2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

TENDÊNCIAS DE UTILIZAÇÃO DO BIM AO ATENDIMENTO DE REQUISITOS SUSTENTÁVEIS NO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO[1]

BORGES, Rodrigo Magalhães Siqueira (1); VIEIRA, Bianca Maria Pacheco (2); BARROS NETO, José De Paula (3)

(1) Universidade Federal do Ceará, rodmsb@gmail.com
(2) Universidade Federal do Ceará, biancampvieira@gmail.com
(3) Universidade Federal do Ceará, barrosneto@gercon.ufc.br

RESUMO

O Building Information Modeling (BIM) é um processo que integra e gerencia todas as informações ao longo do ciclo de vida da construção, desde a etapa de projetos até a etapa de desconstrução. Através de uma Revisão Sistemática da Literatura, o presente estudo busca responder como o BIM pode colaborar com a sustentabilidade ao longo do ciclo de vida da edificação e quais suas principais tendências aplicação. Diversos assuntos foram estudados, entre eles: eficiência energética, gestão de resíduos, projeto de fachadas, etc. Como resultado, notou-se através dos artigos analisados grande potencial de aplicação do BIM relacionado à sustentabilidade em todo o ciclo de vida da edificação.

Palavras-chave: *BIM, Sustentabilidade, Ciclo de vida da edificação, Revisão da literatura.*

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a process that integrates and manages all of construction information throughout construction life cycle, from the design stage to the deconstruction stage. Through a Systematic Literature Review, the present study seeks to answer how BIM can collaborate with sustainability throughout building's life cycle and what are its main application trends. Several subjects were studied, among them: energy efficiency, waste management, façade design, etc. As a result, from the analyzed papers, it was perceived a great potential for BIM application related to sustainability throughout building's life cycle.

Keywords*: BIM, Sustainability, Building life cycle, Literature review.*

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que a construção civil utilize em torno de 20% a 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (SJÖSTRÖM, 1992). A preocupação global com as alterações climáticas e a busca pela sustentabilidade levou à elaboração de projetos que visem construções energeticamente eficientes, de baixo carbono e ambientalmente amigáveis (EDWARDS et al., 2019).

[1] BORGES, Rodrigo Magalhães Siqueira; VIEIRA, Bianca Maria Pacheco; BARROS NETO, José De Paula. Tendências de utilização do BIM ao atendimento de requisitos sustentáveis no ciclo de vida da edificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

Mesaros et al. (2018) comentam que atualmente a tendência na área de construção é a busca por melhorias em tecnologia, com o objetivo de otimizar o tempo de construção e aprimorar a qualidade do produto, do ambiente e da sociedade. Entre as principais tecnologias utilizadas está o *Building Information Modeling* (BIM), o qual funciona como potencial auxiliador ao atendimento de requisitos de sustentabilidade ao longo do ciclo de vida da edificação (HAMIDI et al., 2014).

Tendo em vista os problemas relacionados à ampla degradação ambiental, bem como a necessidade de desenvolver projetos cada vez mais sustentáveis, o BIM pode se tornar um importante auxiliador do processo, ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. Dessa forma, o presente artigo propõe desenvolver uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de buscar entender de que forma o BIM pode contribuir para a sustentabilidade na construção ao verificar como vem sendo utilizado ao longo das fases do ciclo de vida de uma edificação.

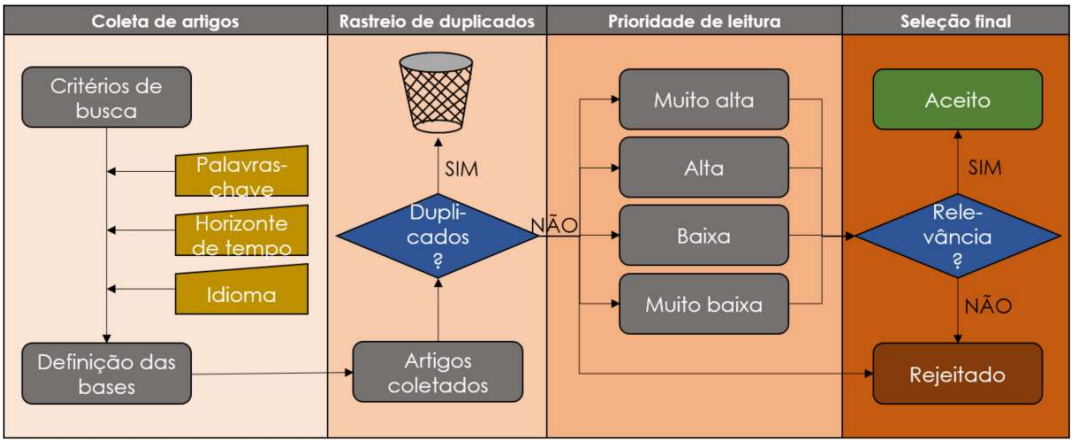
2 SUSTENTABILIDADE E BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Entre todos os setores existentes, o da Construção Civil proporciona grandes impactos no meio ambiente, afetando o clima global por usar uma considerável quantidade de recursos, materiais e energia, e contribuir para grande parcela das emissões de carbono (EDWARDS et al., 2019). Segundo o relatório da ONU em 2010, o movimento ambiental iniciou como uma resposta à industrialização, a qual buscava produzir em massa, sem considerar desperdícios inerentes. Dessa forma, surgiu o conceito de sustentabilidade na construção civil, a qual corresponde ao provimento de construções que usam menos material e energia virgens, além de produzirem menos poluentes e gerarem menos resíduos (ZIMMERMANN et al., 2005; SZOKOLAY, 2004).

