



ISBN: 978-85-67169-04-0

SIBRAGEC ELAGEC 2015

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

POTENCIALIDADES DA INTEGRAÇÃO DO BIM AO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES

MACHADO, Fernanda Almeida (1); SIMÕES, Carla Carvalho (2); MOREIRA, Lorena Claudia de Souza (3)

(1) SENAI CIMATEC, 7187120015, e-mail: fernanda.machado@nucleobim.com (2) SENAI CIMATEC, e-mail: carlacs@fieb.org.br, (3) UFBA, e-mail: lorenasm@ufba.br

RESUMO

A indústria da construção tem sido identificada como o principal agente dos impactos ambientais a nível global. Este contexto abrange o consumo de recursos e as emissões de gases de efeito estufa pelos seguimentos da cadeia produtiva. Visando a gestão responsável dessas ações, o objetivo deste artigo é sintetizar e analisar o referencial teórico destacando as oportunidades criadas pela integração entre o *Building Information Modeling* – BIM e o método de Avaliação do Ciclo de Vida – ACV. Trata-se de uma pesquisa exploratória que identifica os benefícios do diálogo entre o BIM e o método de ACV, bem como promove a investigação de aplicações para aperfeiçoamento de processos e direcionamento de futuros estudos. As contribuições geradas contemplaram um quadro-síntese de dificuldades dos procedimentos convencionais da ACV e os pontos efetivos do BIM como agente facilitador, demonstrando potencialidades da integração na gestão sustentável do ambiente construído. As conclusões evidenciam que investimentos devem ser dedicados ao aprimoramento da interoperabilidade entre as ferramentas correlatas e à mudança de cultura. Pode-se observar que a implantação simultânea abordada apresenta grande valia ao estruturar cenários de previsão de impactos através de simulações e análises de modelos virtuais integrados.

Palavras-chave: BIM, Avaliação do Ciclo de Vida, Construções Sustentáveis.

ABSTRACT

The construction industry has been identified as the main agent of environmental impacts at the global level. This context embraces the consumption of resources and the emissions of greenhouse gasses by the segments of the productive chain. Aiming the responsible management of these actions, the objectives of this article is to synthetize and analyzes the theoretical reference highlighting the opportunities created by the integration between the Building Information Modeling – BIM and Life Cycle Assessment - LCA. It is an exploratory research that identifies the benefits concerning BIM and LCA dialog, as well as promotes the investigation of applications for the improvement of processes and direction of future researches. The contributions generated embraced a board related to difficulties of the LCA conventional procedures and the effective points of BIM as the facilitator agent, demonstrating integration potentialities in the sustainable built environmental management. The conclusions show that investments should be dedicated to the improvement of the interoperability between the correlated tools and to the cultural change. It can be observed that the simultaneous implantation approached demonstrates great value structuring scenarios of impacts prediction through simulations and analysis of virtually integrated models.

Keywords: BIM, Life Cycle Assessment, Sustainable Constructions.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado dos núcleos urbanos conduz a situações críticas provocadas por ações antrópicas. As cidades utilizam cerca de mais da metade das fontes mundiais de energia diante de suas construções, atividades, serviços e transportes (MOTTA; AGUILAR, 2009). No âmbito que concerne à construção civil, sua indústria é responsável por sobrecargas ambientais significativas que implicam nas produções de grande volume de resíduos (CBCS *et al.*, 2014) e de mais de um terço das emissões de CO₂ em nível global (PNUD, 2014). Neste contexto, a indústria da construção, reconhecida pelo baixo investimento em pesquisas e desenvolvimento, demanda mudanças no intuito de aprimorar o desempenho de seus processos e alcançar uma abordagem mais sustentável (ANTÓN; DÍAZ, 2014). Este cenário pode ser efetivado mediante evolução de sua cadeia produtiva, a partir da disponibilidade de tecnologias e de novas formas de aplicação (MOTTA; AGUILAR, 2009).

O quadro atual, neste sentido, já identifica uma mudança de paradigma, como a que ocorreu na indústria entre as décadas de 1980 e 1990 com a implantação do projeto assistido por computador, *Computer Aided Design* – CAD. Trata-se da incorporação da modelagem da informação da construção, *Building Information Modeling* – BIM, que desde os anos 2000 está em rápida consolidação (SANTOS 2012). 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 (CRESPO; RUSCHEL, 2007; SANTOS, 2012; EASTMAN *et al.*, 2014).

