dia típico de verão (°C)
Fonte: Adaptado de NBR 15575-1 (ABNT, 2013)

Já o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2012) estabelece que a analise do desempenho térmico seja feita através do cálculo de graus-hora de resfriamento de cada ambiente de permanência prolongada da edificação habitacional. Esse indicador representa o somatório anual de graus-hora, calculado a partir da temperatura de base de 26°C, conforme recomendação do próprio RTQ-R (BRASIL, 2010). O cálculo é realizado a partir da temperatura operativa do ambiente (obtida na simulação) quando esta se encontra acima da temperatura de base conforme Equação 1, em que GH_R representa graus-hora de resfriamento anual (°Ch) e T_i a temperatura operativa em cada uma das 8.760 horas do ano (°C).

$$GH_R = \sum_{i=0}^{8760} \begin{cases} se\ Ti > 26; & (Ti - 26) \\ se\ Ti \leq 26; & (0) \end{cases} \quad (1)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Analise do desempenho térmico no dia Típico de Verão

A variação de temperatura interna durante dia típico de verão demonstra que o comportamento da tipologia de vedação em bloco cerâmico revestido apresentou melhor desempenho térmico durante a madrugada (a partir das 2h) e período matutino (até às 12h). No período vespertino (a partir das 1h) e noturno (até às 1h), o comportamento se modifica, passando o painel LSF a apresentar temperaturas internas inferiores às registradas na tipologia de vedação em bloco cerâmico revestido.

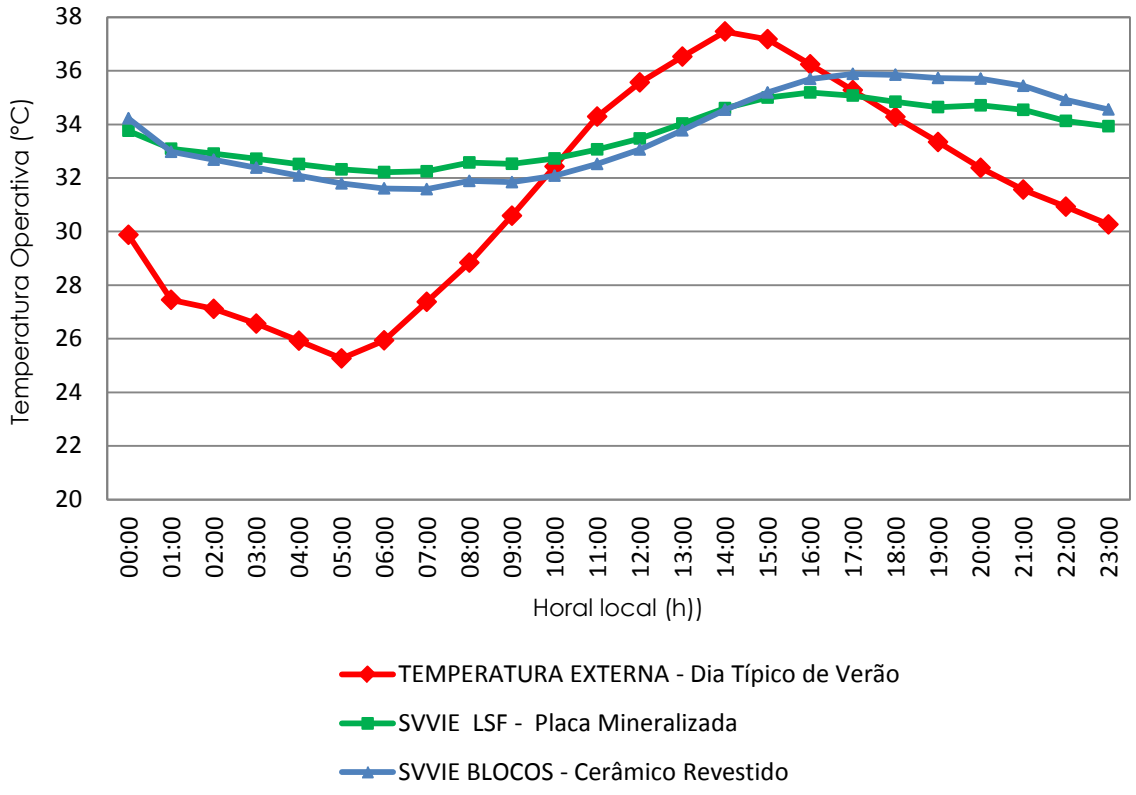
Os picos de temperatura do ar na tipologia em bloco cerâmico revestido e no painel LSF foram de 35,90°C e 35,20°C, ocorrendo às 17 e 16h, indicando atraso térmico em relação ao pico da temperatura do ar externa de 3h e 2h, respectivamente. Logo, constata-se que o painel LSF apresentou menor temperatura máxima interna, porém apresentou menor atraso térmico do

que o composto por blocos cerâmicos em virtude de sua menor inercia térmica.

No dia típico de verão, as reduções da temperatura do ar interna em relação à temperatura externa foram de 1,58°C e 2,27°C na HIS com bloco cerâmico revestido e painel LSF, respectivamente, o que classifica a tipologia em painel em blocos cerâmicos revestidos com nível de desempenho *Mínimo* (M) ($T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$) e a tipologia em painel LSF, com nível de desempenho *Intermediário* (I) ($T_{i,máx}-2° \leq T_{e,máx}$) (Figura 5).

Em virtude da baixa renovação do ar, nota-se que a temperatura mínima do ar permaneceu elevada (> que 31,50°C) nos dormitórios das edificações, com pequena amplitude térmica (em média 3,65°C). Este comportamento também foi observado na edificação pesquisada por Souza, Amparo e Gomes (2011) estruturada em painel LSF.

Figura 5 – Curso diário da temperatura do ar externo e operativa no interior das edificações para o dia típico de verão (1 ren/h)



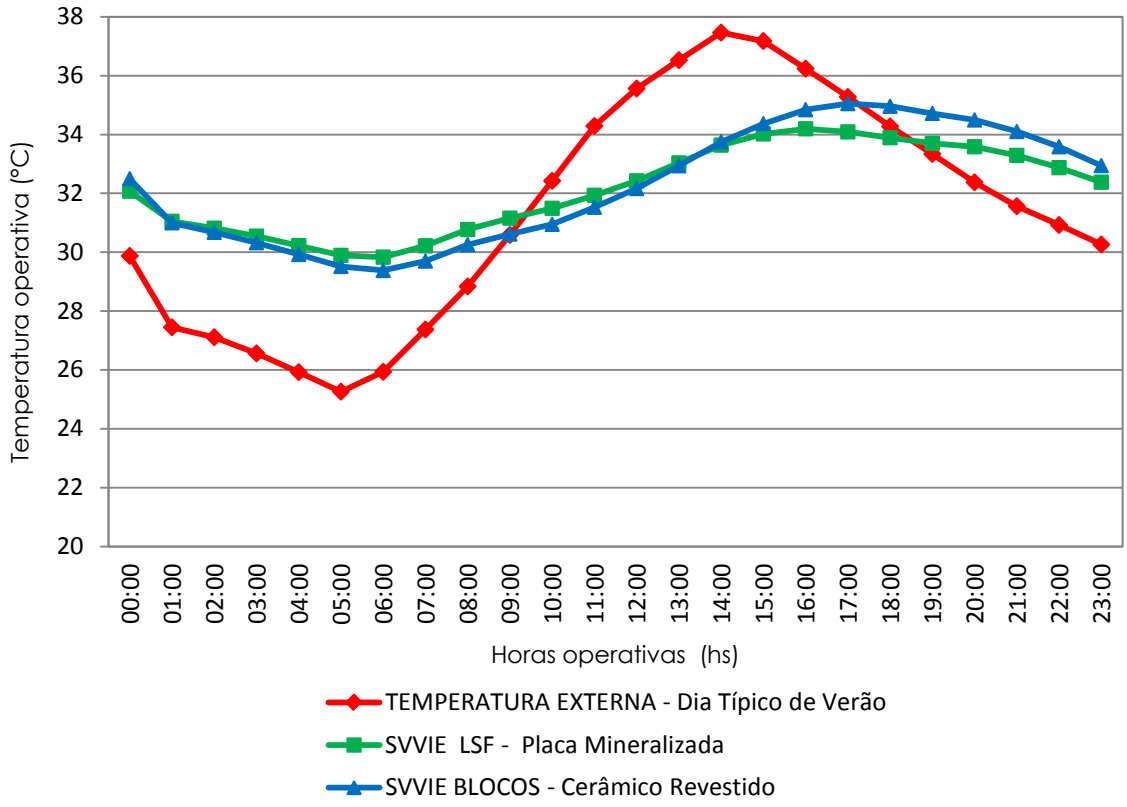
Fonte: Os autores

Na condição de ventilação seletiva, a HIS apresentou picos de temperatura do ar de 35,10ºC e 34,20ºC na tipologia em painel com bloco cerâmico revestido e com painel LSF, ocorrendo às 15h e 14h, indicando que há atraso térmico em relação ao pico da temperatura do ar externa de 3 e 2 horas, respectivamente.

No dia típico de verão, as reduções da temperatura do ar interna em relação à temperatura externa foram de 2,4°C e 3,3°C na HIS com bloco

cerâmico revestido e painel LSF, respectivamente, o que as classifica com nível de desempenho *Intermediário* (I) ($T_{i,máx}$- 2°≤ $T_{e,máx}$) para a condição em que os usuários abrem e fecham as portas e janelas de acordo com a temperatura do ar externo (Figura 6). Nota-se que as temperaturas do ar mínimas dos dormitórios se reduziram em relação a condição em que a edificação permanece com portas e janelas fechadas (<30°C), apresentando maiores amplitude térmica (em média 5,17°C).

Figura 6 – Curso diário da temperatura do ar externo e operativa no interior das edificações para o dia típico de verão (Ventilação Seletiva)



Fonte: Os autores

O computo dos graus-horas de resfriamento indicaram que anualmente a HIS com painel em bloco cerâmico e com painel LSF apresentam 43.667°Ch e 43.728°Ch de resfriamento na condição com uma renovação de ar por hora (1ren/h).

Na condição de ventilação seletiva a HIS com painel em bloco cerâmico e com painel LSF apresentam 27.486°Ch e 26.569°Ch de resfriamento, o que representa uma melhora no desempenho térmico de 3,5% em relação ao painel convencional, na condição de ventilação seletiva.

O comportamento nessa condição, tanto no dia típico quando no computo dos graus-horas, demonstra a importância da renovação do ar nos ambientes para a melhoria do desempenho térmico das edificações inseridas em regiões de clima tropical. A avaliação indica que a configuração proposta de painel composto por placa cimentícia/ mineralizada e gesso acartonado é uma alternativa viável tecnicamente na

fase de concepção e projeto da edificação, tornando-se possível a sua adequabilidade para a zona bioclimática 7.

5 CONCLUSÕES

O SVVIE proposto nesta pesquisa composto por placa cimentícia/ madeira mineralizada e gesso acartonado estruturado em LSF apresentou nível de desempenho térmico intermediário (I) segundo a NBR 15575, com melhor desempenho térmico em termos de graus-horas do que o painel com blocos cerâmicos revestidos interna e externamente (redução 3,5%), na condição de ventilação seletiva, viabilizando o uso desta composição como alternativa na configuração do sistema de vedação vertical tanto para HIS como para outras tipologias construtivas.
Demonstra-se assim a viabilidade da utilização de materiais alternativos para sistemas de vedação vertical, em relação aos tradicionais painéis de vedação compostos de blocos cerâmicos, vindo de encontro das atuais necessidades de proporcionar edificações que atendam os critérios o zoneamento bioclimático brasileiro, em especial a ZB7, que apresentam elevadas temperatura do ar durante todo o ano. Isso foi conseguido em virtude do sistema industrializado em LSF possibilitar a utilização das mais diversas composições na sua confecção, que quando adequadamente projetados, pode favorecer o desempenho térmico das edificações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFMT pela concessão das bolsas de Iniciação Científica e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso/Brasil (FAPEMAT) pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 15220-2:** Desempenho térmico de edificações: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. [Errata 1 09.06. 2008]

_____**. NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações. Parte 3. Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____**.NBR 15575-1:** Edificações habitacionais - Desempenho: parte 1- Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – desempenho: parte 4 - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ABDI. **Manual da Construção Industrializada**. Conceitos e Etapas: Estrutura e Vedação, Vol.1. Brasília-DF, 2015. Disponível em

http:/www.abdi.com.br/Documents/Manual_versao_digital.pdf . Acesso em: 18 fev. 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO- CBIC. **Desempenho de edificações habitacionais**: Guia orientativo para o atendimento à norma ABNT NBR ABNT 15575 (2013). Fortaleza, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA E QUALIDADE INDUSTRIAL. **PORTARIA N. 18**: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. RTQ-R. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

MÓDENA, L. **Construção industrializada: uma contribuição para habitações de interesse social**. Dissertação. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009.

RIOS, G. A. A. **Desempenho termoenergético de habitação de interesse social**. 2015. 147p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M.. **Steel framing: Arquitetura. Manual de Construção em Aço**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/Centro Brasileiro da Construção em aço, 2012.

SOUZA, H. A.; AMPARO, L. R.; GOMES, A. P. Influência da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico: um estudo de caso de um projeto residencial em light steel framing. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 113-128, out./dez. 2011.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SUBSTRATO NO DESEMPENHO DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA ASFÁLTICA[1]

MARANHÃO, Flávio (1); OLIVEIRA, Maressa (2); SANTOS, Thiago (3)

(1) USJT, e-mail: flavio.maranhao@gmail.com; (2) Idd / Vedacit, e-mail: maressa.oliveira@vedacit.com.br; (3) Vedacit, e-mail: thiago.santos@vedacit.com.br

RESUMO

Os sistemas de manta asfáltica são os mais utilizados na impermeabilização de lajes e estruturas sujeitas à deformações. Se tratando de produtos pré-fabricados, o desempenho está diretamente ligado à qualidade da aplicação. Preparo do substrato, cura adequada da camada de regularização e controle do consumo dos materiais utilizados são alguns dos fatores críticos de sucesso para uma eficiente impermeabilização com este sistema. Segundo a ABNT - NBR 9574 – Execução de impermeabilização (2008), para sistemas de impermeabilização que requeiram substrato seco para aplicação, deve-se aguardar no mínimo 7 dias de cura da camada de regularização para posterior aplicação, o que normalmente não ocorre nas obras. Diante disto, o objetivo deste estudo é avaliar a influência da umidade da camada de regularização no desempenho do sistema de impermeabilização com manta asfáltica, com relação à aderência e estanqueidade. O estudo faz parte de um Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação do curso de Tecnologia da Impermeabilização do Instituto IDD–SP. O método de pesquisa utilizado foi o de programa experimental, executado em laboratório, através de protótipos que simulam o sistema de impermeabilização (base, regularização, imprimação e manta asfáltica).Com os resultados obtidos, ficou comprovado a influência da umidade na aderência e consequentemente a longo prazo na estanqueidade do sistema de manta asfáltica. Desta maneira, torna-se imprescindível o período de cura adequado da camada de regularização para posterior aplicação da impermeabilização, evitando-se assim problemas de desempenho do sistema.

Palavras-chave: Impermeabilização. Manta asfáltica. Aderência.

ABSTRACT

The asphalt membrane systems are the most used in waterproofing slabs and structures subject to movement. The case of prefabricated products, the performance is directly linked to application quality. Substrate preparation, curing of leveling- layer and control of consumption are some of the critical success factors for effective waterproofing with this system. According to ABNT - NBR 9574 - Execution of waterproofing (2008), for waterproofing systems that require dry substrate for application, must wait at least 7 days of curing the leveling layer for subsequent application, which usually does not occur in the works. In view of this, the objective of this study is to demonstrate the influence of moisture of leveling- layer in performance waterproofing system with asphalt membrane, especially with to adhesion and sealing. The study is part of a monograph of the Course Technology Waterproofing of IDD Institute-SP. The research method was the experimental program in laboratory with prototypes that simulate the sealing system (base, leveling layer, primer and asphalt

[1] MARANHÃO, Flávio; OLIVEIRA, Maressa; SANTOS, Thiago. Influência da umidade do substrato no desempenho de sistema de impermeabilização com manta asfáltica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo.

membrane). With the results, it was proved the influence of moisture in the adherence and consequently in the tightness in the asphalt membrane system. Thus, it becomes essential to the proper curing period of adjustment layer for subsequent application of waterproofing, thus avoiding the performance problems and disorders among those involved.

***Keywords**: Waterproofing. Asphaltic membrane. Adherence*

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como foco principal verificar a influência da umidade da regularização no desempenho de sistemas de impermeabilização de mantas asfálticas, com relação à aderência e estanqueidade.

A manta asfáltica foi aplicada sobre a camada de regularização com idades de 1,2,3 e 7 dias respectivamente com primer asfáltico base água e base solvente. Como referência, também foi aplicada em placas saturadas (100% de umidade) e totalmente secas (0% de umidade). O desempenho do sistema foi verificado através de ensaios de estanqueidade, conforme ABNT – NBR 9574- Execução de impermeabilização, (2008) e aderência – adaptação da ABNT – NBR 13528 – Revestimentos de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação de resistência de aderência à tração (2010). A pesquisa restringe-se a sistema de manta asfáltica aplicada com maçarico.

O sistema de impermeabilização mais utilizado atualmente é o sistema de manta asfáltica. Com mais de 30 anos de credibilidade no mercado é o sistema que tem apresentado melhor relação custo x benefício, principalmente para lajes e estruturas com maior deformação. Entretanto, como todo o sistema, a aplicação exige cuidados e preparo adequado da superfície para eficiência do sistema.

Segundo Neto (2014), o preparo adequado do substrato equivale à 60% do sucesso da impermeabilização. A ABNT – NBR 9574 (2008), estabelece procedimentos como limpeza da superficie, recuperação de ninhos e falhas de concretagem e execução de regularização com caimento adequado em direção aos coletores. Estabelece ainda que para sistemas que requeiram substrato seco (como o caso do sistema de manta asfáltica), a regularização deve ter idade mínima de 7 dias. Muitas vezes, devido ao cronograma ou até mesmo redução de custo nas obras, os procedimentos de preparo de superficie bem como intervalo de secagem da regularização não são seguidos.

Mello (2005) afirma que a aplicação do sistema de manta asfáltica sobre substrato úmido compromete a aderência, pois gera bolhas que provocam deslocamento e ruptura da camada impermeável.

Desta forma, através de programa experimental desenvolvido em laboratório, a pesquisa tem objetivo de verificar a influência da umidade da regularização no desempenho do sistema de manta asfáltica, bem como o comportamento e influência do tipo de primer.

2 IMPERMEABILIZAÇÃO

Impermeabilização consiste no conjunto de operações e técnicas construtivas que pode ser constituído de uma ou mais camadas, a qual tem finalidade de proteger as edificações contra ação deletéria de fluidos, umidade ou vapores (ABNT – NBR 9575 – Impermeabilização, seleção e projeto, 2010). É fundamental para o aumento de durabilidade e vida útil das edificações, principalmente na proteção contra à passagem indesejável da água, fluidos e vapores**.** (STORTE, 2015).

Segundo a ABNT – NBR 9574 (2008), os sistemas de impermeabilização são classificados em dois tipos:

Sistemas rígidos: são conjuntos de materiais ou produtos que não apresentam características de flexibilidade e são compatíveis e aplicáveis às partes construtivas não sujeitas à deformação do elemento construtivo.

Sistemas flexíveis: são considerados conjuntos de materiais ou produtos, que por sua vez, apresentam características de flexibilidade e são compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à deformação do elemento construtivo.

No Quadro 1 são apresentados exemplos de sistemas rígidos e flexíveis, conforme a ABNT – NBR 9574

Quadro 1 – Sistemas rígidos e flexíveis de imerpeabilização

Sistemas	
Rígidos	Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo Argamassa modificada com polímero Argamassa polimérica Cimento cristalizante para pressão negativa Cimento modificado com polímero Membrana epoxidica
Flexíveis	Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero Membrana de asfalto modificado com adição de polímero Membrana de emulsão asfáltica Membrana de asfalto elastomérico em solução Membrana elastomérica de polisobutileno isopreno (I.I.R), em solução Membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno (S.B.S) Membrana elastomérica de estirenoe-butadieno-ruber (S.B.R) Membrana de poliuretano Membrana de poliuretano modificada com asfalto Membrana de polímero com cimento Membrana acrílica Mantas asfálticas Manta de policloreto de vinila (PVC) Manta de polietileno de alta densidade (PEAD) Manta elastomérica de etileno-dieno-monômero – EPDM Manta elastomérica de polisobutileno isopreno (IIR)

Fonte: ABNT – NBR 9574 (2008)

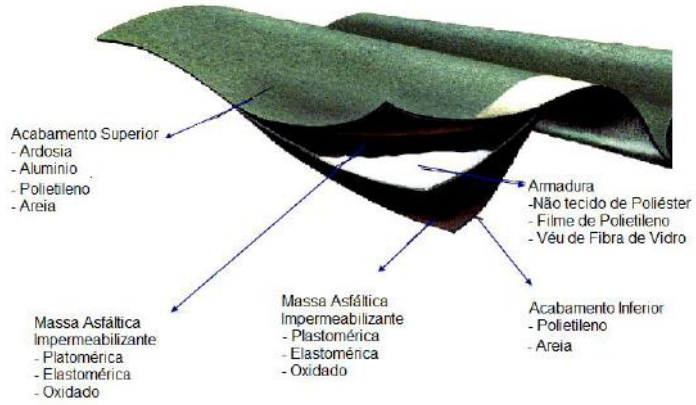
2.1 Mantas asfálticas

A manta asfáltica é o material mais utilizado para impermeabilização de lajes tendo variação em sua composição, espessura e estruturante (PEZZOLO, 2007). O material, por ser termoplástico, acompanha a deformação

estrutural e não perde suas propriedades mesmo sob elevadas solicitações o que o torna mais seguro na impermeabilização de áreas sujeitas à movimentação (CUNHA & NEUMAN,1979).

São compostas basicamente por massa asfáltica, estruturante ou armadura e acabamento superficial (superior e inferior), conforme apresentado na Figura 1:

Figura 1 – Composição da manta asfáltica



Fonte: Granato, 2013

O acabamento superior pode ser em ardósia, aluminio, polietileno ou areia, sendo que os acabamentos considerados autoprotegidos (ardósia e aluminio) dispensam a proteção mecânica. Já o acabamento inferior pode ser em polietileno, indicado para mantas que são aderidas com maçarico, ou areia indicados para mantas aderidas com asfalto quente. A massa asfáltica é produzida a partir do CAP (cimento asfáltico de petróleo) e pode receber ou não durante o processo de produção adição de polímeros elastoméricos ou plastoméricos.

De forma a estabelecer padrão e um melhor controle de qualidade das diversas mantas disponíveis no mercado, a ABNT - NBR 9952 – Manta asfáltica para impermealização (2014) estabelece parâmetros mínimos para as mantas asfálticas, conforme apresentado no Quadro 2:

Quadro 2 – Parâmetros para manta asfáltica

Ensaio			**Unidade**	**Tipo**			
				I	**II**	**III**	**IV**
1.Espessura (mínimo)			Mm	3	3	3	4
2. Resistência à tração e alongamento (longitudinal e transversal)	Tração (mínimo)		N	80	180	400	500
	Alongamento (mínimo)		%	2	2	30	35
3.Absorção d´água – Variação em massa (máximo)			%	1,5	1,5	1,5	1,5
4.Flexibilidade a baixa temperatura [a] [e]	Classe	A	°C	-10	-10	-10	-10
		B		-5	-5	-5	-5

		C		0	0	0	0
5.Resistência ao impacto [b] a 0 °C (mínimo)			J	2,45	2,45	4,90	4,90
6.Escorrimento (mínimo)			°C	95	95	95	95
7. Estabilidade dimensional (máximo)			%	1	1	1	1
8.Envelhecimento acelerado	Mantas asfálticas expostas [c]		Os corpos de prova, após ensaio, não podem apresentar bolhas, escorrimento, gretamento, separação dos constituintes, deslocamento ou delaminação.				
	Mantas asfálticas protegidas ou autoprotegidas [d]						
9. Flexibilidade após envelhecimento acelerado [e]	Classe	A	°C	0	0	0	0
		B		5	5	5	5
		C		10	10	10	10
10. Estanqueidade (mínimo)			Mca	5	10	15	20
11. Resistência ao rasgo (mínimo)			N	50	100	120	140

a. Em mantas asfálticas autoprotegidas, o ensaio de flexibilidade é feito dobrando-se a amostra de forma a manter a face autoprotegida em contato com o mandril e verificando-se a ocorrência de fissuras no lado da massa asfáltica.
b. Quando as mantas asfálticas forem aplicadas sobre o substrato rígido (por exemplo, concreto), utilizar a base de aço; quando forem aplicadas sobre substrato flexível (por exemplo, isolações térmicas deformáveis), utilizar a base de poliestireno ou a base em que efetivamente for aplicada a manta asfáltica.
c. Exposição do corpo de prova a 400h de intemperismo, ciclos de 4h de ultravioleta a 60 °C e 4h de condensação de água a 50 ° C.
d. Desconsiderar envelhecimento que possa ocorrer na camada antiaderente
e. Os ensaios de flexibilidade devem ser efetuados nas temperaturas estabelecidas na tabela.

Fonte: ABNT – NBR 9952 (2014)

Observa-se que a classificação de tipo I a tipo IV é feita de acordo com a resistência à tração e alongamento os quais estão relacionados diretamente com o tipo de estruturante. Já a classificação de tipo A, B ou C é feita de acordo com a flexibilidade à baixa temperatura da manta, relacionada diretamente com o tipo de massa asfáltica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Planejamento Experimental

Os sistemas aplicados bem como as siglas utilizadas para identificação das amostras são apresentados no Quadro 3:

Quadro 3 – Sistemas e identificação das amostras

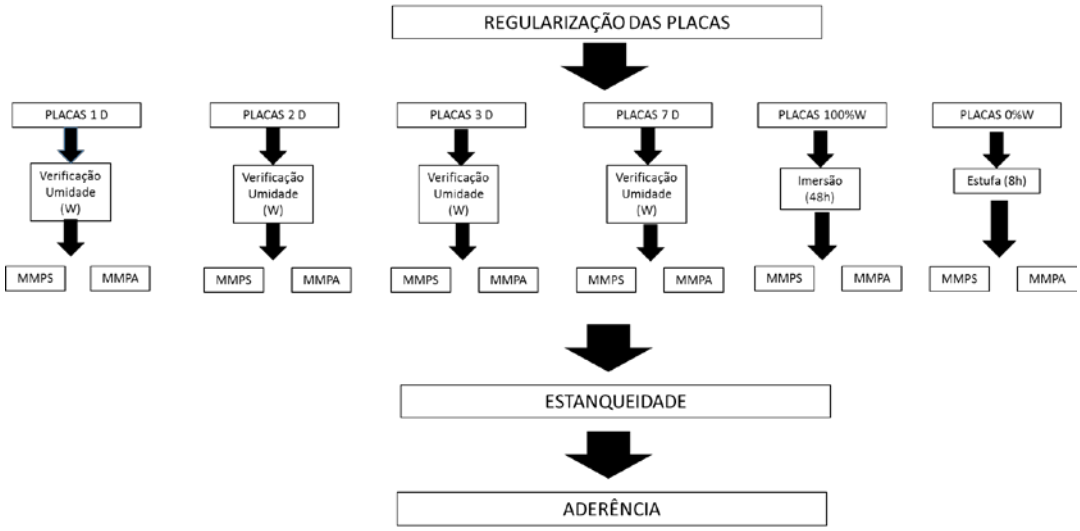
Placa	Sistema	Identificação
1 Dia	Manta asfáltica com primer solvente	**MMPS 1D**
	Manta asfáltica com primer água	**MMPA 1D**
2 Dias	Manta asfáltica com primer solvente	**MMPS 2D**
	Manta asfáltica com primer água	**MMPA 2D**
3 Dias	Manta asfáltica com primer solvente	**MMPS 3D**

	Manta asfáltica com primer água	**MMPA 3D**
7 Dias	Manta asfáltica com primer solvente	**MMPS 7D**
	Manta asfáltica com primer água	**MMPA 7D**
100% w	Manta asfáltica com primer solvente	**MMPS 100% w**
	Manta asfáltica com primer água	**MMPA 100% w**
0% w	Manta asfáltica com primer solvente	**MMPS 0% w**
	Manta asfáltica com primer água	**MMPA 0% w**

Fonte: Autores (2016)

Na Figura 2 é apresentado fluxograma do programa experimental

Figura 2: Fluxograma do programa experimental



Fonte: Autores (2016)

3.2 Materiais utilizados

Os materiais empregados para confecção dos protótipos são descritos a seguir.

Placas de substrato padrão: Placas com dimensões de 25cm x 50cm x 5cm confeccionadas pelo laboratório LA Falcão BAUER, conforme ABNT - NBR 14082 - Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução de substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaio (2004);

Regularização: Na regularização foi utilizado argamassa de consistência seca composta por cimento CPIII E 32 - VOTORAN, areia média e seca no traço 1:3 aditivada com adesivo polimérico BIANCO de fabricação VEDACIT;

Primer asfáltico base água: Emulsão asfáltica para uso como imprimação em sistemas de manta asfáltica de fabricação VIAPOL;

Primer asfáltico base solvente: Solução asfáltica para uso como imprimação em sistemas de manta asfáltica de fabricação VIAPOL

Manta asfáltica: Manta asfáltica estruturada com não-tecido de poliéster classificação tipo II, asfalto C e espessura de 4mm, conforme classificação ABNT – NBR 9952 (2014) apresentado no Quadro 2.

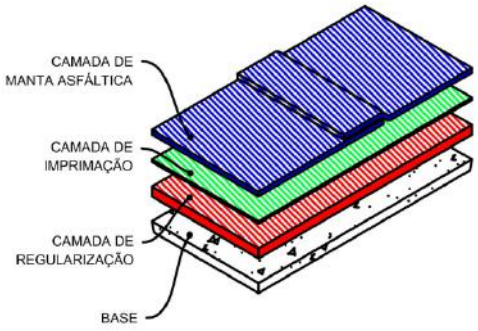
A pesquisa restringe-se a manta asfáltica aplicada com maçarico.

3.3 Programa experimental

Baseado nas recomendações da Norma de execução de impermeabilização – ABNT – NBR 9574 (2008) e no manual técnico do fabricante das amostradas utilizadas na pesquisa, são apresentados a seguir os procedimentos adotados para preparação das amostras e execução dos ensaios.

A pesquisa foi realizada em laboratório através de protótipos que simulam um sistema completo (base, regularização, primer e manta), conforme apresentado na figura 3:

Figura 3 – Protótipo utilizado



Fonte: Autores, 2016

O sistema foi aplicado sobre 24 placas de substrato padrão confeccionadas conforme a ABNT - NBR 14082 (2004) pelo Laboratório LA Falcão Bauer. Conforme prescrito na ABNT, NBR 9574 (2008) para aplicação do sistema foi feito regularização da superfície com argamassa de cimento e areia no traço em volume 1:3 sobre chapisco "vassourado" e aditivado com adesivo polimérico.

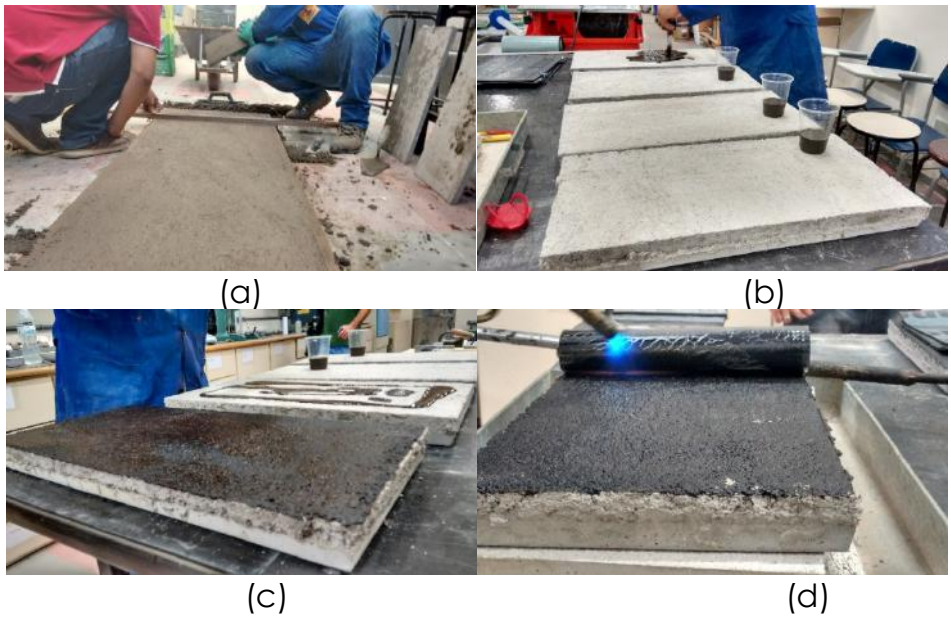
Para verificação da influência da umidade, o sistema de manta asfáltica foi aplicado em placas com idades da regularização de 1,2,3 e 7 dias. Como referência foi aplicado também em placas totalmente secas (0% de umidade) e totalmente saturadas (100% de umidade).

Após a regularização, as placas foram armazenadas em laboratório nas mesmas condições de temperatura ambiente e umidade relativa para aplicação dos sistemas de impermeabilização nas respectivas idades. O sistema foi aplicado conforme recomendação do fabricante, nas respectivas idades. A aplicação foi iniciada pelo primer, sendo aplicado com consumo de 0,400L/m², conforme manual técnico do fabricante, e

aguardando-se período de secagem mínima de 6 horas. Foram aplicados sistema com primer base água em 12 placas e sistema com base solvente nas 12 placas remanescentes.

Após secagem dos primers (período de 6 horas), a manta foi aplicada com maçarico tomando-se o cuidado de manter a chama adequada e verificando-se o encolhimento do filme de polietileno para aderência adequada no substrato. A figura 4 apresenta o processo de regularização das placas e aplicação dos sistemas de impermeabilização.

Figura 4: Regularização (a), aplicação de primer (b) (c) e aplicação da manta nas placas (d)



(a) (b)

(c) (d)

Fonte: Autores, 2016

Para aferição da umidade superficial, foi regularizada uma placa de substrato padrão com as mesmas características e curada nas mesmas condições das placas dos ensaios. Para cada idade, antes da aplicação do sistema, foi coletado uma amostra desta placa, pesada e colocada em estufa por quatro horas.

Figura 5: Placa para aferição de umidade



Fonte: Autores, 2016

Após este período foi feita novamente a pesagem para cálculo da umidade, conforme equação abaixo:

$$W= [(Psat – Psec) / Psec] * 100$$

Onde:

Psat = Peso da amostra com umidade (g)

Psec= Peso da amostra após secagem em estufa (g)

Finalizada a aplicação dos sistemas, as placas foram submetidas à teste de estanqueidade, com uma lâmina d´agua de 5cm, conforme recomendação da ABNT – NBR 9574 (2008), mas por um período de 20 dias. Para execução do teste de estanqueidade, foi feito uma borda com manta asfáltica em todo o perímetro das placas e vedadas as junções com asfalto quente, conforme apresentado na figura 6:

Figura 6: Preparo da placa (a), vedação das junções (b) e execução de teste de estanqueidade (c)



(a) (b) (c)

Fonte: Autores, 2016

Após o teste de estanqueidade, as amostras foram submetidas a teste de aderência adaptado da ABNT - NBR 13528 (2010). Foram executados cortes de 8 pontos por idade, resultando-se em 8 CPs/idade. Para execução do teste de aderência o filme de polietileno foi extinguido e o corte foi feito com auxílio de serra copo de bancada. Após os cortes, as pastilhas foram coladas com adesivo epóxi de alta viscosidade e aguardou-se o tempo de secagem do adesivo que foi de 24 horas para início do ensaio, conforme apresentado na figura 7:

Figura 7: Teste de aderência – Extinção do filme de polietileno (a); execução do corte (b) e colagem das pastilhas (c)

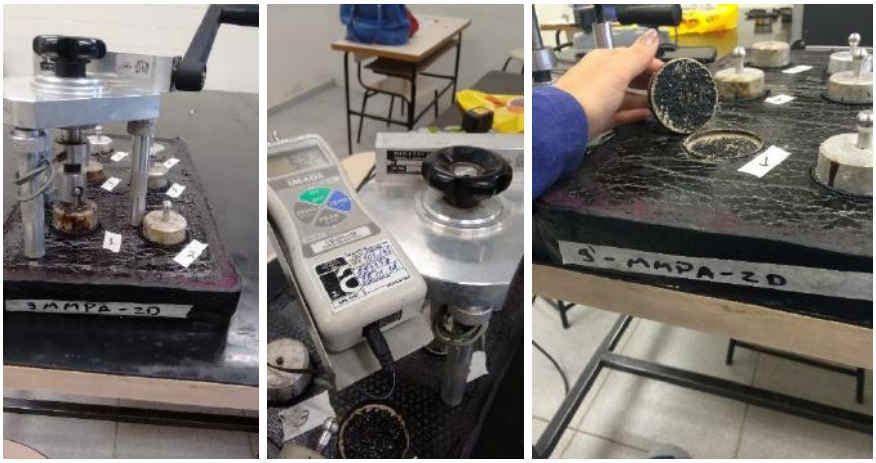


(a) (b) (c)

Fonte: Autores, 2016

Após secagem do adesivo, iniciou-se os testes de aderência com dinamômetro, conforme apresentado da figura 8:

Figura 8: Execução de teste de aderência



Fonte: Autores, 2016

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados dos testes de estanqueidade e aderência.

4.1 Estanqueidade

Após o teste de estanqueidade nenhuma das amostras apresentou vazamento, ou seja, 100% das amostras ensaiadas passaram no ensaio.

4.2 Aderência

4.2.1 Sistema de manta asfáltica com primer base solvente

A seguir apresenta-se os resultados obtidos nos testes de aderência dos

sistemas de manta asfáltica com primer base solvente:

Tabela 1 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 1 dia

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
1 DIA	1	553	0,196	60% primer / 40% Manta
	2	**797**	**0,282**	**Cola**
	3	405	0,143	60% manta / 40% primer
	4	449	0,159	60% manta e primer / 40% manta
	5	961	0,340	70% manta 30% manta e primer
	6	1009	0,357	70% manta 30% manta e primer
	7	625	0,221	80% primer / 20% manta
	8	1092	0,386	80% primer / 20% manta
Média		**727,71**	**0,257**	
DP			0,09349	
Umidade			**4,96%**	

Tabela 2 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 2 dias

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
2 DIAS	1	**832**	0,294	100% manta
	2	**887**	0,314	80% manta / 20% primer
	3	**845**	0,299	80% manta e 20% primer
	4	**655**	0,232	80% primer / 20% manta
	5	**454**	0,161	60% primer 40% manta
	6	**595**	0,210	70% primer / 30% manta
	7	**698**	0,247	50% manta / 30% manta e primer / 20% primer
	8	**722**	0,255	90% manta / 10% primer
Média		**711,00**	**0,251**	
DP			0,04786	
Umidade			**4,50%**	

Tabela 3 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 3 dias

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
3 DIAS	1	**698**	0,247	100% manta
	2	**609**	0,215	98% manta / 2% manta e primer
	3	**544**	0,192	70% manta e primer / 30% manta
	4	**240**	0,085	80% manta / 20% primer
	5	**949**	0,336	98% manta e primer / 2% manta
	6	**1032**	0,365	80% manta / 20% manta e primer
	7	**786**	0,278	85% manta e primer / 10% primer/5% manta
	8	**882**	0,312	75% manta / 25% primer
Média		**717,50**	**0,254**	
DP			0,08430	
Umidade			**3,90%**	

Tabela 4 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 7 dias

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
7 DIAS	1	**752**	0,266	80% manta e primer / 20% primer
	2	**784**	0,277	80% manta / 20% primer
	3	**758**	0,268	50% manta / 50% primer
	4	**885**	0,313	90% manta / 10% primer
	5	**786**	0,278	60% primer / 40% manta
	6	**695**	0,246	80% manta e primer / 20% primer
	7	**640**	0,226	70%manta e 30% primer
	8	**572**	0,202	80% primer / 20% manta
Média		**734,00**	**0,260**	
DP			0,03200	
Umidade			**3,15%**	

Tabela 5 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 0% W

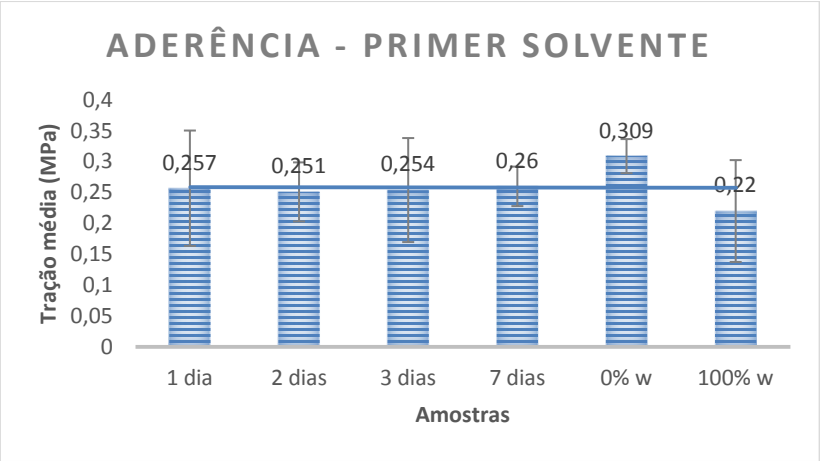
PRIMER SOLVENTE				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
0%W	1	**800**	0,283	90% manta / 5% promer / 5% primer e manta
	2	**1064**	0,376	50% manta / 30% primer / 20% manta e primer
	3	**811**	0,287	80% manta / 15% primer / 5% manta e primer
	4	**876**	0,310	80% manta / 15% primer / 5% manta e primer
	5	**893**	0,316	80% manta / 20% primer
	6	**862**	0,305	70% manta / 20% primer / 10% manta e primer
	7	**829**	0,293	80% manta / 20% primer
	8	**845**	0,299	100% manta
Média		**766,88**	**0,309**	
DP			0,02765	
Umidade			**0,00%**	

Tabela 6 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 100% W

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
100%W	1	**786**	0,278	100% manta
	2	**685**	0,242	60% manta / 40% primer e manta
	3	**968**	0,342	80% manta / 20% manta e primer
	4	**411**	0,145	98% manta / 2% manta e primer
	5	**261**	0,092	100% primer e manta
	6	**354**	0,125	60% manta / 40% manta e primer
	7	**701**	0,248	100% primer e manta
	8	**802**	0,284	90% primer e manta / 10% manta
Média		**520,75**	**0,220**	
DP			0,08256	
Umidade			**Aprox 100%**	

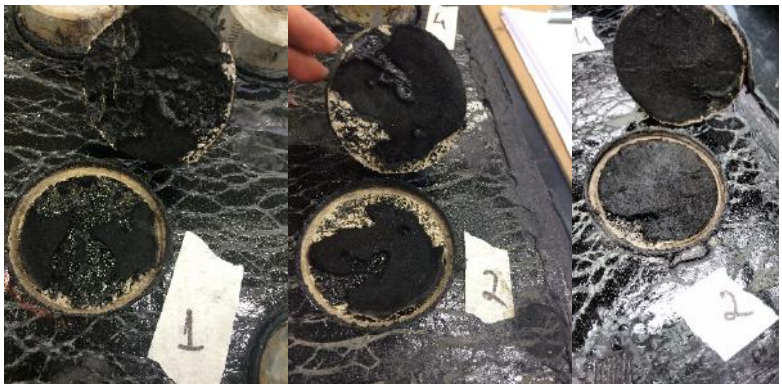
A seguir apresenta-se o gráfico 1 com as resistências médias de aderência obtidas no sistema de manta asfáltica com primer base solvente:

Gráfico 1 – Resistência média à tração obtida no sistema com primer solvente



É possível observar, através do gráfico 1 um acréscimo da resistência de aderência nas placas com menor umidade. No teste observou-se também a forma de ruptura do sistema com o primer solvente. Mesmo nas placas com maior umidade, a forma de ruptura predominante é na manta asfáltica, conforme apresentado nas figuras 9 e 10:

Figura 9: Forma de ruptura dos CPs das amostras de 1 (a) ,2 (b) e 3 dias (c)



(a) (b) (c)

Fonte: Autores, 2016

Figura 10: Forma de ruptura das amostras de 7 dias (a), 0%w (b) e 100%w (c)



(a) (b) (c)

Fonte: Autores, 2016

4.2.2 Sistema de manta asfáltica com primer base água

Abaixo apresenta-se os resultados obtidos nos testes de aderência do sistema de manta asfáltica com primer base água:

Tabela 7 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 1 dia

PRIMER ÁGUA				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
1 DIA	**1**	731	0,259	95% manta e primer / 5% primer
	2	829	0,293	98% manta e primer / 2% primer
	3	416	0,147	100% Manta e primer
	4	483	0,171	98% manta e primer / 2% primer
	5	505	0,179	100%manta e primer
	6	315	0,111	100%manta e primer
	7	600	0,212	98% manta e primer / 2% primer
	8	427	0,151	100% manta e primer
Média		**496,71**	**0,190**	
DP			0,05687	
Umidade			**4,96%**	

Tabela 8 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 2 dias

PRIMER ÁGUA				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
2 DIAS	**1**	**578**	0,204	90% manta e primer / 10% primer
	2	**435**	0,154	80% manta e primer / 20% primer
	3	**379**	0,134	80% manta e primer / 20% primer
	4	**377**	0,133	80% manta e primer / 20% primer
	5	**574**	0,203	100% manta e primer
	6	**456**	0,161	100% manta e primer
	7	**328**	0,116	100% manta e primer
	8	**306**	0,108	100% manta e primer
Média		**429,13**	**0,152**	
DP			0,03414	
Umidade			**4,50%**	

Tabela 9 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 3 dias

PRIMER ÁGUA				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
3 DIAS	**1**	580	0,205	98% manta e primer / 2% manta
	2	537	0,190	80% manta / 20% manta e primer
	3	784	0,277	85% manta e primer / 10% primer/5% manta
	4	815	0,288	75% manta / 25% primer
	5	750	0,265	70% manta e primer / 10% primer / 20%manta
	6	693	0,245	55% manta e primer / 45% manta
	7	781	0,276	55% manta / 45% manta e primer
	8	830	0,294	90% manta e primer / 10% manta
Média		**721,25**	**0,255**	
DP			0,03617	
Umidade			**3,90%**	

Tabela 10 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 7 dias

PRIMER ÁGUA				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
7 DIAS	**1**	788	0,279	70% primer / 30% manta e primer
	2	615	0,218	50% manta e primer / 50% primer
	3	859	0,304	90% manta e primer / 10% primer
	4	799	0,283	50% primer / 30% manta e primer / 20% manta
	5	650	0,230	100% manta e primer
	6	546	0,193	80% primer / 20% manta e primer
	7	587	0,208	60% manta / 40% manta e primer
	8	1006	0,356	80% primer/ 20% manta
Média		**731,25**	**0,259**	
DP			0,05229	
Umidade			**3,15%**	

Tabela 11– Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 0%w

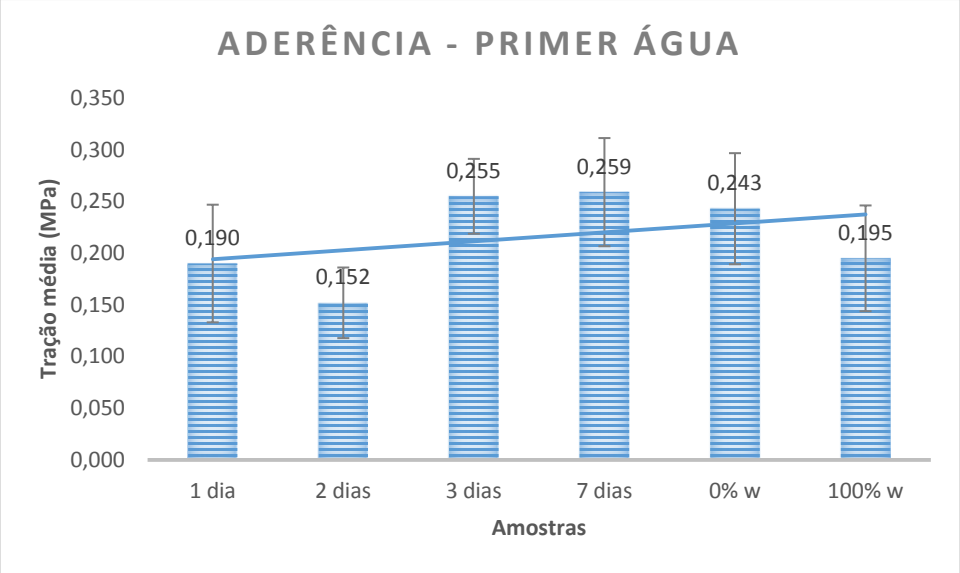
PRIMER ÁGUA				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
0%W	**1**	**610**	0,216	90% primer / 10% manta e primer
	2	**550**	0,195	85% manta e primer / 15% primer
	3	**685**	0,242	70% manta e primer / 30% primer
	4	**732**	0,259	70% primer / 30% manta e primer
	5	**935**	0,331	80% manta / 10% primer / 10% manta e primer
	6	**910**	0,322	90% manta e primer / 10% primer
	7	**545**	0,193	80% manta e primer / 10% primer / 10% MANTA
	8	**525**	0,186	90% manta e primer / 10% primer
Média		**620,88**	**0,243**	
DP			0,05369	
Umidade			**0,00%**	

Tabela 12 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 100%w

PRIMER ÁGUA				
Amostras	**Corpo de prova**	**Carga (kN)**	**Resistência de aderência à tração (MPa)**	**Forma de Ruptura**
100%W	**1**	**723**	0,256	100% primer e manta
	2	**618**	0,219	60% manta / 40% manta e primer
	3	**432**	0,153	100% primer e manta
	4	**293**	0,104	90% primer e manta / 10% manta
	5	**705**	0,249	100% primer e manta
	6	**682**	0,241	100% primer e manta
	7	**502**	0,178	100% primer e manta
	8	**455**	0,161	100% primer e manta
Média		**494,38**	**0,195**	
DP			0,05114	
Umidade			**Aprox 100%**	

A seguir apresenta-se o gráfico 2 com as resistências médias de aderência obtidas no sistema de manta asfáltica com primer base água:

Gráfico 2 – Resistência média à tração obtida no sistema com primer água



É possível observar, através do gráfico 2, que há um acréscimo de resistência em amostras com menor umidade, entretanto entre as idades de 3 e 7 dias não houve uma diferença significativa para o sistema com primer base água. Observou-se também a forma de ruptura do sistema com primer água. Diferentemente do sistema com primer solvente, o rompimento predominante é na interface manta/primer conforme apresentado nas figuras 11 e 12:

Figura 11: Forma de ruptura de CPs das amostras de 1 (a),2 (b) e 3 dias (c)



(a) (b) (c)

Fonte: Autores, 2016

Observa-se ainda que nas amostras com menor umidade, mesmo com pouca diferença na resistência, há alteração significativa na forma de ruptura como pode ser observado na figura 12 na ruptura das amostras de 7 dias e 0% W. Estas amostras já apresentam rompimento no primer e em menor proporção na manta.

Figura 12: Forma de ruptura das amostras de 7 dias (a), 0%w (b) e 100%w(c)



(a) (b) (c)

Fonte: Autores, 2016

4.2.3 Análise de variância (ANOVA)

A partir dos resultados de resistência à tração (aderência) dos corpos de prova foi feito tratamento estatístico para determinar a significância da umidade para os dois tipos de primers empregados na pesquisa, conforme apresentado a seguir.

Para ANOVA, considerou-se inicialmente como hipótese verdadeira que a umidade da superfície não influencia a aderência para os dois sistemas (primer base água e base solvente), considerando:

Fator controlável – umidade

Níveis do fator controlável: Umidade nas respectivas idades, conforme apresentado nos quadros 4 e 7

Variável de resposta: aderência

Repetições: 8 valores para cada nível

Quadro 4: Resistência à tração MPa (aderência) de sistema com primer base solvente

PRIMER SOLVENTE					
1D (4,96%w)	**2D (4,50%w)**	**3D (3,90%w)**	**7D (3,15%w)**	**100%w**	**0%w**
0,196	0,294	0,247	0,266	0,278	0,283
0,282	0,314	0,215	0,277	0,242	0,376
0,143	0,299	0,192	0,268	0,342	0,287
0,159	0,232	0,085	0,313	0,145	0,310
0,340	0,161	0,336	0,278	0,092	0,316
0,357	0,210	0,365	0,246	0,125	0,305
0,221	0,247	0,278	0,226	0,248	0,293
0,386	0,255	0,312	0,202	0,284	0,303

Quadro 5 : Média e variância para sistema com primer base solvente

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
1D(4,96%w)	8	2,083834	0,260479	0,008819
2D(4,50%w)	8	2,012027	0,251503	0,002619
3D(3,90%w)	8	2,030421	0,253803	0,008125
7D(3,15%w)	8	2,077114	0,259639	0,001171
100%W	8	1,75734	0,219667	0,007791
0%W	8	2,47294	0,309117	0,000865

Quadro 6 – Análise de variância para aderência do sistema com primer base solvente

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	0,033157	5	0,006631	1,353818	0,261047	2,437693
Dentro dos grupos	0,205727	42	0,004898			
Total	**0,238884**	**47**				

Com base na análise de variâcia das resistências obtidas com o primer base solvente, observa-se que a hipótese inicial é verdadeira, ou seja, para o sistema com base solvente a umidade não exerce influencia.

Quadro 7: Resistência à tração MPa (aderência) de sistema com primer base água

PRIMER ÁGUA					
1D (4,96%w)	**2D (4,50%w)**	**3D (3,90%w)**	**7D (3,15%w)**	**100%w**	**0%w**
0,260	0,200	0,300	0,280	0,260	0,210
0,290	0,150	0,190	0,200	0,220	0,170
0,150	0,130	0,100	0,300	0,150	0,240
0,170	0,130	0,340	0,280	0,100	0,220
0,180	0,200	0,280	0,210	0,250	0,330
0,110	0,160	0,250	0,140	0,240	0,290
0,210	0,120	0,280	0,210	0,180	0,190
0,150	0,110	0,290	0,360	0,160	0,170

Quadro 8 : Média e variância para sistema com primer base água

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
1D(4,96%w)	8	1,52	0,19	0,003629
2D(4,50%w)	8	1,2	0,15	0,0012
3D(3,90%w)	8	2,03	0,25375	0,005713
7D(3,15%w)	8	1,98	0,2475	0,004879
100%W	8	1,56	0,195	0,0032
0%W	8	1,82	0,2275	0,003279

Quadro 9 – Análise de variância para aderência do sistema com primer base água

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	0,062794	5	0,012559	3,441034	0,010738	2,437693
Dentro dos grupos	0,153288	42	0,00365			
Total	**0,216081**	**47**				

Com base na análise de variância para o sistema com primer base água , diferentemente do sistema com primer base solvente, a hipótese inicial é rejeitada (F > F crítico), ou seja a umidade da superficie influencia na aderência do sistema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos resultados obtidos, considera-se que o objetivo da pesquisa de verificar a influência da umidade no desempenho de sistema de manta asfáltica foi atingido e pôde-se observar que:

a) A umidade superficial, bem como o tipo de primer adotado não influenciou a curto prazo no quesito estanqueidade;
b) A umidade superficial exerce maior influência para sistemas de manta asfáltica com primer base água, conforme verificado através da Análise de variância dos dados e tipo de ruptura dos cps;
c) O primer base solvente apresentou melhor desempenho do que o primer água, tanto na tensão de resistência de aderência quanto na forma de ruptura – pôde-se observar em diversos pontos o rompimento predominante da manta e substrato.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos Ricardo, Thiago, Izaias e Leonardo que em todo o momento incentivaram e contribuíram de forma extraordinária para realização da pesquisa;

À Universidade São Judas por fornecer toda a estrutura necessária para execução do programa experimental;

Ao professor Dr. Flávio Maranhão pelas orientações e suporte durante desenvolvimento da pesquisa;

À Sra Heloisa e à Concremat que patrocinou todos os ensaios de caracterização das amostras;

Aos coordenadores do Instituto IDD/SP Ricardo e André pelo incentivo e orientações;

Ao Professor Engº José Eduardo Granato pelas orientações e pelas amostras cedidas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574 – Execução de Impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9952 – Manta asfáltica para impermeabilização.** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14082 - Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução de substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaio.** Rio de Janeiro, 2004.

CUNHA, A. G.; NEUMAN, W. **Manual de Impermeabilização e isolamento térmico como projetar e executar**. Texsa,1979.

GRANATO, J. E. **Tipos e Sistemas de Impermeabilização**. Notas de Aula (Pós-Graduação em Tecnologia da Impermeabilização) - Instituto IDD - São Paulo, 2013.

