



ISBN: 978-85-67169-04-0

SIBRAGEC ELAGEC 2015

São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

REFINAMENTO DO CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E QUALIDADE NO CANTEIRO COM O SUPORTE DE BIM

VILLAMAYOR IBARRA, José (1); FORMOSO, Carlos Torres (2)

(1) e-mail: josevillamayor86@gmail.com, jose.villamayor@ufrgs.br (2) NORIE/UFRGS, +55 (51) 3308-3518, e-mail: formoso@ufrgs.br.

RESUMO

A ineficácia ou ausência do Planejamento e Controle da Produção (PCP) consiste em um dos principais motivos para o baixo desempenho de empreendimentos de construção, manifestando-se principalmente mediante perdas e retrabalhos durante a fase de construção. Estes pontos, associados à falta de qualidade nos trabalhos entregues, podem acarretar em um desgaste no relacionamento com os clientes internos e externos, podendo ser a causa de litígios judiciais ou exclusões para novas licitações ou concorrências.

Além disso, os métodos hoje utilizados tanto para o controle produtivo como de qualidade, baseiam-se ainda em aprovações manuais, realizadas de acordo com critérios subjetivos. Estas tarefas são normalmente executadas por meios tradicionais, como planilhas de verificação, que além de gerar um grande volume de documentos para serem posteriormente arquivados, acarretam a dificuldade para a sua busca e visualização quando necessários. Dessa forma, há uma necessidade de desenvolver métodos e processos que busquem a melhoria e integração, do PCP e do controle de qualidade na construção, preferencialmente através de tecnologias de informação, como serem o BIM e a computação móvel.

Palavras chave: PCP – tecnologias de informação - BIM – controle de qualidade.– retrabalho

ABSTRACT

The inefficiency or absence of Production Planning and Control (PPC) constitutes one of the main reasons for the low building projects' performances, being this mainly manifested through wastes and rework in the construction phase. These points, associated to the lack of quality for the delivered work, could lead to misunderstandings with internal and external clients, and thus originate possibilities for judicial disputes and exclusions from future tender processes.

Moreover, the methods currently used for productive and quality control are still based on manual approvals, mainly made according to subjective criteria. In this way, control activities are normally executed by traditional means, as verification spreadsheets, which in addition to the creation of a great volume of documents to be then stored, intrinsically cause difficulties for their visualization and search when needed. Therefore, there is a need to develop methods and processes that seek the improvement and integration of both, PPC and quality control in construction, preferably through information technologies, such as BIM and mobile computing.

Keywords: PPC – information technologies – BIM – quality control – rework.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Ballard e Howell (1998), tradicionalmente na construção, a palavra planejamento é associada à produção de orçamentos, cronogramas e documentação contratual para a execução do projeto, sendo o seu controle limitado ao simples

monitoramento do desempenho em relação a essas especificações e requerendo, no surgimento de desvios, de ações corretivas, de forma reativa (SUKSTER, 2005).

Estudos anteriores abordam a necessidade do PCP e controle de qualidade para a redução de perdas (BALLARD, 2000; BERNARDES, 2001; FIREMAN, 2012; SOMMER, 2010; SUKSTER, 2005). Em particular, Sukster (2005) desenvolveu um estudo aprofundado sobre a integração dos sistemas de gestão de qualidade e PCP. Assim, Sukster (2005), identificou mediante estudos empíricos, problemas e dificuldades inerentes da integração dos sistemas de gestão de qualidade e de controle produtivo, como serem:

- Erros na estimativa da produtividade das equipes devido à falta de experiência dos coordenadores de planejamento.
- Consideração errada de conclusão de tarefas com falta de terminalidade ou problemas de execução (falta de qualidade), devido à falta de tempo suficiente para executar os controles.
- Geração de documentação excessiva originando processos utilizados apenas burocraticamente, ou seja, como “preenchimento de papel”.
- Necessidade de um grande esforço por parte do gerente do empreendimento na utilização de todas as ferramentas necessárias para melhorias dos sistemas.
- Falta de disciplina e motivação dos encarregados de executar o controle das tarefas planejadas e de roteirização dos controles produtivos e de qualidade nas empresas.