Para auxiliar o desenvolvimento de construções mais sustentáveis, o BIM surgiu como uma tecnologia que permite gerenciar um modelo de construção em todo o seu ciclo de vida, melhorando questões de planejamento, controle, produtividade e gestão de resíduos de construção e demolição (KRYGIEL; NIE, 2008; HAMIDI et al., 2014). Muller et al. (2019) comentam que o BIM permite que usuários adicionem propriedades relacionadas à sustentabilidade aos objetos do projeto e, em seguida, desenvolvam uma análise em relação a vários aspectos relacionados à sustentabilidade, como emissões de carbono, qualidade da água, iluminação, etc.

3 METODOLOGIA

Figura 1 – Metodologia da pesquisa



Fonte: O Autor (2020)

A metodologia da RSL, apresentada na Figura 1, é composta por quatro etapas: Coleta de artigos; Rastreio de artigos duplicados; Prioridade de leitura dos artigos inicialmente selecionados; e seleção final dos artigos para apresentação no trabalho.

Na primeira etapa, inicialmente se estabeleceu alguns critérios de busca para a pesquisa, entre eles a definição das palavras-chave, do horizonte de tempo e do idioma. Entre as palavras-chave, escolheu-se: *Building Information Modeling*, BIM, *Construction*, *Sustainability*, *Lifecycle* e *Green*, todas ligadas pelo operador "AND", com o intuito de refinar a filtragem dos artigos buscados. Como horizonte de tempo das buscas, optou-se por escolher publicações mais recentes, ou seja, realizadas após o ano de 2013. Como idioma, escolheu-se o inglês, por ser uma linguagem universal e comum a revistas, jornais e congressos de maior renome da área. Deve-se atentar à importância de também se definir uma questão de pesquisa, com o intuito de melhor compreender a problemática da pesquisa. Sendo assim, a questão a ser respondida é: "Como o BIM pode contribuir para a sustentabilidade no ciclo de vida de uma edificação?". Ainda na primeira etapa, definiu-se as bases em que foram buscados os artigos, entre elas: *Scopus*, *Science Direct* e *Engineering Village*. A escolha das respectivas bases é justificada por se tratarem de bases de grande relevância ao meio científico e por conterem um alto volume de publicações.

Após finalizar a primeira etapa, iniciou-se o rastreio dos artigos duplicados. Para isso, com o auxílio do software StArt, pôde-se identificar as publicações que estavam presentes em mais de uma base diferente, com o intuito de excluir da seleção os artigos repetidos. Optou-se por utilizar tal Software por possibilitar um melhor gerenciamento das referências, contribuindo para uma maior organização do processo de seleção dos artigos.

Após a finalização da etapa de rastreio dos duplicados, realizou-se a primeira filtragem dos artigos, analisando os títulos e os resumos (*abstract*) dos mesmos para o estabelecimento da prioridade de leitura dos artigos em sua forma completa (*full paper*). Como critérios para escolha dos artigos, optou-se preferencialmente por publicações em revistas ou jornais; artigos preferencialmente publicados nos últimos três anos (a partir de 2017); publicações voltadas a alguma fase do ciclo de vida da edificação; e estudos de caso ou revisões de literatura que têm como foco o uso do BIM em questões de sustentabilidade, quer seja utilizando métodos qualitativos ou quantitativos. Como critérios de rejeite dos artigos encontrados, optou-se por excluir da lista: publicações antigas, ou seja, anteriores ao ano de 2013; artigos que não abordam alguma das fases do ciclo de vida da edificação; artigos que utilizam o BIM de maneira bastante superficial voltados a aspectos de sustentabilidade; e publicações com assuntos diferentes de sustentabilidade. Após a identificação dos critérios, os artigos que continham 4 critérios de prioridade de leitura foram selecionados como "prioridade muito alta" para leitura; os artigos que continham 3 critérios foram selecionados como "prioridade alta"; os que tinham 2 critérios foram selecionados como "prioridade baixa"; e os que continham um único critério foram selecionados como "prioridade muito baixa". Os artigos que não tinham nenhum critério de "prioridade de leitura" ou que apresentavam algum dos critérios de rejeite comentados, foram rejeitados da lista de leitura. É importante perceber que, o estabelecimento das pontuações é um critério pessoal, sendo assim, ao simular cenários com o estabelecimento de diferentes pontuações para cada seção do artigo, a comentada foi a que apresentou maior afinidade ao atendimento dos objetivos da pesquisa.