O referido ciclo de vida da edificação envolve três etapas: (i) pré-operacional, que agrupa a fabricação de materiais, as fases de projeto e atividades de construção; (ii) operacional, relacionada às fases de uso e manutenção; e (iii) pós-operacional, referente a fase de demolição ou desconstrução (SILVA, 2013). Tendo em vista a ocorrência de impactos ambientais em todas as etapas do ciclo, é identificada uma valiosa sinergia entre o BIM e as construções sustentáveis. Isto se deve à característica do BIM de proporcionar uma visão sistêmica e integrada da construção associada à sua capacidade de reduzir custos (melhor gestão da informação), antecipar soluções (maior flexibilidade nas decisões) e promover testes de diversas variáveis nos estágios preliminares de projeto, abrangendo, desta forma, os três pilares da sustentabilidade: econômico, social e ambiental (ANTÓN; DÍAZ, 2014).

Enfatizando o pilar ambiental, a integração do BIM com ferramentas como a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida – ACV deve propiciar um melhor controle e entendimento de diferentes alternativas e resultados que objetivem a redução dos impactos e os benefícios econômicos possivelmente envolvidos (JRADE; ABDULLA, 2012). A ACV foi desenvolvida majoritariamente para a concepção de processos e produtos de baixo impacto ambiental (BRIBÍAN; USÓN; SCARPELLINI, 2009), e cujo peso de sua assimilação nas tomadas de decisão pode contribuir para a promoção da sustentabilidade na indústria da construção (ORTIZ; CASTELLS; SONNEMAN, 2009). Elaborada a partir de meados da década de 1980 e alimentada durante 1990 por normas e diretrizes internacionais (FINNVEDEN *et al.*, 2009), a ACV é considerada uma ferramenta de excelência que consiste na análise de repercussões de um produto, processo ou atividade durante a vida, a partir de um inventário de entradas e saídas de um determinado sistema (SOARES; SOUZA; PEREIRA, 2006).

No campo da construção, a análise da edificação como produto possui particularidades usualmente marcadas por: (i) longo ciclo de vida; (ii) múltiplas funções; (iii) composição definida por uma diversidade de elementos construtivos; (iv) especificidades concebidas que a tornam um produto único (determinado por variáveis como localização, técnicas, materiais e projeto); (v) produção local; e (vi) o envolvimento de grande número de *stakeholders* (incerteza nos procedimentos) (BRIBÍAN; USÓN; SCARPELLINI, 2009; ANTÓN; DÍAZ, 2014). Partindo deste princípio, cresce a necessidade por investigações acerca da integração entre o BIM e a ACV, para levantamento de potencialidades e comprovação da eficiência deste diálogo no processo de projeto, planejamento e gestão da construção, visando à incorporação preliminar de soluções sustentáveis nas tomadas de decisão.

2 METODOLOGIA

Ante o exposto, o presente artigo tem como objetivo a síntese e análise do referencial teórico destacando as oportunidades criadas pela integração entre o BIM e o método de ACV. Sua metodologia é caracterizada como exploratória e seu planejamento é estruturado por dois procedimentos técnicos: o levantamento bibliográfico e a análise de estudos. A coleta de dados para a pesquisa foi efetuada em duas fases, através do Portal de Periódicos da Capes, do Centro de Referência e Informação em Habitação – Infohab e de acervos digitais de universidades brasileiras e estrangeiras. Inicialmente com a busca pelos termos BIM, ACV e LCA¹, e posteriormente com seu refinamento considerando aplicações práticas da integração na etapa pré-operacional do ciclo de vida da edificação, do período de 2009 a 2014. O recorte contemplou essa etapa devido à culpabilidade direta e única da indústria na geração dos impactos (consumo de recursos e emissão de poluentes) logo nos processos preliminares de produção (SILVA, 2013). A abordagem neste enfoque abrangeu: (i) os procedimentos metodológicos da ACV; (ii) a contribuição do BIM para otimização dos procedimentos da ACV; e (iii) os benefícios da integração para qualificar o processo de projeto, planejamento e gestão de construções sustentáveis. Definiu-se, então o Quadro 1 como instrumento de apresentação das dificuldades presentes nos procedimentos da ACV, e as Figuras 1 e 2 para ênfase dos pontos de integração. Ambos os produtos foram passíveis de análise para definição de vantagens e desvantagens, e detecção de lacunas para aprimoramento dos processos e direcionamento de futuras pesquisas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os impactos provocados pela indústria da construção, em especial os correspondentes às mudanças climáticas, requerem avanços consideráveis na tecnologia, controle e monitoramento das atividades realizadas. Estes impactos podem ser identificados, quantificados e avaliados pela ACV em cada fase do ciclo de vida da edificação. Os procedimentos para tanto, são fundamentados nos princípios, requisitos e estrutura-geral recomendados pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. A NBR ISO 14040 (2009) estabelece que a ACV deva compreender como fases: (i) a definição de objetivo e escopo; (ii) a análise do inventário do ciclo de vida (ICV); (iii) a avaliação dos impactos do ICV (AICV); e (iv) a interpretação dos resultados. As abordagens da ACV podem possuir diferentes formas de análise de um produto, ou atividades, e variam entre si em termos de complexidade.