MELLO, L.S.L. **Impermeabilização – materiais, procedimentos e desempenho.** TCC (Graduação de Engenharia civil com ênfase Ambiental) Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo**,** 2005.

NETO, A.C.D. **Impermeabilização Flexível**. Construção Mercado – Negócios de Incorporação e Construção. São Paulo: PINI, 2004. Disponível em http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/156/falta-de-informacao-sobre-comportamento-e-desempenho-dos-materiais-alem-315974-1.aspx . Acesso em 14/02/2016 às 18:30h.

PEZZOLO, V. **Impermeabilização com manta asfáltica**. Disponível em **www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/127/artigo64518-1.asp.** Acesso em 09/02/2016 às 18h.

STORTE, M. **Apostila de Impermeabilização**. São Paulo: Notas de aula, 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

LAJES NERVURADAS COM BLOCOS DE EPS – UTILIZAÇÃO EM OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DA REGIÃO DO SERTÃO CENTRAL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE [1]

QUEIROZ NETO, Manoel Lindolfo (1); FLORÊNCIO, Francisco Djaylton Cunha (2); BARBOSA, Arthur Antunes Cabral Dantas (3); BARBOSA, Athos Alen Cabral Dantas (4); NÓBREGA, Marcilene Vieira de (5)

(1) UFERSA, e-mail: queirozneto91@gmail.com; (2) UFERSA, e-mail: djayltonrn@hotmail.com; (3) UFERSA, e-mail: arthur.antunes99@hotmail.com; (4) UFERSA, e-mail: athos.alen@hotmail.com; (5) UFERSA, e-mail: marcilenenobrega@ufersa.edu.br

RESUMO

O crescimento do mercado da construção civil no Brasil nos últimos anos demandou o desenvolvimento de materiais novos e um deles é o poliestireno expandido (EPS). O EPS trata-se de um material utilizado em diversas áreas da construção civil, principalmente como material de enchimento de lajes pré-moldadas. Logo, este trabalho objetiva realizar um estudo sobre a utilização do EPS como material de enchimento em lajes pré-moldadas em obras da região central do RN. Para tal, foram aplicados formulários, acompanhados de registros fotográficos em 10 obras nas cidades de Angicos/RN, Lajes/RN e Assú/RN. Realizou-se também testes de resistência à compressão e de tração na flexão em amostras de blocos coletadas nas obras visitadas. Observou que cerca de 22% das obras visitadas utilizam EPS como material de enchimento, indicando assim pouco conhecimento da tecnlogia que envolve tal material. Neste último tipo de teste o bloco rompeu-se com uma carga de 51,33 Kgf e apresentou uma flecha de cerca de 12 cm, indicando boa resistência antes de seu rompimento.

Palavras-chave: Construção civil. Poliestireno expandido (EPS). Laje nervurada.

ABSTRACT

The growth of the construction market in Brazil in recent years required the development of new materials and one of them is expanded polystyrene (EPS). The EPS it is a material used in many areas of construction, especially as filler for precast slabs. Therefore, this study aims to conduct a study on the use of EPS as filler in precast slabs in works of the central region of the RN. For such forms were applied, accompanied by photographic records in 10 works in the cities of Angicos / RN, Lajes / RN and Assú / RN. It held also compressive strength testing and traction in flexion in blocks of samples collected in the visited works. He noted that about 22% of the visited works using EPS as filler, thereby indicating little knowledge of tecnlogia involving such material. In the latter type of test block was broken with a 51.33 kgf load and showed an arrow about 12 cm, indicating good strength before its breakage.

***Keywords**: Construction. Expanded polystyrene (EPS). Slab ribbed.*

[1] QUEIROZ NETO, Manoel Lindolfo et al.. Lajes nervuradas com blocos de EPS – utilização em obras da construção civil da região do sertão central no estado do Rio Grande do Norte. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O ramo da construção civil está cada vez mais exigente e amplo, certa exigência por estruturas com formas mais esbeltas e com vãos maiores. Diante disso, a tecnologia vem se superando continuadamente, através do qual são descobertos novos materiais, combinações e utilidades. Dessa forma, surgiu a laje nervurada como mais um meio de atender a essa demanda do mercado no que diz respeito a estruturas de concreto armado mais leves (SILVA, 2010).

As lajes são elementos estruturas bidimensionais planas com as seguintes funções básicas: receber as cargas aplicadas no piso e transmiti-las para as vigas; das vigas para os pilares e consequentemente essas cargas irão para a fundação e serão distribuídas ao solo (LOPES, 2012).

Este tipo de elemento construtivo é usado como piso e forro de pavimento, onde é dimensionado de acordo com a sua utilidade. Dentre os tipos de lajes tem-se a laje nervurada (NOGUEIRA; CASTRO, 2010).

A laje nervurada é formada por três elementos: nervura, material de enchimento e mesa de concreto. Permite vencer grandes vãos, pois entre as nervuras acontece a substituição do concreto por blocos (lajotas), que são mais leves e econômicos. Essa substituição não afeta sua estrutura (SILVA, 2010).

Uma das alternativas atuais na construção de lajes nervuradas é a substituição dos blocos cerâmicos por diferentes tipos de materiais, sendo os mais usuais o poliestireno expandido (EPS), a garrafa de polietileno tereftalato (PET) e as fôrmas plásticas vazadas (SILVÉRIO 2009).

O poliestireno expandido (EPS), mais conhecido como isopor, passou a ser utilizado na década de 1990. Com relação ao Brasil, 45% de EPS usado é utilizado na construção civil, 42% nas embalagens industriais e 13% em artigos de consumo (TESSARI, 2006).

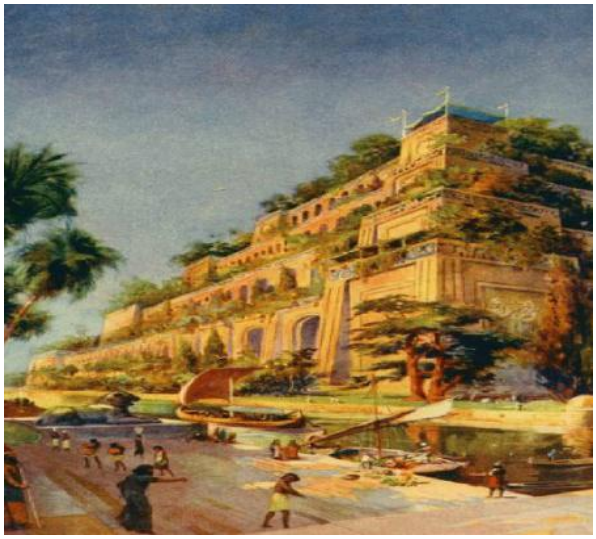
A laje nervurada com o bloco de EPS bastante utilizada atualmente e é empregada em cerca de 85% das obras no Brasil. Toda essa utilização é pelo fato desse tipo do bloco possuir diversas vantagens em relação aos outros materiais de enchimento. Quando comparado com o bloco cerâmico, observa-se que o EPS se destaca em vários aspectos, como: baixa absorção de água; menor peso especifico; redução na mão de obra; bom isolamento térmico e acústico (SILVA, 2002).

Desta forma esse trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre a utilização de lajes nervuradas com blocos de EPS no Sertão Central do Rio Grande do Norte, especificamente nas cidades de Angicos, Lajes e Assú.

2 DISCUSSÃO TEÓRICA

A laje é considerada um elemento estrutural existente há bastante tempo. Há registros que datam de 605 A.C a 562 A.C. Esses mesmos registros relatam o uso desse elemento estrutural nos Jardins Suspensos da Babilônia (Figura 1) (SILVÉRIO, 2009). Ainda de acordo com o mesmo autor, pode-se citar também um registro mais antigo que data de 2575 a.C a 2134 a.C da pirâmide Quéfren no Egito (Figura 2).

Figura 1- Nubuco e os Jardins Suspensos da Babilônia



Fonte: Silva (2016)

Figura 2- Pirâmide Quéfren no Egito



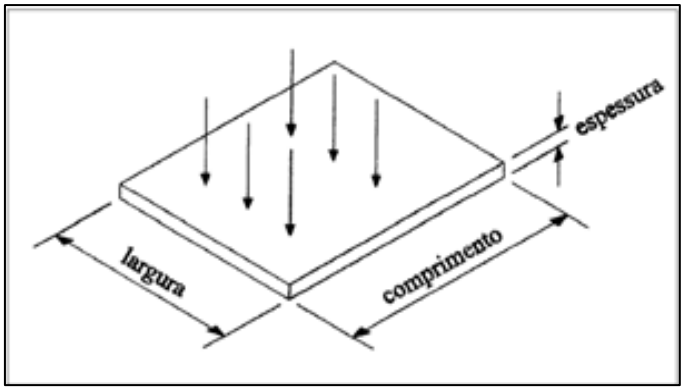
Fonte: Silva (2016)

Com o passar do tempo e o avanço das tecnologias, as pesquisas foram se desenvolvendo na tentativa de descobrir novos materiais que viessem melhorar as relações entre os existentes. A partir disso, no século XIX foram descobertos o cimento Portland e o concreto armado. Este último originou-se da ideia de associar arames com cimento para confeccionar jarros. A partir disso, as estruturas das lajes passaram a ser de concreto armado e assim surgiram as lajes que utilizamos atualmente (BOROWSKI, 2005).

Segundo a NBR 6118 (2014), lajes são "elementos de superfície plana sujeitos principalmente a ações normais a seu plano. As placas de concreto são

usualmente denominadas lajes". Para se dimensionar e determinar as cargas em uma laje deve-se recorrer às normas brasileiras: NBR 6118 (2014), NBR 8681/ 2003 e NBR 6120/ 1980. Na Figura 3 pode-se verificar detalhes para as três dimensões que compõem o elemento estrutural laje.

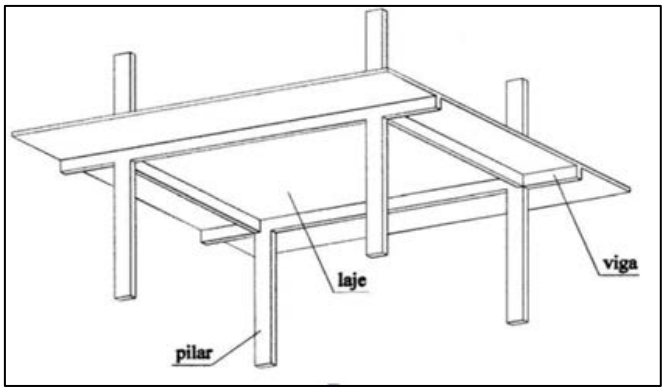
Figura 3- Principais dimensões que compõem uma laje



Fonte: Smiriglio (2005)

As lajes possuem, de acordo com Lopes (2012), as seguintes funções básicas: receber as cargas aplicadas no piso e transmiti-las para as vigas; das vigas para os pilares e consequentemente essas cargas irão para a fundação e serão distribuídas ao solo. Na Figura 4 verificam-se os elementos descritos acima:

Figura 4- Sistema de transmissão das cargas em lajes



Fonte: Smiriglio (2005)

Dentre os mais variados tipos de lajes, tem-se a laje pré-moldada nervurada onde, segundo a NBR 6118 (2014), "possui zona de tração para momentos positivos, denominadas de nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte (material de enchimento)".

Os materiais de enchimentos são utilizados em lajes nervuradas moldadas no local e em lajes nervuradas com nervuras pré-moldadas. Esses materiais são colocados na parte inerte da laje (SILVA, 2010).

A função principal do material de enchimento é substituir o concreto abaixo da linha neutra, na região tracionada. Deve ser o mais leve possível,

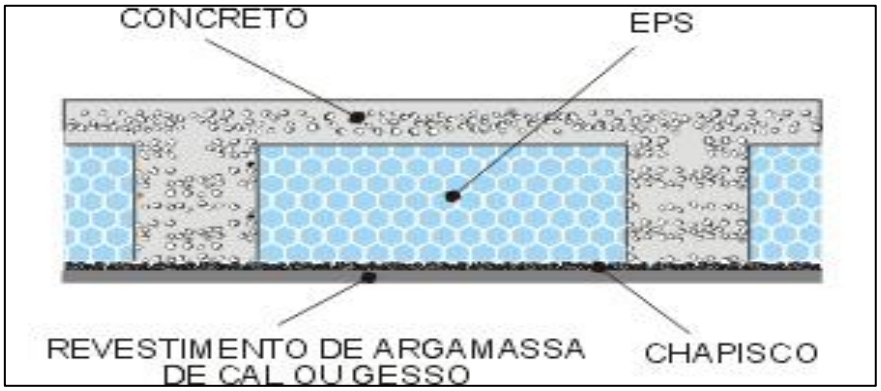
necessitando suportar apenas as operações de execução, pois não tem função estrutural, sendo a resistência à tração transferida para as nervuras. Devido a essas características os materiais de enchimentos tem grande colaboração no fato da laje nervurada ser mais leve.

Há vários tipos de materiais que podem ser utilizados como material de enchimento. São eles: bloco cerâmico, bloco de concreto celular autoclavado (CCA), bloco de poliestireno expandido (EPS) (LOPES, 2012).

Durante muito tempo, o material mais utilizado era o bloco cerâmico, porém, atualmente, vem sendo substituído principalmente pelo bloco de poliestireno expandido-EPS, devido ser mais leve, ter uma maior facilidade de montagem, dentre outras vantagens.

O poliestireno expandido (EPS) pertence ao grupo dos polímeros termoplásticos. Estes têm boas características como a sua dureza, baixo custo e sua facilidade de processamento e beneficiamento (FERNANDES, 2009). O detalhamento de uso do EPS pode ser visto na Figura 5.

Figura 5- Detalhamento de uma laje nervurada com o EPS como material de enchimento



Fonte: Abrapex (2016)

O bloco de EPS tem várias vantagens em relação ao bloco cerâmico, como (SILVA, 2002): possui baixo peso específico (10 a 25 kg/m³), tornando-o mais leve e facilitando o manuseio; custo acessível; não absorve água; excelente isolante térmico e acústico; não entra em processo de decomposição; é um material ecológico e possui uma resistência de compressão de 1000 a 2000 kg/m².

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Tipos de pesquisa

Esse trabalho foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa realizou-se uma pesquisa qualitativa na qual foram aplicados formulários (ANEXO) em 10 obras da região central compreendendo as seguintes cidades: Angicos/RN, Lajes/RN e Assú/RN. Estes formulários permitiram caracterizar estas obras do quanto a aplicação do bloco de EPS em lajes nervuradas. A

segunda etapa do trabalho tem aspecto quantitativo, onde foram medidas propriedades mecânicas de resistência à compressão e de tração na flexão dos blocos de EPS. Realizaram-se tais ensaios para que fosse verificado o desempenho do material de enchimento juntamente com a laje. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Civil da UFRN.

Para o ensaio de compressão foram usados 3 (três) protótipos dos blocos de EPS, que são mais utilizados nas obras visitadas. O bloco em escala real possuía 1m de comprimento, 0,40 m de largura e 0,08m de espessura.

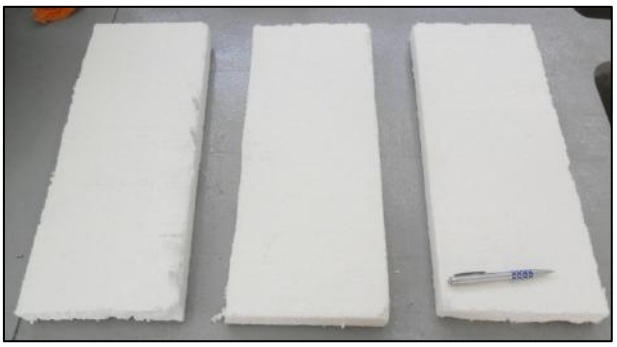
Devido a necessidade e adaptação das dimensões dos blocos à máquina de ensaio do modelo WPM (Figura 6), foram confeccionados protótipos na mesma escala dos blocos de EPS originais, ficando assim com 0,5m de comprimento, 0,2m de largura e 0,04m de espessura (Figura 7).

Figura 6- Bases de compressão e o relógio de medição de força da maquina de compressão



Fonte: Os autores

Figura 7- Protótipos do bloco de EPS



Fonte: Os autores

No ensaio de tração na flexão, também foram utilizados 3 (três) protótipos dos blocos de EPS, com as mesmas dimensões dos usados no ensaio de compressão (Figura 7), devido as dimensões da máquina universal para ensaios (tração, flexão e compressão) fabricada na Suíça, da marca AMSLER (Figura 8).

Figura 8- Maquina universal de ensaios (tração, compressão e flexão)



Fonte: Os autores

3.2 Ensaio de resistência à compressão

Para realização do ensaio de resistência à compressão tomou-se como base a NBR 15270-3/2005 (blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação- métodos de ensaio), devido não existir uma norma específica para ensaio de compressão em blocos de EPS.

3.3 Ensaio de resistência à tração na flexão

Para realização do ensaio de resistência à tração na flexão tomou-se como base a NBR 12142/1991 (Concreto- determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos) devido não existir uma norma específica para ensaio de flexão na tração em blocos de EPS.

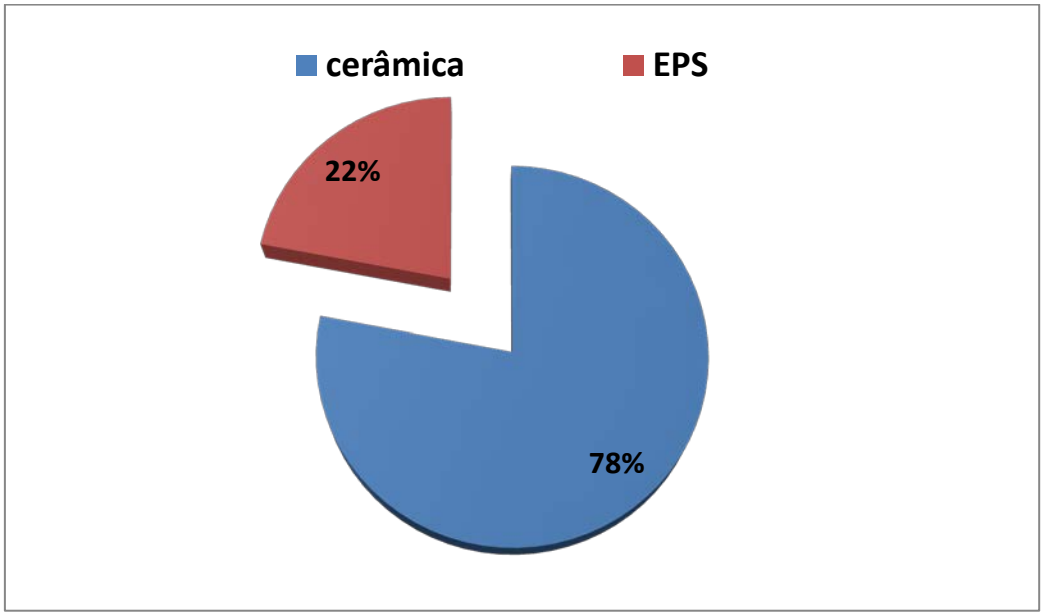
4 RESULTADOS

4.1 Tipo de laje e material de enchimento utilizados nas obras

Observou-se que em 100% das obras visitadas se utilizam laje nervurada. Esse dado indica que a preferência por esse tipo de laje pode estar relacionada com as inúmeras vantagens em relação às outras (maciça). As vantagens mais citadas pelos responsáveis das obras foram: vencer maiores vãos, maior economia, maior rapidez, menor peso próprio.

Com os dados obtidos observou-se que em 78% das obras se utilizam como material de enchimento o bloco cerâmico e em 22% o bloco de EPS. No Gráfico 1 observam-se a distribuição percentual do material de enchimento utilizado nas lajes nervuradas.

Gráfico 1- Distribuição percentual do material de enchimento utilizado nas lajes nervuradas



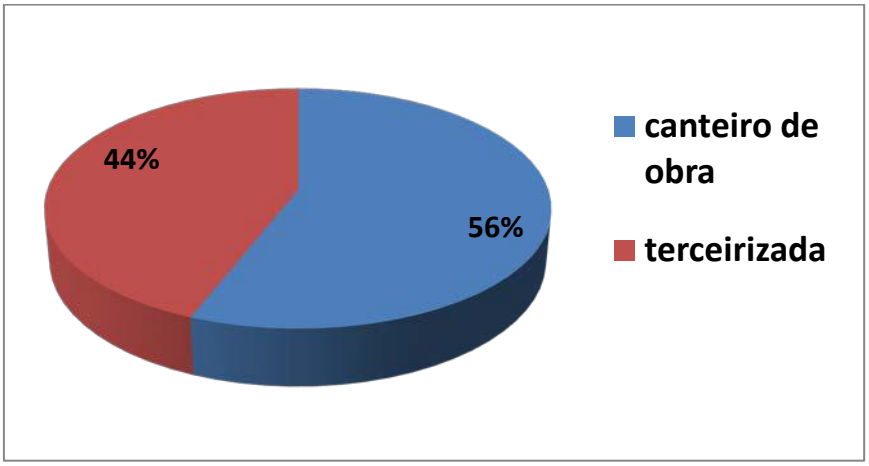
Fonte: Os autores

Esse dado indica que o bloco cerâmico ainda é a primeira opção para a região quando se vai executar esse tipo de laje. Quando os colaboradores foram questionados em relação ao porquê da escolha desse tipo de bloco, os mesmos colocaram que o bloco cerâmico é o mais tradicional; levantaram também a questão das obras estarem próximas de um polo ceramista; é um bloco que tem um custo menor se comparado ao EPS e por questões de projeto. No entanto o que mais chamou atenção foi que em várias obras, os entrevistados relataram que o bloco de EPS (isopor) não suportaria os carregamentos, ele chegaria à ruptura. Então, um aspecto considerado foi a falta de conhecimento por parte de alguns colaboradores desse tipo de tecnologia.

4.2 Processo de obtenção das nervuras

Em 56% das obras visitadas, as nervuras eram confeccionadas no canteiro de obras e em 44% eles terceirizavam tal serviço. No Gráfico 2, pode-se observar a distribuição percentual da forma como são obtidas as nervuras.

Gráfico 2- Distribuição percentual da forma de obtenção das nervuras dos canteiros de obra visitadas



Fonte: Os autores

Conclui-se que as obras na região, utilizam as duas formas para obtenção das nervuras. Quando executadas no próprio canteiro de obras, geralmente o traço de concreto é de 1:1:1 (cimento: areia: brita zero) ou 1:1,5:1 (cimento: areia: brita zero) e os testes de resistência à compressão e de tração na flexão não são feitos, conforme informações obtidas com a aplicação do formulário.

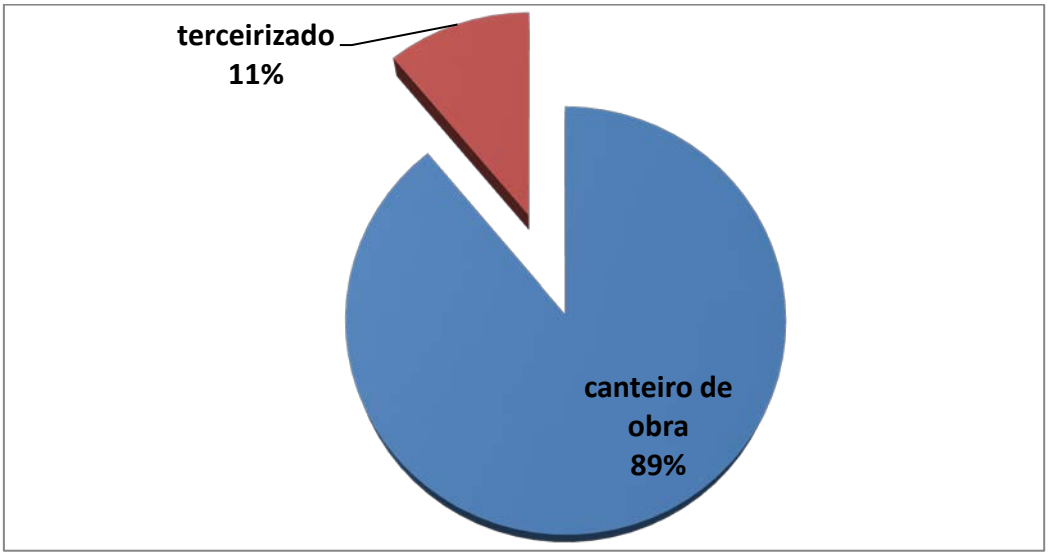
Em relação as nervuras que são terceirizadas, os entrevistados, não souberam informar qual o traço de concreto para a confecção das mesmas e nem a resistência à compressão e à tração na flexão. A realização e controle destes testes são importantes para que se tenha o controle tecnológico dos materiais que são utilizados nas obras.

4.3 Processo de obtenção do concreto utilizado na confecção da mesa de concreto da laje (capa de concreto)

Em 89% das obras visitadas, o concreto utilizado para fazer a mesa da laje é obtido no próprio canteiro de obra e 11% é terceirizado. No Gráfico 3 pode-se verificar essas duas formas de obtenção.

Pode-se atribuir essa diferença considerável ao fato de na Região Central não haver nenhuma concreteira. O concreto que é executado no canteiro de obra tem como traços mais utilizados os de: 1: 2: 2: (cimento: areia: brita) e 1:2:3 (cimento: areia: brita). Já o concreto terceirizado tem o traço de 1:2: 2: (cimento: areia: brita).

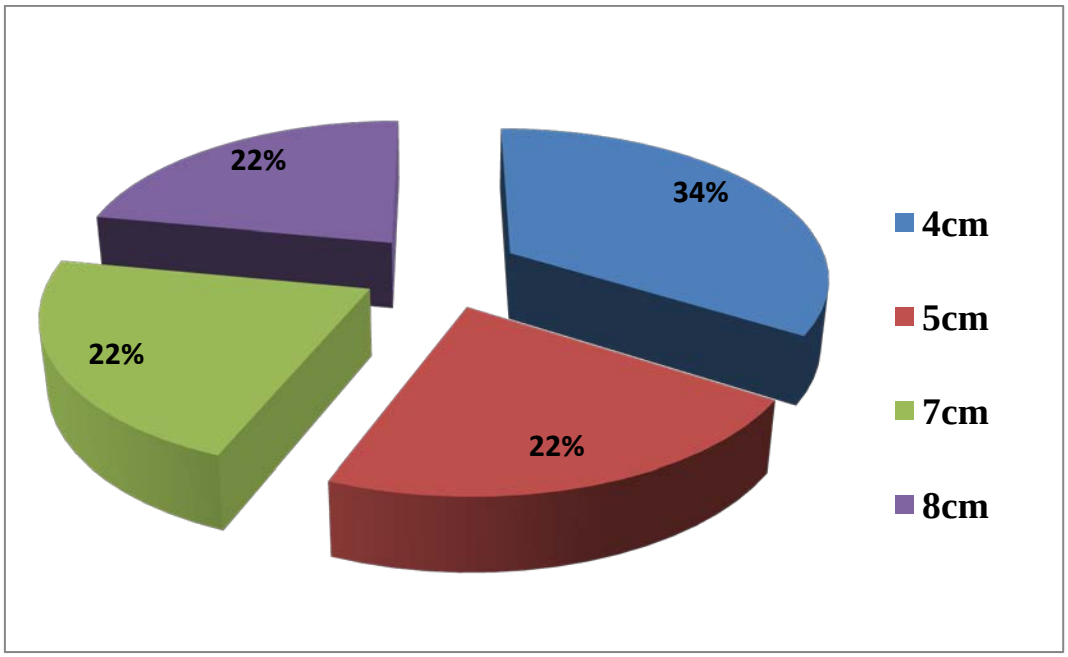
Gráfico 3- Obtenção do concreto da mesa da laje



Fonte: Os autores

Em 34% das obras visitadas a mesa de concreto apresentava espessura de 4 cm, 22% com 5cm, 22% com 7cm e 22% com 8cm de espessura. No Gráfico 4 são observados esses percentuais.

Gráfico 4- Espessura da mesa de concreto da laje



Fonte: Os autores

As espessuras escolhidas estão praticamente na mesma proporção, fato esse que ocorre devido a espessura da laje nervurada, assim como todo o processo ser normatizado, ou seja, existe por norma uma margem de

espessura que deve ser adotada na confecção da mesa de concreto. Onde observou-se que as maiores espessuras foram utilizadas em lajes que irão suportar maiores carregamentos (compressão).

4.4 Ensaio de resistência à compressão

Na Tabela 1 são apresentados os dados obtidos no ensaio de resistência à compressão para o material de enchimento.

Tabela 1- Resultados do teste de resistência à compressão

Amostra	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Carga (kgf)	Área (cm)	Resistência à compressão (MPa)
A	20	50	7900	1000	0,79
B	20	50	8600	1000	0,86
C	20	50	8600	1000	0,86
Média	20	50	8366,67	1000	0,83

Fonte: Os autores

Na realização do ensaio nenhum dos 3 (três) protótipos chegou a romper. Esse fato pode ter ocorrido devido o material possuir uma alta deformação. O protótipo foi colocado na máquina com uma espessura de 0,04 m (Figura 9, item A). À medida que a força aplicada aumentava, sua espessura reduzia. Essa redução permitiu que o ensaio parasse, pois os pratos da prensa chegaram a uma posição bem próximas um do outro e com isso o protótipo chegou a 0,005m de espessura (Figura 9, ítem B). Depois que a força foi cessada o protótipo retornou a sua espessura, chegando a ficar com 0,03m, ou seja, quase conseguiu voltar ao estado inicial. Esse fato ocorreu devido o EPS ser um material formado por ar, onde na medida em que a força era aplicada o EPS liberava ar e assim se deformava. Logo após que a força foi cessada o EPS se enche de ar e assim ganha volume novamente (Figura 9, item C).

Figura 9- Processo de realização do teste de resistência à compressão



Fonte: Os autores

De acordo com os dados obtidos e as observações encontradas, chegou-se a conclusão, de que o bloco de EPS (0,5m de comprimento; 0,2m de largura e 0,04m de espessura), possui uma resistência a compressão de 0,83 Mpa, e a máxima força foi de 8366,67 kgf. Outro fator importante observado é que devido a essas características pode-se indicar que esse material de enchimento pode atribuir certa capacidade de absorção de impacto quando inserido na laje.

4.3 Ensaio de resistência à tração na flexão

Na Tabela 2 são apresentados os dados obtidos no ensaio de resistência à tração na flexão.

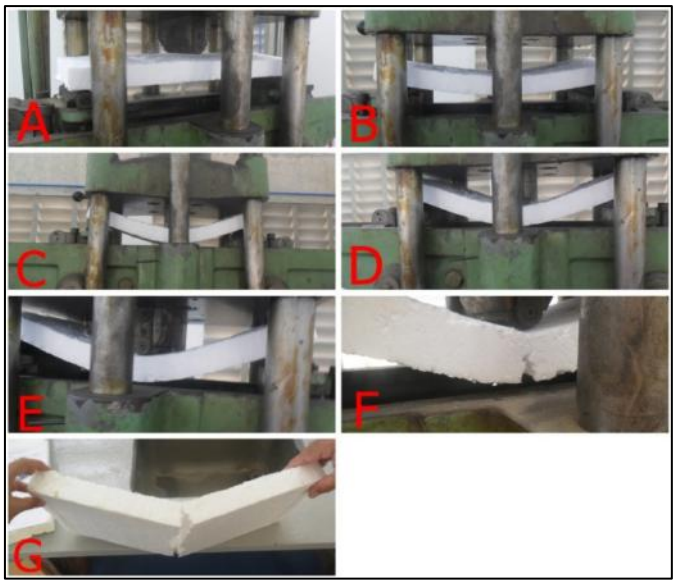
Tabela 2: Resultados do teste de resistência à tração na flexão

Amostra	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Dist. dos cutelos (cm)	Carga (kgf)	Área (cm)	Resistência (MPa)
1	20	50	45	59	1000	0,83
2	20	50	45	54	1000	0,76
3	20	50	45	41	1000	0,58
Média	20	50	45	51,33	1000	0,72

Fonte: Os autores

Na realização do ensaio, os 3 (três) protótipos romperam, porém isso aconteceu depois dos mesmos atingirem uma grande deformação, uma flecha de aproximadamente 12 cm. Pode-se atribuir esse fato a questão do EPS ser deformável. Na medida em que a força aplicada no centro era aumentada, o material se deformava cada vez mais, chegando a atingir o valor da flecha citada acima. Observa-se todo o processo através da Figura 10.

Figura 10- processo de ensaio de tração na flexão com o EPS.



Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

Diante do exposto e das condições de realização do trabalho são feitas as seguintes considerações finais:

- O material de enchimento mais utilizado é o bloco cerâmico, 78% das obras, o EPS vem logo em seguida com 22%.

- No teste de resistência a compressão concluiu-se que devido o EPS ser um material deformável, o seu bloco não rompeu;

- No teste de tração na flexão o bloco rompeu-se com uma força de 51,33 kgf, atingindo uma flexa de 12 cm;

- Na execução das lajes que utilizaram os blocos de EPS como material de enchimento, foi verificado que ocorreram alguns problemas, como: desprendimento dos blocos devido a força do vento e quebra de alguns deles, quando foi preciso a locomoção sobre a laje.

- Os requisitos mínimos para utilização do bloco de EPS nas lajes é que os mesmos sejam presos por arames para evitar o desprendimento devido a força do vento. Além de utilizar aditivo à base acrílica (PVC) na face inferior do bloco para melhorar a aderência entre o bloco e o revestimento inferior.

- Devido ser um material novo, não foi encontrado valores na literatura referentes a resistência à compressão e nem a tração na flexão para blocos de EPS.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX. **Enchimento de lajes e formas de concreto.** Disponível em:<http://www.abrapex.com.br/31z02Enchim.html> Acesso em: 12 Out 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estrutura de concreto-procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.

_____. **NBR 12142**: Concreto- Determinação da Resistência à Tração na Flexão em corpos de prova Prismáticos. Rio de Janeiro, 1991. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-3**: CITAÇOES EM DOCUMENTO. Rio de Janeiro, 2005. 27 p.

BOROWSKI, Gustavo da Costa. **Cálculo de deslocamentos em lajes nervuradas.** 2005. 29 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

FERNANDES JÚNIOR, Paulo Ivan. **Caracterização fenotípica e produção de biopolímeros por bactérias isoladas de nódulos de guandu.** 2009. 166 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

LOPES, André Felipe de Oliveira. **Estudo técnico comparativo entre lajes maciças e nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimento.** 2012. 102 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990. 168 p. (Série Legislação Brasileira).

NOGUEIRA, Dorival Jorge Lacerda; CASTRO, Fábio dos Santos. **Sistemas estruturais de lajes:** parâmetros de escolhas da solução estrutural de lajes. 2012. 132 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade da Amazônia, Belém, 2012.

SILVA, A. R. da. Análise comparativa de custos de sistemas estruturais para pavimentos de concreto armado. 2002. 211 f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVA, Henrique Vieira da; SILVA, Sandro Tavares da. **Soluções alternativas para blocos de enchimento em lajes nervuradas.** 2010. 85 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade da Amazônia, Belém, 2010.

SILVA, Tiago Ferreira da. **Pirâmides de Quéfren.** Disponível em: http://www.infoescola.com/civilizacao-egipcia/piramide-de-quefren/ Acesso em: 16 Out 2015

SILVÉRIO, Marcelo dal Pont. **Análise da utilização de materiais recicláveis em substituição ás tavelas cerâmicas em lajes pré-moldada.**2009. 114 f. Monografia

(Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

SMIRIGLIO, Giovanni da Silva. **ANÁLISE COMPARATIVA DE PROJETO DE UM PAVIMENTO, FEITO EM LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS E EM LAJES LISAS.** 2005. 75 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civíl, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

TESSARI, Janaina. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil.** 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ANEXO – FORMULÁRIO PARA ACOMPANHAMENTO DO USO DO BLOCO DE EPS EM LAJE NERVURADA NAS OBRAS EM ASSÚ, ANGICOS E LAJES/RN

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ARIDO

CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

FORMULÁRIO PARA ACOMPANHAMENTO DO USO DO BLOCO DE EPS EM LAJE NERVURADA NAS OBRAS EM ASSÚ, ANGICOS E LAJES/RN

1. DADOS GERAIS SOBRE A OBRA

Logradouro:_____

_____

Bairro:_____

_____

Tipo de obra:

_____

Área construída:

_____

Engenheiro responsável:

_____

Nº de

colaboradores:_____

___

Fase da obra:

_____

Quantos pavimentos possui a obra:

_____

A obra possui projeto estrutural:

_____

2. ANÁLISE DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS (LAJE)

Que tipo de laje é utilizada?

Laje nervurada ☐

Laje maciça ☐

Laje protendida ☐

Outra ☐

Se nervurada, por que não a maciça?

_____

_____

_____

_____

_____

Se maciça, por que não a nervurada?

_____

_____

_____

_____

Se nervurada, qual o material de enchimento?_____

Se o cerâmico, por que não o EPS?

_____

_____

_____

_____

_____

Se o EPS, por que não o cerâmico?_____

_____

_____

_____

OBS:_____

_____

_____

Por que que se pensou nesse tipo de laje:_____

_____

_____

_____

_____

Qual a vantagem desse tipo de laje, em relação as outras?

_____

_____

_____

_____

OBS:_____

_____

_____

Qual a área dessa laje?

_____

OBS:_____

_____

_____

Quanto tempo se executa uma laje dessa?

_____

OBS:_____

_____

3. ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

3.1 ELEMENTOS DA LAJE

3.1.1-Bloco de EPS

3.1.1.1 Onde se obtêm?

_____

_____

____

3.1.1.2- O fabricante realiza testes?

_____

_____

____

3.1.1.3- Qual o valor de resistência do bloco dado pelo fabricante?

_____

____

_____

____

OBS:

_____

____

_____

_____

3.1.2-nervuras

3.1.2.1- Onde se obtêm? É moldada na obra ou terceirizada?

_____

_____

_____

_____

3.1.2.2- Se moldada na obra, como se procede? Qual o traço do concreto? É realizado teste?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

OBS:_____

_____

_____

_____

3.1.3Mesa de concreto

3.1.3.1- O concreto é feito na obra ou terceirizado?

_____

_____

_____

3.1.3.2- Se feito na obra, qual o traço?

_____

3.1.3.3- Qual a espessura da mesa de concreto?

_____

OBS:_____

_____

_____

_____

3.2 PROCESSOS DE EXECUÇÃO DE UMA LAJE NERVURADA

Etapa 1 : Nivelamento e acerto do piso;

Etapa 2: Colocação das nervuras nos locais;

Etapa 3: Posicionamento do material de enchimento(lajota cerâmica, EPS, garrafa PET e etc.);

Etapa 4: Colocação das armaduras de distribuição e armadura negativa;

Etapa 5: Limpeza cuidadosa da área de contato;

Etapa 6: Concretagem da mesa de concreto;

Etapa 7: Retirada dos escoramentos.

Fonte: Os autores

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA ABNT NBR 15.575 PARA A ENGENHARIA DIAGNÓSTICA[1]

SILVA, Marcus Vinicius Rosário da (1); BARROS, Mércia Maria Semensato Bottura de (2); FAGUNDES NETO, Jerônimo Cabral Pereira (3)

(1) Marco Sustentável Consultoria e Treinamento Ltda, e-mail: marcusrosario@yahoo.com.br; (2) POLI-USP, e-mail: mercia.bottura@usp.br; (3) Instituto de Engenharia, e-mail: jcmijs@terra.com.br

RESUMO

A partir da primeira publicação da norma ABNT NBR 15.575, em 2008, intensificaram-se no Brasil discussões a respeito do desempenho de edificações e seus componentes. Paralelamente, a Engenharia Diagnóstica vem se consolidando a partir da evolução dos estudos iniciados com a inspeção Predial. Portanto, a avaliação das exigências de comportamento de edificações, foco da Engenharia Diagnóstica, deve contemplar, dentre outros aspectos, os requisitos propostos pela norma de desempenho. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é correlacionar os métodos de avaliação propostos pela ABNT NBR 15.575 com as ferramentas preconizadas pela Engenharia Diagnóstica, com vistas a identificar as contribuições dessa norma para as atividades de diagnóstico das condições das edificações. O método de trabalho consistiu em revisão bibliográfica para identificação de especificidades das cinco ferramentas diagnósticas aplicáveis ao ciclo de vida de uma edificação e em análise detalhada da ABNT NBR 15.575:2013 e de normas técnicas complementares, com vistas a correlacionar os métodos de avaliação expressos por essas duas fontes. Esta compilação permitiu verificar que os requisitos da ABNT NBR 15.575:2013 concentram-se em avaliações aplicáveis às fases de projeto e execução da edificação, sendo esta sua maior contribuição para a Engenharia Diagnóstica, pois o foco na norma para a fase de uso é pouco expressivo.

Palavras-chave: Desempenho em Edificações. Engenharia Diagnóstica. Ciclo de Vida.

ABSTRACT

Since the first release of the ABNT NBR 15.575 standard in 2008, discussions about building performance and its components have intensified in Brazil. In parallel, Diagnostic Engineering has been consolidating due to the evolution which began with Building Inspection studies. Therefore, the assessment of the construction's behavior requirements, which is the focus of Diagnostic Engineering, must contemplate, among other aspects, the requirements proposed by the performance standard. In this context, the objective of this study is to correlate the assessment methods proposed by ABNT NBR 15.575 with the tools proposed by Diagnostic Engineering, aiming to identify the contributions of this standard to the diagnostic activities of the edification's conditions. The work method consisted of a literature review to identify specific characteristics of the five diagnostic tools applicable to the edification's life cycle,

[1] SILVA, Marcus Vinicius Rosário da; BARROS, Mércia Maria Semensato Bottura de; FAGUNDES NETO, Jerônimo Cabral Pereira. Análise da contribuição da ABNT NBR 15.575 para a Engenharia Diagnóstica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

detailed analysis of the ABNT NBR 15.575:2013 and complementary technical standards, in order to correlate the assessment methods expressed by these two sources. The compilation has shown that the requirements of the ABNT NBR 15575:2013 focused on assessments applicable to the building's design and execution phase, this being its greatest contribution to Diagnostic Engineering, because the standard's focus on the usage phase is little expressive.

***Keywords**: Building Performance. Diagnostic Engineering. Life Cycle.*

1 INTRODUÇÃO

Com a norma ABNT NBR 15575:2013, dedicada a edifícios habitacionais, em vigor no país desde 2013, os estudos relacionados ao desempenho de edificações se intensificaram. De forma geral, o edifício deve atender às necessidades de seus usuários na etapa de uso e, para isto, as exigências devem ser incorporadas desde a fase de planejamento.

A Engenharia Diagnóstica dispõe de ferramentas técnicas para avaliação do desempenho da edificação ao longo de todo seu ciclo de vida - planejamento, projetação, preparação de obra, execução, uso e requalificação (OLIVEIRA, 2012.

O objetivo deste trabalho é analisar a contribuição dos métodos de avaliação de desempenho propostos pela ABNT NBR 15.575:2013 para as ferramentas preconizadas pela Engenharia Diagnóstica. O método de trabalho consistiu em correlacionar as especificidades das cinco ferramentas diagnósticas aplicáveis ao ciclo de vida de uma edificação, identificadas por meio de revisão bibliográfica, com as exigências propostas pela ABNT NBR 15.575:2013 e por normas técnicas complementares.

2 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE UMA EDIFICAÇÃO

2.1 Etapas do Ciclo de Vida de uma Edificação

O ciclo de vida de uma edificação é constituída pelas fases de: (a) planejamento – elaboração do plano de projeto; (b) Projetação – elaboração dos projetos do produto e dos projetos para produção; (c) Preparação para execução – assessoramento ao planejamento e organização para produção; (d) Execução – Fase de construção da produção do produto Edificação; (e) Uso – Fase de Operação do Empreendimento, da ocupação pelos usuários; (f) Requalificação – Fase de remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas; e (g) Desmontagem – Fim da vida útil. (OLIVEIRA, 2009). A fase de execução corresponde 14% do custo global de uma edificação típica, enquanto a fase de uso representa, aproximadamente, 80% devidos, principalmente, às exigências de manutenção periódica, consumo de recursos naturais como água e energia, para o funcionamento da edificação. (CEOTTO, 2008).

2.2 Ferramentas da Engenharia Diagnóstica

A consolidação dos conceitos de inspeção e auditoria predial culminou com a criação da Engenharia Diagnóstica, que prevê o emprego de cinco ferramentas diagnósticas: vistoria (constatação técnica de determinado fato, condição ou direito); inspeção (análise técnica); auditoria (atestar ou não, a conformidade); perícia (apuração técnica das origens, causas e mecanismos de ação); e consultoria (prognóstico e prescrição técnica a respeito de um fato condição ou direito), destinadas às investigações nas edificações (SILVA, 2014).

Do Quadro 1 ao 5 são apresentadas as ferramentas diagnósticas específicas e sua aplicabilidade na etapa do ciclo de vida (CV) de uma edificação.

Quadro 1 – Vistoria

Ferramenta	**Etapa do CV**	**Descrição**
Estágio de Obra	Execução/ Requalificação	Desvios nos prazos das atividades/serviços e responsabilidades dos intervenientes.
Material de Obra	Execução/ Requalificação	Deficiência de qualidade de materiais e/ou serviços.
Acompanha-mento de Obra	Execução/ Requalificação	Registro do andamento da obra, materiais utilizados e serviços em execução.
Conclusão de Obra	Execução/ Requalificação	Demonstrar atendimento ao memorial descritivo e prazo estabelecido.
Locativa	Uso	Registro das características e condições físicas.
Vizinhança	Planejamento/ Requalificação	Constatação das características e condições físicas do local, terreno e imóveis vizinhos.

Fonte: os autores a partir de Gomide; Gullo; Neto (2009)

Quadro 2 – Inspeção

Ferramenta	**Etapa do CV**	**Descrição**
Recebimento de Obra	Uso	Registro do ato de entrega da obra acabada, das respectivas condições físicas, ao usuário.
Edifício em garantia	Uso	Anomalias e incorreções técnicas legais durante a garantia.
Predial	Uso	Avaliação das condições técnicas, de uso e de manutenção.

Fonte: os autores a partir de Gomide; Gullo; Neto (2009)

Quadro 3 – Auditoria

Ferramenta	**Etapa do CV**	**Descrição**
Contrato de Empreitada	Execução/ Requalificação	Qualidade e quantidade dos materiais ou as condições para acréscimo de prazo.
Projeto	Projeto/ Requalificação	Atestar ou não conformidade ou eventuais desvios de especificações.

Manutenção	Uso	Verificar processos, implantação e periodicidade planejada.
Desempenho	Todo Ciclo de Vida	Avaliação técnica do edifício e sua comparação aos índices normativos.
Gestão Ambiental	Execução/ Uso	Atestamento da implementação do sistema de gestão ambiental.
Entrega e Recebimento dos Materiais	Execução	Evitar atrasos no cronograma, desvio de materiais, aceitação de produtos com especificações divergentes da contratada.
Procedimen-tos Operacionais	Uso	Responsabilidades ou atestamento de conformidade ou não dos procedimentos operacionais ou construtivos.

Fonte: os autores a partir de Gomide; Gullo; Neto (2009)

Quadro 4 – Perícia

Ferramenta	**Etapa do CV**	**Descrição**
Desabamentos em solos lindeiros	Execução/ Uso/ Requalificação	Determinação das causas responsáveis pelos desabamentos ou avarias em razão da execução de obras vizinhas.
Colapso	Execução/ Uso	Determinação das causas da falência estrutural ou sobrecargas indevidas.
Desplacamento	Execução/ Uso	Determinação das causas do desplacamento do sistema das fachadas.
Trincas e Rachaduras	Execução/ Uso/ Requalificação	Determinação das causas das ocorrências epidêmicas das trincas e rachaduras em paredes e tetos entre outros elementos ou sistemas.
Instalações elétricas	Uso	Ocorrência, danos, alteração indevidas nas instalações, sobrecargas.
Instalações hidrossanitá-rias	Uso	Averiguação das ocorrências, deteriorações, falhas de manutenção ou uso, alterações indevidas ou avarias.
Incêndios e Explosões	Uso	Levantamento dos dados técnicos e aqueles mantidos íntegros.
Degradação / Perda / Deficiência	Uso	Causas de degradações ou reduções / perda / deficiência no desempenho.

Fonte: os autores a partir de Gomide; Gullo; Neto (2009)

Quadro 5 – Consultoria

Ferramenta	**Etapa do CV**	**Descrição**
-	Todas etapas	Prognóstico e prescrições para os sistemas em geral.

Fonte: os autores a partir de Gomide; Gullo; Neto (2009)

2.3 Normas aplicadas à edificação

O atendimento às normas técnicas tem caráter obrigatório, um dos pilares da segurança jurídica e proporciona ganhos de qualidade e desempenho dos componentes, elementos, sistemas e processos.

Nesse conjunto de normas, além das que focam determinados materiais ou serviços, há as mais genéricas, dentre as quais as relacionadas à segurança, qualidade, sustentabilidade e valorização das edificações, com destaque para:

- ABNT NBR 14.037:2011 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações;
- ABNT NBR 5674:2012 – Manutenção de Edificações (revisão), foco na gestão do sistema de manutenção de edificações;
- ABNT NBR 15.575:2013 – Edificações habitacionais: Desempenho, foco para o atendimento às exigências dos usuários (segurança, habitabilidade e sustentabilidade);
- ABNT NBR 16.280:2014 (revisão em 2015) – Reforma em Edificações: Sistema de Gestão de Reformas, foco para controle de processos, projetos, execução e segurança.

3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO: ABNT NBR 15.575:2013 *VERSUS* FERRAMENTAS DIAGNÓSTICAS

Os conteúdos apresentados nos requisitos da ABNT NBR 15.575:2013 foram agrupados a partir da análise realizada nas 6 partes da norma: (a) requisitos gerais; (b) sistemas estruturais; (c) sistemas de pisos internos; (d) sistemas de vedações verticais externas e internas; (e) sistemas de coberturas; e (f) sistemas hidrossanitários.

Os requisitos presentes ao longo da ABNT NBR 15575:2013 apresentam métodos de avaliação que podem estar volta9dos para as atividades de planejamento, projeto, preparação para a execução, execução, uso/operação, *retrofit* e demolição, e sejam eles laboratoriais, em protótipo ou campo que podem contribuir para as 5 ferramentas diagnósticas, conforme síntese apresentada no Quadro 6 a 17.

Quadro 6 – Segurança/Desempenho Estrutural: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Presença de informações relativas às sobrecargas limitantes no uso no Manual de Uso, Operação e Manutenção	- Inspeção de recebimento de obra
Estabilidade e resistência estrutural	Análise do projeto estrutural ou ensaio em protótipo	- Auditoria de projeto - Perícia de colapso
Resistência mecânica	Verificação em projeto, ensaio tipo, em laboratório ou em campo, realizado em protótipo	- Perícia das instalações hidrossanitárias - Inspeção de garantia
Deformações, fissurações e deslocamentos	Análise do projeto estrutural, ensaio em protótipo/ensaio-tipo, avaliação *in loco*	- Auditoria de Projeto - Perícia de trincas, rachaduras e sobrecargas estruturais
Solicitações dinâmicas	Verificação em projeto e ensaio tipo, em laboratório ou protótipo, cálculo estrutural ou de campo	- Perícia de degradação precoce - Consultoria em Projeto - Auditoria de projeto/ manutenção
Impactos de corpo mole e corpo duro	Ensaio em laboratório/ protótipo/obra	- Vistoria de acompanhamento de obra - Auditoria de desempenho
Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos	Ensaio de tipo, em laboratório ou em campo	- Inspeção predial - Auditoria de trincas e rachaduras

Fonte: Os autores

Quadro 7 – Segurança ao Fogo/contra Incêndio: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Atendimento a legislação e normatização vigente	- Consultoria em projeto - Perícia de incêndios e explosões
Dificultar o princípio do incêndio	Análise do projeto ou por inspeção em protótipo	- Auditoria de projeto - Inspeção de recebimento de obra
Facilitar a fuga em situação de incêndio	Análise do projeto ou por inspeção em protótipo	- Auditoria de Projeto - Inspeção de recebimento de obra

(continuação...)

Quadro 7 – Segurança ao Fogo/contra Incêndio: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas (continuação)

Dificultar a ocorrência inflamação generalizada	Inspeção em protótipo ou ensaios de reação ao fogo pelo método do painel radiante e densidade crítica de fluxo de energia térmica	- Perícia de incêndios e explosões
Dificultar a propagação do incêndio	Análise do projeto ou inspeção em protótipo, ensaio e legislação vigente	- Auditoria de projeto - Inspeção predial -Perícia de instalações elétricas/hidráulicas
Segurança estrutural	Análise do projeto estrutural em situação de incêndio	- Auditoria de projeto
Preservar a estabilidade estrutural da edificação	Ensaio, avaliação técnica ou ensaios de tipo previamente realizados, ou por métodos analíticos	- Consultoria de projeto - Auditoria de desempenho
Sistema de extinção e sinalização de incêndio	Análise do projeto ou por inspeção em protótipo	- Auditoria de projeto - Inspeção predial
Combate a incêndio com água e com extintores	Verificação do projeto e *in loco*	- Auditoria de projeto - Inspeção predial

Fonte: Os autores

Quadro 8 – Segurança no Uso e Operação: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Considerado em projeto	- Auditoria de projeto
Segurança na utilização do imóvel	Análise do projeto ou inspeção em protótipo	- Auditoria de projeto - Inspeção predial
Segurança das instalações	Análise do projeto ou inspeção em protótipo	- Auditoria de projeto - Inspeção predial
Coeficiente de atrito da camada de acabamento	Ensaios na condição projetada de uso	- Auditoria de desempenho
Segurança na circulação e no contato direto	Análise de projeto e de protótipo	- Auditoria de projeto
Integridade do Sistema de Cobertura	Análise das premissas de projeto e ensaio de resistência de telhas e aderência de revestimentos	- Auditoria de projeto - Perícia de desplacamento em fachadas

(continuação...)

Quadro 8 – Segurança no Uso e Operação: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas (continuação)

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Manutenção e Operação	Análise das premissas de projeto, do conteúdo do Manual de Uso, Operação e Manutenção e do Plano de Manutenção do empreendimento, cálculo estrutural, ensaio de tipo ou montagens experimentais	- Auditoria de Projeto - Perícia de desplacamento em fachadas
Risco de choques elétricos e queimaduras em sistemas de equipamentos	Verificação do projeto, ensaios e medição *in loco*	- Auditoria de projeto - Perícia nas instalações elétricas - Inspeção predial
Permitir utilização segura aos usuários	Atendimento as normas específicas e inspeção visual das partes aparentes	- Consultoria em projeto - Inspeção de recebimento de obra
Temperatura de utilização da água	Ensaio	- Auditoria de desempenho

Fonte: Os autores

Quadro 9 – Estanqueidade: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Considerado em projeto	- Auditoria de projeto
Estanqueidade a fontes de umidade externas à edificação	Análise do projeto, ensaio de tipo ou em laboratório, e inspeção *in loco*	- Auditoria de projeto - Inspeção Predial - Perícia de perda de desempenho
Estanqueidade a fontes de umidade internas à edificação	Análise do projeto e ensaio em laboratório ou em campo	- Auditoria de projeto - Inspeção Predial - Inspeção de edifício em garantia
Umidade decorrente da ocupação	Análise de projeto, ensaio ou inspeção visual	- Auditoria de projeto - Inspeção predial
Condições de salubridade no ambiente habitável	Análise de projeto, memorial de execução, compatibilidade entre aberturas, ensaio em protótipo ou constante nas normas de produto	- Consultoria em projeto - Auditoria de projeto – Inspeção predial
Estanqueidade dos sistemas hidrossanitários	Ensaio	- Perícia das instalações hidrossanitários - Auditoria de desempenho

Fonte: Os autores

Quadro 10 – Desempenho Térmico: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Normativo ou medição	- Consultoria em projeto - Perícia de deficiência de desempenho
Simulação computacional para o verão e inverno	*EnergyPlus* ou outros programas de simulação	- Consultoria em Projeto
Adequação de paredes externas	Análise de projeto	Consultoria em Projeto

Fonte: Os autores

Quadro 11 – Desempenho Acústico: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Avaliação em campo, em laboratório, e simplificado	- Auditoria de desempenho
Isolação acústica de vedações externas	Ensaio de campo e método simplificado	- Perícia de deficiência de desempenho
Isolação acústica entre ambientes	Ensaio de campo, com portas e janelas fechadas	- Perícia de deficiência de desempenho
Ruídos por impactos	Análise de projeto e ensaios executados com portas e janelas fechadas	- Consultoria em projeto - Inspeção predial
Ruídos gerados por equipamentos	Medição do nível de pressão sonora durante ciclo de operação	- Consultoria em uso

Fonte: Os autores

Quadro 12 – Desempenho Lumínico: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Instruções para iluminação durante o dia e a noite	- Consultoria em Uso
Iluminação natural	Simulação computacional ou Medições no plano horizontal	- Consultoria em projeto - Auditoria de desempenho
Iluminação artificial	Análise de projeto ou inspeção em protótipo por meio de simulação ou medição *in loco*	- Auditoria de projeto - Consultoria em projeto/uso

Fonte: Os autores

Quadro 13 – Durabilidade e Manutenibilidade: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Considerado na Vida Útil de Projeto a partir da previsão de manutenção periódica	- Auditoria de manutenção
Durabilidade do edifício e dos sistemas que o compõem	Análise do projeto ou ensaios fisio-quimicos, lista de verificação, instruções no manual de uso, operação e manutenção, programas de manutenção, e recomendações técnicas das inspeções prediais, inspeção em protótipo e edificações, estações de ensaios	- Consultoria em projeto - Inspeção predial - Inspeção de edifício em garantia
Manutenibilidade do edifício e de seus sistemas	Análise de projeto, manual de uso, operação e manutenção e inspeção em protótipo	- Auditoria de projeto - Auditoria de manutenção
Resistência à umidade, ataque químico e desgaste em uso dos piso	Avaliação de campo ou em laboratório	- Auditoria de procedimentos técnicos executivos (Operacional)
Paredes externas	Ensaio em laboratório	- Consultoria na preparação

Fonte: Os autores

Quadro 14 – Saúde Higiene e Qualidade do Ar: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Legislação vigente	- Consultoria em projeto/ execução/ uso
Proliferação de microorganismos e poluentes na atmosfera interna		
Contaminação da água, biológica, do sistema predial e por refluxo de água, e do ar ambiente	Verificação de Projeto	- Auditoria de desempenho

Fonte: Os autores

Quadro 15 – Funcionalidade e Acessibilidade: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Altura mínima de pé direito	Análise de projeto	- Auditoria em projeto
Dimensões mínimas e organização funcional dos espaços		

(continuação...)