Cabe salientar que a maioria destes problemas foram corroborados pelo presente autor na etapa exploratória desta pesquisa, e tem motivado em grande medida o desenvolvimento dela.

Desta forma, detalha-se a seguir, a estrutura da pesquisa:

1.1 Questões de pesquisa principais

- Como refinar¹ o modelo de controle da produção e qualidade no canteiro de forma a poder incorporá-lo em dispositivos de computação móvel de uso comercial?
- Como a tecnologia de informação (TI) por meio da computação móvel e o BIM podem ser utilizados para melhorar o controle integrado da produção e qualidade no canteiro?

1.2 Proposições de pesquisa

- A aplicação efetiva do sistema integrado de controle da produção e qualidade em dispositivos móveis, pode contribuir a aumentar índices de produtividade e conformidade de qualidade, assim como otimizar os recursos utilizados para as tarefas de controle.
- A utilização de TI através do BIM na etapa de construção, integrando-o ao planejamento produtivo e critérios de qualidade, pode diminuir o tempo de

¹ A palavra refinar é utilizada neste contexto para representar ações de natureza incremental, feitas com o objetivo de melhorar o modelo existente, facilitando e simplificando o seu uso e compreensão.

inspeção (atividade de fluxo) dos pacotes de trabalho entregues por parte dos encarregados de obra.

- A utilização de TI através do BIM pode aumentar a transparência no processo de planejamento mediante a disponibilização de informações relativas ao controle de produção e qualidade dentro do modelo.
- O modelo de controle integrado a ser refinado pode fomentar a geração de ciclos de melhoria continua, por meio do seguimento e replanejamento efetivo dos pacotes formais não concluídos, criação de bancos de dados com registros de *making-do*, pacotes informais executados e reprovações de qualidade, os quais seriam oportunamente disponibilizados para os *stakeholders* do processo.

1.3 Objetivo principal

- Refinar e aplicar² um MODELO DE CONTROLE INTEGRADO DE PRODUÇÃO E QUALIDADE que utilize a tecnologia de informação, por meio da computação móvel e da plataforma BIM³ no canteiro de obras, buscando facilitar a visualização e controle de processos e operações, assim como a redução das perdas devido a improvisações, falta de cumprimento do planejamento de tarefas e carência de qualidade mínima dos pacotes entregues.

1.4 Limitações do estudo

O estudo tem a previsão de ser executado em obras de empresas que vem utilizando o sistema Last planner ® para o planejamento produtivo e que preferentemente possuem uma certificação de qualidade (ISO 9001) a qual delimita os critérios posteriores a serem avaliados em cada pacote de trabalho no curto prazo.

Além disso, tem-se a previsão de utilizar o aplicativo comercial BIM 360 Field da Autodesk ®, para as fases de coletas de dados no canteiro. O mesmo é compatível com tablets que possuem o sistema operativo IOS ® e com os navegadores Chrome ®, Mozilla Firefox ® e Safari ®, na sua interface web.

Paralelamente, na etapa exploratória de coleta de dados, tem-se a previsão de testar o aplicativo próprio iniciado em estudos precedentes (LEÃO, 2014; SITJA, em andamento), fazendo coletas de dados simultâneas, de forma a analisar as suas limitações, oportunidades de melhoria assim como o fluxo de informações dentro dele. Isto último, com o objetivo de tentar adaptá-lo ao funcionamento do aplicativo comercial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A indústria da construção se encontra caracterizada pelo alto grau de informalidade na execução dos seus processos produtivos, em comparação com outros setores como, por exemplo, a manufatura, a qual há alcançado níveis de padronização que lhe permitem obter rendimentos progressivamente melhores no decorrer do tempo (TEICHOLZ; GOODRUM; HAAS, 2001).

