



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 SUSTENTÁVEL¹

MASS, Bárbara Holzmann (1); SCHEER, Sérgio (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, extraíndo-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.

¹MASS, 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 quantidade 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 Brasileiro 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 Brasileiro 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.