Quadro 15 – Funcionalidade e Acessibilidade: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas (continuação)

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Adequação para portadores de deficiências físicas ou pessoas com mobilidade reduzida	Análise de projeto	- Auditoria em projeto
Possibilidade de ampliação da unidade habitacional		
Sistemas de pisos para pessoas portadoras de deficiência física ou pessoas com mobilidade reduzida		
Manutenção dos equipamentos e dispositivos ou componentes do SC		
Funcionamento das instalações de água, esgoto e águas pluviais	Verificação de projeto e funcionamento das descarga	- Vistoria do material de obra

Fonte: Os autores

Quadro 16 – Conforto Tátil e Antropodinâmico: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Altura mínima de pé direito	-	- Inspeção predial
Conforto tátil e adaptação ergonômica	Análise de projetos, métodos especificados nas normas brasileiras	- Auditoria de desempenho
Adequação antropodinâmica de dispositivos de manobra		
Homogeneidade quanto à planeza do acabamento do sistema de piso	Medição do perfil da superfície	- Inspeção do recebimento de obra - Inspeção predial
Conforto na operação dos sistemas	Inspeção *in loco*	- Inspeção predial

Fonte: Os autores

Quadro 17 – Adequação Ambiental: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Generalidades	Projetado, construído e mantido minimizando as alterações no ambiente	- Auditoria de desempenho

(continuação...)

Quadro 17 – Adequação Ambiental: contribuições da ABNT NBR 15575:2013 para as Ferramentas diagnósticas (continuação)

Requisito	**Método de Análise**	**Principais Ferramentas**
Projeto e implantação de empreendimentos	Atendimento as normas específicas e legislação vigente	- Consultoria em projeto
Seleção e consumo de materiais	Construção e recomendação aos projetistas	- Consultoria em Projeto/Obra
Consumo de água e deposição de esgotos no uso e ocupação	Análise de projeto e ensaios	- Auditoria de desempenho
Consumo de energia no uso e ocupação	-	- Auditoria de desempenho

Fonte: Os autores

A proposta dos autores não é exaustiva, entretanto, fornece diretrizes e subsídios fundamentais de investigação ao longo do ciclo de vida das edificações.

4 CONCLUSÕES

Foi possível correlacionar os métodos de avaliação contidos na norma ABNT NBR 15.575:2013 com as ferramentas preconizadas pela Engenharia Diagnóstica. Ou seja, há de fato, contribuição importante dessa norma para as atividades profissionais que envolvem as atividades de Engenharia Diagnóstica e, por isto, recomenda-se que profissionais da área considerem suas exigências, ainda que as mesmas não esgotam as necessidades da Engenharia Diagnóstica aplicada a edificações, particularmente não habitacionais. Os quadros sintetizados no item 3 evidenciam a aplicabilidade dos métodos de avaliação propostos pela norma de desempenho às fases de projeto, preparação e/ou execução. Entretanto, são poucas as contribuições para a fase de uso da edificação que corresponde a aproximadamente 80% do seu custo global. Para esta fase, a Engenharia Diagnóstica deverá motivar o desenvolvimento e aprofundamento de pesquisas e métodos que permitam avaliações mais precisas ao longo da vida útil das edificações.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações** (revisão) Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edifícios habitacionais – Desempenho.** Rio de Janeiro,: ABNT, 2013.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16280: Reforma em edificações – Sistema de gestão de reformas.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014 e 2015.

CEOTTO, Luiz Henrique. Avaliação de sustentabilidade: Balanço e perspectivas no Brasil. In: I Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável, 2008, São Paulo. **Anais...** . São Paulo: CBCS, 2008. 19p.

IBAPE-SP. INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Norma de inspeção Predial**. IBAPE: São Paulo, 2011. 33p.

GOMIDE, T.L.F.; GULLO M.A.; NETO; FAGUNDES NETO, J.C.P. **Engenharia diagnóstica em edificações.** São Paulo: Editora Pini, 2015. 423p.

OLIVEIRA, Roberto de. **Orientação do projeto como estratégica de melhoria da sustentabilidade para edificações**. Curitiba: UFSC, 2009. 7p.

SINDUSCON-MG. SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO VIBIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Principais normas técnicas para edificações.** Sinduscon-MG/CBIC: Belo Horizonte, 2013. 98p.

SILVA, Marcus Vinicius Rosário da. **Avaliação das Condições de Uso de Edifícios Corporativos.** São Paulo. 2015. 128p. (MBA em Gerenciamento de Facilidades) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DA INSERÇÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO DA GRANDE VITÓRIA – ES[1]

SACCANI, Marcelo Cirilo (1); PINHEIRO, Sayonara Maria de Moraes (2); COSTA JUNIOR, Milton Paulino (3)

(1) UFES, e-mail: saccani.marcelo@gmail.com; (2) UFES, e-mail: sayonara.pinheiro@gmail.com; (3) UFES, e-mail: milton.paulino@gmail.com

RESUMO

Para atender o mercado consumidor, que exige um produto com qualidade, desempenho, preço e prazo de entrega previamente definido, as empresas construtoras necessitaram adotar e inserir em seus sistemas construtivos novas tecnologias. Entretanto, a inserção destas tecnologias varia com o grau de maturidade gerencial de cada empresa construtora, bem como difere de região para região do País. Objetivando avaliar o grau de inserção de inovações tecnológicas em obras de construção civil na Região da Grande Vitória – ES, este estudo foi desenvolvido no Trabalho de Conclusão de Curso do autor. A metodologia utilizada consta de pesquisa de campo com visitas às empresas construtoras e obras. O diagnóstico utilizou como ferramenta um questionário abordando a caracterização da empresa e as técnicas construtivas adotadas em cada obra, observando as diferentes fases da construção, da fase de projetos, implantação do canteiro de obras, todas as etapas envolvidas no sistema estrutural, sistemas de vedação e revestimento e a adoção de medidas sustentáveis para o funcionamento da edificação. Os dados foram planilhados e tratados estatisticamente por meio da estimação percentual simples. Os resultados obtidos mostram que a técnica construtiva adotada na região é predominantemente convencional com pequeno grau de inserção de inovações.

Palavras-chave: Construção Civil. Processos Construtivos. Inserção Tecnológica.

ABSTRACT

To meet the consumer market needs, which requires a product with quality, performance, price and predetermined delivery deadlines, construction companies needed to adopt and put in their building systems technologies. However, the inclusion of these technologies varies with the degree of managerial maturity of each construction company and differs from region to region of the country. In order to evaluate the degree of integration of technological innovations in the construction work in Greater Vitoria. - ES, this study was developed in the authors' Course Conclusion Paper. The methodology consists of a field research type with visits to construction companies and sites. The diagnostic tool used a questionnaire addressing the characterization of the company and the construction techniques adopted in each work, observing the different phases of the construction, the design phase, implementation of the construction site, all the steps involved in structural system , sealing systems and coating and the adoption of sustainable measures for the operation of the building. Data were statistically treated and put in a spreadsheet through a

[1] SACCANI, Marcelo; PINHEIRO, Sayonara; COSTA JUNIOR, Milton. Avaliação da inserção de inovações tecnológicas em obras de construção civil na região da grande Vitória – ES. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

simple percentage estimation. The results show that the construction technique adopted in the region is mostly conventional with small degree of innovation insertion.

Keywords: *Civil Construction. Construction Processes. Technology Insertion.*

1 INTRODUÇÃO

Difícil definir com propriedade o que se pode entender por inovações tecnológicas. O tema é complexo, com influências regionais e temporais. Dessa forma, o que se considera inovação em certa região, pode não ser em outra.

Entretanto, independente da temporalidade e do regionalismo, a inserção de inovações tecnológicas em um sistema produtivo faz parte da estratégia das empresas em busca de melhor desempenho econômico e técnico, visando à qualidade e a agregação de valor ao produto final. Assim a inserção de inovação tecnológica nos processos produtivos assume um papel fundamental diante à concorrência do mercado. (ESSE, 2003; VICENTINE, 2009).

No Brasil é possível registrar, no setor da construção civil, baixas taxas de inovação e ainda não se vê o processo de inovação como algo endógeno à empresa. Entretanto a necessidade de se adaptar e atender às novas condições do mercado, inclusive a concorrência, fizeram com que algumas empresas construtoras inserissem em seus sistemas produtivos novas tecnologias, visando à minimização de custo, prazo e aumento do desempenho do produto final, por meio da padronização, racionalização e otimização de seus processos (CAULLIRAUX; SANTOS; SANTOS, 2007).

Na Região da Grande Vitória – ES, é possível observar que a maior parte das obras de edificação residencial/comercial, não atende as expectativas do consumidor quanto à qualidade do produto final, ao prazo e aos custos pré-estabelecidos. Ainda, é visível a adoção de processos construtivos convencionais e artesanais e uma tímida inserção de novas tecnologias.

Visando registrar os processos construtivos adotados e a inserção de novas tecnologias na Região da Grande Vitória – ES, o presente trabalho faz um diagnóstico sobre o assunto mostrando os processos construtivos adotados na região.

2 A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SEU IMPACTO NA CONSTRUÇÃO

A inserção de inovações tecnológicas nos processos construtivos conduz o setor a uma modificação lenta, mas perceptível. O processo construtivo convencional passa a adquirir características similares ao do ambiente fabril até a sua completa industrialização.

Os processos construtivos convencionais passam por estágios evolutivos como a padronização, a racionalização, a otimização e a mecanização até alcançarem a industrialização de todos os processos.

A industrialização dos processos construtivos transforma o canteiro de obra em uma linha de montagem. Utiliza-se além da pré-fabricação de elementos estruturais, a adoção de sistemas industrializados de vedação e coberturas (SABATINI, 1989)

Atualmente, no Brasil, observa-se a adoção dos processos construtivos industrializados em uma faixa restrita de obras, limitada praticamente às obras industriais e de infraestrutura.

Entretanto, a disponibilidade no mercado de novos materiais, ferramentas, equipamentos, técnicas especiais, processos construtivos e gerenciais, vem permitindo a inserção no setor de novas tecnologias, padronizando, racionalizando e mecanizando alguns processos construtivos, contribuindo para o aumento da qualidade e redução de custo e prazo no produto final (FRANCKLIN; AMARAL, 2008).

Assim, é possível considerar que a inserção correta e planejada das inovações tecnológicas proporciona: (1) o aumento da produtividade; (2) a racionalização dos processos construtivos; (3) a redução do consumo de materiais e; (4) a mecanização e automação dos processos, otimizando o tempo dos serviços (FRANCKLIN; AMARAL, 2008).

Ainda assim, por mais produtivo e inovador que seja a implantação das inovações tecnológicas disponíveis, há ainda muita resistência na empregabilidade por parte de projetistas, arquitetos e engenheiros, que ocupam cargos de liderança na execução das edificações (FRANCKLIN; AMARAL, 2008; MARTINS, 2004).

Esta resistência, somada à complexidade dos projetos que, às vezes significa o envolvimento de várias empresas, e a dependência do setor quanto à pesquisa de novos materiais e equipamentos, faz com que a construção civil não se modernize no ritmo de outros setores. Somente ocorrendo à inserção de uma inovação tecnológica no processo de produção de edifícios quando uma mudança tecnológica for efetivamente consagrada (MARTINS, 2004).

Ainda, dificulta à inserção de novas tecnologias as características inerentes à construção civil nacional, como: (i) caráter nômade; (ii) produtos não seriados - único; (iii) indústria tradicional e resistente a alterações acentuadas e (iv) utilização de mão de obra pouco qualificada;

3 MÉTODOLOGIA

O estudo foi fundamentado nas bases de uma pesquisa exploratória por meio de um diagnóstico (SANTOS, 2000), cuja estrutura metodológica adotada constou das seguintes etapas: (i) definição das limitações do objeto de estudo; (ii) seleção das empresas construtoras a serem analisadas; (iii) elaboração de questionários; (iv) pesquisa de campo constituída de visitas às empresas e obras e (v) tratamento estatístico dos dados por meio da estimativa percentual simples.

3.1 Limitação do Estudo

O presente estudo contou com os dados coletados em 56 obras de 11 empresas localizadas nas cidades de Vitória, Vila Velha e Serra no Estado do Espírito Santo, durante o ano de 2015. É relevante ressaltar que os três municípios estudados pertencem à Região da Grande Vitória.

Neste estudo, só foram consideradas obras de edificações comerciais e/ou residenciais. As empresas consultadas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de obras em execução na Região da Grande Vitória

Empresas	**Tipologia**			
	Residencial	Comercial	Residencial/comercial	Pública
	Número de obras			
E1	8	1	0	0
E2	3	1	1	0
E3	4	0	3	0
E4	2	0	1	0
E5	0	1	0	0
E6	3	2	0	0
E7	4	1	0	0
E8	3	0	0	0
E9	9	1	0	0
E10	0	0	0	1
E11	5	2	0	0
Total	41	9	5	1
Total de obras	56			
Percentual (%)	73,20%	16,10%	8,90%	1,80%

Fonte: elaborada pelos autores

3.2 Elaboração dos Questionários

O questionário foi dividido em duas etapas: (i) identificação e caracterização das empresas construtoras e (ii) identificação da inserção de inovações tecnológicas.

A identificação e caracterização das empresas construtoras tiveram como objetivo registrar: (i) a área de atuação da empresa – comercial e/ou residencial; (ii) o porte da empresa – pequena, média ou grande; (iii) o tempo de atuação na região em estudo; e. (iv) o número de obras em andamento.

A identificação da inserção de novas tecnologias foi registrada em questionário que identificou os seguintes aspectos: (i) fase de projeto; (ii) implantação do canteiro de obras; (iii) movimentação de cargas; (iv) sistema estrutural; (v) sistema de forma e escoramento utilizado; (vi) processo de armação da estrutura; (vii) processo de concretagem; (viii) sistema de vedação vertical; (ix) sistema de revestimento; (x) sistema de piso; (xi) sistema

de cobertura e (xii) adoção de medidas sustentáveis para o funcionamento da edificação.

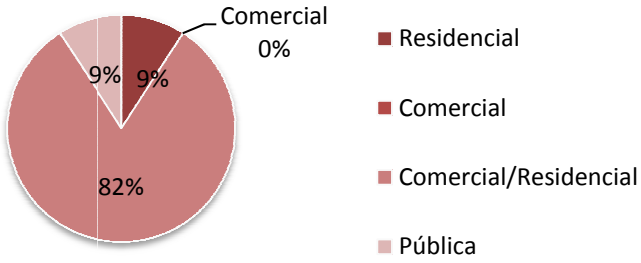
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados durante o estudo são apresentados nos itens 4.1 e 4.2 a seguir:

4.1 Identificação e Caracterização das Empresas

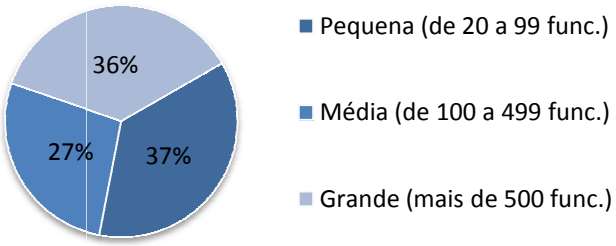
Os dados coletados permitiram identificar e caracterizar as empresas investigadas segundo os seguintes aspectos: (i) área de atuação; (ii) porte da; (iii) tempo de atuação; e. (iv) número de obras em andamento. Os dados são apresentados nas Figuras

Figura 1 – Área de atuação das empresas construtoras



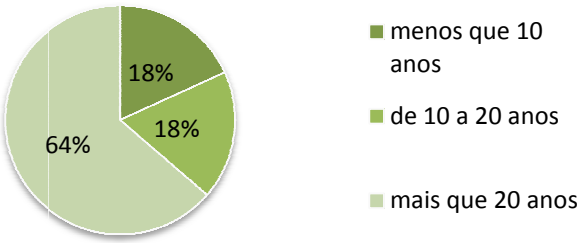
Fonte: elaborada pelo autor

Figura 2 – Porte das empresas construtoras



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 3 – Tempo de atuação das empresas construtoras no mercado



Fonte: elaborada pelo autor

Os dados apresentados permitiram identificar e caracterizar a amostra em estudo como: empresas de pequeno porte que atuam na Região da

Grande Vitória há mais de 20 anos tendo como atividade principal a construção de obras de edificações residenciais.

4.2 Identificação da Inserção de Inovações Tecnológicas

Os dados que revelaram os processos construtivos adotados e a respectiva inserção de tecnologia foram obtidos considerando as seguintes etapas de obra: (i) fase de projeto; (ii) implantação do canteiro de obras; (iii) movimentação de cargas; (iv) sistema estrutural; (v) sistema de forma e escoramento utilizado; (vi) processo de armação da estrutura; (vii) processo de concretagem; (viii) sistema de vedação vertical; (ix) sistema de revestimento; (x) sistema de piso; e (xi) adoção de medidas sustentáveis para o funcionamento da edificação.

4.2.1 Fase de projeto

Os dados avaliados na fase de projeto são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Utilização de softwares para compatibilização de projetos, custos, canteiro e desempenho

Projetos - Softwares utilizados					
	Plataforma BIM	CAD 3D ou 4D	Soft. Simulação Energética	CAD 2D	Terceirizada
Nº Empresas	2	2	0	11	8
Percentual (%)	18,2	18,2	0	100	72,7

Fonte: elaborada pelo autor

Na elaboração dos projetos foi avaliada a utilização de softwares que compatibilizam os projetos, custos, canteiros e desempenho.

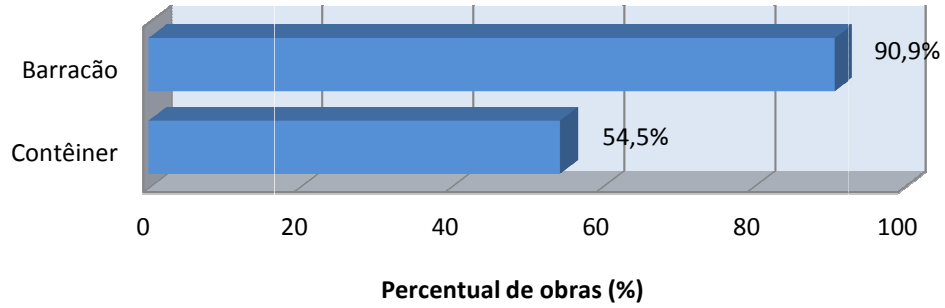
Com base na pesquisa feita, 100% das empresas pesquisadas utilizam o software AutoCad 2D para desenvolvimento e compatibilização de seus projetos, sendo que apenas duas das empresas pesquisadas inicia a inserção da plataforma BIM em seus processos.

É significativa a terceirização da análise e compatibilização dos projetos, alcançando 72,7% das empresas consultadas. Observa-se também a ausência de utilização de softwares que simulam indicadores de sustentabilidade – nenhuma empresa emprega software de simulação energética.

4.2.2 Canteiro de obra

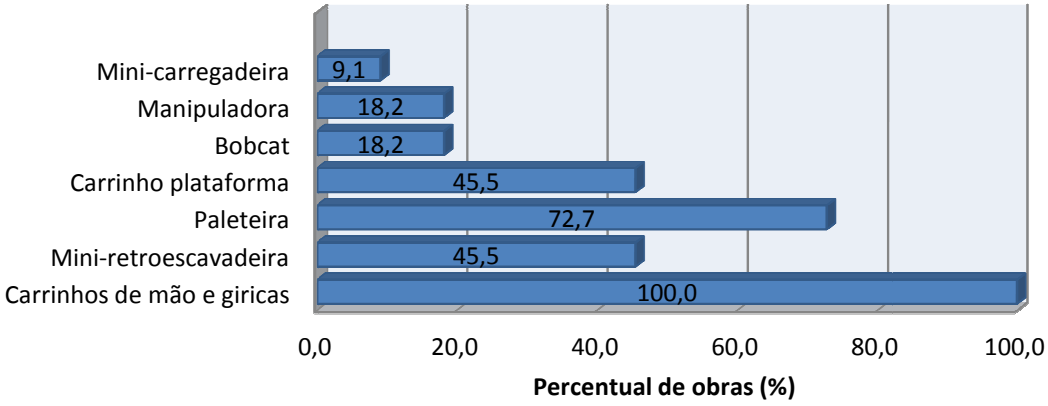
Em relação à implantação do canteiro de obras foram investigados itens relacionados às instalações administrativas, de vivência e também à movimentação de cargas horizontal e vertical. Os dados são apresentados nas Figuras 4 a 6.

Figura 4: Implantação das áreas administrativas e vivência do canteiro de obras



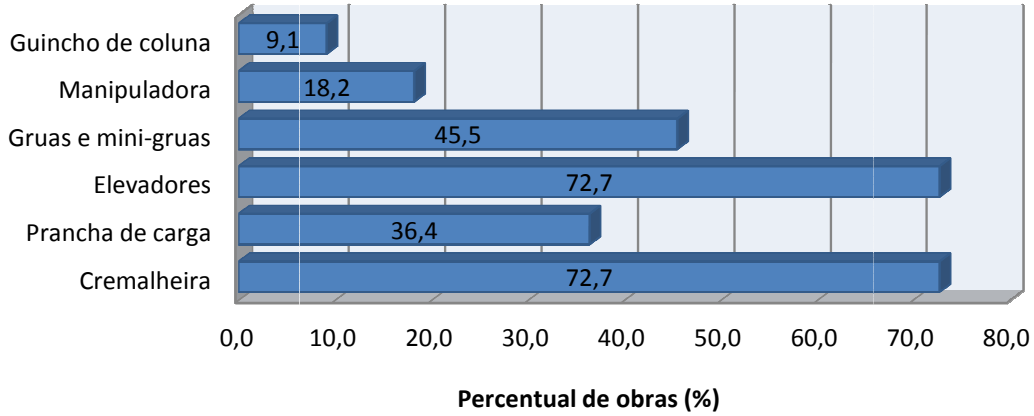
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 5: Equipamentos utilizados para movimentação de carga horizontal



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 6: Equipamentos utilizados para movimentação de carga vertical

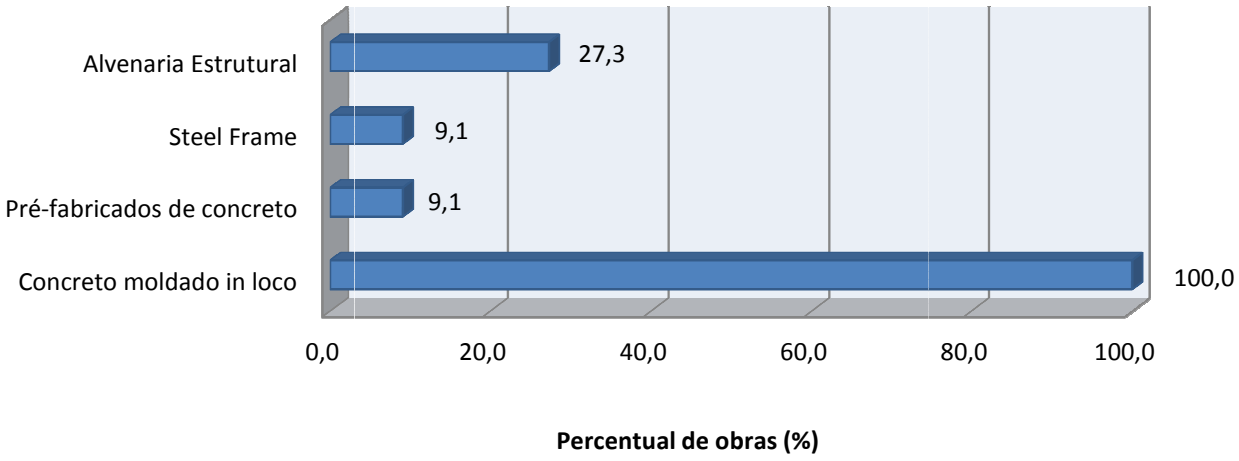


Fonte: elaborado pelo autor

4.2.3 Sistema estrutural

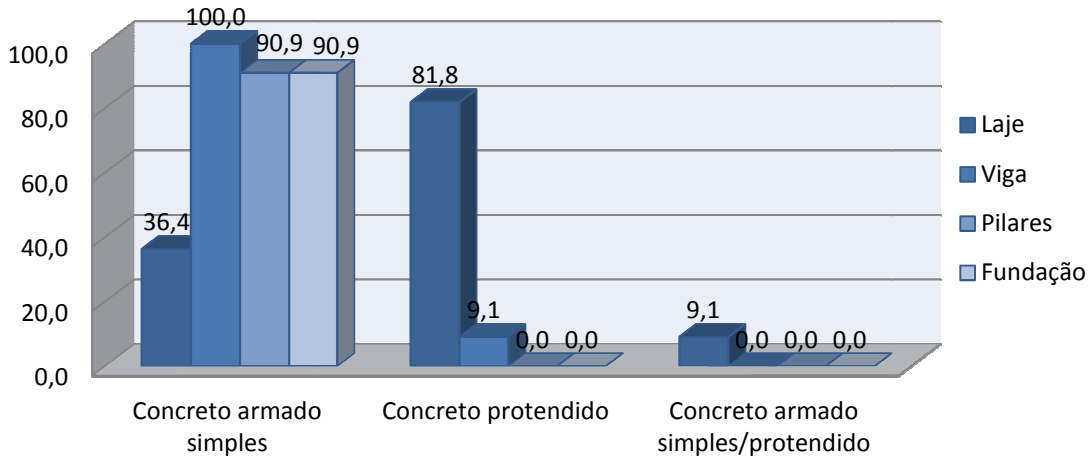
Os dados referentes ao sistema estrutural são apresentados nas Figuras 7 a 11.

Figura 7: Sistema Estrutural adotado pelas empresas construtoras



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 8: Elementos estruturais



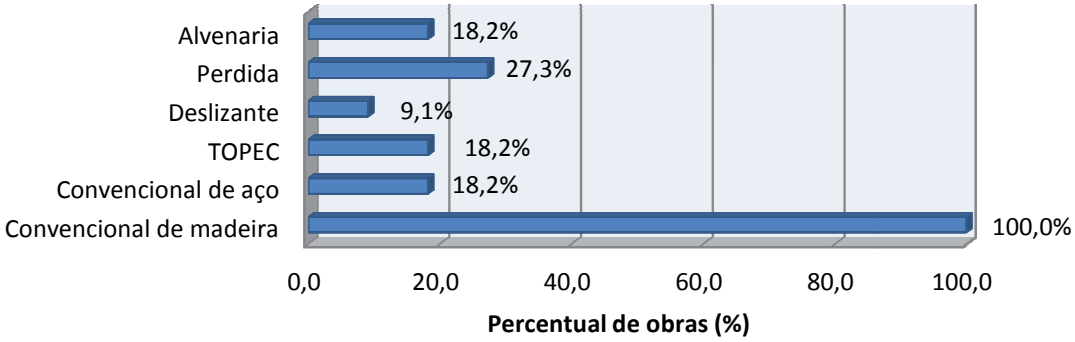
Fonte: elaborado pelo autor

A análise dos dados mostra que o sistema estrutural que prevalece na região é o concreto estrutural moldado *in loco* e que 81,8% das empresas utilizam concreto protendido para lajes e concreto armado convencional para os demais elementos estruturais.

4.2.4 Sistema de fôrma e escoramento

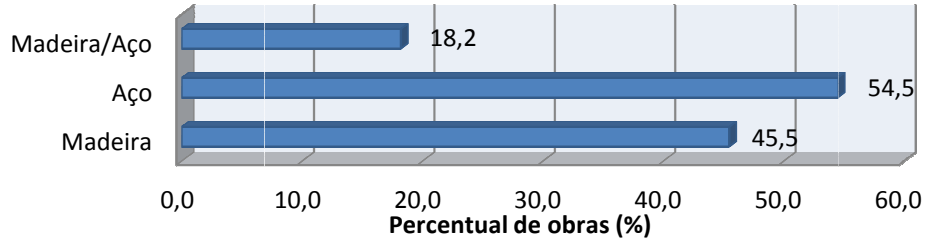
Foram avaliados os tipos de fôrmas e escoramento utilizados para a produção da estrutura em concreto armado, moldada "in loco", cujos dados são apresentados nas Figuras 9 e 10.

Figura 9: Tipo de fôrmas utilizadas



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 10: Tipo de escoramento



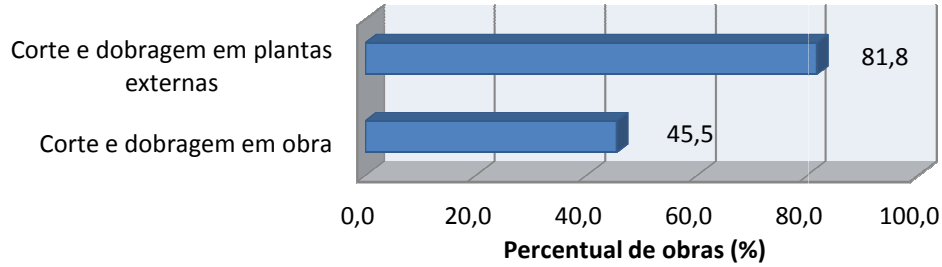
Fonte: elaborado pelo autor

Os dados mostram a utilização predominante se formas convencionais de madeira e escoramento em aço. As empresas que optaram pelo uso da forma convencional de madeira indicaram como vantagem a facilidade de acesso do material. A opção por fôrmas metálicas ocorre quando é necessário intenso reaproveitamento. Já a utilização das formas tipo TOPEC se dá pela rapidez de fôrma e desforma, sendo o uso limitado ao custo.

4.2.5 Armação

Foram avaliados os tipos de produção das armaduras utilizadas nas estruturas. Os resultados são apresentados a seguir.

Figura 11: Tipos de produção da armadura



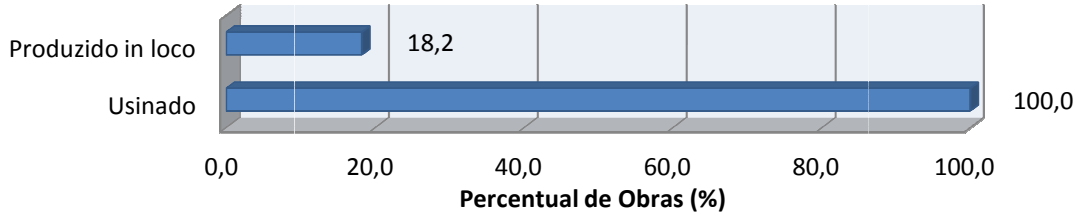
Fonte: elaborado pelo autor

Na sua maioria as obras pesquisadas utilizam o corte e dobragem de sua armadura em plantas externas. As empresas consultadas alegam como vantagem o custo mais baixo e como limitação, a dependência na programação de terceiros.

4.2.6 Concretagem

Os dados quanto ao tipo de concretagem são apresentados na Figura 12.

Figura 12: Concreto destinado aos elementos estruturais modados "in loco"



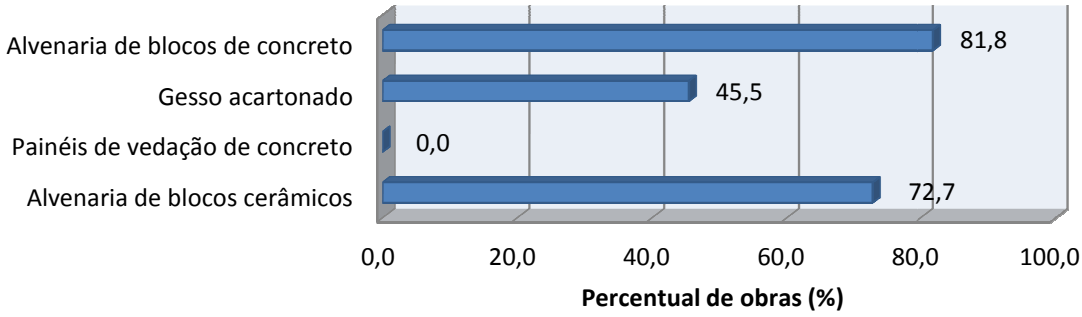
Fonte: elaborado pelo autor

Os dados revelam a opção pelo concreto usinado. As empresas relatam que a opção se deve à garantia da qualidade do concreto, à redução de tempo de execução e ao controle tecnológico.

4.2.7 Sistema de vedação vertical

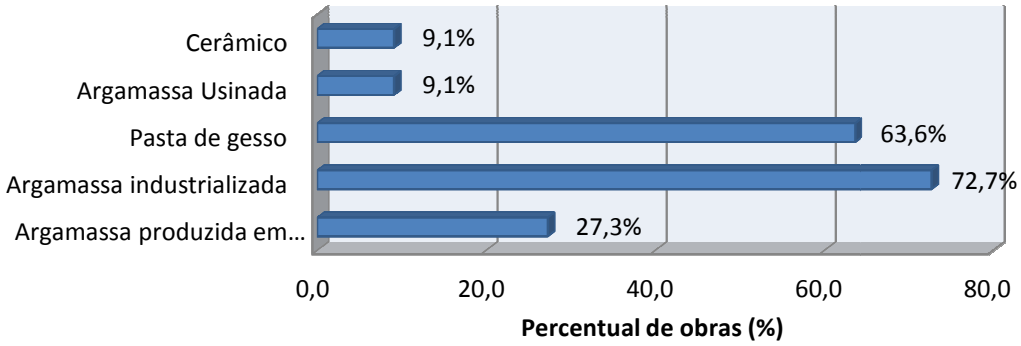
Os dados relacionados ao sistema de vedação são apresentados nas Figuras 13 a 15.

Figura 13: Tipos de unidades de vedação utilizadas nas empresas em estudo



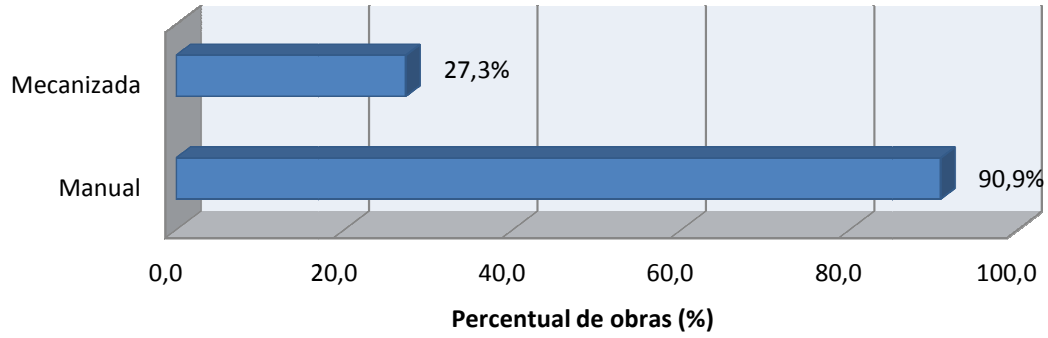
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 14: Tipos de revestimento utilizados nas unidades de vedação nas empresas em estudo



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 15: Tipos de aplicação dos revestimentos utilizados nas unidades de vedação



Fonte: elaborado pelo autor

Os dados apresentados nas Figuras 13 a 15 mostram que prevalece a utilização de alvenarias convencionais com blocos cerâmicos e de concreto, revestidos com argamassa industrializada ou pasta de gesso aplicados manualmente.

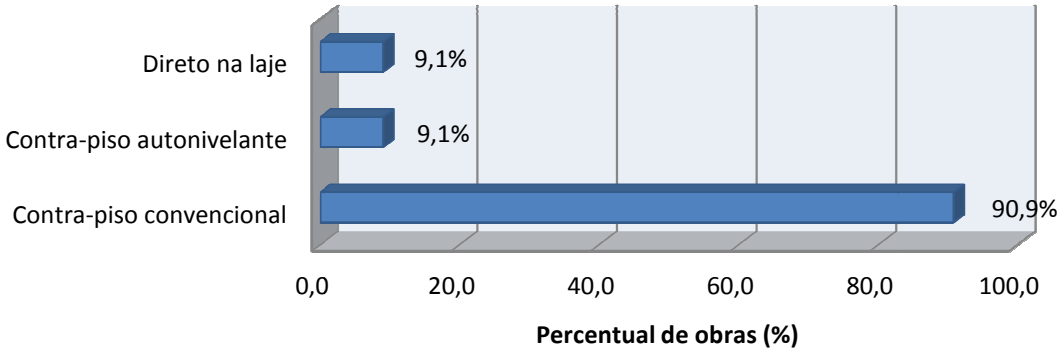
O uso do gesso acartonado começa a ser relevante e as empresas alegam como vantagens: (i) a rapidez de execução; (ii) a redução no peso da estrutura; (iii) a facilidade nas instalações elétricas, hidro sanitárias, etc. Suas limitações consistem no elevado custo e na falta de mão de obra qualificada.

A aplicação manual da argamassa de revestimento, evidencia a falta de inserção tecnológica no processo. As empresas consultadas alegam que a aplicação manual tem menor custo, entretanto admitem que a aplicação mecanizada reduza muito o tempo de execução.

4.2.8 Sistema de piso

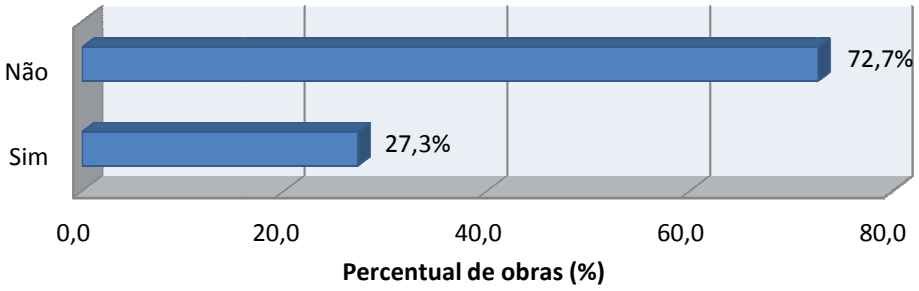
Os dados referentes ao sistema de piso são apresentados nas Figuras 16 e 17.

Figura 16: Tipos de contra piso utilizados nas empresas em estudo



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 17: Tratamentos especiais de contra piso nas empresas em estudo



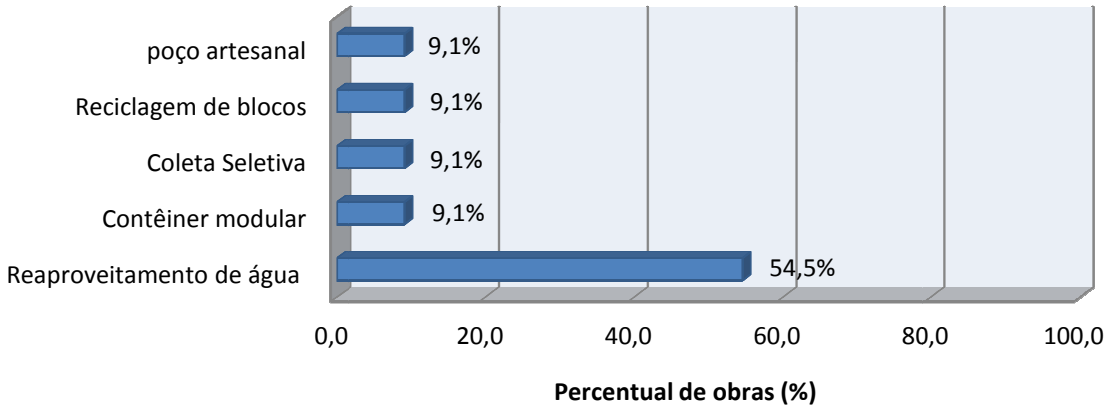
Fonte: elaborado pelo autor

Os dados apresentados revelam a utilização do contra piso convencional. Sendo que é evidenciado o início da inserção de pisos especiais como os pisos elevados e a utilização da lã de vidro (isolamento acústico).

4.2.9 Adoção de medidas sustentáveis

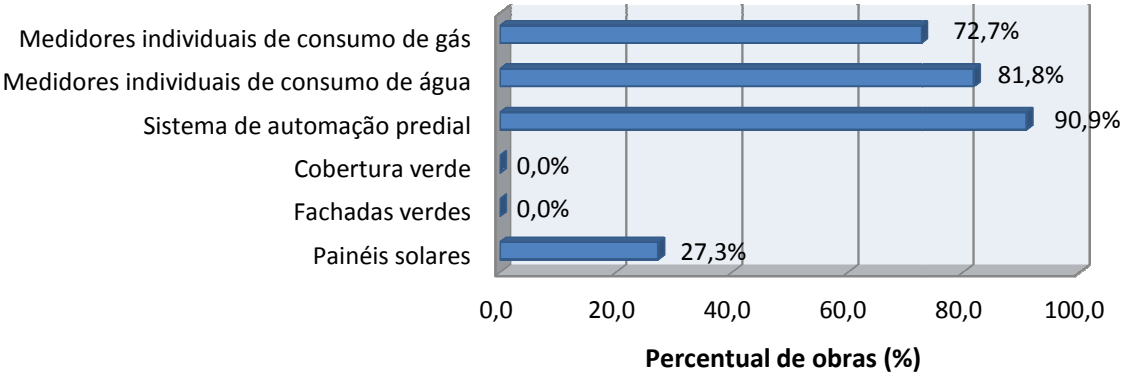
Os dados referentes à adoção de sistemas sustentáveis são apresentados a seguir nas Figuras 18 e 19.

Figura 18: Identificação da adoção de sistemas sustentáveis na fase de execução da obra



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 19: Identificação da adoção de sistemas sustentáveis na fase pós-ocupacional da obra



Fonte: elaborado pelo autor

A análise dos dados mostra uma preocupação com o reaproveitamento de água e gestão dos resíduos na fase de execução da obra. E a adoção, ainda insipiente com medidas sustentáveis por meio de leitores individuais de consumo de água e energia e painéis solares.

5 CONCLUSÃO

Os dados analisados permitiram identificar as seguintes características de processos construtivos e inserção de tecnologia na Região da Grande Vitória:

- A etapa de projeto demonstrou ser em grande parte terceirizada pelas empresas e com utilização do AutoCad 2D comum nos canteiros e na elaboração dos projetos. É possível notar evidências incipientes da inserção da tecnologia BIM.
- Para a implantação do canteiro, ainda são utilizados os barracões convencionais.
- No sistema de movimentação de cargas verticais predomina os elevadores e de forma incipiente a utilização das gruas e mini-gruas.
- No sistema estrutural a tecnologia predominante é o concreto armado moldado "*in loco*", com fôrmas convencionais, escoramentos metálicos, concreto usinado e protenção de lajes. Observa-se a inserção de fôrmas do tipo TOPEC.
- No sistema de vedação vertical, prevalece a utilização dos blocos cerâmicos/concreto, com revestimento argamassado aplicados manualmente. Já desponta a inserção de chapas de gesso acartonado e o início da mecanização do processo de execução das argamassas.
- No sistema de pisos é identificada a aplicação convencional de materiais e tecnologias.
- Com relação à sustentabilidade, nota-se a tendência incipiente da inserção de inovações tecnológicas, com adoção em canteiros como reaproveitamento de água e no pós-ocupacional o reaproveitamento de água das chuvas.

Com base na pesquisa de campo e na análise dos dados pode-se concluir que na Grande Vitória predomina, nas edificações comerciais e residenciais, o sistema construtivo convencional, com elementos estruturais em concreto armado moldado *in loco* e sistema de vedação vertical constituído de alvenaria com blocos cerâmicos e de concreto revestidos manualmente com argamassa industrializada.

A inserção de inovações aparece de forma tímida e pontual como a utilização de mini gruas para a movimentação de materiais; a adoção do sistema de fôrma tipo TOPEC e a utilização de armadura produzidas em unidades fora do canteiro de obra, o que proporcionam maior racionalização das atividades.

Quanto ao sistema de vedação é possível observar a inserção de painéis de gesso acartonado e a aplicação mecanizada da argamassa de revestimento, que proporcionam a racionalização e otimização das atividades.

REFERÊNCIAS

CAULLIRAUX, H. M., SANTOS, D. G. S., SANTOS, R. P. C. A importância das tarefas para a gestão de processos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII, 2007, Paraná, PR. **Anais...** Paraná: ENEGEP, 2007.

ESSE, R. A contribuição dos processos industriais de construção para adoção de novas tecnologias. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, RJ, ano 5, v. 5, n. 3, p. 89–107, 2003.

FRANCKLIN J. I., AMARAL, T. G. Inovação tecnológica e modernização na indústria da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008.

MARTINS, M.G. **A inovação tecnológica na produção de edifícios impulsionada pela indústria de materiais e componentes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SABBATINI, F. H.. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. 3 ed., Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

VICENTINE, C. M. Inovação e administração estratégica para os novos cenários competitivos do século XXI. **Revista Brasileira de Estratégia**. Curitiba, PR, v. 2, n. 3, p. 225–232, 2009.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CROSS LAMINATED TIMBER (CLT): UMA TECNOLOGIA CONSTRUTIVA VIÁVEL NO BRASIL?[1]

SILVA, Carla A. (1); CHIRINÉA, Maria Letícia B. (2); BARROS, Mercia M. S. B. (3)

(1) EPUSP, e-mail: carla.a.silva@usp.br; (2) EPUSP, e-mail: maria.chirinea@usp.br (3) EPUSP, e-mail: mercia.bottura@usp.br

RESUMO

Em momentos de desenvolvimento econômico ou de retração, a busca por redução de custo, principalmente, por meio de aumento de produtividade e redução de desperdício, é um princípio fundamental da atividade produtiva e, em particular, da atividade de construção. A tecnologia construtiva que emprega Cross Laminated Timber (CLT) ou Madeira Laminada Colada Cruzada começa a despertar interesse no mercado brasileiro, tanto por suas características de industrialização e de sustentabilidade, como pelo grande potencial madeireiro do país. Com foco nesta tecnologia, este artigo tem como objetivos apresentar a tecnologia que utiliza CLT e realizar uma análise crítica, identificando oportunidades e desafios para sua utilização no contexto atual da construção brasileira de edificações. O método de pesquisa adota revisão bibliográfica sobre o tema, considerando-se artigos técnico-científicos e catálogos técnicos de fabricantes internacionais, além de entrevista com empresária do setor que busca desenvolver um processo construtivo nacional usando essa tecnologia. Os resultados do estudo permitem um maior conhecimento sobre as oportunidades e desafios para utilização do CLT no mercado brasileiro. Entre os desafios, está a aceitação dessa inovação tecnológica por parte das instituições financiadoras, sendo necessária prévia avaliação pelo SINAT do PBQP-H, um processo moroso que exige grandes investimentos pelo proponente do sistema.

Palavras-chave: Cross Laminated Timber (CLT). Pré-fabricação em madeira. Construção civil - Inovação tecnológica.

ABSTRACT

The search for cost reduction, mainly through increased productivity and waste reduction is a fundamental principle of productive activity and, in particular, construction activity in times of economic development or retraction. Constructive technology that employs Cross Laminated Timber (CLT) begins to awaken interest in the Brazilian market, both for its industrialization features and sustainability, as the great timber potential of the country. Focusing on this technology, this article aims to present the technology that uses CLT and perform a critical analysis, identifying opportunities and challenges for its use in the current context of the Brazilian construction of buildings. The research method adopts literature review of technical and scientific articles and technical catalogs of international manufacturers, as well as an interview with an industry entrepreneur who seeks to develop a national construction process using this technology. The study results allow a better understanding of the opportunities and challenges for the use of CLT in Brazil. Among the challenges is the acceptance of this technological innovation by funding institutions,

[1]SILVA, Carla A.; CHIRINÉA, Maria Letícia B.; BARROS, Mercia M. S. B. Cross Laminated Timber (CLT): uma tecnologia construtiva viável no Brasil?. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

requiring prior assessment by SINAT PBQP-H, a lengthy process that requires large investments by the system proponent.

***Keywords**: Cross Laminated Timber (CLT). Precasting in wood. Civil construction - Technological innovation.*

1 INTRODUÇÃO

Em momentos de desenvolvimento econômico ou de retração, a busca por redução de custo, principalmente, por meio de aumento de produtividade e redução de desperdício, é um princípio fundamental da atividade produtiva e, em particular, da atividade de construção. A adoção de tecnologias pré-fabricadas pode contribuir para obtenção de um processo construtivo industrializado, visando ao aumento da produtividade, à maior eficiência na utilização dos recursos e à melhora na qualidade tanto de execução, como do produto final.

A tecnologia construtiva que emprega Cross Laminated Timber (CLT) ou Madeira Laminada Colada Cruzada começa a despertar interesse no mercado brasileiro, tanto por suas características de industrialização, como de sustentabilidade.

O crescimento da conscientização ambiental vem incentivando o aumento da utilização da madeira na construção civil fora do país. No Brasil, apesar de sua grande capacidade madeireira, a utilização predominante destina-se ao mercado de papel e celulose. Mesmo diante dos apelos de sustentabilidade, ainda existem preconceitos com relação à utilização de madeira para edifícios de múltiplos pavimentos, principalmente, por associar o material ao baixo desempenho quanto à segurança contra incêndio, segurança estrutural e durabilidade. O processo de laminação cruzada da madeira busca solucionar essas deficiências e oferecer um material apropriado para construção de edifícios.

O presente artigo tem como objetivos apresentar a tecnologia que utiliza CLT e realizar uma análise crítica, identificando oportunidades e desafios para sua utilização no contexto atual da construção brasileira de edificações.

2 METODOLOGIA

A abordagem do tema será feita por meio de: revisão bibliográfica sobre construção em CLT; pesquisa em catálogos técnicos de fabricantes internacionais; e entrevista com empresária do setor que está em fase de desenvolvimento de um "CLT nacional", vislumbrando os principais desafios de implementação dessa tecnologia no Brasil.

3 CROSS LAMINATED TIMBER (CLT)

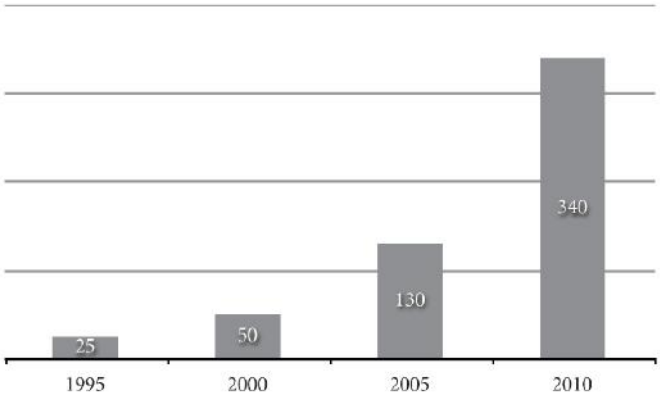
A tecnologia construtiva que emprega CLT é constituída por painel pré-fabricado, estrutural, composto por três ou mais camadas de pranchas de madeira, ligadas por adesivos estruturais à base de poliuretano. A sobreposição cruzada das chapas aumenta a resistência do material,

possibilitando sua utilização tanto em elementos estruturais (pisos e cobertura), quanto em vedações verticais.

A produção de edifícios em CLT inicia-se na fábrica, onde são usinados painéis para vedações verticais, pisos e cobertura. Em seguida, os painéis são transportados para o canteiro de obras, com vãos (janelas e portas) e espaço para passagem de instalações previamente recortados em fábrica. Com o auxílio de guindastes, os elementos são içados até sua posição definitiva na edificação. Em seguida, carpinteiros utilizam conectores metálicos e parafusos para executar as ligações.

O CLT foi desenvolvido na Suíça no começo dos anos 90, mas foi na Áustria que se desenvolveu tal como usado hoje. Tratando-se somente de CLT, de 1996 a 2008, sua produção cresceu 860% na Europa. Na Europa Central a produção de CLT já é a 2ª mais importante dentre os produtos beneficiados de madeira (Figura 1). Os países que lideram o uso de CLT atualmente são Áustria, Alemanha, Suíça, Suécia, Noruega e Reino Unido. Dentre os principais fornecedores de CLT no mercado internacional, destacam-se: KLH, Stora Enso, Binderholz, Martinsons e Moelven (CRESPEL; GAGNON, 2010).

Figura 1 - Gráfico sobre a evolução do CLT na Europa Central (1.000 m³)



Fonte: Schickhoper (2010) apud Passareli (2013)

O CLT pode ser empregado em diversos tipos de edifícios, para construções novas e em obras de retrofit. A utilização da tecnologia do CLT para reabilitação de edifícios apresenta vantagens como peso próprio da estrutura reduzido; compatibilidade com outros materiais e componentes construtivos; estrutura esbelta, proporcionando ganho na área e altura disponíveis; obra seca e pré-fabricada; capacidade de contraventamento do edifício para esforços horizontais; além da rapidez de intervenção.

A construção de edifícios em CLT pode ser realizada a partir da montagem em canteiro de painéis pré-fabricados, ou de módulos tridimensionais montados na fábrica e posicionados no canteiro (construção modular), podendo proporcionar ganho de velocidade e qualidade à construção de edifícios, tanto de média altura (6-10 pavimentos), quanto de elevada altura (até 150m), quando combinada com núcleo de concreto armado. No entanto, a tecnologia exige adequação dos projetos às exigências impostas pelo componente, devendo-se antecipar o detalhamento do projeto, dado

que os painéis são fabricados seguindo especificações previamente definidas.

3.1 Processo de fabricação

O processo de fabricação dos painéis inicia-se com a secagem e tratamento biológico da madeira, contra organismos xilófagos. Para que as pranchas atinjam as dimensões necessárias, são utilizados encaixes tipo macho-fêmea para posterior montagem do painel com utilização de adesivo. O tempo máximo para a disposição das camadas não pode exceder 25 minutos, pois esse é o tempo para que o poliuretano inicie seu período de cura.

Além de colagem, também podem ser utilizados pregos ou cavilhas de madeira. Como as madeiras são classificadas eletronicamente com relação à presença de trincas e nós, são empregadas madeiras de melhor qualidade nas camadas que serão utilizadas no sentido de maior solicitação estrutural, o que diminui o desperdício de madeira, dado que praticamente todas as pranchas podem ser utilizadas.

O fator crítico do processo de fabricação é a correta prensagem, que necessita ser homogênea. Existem prensas a quente que visam a acelerar o processo de secagem do adesivo e diminuir o tempo de produção. Após a prensagem, são realizados acabamentos com plainas e lixas, para posterior usinagem, quando são realizados cortes nos tamanhos exatos, feitos por serra controlada numericamente por computador (CNC), garantindo qualidade e precisão do produto final. Após a usinagem é realizado o controle de qualidade, testando-se a resistência à flexão e ao cisalhamento e delaminação dos painéis.

Não há padronização no tamanho dos painéis, que variam de acordo com o tamanho das prensas utilizadas pelos fabricantes. Porém, os painéis mais frequentemente encontrados possuem larguras de 0,60 m, 1,20 m, 2,40 m e 3,00 m. A espessura dos painéis pode chegar a 50 centímetros. As dimensões dos painéis não devem exceder à regulamentação local para transporte de carga. No caso do Brasil, o CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito) autoriza o transporte de cargas em veículos com as dimensões máximas: largura de 2,60m; altura de 4,40m e comprimento total para veículos não-articulados de 14,00m.