² A ação de aplicar ou testar o artefato criado dentro de pesquisas do tipo *Design Science* é definida pelo termo *Instantiation*, (MARCH; SMITH, 1995)

³ O autor tem por escopo primário a utilização de modelos BIM 3D, para o controle produtivo e de qualidade no horizonte de curto prazo. Por enquanto não se tem a previsão de ampliar ele para a utilização de BIM 4D no meio e longo prazo, o que dependerá do desenvolvimento da pesquisa.

Nesse sentido, Laufer e Tucker (1987) definem controle como o processo que garante que as ações sejam executadas conforme planejado para que as metas desejadas sejam alcançadas.

Ballard (2000) argumenta que uma falha clara no modelo de controle tradicional baseado no monitoramento da produção é que a produtividade dos recursos pode estar de acordo com o orçamento, e o progresso de acordo com o previsto, mas o trabalho certo pode não estar sendo feito da maneira correta, e no momento ideal.

Koskela e Howell (2002) afirmam que o foco do controle deveria estar na identificação das causas dos problemas e na tomada de providências sobre esses problemas, e não na simples alteração do nível de desempenho para que uma meta predeterminada seja atingida.

Além disto, o grande volume e complexidade dos processos na construção são responsáveis pela origem de variabilidade e incertezas, o que por sua vez gera um tipo de perda conhecido como *making-do* (KOSKELA, 2004). Estas perdas referem-se às improvisações que ocorrem quando uma tarefa é iniciada sem que todos os itens necessários para sua realização estejam disponíveis.

O sistema Last Planner ® (BALLARD; HOWELL, 1998; BALLARD, 2000), de controle da produção, vem sendo aplicado na construção civil com a finalidade de reduzir essa variabilidade, melhorar o fluxo de trabalho e reduzir perdas.

Por outro lado, é admitida a hipótese de que um sistema de software que complemente ao sistema Last Planner ® poderia auxiliar na gestão do fluxo das operações da construção com maior confiança e menor variabilidade (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). Bernardes (2001), sugere como diretriz para o melhoramento do modelo de PCP a utilização de tecnologias de informação, para a diminuição do tempo despendido na execução dos planos. Fireman (2012) coloca como uma de suas recomendações para futuros trabalhos a necessidade de se empregar a tecnologia BIM para modelar as relações entre perdas por *making-do* e os pacotes informais.

Chen and Luo (CHEN; LUO, 2014), acrescentam que atualmente, existe uma carência de estudos que demonstrem a utilização efetiva de tecnologia de informação na etapa de construção. No entanto, alguns autores têm estudado recentemente as vantagens da implementação de computação móvel na construção e justificado a sua utilidade (CHEN; KAMARA, 2008; IRIZARRY; GILL, 2009; MORAN, 2012; NOURBAKHSH et al., 2011, 2012).

Contudo, ainda não foi investigado em profundidade como o uso do BIM em plataformas móveis, pode ajudar no controle da produção e qualidade de forma integrada na etapa de construção.

Diante deste contexto, estabelecem-se como prioridades para este trabalho, executar o refinamento necessário no modelo de controle integrado de produção e qualidade, desenvolvido em pesquisas precedentes no Norie, de forma a poder utilizá-lo em dispositivos moveis num nível operacional⁴ e explorar a abrangência dos benefícios e sacrifícios que o uso de tecnologias de informação, por meio de computação móvel e BIM, pode aportar para a gestão de informações no canteiro de obras no horizonte de curto prazo.

⁴ Refere-se à vinculação entre os pacotes planejados no curto prazo e os critérios de qualidade provenientes de planilhas de verificação, já criados e estabelecidos nos SGQ das empresas.