¹ LCA ou *Life Cycle Assessment* é a terminologia inglesa para o método de Avaliação do Ciclo de Vida.

Abordagens mais extensas como a *cradle-to-grave* (do berço ao túmulo) desenvolvem o levantamento detalhado de todas as etapas do ciclo de vida avaliado. Entre as mais simplificadas está a Análise do Ciclo de Vida Energético – ACVE, que prioriza a eficiência energética e a medição de emissões de CO₂ a partir do consumo energético (TAVARES, 2006). Isto é relevante no momento de aplicação de uma ACV no âmbito da construção civil, devido às particularidades atribuídas à edificação como produto. Essas particulares afetam os procedimentos usuais da metodologia, e criam barreiras significativas a serem enfrentadas pelos especialistas. Considerando os trabalhos de [1] Tavares (2006), [2] Soares, Souza e Pereira (2006), [3] Miyazato e Oliveira (2009), [4] Jrade e Abdulla (2012), [5] Silva (2013) e [6] Antón e Diaz (2014), foi estruturado o Quadro 1, para evidenciar as fases e procedimentos em que foram identificadas as principais dificuldades no contexto da edificação. Segundo os autores, a falta de profissionais capacitados na realização da ACV já se trata de um fator limitador.

Quadro 1 – Dificuldades identificadas da ACV aplicada à construção civil (cont...)

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL			
FASE	PROCEDIMENTOS	DIFÍCULDADES IDENTIFICADAS	
ICV	Definição e Escopo	Delimitação do objeto de análise para simplificação do método	A complexidade e as variáveis inerentes ao ciclo de vida da edificação exigem atenção especial à delimitação do objeto. Caso seja falha, os resultados encontrados podem ser inconclusivos [1] [3] [5].
		Determinação da unidade funcional que melhor corresponde à realidade	Em geral, a unidade funcional é atribuída às utilizadas nos departamentos de suprimentos das construtoras, e normalmente não possuem um padrão definido, sendo suscetível a variações [5].
		Levantamento dos Insumos	É necessário efetuar a composição dos materiais primários dos elementos construtivos para realização do levantamento [1] [5].
		Padronização dos cálculos dos fatores de emissão e consumo	É reduzida a disponibilidade de dados dos estágios de fabricação e transporte dos materiais de construção para alimentação do inventário [1] [2] [3] [5] [6]. O uso de dados de referências distintas ou experiências internacionais afetam a precisão e fidelidade dos resultados encontrados, diante do tipo de processo, matriz energética, e transportes considerados (entre outras variáveis) [1] [5].
			A falta de divulgação dos memoriais de cálculos dos inventários dificulta o aproveitamento destes em aplicações futuras. O fato de algum memorial negligenciar etapas específicas de um processo (uma particularidade da fabricação de um material, por exemplo), reproduz dados que podem divergir de outro memorial no mesmo contexto [1] [5].
		Quantificação dos insumos de um projeto ou construção	Os materiais de construção são constituídos por uma grande variedade de diferentes elementos, cada um com suas próprias características, atribuindo particularidades aos processos pertencentes a cada um deles [1] [2] [6].
			É realizada a partir do orçamento da obra ou de forma manual a partir de representações em 2D ou 3D não parametrizadas. Procedimento passível de erros, que gera retrabalho e retarda a análise [4] [5] [6].