Antes do transporte, todas as peças são identificadas com um código numérico, com a finalidade de serem identificadas facilmente no canteiro, e embaladas para que não sejam danificadas durante o transporte até o local de montagem. Para o transporte, os elementos com pouca ou nenhuma usinagem são carregados na horizontal, proporcionando melhor aproveitamento do espaço disponível no caminhão, enquanto elementos com muita usinagem são transportados na vertical, pois, devido às aberturas, resistem menos aos esforços quando solicitados na posição horizontal.

3.2 Processo construtivo

O processo construtivo utilizando painéis em CLT é caracterizado por maior precisão, maior velocidade de execução, maior segurança, equipe técnica enxuta, menor incômodo à vizinhança e menor desperdício.

Nas construções com painéis pré-fabricados de CLT, todos os componentes, dispostos na horizontal (lajes) ou na vertical (vedações), são portantes e responsáveis pela distribuição uniforme das cargas. Aponta-se como vantagem desse tipo de construção a distribuição econômica das cargas. Como limitação, é apontada a grande compartimentação necessária, porém, essa é apropriada para alguns tipos de edifício, como habitacional ou hotel. Nesses casos, são adotadas barreiras acústicas entre apartamentos. É possível executar estruturas independentes do edifício para escadas, circulações horizontais e varandas, que podem ser em concreto armado ou estrutura metálica, por exemplo; ou mesmo com o próprio sistema CLT.

Nas construções com módulos tridimensionais formados por painéis de CLT, estes também são portantes e ocorre a distribuição linear das cargas. Como vantagem desse sistema construtivo, toda a montagem dos painéis, inclusive seu acabamento, é realizada no ambiente controlado de fábrica, restando para fase de execução no canteiro o posicionamento dos módulos, as ligações com fundações e redes principais de instalações prediais. Deixa-se uma câmara de ar entre células, o que contribui para o isolamento acústico entre ambientes. Como desvantagem, têm-se: elevado investimento para implantação de uma fábrica de módulos tridimensionais e dificuldade de otimização dos custos com transporte, pois necessariamente haverá transporte de "ar" dentro dos módulos (o transporte é calculado em volume).

No transporte até o canteiro e durante a construção, os painéis em CLT devem ser protegidos contra a umidade. Na Europa, chega-se a construir tendas temporárias, que sobem com o avanço da execução dos pavimentos (Figura 2). O cuidado na proteção contra a umidade evitará problemas relacionados à variação dimensional do painel e em suas juntas, bem como descoloração e sujidades nos mesmos.

Figura 2 - Proteção temporária contra a umidade na fase de execução



Fonte: Karacabeyli e Douglas (2013)

A fase de montagem em canteiro segue um plano com a numeração dos componentes e sua sequência de montagem. Nessa fase, os painéis ou módulos são ligados por meio de sistemas de fixação mecânica, tais como conectores metálicos e parafusos.

Na fase de estudo de viabilidade do projeto devem ser planejados o transporte dos painéis pré-fabricados em CLT, como serão armazenados no canteiro e como ocorrerá seu manuseio e movimentação (Figura 3). A depender das dimensões dos painéis, o transporte pode apresentar custo elevado e necessidade de serviços especializados. Limitações de área em canteiro ou regulamentações locais também podem restringir a adoção da tecnologia construtiva do CLT em um empreendimento.

Figura 3 - Movimentação de módulo em CLT no canteiro

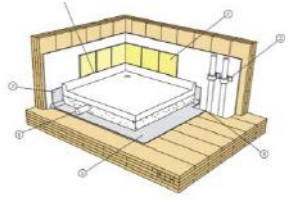
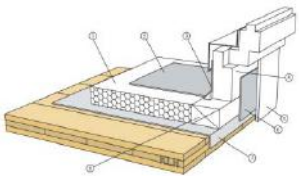


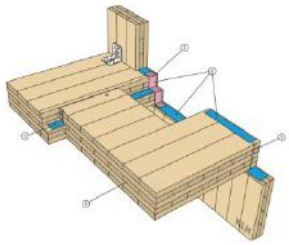
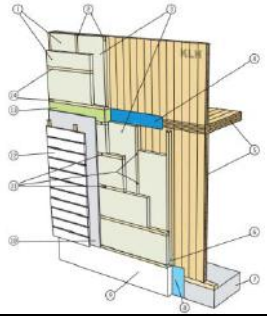
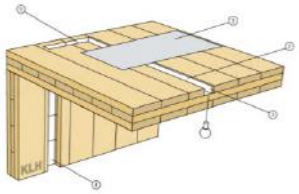
Fonte: Karacabeyli e Douglas (2013)

3.3 Características das construções com painéis em CLT

No Quadro 1 foram relacionadas características das construções com painéis em CLT.

Quadro 1 - Características das construções com painéis em CLT

PISO 	• O piso formado por painel em CLT deve ser protegido do contato com o solo, a fim de isolar a edificação da umidade ascendente (também pode servir como um *shaft* horizontal). • Apesar de admitir diversos revestimentos para piso, recomenda-se o uso de "piso-box" nas áreas molhadas, devido à adequada estanqueidade proporcionada pelo produto.
COBERTURA 	• Pode-se aplicar material impermeabilizante diretamente sobre o painel em CLT, para construção de telhados com pequena inclinação (membranas tipo TPO, EPDM ou PVC). • Entre o painel em CLT e a camada de isolamento termo-acústico, recomenda-se o uso de membrana impermeável à água, que permita a passagem do ar e da umidade na forma de vapor.

VEDAÇÕES EXTERNAS E INTERNAS 	• Os painéis em CLT admitem diversos tipos de revestimento e podem, inclusive, vir pintados de fábrica. • O corte das aberturas dos vãos de portas e janelas é realizado em fábrica utilizando máquinas CNC, a partir do painel acabado. • Recomenda-se a padronização em projeto dos tamanhos de painel de vedação externa e interna, bem como dos painéis utilizados como laje. • Geralmente, os painéis são unidos com fixação mecânica em intervalos regulares para evitar cargas concentradas. Um projeto em CLT deve ter suas ligações completamente detalhadas.
FACHADA 	• Por trás dos revestimentos de fachada pré-fabricados, recomenda-se o uso de membrana impermeável à água, que permita a passagem do ar e da umidade na forma de vapor. • Podem ser adicionadas camadas de isolamento termo-acústico entre o painel em CLT e o revestimento de fachada. • Devem ser empregadas fitas especiais nos encontros entre painéis para garantir a estanqueidade.
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS 	• As instalações prediais podem ser embutidas em canaletas no painel em CLT cortadas em fábrica. Porém, a resistência da parede pode ser significativamente reduzida (até 30%) devido à grande quantidade de canaletas. Portanto, as canaletas devem ser consideradas no cálculo estrutural. • Deve-se evitar a passagem de instalações nos painéis que dividem apartamentos, devido à redução do isolamento acústico. • As canaletas podem ser substituídas por paredes hidráulicas em drywall (sobrepostas ao painel), ou pelo uso de eletrodutos aparentes para distribuição das instalações elétricas.

Fonte: KLH (2014)

4 OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO CLT NO BRASIL

4.1 Produção madeireira

A pesquisa de Passarelli (2013) revela o quadro da produção madeireira no Estado de São Paulo, comparando-o com a produção austríaca. Ao contrário do que acontece na Áustria, as florestas plantadas no Estado de São Paulo, em sua maioria, são constituídas de Eucalyptus (80%), espécie utilizada na produção de papel e celulose; e Pinus (20%), espécie utilizada na produção de PMVA (produtos de maior valor agregado), laminados e madeira serrada. Atualmente, no Brasil, a produção de madeira serrada recebe menos investimentos do que a indústria de papel e celulose, e por isso emprega mais mão de obra e opera com menor mecanização e automação. Em escala nacional, a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2016) afirma que dos 7,74 milhões de hectares de árvores plantadas de eucalipto,

pinus e demais espécies (acácia, araucária, paricá e teca), a maior parte (34%) é destinada para a indústria de papel e celulose.

Segundo Passarelli (2013), apesar do Estado de São Paulo apresentar quatro vezes o tamanho do país europeu em área, possui cobertura florestal apenas 1,5 vezes maior. Além disso, a Áustria apresenta aproximadamente três vezes mais área dedicada à exploração de PFM (produtos florestais madeireiros), quando comparada ao Estado de São Paulo. Porém, mesmo com área restrita para a exploração de PFM, anualmente é produzido um significativo volume de toras de madeira (4 a 6 vezes maior do que as florestas austríacas), graças às boas condições climáticas do país, que resultam em elevada taxa de incremento anual.

Dessa forma, o autor conclui que o Brasil apresenta condições favoráveis para exploração de recursos madeireiros, particularmente, espécies de plantios florestais de rápido crescimento, como o Pinus.

4.2 Custos

Segundo o fornecedor de painéis KLH, em geral, o edifício em CLT custa 30% a mais do que o de estrutura de concreto armado. No entanto, a avaliação dos custos deve abranger outras questões, como redução do prazo de obra, por exemplo. No caso do Edifício "The Stadthaus", em Londres, o prazo de execução do empreendimento foi reduzido de 66, com utilização de concreto armado, para 49 semanas, com utilização de CLT, ou seja, redução de 17 semanas (YATES et al., 2008). Outro resultado obtido nesse empreendimento refere-se à redução da carga de carbono em 300.000 kg, o que compensa o consumo de energia na operação do edifício por 20 anos (15.000 kg/ano).

Pan e Sidwell (2011) discutem em seu artigo custos envolvidos no processo construtivo desenvolvido em fábrica (*offsite construction*). Segundo os autores, os benefícios da construção fora do canteiro têm sido amplamente estudados e abordam reduções de: tempo, defeitos, riscos à saúde e segurança do operário, impacto ambiental e custo ao longo da vida útil do edifício. Tais benefícios resultam em aumento da previsibilidade, produtividade, desempenho ao longo da vida útil e rentabilidade. No entanto, a adoção de um processo construtivo desenvolvido em fábrica é inibida, principalmente, pela disseminação da ideia de que o custo (real ou percebido) é mais elevado em comparação com soluções construtivas tradicionais. Para os autores, a redução de custos não ocorre automaticamente ao adotar tecnologia offsite, mas requer um compromisso de longo prazo das organizações e uma contínua exploração da tecnologia offsite, em colaboração com suas cadeias de suprimentos.

4.3 Empresa em processo de implementação do CLT no Brasil

As autoras visitaram uma empresa situada em Curitiba, com experiência na construção de habitações em madeira maciça e steel frame. Apesar de atuar no mercado de construção em madeira desde a década de 90, nos

últimos anos, a empresa buscou uma alternativa ao pinus autoclavado que incorporasse alto grau de industrialização. Decidiu-se incorporar o CLT ao portfólio por ser uma tecnologia bem sucedida na Europa e com a qual tiveram experiência anterior de sucesso, atuando no mercado português.

O objetivo da empresa é produzir casas modulares pré-fabricadas em CLT. Ela conta com um departamento técnico de engenharia e arquitetura, que personaliza o projeto conforme a necessidade do cliente. Uma ideia bastante trabalhada é o conceito de espaços modulares, que permite à edificação "crescer" ou "diminuir" ao longo do tempo.

Com a finalidade de viabilizar financeiramente a utilização do CLT no Brasil, a empresa está em fase de pesquisa e desenvolvimento de um "CLT nacional", pois o preço para importação dos painéis produzidos na Europa inviabilizaria sua utilização no Brasil, segundo a empresária entrevistada. A busca por um substituto para o adesivo utilizado por fornecedores internacionais e a adaptação da madeira utilizada para o pinus são fatores decisivos. O produto ainda está em fase testes e melhorias para atendimento às normas brasileiras.

Do contato com a empresa, foi possível identificar as dificuldades que os empresários brasileiros do setor da construção civil encontram na implementação de novas tecnologias, dentre elas:

- Falta de incentivos governamentais, principalmente com relação aos altos custos com ensaios e equipamentos necessários para o desenvolvimento do componente;
- Encontrar e estabelecer parcerias com entidades confiáveis e gabaritadas;
- Vencer preconceitos com relação à madeira, frente a um mercado com tradição construtiva em concreto;
- Encontrar projetistas dispostos a investir no conceito de construção modular pré-fabricada, alterando seus métodos de projeto;
- Superar barreiras do financiamento de construções em madeira, uma vez que as instituições financeiras não financiam madeira, por ser um bem móvel que não pode ser tomado como garantia.

4.4 Oportunidades e desafios

A seguir estão relacionadas as principais oportunidades e desafios para utilização da tecnologia do CLT no Brasil, identificadas nesta pesquisa (Quadro 2).

Quadro 2 - Oportunidades e desafios para utilização do CLT no Brasil

Oportunidades	• Processo automatizado; • Aumento da produtividade e redução dos custos com mão-de-obra; • Ganho com economia de escala e alto nível de pré-fabricação dos elementos construtivos; • Redução de desperdícios tanto em fábrica quanto em canteiro; • Emprego de madeira como fonte renovável, que requer menos energia nas fases de fabricação e construção; • Contribuição para sequestro de carbono e redução de gases de efeito estufa.
Desafios	• Aceitação da tecnologia por projetistas, construtores e consumidores; • Grandes investimentos em infraestrutura de produção; • Requer proximidade da fábrica de CLT das áreas de reservas florestais, devido aos custos com transporte de matéria-prima (madeira serrada); • Requer projetos de produção e montagem, a exemplo de segmentos industriais, para permitir execução dos diversos elementos em fábrica; • Criação de padrões e normas específicas; • Aceitação da inovação tecnológica do CLT por parte das instituições financiadoras, sendo necessária prévia avaliação pelo SINAT do PBQP-H, um processo moroso que exige grandes investimentos pelo proponente do sistema.

Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

A tecnologia construtiva do CLT começa a despertar interesse no mercado brasileiro, tanto por suas características de industrialização, como de sustentabilidade.

Uma parte significativa do processo de produção de um edifício em CLT é desenvolvida em fábrica. Portanto, há potencial para atingir os benefícios da *offsite construction*, como reduções de prazo, defeitos, riscos à saúde e segurança do operário, impacto ambiental e custo ao longo da vida útil do edifício. Tais benefícios resultam em aumento da previsibilidade, produtividade, desempenho ao longo da vida útil e rentabilidade.

Do ponto de vista ambiental, o CLT possui vantagem significativa com relação ao concreto, dado que a construção em CLT requer menos energia durante as fases de fabricação e de construção. A madeira é o único material de construção com um balanço negativo de CO2, ou seja, que armazena CO2. No entanto, há dois aspectos que contradizem o apelo sustentável da tecnologia do CLT: uso de adesivo de poliuretano (PU) de fonte não renovável; e desperdício de material com recortes de portas e janelas a partir do painel acabado.

A implementação da tecnologia CLT demanda altos investimentos em maquinaria e infraestrutura de produção. Uma linha de produção quase totalmente automatizada, montada para reduzir custos individuais do produto através da produtividade, somente se justifica com grande demanda pelo produto.

Trantando-se de uma inovação tecnológica, é necessária uma prévia

avaliação do CLT pelo SINAT do PBQP-H, para que a tecnologia possa ser financiada pelo sistema financeiro. Porém, este é um processo moroso que exige grandes investimentos pelo proponente do sistema.

Além disso, é fundamental a criação de normas específicas, que considerem questões de desempenho, para regulamentar o uso dessa solução no Brasil.

Finalmente, o presente estudo permitiu um maior conhecimento sobre a tecnologia do CLT. Foram apresentadas as principais vantagens e desafios para sua implementação no Brasil, que dependerá do envolvimento dos diversos agentes da cadeia produtiva da construção civil para tornar-se uma realidade no país.

REFERÊNCIAS

COSTA, A. A. P. **Construção de Edifícios com Cross Laminated Timber (CLT)**. 2013. 129 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Porto, Departamento de Engenharia, Porto, 2013.

CRESPEL, P.; GAGNON, S. **Cross Laminated Timber:** a Primer. Special Publication 52, FPInnovations, 2010.

IBÁ, Brasília (DF). Apresenta informações sobre a cadeia produtiva de árvores plantadas. Disponível em:<http://iba.org/> Acesso em: 10 jun. 2016.

KARACABEYLI, E.; DOUGLAS, B. **CLT Handbook:** cross-laminated timber. U.S. Editem. FPInnovations, 2013.

KLH, Reino Unido. Apresenta informações e imagens do fornecedor de painéis em CLT. Disponível em: <http://www.klhuk.com>Acessoem: 17 jug. 2014.

PAN, W.; SIDWELL, R. Demystifying the cost barriers to offsite construction in the UK. **Construction Management and Economics**, n. 29, p. 1081-1099, nov. 2011.

PASSARELLI, R. N. **Cross-Laminated Timber:** diretrizes para projeto de painel maciço em madeira no Estado de São Paulo.2013. 192 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

YATES, M. et. al. **Design of an 8 storey Residential Tower from KLH Cross Laminated Solid Timber Panels**. 2008. Disponível em: <http://www.ewpa.com/Archive/2008/june/Paper_299.pdf> Acesso em: 01 jul. 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSTA DE UMA FAMÍLIA DE BLOCOS MODULARES COM GEOMETRIA DIFERENCIADA PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL[1]

SILVA, Fábia (1); BARROS, Bruna (2); MAGALHÃES, Emanuelle (3)

(1) UFAL, e-mail: engenhariacivil.fabia@gmail.com; (2) UFRGS, e-mail: brunarb@gmail.com; (3) UFAL, e-mail: smagalhaes.emanuelle@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento tecnológico avança em diversos setores da indústria. Porém na construção civil, observa-se que esta ainda carece de tecnologias que facilitem o processo construtivo. Tecnologias construtivas exercem uma grande importância para as construções em geral, sempre em vista à minimizar custos e desperdícios. Nesta perspectiva, pode-se citar as Habitações de Interesse Social (HIS) que necessitam de materiais construtivos de qualidade, e portanto, carecem de avanços dessas referidas tecnologias, sendo dessa forma, necessário atuar de maneira mais enfática nesta área. Diante disso, este trabalho apresenta uma proposta de uma família de blocos modulares com geometria diferenciada para alvenaria de vedação, composto por blocos e uma canaleta, com sugestão de aplicação de argamassa apenas na horizontal. Internamente nos blocos, vãos livres facilitam a passagem de instalações elétricas e hidráulicas nas duas direções, diminuindo a quantidade de danos no assentamento e na passagem das instalações. Durante a criação dos blocos, foram utilizados softwares de representação gráfica e modelagem tridimensional. A relevância do trabalho versa ao debate sobre inovação tecnológica direcionada à modulação, além dos benefícios intrínsecos da incorporação da coordenação modular na construção civil, com racionalização construtiva.

Palavras-chave: Coordenação Modular. Construção Civil. Alvenaria de vedação.

ABSTRACT

The technological development is present in various sectors of the industry, however in the construction side it is notable a lack of technology to facilitate the construction process. Nevertheless, construction technologies play an important role in Social Houses (SH), minimizing prices and wastage, so it becomes important to focus on improving that field. Thus, this paper proposes a family of modular bricks with a differentiated geometry, to be used in masonry partition. This family of bricks is composed by bricks and a channel and the plaster application is intended to horizontal direction. In addition, the bricks have internal voids which facilitate electrical and hydraulics installations along its axis, reducing the possible damages. In order to visualize the processes better, this work made use of some 3D software. The relevance of this paper lies especially in the debate about technological innovation in modulation, out of the intrinsic benefits of the incorporation of the modular coordination in the construction field, with construction rationalization.

***Keywords**: Modular coordination. Construction Field. Masonry Partition.*

[1] SILVA, Fábia; BARROS, Bruna; MAGALHÃES, Emanuelle. Proposta de uma família de blocos modulares com geometria diferenciada para alvenaria de vedação em HIS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria de vedação tem sido um dos processos tradicionais de maior importância nas construções. Com o avanço das tecnologias construtivas, novas formas de vedação de compartimentos foram desenvolvidas, a exemplo da vedação com gesso acartonado e *wood frame*. O uso destas, no entanto, não é tão expressivo quanto o do modelo tradicional de alvenaria de vedação.

Dando continuidade, alvenarias de vedação são aquelas destinadas a preencher vãos de estruturas, sejam elas de concreto armado, aço ou madeira e usadas para construção de habitações. Devem suportar o peso próprio, cargas provenientes de equipamentos ou móveis e resistir a ações dos ventos e chuvas (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2009).

Nesse panorama, vários estudos sobre sistemas construtivos foram desenvolvidos nas últimas décadas, com vistas a atender as necessidades de moradia para população de baixa renda. Porém, alguns sistemas são caros e necessitam de mão de obra especializada, o que inviabiliza sua utilização em construções para pessoas de classe C, D ou E. Atualmente, os blocos cerâmicos são os componentes construtivos mais utilizados por essas classes.

Dessa forma, surge a necessidade de se criar novos componentes construtivos que atendam aos principais requisitos para construções desse tipo: fácil aplicação e com mínimo desperdício.

Baseando-se no exposto, é importante ressaltar que a modernização tecnológica dos processos de produção da construção civil não se dará de forma rápida, com a substituição absoluta e imediata das técnicas e características do método tradicional. Essa mudança ocorre de forma gradativa, passando pela racionalização tradicional da construção, para aos poucos alcançar as inovações tecnológicas (SILVA, 2003).

Assim, este trabalho apresenta uma proposta de blocos modulares para alvenaria de vedação visando facilitar o processo tradicional de construção civil. Os blocos consistem em um novo elemento construtivo, de geometria diferenciada, que possibilita encaixes precisos e utilização de argamassa apenas na direção horizontal.

2 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos fundamentaram-se na necessidade de blocos para alvenaria de vedação que se encaixassem nas duas direções, sem impedir a passagem das instalações elétricas e hidráulicas. Desta forma, diminui-se a quantidade de blocos quebrados. Para tanto, os autores realizaram pesquisas bibliográficas com ênfase na coordenação modular, de forma que os conceitos pudessem ser aplicados no presente trabalho.
Foram traçados desenhos buscando o desenvolvimento de um modelo com medidas que possibilitassem a amarração da parede, e que seus encaixes, não interferissem nos furos dos blocos. A seguir, com o auxílio de softwares de

representação gráfica e modelagem tridimensional, deu-se forma ao modelo.

3 RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E A PROBLEMÁTICA DA RELAÇÃO PROJETO-OBRA

O desenvolvimento da indústria da construção civil provocou a criação de diferentes sistemas de construção e componentes construtivos, distinguidos por uma variedade de métodos, tecnologias e arquiteturas próprias. Atualmente, verifica-se uma expressiva organização em alguns setores, no qual encontram-se modernos sistemas construtivos e metodologias de gestão industriais que facilitam o processo construtivo (SERRA; FERREIRA; PIGOZZO, 2005).

Nestes termos, um conceito muito conhecido de racionalização é mencionado por Nogueira de Paula (1932) apud Melhado (1994), em que "racionalização é um sistema de organização que deve provocar o acréscimo do rendimento econômico e, paralelamente, o acréscimo da produção, o abaixamento dos preços e o melhoramento da qualidade dos produtos."

Entende-se que a racionalização de um processo é um conjunto de diretrizes que objetiva substituir as práticas convencionais arcaicas por novas tecnologias fundamentadas em sistemas que visam eliminar os exercícios empiristas (RIBEIRO, 2002).

Dando continuidade, Melhado e Agopyan (1995) propõem uma formulação distante de diretrizes para preparação de projetos, visando à qualidade e a implementação de uma filosofia fundamentada em princípios de enriquecimento tecnológico, racionalização e construtibilidade, oferecendo assim um novo conteúdo.

4 COORDENAÇÃO MODULAR E OS BENEFÍCIOS PARA A CONSTRUÇÃO

A coordenação modular faz referência a um sistema que utiliza dimensões pré-estabelecidas de simetria e proporção que objetiva arranjar o ambiente da construção por meio de medidas que se fundamenta em um sistema modular com dimensões organizadas (PARIZZOTO 2004).

De acordo com a ABNT NBR 15873 (2010), a coordenação modular é a técnica que admite integrar medidas de projeto com medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência, visando aumentar a intercambiabilidade de elementos tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil da edificação.

Segundo Baldauf (2004), para que a construção civil torne-se apta a cumprir o desempenho a que é estabelecida pela realidade contemporânea, é necessário que se encontre capacitada a produzir edificações que, além de respeitarem qualidades indispensáveis, a exemplo de habitabilidade, funcionalidade e durabilidade igualmente proporcionem características pautadas à produtividade, baixo custo e comportamento ambiental.

Dentro desse contexto, Mamede (2001) menciona algumas vantagens que são obtidas através da coordenação modular:

- Simplificação da elaboração de projeto;
- Normalização dos componentes de construção;
- Otimização das dimensões com redução do número de formato dos componentes da construção;
- Diminuição dos problemas de interface entre componentes e subsistemas;
- Padronização dos detalhes e precisão dimensional.

No Brasil o modelo com coordenação modular que ganha mais destaque é o de alvenaria estrutural, executada com blocos de concreto. Nesse caso, é indispensável o uso da coordenação modular para garantir a racionalização da construção frente os requisitos estabelecidos no projeto (AZUMA, 2008).

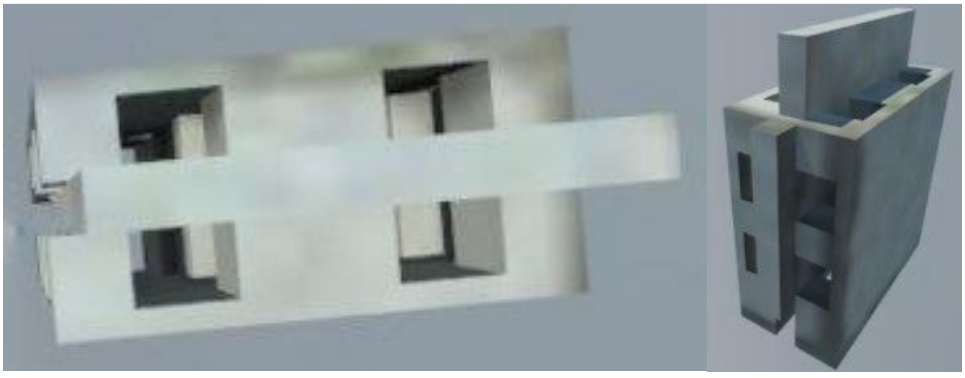
5 PROPOSTA DE UMA FAMÍLIA DE BLOCOS MODULARES COM GEOMETRIA DIFERENCIADA

5.1 Família de blocos

Analisando a problemática abordada, a partir desta seção, apresenta-se uma família de blocos modulares, composta por três componentes construtivos e uma canaleta para cinta de amarração. O material sugerido para confecção dos blocos é o concreto simples, que geralmente é utilizado para confeccionar blocos para alvenaria de vedação sem função estrutural, seguindo os critérios da NBR 12118 (2013).

Para a moldagem dos blocos, é necessário dimensionar uma forma que atenda ao modelo proposto. Depois, com o auxílio de uma mesa vibratória, deve-se adensar os blocos para eliminar as bolhas de ar. Na Figura 1, apresenta-se o primeiro componente desta família.

Figura 1 – Bloco Contínuo



Fonte: Os autores (2016)

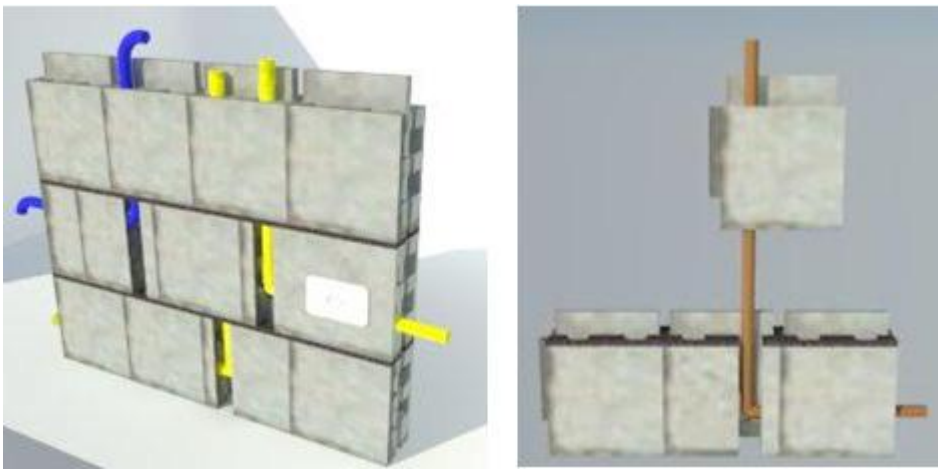
O primeiro componente consiste em um bloco com quatro furos na vertical e quatro na horizontal, que possibilitam a passagem de eletrodutos nas duas

direções sem que haja quebras na parede. Porém, é necessário que, na medida em que os encaixes forem acontecendo, as instalações dos eletrodutos e do sistema hidráulico sejam inseridas e feitas as aberturas dos pontos elétricos e hidráulicos.

A Figura 2 mostra como devem ser colocados os eletrodutos, bem como a instalação hidráulica: da vertical para a horizontal. Os blocos permitem a passagem de tubulação hidrossantiária com diâmetro máximo de (2,5 cm), e para colocar conexões, a exemplo de joelho com 90°, faz-se uma abertura em apenas um bloco, que depois é corrigido com o reboco. Na Figura 3, apresentam-se as vistas e comprimentos dos blocos.

Figura 2 – Instalações: (a) Eletrodutos e sistema pex; (b) Sistema hidráulico com tubos de PVC

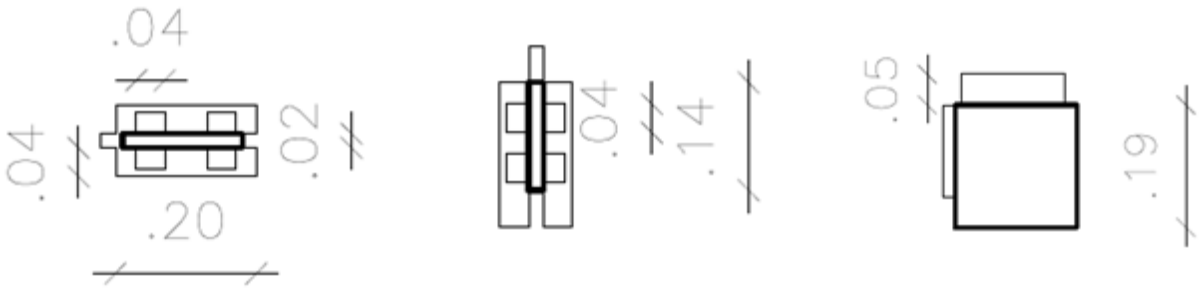
a) (b)



Fonte: Os autores (2016)

Figura 3 – Vistas do bloco contínuo: (a) superior; (b) frontal; (c) lateral

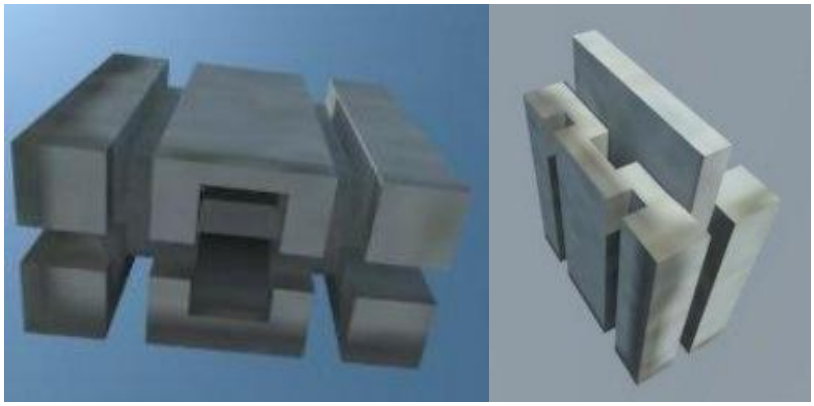
(a) (b) (c)



Fonte: Os autores (2016)

O segundo componente desta família modular, conforme ilustrado na Figura 4, é utilizado apenas para as amarrações em L, T e Cruz. A geometria deste bloco possibilita que o bloco contínuo seja encaixado nos cantos.

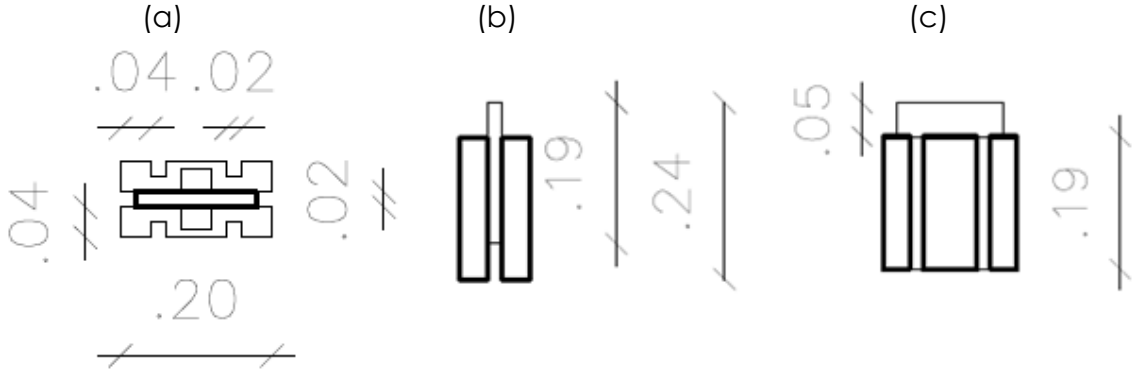
Figura 4 - Bloco de amarração



Fonte: Os autores (2016)

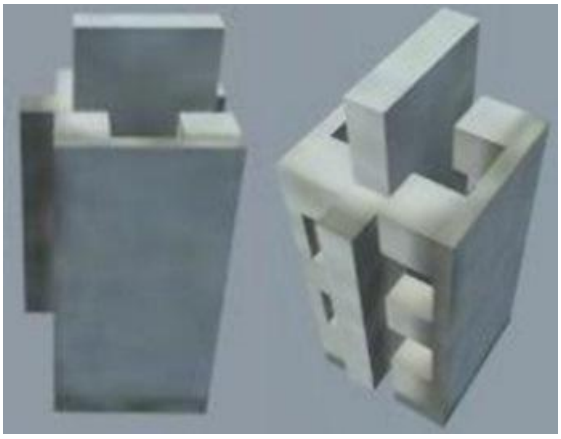
Conforme exposto, percebe-se que este bloco, em comparação com o bloco contínuo, tem apenas dois furos na vertical e nenhum na horizontal. Esta particularidade deve-se ao fato de que, por se tratar de um bloco com função apenas de amarrar a parede nos cantos, não é necessário ter furos na horizontal. No mais, ele apresenta seis cavas de encaixe, para facilitar a montagem da alvenaria em qualquer direção. A seguir, na Figura 5, exibe-se o comprimento e vistas do bloco de amarração.

Figura 5 – Vistas do bloco de amarração: (a) superior; (b) frontal; (c) lateral



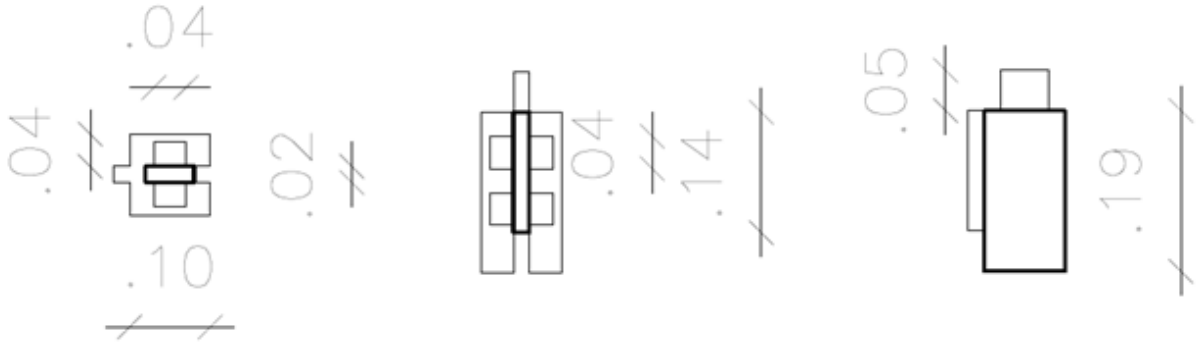
Fonte: Os autores (2016)

Figura 7– Meio bloco



Fonte: Os autores (2016)

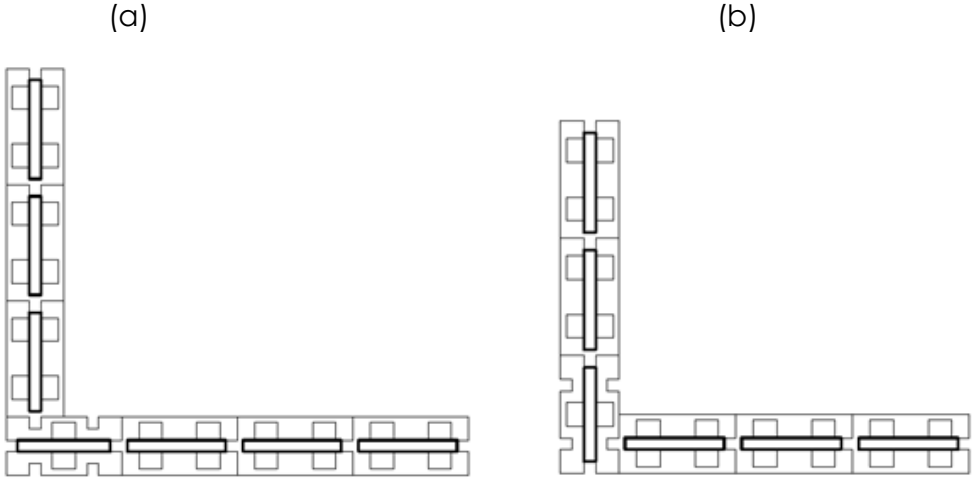
Figura 7 – Vistas do meio bloco: (a) superior; (b) frontal; (c) lateral



Fonte: Os autores (2016)

Para melhor exemplificar como os encaixes e as amarrações são feitas, apresenta-se na Figura 8 a planta baixa da amarração em L com primeira e segunda fiada, e nas Figuras 9 e 10, as amarrações em T e cruz.

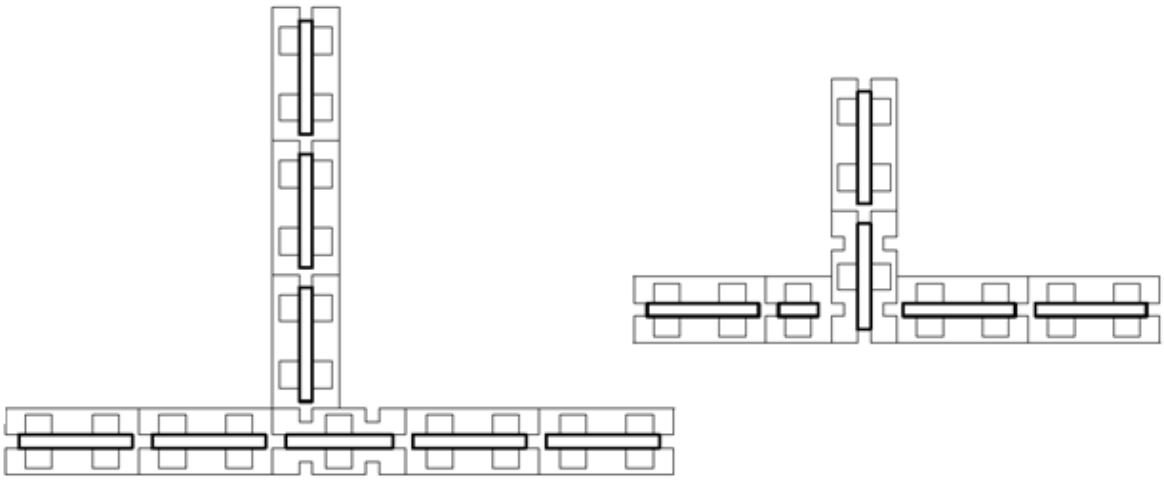
Figura 8- Amarração em L: (a) Primeira fiada; (b) Segunda fiada



Fonte: Os autores (2016)

Figura 9- Amarração em T: (a) primeira fiada; (b) Segunda fiada

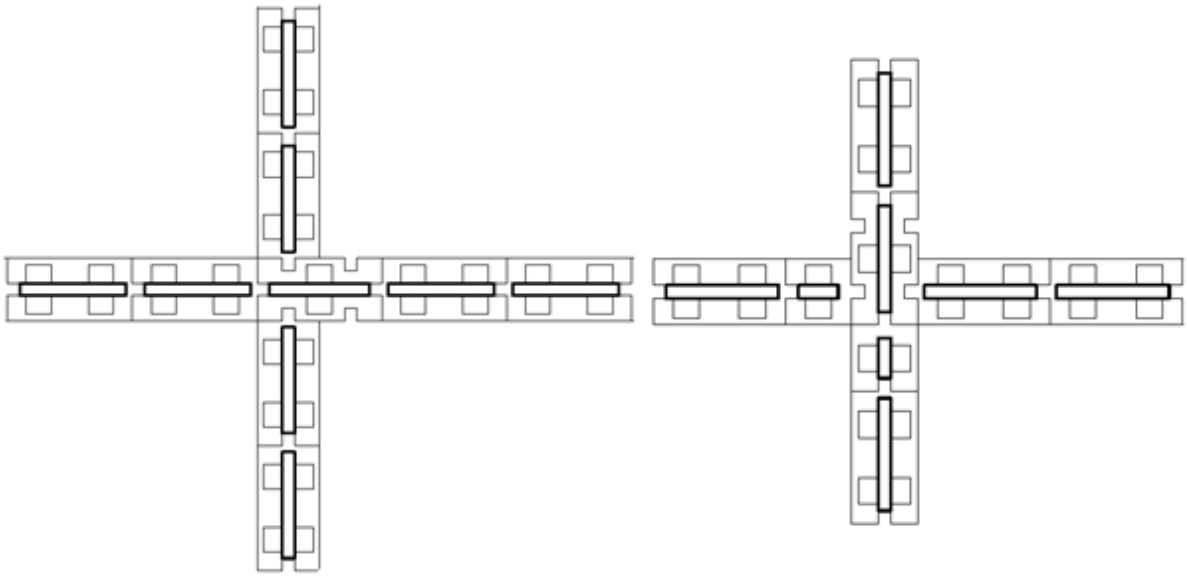
(a) (b)



Fonte: Os autores (2016)

Figura 10- Amarração em cruz: (a) Primeira fiada; (b) Segunda fiada

(a) (b)



Fonte: Os autores (2016)

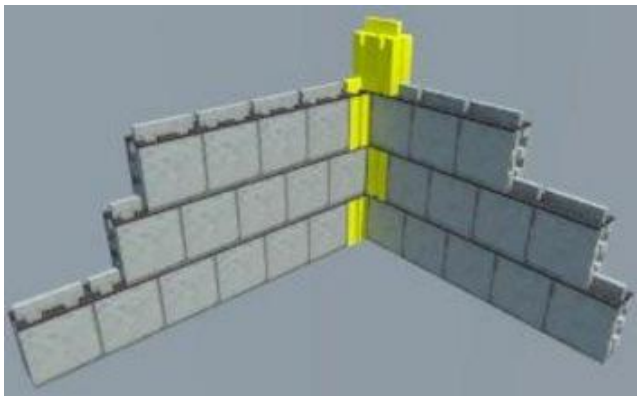
Na Figura 6, apresenta-se o último componente da família dos blocos, o meio bloco. O mesmo foi criado para evitar quebras na vedação. Na Figura 7, mostram-se as vistas e comprimentos do meio bloco.

Observa-se que os blocos atendem aos principais requisitos de amarrações necessárias para uma edificação. Com o encaixe nos dois eixos, sugere-se aplicação de argamassa de 1cm de espessura na direção horizontal.

Dando continuidade, expõe-se as amarrações em perspectiva juntamente com a representação da argamassa na horizontal. Tal ilustração é mostrada

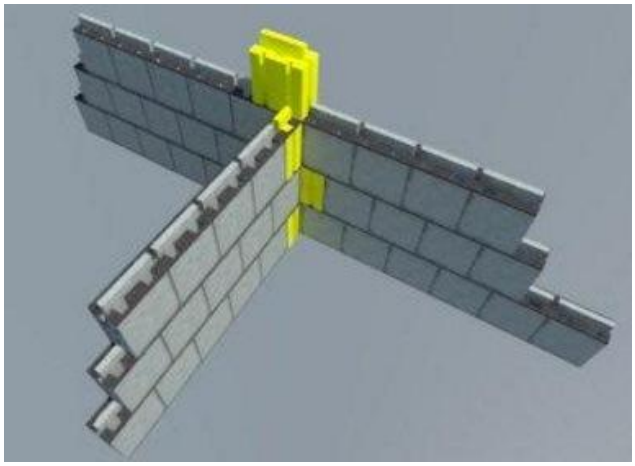
na Figura 11, com a amarração em L, e, em seguida, na Figura 12 exibe-se a amarração em T e, na Figura 13, a amarração em cruz. Para uma melhor visualização das perspectivas, o bloco de amarração foi destacado.

Figura 11 – Perspectiva da amarração em L



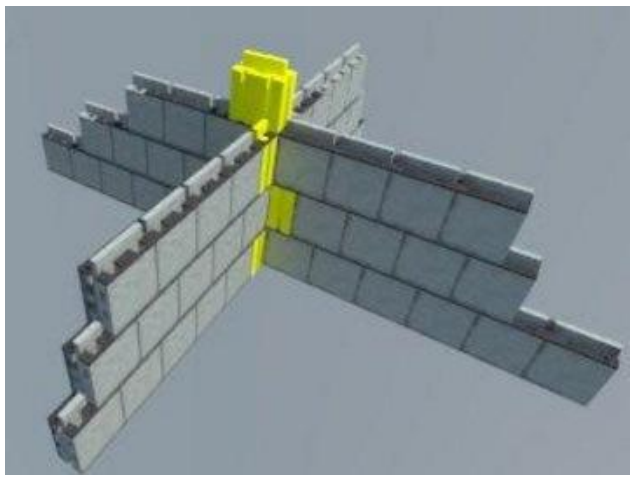
Fonte: Os autores (2016)

Figura 12 – Perspectiva da amarração em T



Fonte: Os autores (2016)

Figura 13 – Perspectiva da amarração em cruz



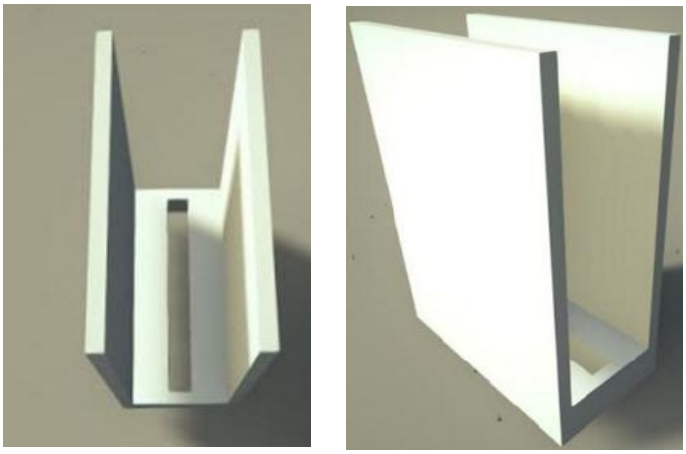
Fonte: Os autores (2016)

5.2 Canaleta e sua aplicação

As canaletas exercem uma função muito importante na construção, sendo utilizadas na cinta de amarração após o pé direito e nas vergas e contravergas de janelas e portas. Sendo assim, desenvolveu-se uma canaleta que corresponde com o encaixe dos blocos criados. Na Figura 14 mostra-se a geometria da canaleta em perspectiva.

Figura 14 – (a) Vista superior em perspectiva; (b) Vista diagonal em perspectiva

(a) (b)

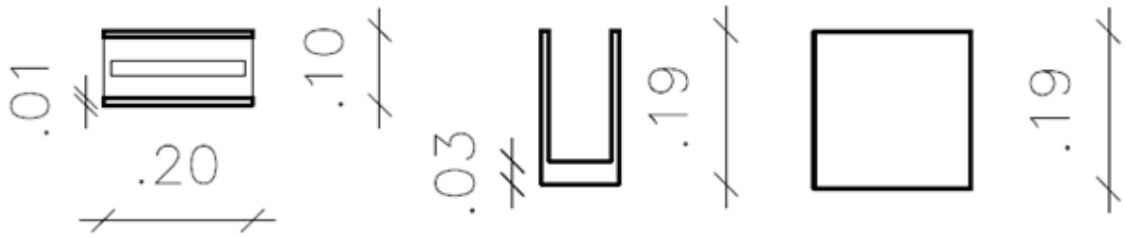


Fonte: Os autores (2016)

Percebe-se que a canaleta apresentada tem uma abertura na direção do comprimento. Esta abertura serve como encaixe na parte de cima dos blocos. Após o encaixe, instalam-se perfis de aço e concretam-se os blocos, criando a cinta de amarração. A seguir, na Figura 15, exibem-se as dimensões e vistas da mesma.

Figura 15 – Vistas da canaleta: (a) Superior; (b) Frontal; (c) Lateral

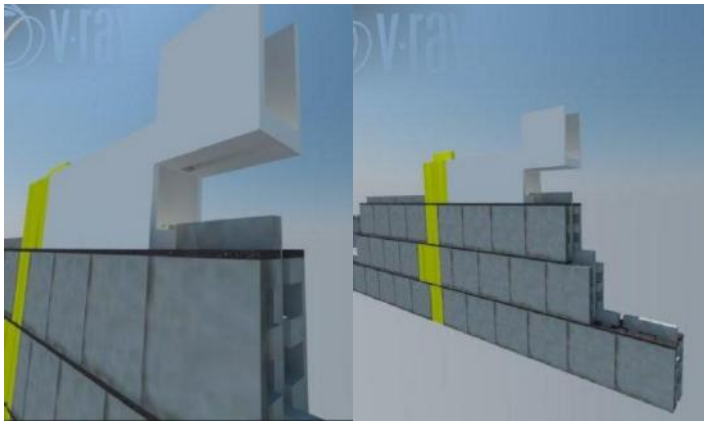
(a) (b) (c)



Fonte: Os autores (2016)

O encaixe da canaleta nos blocos é mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Encaixe da canaleta

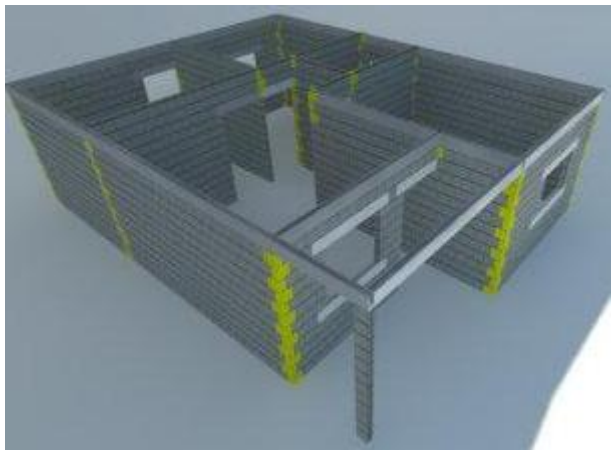


Fonte: Os autores (2016)

Observa-se que a canaleta projetada corresponde com o encaixe nos blocos, possibilitando que os perfis de aço e graute para concretagem sejam depositados.

À título de verificação, montou-se uma casa com padrões de uma HIS de 63 m^2 usando os referidos blocos para confirmar se desempenhariam, de fato, uma modulação e encaixes precisos no decorrer de uma construção. A Figura 17 apresenta o modelo da casa usando os blocos propostos.

Figura 17 – Montagem até o pé direito



Fonte: Os autores (2016)

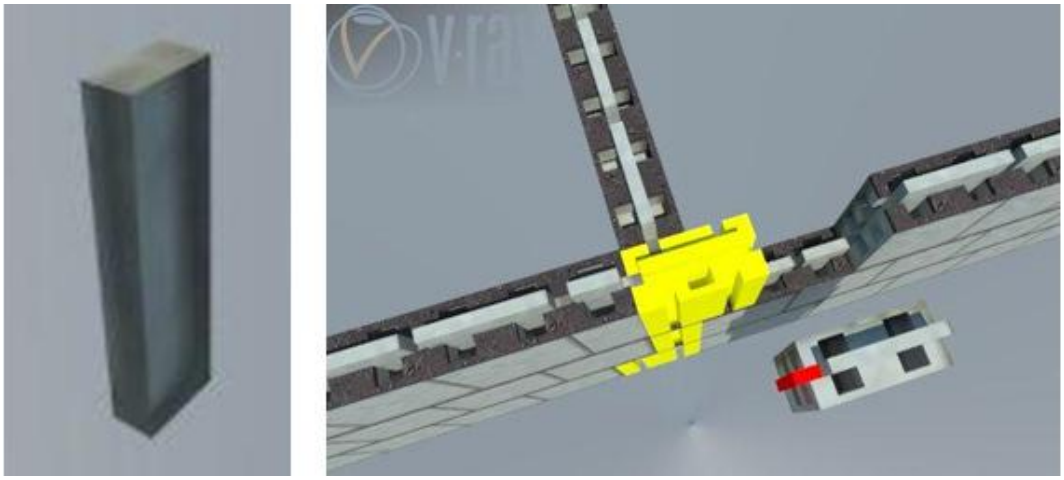
Ao desenvolver o modelo completo da casa, ficou evidente que o bloco contínuo tinha um problema. Dependendo do lado que se começa o assentamento, esquerdo ou direito, haverá um lado em que o bloco contínuo não se encaixará, pois ele só tem parede de encaixe de um lado. Consequentemente, no decorrer do assentamento e encaixe em uma fiada, o bloco contínuo não se encaixará na cava de encaixe do bloco de amarração.

Para solucionar o problema citado, criou-se mais um componente, conhecido na literatura como bloco compensador, o qual possibilitou o

encaixe sem maiores complicações. Nesse panorama, na Figura 18 apresenta-se o bloco compensador juntamente com o encaixe na extremidade esquerda do bloco de amarração. Para uma melhor visualização, o bloco compensador foi destacado no encaixe, de vermelho.

Figura 18 – (a) Bloco compensador; (b) Representação do encaixe no lado esquerdo

(a) (b)



Fonte: Os autores (2016)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias apresentam transformações em vários setores, e um destes é a construção civil. Com o déficit habitacional vivente no país, essas transformações tornam-se ainda mais urgentes. Desta forma, é indispensável a busca por elementos construtivos que utilizem os conceitos da coordenação modular, visando diminuir a geração de resíduos, agrupando rapidez e baixo custo, com desempenho e qualidade superior ou igual aos convencionais.

Desta forma, com os conceitos da coordenação modular aplicados na concepção de novos componentes construtivos para vedação, com ênfase no processo de montagem, estes possibilitam simplificar e uniformizar as etapas de construção, e como consequência, permitem construir de forma mais organizada e precisa, com menos desperdícios e erros.

A proposta apresentada neste trabalho surge como uma alternativa viável para alvenaria de vedação, tendo como vantagens: fácil aplicabilidade; redução de perdas no canteiro de obras; diminuição do consumo de argamassas; facilidade nas instalações elétricas e hidráulicas. O uso dos blocos também permite a compatibilização com projetos, já que as dimensões dos blocos apresentados são as mesmas dos blocos cerâmicos utilizados em diversas construções, dentre elas, as HIS.

Entretanto, ressalta-se que para essa proposta cumprir com as condições para o qual foi projetada, os materiais aplicados devem ser apropriados para que as propriedades mecânicas dos blocos não sejam afetadas. Assim,

entende-se que mais estudos são necessários para chegar a resultados específicos.

Portanto, como sugestão para realização de novos estudos, propõe-se a confecção de protótipos para avaliar o desempenho de possíveis construções com os referidos blocos. Com isso, compreende-se que será possível obter informações mais detalhadas referentes à proposta apresentada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao nosso Deus e a professora Bruna Rosa por nos orientar e estar sempre disponível a sanar nossas dúvidas e também pelo incentivo à pesquisa e à busca constante por conhecimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15873: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro 2010.

_____. NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria- Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

AZUMA, F. Uma contribuição através de um sistema CAD baseado na web para aplicação da coordenação modular nas habitações de interesse social. 2008. 256 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Setor de Tecnologia, UFPR, Curitiba. Disponível em: <http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0096.pdf >. Acesso em: 16 Jan. 2016.

BALDAUF, A.S.F. Contribuição à implementação da Coordenação Modular da construção no Brasil. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. Disponível em: http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4885/000416640.pdf?sequence=1. Acesso em: 03 Fev. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Códigos de práticas N°1. Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. 2009. Disponível em: http://www.ipt.br/projeto/2-codigos_de_praticas_na_construcao_civil.htm. Acesso em: 10 Jun. 2016

MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção de edíficios: Aplicação às empresas de incorporação e construção. 1994. 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. O conceito de Projeto na Construção de Edifícios: Diretrizes para sua Elaboração e Controle. 1995. 22 f. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP (Departamento de Engenharia de Construção Civil).