3 MÉTODO DA PESQUISA

3.1 Estratégia de Pesquisa

O presente trabalho encontra-se inserido na categoria de pesquisa prescritiva ou *Design Science Research*, devido a que ele se localiza em um contexto sócio-técnico (empreendimentos de construção civil na etapa de execução) e tem como objetivo fundamental a criação de um artefato que possibilite a resolução de um problema real.

Nesse sentido, Aaltonen, Rinne e Tuikkala (2007), afirmam que a *design science* busca criar coisas (artefatos) que servem a propósitos humanos, enquanto a ciência natural tenta entender a realidade observável.

Assim, as principais características da pesquisa construtiva são (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003): (a) o foco em problemas do mundo real relevantes para que sejam resolvidos na prática; (b) a produção de uma construção inovadora buscando resolver o problema inicial; (c) uma tentativa de implementação da construção desenvolvida, testando sua aplicabilidade prática; (d) o envolvimento e a cooperação entre o pesquisador e os demais participantes, na forma de uma equipe, que propicie um aprendizado baseado na experimentação; (e) uma ligação explícita a um conhecimento teórico prévio; e (f) a reflexão acerca das evidências empíricas com base na teoria.

Dessa forma, o artefato a ser desenvolvido consistirá em um modelo de controle produtivo e de qualidade, integrado com a interface visual do projeto executivo. Isto permitirá o registro e controle dos pacotes de trabalho semanalmente programados de acordo com o sistema Last Planner ®, assim como o controle de qualidade deles, vinculando-os com a sua localização real no canteiro por meio da visualização do modelo BIM-3D da obra de análise.

3.2 Delineamento da Pesquisa

O delineamento da pesquisa contará com três fases, as quais ocorrerão de forma não linear, podendo ter diversas iterações dentro delas, Figura 1. Estas são apresentadas a seguir:

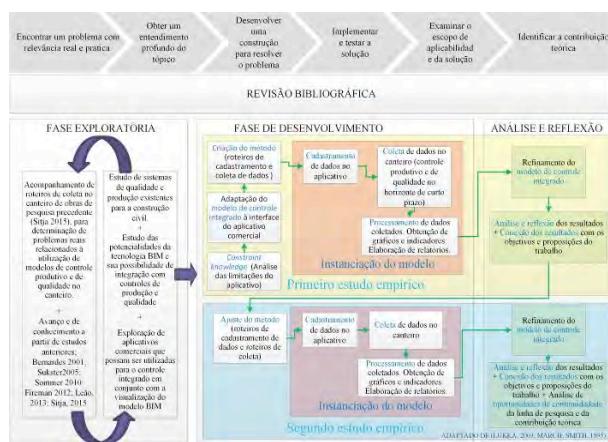
a) Fase exploratória: Compreenderá de um estudo exploratório no canteiro de obras mais uma análise dos estudos precedentes relacionados à linha de pesquisa na qual este trabalho se encontra inserido (BERNARDES, 2001; FIREMAN, 2012; LEÃO, 2014; SITJA, em andamento; SOMMER, 2010; SUKSTER, 2005). Por meio deles se tentará identificar os problemas reais e formular o problema de pesquisa. Além disso, fará-se um aprofundamento dos estudos de sistemas de gestão qualidade e produção existentes para a construção civil, assim como das potencialidades da tecnologia BIM e sua possibilidade de integração com controles de produção e qualidade.

b) Fase de desenvolvimento: Foca-se no desenvolvimento do artefato a ser utilizado para a resolução do problema já definido. Para isso, primeiramente se procederá ao entendimento e complemento dos critérios de produção e qualidade a serem avaliados, tendo em conta dados bibliográficos e trabalhos anteriores na mesma linha de pesquisa (Construtos). Também, será feito o refinamento do artefato desenvolvido em trabalhos precedentes (LEÃO, 2014; SITJA, em andamento), tentando implantá-lo dentro do aplicativo comercial que será utilizado para o presente estudo (Modelo e Método). Finalmente, serão executadas coletas no canteiro utilizando o novo artefato proposto, através de estudos empíricos, cujas duração e abrangência serão definidas no decorrer da pesquisa (Instanciação). Nas primeiras semanas, estas coletas

serão feitas simultaneamente nos aplicativos comercial e próprio, mencionados anteriormente.

c) Fase de análise e reflexão: Tem a meta de fazer uma reflexão sobre as limitações da pesquisa, assim como sobre os resultados obtidos. Dessa forma, serão feitas as conexões destes resultados com os objetivos e proposições do trabalho e finalmente uma valoração das oportunidades de continuidade da linha de pesquisa e da contribuição teórica e prática do trabalho.