AICV	Exportação dos dados do ICV	Dados inseridos, de forma manual, em planilha eletrônica previamente estruturada para avaliação dos impactos correspondentes. Procedimento passível de erros, que gera retrabalho e retarda a avaliação [4] [6].
------	-----------------------------	--

Quadro 1 – Dificuldades identificadas da ACV aplicada à construção civil (final)

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL		
FASE	PROCEDIMENTOS	DIFÍCULDADES IDENTIFICADAS
AICV	Avaliação dos dados	As metodologias aplicadas não são padronizadas e provocam divergências [5].
Interpretação dos Resultados	Visualização da tomada de decisão no projeto	A interpretação dos resultados é desvinculada dos desdobramentos da tomada de decisão no projeto [6].

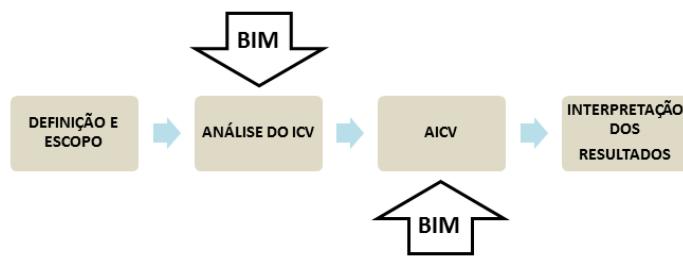
Fonte: A partir de Tavares (2006), Soares, Souza e Pereira (2006), Miyazato e Oliveira (2009), Jrade e Abdulla (2012), Silva (2013) e Antón e Diaz (2014).

Ante o quadro apresentado, é detectada a demanda por meios que facilitem a quantificação de materiais de acordo com a unidade funcional estabelecida, a exportação automatizada de dados para produção de documentação e a visualização integrada dos impactos ambientais mensurados. É pertinente enfatizar que a qualidade dos resultados encontrados depende dos dados utilizados no processo de avaliação (SOARES; SOUZA; PEREIRA, 2006), o que implica em maior responsabilidade por parte da indústria da construção civil no gerenciamento, controle e padronização de processos, e requer reformulações que influenciem na redução de seu perfil informal.

O fato de a ACV não ser associada a qualquer possibilidade integrada da simulação com a visualização do projeto, demonstra que há um hiato entre as resoluções de menor impacto ambiental, custo e a própria arquitetura. A ausência de diálogo, entre estas variáveis, cria lacunas que devem ser preenchidas para maior consistência no incentivo e convencimento às empresas em relação ao projeto e planejamento de construções sustentáveis. É fundamental o desenvolvimento e utilização de ferramentas que propiciem a geração de hipóteses de adequação ambiental associadas à qualidade, desempenho e valores estimados da edificação. Os esforços concentrados na fase de projeto são essenciais para viabilizar as experimentações e prevenir possíveis erros e omissões. Ademais, os estágios preliminares conseguem influenciar mais na tomada de decisões, já que na fase de construção as escolhas perdem a flexibilidade e limitam alterações para evitar prejuízos. Neste contexto, o BIM se apresenta como agente facilitador e catalisador dos estudos de ACV, atenuando as dificuldades identificadas e acelerando as resoluções inerentes em respeito às diretrizes sustentáveis.

A partir de [1] Wang, Shen e Barryman (2011) [2] Graf *et al.* (2012), [3] Grann (2012), [4] Jrade e Abdulla (2012) e [5] Marcos (2013), analisou-se a contribuição do BIM integrado às fases que demandam renovação nos procedimentos convencionais da ACV, em contraposição às dificuldades apresentadas no Quadro 1. A Figura 1 define em quais etapas os procedimentos da ACV incorporada ao BIM se tornam mais eficazes.