MAMEDE, F. C. Utilização de pré-moldados em edifícios de Alvenaria Estrutural. 2001. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Paulo, São Carlos. Disponível em:

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/.../2001ME_FabianaMamede.pdf. Acesso em: 18 Jul. 2015.

PARIZOTTO FILHO, S. (2004). Análise arquitetônica e construtiva de tipos habitacionais edificados com painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2004.

RIBEIRO, M. S. A industrialização como requisito para a racionalização da construção. 2002. 37 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, PROARQ/FAU, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: http://www.poli.ufrj.br/leeamb/Arquivos_para_Download/Dissertacao_Marcellus_Serejo_Ribeiro.pdf. Acesso em: 31 Mar. 2016.

SERRA, S.M.; FERREIRA, M.de A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos Pré-fabricados de Concreto. 2005. 1° Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-moldado. São Carlos, SP. Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf. Acesso em: 11 Jan. 2016.

SILVA, M. M. A. Diretrizes para o projeto de avenarias de vedação. 2003. 274 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01032004-150128/pt-br.php>. Acesso em: 10 Mar. 2016.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

REVESTIMENTO NÃO-ADERIDO: PROPOSTA DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO E MÉTODOS DE ENSAIO[1]

SILVA, Luiz Fernando Batista (1); OLIVEIRA, Luciana Alves (2)

(1) IPT, e-mail: lfernando@ipt.br; (2) IPT, e-mail: luciana@ipt.br

RESUMO

Os sistemas de Revestimento Não-Aderido (RNA) são importantes tecnologias do ponto de vista da industrialização da construção e podem ser aplicados na execução de novas fachadas e em *retrofit* de edificações. Entretanto, a ausência de normalização brasileira específica prejudica uma avaliação adequada do desempenho do produto. Em vista da NBR 15575-4 (Edificações habitacionais: Desempenho – Parte 4) não se aplicar diretamente ao sistema RNA, este artigo propõe a definição de critérios de desempenho e de métodos de ensaio baseados nas normas NBR 10821 (Esquadrias externas para edificações) e no *European Technical Approval Guideline* (ETAG 034 – Part 1), considerando os requisitos relativos à resistência a cargas de vento e à drenabilidade desse sistema. O RNA consiste em revestimento não aderido composto por placas apoiadas em peças metálicas, fixadas aos perfis metálicos da estrutura do sistema, os quais são fixados à estrutura principal do prédio e às paredes de fachada, através de insertos metálicos. Conclui-se que os resultados obtidos nos ensaios demonstram que a compatibilização entre as normas NBR 10821 e o ETAG 034 – Parte 1 - subsidiou critérios e métodos de ensaio para avaliação do comportamento do sistema RNA e, portanto, demonstram que os métodos de ensaio propostos são consistentes e podem integrar uma futura regulamentação técnica.

Palavras-chave: Revestimento Não-Aderido. Desempenho de fachadas. Critérios. Métodos de Ensaio

ABSTRACT

The Ventilated Cladding Kits systems are important technologies for the industrialization of construction and may be applied on new building façades and retrofits. However, the absence of specific brazilian standard to this system hinders a proper assessment of the product performance. In face of NBR 15575-4 (Residential buildings – Performance Part 4) does not apply directly to ventilated cladding kit system, this paper purposes the definition of performance criteria and test methods, based on NBR 10821(Windows frame for buildings) and on European Technical Approval Guideline (ETAG 034 – Part 1), considering the system wind load resistance and drainability. The product consists on external cladding, mechanically fastened to a framework, which is fixed to the external wall by metallic inserts. The paper concludes that the obtained results demonstrates that the compatibility between standards NBR 10821 and ETAG 034 – Part 1 subsidized data for evaluation of system behavior and thus demonstrate that the proposed testing methods are confident and may integrate a technical regulation.

***Keywords**: Ventilated Cladding Kits. Performance. Criteria. Test Methods*

[1] SILVA, Luiz Fernando Batista; OLIVEIRA, Luciana Alves. Revestimento não-aderido: proposta de critérios de desempenho e métodos de ensaio. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

O Revestimento Não-Aderido (RNA) por ser um sistema com controle tecnológico de produção favorece a industrialização do setor da construção e pode ser aplicado, tanto na execução de novas fachadas, quanto em *retrofit* de edificações.

A ausência de normalização brasileira específica para o sistema de RNA dificulta a padronização da avaliação do seu desempenho (comportamento em uso). Em vista da recentemente publicada norma de desempenho NBR 15575-4 (Edificações habitacionais: Desempenho – Parte 4) se dedicar diretamente ao sistema de vedação vertical como um todo e não particularizar nenhum critério de avaliação ao sistema de revestimento, particularmente ao RNA, este artigo propõe, com base na NBR 10821 (Esquadrias externas para edificações) e no European Technical Approval Guideline (ETAG 034 – *Part* 1), a definição de critérios de desempenho e seus respectivos métodos de ensaio relacionados aos requisitos de resistência a cargas de vento e à drenabilidade desse sistema de revestimento, executado com juntas entre as placas de revestimento abertas (sem vedação).

O sistema de RNA, com juntas abertas, não tem como premissa ser estanque à água de chuva, entretanto, cria um paramento (*rainscreen*) que reduz a incidência de água no substrato (vedo) (Rousseau et. al., 1998). Esse comportamento de reduzir a água que incide sobre o vedo, é avaliado pelo requisito de drenabilidade discutido neste artigo.

A avaliação referente à drenabilidade tem o objetivo, portanto, de analisar a relação entre o volume de água de chuva incidente sobre a fachada, juntamente com pressão de vento, e o volume de água que penetra para o interior da câmara de ar (espaço entre revestimento e parede) e atinge a parede (substrato suporte do revestimento não aderido), além de possibilitar a verificação de eventual empoçamento da água nos perfis da estrutura suporte do revestimento.

Geralmente essa avaliação pode ser feita por analise de projeto, verificando-se a largura da câmara de ar (ITeC, 2014), entretanto, em fachadas não regulares, com diversas configurações geométricas, ou com formas diferentes das contempladas pela NBR 6123:1988, faz-se necessária uma analise mais detalhada, para verificar a quantidade de água que passa pelo revestimento e atinge o substrato (vedo).

Este artigo é parte da dissertação de mestrado do autor, que foi desenvolvida baseada em estudos bibliográficos, visita a obras, análise de projetos, estudo e desenvolvimento de métodos de ensaio e dos respectivos corpos de prova, e na analise dos resultados de ensaios realizados.

A validação da proposta foi possibilitada com base na idealização de um esquema de montagem dos corpos de prova e da realização de ensaios em laboratório. Para a realização dos ensaios selecionou-se um edificio "exemplo" com uso de sistema RNA, com placas cerâmicas extrudadas.

Assim, analisaram-se projetos e as particularidades das instalações do sistema nesta obra especifica. Os corpos de prova foram montados nos pórticos de ensaios do laboratório, visando simular a condição real de uso (considerando este edifício exemplo), inclusive a câmara de ar e vãos gerados pelas juntas entre placas de revestimento. Também foi possível utilizar a infraestrutura de equipamentos já existentes no laboratório, com as devidas adaptações para avaliação dos resultados, principalmente dos ensaios de drenabilidade, que não seguem nenhuma normalização específica.

2 REVESTIMENTO NÃO-ADERIDO (RNA)

A tecnologia RNA é comumente confundida com fachada ventilada, fachada cortina, fachada dupla e outras tecnologias eventualmente semelhantes em aparência com o RNA, embora tecnicamente diferentes (Siqueira Júnior, 2003).

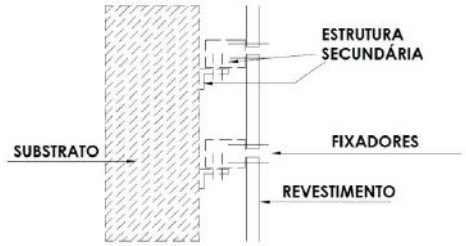
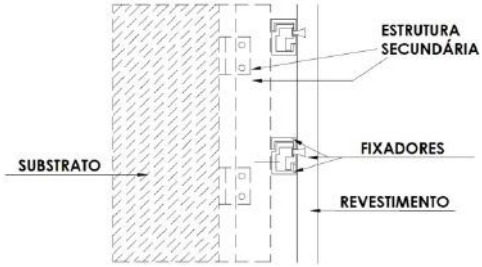
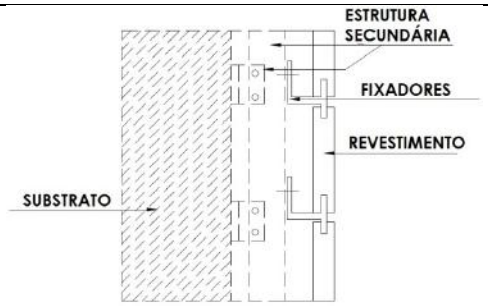
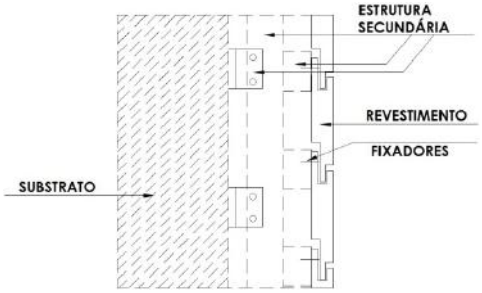
O termo Revestimento Não-Aderido (RNA), apresenta-se como uma alternativa para unificar e consolidar a terminologia do produto fixado ao substrato ou base por meio de componentes mecânicos (estrutura secundária, inserts metálicos, parafusos ou qualquer outro tipo de dispositivo) que o mantém afastado do substrato e ainda assim permite que este seja contemplado como parte do sistema de vedação vertical externa. O RNA pode ser utilizado como o sistema que, em conjunto com o substrato, forma a fachada ventilada, por exemplo (Vedovello, 2012).

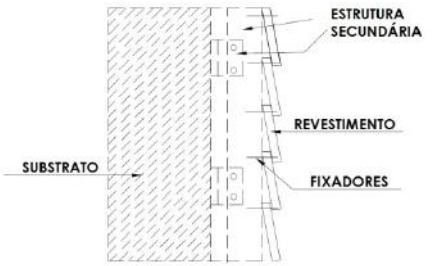
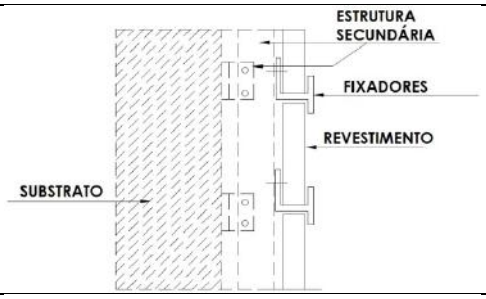
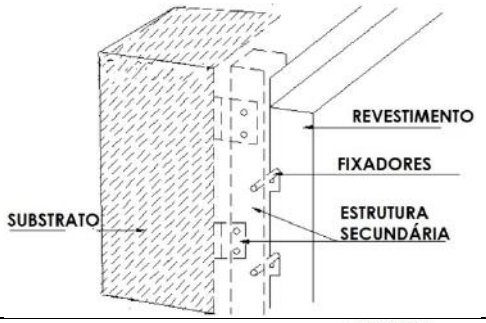
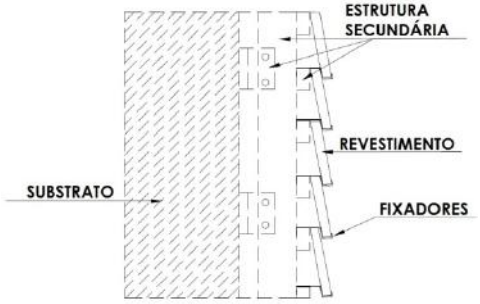
Portanto, propõe-se deixar claro que RNA é o produto que será instalado no substrato e irá compor o aspecto final da fachada. Diferentemente das outras duas terminologias apresentadas anteriormente, onde o termo referencia a fachada como um todo, o revestimento não-aderido é uma das partes da fachada e nunca poderá ser utilizado sem um substrato. Desta maneira, propõe-se a seguinte definição para o sistema RNA e esta será utilizada no decorrer deste trabalho:

"*Sistema constituído de placas de revestimento fixadas ao substrato por meio de componentes mecânicos, que possibilitem a existência de uma câmara de ar (ou de material isolante térmico), entre o substrato e as placas de revestimento.*"

Os RNAs podem ser agrupados em famílias, considerando a combinação entre os elementos de revestimento e o sistema de fixação. O quadro 1 representa esquematicamente as alternativas de configuração do sistema que ocorrem em função da configuração geométrica da placa de revestimento adotada.

Quadro 1 – Esquemas de montagens do RNA

Descrição do sistema	**Desenho esquemático**	**Alternativas da composição da placa de revestimento**
placas de revestimento fixadas mecanicamente à estrutura secundária por meio de pregos, parafusos, rebites, etc., compostos de aço com proteção contra corrosão, aço inoxidável ou em liga de alumínio		Madeira, metal, placa de rocha ou chapa cimentícia
placas de revestimento fixadas mecanicamente à estrutura secundária por ancoragem especifica posicionada em um rebaixo e ancorado por intertravamento mecânico (mínimo de 4 ancoragens em aço inoxidável)		Argamassa polimérica, placa de rocha, cerâmica ou placa cimentícia
placas de revestimento instaladas em estrutura horizontal composta de trilhos de alumínio ou pinos de aço inoxidável, parafusado à estrutura secundária vertical		Placa cimentícia reforçada, argamassa polimérica, placa de rocha, cerâmica ou placa cimentícia
placas de revestimento integrados à elementos adjacentes por intertravamento no topo e na base do elemento, por meio de sobreposição, com fixações mecânicas posicionadas na borda superior e dissimulada pela borda do elemento superior. As fixações podem ser de aço com proteção contra corrosão, aço inoxidável ou parafusos em liga de alumínio		Placa cimentícia reforçada ou plásticos

placas de revestimento fixados à estrutura secundária por meio de fixações mecânicas posicionadas na borda superior do revestimento e dissimulado pelo topo do revestimento superior. As fixações podem ser de aço com proteção contra corrosão, aço inoxidável ou parafusos em liga de alumínio		Madeira, placa cimentícia ou plástico
placas de revestimento fixados mecanicamente à estrutura secundária por, pelo menos, 4 grampos metálicos ou trilhos em aço inoxidável		Placa cimentícia reforçada, placa cimentícia, *terracotta* ou placas cerâmicas
revestimento suspenso na estrutura secundária em aço inoxidável e substrato em liga de alumínio		Placas metálicas
tile-hung (dispositivo para fixação do *siding*) em aço com proteção contra corrosão, aço inoxidável, parafusos, pregos ou consolo em liga de alumínio ou de cobre		Painel de madeira, concreto, placa cimentícia, ardósia, ou *terracota*

Fonte: Os autores

Assim, o sistema RNA, independente da sua configuração, precisa atender a requisitos de desempenho particulares para sistemas de revestimento, conforme discutido no item 3.

3 PROPOSTA DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO E MÉTODOS DE ENSAIO

3.1 ETAG 034 Parte 1e proposta do autor

O European Technical Approval Guideline – ETAG é um documento publicado pela European Organisation for Technical Approvals – EOTA que define requisitos de desempenho para sistemas de revestimento não-aderido utilizados em vedações externas (dados qualitativos), os critérios de avaliação (dados quantitativos) e os respectivos métodos para verificação (análises de projetos, ensaios, entre outros).

O documento considera todos os requisitos, critérios e métodos de ensaio relacionados ao RNA, tais como resistência mecânica, estabilidade, segurança em caso de incêndio (reação e resistência ao fogo), higiene, saúde e ambiente (ambiente interno e externo) segurança no uso e aspectos de durabilidade e manutenção.

Para esse trabalho, o autor analisa os critérios e métodos de ensaio apresentados no ETAG relacionados à carga de vento e drenabilidade e apresenta uma adaptação às condições brasileiras, considerando as condições de classificação apresentada no item 6 da norma NBR 10821-2:2011 e os coeficientes de forma apresentados na NBR 6123:1988.

O quadro 2 apresenta o critério proposto pelo ETAG, o critério proposto pelo autor e os principais pontos de divergência entre eles.

Quadro 2 – Relação entre propostas do ETAG e do autor

Critério	**ETAG**	**Proposta do autor**	**Principais diferenças**
Resistência às cargas de vento	Os ensaios estabelecidos pelo ETAG são feitos até a carga na qual ocorre a ruptura de uma, ou mais, partes do corpo de prova, visando utilizar os resultados de ensaios para dimensionamentos do sistema, assim o criterio considerado é a ausencia de falha. A falha, neste caso, é definida pela ocorrência de uma das seguintes situações: Ocorrência de ruptura de pelo menos um dos componentes de revestimento. Ocorrência de deformação	A proposta é baseada na NBR 10821-2. Para a pressão de serviço (pressão de ensaio) o sistema de revestimento não pode: Apresentar ruptura, ou colapso total ou parcial de qualquer de seus componentes, incluindo a placa de revestimento; Apresentar deflexão máxima instantânea superior a L/175 do perfil, sendo L o comprimento livre do componente em análise; limitando-se a 30 mm; Apresentar	Os critérios propostos pelo ETAG não subsidiam dados para dimensionamento da estrutura secundária do sistema RNA. Além disso, não existem no Brasil equipamentos laboratoriais que viabilizem a realização desse ensaio baseado nesses critérios.

	permanente acentuada em pelo menos um dos componentes de revestimento. Ocorrência de falha nas fixações. Ocorrência de falha ou destacamento da estrutura secundária	deformação residual superior a 0,4% do comprimento livre do perfil em análise, medida após 3 min do desligamento da pressão de ensaio. Ocorrência de falha nas fixações Para a pressão de segurança o sistema de revestimento não pode: Apresentar ruptura, ou colapso total ou colapso parcial de qualquer de seus componentes, incluindo a placa cerâmica	
Drenabilidade	O Sistema RNA deve ser projetado e instalado de modo que a água que penetrar ou condensar na câmara de ar deve ser drenada para fora do sistema sem ocorrência de acumulo de água, dano por umidade ou passagem de água através do substrato ou do sistema RNA. A verificação do atendimento ao critério é feita por analise de projeto considerando as características do material utilizado e a geometria das placas de revestimento e as dimensões das juntas entre elas	A proposta é criar um indicador que meça a relação entre água aspergida e água capturada que atingiu o substrato do corpo de prova. Esse indicador vai permitir analisar se, o sistema de impermeabilização do substrato, juntamente com a câmara de ar especificada em projeto, são adequados para promover a estanqueidade do sistema de vedação vertical externo (substrato + revestimento não aderido).	Ausência de dados históricos impossibilita considerar apenas a apreciação dos projetos. Deve-se considerar que a incidência de vento e chuva no Brasil é diferente em relação à Europa.

Fonte: Os autores

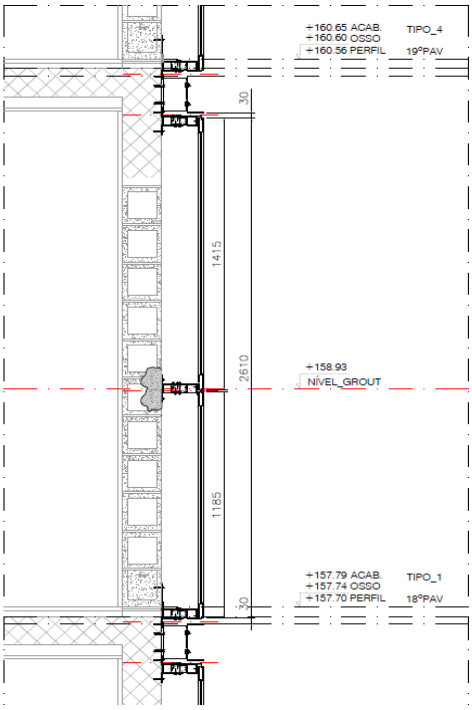
3.2 Métodos de ensaio

Para validação das propostas explicitadas no quadro 2 foram realizados ensaios laboratoriais, cujos metodos foram propostos e descritos nos itens a seguir.

3.2.1 Descrição do Revestimento Não-Aderido Ensaiado

O revestimento não aderido ensaiado é composto por placas cerâmicas extrudadas, apoiadas em peças metálicas, fixadas aos perfis metálicos da estrutura do revestimento, os quais são fixados à estrutura principal do prédio e às paredes de fachada, através de inserts metálicos (esquema em corte na Figura 3).

Figura 3 – Dispositivo para captação de água



Fonte: Os autores

O corpo de prova foi instalado seguindo os detalhes de projeto sendo respeitadas as larguras da câmara de ar entre o substrato e as placas cerâmicas, característica típica de sistemas de revestimento não aderido. As placas cerâmicas utilizadas no corpo de prova têm larguras variáveis, entre 150 mm e 300 mm, e comprimento de 1185 mm e 1415 mm.

Os perfis metálicos que compõem a estrutura secundária são em alumínio e tem dimensões de 50 mm x 73 mm x 73 mm x 4,76 mm (largura, comprimento, largura e espessura). Os inserts são em alumínio e tem dimensões e posicionamentos variados, conforme projeto. Todas as fixações são feitas por parafusos. Foram previstos perfis de EPDM entre as peças metálicas e as placas cerâmicas para absorver potenciais diferenças de movimentações/vibrações entre elas (Foto 2).

O corpo de prova ensaiado compreendeu:

- Um substrato não estanque ao ar que permitiu vazão do ar do interior do corpo de prova para o exterior e vice-versa, visando reproduzir o fluxo de ar que pode ocorrer no sistema de revestimento. Para tanto, o substrato foi formado por placa de policarbonato de 10 mm de espessura, estruturado com perfis metálicos;

- Estrutura metálica montada com dispositivos de fixação especificados no projeto da fachada;
- As placas cerâmicas instaladas conforme projeto.

3.2.2 Método de ensaio - Cargas de vento

O ensaio da carga de vento foi realizado conforme NBR 10821-3:2011, utilizando a pressão de segurança de 2210 Pa e de serviço de 1480 Pa, para pressão e sucção, considerando que o edifício "exemplo" tem em torno de 90m de altura e foi construído na cidade de São Paulo (Classe IV).

O corpo de prova foi posicionado na câmara de ensaio, com a face externa voltada para o interior da câmara, portanto, as cargas de ventos uniformemente distribuídas, sejam de pressão ou sucção, foram exercidas na face frontal do corpo de prova.

O ETAG sugere a preparação de um substrato não estanque ao ar composto de madeira, estrutura de aço, alvenaria ou concreto com furos de 15 mm de diâmetro por metro quadrado de corpo de prova.

A preparação desse corpo de prova para o ensaio de validação foi realizada com o sistema de RNA mais uma estrutura de aço e uma placa de policarbonato transparente, que correspondiam ao substrato (parede de alvenaria, por exemplo). Para atendimento à solicitação da necessidade da existência de troca de ar (corpo de prova não estanque) feita pelo ETAG, foram calculados o vão entre o policarbonato e a estrutura metálica do corpo de prova, além dos furos executados no policarbonato para captação da água que atingiu o substrato. As áreas desses vãos garantiram a não estanqueidade do sistema.

A Figura 1 ilustra o corpo de prova montado na câmara de ensaio.

Figura 1 – Corpo de prova montado na câmara de ensaio



Fonte: Os autores

3.2.3 Método de ensaio - Drenabilidade

O ensaio de drenabilidade foi realizado conforme o ensaio de estanqueidade à água da NBR 10821-3:2011, considerando a pressão de estanqueidade a água de 250Pa, compatível com a classe IV e altura de 90 m.

A água captada foi mensurada em dois instantes, sendo o primeiro logo após o término do ensaio e o segundo após 24 horas do término do ensaio, permitindo captar a água residual que estava sobre o substrato.

Foi montado em laboratório um dispositivo que permitiu a captura da água que atingiu o policarbonato, considerado como o substrato do corpo de prova. O dispositivo é composto por calhas posicionadas na estrutura metálica do corpo de prova, mangueiras, um cano coletor e um recipiente para medição da quantidade total de água.

A Figura 2 ilustra o dispositivo elaborado para a captação da água incidente no corpo de prova.

Figura 2 – Dispositivo para captação de água



Fonte: Os autores

4 RESULTADOS DOS ENSAIOS

A Tabela 1 apresenta a síntese dos resultados obtidos nos ensaios de carga de vento de pressão e a Tabela 2, cargas de vento de sucção.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de carga de vento - pressão

Percentual positivo da pressão de ensaio	**Valor da pressão (Pa)**	**Deslocamento (mm)**	**Observações**
0	0	0,00	Nada a relatar
30%	444	0,32	Nada a relatar
0	0	0,00	Nada a relatar
60%	888	0,65	Nada a relatar
0	0	0,00	Nada a relatar
100%	1480	1,20	Nada a relatar
0	0	0,07	Nada a relatar
Pressão de segurança positiva 1	2210	Nada a relatar	
Pressão de segurança positiva 2	2210	Nada a relatar	

Fonte: Os autores

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de carga de vento - sucção

Percentual positivo da pressão de ensaio	**Valor da pressão (Pa)**	**Deslocamento (mm)**	**Observações**
0	0	0,00	Nada a relatar
30%	444	0,33	Nada a relatar
0	0	0,00	Nada a relatar
60%	888	0,70	Nada a relatar
0	0	0,00	Nada a relatar
100%	1480	1,24	Nada a relatar
0	0	0,07	Nada a relatar
Pressão de segurança negativa 1	2210	Nada a relatar	
Pressão de segurança negativa 2	2210	Nada a relatar	

Fonte: Os autores

Não foram observadas deformações, destacamentos, deslocamentos, desprendimentos, fissuras ou quebras no corpo de prova quando submetido às pressões de serviço e de segurança determinadas na NBR 10821.

A Tabela 3 apresenta a síntese dos resultados obtidos no ensaio de drenabilidade.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de drenabilidade

Aspersão de água por bico (L/min)	**Bicos utilizados no ensaio**	**Tempo de ensaio (min)**	**Total de água aspergida (L)**	**Água capturada durante o ensaio + água não capturada[1](L)**	**Relação água aspergida/água capturada (%)**
2	4	15	120	0,5	0,4

[1] Água não capturada: refere-se à estimativa do volume de água que ficou retido no substrato do corpo de prova e não escoou até o recipiente

Pode-se observar que o índice de água que atingiu o substrato do corpo de prova é baixo relacionado ao total de água aspergida, sugerindo que as considerações do ETAG sobre a possibilidade de realizar a análise baseado no projeto pode ser adotado no Brasil, entretanto, consideram-se necessários dados de ensaios em outros sistemas RNA que corroborem essa afirmação.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que são viáveis os critérios e métodos de ensaio propostos pelo autor, considerando a exequibilidade dos ensaios e os resultados obtidos na validação das propostas. Todavia, deve-se analisar a capacidade de reprodução do substrato e do sistema RNA com fidelidade ao projeto original, dirimindo dessa maneira a possibilidade de falsos resultados.

A proposta do autor contribui para a análise de projetos de fachadas com sistemas RNA já considerando as adaptações para as normas e a disponibilidade de equipamentos em laboratórios brasileiros.

Ressalta-se que o sistema RNA tem potencial de contribuir com a estanqueidade da fachada, entretanto tal critério deve ser atendido pelo sistema de vedação vertical externa e suas partes.

Outros aspectos como segurança a impactos, segurança ao fogo e durabilidade devem ser considerados em estudos futuros. Parte desses aspectos é considerada na dissertação elaborada pelo autor desse artigo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Caixilho para edificação – janela** – NBR 10821. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **Forças devidas ao vento em edificações.** NBR 6123. Rio de Janeiro. 1988.

_____. **Edificações habitacionais — Desempenho**. NBR 15575. Rio de Janeiro. 2013.

ETAG 034 - Guideline for european technical approval of kits for external wall claddings. **Ventilated Cladding Kits Comprising Cladding Components and Associated Fixings,** 2012.

ITEC, **European Technical Assessment ETA 14/0413.** The Catalonia Institute of Construction Technology, Barcelona, 2014.

Rousseau M.Z., Poirier G.F., Brown W.C., **Pressure Equalization in Rainscreen Wall Systems.** Construction Technology Updates no. 17, Institute for Research in Construction, National Research Concil of Canada, 1998.

Siqueira JR, A.A de; Tecnologia de fachada-cortina com placas grês porcelanato. 2003. 199p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

Vedovello, C. A. S., **Gestão de projetos de fachadas.** 2012. 406p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO SOLO-CIMENTO AUTOADENSÁVEL PARA FABRICAÇÃO DE PAREDES MONOLÍTICAS IN LOCO[1]

SOUZA, Bruna Ramos (1); PAZ, João Gabriel Santana (2); MILANI, Ana Paula Silva (3)

(1) UFMS, e-mail: b.ramosdesouza@gmail.com; (2)UFMS, e-mail: jgabrielsp@gmail.com; (3) UFMS, e-mail: ana.milani@ufms.br

RESUMO

O aprimoramento da tecnologia no processo construtivo com o solo-cimento fluido ou solo-cimento autoadensável (SCAA) vem de encontro com a busca da produção de edificações modulares e em série. Para contribuir com este cenário e continuando projetos de iniciação científica, a presente pesquisa tem como objetivo estudar a viabilidade técnica do uso do produto SCAA para a fabricação de paredes monolíticas in loco, bem como contribuir em soluções construtivas para a produção de vedações de edificações de grande volume. Para tal, foi necessário o estudo das características físico-mecânicas de misturas de SCAA e confecção de painéis de paredes monolíticas de SCAA aplicando mecanização para preparação, homogeneização e lançamento da mistura SCAA em fôrmas metálicas; e, posteriormente, quantificado e qualificado a viabilidade dessas técnicas, materiais e equipamentos adotados no processo construtivo. A dosagem do SCAA na proporção 1:5 (cimento:solo, em massa) mostrou viabilidade técnica de uso para fabricação de paredes monolíticas moldadas in loco, sendo que o processo de preparação da mistura em betoneira estacionária e lançamento manual sem adensamento foi considerado eficaz, já que o SCAA no estado fresco apresentou-se fluido, homogêneo, sem segregação; eno estado endurecido alcançou resistências mecânicas compatíveis para construção de paredes monolíticas.

Palavras-chave: terra crua. desempenho físico-mecânico. produtividade.

ABSTRACT

The improvement in the technology of construction process with the flowing soil-cement or self-compacting soil-cement (SCSC) thwarts the search of modular production and in series buildings. Contributing with this scene and continuing projects of scientific initiation, the aim of this research is to study the technical viability usage of the self-compacting soil-cement for the building of monolithic walls in loco, as well as to contribute with the constructive solutions for the production of the buildings fences of high-volume and large-scale. To this end, the study the physic-mechanical characteristics of the mixtures of SCSC and fabrication of the panel of monolithic walls makes with SCSC, applying many types of mechanization for the preparation, homogenization and throwing of the mixtures of SCSC in molds was necessary; and, posteriorly, quantify and analyze the viability of these techniques, materials and equipments adopted in the constructive process. The dosage of the SCSC in the ratio 1: 5 (cement : soil mass) showed use of technical viability for the manufacture of monolithic walls

[1] SOUZA, Bruna Ramos; PAZ, João Gabriel Santana; MILANI, Ana Paula Silva. Estudo da viabilidade técnica do solo-cimento autoadensável para fabricação de paredes monolíticas in loco. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

molded in loco, and the process of preparing the mixture in a stationary and manual release without densification was considered efficient as the SCSC in fresh presented is fluid, homogeneous without segregation ; and in the hardened state reached mechanical strength compatible to build monolithic walls.

***Keywords**: raw earth. physical-mechanical performance. productivity.*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil está inserida em um processo mundial que visa não somente o conforto dos usuários das edificações, mas também a otimização dos sistemas e processos construtivos, para que consumam quantidade menor de energia e produzam menos resíduos em seu ciclo de vida. Diante disso, é de grande importância o aprimoramento da tecnologia no processo construtivo com solo-cimento fluido ou solo-cimento autoadensável.

O desenvolvimento de misturas com adequadas proporções de solo, cimento, água e aditivo químico plastificante deu origem ao solo-cimento fluido ou solo-cimento autoadensável (SCAA). De acordo com Berté e Alcântara (2013); e Milani e Barboza (2014) tal material pode ser lançado em fôrmas, dispensando a etapa de adensamento por prensagem ou compactação e possui características físico-mecânicas adequadas para atender às solicitações usuais de paredes monolíticas.

Estes estudos ainda revelam que o uso de altos teores de cimento no SCAA em relação as porcentagens convencionais aplicadas ao solo-cimento tradicional elevam o potencial do produto final ao alcance de melhor desempenho, qualidade e durabilidade, o que são características desejáveis para sistemas construtivos mais eficientes.

Paz et al. (2016) estudou SCAA com adição de fibras de resíduos de borrachas de pneu e microfibras de polipropileno. O SCAA apresentou viabilidade de uso com teores de consumo de cimento entre 20% a 25% (em massa de solo) e aditivos superplastificantes na faixa de 0,8 a 1,2%, (em massa de cimento)e seu desempenho foi considerado adequado para aplicação em paredes de vedação em edificações. Ainda de acordo com este estudo, as fibras de resíduos de borrachas de pneu reduziram o desempenho mecânico do produto SCAA, enquanto as microfibras de polipropileno - quando com volume crítico de incorporação ao SCAA de 0,1% - melhoraram as propriedades mecânicas e reduziram a fissuração causada por retração plástica.

Nesse trabalho, estudou-se a viabilidade técnica-construtiva do produto SCAA para fabricação de paredes monolíticas in loco. Para tanto foi necessário avaliar a influência do tipo de fôrma e de mecanização no processo de produção do SCAA, bem como o desempenho físico-mecânico dessas paredes produzidas a partir das técnicas construtivas aplicadas. Também, optou-se por estudar a viabilidade técnica do produto SCAA sem adições e com adição de microfibras de polipropileno com volume crítico de incorporação ao referido material de 0,1%.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Solo

Para a produção do SCAA, foi utilizada terra (solo arenoso) retirada de uma jazida próxima à região metropolitana de Campo Grande - MS. O solo possui coloração vermelha e é composto de areia média (2,6%), areia fina (60,4%), silte (4,4%) e argila (32%). Este solo é classificado como não plástico e apresenta massa específica dos sólidos de 2,681g/cm³.

2.2 Aglomerante e aditivo químico

Para a produção do SCAA, utilizou-se CP II-Z-32, aditivo químico plastificante MasterGlenium® 51composto por base de Éter Policarboxílico e água de abastecimento público.

2.3 Adição

Utilizou-se microfibras de polipropileno fornecidas pela empresa Neomatex, com especificações de 12 mm de comprimento, diâmetro de 12 µm e massa específica de 0,91 g/cm³.

2.4 Estudo de dosagem

Com o intuito de determinar os traços mais adequados para a fabricação de paredes monolíticas in loco de SCAA, foi feito um estudo de dosagem para definir a melhor proporção de solo, cimento, água e aditivo.

Foram utilizados como ponto de partida os traços unitários 1:5 e 1:4 (cimento:solo, em massa) sem e com adição de microfibras de polipropileno, definidos pela pesquisa de Paz et al. (2016). Para a elaboração de tais traços foi fixado o percentual de 1,2% de aditivo em relação a massa do cimento.

A quantidade de água da mistura fresca foi variada até que se atingisse uma abertura entre 660mm e 750mm no Ensaio de Espalhamento (Slump Flow Test), realizado em conformidade com a NBR 15823 (ABNT, 2010).

Com os traços de referência definidos, foi realizada nova dosagem, sendo os traços acrescidos de microfibras de polipropileno em percentual de massa de 0,1% já que, de acordo com Paz et al. (2016), esse teor melhora as propriedades mecânicas do SCAA e reduz as fissuras por retração plástica.

Após obter os traços considerados mais adequados para a fabricação de paredes monolíticas in loco, estes foram submetidos a ensaios de resistência à compressão simples, em conformidade com a NBR 5739 (ABNT, 2007) e de resistência à tração na flexão e à compressão de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005), sendo todos realizados com idade de 7 dias após cura úmida.

Considerando resistência mínima compatíveis com a de um material autoportante em paredes de edificações e consumo mínimo de cimento, optou-se pelo traço 1:5 com e sem adição de microfibras de polipropileno para a confecção dos painéis de paredes monolíticas de SCAA.

Por fim, foram realizados ensaios para determinação das densidades de massas de tais traços no estado fresco e endurecido, em conformidade com NBR 13278 (2005) e NBR 13280 (2005), respectivamente.

2.5 Estudo da viabilidade técnica-construtiva

O processo de moldagem in loco de paredes monolíticas de SCAA consistiu basicamente nas seguintes etapas: montagem das fôrmas metálicas, determinação do volume de material necessário para confecção dos painéis, mistura e homogeneização dos materiais, lançamento do produto SCAA nas fôrmas metálicas, cura úmida e desforma.

As fôrmas utilizadas para a moldagem das paredes eram metálicas e foram fabricadas pela SF fôrmas. Para a montagem, além das placas metálicas e fechamentos foi preciso dispor das peças de encaixe (pinos, cunhas, espaçadores), peças de travamento, martelo e prumo.

As fôrmas podem ser montadas em formato convencional ou em forma de canto, tendo a primeira 20 cm de espessura, 120 cm de largura e 95 cm de altura e a segunda as mesmas espessura e altura, mas uma face de 160 cm de largura e a outra 90 cm, formando o canto (Figura 1a). Contudo, as paredes foram moldadas apenas até a altura de 45 cm (Figuras 1b e 1c).

Figura 1 – Montagem e preenchimento das fôrmas metálicas



(a) Montagem da forma em L



(b) Preenchimento da forma



(c) Parede desformada em L

Fonte: Os autores

Para determinar a quantidade necessária de material para confecção das paredes, fez-se uso da densidade de massa do SCAA no estado fresco. Dispondo do volume da forma metálica, foi possível determinar a massa de material necessária para que fosse feito seu preenchimento.

A mistura dos materiais que compõem o produto SCAA foi feita em betoneira estacionária e, assim que terminada, foi submetida ao Slump Flow Test para verificação do espalhamento de consistência fluida.

Figura 2 – Abertura de 700 mm no Slump Flow Test



(a) Espalhamento para SCAA sem adições



(b) Espalhamento para SCAA com adições

Fonte: Os autores

Tendo a mistura alcançado o espalhamento determinado pela NBR 15823 (ABNT, 2010), a mesma foi despejada da betoneira em um carrinho de mão, que foi levado para perto de onde a forma metálica estava montada. O lançamento da mistura na fôrma foi feito através do uso de baldes. O procedimento está ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Lançamento da mistura de SCAA na forma



Fonte: Os autores

As paredes monolíticas de SCAA foram desmoldadas com idade de 2 dias e para a verificação do seu desempenho físico-mecânico foram extraídos 3 painéis, com as seguintes dimensões: 20 cm de espessura, 20 cm de largura e 40 cm de altura, respeitando a relação 1:2 entre espessura e altura, determinada por Milani e Labaki (2012). Por conta dessa recomendação, as paredes não foram preenchidas até sua altura total, mas sim até a altura de 45 cm.

A extração dos painéis foi feita com uso de serra, furadeira e talhadeira, e os mesmos após cura em câmera úmida, foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão com idade de 7 dias. O ensaio de compressão simples nos painéis monolíticos foi realizado conforme disposições da norma NBR 15961-2 (2011), sem avaliação de deformabilidade e eliminando o uso de argamassa de assentamento para preparação do painel.

Figura 4 – Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Os autores

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Ensaios físico-mecânicos

A determinação do teor ótimo de água na mistura SCAA foi feita através do ensaio de espalhamento Slump Flow Test, que forneceu os resultados expressos na Tabela 1 para uma abertura de 700 mm.

Tabela 1 – Traços de solo-cimento autoadensável para abertura de 700 mm

Traço	T3 sem adições	T4 sem adições	T3 com 0,1% polipropileno	T4 com 0,1% polipropileno
Solo (kg)	5	4	5	4
Cimento (kg)	1	1	1	1
Água (L)	1,3	1,02	1,4	1,1
Aditivo (ml)	12,0	12,0	12,1	12,1
Fibra (g)	-	-	6,0	5,0
Relação agua/solo	0,26	0,25	0,28	0,27
Relação água /cimento	1,30	1,02	1,40	1,10

Fonte: Os autores

Nota-se que os traços T3 com e sem adições precisam de mais água para atingir o espalhamento ideal devido ao aumento da proporção do material solo no traço.

Com o intuito de determinar um traço de referência e o seu respectivo traço com adição para a moldagem de paredes monolíticas, os quatro traços pré-estabelecidos foram submetidos a ensaios de resistência à compressão simples e resistência à tração na flexão com idade de 7 dias e cura úmida. As resistências médias alcançadas estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Resistência à compressão simples aos 7 dias

Traço	T3 sem adições	T4 sem adições	T3 com 0,1% polipropileno	T4 com 0,1% polipropileno
Resistência média (MPa)	3,65	7,16	4,68	6,44
Desvio Padrão (MPa)	0,15	0,31	0,21	0,29

Fonte: Os autores

Tabela 3 – Resistência à tração na flexão e à compressão aos 7 dias

Traço	T3 sem adições	T4 sem adições	T3 com 0,1% polipropileno	T4 com 0,1% polipropileno
Resistência média à tração na flexão (MPa)	1,80	3,28	2,33	2,40
Desvio Padrão (MPa)	0,04	0,14	0,15	0,15
Resistência média à compressão (MPa)	4,07	6,94	4,56	7,43
Desvio Padrão (MPa)	0,40	0,13	0,21	0,27

Fonte: Os autores

Na Tabela 2, comparando-se as misturas de SCAA com e sem adições, o traço T3 apresentou melhora de resistência à compressão com a adição das microfibras de polipropileno, enquanto o traço T4 apresentou queda, ainda que em ordem de grandeza não-significativa. O mesmo aconteceu no ensaio de resistência à tração na flexão. Por esse motivo, aliado ao menor consumo de cimento para atendimento de resistência mínima de vedações monolíticas autoportantes, o traço T4 com e sem adições foi excluído e a pesquisa teve continuidade apenas com os traços T3 com e sem adições.

Os traços escolhidos foram submetidos aos ensaios para determinação de suas densidades de massas nos estados fresco e endurecido. Os valores obtidos estão contidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Densidade de massa do material SCAA.

Traço	T3 sem adições	T3 com 0,1% de polipropileno
Densidade de massa no estado fresco (g/cm³)	1,935	1,960
Densidade de massa no estado endurecido (g/cm³)	1,636	1,697

Fonte: Os autores

Nota-se na Tabela 4 que o traço T3 com microfibras de polipropileno possui maior densidade de massa que o traço sem adições. A determinação desses valores foi importante para definir a massa necessária do produto SCAA para preenchimento das fôrmas metálicas utilizadas para a moldagem das paredes monolíticas.

3.2 Viabilidade técnica do produto solo-cimento autoadensável

A moldagem das paredes monolíticas teve início com a montagem das fôrmas metálicas, que é simples, rápida e requer a presença de duas

pessoas: uma para segurar as peças e outra para fazer o fechamento das fôrmas. É importante ressaltar que antes da montagem foi aplicado óleo desmoldante nas fôrmas para facilitar o processo de desforma.

O cálculo da massa de material necessário foi feito através da determinação da densidade de massa do SCAA no estado fresco: dispondo da densidade de massa do produto no estado fresco e do volume de material necessário para o preenchimento da forma (obtido após o conhecimento das dimensões das fôrmas metálicas montadas), determinou-se a massa. Assim, foi possível partir para o processo de mistura.

Como o objetivo do presente trabalho é contribuir com soluções para a produção mecânica de vedações de edificações de grande volume e em larga escala, o SCAA foi produzido em betoneira estacionária.

A princípio, adotou-se o procedimento para a produção de concreto, que consistia em: colocar na betoneira todo o solo e 50% da água e misturar por 1 minuto; desligar a betoneira, acrescentar o aglomerante (sem o aditivo) e misturar por 3 minutos; colocar o aditivo juntamente com 100 ml dos 50% de água restantes e misturar por 4 minutos; colocar o restante da água conforme a necessidade; desligar o equipamento por 3 minutos e ligar novamente por 2 minutos.

Contudo, como o produto SCAA não possui agregados graúdos, e sim apenas materiais finos, esse método não foi eficiente, fazendo com que a mistura não ficasse homôgenea, isto é, formaram-se torrões que interferiram no bom desempenho do material.

Diante disso, foi estabelecido um novo método de mistura para o produto SCAA, que se mostrou eficiente e colaborou para a sua homogeneidade: inicialmente, coloca-se na betoneira todos os materiais finos (solo, cimento e fibras – se houver) e tampa-se a abertura da betoneira com uma lona/capa para que não haja perda de material; em seguida, liga-se a betoneira por 4 minutos para que seja feita a mistura dos materiais finos; após o tempo estabelecido, desliga-se a betoneira, retira-se a lona e é feita a adição de 50% da água; feito isso, a betoneira é novamente ligada e a água restante é adicionada gradativamente durante 5 minutos, observando-se a homogeneidade do material para que ele não fique aderido ao fundo (a água reservada não deve ser totalmente adicionada nessa fase); discorrido esse tempo, adiciona-se o aditivo com 100ml da água determinada pelo traço; observa-se a fluidez do material e faz-se o ajuste de água. A betoneira pode ser desligada de 5 a 10 minutos após a colocação do aditivo.

Com a mistura pronta, fez-se o Slump Flow Test e verificou-se o espalhamento de 700mm. Em seguida, o produto foi despejado em carrinho de mão, que foi conduzido para o local da moldagem, sendo a mistura lançada na forma com o uso de baldes.

A elevada quantidade de material necessário para preencher a forma levou à uma baixa capacidade da betoneira, sendo preciso executar de 3 a 5 betonadas para que a parede atingisse altura de 45cm, resultando em uma

parede preenchida por camadas. Assim, houve um intervalo de aproximadamente 40 minutos entre o lançamento dessas camadas, que compreendeu o tempo necessário para o lançamento da mistura na forma, o tempo de limpeza e secagem da betoneira e o tempo de produção da próxima mistura a ser lançada.

É importante ressaltar que a mistura permaneceu autoadensável durante o processo de lançamento de cada betonada, que durou de 10 a 15 minutos, sendo que sua fluidez não foi mais observada após o seu autoadensamento na forma.

O processo de desforma das paredes foi feito com 2 dias de idade e não apresentou dificuldades, isto é, as fôrmas foram facilmente desmontadas, e devido ao uso de óleo desmoldante, as placas metálicas soltaram facilmente da parede. Não houve desplacamento e não foram observadas fissuras durante o processo de desforma. Contudo, devido à demora entre o lançamento das camadas, foi possível notar na sua superfície o desenho (marcação) das camadas, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Paredes monolítica de SCAA



(a) SCAA sem adições



(b) SCAA com adições

Fonte: Os autores

Essa marcação aparente das camadas nos painéis de SCAA não interferiu no desempenho mecânico dos mesmos. Isso porque após a desmoldagem

foram retirados painéis das paredes para ensaio de resistência à compressão aos 7 dias e durante a extração, o material permaneceu homogêneo, não desintegrou-se onde havia interface entre camadas e apresentou valores de resistência à compressão simples próximas aos encontrados na Tabela 2.

Retirados os painéis, os mesmos foram levados à máquina Poli Corte para que tivessem suas dimensões ajustadas e retificadas e assim, poderem ser submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial com idade de 7 dias. Os resultados desses ensaios estão dispostos na Tabela 6:

Tabela 5 – Resistência à compressão axial com idade de 7 dias

Traço	T3 sem adições	T3 com 0,1% de polipropileno
Resistência à compressão (MPa)	4,14	4,44
Desvio Padrão (MPa)	0,02	0,03

Fonte: Os autores

Na tabela 5 nota-se que o traço T3 de SCAA com microfibras de polipropileno apresentou resistência à compressão melhor que o T3 sem adição. Tal resultado confirma que a estrutura tem comportamento semelhante ao dos corpos de prova anteriormente estudados.

Além disso, a resistência alcançada é compatível com a de um material autoportante, já que a resistência à compressão axial mínima de 1,0 MPa, aos 7 dias de idade, é exigida pela NBR 13553 (2012) para paredes monolíticas de solo-cimento compactado sem função estrutural, tornando o produto SCAA viável mecanicamente para fabricação de paredes monolíticas moldadas in loco.

4 CONCLUSÕES

A dosagem do SCAA na proporção 1:5 (cimento:solo, em massa) mostrou viabilidade técnica de uso para fabricação de paredes monolíticas moldadas in loco, sendo que o processo de preparação da mistura em betoneira estacionária e lançamento manual sem adensamento foi considerado eficaz, já que o SCAA no estado fresco apresentou-se fluido, homogêneo, sem segregação; e o SCAA no estado endurecido alcançou resistências mecânicas compatíveis para construção de paredes monolíticas.

Embora tenha sido possível produzir paredes monolíticas de boa qualidade com apenas uma betoneira de baixa capacidade fazendo as misturas e com o lançamento feito através de baldes, esse processo não pode ser considerado eficiente para a produção em larga escala.

Recomenda-se, portanto, melhoras no processo de mecanização da produção, como por exemplo, fazer a mistura do produto SCAA em betoneiras com capacidade de misturar maiores quantidades de material, bem como executar o lançamento mecanicamente, através de

bombeamento para evitar interrupções de preenchimento das fôrmas e possíveis formação de interfaces entre essas camadas interrompidas.

Apesar desses estudos preliminares apontarem o bom comportamento mecânico do SCAA, ressalta-se a necessidade de uma avaliação mais aprofundada a respeito da resistência a compressão excêntrica em paredes e sua deformabilidade para conclusão definitiva do potencial de aplicação do SCAA como paredes autoportantes.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.
_____. **NBR 13279.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.
_____. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 13553: Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 15823**: Concreto auto-adensável – Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 15961-2: Alvenaria estrutural Blocos de concreto - Parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

BERTÉ, S. D. D.; ALCANTARA, M. A. M. Estudo do comportamento do solo-cimento auto-adensável. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil,** v. 7, n. 2, p. 37-52, 2013.

MILANI, A. P. S.; BARBOZA, C. S. Uso de aditivo plastificante em solo-cimento plástico para fabricação de paredes monolíticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012. CD-ROM.

MILANI, A. P. S.; LABAKI, L. C. Physical, mechanical, and performance of cement-stabilized rammed earth-rice husk ash walls. **Journal of Materials in Civil Enginnering**, v. 24, n. 6, p. 775-83, 2012.

PAZ, J.G.P.; DIAS, F.G.R.; MILANI, A.P. Uso de Fibras Artificiais em Compósitos à Base de Solo-Cimento Autoadensável para Aplicação em Paredes de Edificações. In: Amazon & Pacific Green Materials Congress and Sustainable Construction Materials LAT-RILEM Conference, 6. 2016. **Anais...**Cali, Colombia: LatRilem, 2016. CD-ROM.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

O PROCESSO EXECUTIVO DE CURA DO CONCRETO E A SUA IMPORTÂNCIA COMO QUALIFICADOR DO MATERIAL[1]

VAZ, Fernando Henrique de Brito (1); SILVA, Daniela Castro (2)

(1) UFG, e-mail: fhbv_@hotmail.com; (2) PUC-GO, e-mail: eng.danielacastro@gmail.com

RESUMO

O concreto como um dos materiais de construção mais utilizados no mundo e as crescentes demandas por qualidade e desempenho trazem enfoque ao processo executivo de cura. Muitas construtoras ainda se encontram perdidas seja na busca por soluções que viabilizem o atendimento às normativas vigentes ou sobre como aplicar corretamente o processo de cura. Por isso, o presente trabalho vem com o objetivo de mostrar a importância desse processo enquanto qualificador do concreto e trazer aspectos executivos mais racionais através de uma experiência didática baseada numa discussão teórica sobre o assunto. Após agrupar, de maneira sistêmica, os diversos aspectos ligados ao procedimento de cura, foram discutidos alguns métodos executivos e suas aplicações. Diante deste estudo inicial surgiu o questionamento de como as construtoras de Goiânia-GO executam esse processo importantíssimo, assim, foi encaminhado para dez empresas construtoras questionário relacionado ao tema. Como conclusão, observou-se que a cura realizada nos canteiros pesquisados é úmida, com um tempo médio de três dias, feita sem embasamento teórico e, em alguns casos, não é feito o procedimento em alguns elementos estruturais de concreto. Portanto o trabalho compila aspectos técnicos importantes e suas aplicações executivas para racionalizar e nortear empresas construtoras na produção de estruturas em concreto.

Palavras-chave: Concreto. Cura. Procedimento executivo de cura.

ABSTRACT

Concrete as a building materials most used in the world and the increasing demands for quality and performance bring focus to the executive curing process. Many construction companies are still lost it in the search for solutions that enable compliance with the current standardization or, is about how to correctly apply the curing process. Therefore, the present study in order to show the importance of this process as a concrete qualifier and bring more rational executive aspects through a didactic experience based on a theoretical discussion on the subject. After grouping, in a systemic way, the various aspects of the curing procedure were discussed some executive methods and applications. Given this initial study of how the construction companies of Goiânia-GO performs this important process, as well, was sent to ten construction companies questionnaire related to the theme. In conclusion, it was observed that the curing done in the surveyed sites is wet, with an average duration of three days, made no theoretical basis and, in some cases, it is not the procedure done in some concrete structural elements. So the work compiles important technical aspects and its executive applications to streamline and guide construction companies in the production of concrete structures.

***Keywords**: Concrete. Cure. Executive procedure of cure.*

[1] VAZ, Fernando Henrique de Brito; SILVA, Daniela Castro. O processo executivo de cura do concreto e a sua importância como qualificador do material. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Importante marco para a construção civil brasileira, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013), conhecida norma de desempenho, direciona as responsabilidades para cada elo da cadeia produtiva. Assim, todos os partícipes da produção habitacional são incumbidos de obrigações para que se atinja e se mantenha o desempenho pretendido durante o prazo de vida útil da edificação. E um dos fatores abordados é referente à durabilidade da estrutura, que vai desde a concepção do projeto, escolha dos materiais e execução do sistema construtivo até a manutenibilidade pelo proprietário.

Nesse cenário, presume-se que todas as etapas construtivas de uma edificação sejam planejadas, executadas, conferidas e rastreadas conforme orienta a boa técnica. No entanto, na prática, não é sempre assim que acontece. Aspectos básicos, porém substanciais, ainda são negligenciados diariamente nos canteiros de obras em todo Brasil.

Com o objetivo de colaborar com o desenvolvimento técnico dos engenheiros, este trabalho reúne estudos e orientações de autores com relação ao processo de cura dos elementos de concreto. Para tanto, será discutido a sua importância e efeitos na resistência e durabilidade da estrutura, principalmente quando o concreto fresco está submetido a uma temperatura ambiente elevada e a uma umidade relativa do ar muito baixa. Também serão referenciados aspectos técnicos como os tipos de cura, formas de execução e suas aplicações. Além do estudo bibliográfico serão apresentados os resultados do questionário realizado junto às construtoras que atuam em Goiânia-GO com finalidade de identificar o grau de importância dado pelas empresas ao tema cura e se esse procedimento está sendo executado nos elementos estruturais conforme orienta as normas vigentes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão apresentada a seguir tem como propósito reunir aspectos de diversos autores no que tange à etapa de cura do concreto.

2.1 Conceitos

O concreto descrito sob uma visão macroscópica é um material composto de duas fases: pasta e agregados. Para que essa mistura, em estado endurecido, apresente as propriedades mecânicas esperadas é necessário observar, dentre alguns fatores, o grau de hidratação do cimento.

2.1.1 Conceito de cura e sua importância para o concreto

A palavra cura é utilizada para denominar dois processos distintos quando relacionados ao concreto. A ocorrência de reações simultâneas dos compostos anidros do cimento com água é designada de hidratação ou cura do concreto (KIHARA; CENTURIONE, 2005).

No entanto, dá-se também o nome de cura ao conjunto de medidas com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento, promovendo o desenvolvimento da resistência do concreto nas primeiras idades. Conforme Neville e Brooks (2013), além de manter o concreto saturado a cura pode, ocasionalmente, cumprir uma segunda função: a água perdida internamente pela autodessecação deve ser substituída pela água do exterior, havendo o seu ingresso no concreto.

O procedimento de cura tem papel importante na qualificação do concreto, visto que, ao inibir a saída de água para o meio externo, permite que a dosagem seja cumprida e, como conseguinte, o cimento é hidratado quase que em sua totalidade. Desse modo, o concreto obtido apresentará uma microestrutura menos porosa, mais resistente. Os ataques de fluidos nocivos se manifestam através de efeitos físicos, como no aumento da porosidade e permeabilidade, fissuração e lascamento (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

2.1.2 Influência da cura na retração plástica e por secagem

Quando a água sai de um corpo poroso não totalmente rígido, ocorre a retração. No concreto, esse fluxo de água geralmente se dá desde o seu estado fresco até as idades mais avançadas (NEVILLE, 2016). Assim, a cura é realizada para minimizar esses efeitos indesejados, advindos da diminuição do volume aparente do concreto sem que haja a ação de forças externas.