Figura 1 – Delineamento da pesquisa



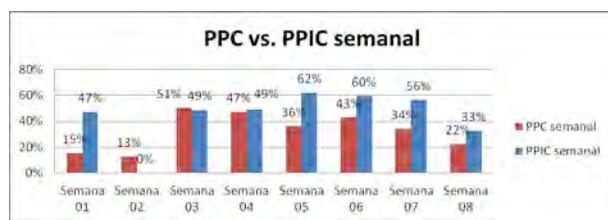
Fonte: Própria

4 RESULTADOS PARCIAIS DA PESQUISA

Até aqui, a pesquisa tem obtido os seguintes resultados:

Criação de bancos de dados mediante coletas diárias feitas com o aplicativo BIM 360 Field ®, Figura 2. Observação: Os bancos de dados foram processados para obter deles, índices como o PPC e PPIC semanal, pacotes com qualidade aprovada, pacotes com ocorrência de *making-do*, e assim por diante.

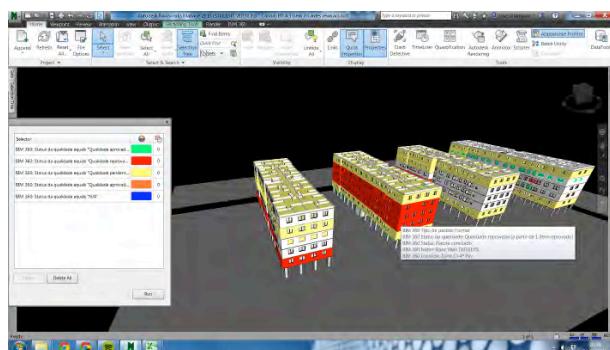
Figura 2 – Índices obtidos a partir de processamento do banco de dados.



Fonte: Própria – BIM 360 Field ® – Microsoft Excel ®

Integração das informações coletadas no aplicativo BIM 360 Field ®, com o modelo BIM do empreendimento avaliado no primeiro estudo empírico. Esta integração foi feita vinculando o aplicativo acima mencionado com o Navisworks Manage ® e o BIM 360 Glue ®, os quais também pertencem a Autodesk ®, Figura 3.

Figura 3 – Resumo do status de qualidade dos pacotes semanais.



Fonte: Própria – Navisworks Manage ®

5 IMPLICAÇÕES DA PESQUISA

As práticas observadas neste primeiro estudo empírico se caracterizam por apresentar controles aleatórios e quase inexistentes do avanço produtivo. Além disto, os controles de qualidade para cada pacote são comumente adiados por várias semanas e feitos de acordo com a necessidade de liberação de mais frentes de trabalho para as equipes com tarefas interdependentes. Isto produz uma grande quantidade de pacotes de trabalho cujo avanço real é desconhecido por parte dos engenheiros encarregados da obra.

Também, notou-se um excesso de retrabalho devido à falta de qualidade mínima dos pacotes concluídos, assim como elevadas quantidades de trabalho em progresso, ocasionado por pacotes com falta de terminalidade derivados da não conclusão deles durante a semana de planejamento ou pela falta de uma coordenação apropriada entre atividades interdependentes.

Consequentemente, como principal contribuição desta primeira etapa, salienta-se que uma integração efetiva das tarefas de controle produtivo e de qualidade em um nível operacional feitas em forma simultânea, tem o potencial de permitir um seguimento do avanço real do planejamento no curto prazo, reduzindo-se assim os retrabalhos por falta de qualidade mínima e a quantidade de atividades com falta de terminalidade geradoras de trabalho em progresso.