Figura 1 – Fases da Incorporação do BIM na ACV

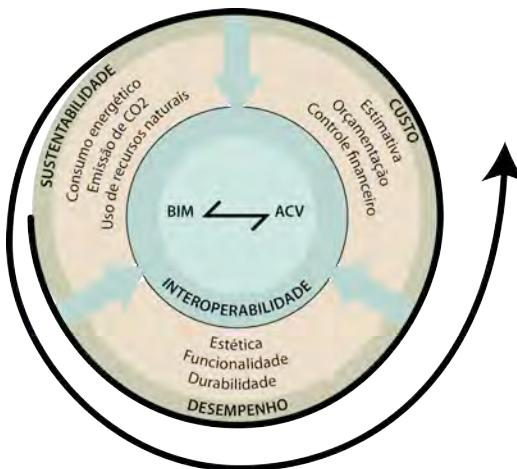


Fonte: Elaboração dos autores

A princípio é relevante destacar que o uso do BIM só é possível caso a definição e escopo do objeto a ser avaliado esteja bem delineado e seu inventário do ciclo de vida completo e disponível. Nos estudos, a Análise do ICV foi otimizada diante da preparação do banco de dados para estruturação de planilhas vinculadas [2] [4] [5], da inserção de parâmetros para correlação de cada componente construtivo com seu fator de consumo e emissão [2] [5] e da quantificação automatizada dos insumos do protótipo [1] [2] [3] [4] [5]. Na AICV, vantagens foram identificadas na extração automatizada dos dados [1] [2] [3] [4] [5], nas simulações de variáveis com visualização integrada [1] [2] e nas análises efetuadas no próprio modelo [1] [2]. Portanto, pode-se observar que a integração da ACV ao BIM garante a otimização de seus procedimentos, situação que impacta em uma eventual implantação da seguinte forma: (i) através da redução do retrabalho característico das ações convencionais da ACV, devido à eliminação das repetidas inserções de dados diante da automatização e parametrização do sistema; (ii) através do aumento da capacidade de simulações diretamente vinculadas ao projeto, permitindo uma gama maior de testes que contemplem a sustentabilidade dos materiais especificados; (iii) através desta variedade de testes que conduz a avaliações ambientais mais consistentes e eficientes; (iv) através da potencialização das etapas de estudo preliminar e anteprojeto as quais as alterações radicais são mais viáveis; (v) através do uso de um modelo digital único, no qual todos os agentes envolvidos no processo possuem a capacidade de acessar as informações.

Reforçando os aspectos pontuados, Crespo e Ruschel (2007), Santos (2012) e Eastman *et al.* (2014) abordaram como as interfaces automatizadas permitem o estabelecimento do fluxo de trabalho colaborativo, favorecendo a multidisciplinaridade e evitando as fragmentações na indústria. A Figura 2 destaca as principais variáveis deste diálogo, contemplando os aspectos socioeconômicos e ambientais do processo integrado.

Figura 2 – Pontos-chave do diálogo BIM x ACV



Fonte: Elaboração dos autores

Considerando o fluxo contínuo de dados e o envolvimento de diversos profissionais, é natural que a interoperabilidade esteja bem definida entre as ferramentas ACV e BIM, de forma a garantir a retroalimentação das informações para maior gama de simulações. Entretanto, as ferramentas disponíveis ainda não são inteiramente interoperáveis, quadro que torna a integração abordada um desafio. O trânsito eficaz das informações permite ao usuário avaliar três ou mais eixos relevantes em um projeto de edificação sustentável: (i) a etapa pré-operacional do ciclo de vida, que com o BIM é possível realizar os levantamentos quantitativos dos fatores considerados de forma automatizada; (ii) questões técnicas de desempenho, como estética, funcionalidade e durabilidade dos materiais e elementos contemplados no projeto; (iii) custo estimado dos materiais escolhidos. Desta forma, o diálogo abordado viabiliza o controle quantitativo e qualitativo das escolhas referentes à edificação, através do próprio modelo de construção virtual e integrado, e oferece a capacidade de pesar e testar parâmetros. É um cenário que conduz a uma revisão de conceitos sobre a relação entre os ambientes natural e construído, diante do acesso à informação ainda nos estágios preliminares de projeto e à manipulação consistente da edificação em ambiente virtual. Além da interoperabilidade para aprimoramento da integração, a prática de simulações ambientais em nível experimental é um desafio significativo para sua efetivação, já que está relacionado à mudança de cultura na cadeia produtiva da construção. Tanto a ACV, pouco aplicada por falta de conhecimento ou de especialistas, quanto o BIM, representam inovações nos processos de concepção e desenvolvimento da edificação e provocam, em um primeiro momento, um alto grau de resistência às suas implantações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo destacou as oportunidades criadas pela integração entre o BIM e o método de ACV. Esta integração abre possibilidade para uma série de desdobramentos nas etapas de projeto e planejamento de construções sustentáveis, já que ambos atuam de forma inovadora na cadeia produtiva da construção civil. A inovação demanda que haja mudança de cultura nos procedimentos convencionais e absorção de novos parâmetros de trabalho, devido à inserção da sustentabilidade em uma interface automatizada com banco de dados consistente, integrado e único. O BIM, desta forma, apresenta potencial para contribuir diretamente na redução dos impactos promovidos