Neville e Brooks (2013) descrevem que a contração volumétrica é causada pela saída de água por evaporação, o que induz tensões de tração nas camadas superficiais devido a elas estarem restringidas pelo concreto interno, não passível de retração. Essa perda de água pode ser controlada em parte por um correto estudo de dosagem e em parte por procedimentos adequados de concretagem, adensamento e cura.

Já no concreto endurecido a perda de água ocorre quando este é exposto em ambiente com umidade relativa inferior a 100%, sendo o fenômeno denominado de retração por secagem ou hidráulica. Vale salientar que a água de gel só é perdida em ambientes com umidade relativa menor ou igual a 11%. A água de hidratação, que reagiu quimicamente, só é perdida em ambientes com temperaturas acima de 100ºC (HELENE; ANDRADE, 2010).

2.1.3 A cura e a durabilidade do concreto

Sarja e Vesikari (1996 *apud* ANDRADE, 2005) definem o termo durabilidade como a capacidade de uma estrutura de concreto manter seu desempenho mínimo, por um determinado tempo, sob a influência de agentes agressivos.

Assim, negligenciados o tempo e periodicidade da cura, principalmente em regiões com alta temperatura e baixa umidade, facilmente ocorrerá a perda de água do concreto para o ambiente, ocasionando uma hidratação parcial do cimento. Nessa situação, o concreto apresentará um

sistema interconectado de poros capilares (porosidade) e a consequência é uma estrutura mais permeável, de menor resistência e com maior vulnerabilidade aos ciclos de gelo-degelo e a ataques químicos (NEVILLE, 2016).

Desse modo, a cura úmida é um meio efetivo de prevenir a fissuração prematura e desenvolvimento adequado das reações de hidratação nas primeiras idades. A manutenção da superfície do concreto saturada de água previne a sua difusão do interior para o meio ambiente e, portanto, impede o aparecimento de retração plástica ou retarda a retração hidráulica, fornecendo à microestrutura da pasta tempo suficiente para resistir aos esforços de tração dela provenientes.

2.2 Fatores relacionados ao procedimento de cura

Na produção do concreto, existem alguns fatores relacionados à fase de cura que a equipe técnica e de execução da obra devem estar familiarizadas, visto que, se não acompanhados adequadamente, podem causar efeitos indesejados na resistência e no desempenho das estruturas.

2.2.1 Fatores do ambiente

Fatores ambientais, principalmente nas primeiras idades, exercem grande influência nas propriedades do concreto endurecido. Promover condições de cura que minimizem os efeitos da temperatura, umidade e também velocidade do ar é essencial, considerando que misturas expostas às altas temperaturas sofrem com a perda de resistência e fissuras por retração e quando expostas às baixas temperaturas sofrem com o retardo de pega e de endurecimento, comprometendo a resistência inicial (RECENA; PEREIRA, 2011).

Em regiões de baixa temperatura, durante o processo de concretagem, pode ocorrer o congelamento do concreto fresco. Caso isso ocorra antes que o concreto inicie o seu tempo de pega, aumenta-se o volume total do concreto, retardando a pega e o endurecimento. Nestas situações a cura tem o papel de fornecer calor à mistura, evitando que a água de amassamento congele. Destarte, a emissão de vapor aquecido é uma boa solução, mas também podem ser utilizadas fôrmas metálicas com isolamento e circulação de água quente (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Após o adensamento o concreto apresenta uma camada milimétrica de água (exsudação). Na prática existe a incidência do vento, que renova a camada de ar saturado por uma camada com ar não saturado, promovendo a evaporação dessa camada. Nessa situação a periodicidade da cura deverá ser maior para que o volume de água evaporado seja inferior ao volume de água disponibilizado (RECENA; PEREIRA, 2011).

2.2.2 Tempo e periodicidade de cura

A cura deve ser iniciada quando ocorre a perda do brilho do concreto

(evaporação da camada exsudada) ou imediatamente após o adensamento para situações em que a mistura apresenta uma tendência reduzida à exsudação e em condições de elevada taxa de evaporação da água. Também, faz-se necessária a aplicação imediata da cura em concretos com adições muito finas, baixa relação a/c, elevado teor de ar incorporado e misturas com redutor de água (ACI 308R-01, 2001). O documento sugere sete dias de cura para a maioria das estruturas, sendo estendido para quatorze dias quando houver adições.

Neville e Brooks (2013) dizem que a cura deve ser realizada por período suficiente até que os espaços na pasta de cimento fresca (ocupados por água) sejam preenchidos pelos produtos de hidratação tornando o concreto mais impermeável. A Tabela 1 mostra uma indicação do período mínimo de cura.

Tabela 1 – Período de cura necessário para hidratação onde os capilares são interrompidos

Relação a/c, em massa	**Grau de hidratação (%)**	**Período de cura necessário**
0,40	50	3 dias
0,45	60	7 dias
0,50	70	14 dias
0,60	92	6 meses
0,70	100	1 ano
Acima de 0,70	100	Impossível

Fonte: Powers *et al* (1959 *apud* NEVILLE; BROOKS, 2013)

Recena e Pereira (2011) mencionam que a cura deve ser feita no maior prazo possível e sempre de acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), ou seja, pelo menos até o concreto atingir 15MPa.

Battagin *et al* (2002) esclarece que o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) recomenda um tempo mínimo de cura de acordo com o tipo de cimento e a relação a/c utilizada no concreto, conforme apresentado no Quadro 1.

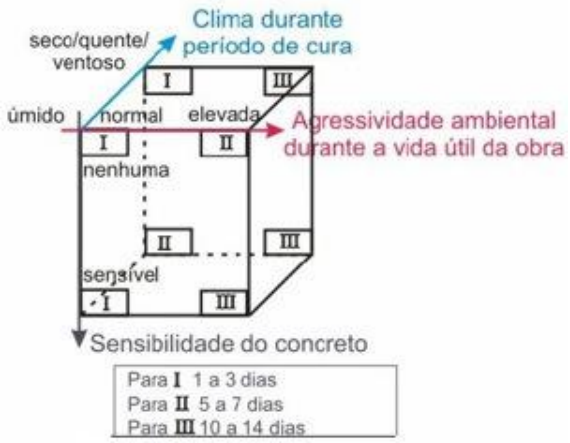
Quadro 1 – Tempo mínimo de cura do concreto, em dias

Tipo de cimento	**Fator água/cimento**			
	0,35	**0,55**	**0,65**	**0,70**
CP I e II-32	2	3	7	10
CP IV-32	2	3	7	10
CP III-32	2	5	7	10
CP I e II-40	2	3	5	5
CP V-ARI	2	3	5	5

Fonte: Battagin *et al* (2002)

Em função da agressividade ambiental durante a vida útil da obra, do clima durante o período de cura e da sensibilidade do concreto, o documento do Comitê Euro-International du Béton – CEB (1989 *apud* COUTO, 2003) sugere alguns períodos de cura, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 – Períodos de cura recomendados

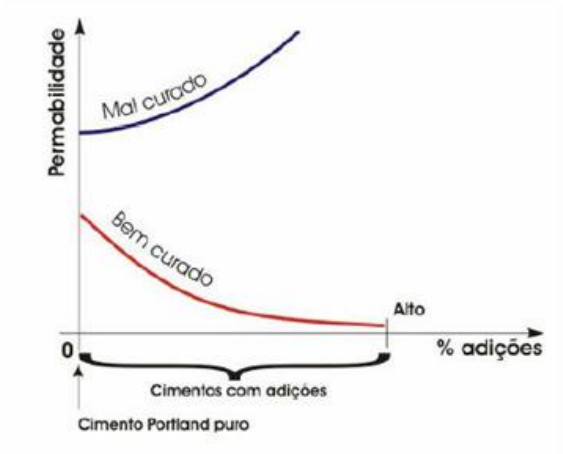


Fonte: CEB – Boletim nº. 183 (1989 *apud* COUTO, 2003)

2.2.3 Tipos de cimento

Os cimentos tipo Portland são os mais utilizados no Brasil e variam principalmente de acordo com sua composição incluindo adições (ABCP, 2002). Na Figura 2, pode-se observar que concretos com adições se mostram mais sensíveis à cura, especialmente quando se tem altas porcentagens destas adições (COUTO, 2003).

Figura 2 – Influência das adições na permeabilidade do concreto



Fonte: CEB (1983 *apud* COUTO, 2003)

2.2.4 Tipos de elementos estruturais

A camada superficial dos elementos de concreto é mais afetada devido a

exposição da superfície ao meio externo, assim, no que corresponde à perda de água, as propriedades do concreto em sua região mais interna serão menos afetadas que as propriedades da região mais externa. Aïtcin (2000) fala que em pilares e vigas a área externa é menor, o que limita a perda de água. Entretanto, não é o que ocorre nos casos de paredes e lajes, tendo em vista que uma área maior fica exposta aos fatores ambientais, sofrendo, consequentemente, a perda de água para as reações de hidratação.

Curti (2015) orienta que deve-se buscar alternativas para manter a água no interior da massa de concreto, por exemplo, a cura química que é usada em grande escala nas obras onde há uma grande superfície exposta, o que ocorre também nos casos de pavimentos de concreto.

3 TIPOS DE CURA

Os processos de cura mais empregados serão descritos a seguir. Para tanto, serão apresentados os procedimentos de curas úmida, térmica e química.

3.1 Cura úmida

Quando a água à temperatura ambiente, na forma líquida ou em vapor, é o agente que mantém o concreto saturado de forma direta, ou em molhagem direta (RECENA; PEREIRA, 2011), há o chamado processo de cura úmida.

É necessário um cuidado especial com a qualidade da água utilizada, observando a NBR 14931 (ABNT, 2004). Os tipos mais comuns são: manual (direta), aspersão, represamento, submersão e a vapor.

A aspersão (Figura 3a), uma alternativa à manual (direta) que se utiliza de mangueiras (Figura 3b e 3c) e regadores, quando feita de maneira estacionária ou automática infere na constância que eleva a eficiência do processo, sem grande consumo de água (PIRES, 1999).

Figura 3 – Cura úmida: aspersão com pulverizador (a), manual direta (b) e (c)



(a) (b) (c)

Fonte: meio eletrônico em <http://rodrigorcarvalho.com.br/>

Já o represamento é utilizado apenas em elementos de superfície (lajes e pavimentos) e refere-se ao processo de manter uma lâmina d'água represada na superfície, segundo Pires (1999) entre 2 a 3 centímetros. Deve

haver um cuidado especial para garantir constante a altura da lâmina durante o período de cura.

A submersão trata-se de uma maneira eficiente de realizar a cura úmida que acontece ao imergir elementos em um tanque com solução de água e cal (Figura 4). Assim como no caso do represamento, a submersão também é considerada o método mais adequado em concretos com relação água/cimento baixa por envolver todo o elemento (NEVILLE, 1997).

Figura 4 – Cura úmida por submersão



Fonte: meio eletrônico em <http://www.fernandesengenharia.com.br/>

A cura a vapor, segundo Iserhard (2000), é uma maneira usada em locais de clima mais úmido ou confinados em que a cura é realizada através de vapor d'água à temperatura ambiente (Figura 5) e que por si só é capaz de manter os elementos saturados formando uma fina película de água na superfície.

Figura 5 – Cura úmida a vapor



Fonte: meio eletrônico em <http://colegiodearquitetos.com.br/>

Recena e Pereira (2011) classificam como cura úmida indireta os procedimentos que, utilizando-se de materiais, promovem a retenção da umidade. Curti (2015) cita como materiais permeáveis: sacos de aniagem, feltro, camada de serragem ou areia, sacos tipo *kraft* e geotêxteis. Nestes tipos de materiais, Couto (2003) ressalta que devem estar sempre saturados para que não ocorra a sucção da água presente no concreto. Também são

empregados materiais impermeáveis, como as lonas plásticas (método da barreira à água) (NEVILLE, 1997). O método de ação é parecido nos dois tipos de materiais, ambos retêm a evaporação da água do concreto principalmente pela ação do vento (RECENA; PEREIRA, 2011).

3.2 Cura química

Ripper (1984 *apud* COUTO, 2003) define a cura química como o procedimento de aplicação de produtos químicos que formam uma película impermeável (Figura 6), evitando a evaporação da água do concreto, esse método de cura é classificado pelo autor como seguramente eficiente.

Figura 6 – Cura química aplicada com pulverizador



Fonte: meio eletrônico em <http:// www.diprotec.com.br/>

Os tipos mais comuns de produtos para essa finalidade citados por Neville (1997) são de produtos de copolímero estireno butadieno (SBR), resinas acrílicas, vinilas, borrachas cloradas e emulsões de parafina.

Curti (2015) ressalta que agentes de cura química podem tirar a aderência de revestimentos, portanto devem ser removidos completamente da superfície após o período de cura.

3.3 Cura térmica

A cura térmica, ou cura acelerada, é o processo em que o concreto, nas primeiras idades, é submetido a uma temperatura superior a do ambiente. Esse método de cura proporciona o enrijecimento das peças de concreto em um período menor (aceleração das reações) (STEIN, 2014).

Procedimentos de cura térmica podem ser feitos a seco ou utilizando vaporização. Neville (2016) inclui a cura empregando resistência elétrica nas peças ou nas fôrmas metálicas, cura utilizando mantas para aquecer as placas e cura por radiação infravermelha. Todos são especificados somente em casos específicos. O autor cita ainda o método de mistura quente, que consiste em aquecer o agregado e a água de amassamento ou injetando vapor na betoneira. Sempre há a necessidade em se aquecer e isolar as fôrmas. Nesse processo a resistência sofre uma redução de 10% a 20% em

comparação aos métodos convencionais.

No que tange aos métodos de cura térmica por vaporização, existem duas formas principais: sob pressão atmosférica e à alta pressão (autoclavagem).

O mais comum é a cura sob pressão atmosférica com temperaturas menores que 100ºC em câmaras especiais com coberturas plásticas para proteção das peças e a manutenção do vapor é feito por tubos flexíveis; à alta pressão um ciclo típico de aquecimento consiste em um aumento gradual até a temperatura máxima de 182ºC numa câmara de cura do tipo vaso de pressão (autoclave) (NEVILLE, 2016). O vapor quente acelera o desenvolvimento da resistência inicial e promove uma desforma mais rápida.

4 LEVANTAMENTO DE DADOS

Surgiu o questionamento se na prática esse processo é realizado dentro das obras em Goiânia-GO, conforme especifica a NBR 14931 (ABNT, 2004). O questionário destinado às dez empresas construtoras, sem fins estatísticos, foi construído com base no conhecimento adquirido durante a elaboração da revisão bibliográfica. Assim, foi encaminhado no início de outubro/2015 e os retornos foram aguardados até o final do mês.

Quanto ao questionário, um primeiro grupo de questões levantou informações sobre o tipo de concreto utilizado e aplicação de norma de execução de estruturas de concreto. Em geral, o concreto aplicado é do tipo usinado. A resistência mínima à compressão varia entre 10MPa e 35Mpa, já a máxima variou de 35MPa a 50MPa. Apenas a empresa 8 informou não fazer qualquer tipo de consulta a normas de execução de estruturas, nas demais as normas mencionadas foram as NBR 6118, NBR 14931 e NBR 12655.

O segundo grupo de questões focou no processo de execução da cura perguntando sobre os tipos de cura adotados, a periodicidade de fiscalização da saturação, duração do processo, se há algum parâmetro técnico para definição do tempo de cura e se a duração modifica com o tipo de concreto utilizado. Em cada uma das construtoras se observou o que consta no Quadro 2.

Quadro 2 – Respostas ao segundo grupo de questões

Construtora	Tipo de cura	Fiscalização da saturação	Tempo total, em dias	Parâmetro técnico para o tempo	Modifica com o tipo de concreto
Empresa 1	Úmida	Depende de fatores externos	3	Não	Tempo não. Frequência sim.
Empresa 2	Úmida[1]	Não informado	3	Sim	Não
Empresa 3	Úmida[1]	Primeiras 24 horas	3	Empirismo	Sim
Empresa 4	Úmida[2]	Não controlado	2 [3]	Sim	Não
Empresa 5	Úmida[2]	Não informado	3	Não sabe	Não
Empresa 6	Úmida[2]	Nos primeiros 3 dias	3 a 5	Empirismo	Não
Empresa 7	Úmida[3]	Não controlado	7 [3]	Não	Não
Empresa 8	Úmida	Diária	7	Empirismo	Sim
Empresa 9	Úmida[1]	Processo automatizado	7	Orientação projetista	Somente se indicado no projeto
Empresa 10	Úmida[1]	Primeiros 3 dias	3	Empirismo	Sim

(1) Com aspersores; (2) Com mangueiras; (3) Somente em lajes.

Fonte: Os autores

Um terceiro grupo de questões se deteve em identificar como se controla a execução da cura e alguma boa prática de engenharia na execução do procedimento. Somente a empresa 7 não informou fazer controle, os demais controlam ou por meio de fichas de verificação de serviços ou por supervisão de um encarregado. Apenas algumas empresas responderam à última pergunta citando o uso de aspersores, uso de inibidor de evaporação e controle do prazo de desformas. A empresa 9 ressaltou as boas vantagens do uso do sistema automatizado.

5 CONCLUSÕES

Esta última etapa executiva das estruturas em concreto tem ligação determinante com a resistência mecânica final e com a durabilidade. Sendo assim pode-se dizer que a cura dos elementos estruturais é um qualificador que determinará seu desempenho evitando manifestações patológicas principalmente as ligadas às retrações plásticas.

Mas o procedimento de cura não é padronizado para todos os casos. Foi visto que existe uma série de fatores intervenientes que devem ser levados em conta no momento de adotar uma estratégia de execução. Em suma são: o ambiente, a forma dos elementos, a disponibilidade de execução dos métodos, o tempo/periodicidade de execução da cura e os materiais utilizados na dosagem do concreto.

Levando em conta o levantamento de dados é possível verificar que esse

procedimento nem sempre é aplicado da maneira correta ou satisfatória. Ressalta-se que 30% das obras não souberam informar nenhum parâmetro técnico para escolha do tempo de cura e que 60% não fazem diferenciação nos procedimentos de cura de acordo com o tipo de concreto utilizado. Embora o levantamento de casos não tenha um tratamento estatístico, ao menos cria-se uma forte hipótese de que a cura vem sendo negligenciada nas obras.

Em vista disso este trabalho indica a necessidade de racionalizar essa etapa executiva, condensando os fatores intervenientes principais e os diferentes tipos de cura para que as obras possam melhor aplicar o procedimento. Sugere-se que haja uma normatização específica que una esses elementos a fim de aumentar a qualidade das edificações através do melhoramento do desempenho do concreto.

REFERÊNCIAS

ABCP ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **BT-106**: Guia básico de utilização do cimento Portland. 7.ed. São Paulo, 2002.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:** Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15575:** Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ACI AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 308R-01:** Standard practice for curing concrete. 2001.

AÏTCIN, P.C. **Concreto de alto desempenho**. São Paulo, 2000.

ANDRADE, T. **Tópicos Sobre Durabilidade do Concreto**. In: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo, 2005.

BATTAGIN, A.F.; CURTI, R.; SILVA, C.O; MUNHOZ, F.A.C. **Influência das Condições de Cura em Algumas Propriedades dos Concretos Convencionais e de Alto Desempenho**. Instituto Brasileiro do Concreto - 44º Congresso Brasileiro, 2002.

COUTO, A.B.P. **Influência das condições de cura nas características do cobrimento de diferentes concretos**. Goiânia, 2003.

CURTI, R. **A cura do concreto e sua importância**. 2015. Disponível em: <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/a-cura-do-concreto-e-sua-importancia>. Acesso em: 15 mar 2016.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Concreto de cimento Portland**. In: Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo, 2010.

ISERHARD, J. L. R. F. **Contribuição ao estudo da viabilidade da cura do concreto por energia solar**. 2000. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

KIHARA, Y.; CENTURIONE, S.L. **O Cimento Portland**. In: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo, 2005.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto – estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo, 1994.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre, 2013.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. São Paulo, 1997.

_____. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre, 2016.

PIRES, M.M. **Sistemas de escoramento e cura do concreto e sua relação com o desempenho das estruturas**. In: Congresso Brasileiro do Concreto, Salvador, 1999.

RECENA, F.A.P.; PEREIRA, F.M. **Produção e Controle de Concreto em Obras**. In: ISAIA, G.C. Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo, 2011.

STEIN, M.G. **Influência da cura térmica a vapor no concreto**. Lajeado, 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CONSTRUÇÃO DE MÓDULO EXPERIMENTAL DE TELHADO VERDE PARA REALIZAÇÃO DE ESTUDOS EXPERIMENTAIS: DIFICULDADES E POSSIBILIDADES[1]

GARRIDO NETO, Pedro de Souza (1); MIRANDA, Francis Martins (2); SHAN, Viviane Li Xiao (3); VAZQUEZ, Elaine Garrido (4); MIGUEZ, Marcelo Gomes (5); ROMANHOLI, Wiliam Michel de Moura (6)

(1) UFRJ, e-mail: pedrouu@poli.ufrj.br; (2) UFRJ, e-mail: francismmiranda@gmail.com;
(3) UFRJ, e-mail: viviane_li@poli.ufrj.br; (4) UFRJ, e-mail: elainevazquez@poli.ufrj.br;
(5) UFRJ, e-mail: marcelomiguez@poli.ufrj.br; (6) UFRJ, e-mail: romanholi@poli.ufrj.br

RESUMO

Após séculos de tratamento inadequado das águas pluviais urbanas, abordagens recentes buscam técnicas capazes de mitigar as causas e consequências de inundações no meio urbano. O processo de impermeabilização do solo, intrínseco à urbanização, acaba por reduzir a capacidade natural de armazenamento e infiltração do terreno, aumentando os volumes escoados superficialmente. Dentre uma série de técnicas compensatórias em drenagem urbana que buscam reduzir os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, destaca-se o "telhado verde" pelo seu potencial de controle na fonte. Neste contexto, este estudo tem como objetivo apresentar o processo construtivo de um protótipo de telhado verde em uma bancada experimental. Um experimento piloto é apresentado de forma a atestar a capacidade de retenção do volume precipitado e o retardo em iniciar a geração de escoamento superficial frente a uma chuva intensa. Nesse experimento, o telhado verde foi capaz de reter 21% do volume de água produzido por uma chuva com intensidade de 105 mm/h e duração de 30 minutos e atrasar em 20 minutos o início da geração de escoamento superficial. Destaca-se também uma série de outros possíveis estudos que podem ser desenvolvidos a partir do módulo experimental construído, bem como suas limitações.

Palavras-chave: Telhado verde. Drenagem urbana sustentável. Técnicas compensatórias.

ABSTRACT

After centuries of inadequate treatment of urban stormwater, recent approaches have been looking for techniques, which can reduce the causes and consequences of floods in urban areas. The impervious process of land intrinsic to urbanization reduces the natural capacity of storage and infiltration of lands, increasing runoff volumes. In a spectrum of compensatory techniques in urban drainage that aim to reduce the urbanization impact in the hydrologic processes, the "green roofs" stand out due to their potential for being a source control. In this context, the aim of this paper is to present a constructive methodology of a green roof prototype in an experimental bench. An example of the use of the green roof prototype is also presented in this study, showing its capacity in stormwater retention and peak flows delay under intense precipitation events. In this experiment, the green roof has been able to

[1] GARRIDO NETO, Pedro de Souza; MIRANDA, Francis Martins; SHAN, Viviane Li Xiao; VAZQUEZ, Elaine Garrido; MIGUEZ, Marcelo Gomes; ROMANHOLI, Wiliam Michel de Moura. Construção de módulo experimental de telhado verde para realização de estudos experimentais: Dificuldades e possibilidades. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

retain 21% of the volume of water produced by a rainfall intensity of 105 mm / h and 30-minute duration, and delay in 20 minutes the start of the generation of runoff. Furthermore, a series of other possible studies using green roof prototypes will be highlighted, as well as their limitations.

***Keywords**: Green roof. Sustainable urban drainage. Compensatory techniques.*

1 INTRODUÇÃO

A adaptação para um futuro incerto, com grandes chances de aumento de frequência e magnitude de eventos naturais extremos, está entre os principais desafios das cidades do século XXI (FIELD *et al.*, 2014). As inundações urbanas originadas por precipitações intensas se apresentam como o mais frequente dentre os desastres naturais registrados. A cada ano são registrados aumentos de ocorrências, número de pessoas atingidas e prejuízos associados (SAYERS *et al.*, 2013; JHA *et al.*, 2012; WHITFIELD, 2015).

Apesar de precipitações intensas e enchentes serem fenômenos naturais, o acréscimo populacional em áreas sujeitas à inundação, a expansão da "fronteira urbana" e as variabilidades climáticas explica a dimensão dos impactos associados às inundações urbanas (TUCCI, 2007). Áreas vegetadas cada vez mais cedem espaço ao ambiente construído como ruas, edificações, pátios e estacionamentos, principais responsáveis pela impermeabilização do solo no espaço urbano.

Abordagens relativamente recentes, iniciadas na década de 70 do século XX, buscam refletir, discutir e reconsiderar a drenagem urbana sob uma perspectiva mais sustentável (URBONAS & STAHRE, 1993). Principalmente através da potencialização da infiltração e do armazenamento, esta nova concepção tem como objetivo o reestabelecimento dos padrões de escoamento em condições pré-urbanização. Nesse contexto, diversas abordagens sustentáveis em drenagem urbana ganharam espaço pelo mundo, por exemplo, o de "Cidades Sensíveis à Água" (*Water Sensitive Cities*, de sigla *WSC*), originado na Austrália, o de "Desenvolvimento de Baixo Impacto" (*Low Impact Development*, de sigla *LID*), iniciado nos EUA e o de "Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável" (*Sustainable Urban Drainage Systems*, de sigla *SuDS*), com origem no Reino Unido.

Os reservatórios de detenção, de retenção e de lote, assim como os telhados verdes, pavimentos permeáveis, trincheiras e valas de infiltração são exemplos de técnicas utilizadas em projetos que estão atreladas à concepção sustentável para a drenagem urbana.

Considerando que as edificações representam grande parcela do espaço urbano e, geralmente, suas coberturas são subutilizadas, verifica-se um potencial para que a tecnologia conhecida como "telhados verdes" assuma papel importante como medida estrutural na mitigação da geração de escoamento superficial na fonte.

Diversos estudos comprovam o potencial desse sistema no controle de escoamento de águas pluviais. Seu desempenho em relação à retenção e detenção da água de chuva pode ser avaliado em função da intensidade

da chuva, composição e profundidade do substrato, clima local, entre outros. Os telhados verdes podem retardar e diminuir os picos de vazão de escoamento superficial, aliviando a demanda sobre o sistema urbano de drenagem (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

Devido à carência de estudos sobre a tecnologia de telhados verdes em países de clima tropical (LOIOLA, 2015), o presente artigo visa apresentar a construção de um protótipo de cobertura verde, no município do Rio de Janeiro, que poderá ser palco de diversos ensaios experimentais.

A construção, não só do módulo experimental de cobertura verde, descrita no presente trabalho, mas também da bancada experimental na qual este se insere, foi motivada pela participação da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ no projeto "Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano", de sigla "MAPLU", referente à Chamada Pública MCT/MCidades/FINEP/Ação Transversal Saneamento Ambiental e Habitação – 07/2009, financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, no qual a UFRJ participa em conjunto com outras universidades do Brasil. Para o desenvolvimento do referido projeto, a UFRJ criou um grupo de pesquisa, envolvendo diversos professores, alunos e pesquisadores.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o processo construtivo de um protótipo de telhado verde em uma bancada experimental; apresentar um experimento realizado para verificar a capacidade de retenção de água de chuva do protótipo diante de uma precipitação com intensidade e duração controladas por um simulador de chuvas; e apontar as principais limitações e dificuldades encontradas para a realização de estudos experimentais a respeito desta técnica compensatória.

3 LOCALIZAÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo de cobertura verde está localizado em uma bancada experimental construída no Centro Experimental de Saneamento Ambiental da UFRJ – CESA/UFRJ, situado na Ilha do Fundão, cidade do Rio de Janeiro.

4 METODOLOGIA

4.1 Apresentação da bancada experimental em que foi implantado o protótipo de telhado verde

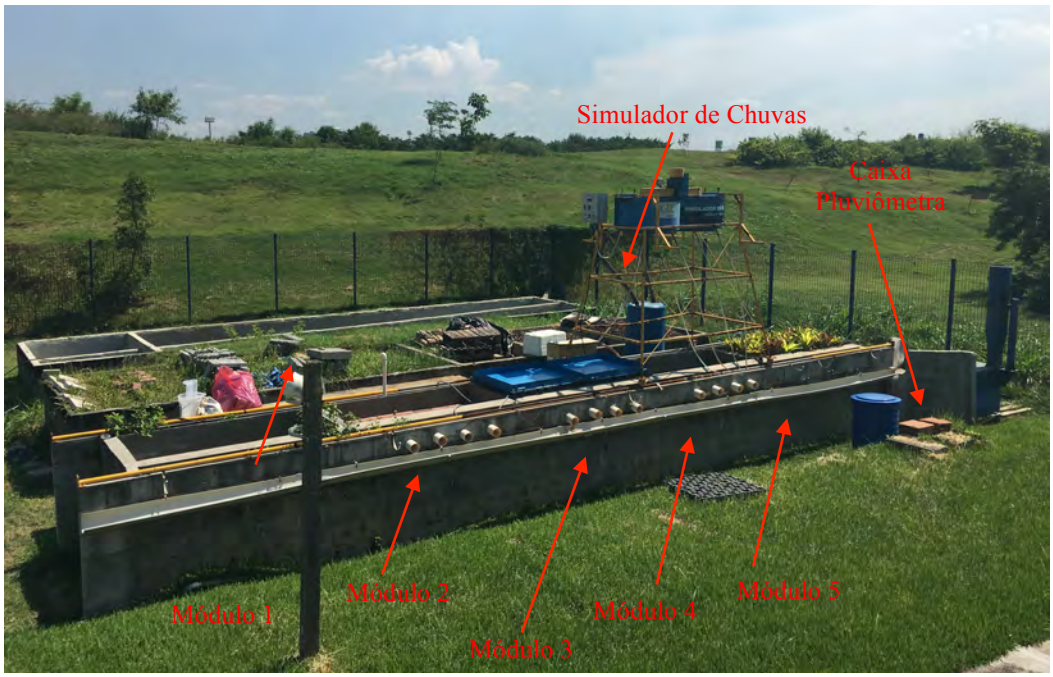
A bancada experimental foi construída, no âmbito do projeto "MAPLU". O projeto desta bancada foi desenvolvido a partir de discussões entre participantes do grupo do projeto "MAPLU" e está devidamente descrito e apresentado no Trabalho de Conclusão de Curso de Garrido Neto (2012).

A bancada experimental foi construída, no período de março a julho de 2013, em área aberta do CESA/UFRJ. Toda a etapa construtiva da bancada está relatada no Trabalho de Conclusão de Curso de Pontes (2013).

Apresentando 5 módulos separados e limitados por paredes de alvenaria o que permite que sejam implantadas diferentes concepções de pavimentos permeáveis e telhados verdes para a realização de ensaios experimentais.

Acoplados à bancada experimental (Figura 1) estão dois equipamentos: a Caixa Pluviômetra (Figura 2) e o Simulador de Chuvas (Figura 3). Na Figura 1 observa-se a bancada experimental, com destaque para os módulos e equipamentos.

Figura 1 – Bancada experimental e seus equipamentos acessórios.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 2 – Caixa Pluviômetra.



Fonte: LIBERATO (2015).

Figura 3 – Simulador de Chuvas.



Fonte: LIBERATO (2015).

A Caixa Pluviômetra é um equipamento desenvolvido pela Escola

Politécnica da UFRJ sendo o pedido de sua patente depositado pela Universidade junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI sob o número BR2020120286942. O idealizador desse equipamento é o professor Theophilo Benedicto Ottoni Filho, participante do grupo de pesquisa do projeto "MAPLU" e docente da Escola Politécnica da UFRJ. Trata-se de um equipamento concebido para mensurar os principais processos hidrológicos associados à chuva (precipitação total, infiltração e escoamento superficial). Na bancada experimental, a principal função deste equipamento é medir os deflúvios oriundos de um determinado módulo alvo de estudo. Os aspectos conceituais, construtivos e de funcionamento deste equipamento encontram-se detalhados em Liberato (2015).

O Simulador de Chuvas, modelo *InfiAsper – Double*, foi projetado pelo professor Teodorico Alves Sobrinho, da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, possuindo capacidade de produzir precipitações na faixa de 30 a 200 mm/h. Detalhes sobre o Simulador de Chuvas estão descritos nos trabalhos de Alves Sobrinho *et al.* (2008) e Alves Sobrinho *et al.* (2002).

4.2 Concepção do protótipo de telhado verde

O espaço destinado à construção do telhado verde foi o módulo 5 (Figura 4) da bancada experimental, que possui forma retangular (0,88 m x 2,02 m), com 1,78 m² de área. As alturas das paredes da face leste a oeste variam, respectivamente, de 27,5 cm a 23,5 cm, garantindo ao módulo uma declividade de cerca de 3,7%.

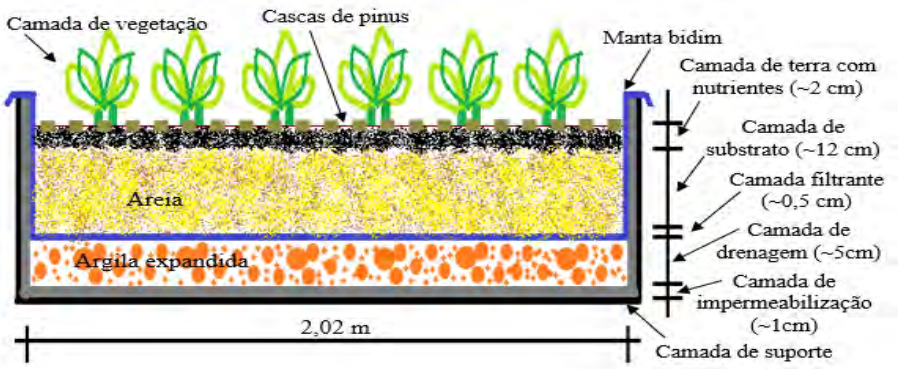
Figura 4 – Módulo 5 da bancada experimental.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Após processo de revisão bibliográfica e discussões com profissionais de várias áreas do conhecimento, decidiu-se pela implantação de um telhado verde com a configuração de camadas e com os materiais e suas respectivas espessuras conforme ilustradas na Figura 5.

Figura 5 – Esquema ilustrativo do protótipo de cobertura verde.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

As bromélias do gênero *Neoregelia* foram escolhidas para compor a camada vegetal do protótipo de telhado verde, por serem comumente encontradas na região sudeste brasileira (MATUANO, 2008), resistentes ao clima tropical, e por possuírem tanques de armazenamento em sua estrutura vegetal (COGLIATTI-CARVALHO *et al.*, 2010), fato que permite o acúmulo de água de chuva.

A água precipitada sobre a área do protótipo escoará através das camadas do telhado verde, até chegar na camada de drenagem, onde, devido à inclinação para a face leste, é direcionada para duas tubulações de saída do protótipo, com diâmetro de 1" e controladas, em suas extremidades por torneira. Quando abertas, as torneiras liberam o fluxo da água que se encontra no interior do protótipo para uma calha que direciona o escoamento à Caixa Pluviômetra, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Saídas da drenagem do protótipo.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

4.3 Construção do protótipo de telhado verde

Primeiro, a face leste do protótipo, indicada na Figura 4, foi coberta com manta geotêxtil[2], para evitar o carreamento de sedimentos e possível entupimento dos tubos de drenagem do módulo. O processo é demonstrado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Recorte da manta geotêxtil nas dimensões necessárias.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 8 – Colocação da manta geotêxtil para proteção dos tubos.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Em seguida, foi executada a camada de drenagem do protótipo (Figura 9), utilizando argila expandida, como sugerido em algumas referências brasileiras sobre o tema (GUERRA JÚNIOR, 2013; LOIOLA, 2015; PINTO, 2015). Após conclusão da camada drenante, esta camada foi coberta por manta geotêxtil, conforme observado na Figura 10.

Figura 9 – Camada de drenagem executada.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 10 – Manta geotêxtil colocada sobre a camada drenante.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

A próxima etapa realizada foi a implantação da camada de substrato, composto por duas subcamadas: uma de areia, com aproximadamente 12 cm, e outra composta por um substrato comercial, com cerca de 2 cm de espessura.

A subcamada de areia foi disposta no protótipo do seguinte modo: primeiro,

[2] Trata-se de manta têxtil, bastante permeável, que possui diversas finalidades como permitir que somente água transpasse através dela, funcionando como drenagem e filtro, e separar materiais heterogêneos sem que haja mistura de material.

dispôs-se todos os sacos em fileiras sequenciais (Figura 11) e, em seguida, realizou-se um corte no fundo dos sacos e os mesmos foram removidos em movimento para cima, de modo que a areia fosse saindo do saco e espalhando-se pela área (Figura 12). Este procedimento de lançamento da areia visa garantir um padrão de compactação.

Figura 11 – Primeira fileira de sacos com areia para compor o substrato.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 12 – Processo de lançamento da areia dos sacos para o protótipo.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

A subcamada de areia foi regularizada, com o uso de uma vassoura, até se atingir uma espessura de aproximadamente 12 cm.

Sobre a subcamada de areia, foi lançada a subcamada do substrato comercial (Figura 13), com cerca de 2 cm. A conclusão desta subcamada é apresentada na Figura 14, estando, desta forma, finalizada a implantação da camada de substrato.

Figura 13 – Saco do substrato comercial.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 14 – Protótipo após conclusão da camada de substrato.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Por fim, foi realizado o plantio das bromélias na camada de substrato. Nas superfícies livres remanescentes, foram espalhadas cascas de pinus para proteger o substrato exposto da ação erosiva da chuva.

4.4 Exemplo de um ensaio experimental com o objetivo de avaliar a capacidade de retenção de chuva do protótipo de telhado verde

Para o arranjo do protótipo de telhado verde apresentado no item anterior, em 15/12/2015 foi realizado o primeiro ensaio experimental. Buscou-se observar o comportamento do telhado verde em uma situação de precipitação com intensidade de 105 mm/h e duração de 30 minutos, condições estas controlada pelo Simulador de Chuvas. Esta chuva foi escolhida por representar uma chuva intensa, de acordo com o documento "Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana" (Rio-Águas, 2010), a ser considerada no dimensionamento de dispositivos de microdrenagem, no município do Rio de Janeiro.

O ensaio experimental, mencionado no parágrafo anterior, foi executado seguindo-se os passos apresentados no Quadro 1.

As vazões drenadas através das camadas do telhado verde eram direcionadas para a Caixa Pluviômetra e registradas a cada intervalo de tempo. Conhecendo-se as vazões drenadas em cada intervalo de tempo, construiu-se um hidrograma de saída, referente às vazões efluentes do sistema do telhado verde.

Conhecendo-se a intensidade da chuva, assumida como constante durante todo o ensaio, e as vazões de saída do protótipo, foi possível verificar o volume de água que ficou armazenado no sistema planta-substrato no referido evento.

Quadro 1 – Etapas para a execução do ensaio experimental.

1- Realizar a primeira medição de intensidade de chuva produzida pelo Simulador de Chuvas (antes do experimento), para fins de calibração do mesmo;
2- Ligar o Simulador de Água de Chuva sobre o protótipo para que seja iniciada a chuva, com a duração já prevista;
3- Registrar, a cada minuto a partir do início da chuva, as vazões afluentes à Caixa Pluviômetra;
4- Desligar o Simulador de Água de Chuva após o tempo de duração de chuva pré-estabelecido;
5- Continuar registrando as vazões afluentes à Caixa Pluviômetra, para caracterizar o deplecionamento do sistema;
6- Realizar a segunda medição de intensidade de chuva produzida pelo Simulador de Chuvas (após o experimento);
7- Calcular a média das intensidades de chuva, obtidas antes e após o experimento, e adotar o esse valor como a intensidade de chuva considerada como constante durante todo experimento.

5 RESULTADOS

Como resultado têm-se a conclusão de protótipo de telhado verde, conforme foto apresentada na Figura 15, tais como os listados no Quadro 2.

Figura 15 – Protótipo de telhado verde concluído.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Quadro 2 – Potencial de utilização do módulo de cobertura verde para desenvolvimento de pesquisas.

1- Medição da capacidade de armazenamento do volume de água de chuva no protótipo para diferentes eventos de chuvas (intensidade e duração);
2- Estudo da capacidade de amortecimento das vazões de pico para esta configuração de telhado, bem como o atraso que o sistema vegetação-substrato fornece na liberação de águas drenadas;
3- Pesquisas sobre camada da vegetação: verificar as taxas de evapotranspiração das bromélias, a capacidade de armazenamento em seus tanques, acompanhar seu crescimento frente às intempéries locais, estudos sobre a proliferação de mosquitos transmissores de doenças;
4- Utilização dos dados obtidos na escala experimental em modelos matemáticos para aplicação em lotes e bacias hidrográficas;

Como principais limitações do uso do protótipo construído, destacam-se as apresentadas no Quadro 3. Espera-se que estas limitações sirvam de base para o planejamento de outros protótipos.

Quadro 3 – Principais limitações do protótipo construído.

1- Escolha do equipamento de simulação de chuvas. O simulador utilizado possui estruturas acopladas difíceis de serem transportadas, exigindo elevado esforço físico. Além disso, o processo de troca de intensidade de chuva não é simples;
2- Não é possível realizar experimentos a partir de chuvas reais. A exposição do local não conta com abrigo para a equipe de ensaio. Além disso, nessas ocasiões haveria contabilização de escoamentos provenientes não só da área do protótipo, mas também da calha de escoamento e da Caixa Pluviômetra.
3- A Caixa Pluviômetra utilizada não era dotada de sensores que a tornassem automatizada, o que melhoraria significativamente a precisão das medições;
4- Para o desenvolvimento de pesquisas que visem estabelecer a relação do comportamento do telhado verde com fatores climáticos, é necessária a implantação de uma estação climatológica próxima;
5- Influência do vento e horário da realização do ensaio.

Para o primeiro ensaio, realizado em 15/12/2015, com a simulação de uma chuva com intensidade média de 105 mm/h durante 30 minutos, foi obtido, a partir de dados medidos na Caixa Pluviômetra, o hidrograma de saída (Figura 16) do módulo experimental descrito neste trabalho.

Figura 16 – Hidrograma de saída do protótipo para o evento simulado.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A área sob o hidrograma da Figura 16, ou seja, a integral da curva apresentada, representa o volume total drenado através das camadas do protótipo e que foram conduzidas à Caixa Pluviômetra.

Desta forma, para a configuração do protótipo apresentado e para o

evento descrito, tem-se que o volume precipitado foi 0,093 m³ e o volume total direcionado para a Caixa Pluviômetra foi 0,073 m³. Portanto, o volume retido no sistema equivale a 0,020 m³, caracterizando uma capacidade de retenção de, aproximadamente, 21%.

Observou-se também nesta simulação que somente 20 minutos após o início da precipitação ocorreram variações de nível d'água pela Caixa Pluviômetra, o que caracteriza o potencial de atrasar os escoamentos superficiais gerados em um evento.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a metodologia executiva de um protótipo de cobertura verde, que pode ser palco de vários estudos experimentais que buscam incentivar o uso da técnica, bem como promover sua consolidação na engenharia.

O primeiro ensaio já realizado no protótipo construído, demonstrou que, para tal configuração de telhado verde, o mesmo é capaz de reter cerca de 21% do volume precipitado em uma ocasião de chuva com intensidade constante e duração de 30 minutos. Trata-se apenas de um exemplo de uma gama de pesquisas que podem ser desenvolvidas a partir deste.

É de extrema importância que técnicas como esta, capazes de transformar a qualidade de vida nas cidades, ganhem cada vez mais espaço no meio científico e profissional.

A confiabilidade da configuração adotada no telhado só pode ser confirmada após um acompanhamento a médio/longo prazo, de forma a avaliar o crescimento vegetal, eficiência do sistema de drenagem e a validade do processo de impermeabilização da superfície.

Além do contexto da drenagem urbana sustentável, coberturas verdes estão difundidas entre diversas áreas do conhecimento com múltiplos benefícios, podendo citar a produção de hortaliças, conforto térmico, eficiência energética, aspectos paisagísticos, entre outros.

AGRADECIMENTOS

À FINEP e à CAPES pelo apoio e suporte financeiro para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES SOBRINHO, T. A., FERREIRA, P. A., PRUSKI, F. F., 2002, "Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil", **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 337-344, Campina Grande, PB, Brasil.

ALVES SOBRINHO, T. A., GÓMEZ-MACPHERSON, H., GÓMEZ, J. A., 2008, "A portable integrated rainfall and overland flow simulator", **Soil Use and Management**, n. 24, p. 163-170.

COGLIATTI-CARVALHO, L., ROCHA-PESSOA, T. C., NUNES-FREITAS, A. F., ROCHA, C. F. D., 2010, "Volume de água armazenado no tanque de bromélias, em restingas da costa brasileira", **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 84-95.

FIELD, C.B., BARROS, V.R., DOKKEN, D.J., MACH, K.J., MASTRANDEA, M.D., BILIR, T.E., CHATTERJEE, M., EBI, K.L., ESTRADA, Y.O., GENOVA, R.C., GIRMA, B., KISSEL, E.S., LEVY, A.N., MACCRACKEN, S., MASTRANDEA, P.R., WHITE, L. L., 2014, IPCC, **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 1132, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

GARRIDO NETO, P. S., 2012, **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil**, Projeto Final de Graduação, Escola Politécnica/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

GUERRA JÚNIOR, J. C., 2013, **Coberturas vivas, algumas observações técnicas para a sua implantação**, Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, SP, Brasil.

JHA, A. K.; BLOCH, R.; LAMOND, J., 2012, **Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Manangement for the 21st Century**, Washington: The World Bank.

LIBERATO, D. B., 2015, **Avaliação da Caixa Pluviômetra: Um novo equipamento desenvolvido para medir a precipitação, infiltração de chuva, escoamento superficial e índice de erosão em terrenos com diversos tipos de cobertura**, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

LOIOLA, C. M. N., 2015, **Avaliação das relações chuva-vazão em telhados verdes modulares sob chuva simulada induzida**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MATUANO, D. G., 2008, **Crescimento clonal em *Neoregelia cruenta* na Restinga de Jurubatiba: estrutura populacional, plasticidade morfo-anatômica e integração fisiológica**, Tese de Doutorado em Botânica, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PINTO, L. A., SILVA, J. S., CALMANT, S., 2015, "Análise experimental da retenção de águas pluviais em protótipo de telhado verde extensivo", **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Brasília, DF, Brasil.

PONTES, K. L. F., 2013, **Estudo de caso da construção de um protótipo experimental para ensaios sobre técnicas compensatórias em drenagem urbana: pavimentos permeáveis e telhados verdes**, Projeto Final de Graduação, Escola Politécnica/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RIO-ÁGUAS, 2010, **Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana**, 1ª versão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SAYERS, P., YUANYUAN, L., GALLOWAY, G., PENNING-ROSWELL, E., FUXIN, S., KANG, W., YWEL, C. LE QUESNE, T., 2013, UNESCO - Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura. Flood Risk Manangement: A strategic Approach.

TEIXEIRA, P. C., ILHA, M. S. O., REIS, R. P. A., 2011, "Análise da qualidade da água de chuva drenada por coberturas verdes: Estudo piloto", **XII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, Passo Fundo, RS, Brasil.

TUCCI, C. E. M., 2007, **Inundações Urbanas**, Porto Alegre: ABRH/RHAMA. 393p.

URBONAS, B., STAHRE, P., 1993, **Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage and CSO Management**, New Jersey: Prentice Hall, 449 p.

WHITFIELD, P.H., 2015, Floods in future climates: a review, **Journal of Flood Risk Management**, DOI:10.1111/j.1753-318X.2012.01150.x.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSTA DE COMPONENTE ARQUITETÔNICO EXTERNO DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO PARA O CONFORTO TÉRMICO E ECONOMIA ENERGÉTICA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO[1]

SILVA, Yuri V. (1); STANESCU, George (2)

(1) UFPR, e-mail: yurivascon@gmail.com; (2) UFPR, e-mail: stanescu@ufpr.br

RESUMO

Enquanto a Agenda 2030 (ONU) estipula que taxa global de melhoria da eficiência energética deva dobrar até 2030, sabe-se que o ambiente construído é um dos maiores consumidores da energia produzida, onde o condicionamento térmico figura entre os que mais a consomem. Assim, o objetivo deste artigo é a proposição de um componente arquitetônico externo de resfriamento evaporativo (RE) para o conforto térmico e economia energética no ambiente construído. O trabalho propõe uma malha em material biopolimérico como revestimento externo em fachadas. A água pluvial seria distribuída ao longo da malha até um conjunto de aspersores, onde seria pulverizada contra a superfície construída, umidificando e preenchendo a cavidade entre a malha e a parede com uma nuvem de gotículas. O contato entre o ar circulando na cavidade e a água pulverizada promoveria a evaporação, retirando o calor desta região. Entre as vantagens da tecnologia proposta incorporada ao projeto de arquitetura, espera-se (i) maior eficiência energética na edificação, (ii) utilização do biopolímero em componentes construtivos (iii) o uso de água pluvial, (iv) integração com a linguagem formal do edifício, ao ser também aplicado como um revestimento arquitetônico.

Palavras-chave: Resfriamento evaporativo. Eficiência energética. Conforto térmico.

ABSTRACT

While Agenda 2030 (UN) states that the global rate of improvement in energy efficiency should double by 2030, it is known that the built environment is one of the largest consumers of energy produced, where the thermal conditioning is among the more energy demand. The objective of this article is to propose an external architectural component of evaporative cooling (RE) for thermal comfort and energy savings in buildings. The paper proposes a mesh biopolymeric material and external coating facades. The rainwater would be distributed throughout the network until a set of nozzles, which spray against the surface, humidifying and filling the cavity between the mesh and the wall with a cloud of droplets. The contact between the air circulating in the cavity and the water spray promote evaporation, removing the heat of this region. Among the advantages of the proposed technology incorporated into the architectural design, is expected to (i) higher energy efficiency in building, (ii) use of biopolymer in buildings components (iii) the use of rainwater, (iv) integration with language formal building, to be also used as an architectural coating.

Keywords: *Evaporative cooling. Energy efficiency. Thermal comfort.*

[1] SILVA, Yuri V.; STANESCU, George. Proposta de componente arquitetônico externo de resfriamento evaporativo para o conforto térmico e economia energética no ambiente construído. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16.. 2016. São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC. 2016.

1 INTRODUÇÃO

As próximas décadas reservam uma crescente demanda energética global, acima do que foi registrado até o momento. Neste cenário, o uso do ar condicionado é apontado como um dos principais agentes deste alto consumo futuro.

Dados recentes dos Estados Unidos, país que divide com a China a liderança no consumo energético mundial, revelaram que o setor do ambiente construído consome 41% do total da energia daquele país. Neste índice, 47% são demandados pelo condicionamento térmico nos ambientes internos, sendo 10% utilizado para o arrefecimento (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2010). No Brasil, o PROCEL (2005) aponta que uso domiciliar para condicionamento ambiental já chega a 20%, ocupando o terceiro lugar entre os usos finais que mais consomem energia elétrica. Pesquisas ao redor do mundo buscam meios de substituir ou complementar os atuais sistemas de condicionamento térmico por sistemas que resultem no mesmo objetivo final, o conforto dos usuários, porém com maior eficiência na utilização da energia.

A estratégia de arrefecimento por resfriamento evaporativo (RE) é uma das mais promissoras aplicações nas edificações novas ou existentes. Utiliza o princípio físico em que um determinado elemento, ao passar por uma mudança de estado na direção do maior calor, do sólido para o líquido ou deste para o gasoso, consome calor sensível durante o processo. O RE utiliza a água em estado líquido para ser evaporada em contato com o ar ou outro meio com maior calor. No processo de evaporação, a água extrai calor sensível do ambiente, resfriando-o.

O objetivo deste artigo é associar a estratégia do RE a um componente arquitetônico para fachadas. Em material plástico biopolimérico, este componente poderia ser instalado em edifícios novos ou existentes. Formaria uma cavidade entre a malha e a parede que seria preenchida por água aspergida a partir do componente. Auxiliando, desta forma, o arrefecimento do edifício, onde a diminuição na demanda energética do ar condicionado é esperada como objetivo.

2 SITUAÇÃO ENERGÉTICA

2.1 Panorama Global

Países de economia emergente têm possibilitado a sua população o acesso a aparelhos de ar condicionado (AC). Isso exerce pressão adicional no suprimento energético destas economias. Michael Sivak (2013) demonstra que países em desenvolvimento combinam duas características preocupantes quando associadas: (i) estão localizados em áreas de clima quente e (ii) apresentam as maiores densidades demográficas. De acordo com Sivak (2013), é uma questão de tempo para que o uso do ar condicionado se popularize com o aumento de renda *per capita* dos países emergentes. Como consequência, o mundo passará por um aumento sem precedentes na demanda de energia elétrica. Ao pesquisar o potencial de

uso do ar condicionado em 170 países, dois fatos são mais relevantes a este artigo (SIVAK, 2013):

- 8 países têm o potencial de ultrapassar o atual primeiro lugar – EUA – global no uso do ar condicionado: Índia, China, Brasil, Indonésia, Nigéria, Paquistão, Bangladesh e Filipinas;
- Dentre os 25 países com maior potencial de se tornarem líderes em uso de ar condicionado no mundo, 22 são países em desenvolvimento;

Uma estimativa de Stan Cox (2012) deduziu que o ar condicionado residencial, comercial e industrial em todo o mundo consome ao menos um trilhão de quilowatts-hora de eletricidade atualmente. Cox anteviu que o consumo mundial subirá dez vez até o ano 2050, graças à inserção dos mercados emergentes.

2.2 Panorama Nacional

A crescente demanda por eletricidade nos centros urbanos do Brasil, a falta de investimento em infraestrutura na matriz energética, a dependência climática para os reservatórios em sistemas baseados na geração hidrelétrica são os principais fatores que levaram a infraestrutura energética ao limite de sua capacidade, trazendo transtornos como os apagões e incapacidade de fornecimento a novas instalações industriais ou urbanas. O relatório da Projeção da Demanda de Energia Elétrica (EPE, 2013) estimou que o consumo total do país sairá dos 463.600 GWh medido em 2013, para atingir 688.990 GWh no ano de 2023 (TABELA 1). Para os valores tabulados em relação ao consumo residencial e comercial, classes que são objetivos deste artigo, a EPE previu um crescimento estável na demanda residencial na ordem de 4% a cada cinco anos, e de 5% no mesmo intervalo de tempo para o setor comercial.

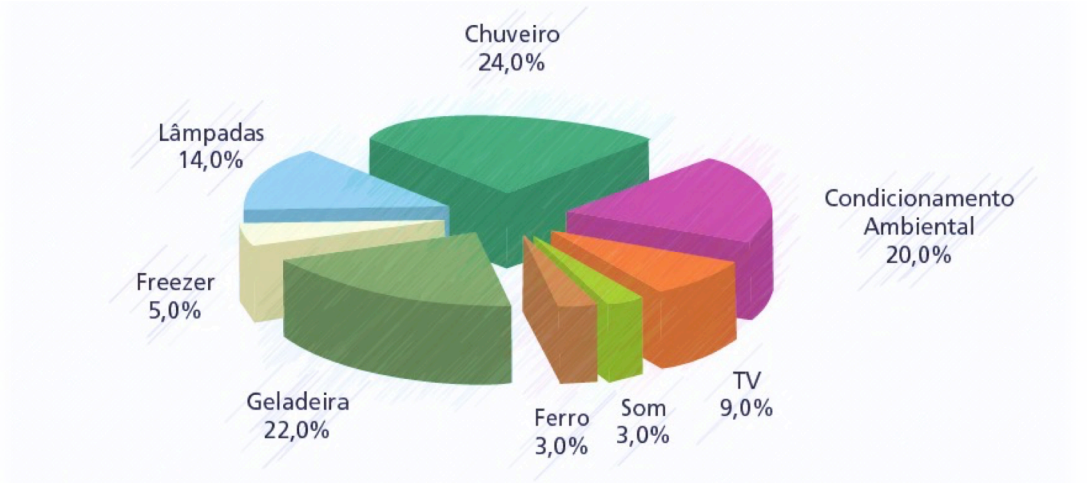
TABELA 1- Previsão consumo eletricidade na rede (KWh), Brasil.