Finalmente, o banco de dados gerado a partir das coletas, permitiu a obtenção de informações claras e facilmente processáveis a traves de planilhas eletrônicas. Isto constitui um ponto importante a favor da aplicação de TI na construção, tendo em conta a necessidade de disponibilizar as informações coletadas para os *stakeholders* do processo de planejamento de forma ágil e eficaz.

REFERÊNCIAS

AALTONEN, J.; RINNE, J.; TUIKKALA, I. A Multidisciplinary Framework for Concept Evolution: A Research Tool for Developing Business Models European-Japanese Conference 2007 on Information Modeling and Knowledge. Anais... Tampere, Finland.: 2007 Disponível em: <<http://iceb.nccu.edu.tw/proceedings/2006/defevent/papers/cr1062.pdf>>

BALLARD, G. The Last Planner System of Production Control. Thesis (Ph.D) - School of Civil Engineering: Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n. 1, p. 11-17, jan. 1998.

SIBRAGEC - ELAGEC 2015 – de 7 a 9 de Outubro – SÃO CARLOS – SP

BERNARDES, M. M. E. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CHEN, L.; LUO, H. A BIM-based construction quality management model and its applications. **Automation in Construction**, v. 46, p. 64–73, out. 2014.

CHEN, Y.; KAMARA, J. M. Using mobile computing for construction site information management. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 15, n. 1, p. 7–20, 11 jan. 2008.

FIREMAN, M. **Proposta de método de controle integrado produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por making-do e retrabalho.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

IRIZARRY, J.; GILL, T. Mobile Applications for Information Access on Construction Jobsites. **Computing in Civil Engineering**, p. 176–185, 2009.

KASANEN, A.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. The Constructive Approach in Management Accounting Research. **Journal of Management Accounting Research**, v. 5, n. June 1991, p. 243–264, 1993.

KOSKELA, L. **Making-do - The Eighth Category of Waste.** Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Anais...2004**

KOSKELA, L.; HOWELL, G. **The Underlying Theory of Project Management Is Obsolete.** Proceedings of the PMI Research Conference. **Anais...2002** Disponível em: <http://usir.salford.ac.uk/9400/1/2002_The_underlying_theory_of_project_management_is_obsolete.pdf>

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, dez. 1987.

LEÃO, C. F. **Proposta de Modelo para Controle Integrado da Produção e da Qualidade Utilizando Tecnologia de Informação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LUKKA, K. The Constructive Research Approach. In **Ojala, L. and Hilmola, O-P. (eds.) Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration.**, p. 83–101, 2003.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, dez. 1995.

MORAN, M. S. **Assessing the Benefits of a Field Data Management Tool.** Masters Thesis - Construction Management and Engineering: Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 2012.

NOURBAKHSH, M. et al. **Mobile Application Information Requirement in Construction Industry** Construction Challenges in the New Decade. **Anais...Kuala Lumpur, Malaysia: 2011** Disponível em: <<http://conectech.gatech.edu/Publications/Mehdi.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2014

SIBRAGEC - ELAGEC 2015 – de 7 a 9 de Outubro – **SÃO CARLOS – SP**

NOURBAKSH, M. et al. Mobile application prototype for on-site information management in construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 5, p. 474–494, 31 ago. 2012.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 641–655, ago. 2010.

SITJA, G. **Controle Integrado da Produção e Qualidade com Foco na Redução de Perdas com o auxílio de BIM**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SOMMER, L. **Contribuições para um método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SUKSTER, R. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Trabalho de conclusão – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

TEICHOLZ, P.; GOODRUM, P. M.; HAAS, C. T. U.S. Construction Labor Productivity Trends, 1970–1998. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 127, n. 5, p. 427–429, out. 2001.