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

pela indústria, através da elaboração de modelos facilitadores do fluxo de informações, geração de documentações, promoção de simulações e análises preliminares. A visão sistêmica propiciada pela integração colabora na antecipação da tomada de decisões e reflete nos campos socioeconômico e ambiental, favorecendo a etapa pré-operacional do ciclo de vida da edificação. Neste âmbito, as ferramentas devem ser interoperáveis para auxílio às fases de análise do inventário do ciclo de vida e avaliação dos impactos.

REFERÊNCIAS

- ANTÓN, L. A.; DÍAZ, J. Integration of LCA and BIM for Sustainable Construction. World Academy of Science, Engineering and Technology, **International Journal of Social, Management, Economics and Business Engineering**, v.8, n.5, p.1356-1360, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura.** Rio de Janeiro, 2009.
- BRIBIÁN, I. Z.; USÓN, A. A.; SCARPELLINI, S. Life Cycle Assessment in Buildings: state-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. **Building and Environment**, v. 44, n. 12, p. 2510-2520, 2009.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS) *et al.* Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas: Subsídios para a Promoção da Construção Civil Sustentável. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2014/11/estudo-tecnico-analisa-a-sustentabilidade-na-construcao-civil>>. Acesso: jan. 2015.
- CRESPO, C. C., RUSCHEL, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007. p. 1-9.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção.** Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.
- FINNVEDEN, G. *et al.* 2009. Recent developments in life cycle assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n.1, p. 1-21, 2009.
- 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, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** 2012. v.1. p. 3571-3577.
- GRANN, B. **A Building Information Modeling (BIM) based lifecycle assessment of a university hospital building built to passive house standards.** 2012. 112 f. Dissertação (Master in Industrial Ecology) - Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2012.
- JRADE, A.; ABDULLA, R. Integrating Building Information Modeling and Life Cycle Assessment tools to design sustainable buildings. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF CIB, 29., out. 2012, Beirut, Lebanon. **Proceedings...** Beirut, 2012.
- MARCOS, M. H. C. ; TAVARES, Sergio. Análise de Impactos Ambientais, na fase pré operacional da edificação, em habitações de interesse social, utilizando ferramenta CAD BIM. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2013. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2013. v. 1. p. 1-9.
- MIYAZATO, T. ; OLIVEIRA, C. T. A. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): aplicações e limitações no setor da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, V, III, 2009, Recife. **Anais...** Recife: ANTAC, 2009.

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

MOTTA, S. AGUILAR, M. T. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. v.4, n.1, maio 2009.

ORTIZ, O.; CASTELLS, F.; SONNEMANN, G. Sustainability in the Construction Industry: a review of recent developments based on LCA. **Construction and Building Materials**, v. 23, n. 1, p. 28-39, 2009.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: Garantir a Sustentabilidade Ambiental. 2014. Disponível em: <www.pnud.org.br/ODM7.aspx>. Acesso em: jan. 2015.

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. Brasília: Faculdade de Tecnologia da UNB, 2012. p. 25-62.

SILVA, B. V. da. **Construção de ferramenta para avaliação do ciclo de vida de edificações**. 2013. 145f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SOARES, S. R., SOUZA, D. M. de, PEREIRA, S. W. A avaliação do Ciclo de Vida no Contexto da Construção Civil. In: SATTLER, M. A., PEREIRA, F. A. R. **Construção e Meio Ambiente**. v.7. Habitare. Porto Alegre, 2006.

TAVARES, S. F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. 2006. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

WANG, E.; SHEN, Z.; BARRYMAN, C. A Building LCA Case Study Using Autodesk Ecotect and BIM Model. In: ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, 47., jan. 2011, Nebraska, Lincoln. **Proceedings...** Nebraska, 2011.