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2013	124.890	184.544	83.630	70.536	463.601
2014	129.983	191.333	87.378	72.691	481.385
2015	135.785	198.367	91.971	75.138	501.261
2016	142.078	205.600	97.179	77.800	522.657
2017	148.390	213.401	102.605	80.487	544.884
2018	154.879	222.148	108.359	83.271	568.657
2019	161.535	228.866	114.455	86.152	591.009
2020	168.368	236.013	120.914	89.131	614.426
2021	175.378	243.211	127.755	92.211	638.556
2022	182.568	250.009	134.997	95.395	662.969
2023	189.934	257.714	142.660	98.682	688.990
Variação (% ao ano)					
2013-2018	4,4	3,8	5,3	3,4	4,2
2018-2023	4,2	3,0	5,7	3,5	3,9
2013-2023	**4,3**	**3,4**	**5,5**	**3,4**	**4,0**

FONTE: EPE (2013)

O uso domiciliar de AC para conforto térmico chegou a 20% (PROCEL, 2005) entre os destinos finais de demanda energética em uma residência, perdendo apenas para o chuveiro elétrico e refrigerador (GRÁFICO 1), de acordo com a Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil (PROCEL, 2005). Ainda que se verifique a baixa inserção do aparelho de ar condicionado nos domicílios pesquisados (TABELA 2), não é possível ignorar a crescente demanda por este equipamento de conforto térmico estimada para a próxima década, e sua progressiva pressão na solicitação energética sobre o sistema.

GRÁFICO 1- Consumo médio domiciliar, Brasil.



FONTE: PROCEL; PUC-RJ / 2005

TABELA 2: vida útil e posse média dos equipamentos elétricos, Brasil.

Equipamento	Vida útil (anos)	Posse média (equipamentos por 100 domicílios) 2013	2014	2018	2023
Ar condicionado	15	23	24	26	32
Refrigerador	15	103	104	104	103
Freezer	15	19	18	17	16
Chuveiro elétrico[1]	15	70	69	65	61
Máquina de lavar roupas	15	68	69	77	81
Televisão	10	161	171	197	216
Lâmpadas[2]	8	826	833	860	885

Notas: 1 - Corresponde ao número de domicílios que utilizam exclusivamente o chuveiro elétrico.
2 - Número médio de lâmpadas por domicílio.

FONTE: EPE, 2014

Os dados levantados pelo EPE 2014 (TABELA 2) aponta que o AC apresenta uma das menores inserções no mercado de equipamentos elétricos

residenciais, com 24 aparelhos a cada 100 domicílios (2014). Existe ainda, portanto, um grande potencial de crescimento no uso do AC residencial no futuro.

3 RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

O resfriamento evaporativo é uma das estratégias de arrefecimento passivo mais amplamente utilizada no ambiente construído (SANTAMOURIS, 2013). No passado, foi a estratégia empregada de forma empírica em locais de clima quente e seco, como desertos e regiões áridas, para melhorar as condições de conforto térmico e umidade do ar no interior dos edifícios (VEFIK, 1991). Muitas das técnicas utilizadas sobrevivem até hoje em exemplos de arquitetura vernacular que, ao longo dos anos, aperfeiçoaram-se em suas respostas térmicas em relação ao clima de cada região. Entre as estratégias de RE baseada em arquitetura vernacular, cita-se:

- Pátios - a edificação é dotada de pátio interno e apresenta elementos construídos com presença de água circulando para resfriar, umidificar e retirar poeira do ar;
- Torres de vento - a torre proporciona diferenças na densidade do ar ao longo da altura, como ocorre em uma chaminé, produzindo fluxo ascendente do ar. O vento é dirigido por canal subterrâneo ou porão inundado com água, arrefecendo-se antes de entrar nos ambientes e sair, aquecido, pelo topo da torre;
- Coberturas – o uso de camada vegetativa, espelho d'água na cobertura, ou a aspersão de água no telhado promovem o resfriamanto evaporativo de forma indireta, retirando o calor da cobertura e dos ambientes abaixo dele;

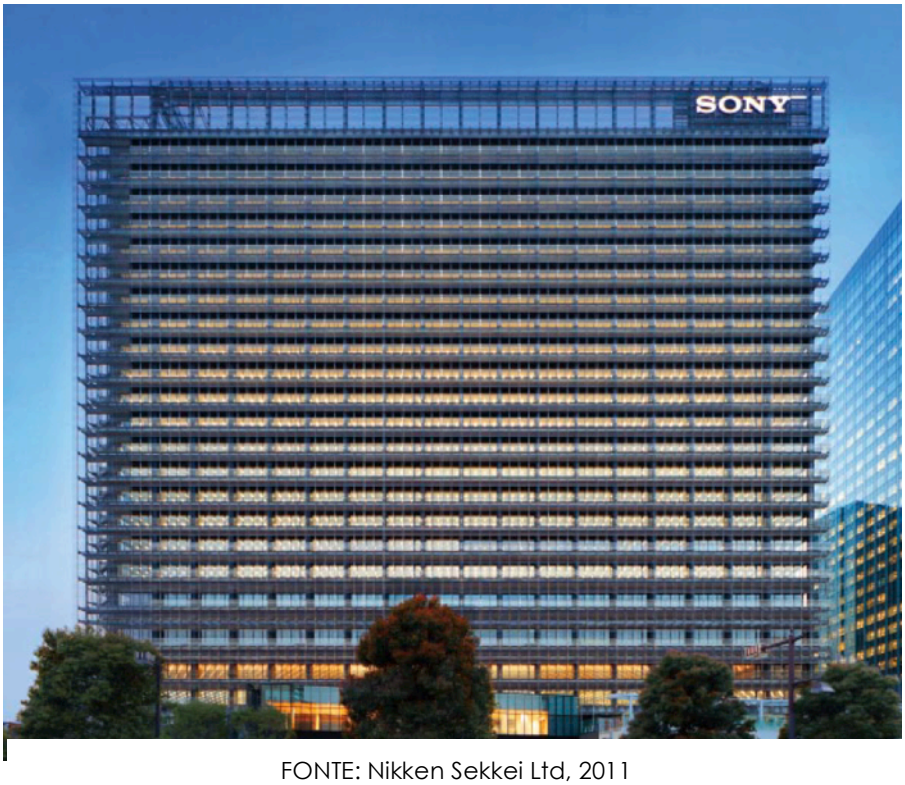
Eduardo González Cruz, Eduardo Krüger e Dominique E. Giordano (2014) elaboraram um mapeamento para avaliar o potencial de uso do RE no Brasil, combinando os seguintes parâmetros: (i) potencial de utilização do RE, dado pela diferença de temperaturas entre o bulbo seco e bulbo úmido e (ii) informações climáticas do Brasil diponíveis em bancos de dados. Assim, os estados do Nordeste, Sudeste, Centro-oeste, Paraná e Distrito Federal apresentaram as condições para a utilização do RE no ambiente construído, especialmente na região Nordeste com clima semiárido (interior do Piauí e Bahia).

3.1 Referência Estado da Arte – Caso Bio Skin

Atualmente, devido ao número de pesquisas em busca de estratégias de arrefecimento para o ambiente construído, há uma grande variedade de soluções que adotam o RE de forma direta, indireta ou híbrida. Um edifício em Tóquio recebeu em sua fachada um sistema de arrefecimento baseado em RE direta (IMAGEM 1). Batizado de Bio Skin, os guarda corpos e elementos de sombreamento foram produzidos em material cerâmico poroso cujo interior oco possibilita a circulação de água coletada da chuva

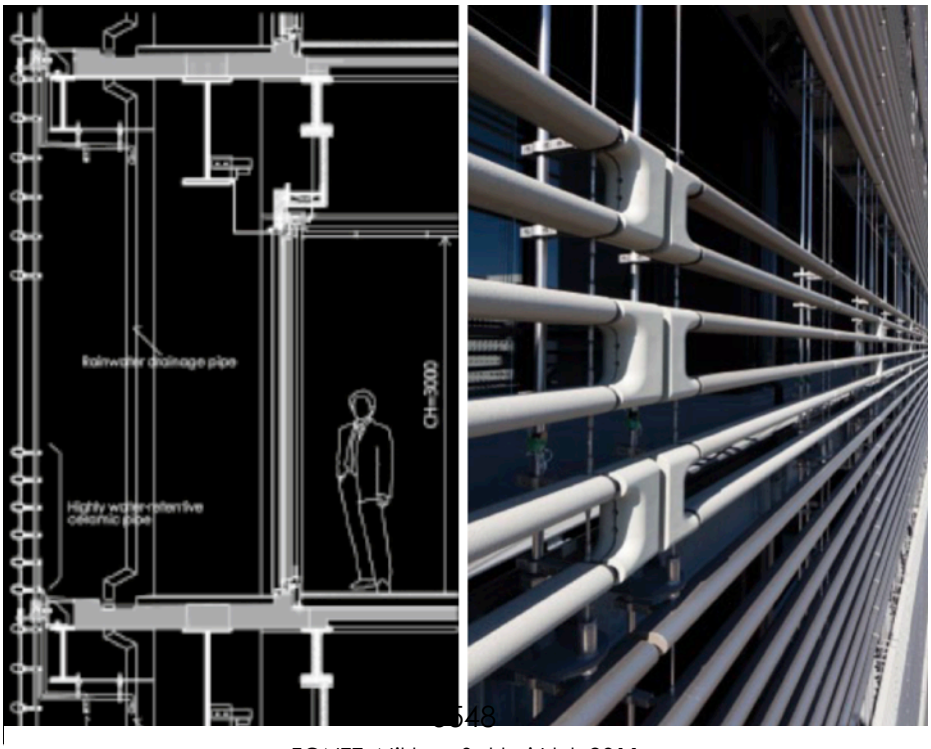
(IMAGEM 2). A porosidade do material permite elevada taxa de evaporação. A equipe de pesquisa do projeto – *Nikken Sekkei Research Institute* (NSRI) – verificaram que a temperatura das adjacências desta fachada, como calçadas e entrada do edifício, chegam a ser até 2ºC menor do que a temperatura registrada na região. No interior das salas, foi relatado o mesmo decréscimo, de 2º C. O objetivo principal deste sistema, projetado e executado em 2011 em Tóquio, foi neutralizar o efeito de ilha de calor verificado na cidade sobre o edifício (NSRI, 2011).

IMAGEM 1- *Sony Research and Development Center, Tokyo*.



FONTE: Nikken Sekkei Ltd, 2011

IMAGEM 2- Corte varanda (esq) e detalhe dos tubos cerâmicos (dir).



FONTE: Nikken Sekkei Ltd, 2011

3.2 Referência Estado da Arte – Caso Hidrocerâmica

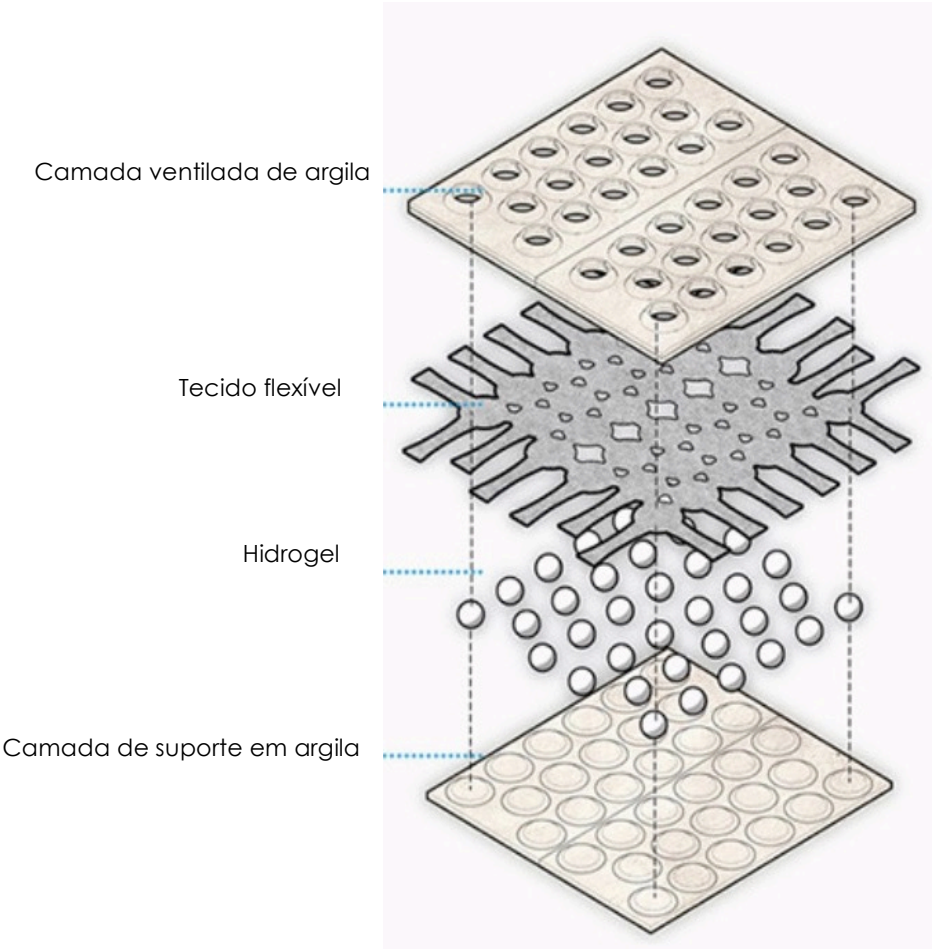
A tecnologia de hidrogel é a abordagem central neste sistema de resfriamento, que se beneficia do princípio do RE para economizar energia no ambiente construído. Desenvolvido pelo Instituto de Arquitetura Avançada da Catalhunha (IACC, 2016), o sistema funciona quando esferas de hidrogéis (IMAGEM 3), componentes que podem aumentar seu volume em até 500 vezes com a presença de água, são acopladas e distribuidas em placas cerâmicas armadas com tecido flexível (IMAGEM 4), dotadas de orifícios para alojamento e respiro das esferas de hidrogel. Em dias de chuva ou elevada umidade, as esferas de hidrogel absorvem água até atingirem seu volume máximo. Em dias de calor e com ventilação natural, o hidrogel libera lentamente a água contida em seu interior, resfriando o ambiente na qual está aplicada. De acordo com os protótipos observados, o sistema proporciona um decréscimo de temperatura ambiental de até 6° C, que pode potencialmente gerar uma economia de energia de até 28%, já que se trata de um sistema totalmente passivo.

IMAGEM 3- Esferas de hidrogel.



FONTE: IAAC, 2016

IMAGEM 4- Estrutura do revestimento.



FONTE: IAAC, 2016

4 MVRE - MALHA VENTILADA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

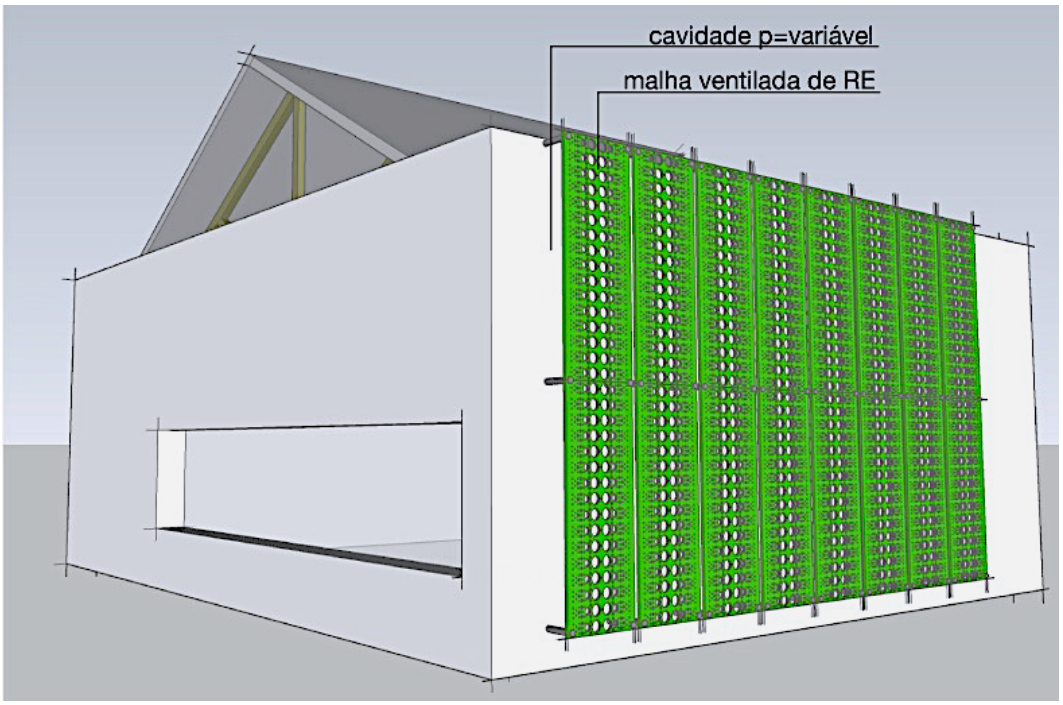
Para o desenvolvimento de um componente arquitetônico externo para o resfriamento evaporativo, foram estipulados alguns condicionantes que a serem atentidos:

- fácil fabricação e aplicação;
- instalação flexível para edifícios novos ou existentes;
- utilizar nenhuma ou pouca energia para operação;
- material reciclável, com partes desmontáveis;
- utilizar água pluvial ou de reuso para o processo de RE;

Nos dois casos apresentados de Estado da Arte neste artigo, constatou-se que a melhor solução seria um revestimento externo, como uma segunda pele, capaz de conformar um espaço intersticial – a cavidade – entre a fachada do edifício e o componente. Isso decorre da necessidade de ventilação natural para que o processo de RE aconteça com maior eficiência. Esta prerrogativa foi observada tanto para o Bio Skin quanto para o Hidrogel, e são essenciais para o caráter passivo do sistema. Em outra pesquisa, desenvolvida por Naticchia *et al* (2010), um protótipo de Parede

Evaporativa de Água foi avaliada e obteve sucesso em cancelar a entrada de calor graças à pulverização de água na camada interna de uma parede ventilada. Mais uma vez verificou-se a presença de correntes de ar no interior da cavidade para a evaporação da água. O componente aqui proposto, com o nome inicial de Malha Ventilada de Resfriamento Evaporativo - MVRE, inspira-se nas pesquisas mencionadas. A MVRE permite o afastamento da parede onde é instalada, e apresenta furações em seu plano permitindo a livre circulação de ar em toda sua extensão (IMAGEM 5).

IMAGEM 5- Aplicação dos módulos da MVRE (verde) em uma parede.



FONTE: o autor.

A MVRE é constituída de biopolímero e manufaturada de modo similar a um tecido. Com 60 cm de largura, poderia ser produzida em comprimento virtualmente infinito. Conforme padrões da indústria de arquitetura, engenharia e construção – AEC - e de manufatura do material, a extensão será limitada a um valor de ideal equilíbrio entre a demanda e custos. A MVRE pode ser impressa com texturas e cores variávies, conforme critérios técnicos e estéticos de aplicação e mercado. Da mesma forma, os recortes podem oferecer várias padronagens, com variação das taxas de abertura e ventilação necessários à finalidade de sombreamento e resfriamento, caso a caso. O material, flexível e leve, pode ser enrolado em bobinas, facilitando o transporte e armazenamento.

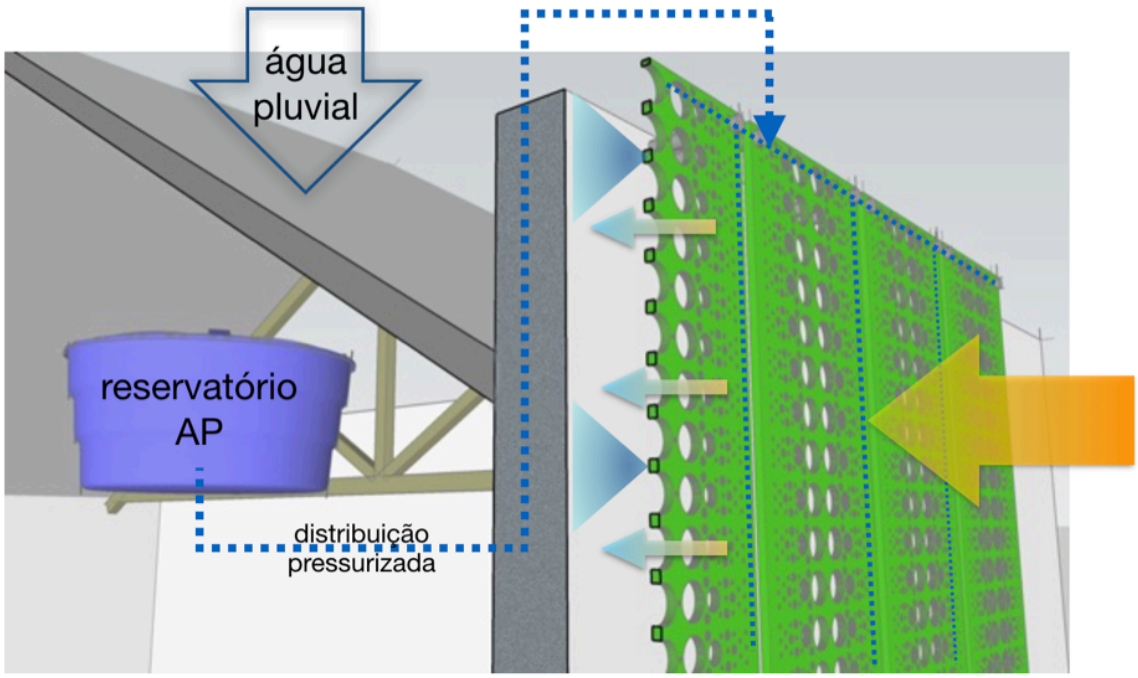
O uso de biopolímero para a MVRE justifica-se pela adoção de matéria prima de fonte renovável, cujas reservas se encontram em abundância no Brasil, como resíduos da cana de açúcar ou milho. Podem ser recicladas ou

passar por processo de biodegradação, substituindo toda a cadeia de produção do plástico comum, com origem em hidrocarbonetos, cujo processo de extração e produção demanda muita energia. No entanto, são necessários estudos aprofundados para a definição do biopolímero mais adequado para o uso no MVRE, já que a maioria se degrada diante da ação d'água ou da radiação solar.

Cada módulo do MVRE contém um tubo embutido em sua espessura, na direção longitudinal. Este tubo é flexível e pode ser facilmente recortado, similar a mangueiras de combate ao incêndio, que se enrolam com facilidade. O tubo, por sua vez, conecta-se à sequência de túbulos transversais que distribuem a água no módulo. Os túbulos, igualmente flexíveis e fundidos no interior da espessura da malha, alimentam os aspersores distribuídos ao longo da MVRE (IMAGEM 6).

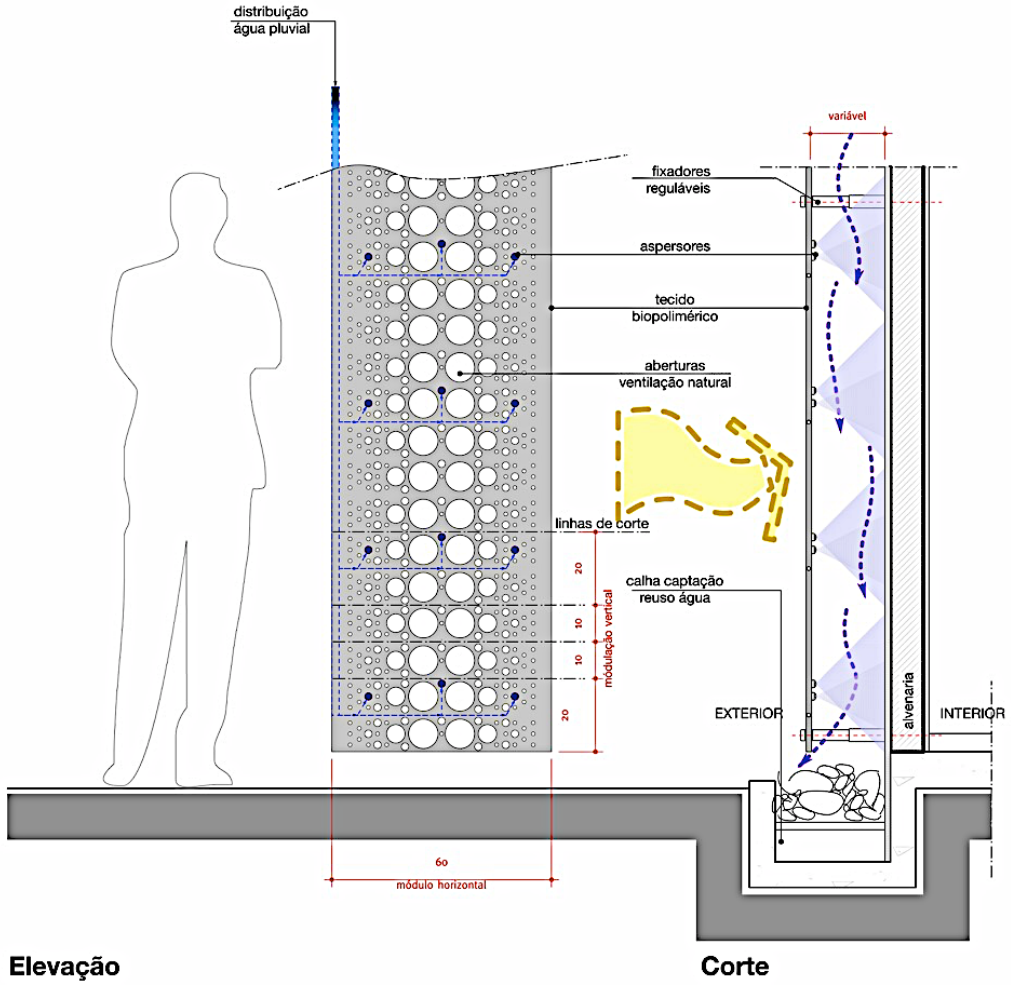
A face que contém os aspersores deve ser instalada voltada para a parede, onde cada módulo da MVRE é fixado através de fixadores em aço inoxidável parafusados na alvenaria. Os fixadores são compostos de duas partes rosqueáveis entre si, proporcionando um vão ajustável entre a MVRE e a parede. Os fixadores também matêm tensionada a MVRE (IMAGEM 7).

IMAGEM 6- Esquema de funcionamento.



FONTE: o autor.

IMAGEM 7- Detalhe do módulo em elevação e corte, e componentes.



FONTE: o autor.

Cada módulo de 60cm da MVRE tem sua rede hidráulica interligada ao módulo vizinho, de modo a permitir que o fluxo de água se distribua ao resto do sistema. A MVRE apresenta marcações em pontos onde pode ser cortada. Linhas demarcadas na face posterior do módulo indicam onde o corte pode ocorrer para ajustes de dimensões de comprimento conforme o edifício a ser recoberto. O tubo principal poderá, então, ser selado através de fusão ou dispor de roscas internas para vedação.

A rede hidráulica é conectada ao reservatório de águas pluviais, que podem estar tanto abaixo como acima do nível da MVRE, já que o sistema é dotado de pressurização associado ao temporizador ajustável e sensores térmicos. A água passa por filtros simples para eliminar sujeiras que poderiam entupir os túbulos ou aspersores. Em dias quentes, sensores externos de temperatura de bulbo seco (TBS) e de temperatura de bulbo úmido (TBU) estalecem as condições ideais para acionamento automático da bomba por um período determinado, até que a cavidade se preencha de gotículas de água e a parede do edifício se torne úmida. O ajuste de TBS e TBU em cada caso será parametrizado conforme três diretrizes:

- a zona bioclimática brasileira, cujos dados estão disponíveis em vários estudos e pesquisas, como "Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades" (GOULART, S; LAMBERTS, R; FIRMINO, S. 1998);
- a carta bioclimática de 1992 desenvolvida pelo Dr. Baruch Givoni, que estabelece os limites de temperatura e umidade para o uso do RE em países de clima quente e em desenvolvimento;
- condições internas de temperatura máxima de 25 °C no inverno, 27 °C no verão, com teor de vapor máximo até 12 g / kg (clima seco), para o conforto térmico segundo Dr. Givoni (1992);

O calor e a ventilação natural promovem o resfriamento, ao provocar a evaporação da água existente dentro da cavidade. Com o sistema instalado, a fachada apresenta um revestimento ventilado com características estética e funcional, tal qual uma segunda pele que veste o edifício.

O sistema será acionado poucas vezes ao longo de um dia quente, o que proporciona economia de energia. Num sistema similar experimentado por Naticchia *et al* (2010) verificou que o protótipo precisou ser acionado apenas 3 vezes em um dia quente. A periodicidade vai depender da zona microclimática em que o edifício estiver inserido.

Considerando-se que novos edifícios já adotam medidas de sustentabilidade e eficiência energética, o sistema proposto neste artigo visa prioritariamente as construções existentes, que são maioria nas cidades e que consomem grande quantidade de energia para conforto térmico. Neste sentido, a MVRE cumpre esta função. A expectativa do baixo custo de fabricação e de instalação facilitada vai ao encontro de uma abrangência social maior, possibilitando conforto ao maior número de edifícios na mesma medida em que, em hipótese, a demanda energética é menor quando comparado ao uso do ar condicionado.

As vantagens esperadas no uso da MVRE:

- Baixo consumo energético;
- Utilização de recurso natural renovável para operação, a água pluvial;
- Flexibilidade de uso para aplicação em edifícios;
- Aplicável em paredes ou telhados;
- Variedade de acabamentos, tal qual um revestimento estético;
- Matéria prima renovável e de baixo impacto ambiental;

As limitações deste sistema incluem:

- O RE direto proposto na MVRE não acontecerá em regiões com alta umidade, como no norte do país;
- Baixos indíces pluviométricos na área de uso do MVRE obrigará o uso de água tratada;
- A parede a ser aspergida deverá receber tratamento superficial hidrófugo, devido a presença constante de umidade;

5 CONCLUSÃO

Inúmeras pesquisas apontam dados preocupantes sobre o crescimento da demanda energética no mundo, especialmente em países de economia emergente, como o Brasil. Em relação à climatização de ambientes, a sobreposição de dados populacionais com a localização geográfica destes países - a zona intertropical - requerem atenção ainda maior para o futuro energético global. Ao considerar que o setor da construção utiliza cerca de 40% da energia primária produzida (dados EUA), e que grande parcela desta taxa representa a climatização dos ambientes para conforto térmico, evidencia-se a necessidade de maior eficiência energética em sistemas de condicionamento térmico. Este artigo concentrou-se no arrefecimento motivado pelas características climáticas do país, predominantemente quente. A proposta de uma segunda pele que envolva o edifício, nomeado de Malha Ventilada de Resfriamento Evaporativo MVRE, pretende utilizar a aspersão de água contra a fachada para promover o decréscimo da temperatura no envoltório da edificação e, desta maneira, diminuir a utilização de aparelhos de ar condicionado. Para o território brasileiro, uma grande faixa de norte a sul apresenta as condições necessárias para a utilização do RE direto como estratégia de arrefecimento, com exceção da região norte e extremo sul. Desta forma, se a MVRE for capaz de reduzir o consumo energético em um experimento ou simulação, os dados extrapolados para a abrangência territorial acima mencionada poderá significar um significativo alívio na matriz energética brasileira.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Procel; PUC-Rio, **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil**. 2005.

BRASIL, EPE; **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos dez anos (2014-2023)**. 2013.

COX, S; Cooling a Warming Planet: A Global Air Conditioning Surge. **Yale Enviroment 360**. Em: <http://e360.yale.edu/feature/cooling_a_warming_planet_a_global_air_conditioning_surge/2550/>; acessado em 18 de abril de 2016.

GIVONI, B; Comfort climate analysis and building design guidelines**. Energy and Buildings**, v. 18, n.1, p. 11-23. 1992

GONZÁLEZ CRUZ, E.; KRÜGER, E.; GIORDANO, D. E. ; **Estudo da aplicabilidade de um sistema de resfriamento evaporativo indireto para otimização do conforto térmico em residências no território brasileiro.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014. Maceió. Anais... ANTAC. 2014.

GOULART, S; LAMBERTS, R; FIRMINO, S. ; **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades.** 1998.

IACC INSTITUTE FOR ADVANCED ARCHITECTURE OF CATALONIA; **Hydroceramic** http://iaac.net/research-projects/self-sufficiency/hydroceramic/; acessado em 10 de abril de 2016.

NATICCHIA, B.; D'ORAZIO, M.; CARBONARI, A; PERSICO, I.; Energy performance evaluation of a novel evaporative cooling technique. **Energy and buildings**, p.1926-1938 V.42. 2010.

NSRI NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE; **Bio Skin: Urban Coooling Facade**. Nikken Sekkei Ltd. 2011

SANTAMOURIS, M; KOLOKOTSA, D; Passive cooling dissipation techniques for buildings and others structures: the state of art. **Energy and Buildings**, p.74-94, V.57. 2013.

SIVAK, M; Will AC Put a Chill on the Global Energy Supply?. **American Scientist**, p.330, V.101. setembro/outubro 2013.

US, US DEPARTMENT OF ENERGY, Buildings Energy Data Book, em: http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/ChapterIntro1.aspx; acessado em 25 de agosto de 2015

VEFIK, A.A. Vernacular climate control in a desert architecture. **Energy and Buildings**, p.809-815, V.16. 1991.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

VALOR IMOBILIÁRIO DE HABITAÇÕES POPULARES DE ACORDO COM PADRÕES DE ACABAMENTO[1]

LOSS, Cristian Dalbosco (1); GOMES, Aline Pimentel (2); GOLDONI, Alessandro Graeff (3); TAGLIARI, Leandro Dóro (4); MACULAN, Laércio Stolfo (5)

(1) UPF, e-mail: cristian_dalbosco@hotmail.com; (2) UPF, e-mail: alinegomes1977@hotmail.com; (3) UPF, e-mail: alessandrogg@msn.com; (4) UPF, e-mail: leandrotagliari@upf.br; (5) IMED, e-mail: laerciomac@yahoo.com.br

RESUMO

O grande desafio dos empreendimentos habitacionais de pequeno porte é a necessidade de se construir um grande número de unidades a um baixo custo, com o mínimo de desperdício, boa qualidade, em um curto espaço de tempo e que sejam atendidos adequadamente por serviços básicos de infraestrutura. O objetivo deste estudo é propor o emprego de serviços e materiais de melhor qualidade em habitações populares e verificar o quanto as utilizações destes serviços modificados agregam à qualidade e ao valor imobiliário. Para realizar este estudo, foram utilizadas duas residências com projetos idênticos, porém com a aplicação de produtos e serviços diferenciados. Primeiramente, foram levantados os quantitativos dos serviços e os orçamentos dos imóveis, e a consequente avaliação dos mesmos por corretores de imóveis e clientes potenciais. Posteriormente, foi feita a análise dos insumos e serviços com maior diferença de custo, além de uma comparação entre os custos dos serviços de concreto e argamassa industrializados e preparados na obra. Por último, verificou-se que os serviços e insumos modificados trouxeram benefícios tanto para os clientes, quanto para a construtora, visto que aumentaram a qualidade e o lucro real da residência unifamiliar modificada.

Palavras-chave Orçamento de obra. Habitação popular. Qualidade da edificação.

ABSTRACT

The big challenge of small housing developments is to build a large number of units at a low cost, with minimal waste, good quality, in a short time and with appropriated basic infrastructure services. This study aims to propose the use of better quality services and materials in popular housing and check how the use of such modified services add to the quality and property value. Two residences with identical projects were analyzed, but with the application of differentiated products and services. First, quantitative services were raised, budgets were prepared and the properties were evaluated by real estate agents and potential customers. Subsequently, the analysis of the services more cost difference was taken and a comparison between the costs of services with concrete and mortar prepared in a central mix plant and in situ was made. Finally, it was found that the modified services brought benefits to customers, and to the construction, since increased the quality and the real income of the modified single-family residence.

[1] LOSS, Cristian Dalbosco; GOMES, Aline Pimentel; GOLDONI, Alessandro Graeff; TAGLIARI, Leandro Dóro; MACULAN, Laércio Stolfo. Valor imobiliário de habitações populares de acordo com padrões de acabamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: Work budget. Popular housing. Quality building.

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Secretaria Nacional da Habitação (2014), em 2008 o Brasil apresentava um déficit habitacional estimado em cerca de 6 milhões de habitações. Para superar este déficit habitacional, o governo federal implantou o Programa Minha Casa, Minha Vida. Este incentivo do governo federal em programas habitacionais populares trouxe ao mercado da construção civil um elevado número de novas construtoras dispostas a investir neste setor.

De acordo com o 9º balanço do Programa de Aceleração de Crescimento (PAC 2), entre 2011 e 2013, foram investidos R$ 328,1 bilhões no programa Minha Casa, Minha Vida. O balanço salienta ainda que o programa entregou 1,51 milhão de moradias e mais de 5 milhões de brasileiros foram beneficiados (PAC, 2014).

Conforme Formoso (2009), em entrevista à revista Construção e Mercado, a garantia da qualidade em habitações populares abrange várias ações, entre elas a utilização de insumos em conformidade com as normas técnicas, mão de obra capacitada, além da avaliação da qualidade do projeto por órgãos regulamentadores e financiadores.

> O grande desafio que se coloca na gestão de empreendimentos habitacionais de pequeno porte é a necessidade de se construir um grande número de unidades a um baixo custo, com o mínimo de desperdício, com boa qualidade, em um curto espaço de tempo e que sejam atendidos adequadamente por serviços básicos de infraestrutura. (ANTUNES, 2013, p. 1)

De um lado estão as construtoras, que dispõe as opções para os consumidores, oferecendo-lhes a qualidade do empreendimento e todos os outros diferenciais que tornam as construções competitivas e distintas entre elas. Do outro lado estão os clientes que, pela vasta gama de possibilidades de compras, buscam todos esses atributos para satisfazer suas necessidades. Segundo Porter (1989) a satisfação das necessidades do comprador é a chave para o sucesso em um empreendimento comercial.

Newton (2011) salienta que é necessário identificar corretamente seu público alvo e que para obter um projeto de sucesso é preciso estar contínua e conscientemente voltado para as necessidades do cliente. As construtoras responsáveis pelas habitações populares precisam se adequar às necessidades de seus clientes, acelerando os seus serviços sem perder qualidade.

Este trabalho tem como objetivo propor o emprego de serviços e materiais de melhor qualidade em habitações populares e verificar o quanto a utilização destes serviços modificados agregam à qualidade e ao valor

imobiliário das edificações, fazendo com que a construtora tenha um diferencial competitivo no mercado.

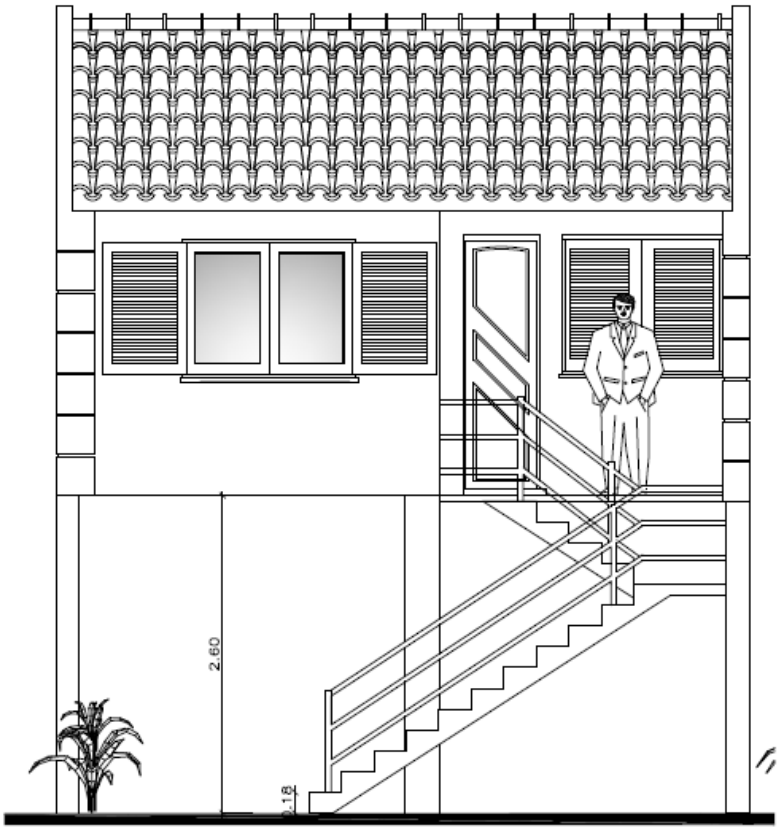
2 METODOLOGIA

2.1 Descrição do objeto de estudo

Os objetos de estudo são duas residências unifamiliares com o mesmo projeto, ambas se enquadram no Programa Minha Casa, Minha Vida e estão localizadas na cidade de Passo Fundo - RS.

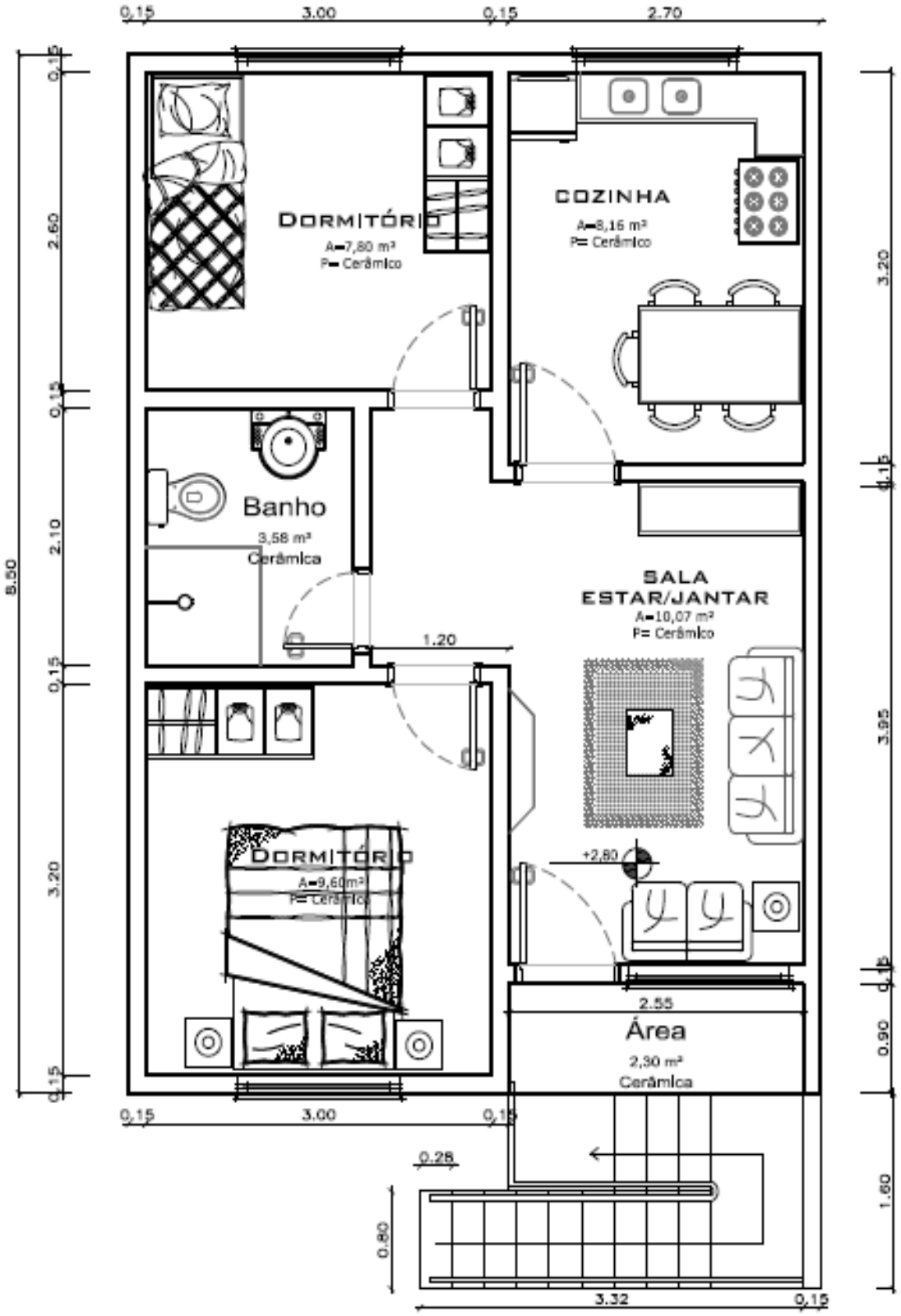
As residências são compostas por um conjugado de sala de estar e cozinha, dois dormitórios e um banheiro. São executadas sob pilotis com 2,6 m, conforme a fachada principal (Figura 1) e a planta baixa (Figura 2).

Figura 1 - Fachada Principal das Residências em estudo



Fonte: BBDR Construtora e Incorporadora Ltda (2013)

Figura 2 - Planta Baixa das Residências em estudo



Fonte: BBDR Construtora e Incorporadora Ltda (2013)

As fundações da residência são constituídas de 10 micro-estacas com 3 m de profundidade cada. Para a ligação entre os pilares e estacas, foram construídas vigas de baldrame. Os pilares, as vigas e as escadas foram executadas em concreto armado. Foram utilizadas lajes pré-moldadas com tavelas de concreto e capeamento de concreto de 5 cm de espessura.

Nas paredes externas e internas do pavimento superior foram utilizados tijolos 9 furos assentados com argamassa de cimento e areia com espessura de 15 cm. Foram executadas vergas de concreto armado em todos os vãos de portas e janelas.

A estrutura do telhado será de madeira com tesouras ancoradas na estrutura de concreto armado. As telhas utilizadas são de concreto. Os elementos de funilaria são em chapas galvanizadas pintadas com tinta antiferrugem. O forro foi executado em material do tipo PVC branco.

Antes do início do revestimento das paredes, foram embutidas todas as canalizações de água, esgoto, eletricidade e telefone. Todas as superfícies de concreto e alvenaria de tijolos receberam chapisco, emboço e reboco, exceto as paredes com revestimentos de cerâmicas ou porcelanatos.

Os contrapisos foram executados sobre as lajes pré-moldadas com uma espessura de 3 cm.

As portas internas são do tipo semiocas chapeadas de MDF. Todas as esquadrias são dotadas de ferragens escovadas ou cromadas. Os vidros das aberturas são lisos, transparentes, temperados, com 4 mm de espessura. Os peitoris são de granito.

As instalações hidrossanitárias e elétricas foram executadas de acordo com projeto específico e atendendo as normas vigentes.

Os corrimãos e guarda-corpos das escadas são metálicos e receberam um fundo anti-ferrugem e tinta esmalte preta.

As portas, janelas e demais detalhes em madeira foram lixados, receberam um fundo nivelador para madeira e duas demãos de tinta esmalte branca.

2.1.1 Descrição dos itens exclusivos da Residência Unifamiliar Original

As paredes úmidas, o piso, os rodapés e as soleiras da residência foram executados com cerâmica, classe A.

A porta de acesso à residência é de madeira maciça, com frisos na folha e acabamento laqueado. As janelas utilizadas foram de madeira com pintura esmalte na cor branca, sendo as dos quartos e sala com venezianas e a da cozinha sem venezianas.

As paredes de alvenaria que não receberam cerâmicas foram preparadas com uma demão de fundo selador acrílico, fundo nivelador com massa fina e finalmente duas demãos de tinta acrílica.

Além disso, todos os serviços de confecção de argamassa e concreto foram executados diretamente na obra.

2.1.2 Descrição dos itens exclusivos da Residência Unifamiliar Modificada

As paredes úmidas, o piso, os rodapés e as soleiras da residência foram executados com porcelanato retificado.

A porta de acesso à residência e as janelas da mesma, são de alumínio anodizado branco. As janelas dos quartos e salasão com venezianas e a da cozinha sem venezianas.

As paredes de alvenaria internas que não receberam porcelanatos foram preparadas com uma demão de fundo selador acrílico, fundo nivelador com massa corrida e duas demãos de tinta, para perfeito recobrimento.

As paredes externas foram executadas com massa hidrorepelente para a execução da pintura texturizada.

Todos os serviços de confecção de argamassa e concreto foram terceirizados para centrais de dosagem de concreto e argamassa.

2.2 Procedimento metodológico

Foram elaborados orçamento discriminados das residências com quantidades de serviços a serem executados, custos unitários calculados para a cidade de Passo Fundo referentes ao segundo semestre de 2014, custos totais e preços de venda dos imóveis através do cálculo do BDI - Benefícios e Despesas Indiretas, considerando-se as despesas financeiras e de comercialização, os tributos e o lucro.

Foram identificados os serviços e materiais que apresentaram maior diferença no custo entre as duas residências, elevando e/ou reduzindo o custo de cada uma.

Com a intenção de conhecer melhor as necessidades e desejos dos clientes, esta etapa teve a intenção de saber quanto a mais os clientes potenciais estão dispostos a pagar para ter um imóvel com melhor qualidade. Esta etapa visou também saber quais serviços e materiais os clientes acham mais relevantes para a qualidade final dos imóveis. Para a realização desta etapa foi realizada uma pesquisa através de um questionário para que 20 clientes potenciais respondessem durante a visitação às residências.

Posteriormente foi realizada a avaliação imobiliária dos dois imóveis estudados, com o auxilio de 3 corretores de imóveis credenciados. Esta etapa visa avaliar se os serviços executados na residência unifamiliar modificada realmente aumentaram o valor de venda do imóvel.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Orçamentos das residências unifamiliares original e modificada

Com base no custo unitário de cada serviço calculou-se o custo direto da obra e posteriormente o BDI - Benefícios e Despesas Indiretas, incluindo as despesas financeiras, imprevistos e contingências, impostos e comissão de venda e o lucro da construtora.

Para o cálculo das despesas financeiras, considerou-se que o valor investido (terreno + Custo Direto) renderia juros de 0,5% a.m. No caso da residência original, seria aplicado durante 5 meses (3 meses para execução da obra + 2 meses para a venda) e no caso da residência modificada, seria aplicado durante 4,5 meses (2,5 meses para execução da obra + 2 meses para a venda), visto que a utilização de concreto e argamassa usinada reduziu o tempo de execução da obra em 2 semanas,. Foram estimados R$ 250,00 para imprevistos que possam ocorrer durante a execução da obra, além de Impostos de 6,65%, comissão de venda de 5% e lucro de 23%.

O BDI calculado para a residência original foi de 33,74% e o preço de venda de R$ 112.247,29 e o BDI calculadopara a residência modificada foi de 33,37% e o preço de venda de R$ 111.993,02.

A Tabela 1 apresenta os custos totais de cada serviço executado nas duas residências. Mostra também a diferença do custo entre ambas. Portanto, as diferenças negativas indicam um custo mais alto na residência unifamiliar modificada e as diferenças positivas apontam um custo maior na residência unifamiliar original.

Tabela 1 – Orçamento das residências original e modificada

Item	Especificação	Custo Total Residência Original	Custo Total Residência Modificada	Diferença Original – Modificada (R$)	Diferença Original - Modificada (%)
1 Serviços Iniciais					
1.1 Instalações Provisórias					
1.1.1	Tapume/cerca	R$ 472,49	R$ 472,49	R$ 0,00	0,00%
1.1.2	Depósitos	R$ 732,39	R$ 732,39	R$ 0,00	0,00%
1.1.3	Placa de Obra	R$ 108,67	R$ 108,67	R$ 0,00	0,00%
1.1.4	Instalação Provisória de Água	R$ 130,00	R$ 130,00	R$ 0,00	0,00%
1.1.5	Entrada Provisória de Energia	R$ 450,00	R$ 450,00	R$ 0,00	0,00%
1.1.6	Instalação Prov. Unidade Sanitária	R$ 220,00	R$ 220,00	R$ 0,00	0,00%
1.1.7	Locação da Obra	R$ 209,64	R$ 209,64	R$ 0,00	0,00%
Total		***R$2.323,19***	***R 2.323,19***	***R$ 0,00***	**0,00%**
1.2 Administração da obra					
1.2.1	Engenheiro/ arquiteto de obra	R$ 500,00	R$ 500,00	R$ 0,00	0,00%
1.2.2	Vigia	R$ 450,00	R$ 375,00	R$ 75,00	20,00%
1.2.3	Consumo de combustíveis e	R$ 367,00	R$ 305,83	R$ 61,17	20,00%
1.2.4	Consumo de água, luz, telefone	R$ 300,00	R$ 175,00	R$ 125,00	71,43%
1.2.5	EPI/EPC	R$ 200,00	R$ 200,00	R$ 0,00	0,00%

Total		***R$1.817,00***	***R$1.555,83***	***R$ 261,17***	**16,79%**
1.3 Trabalhos em terra					
1.3.1	Limpeza Terreno com retroescavadeira	R$ 180,00	R$ 180,00	R$ 0,00	0,00%
1.3.2	Escavação manual de vala	R$ 137,50	R$ 137,50	R$ 0,00	0,00%
1.3.3	Escavação mecânica de microestacas	R$ 480,00	R$ 480,00	R$ 0,00	0,00%
Total		***R$ 797,50***	***R$ 797,50***	***R$ 0,00***	**0,00%**
2 Infraestrutura e obras complementares					
2.1	Concreto armado para microestacas 15MPa, incluso concreto, ferragens, formas e escoramento	R$ 720,19	R$ 687,71	R$ 32,48	4,72%
Total		***R$ 720,19***	***R$ 687,71***	***R$ 32,48***	**4,72%**
3 Supraestrutura					
3.1 Concreto Armado					
3.1.1	Concreto armado para vigas de baldrame 25MPa, incluso concreto, ferragens, formas e escoramento	R$1.920,04	R$1.875,50	R$ 44,54	2,37%
3.1.2	Concreto armado para pilares 25MPa, incluso concreto, ferragens, formas e escoramento	R$1.624,90	R$1.586,80	R$ 38,09	2,40%
3.1.3	Concreto armado para vigas 25MPa, incluso concreto, ferragens, formas, escoramento e taxa de bombeamento para o concreto usinado	R$2.981,61	R$3.188,21	-R$ 206,61	-6,48%
3.1.4	Concreto armado para vigas de amarração 15MPa, incluso concreto, ferragens, formas e escoramento	R$1.253,24	R$1.224,98	R$ 28,26	2,31%
3.1.5	Concreto armado para escada 25MPa, incluso concreto, ferragens, formas, escoramento e taxa de bombeamento para o concreto usinado	R$1.249,10	R$1.306,63	-R$ 57,52	-4,40%
3.1.6	Concreto armado para vergas e contravergas 15MPa, incluso concreto, ferragens, formas e escoramento	R$ 254,86	R$ 239,05	R$ 15,81	6,62%
Total		***R$9.283,75***	***R 9.421,17***	***-R$ 137,42***	**-1,46%**
3.2 Laje Pré-Moldada					
3.2.1	Laje Pré moldada	R$2.376,88	R$2.376,88	R$ 0,00	0,00%
3.2.2	Capeamento de concreto armado	R$1.263,77	R$1.396,39	-R$ 132,62	-9,50%
Total		***R$3.640,65***	***R$3.773,27***	***-R$ 132,62***	**-3,51%**
4 Paredes e Painéis					
4.1 Alvenaria e Divisórias					
4.1.1	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 14x19x29cm, assentado de cutelo com argamassa traço 1:2:8 juntas 10mm	R$4.436,96	R$4.487,19	-R$ 50,23	-1,12%
Total		***R$4.436,96***	***R$4.487,19***	***-R$ 50,23***	**-1,12%**
4.2 Esquadrias de Madeira					
4.2.1	Porta de madeira maciça, com frisos, acabamento laqueado, 80x210x3,5cm, com ferragens inclusas	R$ 500,00	R$ 500,00	R$ 0,00	0,00%
4.2.2	Porta de madeira semioca chapeada em MDF lisa para pintura, 70x210x3,5cm, com ferragens inclusas	R$ 690,00	R$ 690,00	R$ 0,00	0,00%
4.2.3	Porta de madeira semioca chapeada em MDF lisa para pintura, 60x210x3,5cm, com ferragens inclusas	R$ 230,00	R$ 230,00	R$ 0,00	0,00%
4.2.4	Janela veneziana	R$1.440,00	R$2.040,00	-R$ 600,00	-29,41%

4.2.5	Janela de abrir de madeira	R$ 345,00	R$ 380,00	-R$ 35,00	-9,21%
4.3 Vidros					
4.3.1	Vidro liso comum transparente 4mm	R$ 276,48	R$ 0,00	R$ 276,48	100,00%
Total		***R$3.481,48***	***R$3.840,00***	***-R$ 358,52***	**-9,34%**
5 Coberturas e Proteções					
5.1 Cobertura					
5.1.1	Estrutura de madeira, 1ª qualidade, serrada, para telhas de concreto	R$4.451,15	R$4.451,15	R$ 0,00	0,00%
5.1.2	Cobertura com telhas de concreto, incluso cumeeiras e manta para impermeabilização	R$1.388,44	R$1.388,44	R$ 0,00	0,00%
5.1.3	Algeroz 25cm em chapas galvanizadas pintadas com tinta anti ferrugem	R$ 399,92	R$ 399,92	R$ 0,00	0,00%
Total		***R$6.239,51***	***R$6.239,51***	***R$ 0,00***	**0,00%**
5.2 Impermeabilizações					
5.2.1	Impermeabilização com a adição de Vedacit na argamassa do contrapiso	R$ 79,90	R$ 79,90	R$ 0,00	0,00%
Total		***R$ 79,90***	***R$ 79,90***	***R$ 0,00***	**0,00%**
6 Revestimentos, forros, marcenaria e serralheria, pinturas e tratamentos especiais					
6.1 Revestimentos (internos e externos)					
6.1.1	Chapisco 1:4 (ci: areia média)	R$ 728,20	R$ 728,20	R$ 0,00	0,00%
	Massa única 1:2:8 (ci:cal:areia média)	R$4.602,16	R$4.358,68	R$ 243,48	5,59%
6.1.2	Revestimento das paredes	R$ 847,88	R$ 960,93	-R$ 113,05	-11,76%
Total		***R$6.178,24***	***R$6.047,81***	***R$ 130,43***	**2,16%**
6.2 Forros e elementos decorativos					
6.2.1	Forro PVC 600x10cm e=8mm, liso - inclusive estrutura para fixação	R$2.033,94	R$2.033,94	R$ 0,00	0,00%
6.2.2	Meia cana 2,5x2,5cm com acabamento para forro PVC	R$ 464,53	R$ 464,53	R$ 0,00	0,00%
Total		***R$2.498,46***	***R$2.498,46***	***R$ 0,00***	**0,00%**
6.3 Marcenaria e serralheria					
6.3.1	Corrimão e guarda corpo metálicos com fundo anti ferrugem e tinta esmalte preta	R$ 749,97	R$ 749,97	R$ 0,00	0,00%
Total		***R$ 749,97***	***R$ 749,97***	***R$ 0,00***	**0,00%**
6.4 Pintura					
6.4.1	Fundo selador acrílico int/ext, 1 demão	R$ 525,00	R$ 525,00	R$ 0,00	0,00%
6.4.2	Fundo nivelador para madeira, 1 demão	R$ 441,02	R$ 171,90	R$ 269,12	156,56%
6.4.3	Massa fina / massa corrida	R$1.294,28	R$ 797,21	R$ 497,07	62,35%
6.4.4	Pintura Latex acrílica, 2 demãos	R$1.152,27	R$ 628,35	R$ 523,92	83,38%
6.4.5	Massa hidro repelente - Pintura texturizada ambientes externos	R$ 0,00	R$ 752,33	-R$ 752,33	-100,00%
6.4.6	Pintura esmalte para madeira, 2 demãos	R$ 385,99	R$ 150,43	R$ 235,56	156,60%
Total		***R$3.798,56***	***R$3.025,22***	***R$ 773,34***	**25,56%**
7 Pavimentações					
7.1 Pavimentações					
7.1.1	Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), espessura 4cm	R$ 1.037,68	R$ 991,65	R$ 46,03	4,64%
7.1.2	Revestimento do piso	R$1.550,07	R$2.070,27	-R$ 520,19	-25,13%
Total		***R$2.587,75***	***R$3.061,92***	***-R$ 474,16***	**-15,49%**
7.2 Rodapés, pingadeiras					
7.2.1	Rodapés	R$ 189,32	R$ 218,19	-R$ 28,87	-13,23%
7.2.2	Pingadeiras em granito verde ubatuba, 10 cm, assentado com argamassa AC II	R$ 252,25	R$ 252,25	R$ 0,00	0,00%

Total		***R$ 441,57***	***R$ 470,44***	***-R$ 28,87***	**-6,14%**
8 Instalações e aparelhos					
8.1	Instalações Elétricas	R$3.700,00	R$3.700,00	R$ 0,00	0,00%
8.2	Instalações hidráulicas e sanitárias	R$6.500,00	R$6.500,00	R$ 0,00	0,00%
Total		***R$10.200,00***	***R$10.200,00***	***R$ 0,00***	**0,00%**
9 Complementação da obra					
9.1	Limpeza final da obra	R$ 120,00	R$ 120,00	R$ 0,00	0,00%
9.2	Retirada de entulhos	R$ 160,00	R$ 160,00	R$ 0,00	0,00%
Total		***R$ 280,00***	***R$ 280,00***	***R$ 0,00***	**0,00%**
Custo Total (sem BDI)		**R$ 59.554,68**	**R$ 59.539,09**	**R$ 15,59**	**0,03%**
Preço de Venda (com BDI)		**R$ 112.247,29**	**R$ 111.993,02**	**R$ 254,27**	**0,23%**

Fonte: Autores (2014)

Analisando a tabela, nota-se que os serviços modificados que elevaram o custo da residência unifamiliar original foram os de concretos dosados em central, que necessitam de bombeamento, argamassa industrializada utilizada no levantamento e porcelanatos. Por outro lado, os serviços de vigia, consumo de combustíveis, manutenção, água, luz, telefone, concretos dosados em central que não necessitam de bombeamento, argamassa industrializada utilizada na massa única e no contrapiso, janelas de alumínio e pintura reduziram o custo da residência original.

Os serviços de vigia, consumo de combustíveis, manutenção, água, luz e telefone, sofreram redução de custo, pois os serviços de concreto e argamassa usinada diminuíram o tempo de execução da obra em 2 semanas, reduzindo também o período de utilização destes serviços.

É importante destacar que as janelas de alumínio já vem pintadas e com vidros instalados. Já as janelas de madeira precisam receber a instalação de vidros e pintura, o que faz com que o preço total das janelas de madeira sejam superiores aos das janelas de alumínio.

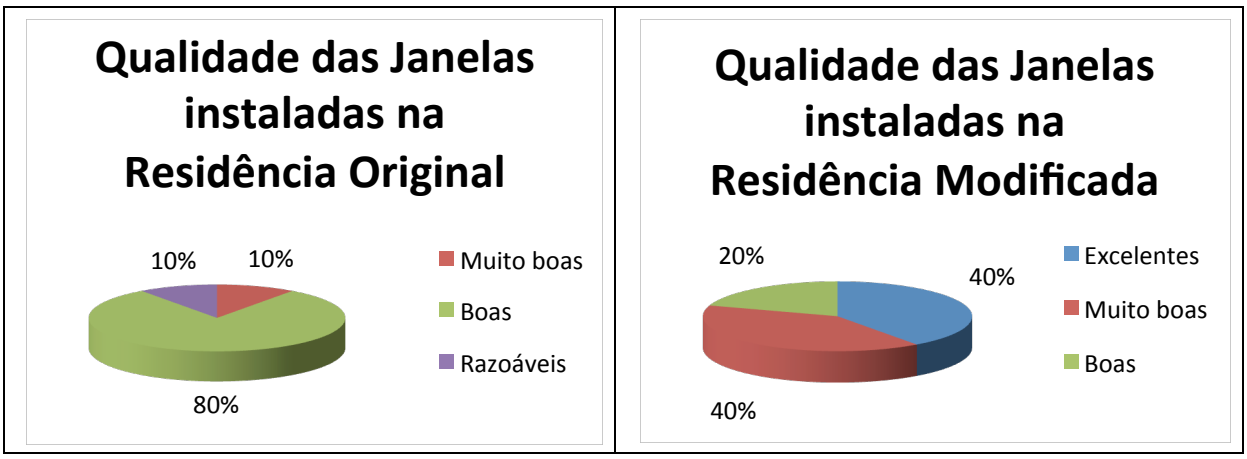
Os serviços de massa fina e pintura látex apresentam custos bem superiores na residência original, mesmo apresentando custos unitários inferiores. Isto ocorre, pois na residência original as paredes internas e externas recebem estes revestimentos, enquanto na residência modificada eles são aplicados somente nas paredes internas, reduzindo assim a quantidade de material necessária.

3.2 Avaliação de clientes potenciais em relação à qualidade das residências

100% dos clientes entrvistados responderam que é muito importante saber os serviços e materiais empregados na construção das residências e consideram o preço do imóvel muito importante.

A Figura 3 mostra o comparativo sobre a qualidade das janelas. 80% dos entrevistados consideraram as janelas de alumínio como "excelentes" e "muito boas".

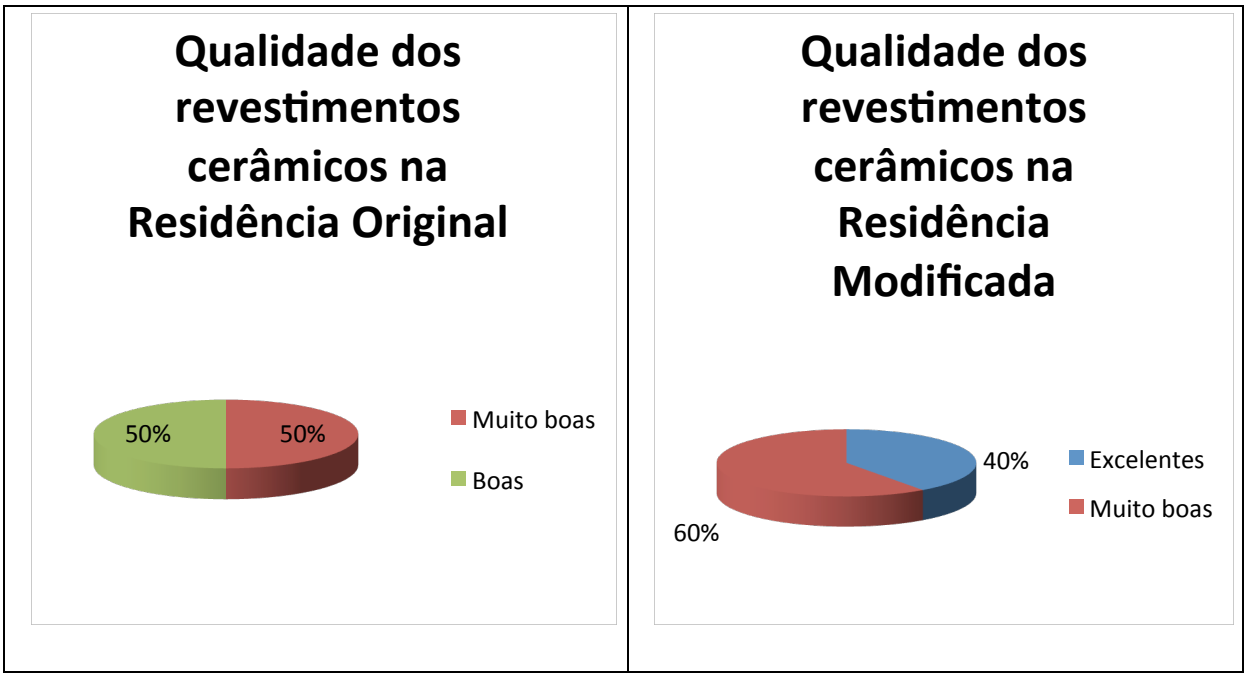
Figura 3 – Comparativo sobre a qualidade das janelas



Fonte: Autores (2014)

A Figura 4 apresenta os resultados quanto à qualidade dos revestimentos cerâmicos.

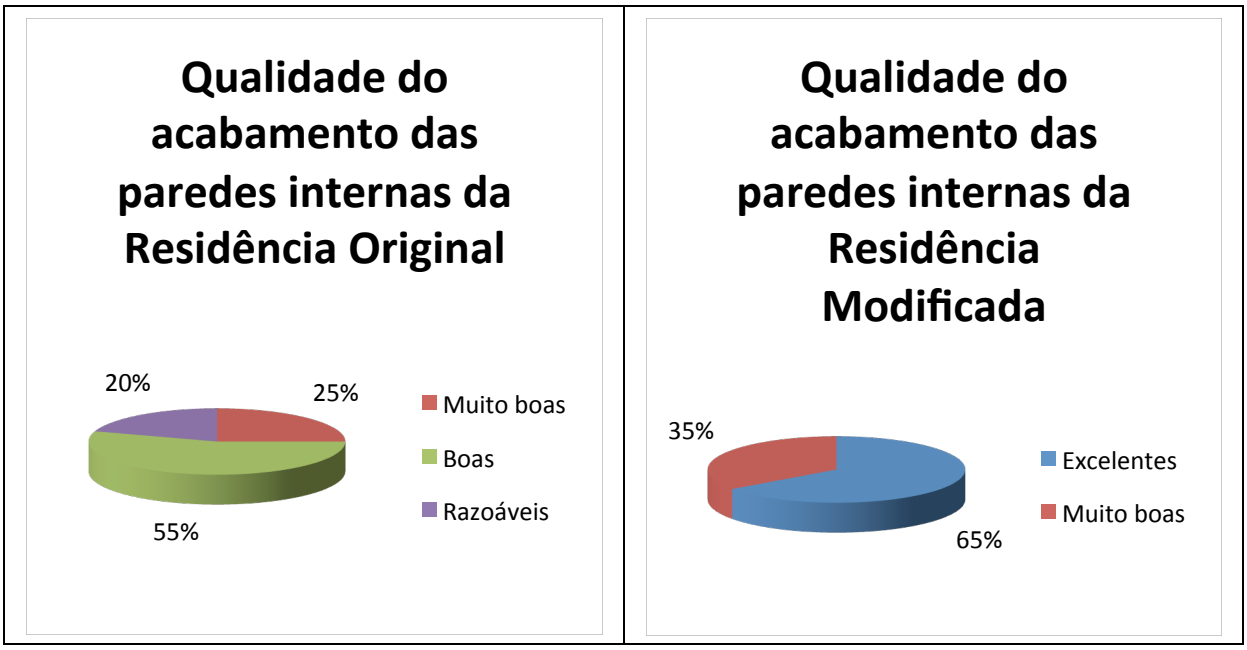
Figura 4 – Comparativo sobre a qualidade dos revestimentos cerâmicos



Fonte: Autores (2014)

A Figura 5 se refere à qualidade do acabamento das paredes internas.

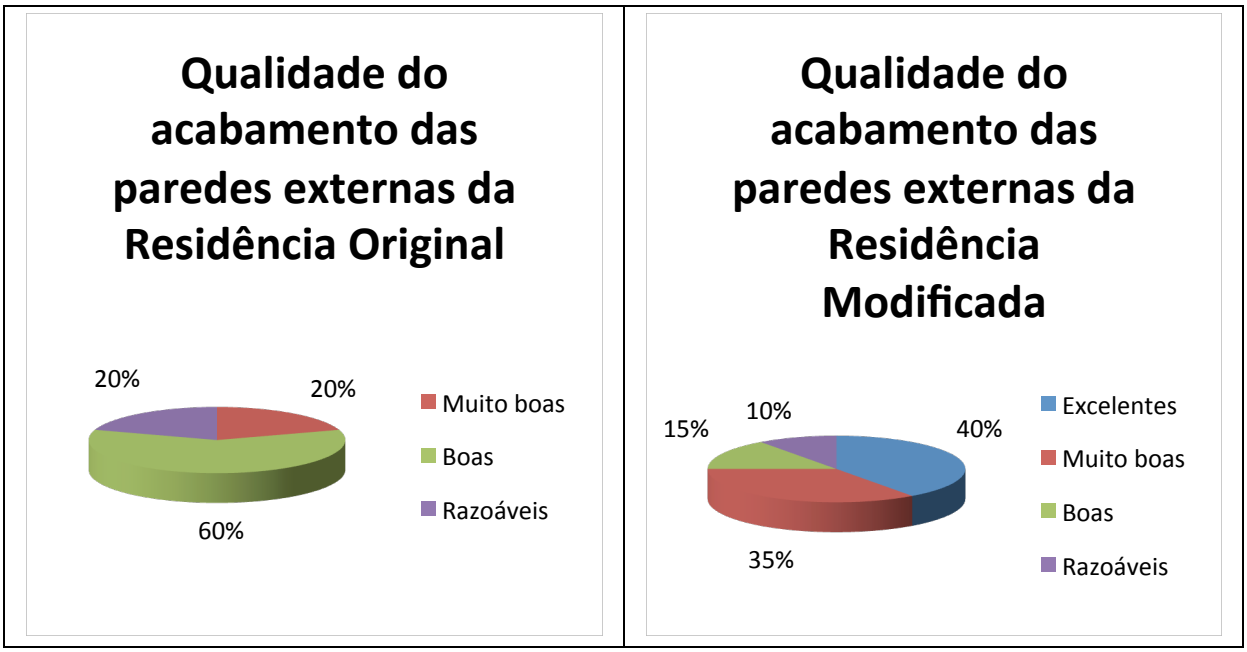
Figura 5 – Comparativo sobre a qualidade do acabamento das paredes internas



Fonte: Autores (2014)

A Figura 6 mostra o comparativo sobre a qualidade do acabamento das paredes externas.

Figura 6 – Comparativo sobre a qualidade do acabamento das paredes externas

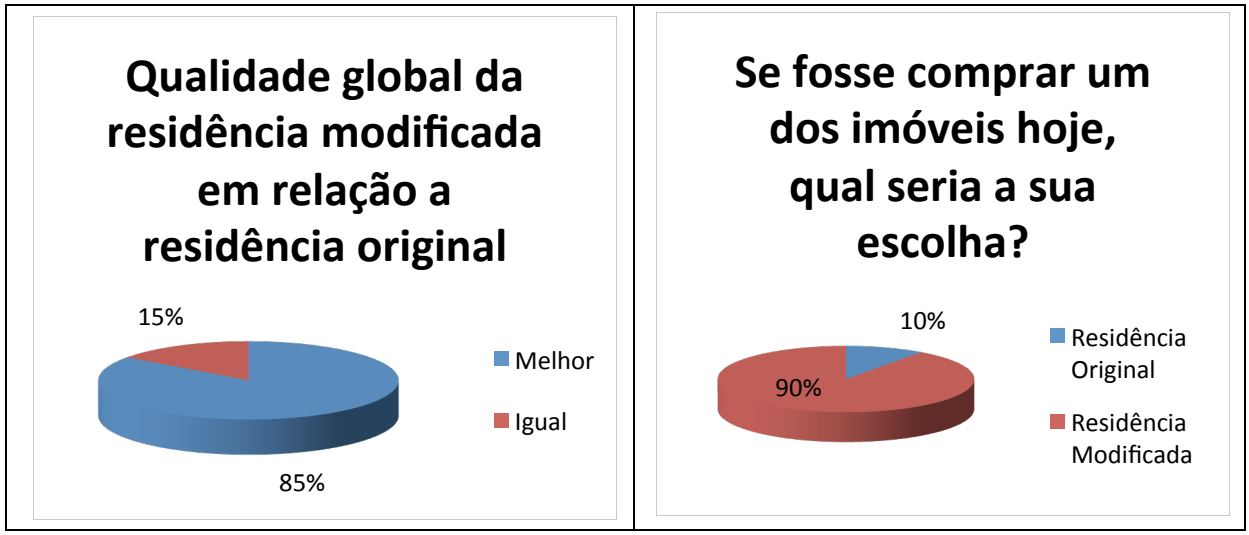


Fonte: Autores (2014)

A Figura 7 apresenta a opinião dos entrevistados sobre a qualidade global da residência modificada e sobre qual seria a melhor opção de compra. Nota-se que 85% dos entrevistados consideraram a qualidade global da residência modificada melhor que a da residência original. Além disso, 90% dos entrevistados optariam pela compra da residência modificada. Os

principais pontos destacados para estas escolhas foram a melhora da qualidade do piso, do acabamento das paredes internas e das janelas na residência modificada.

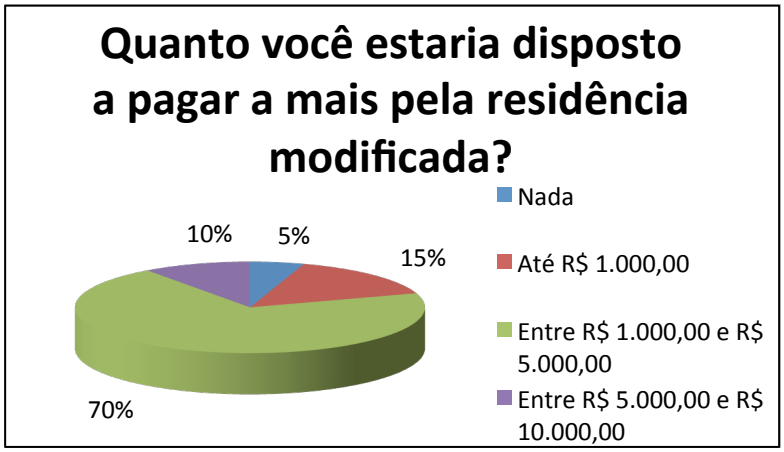
Figura 7 – Comparativo sobre qual seria a melhor opção de compra dos clientes



Fonte: Autores (2014)

A Figura 8 mostra o quanto os entrevistados estão dispostos a pagar a mais pela residência modificada.

Figura 8 – Comparativo sobre a qualidade das janelas



Fonte: Autores (2014)

Pode-se observar que 70% dos clientes entrevistados estariam dispostos a pagar entre R$ 1.000,00 e R$ 5.000,00 a mais pela residência modificada.

3.3 Avaliação dos corretores de imóveis

Os preços de venda estipulados pelos 3 corretores de imóveis entrevistados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de venda estipulados por corretores de imóveis

Corretor	Preço Avaliado -Residência Original		Preço Avaliado - Residência Modificada	
Corretor 1	R$	108.000,00	R$	115.000,00
Corretor 2	R$	106.500,00	R$	115.000,00
Corretor 3	R$	111.500,00	R$	114.500,00
Média =	**R$**	**108.666,66**	**R$**	**114.833,33**

Fonte: Autores (2014)

Foram levantados os custos envolvidos em cada uma das residências e calculou-se o lucro real que cada uma traria para a construtora (Tabela 3).

Tabela 3 - Determinação do Lucro Real de Cada Residência

Residência	Original		Modificada	
Custo Direto	R$	59.554,68	R$	59.539,09
Custo do Terreno	R$	27.000,00	R$	27.000,00
Custo Indireto	R$	6.396,00	R$	6.173,59
Comissão	R$	5.599,03	R$	5.586,35
Custo total	R$	98.549,71	R$	98.299,03
Valor Médio de Venda	R$	108.666,66	R$	114.333,33
Lucro Real	R$	10.116,95	R$	16.034,30

Fonte: Autores (2014)

Nota-se que os serviços modificados trouxeram benefícios para a residência modificada, visto que o custo direto foi praticamente o mesmo e o preço médio de venda elevou-se em aproximadamente R$ 6.000,00, elevando assim, o lucro real da construtora.

4 CONCLUSÕES

Através da pesquisa com os clientes potenciais, percebe-se que a maioria prefere janelas de alumínio. Pode-se levantar que as janelas de alumínio se tornam mais baratas que as de madeira, visto que já vem prontas e instaladas e as de madeira necessitam dos serviços de colocação de vidros, pintura e instalação. Portanto, implantando este serviço, a construtora consegue um acréscimo de qualidade e uma redução nos custos da obra.

Nota-se ainda que há preferência dos clientes pela utilização de porcelanatos em pisos e paredes, porém, diferentemente das janelas de

alumínio, este é um serviço com custo mais elevado em relação a cerâmica classe A.

Em relação aos revestimentos de parede e pinturas, pode-se notar que a preferência dos clientes é por massa corrida nas paredes internas e paredes externas com textura.

É importante citar os serviços de concreto e argamassa, os quais não modificam o aspecto final do imóvel, porém são de extrema importância para a durabilidade da edificação. Neste item, percebe-se que a diferença de custo entre os usinados e preparados em obra é mínima.

Correlacionando todos estes serviços comentados anteriormente, chega-se a uma diferença de custo total de apenas 0,23% para a residência original, confirmando que aplicando insumos e serviços corretos, seria possível reduzir ainda mais os custos de uma residência popular.

Conclui-se, portanto que os serviços e insumos modificados realmente elevaram a qualidade global e o valor imobiliário da residência modificada, aumentando assim, o lucro da construtora. Destaca-se ainda, que é importante a construtora manter um relacionamento frequente com seus clientes potenciais, para estar sempre a par de suas preferências, conseguindo assim manter imóveis qualificados, com bom custo-benefício, com diferenciais competitivos e assim, chega-se a maximização dos lucros.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, T. de Á. **Gestão de Projetos e Custo em Pequenas Edificações**. Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 5ª Edição nº 005 Vol.01/2013. Disponível em: <http://ipog.edu.br/uploads/arquivos/8a75bdca0b696681aa606fb30ebc2677 .pdf>. Acesso em: 17 mar 2014.

FORMOSO, C. T. **Gestão em Habitação Popular**. Revista Construção e Mercado, Ed. 97. Agosto, 2009. Disponível em:<http://construcaomercado. pini.com.br negocios-incorporacao-construcao/97/entrevista-298975-1.aspx>. Acesso em: 12 mar 2014.

NEWTON, R. **O Gestor de Projetos**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011, 320p.

PAC. **Programa de Aceleração do Crescimento**. 2014. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac/divulgacao-do-balanco>. Acesso em: 12 mar 2014.

PORTER, M. E.**Vantagem Competitiva**. 34ªed. Rio de Janeiro: Campus, 1989, 512 p.

SECRETARIA NACIONAL DA HABITAÇÃO. Disponível em: <http://www.habitatbrasil. org.br/media/5547/d_ficit_habitacional_no_brasil_2008.pdf>. Acesso em: 12 mar 2014.

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO DE PRODUÇÃO ENTRE O SISTEMA CONSTRUTIVO COM DIVISÓRIAS INTERNAS EM GESSO ACARTONADO E EM ALVENARIA CONVENCIONAL[1]

TAPPARO, Tiago (1); BRUM, Eduardo M. (2); MACULAN, Laércio S.(3); BARBACOVI, Naira (4); GOMES, Aline P. (5)

(1) UPF, e-mail: tiago@mmlarquitetura.com.br; (2) UPF, e-mail: eduardobrum@upf.br; (3) IMED, e-mail: laerciomac@yahoo.com.br; (4) UPF, e-mail: nairabarbacovi28@gmail.com; (5) UPF, e-mail: alinegomes1977@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho é comparar os custos de um edifício multifamiliar utilizando divisórias internas de gesso acartonado e alvenaria convencional. As cargas dos pilares para cada sistema foram calculadas, a fundação dimensionada e foram elaborados os orçamentos para os dois sistemas construtivos. Os resultados foram os seguintes: em relação ao dimensionamento da fundação, tipo hélice contínua, a alvenaria tradicional demanda um volume de concreto de 145,2 m³, enquanto o gesso acartonado 126,71 m³, uma diferença de 12,7%. A quantidade de aço nas fundações da alvenaria convencional foi de 27.525,6 kg, enquanto no gesso acartonado foi de 26.931,9 kg, uma diferença de 2,15 %. Os custos foram calculados para abril/2015, o orçamento para o sistema de gesso acartonado (divisórias, fundações e estrutura) foi de R$ 391.156,89, enquanto que para o de alvenaria convencional (alvenaria, fundações e estrutura) foi de R$ 373.486,08. Pode-se afirmar que para edificações pequenas e com poucas divisórias, a redução de carga proporcionada pela utilização do sistema de gesso acartonado não acarreta uma diminuição no valor da fundação suficiente para equilibrar os custos entre os sistemas construtivos.
Palavras-chave: Comparação de custos, Alvenaria convencional, Gesso acartonado.

ABSTRACT

The objective of this study is to compare the costs of a multifamily building using internal partitions of drywall and conventional masonry (bricks). The loads of the columns for each system were calculated, the foundation was dimensioned and budgets for both construction systems were developed. The results obtained were the following: in relation to the foundation, continuous flight auger, the conventional masonry demand a concrete volume of 145.2 m³, while the drywall 126.71 m³, a difference of 12.7%. The amount of steel in the foundation of the conventional masonry is 27.525.6 kg, while in the drywall was 26.931.9 kg, a difference of 2.15%. Costs were calculated for April/2015, drywall (drywalls, foundations and structure) has a total investment of R$ 391.156,89, while the conventional masonry (brick walls, foundations and structure) presents an investment of R$ 373.,486,08 .It is possible to say that for small buildings with few partitions, the load reduction afforded by the use of drywall does not result in a decrease in the value of the foundation sufficient to balance the costs between building systems.
Keywords: *Cost comparison, conventional masonry, drywall.*

[1] TAPPARO, Tiago; BRUM, Eduardo M.; MACULAN, Laércio S.; BARBACOVI, Naira; GOMES, Aline P. Análise comparativa de custo de produção entre o sistema construtivo com divisórias internas em gesso acartonado e em alvenaria convencional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao déficit habitacional brasileiro, constata-se a necessidade de modernização da indústria da construção civil. Segundo Vivan *et. al*. (2010), há necessidade de produzir em larga escala, porém, o atual modelo de gestão dos processos envolvidos nas construções é incompatível com as necessidades e objetivos da produção seriada.

O Gesso Acartonado é um sistema construtivo que consiste em uma placa de gesso revestida com papel acartonado que são fixadas através de parafusos em perfis de aço, que tem como principal vantagem o rápido tempo de execução. Além disso, apresenta vantagens quando se refere à facilidade de instalações elétricas e hidráulicas, além da facilidade de se realizar a divisão de um apartamento, podendo realizar mudanças sem grandes reformas. Segundo Corbiolli (1995), esse sistema originou-se no ano de 1898 nos EUA e anos depois, graças a sua resistência ao fogo e a rapidez da montagem, foi muito utilizada no período da primeira guerra mundial. No Brasil esse produto chegou no final do século XX, surgindo como alternativa na utilização em forro e divisórias, principalmente por sua agilidade.

Segundo Ferreira (2014), a difusão dos sistemas construtivos industrializados apresenta um sério problema que é a falta de mão-de-obra qualificada, as questões referentes à quantidade de mão-de-obra empregada na construção civil, desemprego gerado por novas tecnologias, baixa escolaridade dos empregados, falta de incentivos e programas de universalização das tecnologias, entre outros são discussões pertinentes.

Entretanto, para que esse método construtivo tenha um isolamento acústico e térmico que atendam a norma para edifícios residenciais, ele se torna mais caro quando comparado exclusivamente o produto e mão-de-obra utilizada.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise comparativa de custos de construção entre divisórias internas de gesso acartonado e alvenaria convencional, considerando o alívio de cargas nas fundações.

2. MÉTODO DA PESQUISA

O presente estudo visa a comparação entre as técnicas construtivas para divisórias internas, gesso acartonado e alvenaria convencional, para isso foi selecionado um edifício em altura, que foi executado no centro da cidade de Passo Fundo, este serviu como base para todos os cálculos e estudos necessários.

O edifício apresenta as seguintes características: uso multifamiliar, composto por oito pavimentos, sendo seis pavimentos tipo. O pavimento tipo é composto por três apartamentos de dois dormitórios. O pavimento térreo conta com hall de entrada e vagas de garagem e o pavimento de subsolo com vagas de garagem, e o edifício é atendido por um elevador e uma escada protegida.

O trabalho foi estruturado nas seguintes etapas:

a) Etapa 1: Analisar e determinar as divisórias que podem ser executadas em gesso acartonado.

b) Etapa 2: Quantificar os serviços executados até o acabamento final em cada um dos casos: Para a utilização de divisórias de alvenaria convencional foi considerado a utilização de telas de amarração a cada duas fiadas, emboço desempenado com espessura média de 2,5cm, e para o acabamento final foi considerado a utilização de duas demãos de massa niveladora de superfície Andre Super, uma demão de massa de acabamento Andre Super Acabamento, ambas fabricadas por uma empresa local, e duas demãos de tinta acetinada branca.

Para as divisórias em gesso acartonado foi considerado divisórias com perfil de aço galvanizado de 7cm e cada placa com 1,5cm de espessura, totalizando espessura de 10cm, preenchimento com lã de vidro de 5cm de espessura e para o acabamento final uma demão de selador acrílico, duas demãos de massa corrida e duas demãos de tinta acetinada branca. Como outra opção, foi realizado orçamento de divisórias em gesso acartonado, com as mesmas características e acabamento da anterior, porém, não utilizando a lã de vidro, fazendo assim com que haja uma redução no custo.

c) Etapa 3: Execução dos cálculos das cargas de fundação: para cada um dos métodos construtivos. No caso da alvenaria convencional, foi utilizada uma carga de 1300kg/m³ de parede, com espessura de 11,5cm, além do revestimento argamassado, com espessura de 2cm em cada lado, com carga de 1900kg/m³ de parede, resultando em uma carga de 225,5kg/m² de parede, com isso foi gerado a carga aplicada por cada pilar na fundação. Enquanto, no caso de gesso acartonado foi considerado uma carga de 460kg/m³ com uma espessura de 10cm, resultando em 46kg/m² de parede, gerando as cargas aplicadas na fundação de carga pilar, conforme NBR 6120 (ABNT,1980).

d) Etapa 4: Execução dos projetos de fundação: Para isso foi utilizado a sondagem SPT, e foram projetadas fundações do tipo hélice contínua. Para o projeto das fundações, foi utilizado o método de Décourt e Quaresma (1978), pois este utiliza coeficientes que consideram maior atrito lateral na estaca, fazendo com que a profundidade, e consequentemente o custo, diminuam sem afetar a qualidade da fundação. Fez-se também analise da quantidade de aço necessária para execução do edifício;

e) Etapa 5: Realização dos orçamentos para cada uma das técnicas de vedação e da fundação; considerando todos os revestimentos que estas receberiam até o acabamento final, além de considerar o custo de abertura nas paredes para instalações no caso de alvenaria convencional. Os valores atualizado referentes ao mês de abril de 2015, e as composições que foram criadas tiveram como base o acompanhamento de obras na cidade e valores dos insumos obtidos com fornecedores locais.

Com todos os dados estudados, foram analisadas as opções apresentadas, levando em consideração custo e tempo de execução a fim de chegar a uma conclusão sobre qual sistema seria mais vantajoso. Para auxiliar os

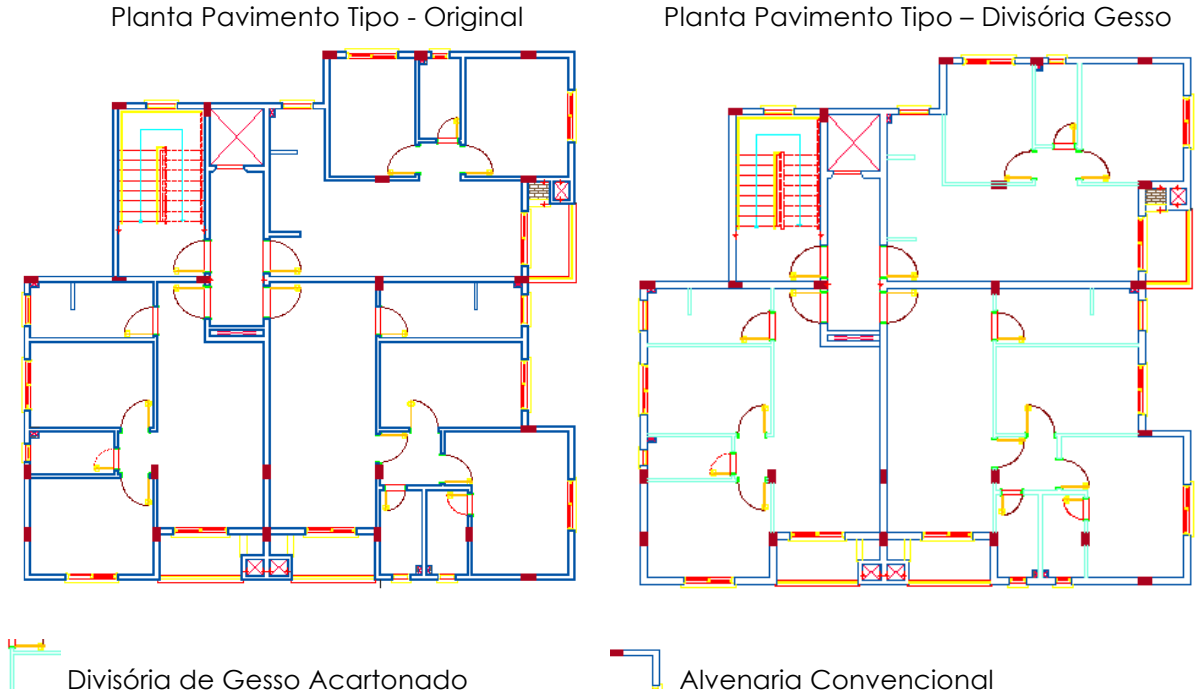
orçamentos, análises e cálculos necessários, foram utilizados softwares como Pleo, Microsoft Excel e Eberick.

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1. DEFINIÇÃO DAS DIVISÓRIAS

Com base na planta baixa do pavimento tipo fornecido pela Empresa, definiu-se quais divisórias poderiam ser executadas em gesso acartonado. A Figura 1 apresenta a planta e substituição que foi realizada.

Figura 1: Planta do pavimento e as divisórias



Fonte: Autor, 2015.

As divisórias passíveis de modificação foram as internas de cada apartamento, sendo que, as externas e as divisórias entre os apartamentos e as que dividem os apartamento das áreas de uso comum continuariam em alvenaria convencional.

3.2. CARGAS APLICADAS NA FUNDAÇÃO

Como apresentado na Tabela 1, geradas pelo software Eberick, foram obtidos os dados de cargas dos pilares, aplicados na fundação, considerando a execução do edifício com divisórias internas em alvenaria convencional e em gesso acartonado, respectivamente.

Tabela 1: Comparativo de cargas aplicadas na fundação dos respectivos pilares

	Alvenaria	**Gesso**	**Diferença**		**Alvenaria**	**Gesso**	**Diferença**
Nome	(Tf)	(Tf)	(Tf)	**Nome**	(Tf)	(Tf)	(Tf)
Pilar P1	74,79	70,4	4,39	**Pilar P17**	16,36	16,29	0,07
Pilar P2	70,43	62,44	7,99	**Pilar P18**	120,74	107,94	12,8
Pilar P3	75,56	73,87	1,69	**Pilar P19**	163,87	140,87	23
Pilar P4	16,04	15,98	0,06	**Pilar P20**	172,15	168	4,15
Pilar P5	80,92	79,62	1,3	**Pilar P21**	159,61	140,75	18,86
Pilar P6	89,93	89,39	0,54	**Pilar P22**	85,77	85,97	-0,2
Pilar P7	88,99	85,55	3,44	**Pilar P23**	115,07	112,18	2,89
Pilar P8	144,46	118,87	25,59	**Pilar P24**	158,52	158,7	-0,18
Pilar P9	132,42	124,02	8,4	**Pilar P25**	145,88	135,4	10,48
Pilar P10	17,87	17,79	0,08	**Pilar P27**	64,78	58,16	6,62
Pilar P11	81,24	76,1	5,14	**Pilar P28**	94,96	92,56	2,4
Pilar P12	133,25	126,21	7,04	**Pilar P29**	19,9	19,92	-0,02
Pilar P13	156,26	152,02	4,24	**Pilar P30**	25,58	25,47	0,11
Pilar P14	156,63	140,4	16,23	**Pilar P31**	8,72	8,69	0,03
Pilar P15	118,35	112,91	5,44	**Pilar P32**	6,96	6,97	-0,01
Pilar P16	106,69	97,02	9,67	**Pilar P33**	7,56	7,59	-0,03
TOTAL					**2910,26**	**2728,05**	**182,21**

Fonte: Autores, 2015.

Na Tabela 1, estão apresenta as cargas aplicadas nos pilares considerando os dois métodos construtivos, alvenaria e gesso acartonado, na qual é possível verificar que a redução de carga com a utilização das divisórias em gesso acartonado é de 182,21 toneladas força.

3.3. DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

A partir dos dados de cargas de pilares para cada uma das situações, foram elaborados os projetos de fundação. Para isso foi utilizada a sondagem SPT, fornecida pela empresa e foram projetadas fundações do tipo hélice contínua.

Com os dados de SPT do terreno fornecidos pela empresa e cargas atuantes na fundação em cada um dos casos, projetou-se a fundação, porém, resulta em uma redução muita pequena nas cargas atuantes em cada pilar.

3.4. QUANTITATIVO

No prédio em questão, tem-se seis pavimentos tipos. Cada um deles tem uma quantidade de 61,39 metros lineares de divisórias em alvenaria que podem ser substituídas por gesso acartonado. Considerando a altura de 2,9m, tem-se 178,031m² por pavimento, totalizando 1068,186 no edifício, mais o revestimento nos dois lados, temos uma área de 2136,37m². Descontando a área dos sanitários, que será utilizado azulejo, num total de 408,03m², tem-se uma área total em que será utilizado o acabamento definido acima de

1728,34m².

Já, no caso da utilização de divisórias em alvenaria convencional, tem-se os mesmos 1068,186m², uma área de emboço de 2136,37m² e acabamento final em 1728,34m². Com as divisórias em alvenaria, também considerou-se os gastos com rasgos nas paredes para instalações elétricas e hidráulicas, além do enchimento nesses rasgos após as instalações. No caso de instalações elétricas, obteve-se um total de 985,5 metros de rasgos nas divisórias em alvenaria e para instalações hidráulicas; 723,6m de rasgos.

3.5. ORÇAMENTO DAS FUNDAÇÕES

Para o orçamento das fundações do prédio, foram considerados valores fornecidos pela Empresa de estaqueamento e sondagem, Na Tabela 2 estão apresentados os valores de escavação para fundações do tipo hélice contínua, que varia em função do diâmetro das estacas. O valor é cobrado por metro escavado. O concreto utilizado para o estaqueamento foi de fck 20 MPa, com custo médio na cidade de Passo Fundo de R$320,00/m³ para data de agosto de 2015. Em função da armadura de fretagem ser muito parecida nos dois casos, esse item não foi contabilizado no orçamento. Na Tabela 2, é possível observar o volume de concreto necessário para as divisórias de alvenaria 145,28 m³ e de 126,71 m³ quando se utiliza as divisórias de gesso acartonado uma diferença de 12,7%.

Tabela 2: Dimensionamento de Estacas tipo Hélice Contínua

	ESTACAS - HÉLICE CONTÍNUA - ALVENARIA				ESTACAS - HÉLICE CONTÍNUA - GESSO			
Nome	Carga (ton)	Diâmetro (cm)	Profundidade (m)	Volume de Concreto (m³)	Carga (ton)	Diâmetro (cm)	Profundidade (m)	Volume de Concreto (m³)
Pilar P1	74,79	0,4	15	2,07	70,4	0,4	15	2,07
Pilar P2	70,43	0,4	15	2,07	62,44	0,4	14	1,94
Pilar P3	75,56	0,4	15	2,07	73,87	0,4	15	2,07
Pilar P4	16,04	0,4	8	1,11	15,98	0,4	8	1,11
Pilar P5	80,92	0,5	14	3,02	79,62	0,5	14	3,02
Pilar P6	89,93	0,5	15	3,24	89,39	0,5	15	3,24
Pilar P7	88,99	0,5	15	3,24	85,55	0,5	14	3,02
Pilar P8	144,46	0,8	14	7,74	118,87	0,6	15	4,67
Pilar P9	132,42	0,8	14	7,74	124,02	0,8	13	7,19
Pilar P10	17,87	0,4	8	1,11	17,79	0,4	8	1,11
Pilar P11	81,24	0,5	14	3,02	76,1	0,4	15	2,07
Pilar P12	133,25	0,8	14	7,74	126,21	0,8	13	7,19
Pilar P13	156,26	0,8	15	8,29	152,02	0,8	15	8,29
Pilar P14	156,63	0,8	15	8,29	140,4	0,8	14	7,74
Pilar P15	118,35	0,8	12	6,64	112,91	0,6	15	4,67
Pilar P16	106,69	0,8	12	6,64	97,02	0,5	15	3,24
Pilar P17	16,36	0,4	8	1,11	16,29	0,4	8	1,11

Pilar P18	120,74	0,8	13	7,19	107,94	0,6	14	4,35
Pilar P19	163,87	0,8	15	8,29	140,87	0,8	14	7,74
Pilar P20	172,15	0,8	16	8,85	168	0,8	16	8,85
Pilar P21	159,61	0,8	15	8,29	140,75	0,8	14	7,74
Pilar P22	85,77	0,5	14	3,02	85,97	0,5	14	3,02
Pilar P23	115,07	0,8	12	6,64	112,18	0,6	15	4,67
Pilar P24	158,52	0,8	15	8,29	158,7	0,8	15	8,29
Pilar P25	145,88	0,8	14	7,74	135,4	0,8	14	7,74
Pilar P27	64,78	0,4	14	1,94	58,16	0,4	13	1,8
Pilar P28	94,96	0,6	14	4,35	92,56	0,5	15	3,24
Pilar P29	19,9	0,4	8	1,11	19,92	0,4	8	1,11
Pilar P30	25,58	0,4	8	1,11	25,47	0,4	8	1,11
Pilar P31	8,72	0,4	8	1,11	8,69	0,4	8	1,11
Pilar P32	6,96	0,4	8	1,11	6,97	0,4	8	1,11
Pilar P33	7,56	0,4	8	1,11	7,59	0,4	8	1,11
Total				**145,28**				**126,71**

Fonte: Autores, 2015.

3.6. ARMADURA NA ESTRUTURA

Com a diminuição das cargas na edificação, resultantes da utilização de divisórias em gesso acartonado no lugar de divisórias em alvenaria convencional, além do alívio de cargas na fundação, constatou-se uma diminuição da armadura necessária na estrutura. Essa diminuição é apresentada na Tabela 3, e o software nos apresenta o quantitativo já considerando a perda de material, que para o aço é de 10%.

Tabela 3: Quantitativo de Aço Utilizado na Estrutura

		Alvenaria Convencional	**Gesso**
Peso total + 10% (kg)	**CA50**	23.076,60	22.183,20
	CA60	4.449,00	4.748,70
	Total	**27.525,60**	**26.931,90**

Fonte: Autores, 2015.

Como apresentado na Tabela 3, nota-se que há uma variação na quantidade de aço CA50 e CA60 com a utilização dos diferentes métodos. Com a utilização de divisórias em gesso acartonado, verificou-se uma redução na utilização de aço CA50 em 893,4kg, porém, houve um acréscimo na utilização de aço CA60 de 299,7kg.

3.7. ORÇAMENTO COMPLETO PARA DIVISÓRIAS

Para o orçamento das divisórias em gesso acartonado foram utilizados valores com perfil em aço galvanizado de 70mm de RS 81,00/m², além de lã de vidro para isolamento térmico e acústico com 50mm de espessura nos

valores de R$ 15,50/m², totalizando R$ 96,50/m². Além dessa opção, também foi orçada a opção de divisórias em gesso acartonado sem a utilização do preenchimento interno com lã de vidro, totalizando assim R$ 81,00/m². Para o acabamento, foi considerada a utilização de uma demão de selador, duas de massa corrida e duas de tinta acrílica.

A Tabela 4 apresenta a descrição dos materiais bem como os valores.

Tabela 4: Orçamento para divisórias

Item/Descrição	Qtd.	Un	Vlr. Unit.	Total
DIVISÓRIAS DE GESSO ACARTONADO				
Selador parede interna 1 demão	1728,34	m²	3,48	6.014,62
Divisória Gesso Acartonado	1068,18		81,00	86.522,58
Lã de Vidro	1068,18		15,50	16.556,79
Massa Corrida PVA para interiores 2 demãos	1728,34		10,73	18.545,09
Pintura Acrílica Sobre Massa Acrílica 2 demãos	1728,34		8,48	14.656,32
Total Parcial				142.295,40
FUNDAÇÕES				
Fundações Profundas	1	Vb	69.498,41	69.498,41
ESTRUTURA				
Armadura CA-50 Grossa 1/2 a 3/4- 12 a 19 mm	22.183,20	kg	6,51	144.412,63
Armadura CA-60 Média 5,0 a 6,0 mm	4.748,70	kg	7,36	34.950,43
TOTAL COM LÃ DE VIDRO				**391.156,89**
TOTAL SEM LÃ DE VIDRO				**374.600,10**
DIVISÓRIAS EM ALVENARIA				
Alvenaria 11,50 cm	1.068,18	m²	31,11	33.231,08
Chapisco ci-ar 1:4-7mm preparo e aplicação	2.136,37	m²	4,06	8.673,66
Emboço ci-ca-ar 1:2:8-15mm	2.136,37	m²	11,50	24.568,26
Massa Niveladora	1.728,34	m²	8,05	13.913,14
Massa Acabamento	1.728,34	m²	5,74	9.920,68
Pintura acrílica sobre massa acrilica-2 demãos	1.728,34	m²	8,48	14.656,33
Rasgo em alvenaria p/canalizações c/enchimento	985,50	m²	4,86	4.789,53
Rasgo em alvenaria para eletroduto-com enchimento	723,60	m²	4,45	3.220,02
Total Alvenaria				112.973,03
FUNDAÇÕES				
Fundações Profundas	1	Vb	77.539,74	77.539,74
ESTRUTURA				
Armadura CA-50 Grossa 1/2 a 3/4- 12 a 19 mm	23.076,60	kg	6,51	150.228,67
Armadura CA-60 Média 5,0 a 6,0 mm	4.449,00	kg	7,36	32.744,64
TOTAL				**373.486,08**

Fonte: Autores, 2015.

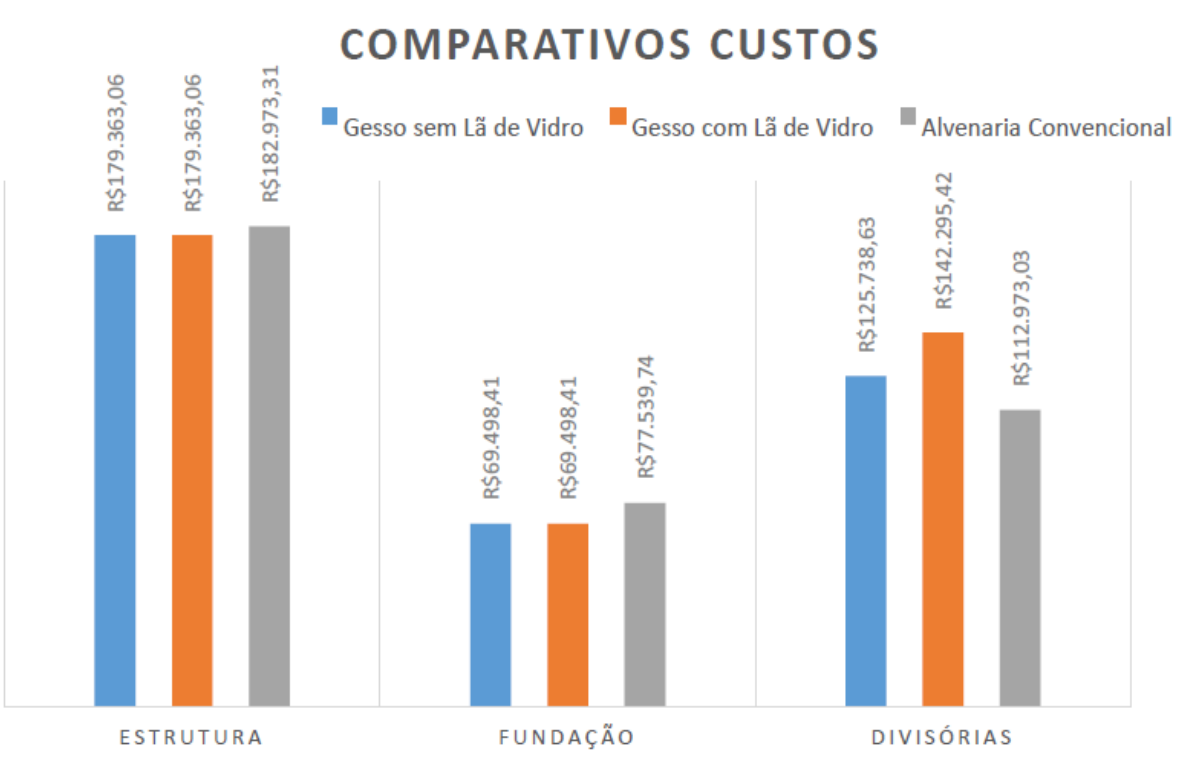
Como podemos analisar na tabela acima, há uma redução nos custos das divisórias em gesso acartonado de R$ 16.556,79, se estas forem executadas sem lã de vidro, resultando em um total de R$ 374.600,10.

Na tabela acima, temos os valores referentes ao orçamento de fundação, armadura na estrutura, alvenaria, rasgos e enchimento para instalações elétricas e hidráulicas além dos serviços de acabamento. Todos esses serviços resultam em um valor de R$ 373.486,08.

3.8. COMPARATIVO ENTRE OS CUSTOS

A Figura 2 apresenta uma comparação entre os custos por etapa realizada nas diferentes técnicas construtivas. Após a realização do orçamento de fundação, armadura na estrutura, divisórias e acabamento final para cada um dos sistemas construtivos, conclui-se que, em edificações pequenas e com poucas divisórias, a redução de carga proporcionada pela utilização de divisórias em gesso acartonado, não acarreta em uma diminuição no valor da fundação suficiente para equilibrar os custos entre os sistemas construtivos. Porém, se for optado pela não utilização de lã de vidro nas divisórias de gesso acartonado, pode-se chegar à valores muito próximos entre os sistemas. Um outro fator importante destacado por Santiago (2008) é questão da resistência dos usuários em relação ao sistema e seus componentes e o entendimento dos conceitos pertinentes do sistema.

Figura 2: Comparativo de Custos por Etapa



Fonte: Autores, 2015.

Na edificação estudada, a qual contém seis pavimentos tipos com três apartamentos cada, podemos notar que a troca do sistema de alvenaria pelo sistema com gesso acartonado, gera uma economia na fundação, uma economia no acabamento, pois o controle de qualidade com a utilização de gesso acartonado é maior; uma economia nas instalações elétricas e hidráulicas, fazendo com que os rasgos nas paredes sejam desnecessários, além da economia na armadura a ser utilizada na estrutura. Entretanto, toda essa economia ainda é insuficiente para atingir o custo do sistema com alvenaria convencional. Segundo Barbosa *et. al.* (2013), a racionalização, uso novas tecnologias e ferramentas transparecem aos gerentes e operários mais informações e controle da produção, além das iniciativas aumentarem a produtividade das atividades, a confiabilidade, transparência e controle das tarefas.

Por fim, após o comparativo de custos, tem-se os valores finais por metro quadrado de parede para a edificação estudada, considerando a armadura na estrutura de concreto armado, custo da fundação e divisórias até o acabamento final: Alvenaria com um valor de R$ 349,64/m² de parede, o Gesso com Lã de Vidro com um valor de R$ 366,19m² de parede; e o Gesso sem Lã de Vidro com um valor de R$ 350,69/m² de parede. Na comparação dos orçamentos finais para cada método construtivo (Figura 2), nota-se que o custo da alvenaria convencional para essa edificação é inferior ao de gesso acartonado, tanto com a utilização de lã de vidro tanto sem utilizá-la. Isso ocorre em função de que o alivio de cargas na fundação é pouco expressivo neste caso, gerando pequena variação nos orçamentos da mesma e não sendo suficiente para equiparar os custos.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou realizar a comparação de custos entre o sistema tradicional de construção utilizando divisórias em alvenaria convencional e o sistema com divisórias em gesso acartonado.

Pelos dados analisados neste trabalho, percebe-se que a utilização das divisórias em gesso acartonado, mesmo com o alívio de cargas na fundação, é mais caro se comparado ao sistema de alvenaria convencional.

Cabe salientar que as condições de preço de ambos os sistemas podem variar em cada cidade e inclusive com negociações entre empresa-cliente.

Vale salientar que para obras maiores, em que tenha mais pavimentos e também maior quantidade de divisórias que pode utilizar gesso acartonado, a redução de carga na fundação seria maior, resultando em uma maior economia, possivelmente tornando o método mais vantajoso.

Porém, mesmo que o gesso acartonado apresente um maior custo, temos como vantagens desse sistema construtivo, a agilidade na execução, facilidade nas instalações elétricas e hidráulicas e obra limpa, com menor geração de entulhos.

REFERÊNCIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:** Cargas para Cálculos de Estruturas. Rio de Janeiro,1980.

BARBOSA, G; ANDRADE, F; BIOTTO, C; MOTA, B**. Implementação de construção enxuta em um ano em um projeto de construção.** In: 8° Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção Inovação e Sustentabilidade. Salvador, 2013.

CORBIOLLI, N. **Mercado Futuro: fundação da Placo coloca o grupo inglês BPB no Brasil.** Construção. No 2498, p. 10. dez/1995.

FERREIRA, A. S**. Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: paredes de concreto, steel frame e wood frame.** Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) . Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Tecnologia - Curso de Engenharia Civil. Santa Maria, 2014.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Ouro Preto, 2008.

VIVAN, A. L; PALIARI, J. C; NOVAES, C. C. **Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva.** In: XIII Encontro Nacioanal de Tecnologia do Ambiente Construído. Canela, 2010.

Organização

FAUUSP

ipt INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

Co-organização

SindusCon SP
O Sindicato da Construção

2016

Promoção

ANTAC

Patrocínio Ouro

SAINT-GOBAIN

CAIXA

BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Patrocínio Prata

ANICER
ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA

Apoio

PRCEU USP

FAPESP

CNPq

CAPES

BenefícioSP

SÃO PAULO convention & visitors bureau
visitesaopaulo.com

SÃO PAULO É TUDO DE BOM