Finalmente, quanto à última etapa da metodologia, realizou-se uma segunda filtragem dos artigos ao serem lidas as versões completas dos mesmos. Após a leitura,

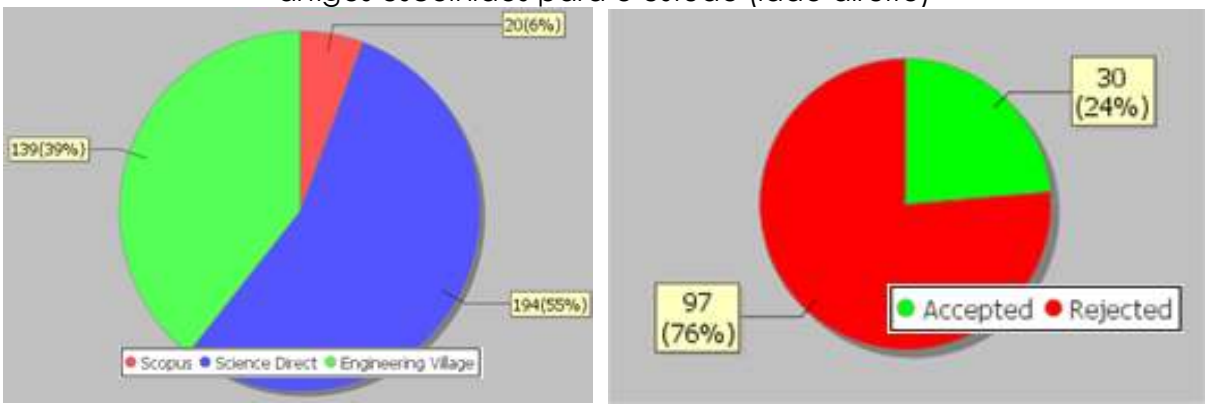
analisou-se se o determinado artigo seria ou não relevante para a pesquisa. Para essa avaliação, caso o artigo apresentasse características e conteúdos afins aos objetivos da pesquisa, o mesmo era então aceito para ser comentado no trabalho. No entanto, caso o artigo não apresentasse relevância significativa ao atendimento dos objetivos da pesquisa, o mesmo então era rejeitado da seleção.

4 RESULTADOS

4.1 Seleção de artigos

A busca inicial dos artigos, nas bases de dados referidas, retornou 353 artigos, como mostra a Figura 2 (lado esquerdo). Ao excluir os artigos duplicados da lista de seleção e realizar a primeira filtragem, foram selecionados 127 artigos para leitura completa. Na segunda filtragem, apenas 30 artigos foram selecionados (Figura 2, lado direito) por apresentar características relevantes ao atingimento do objetivo da pesquisa.

Figura 2 – Total de artigos encontrados nas bases de dados (lado esquerdo) e artigos escolhidos para o estudo (lado direito)

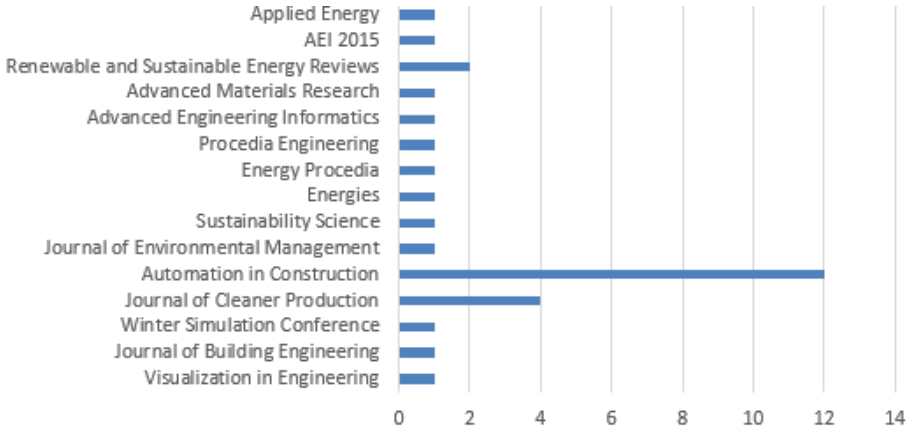


Fonte: Os Autores (2020)

4.2 Caracterização dos estudos

Dentre os 30 artigos selecionados, a Figura 3, mostra sua distribuição em relação ao periódico de origem. Observa-se a revista *Automation in Construction* é a que mais se destaca, com aproximadamente 40% do total de artigos encontrados.

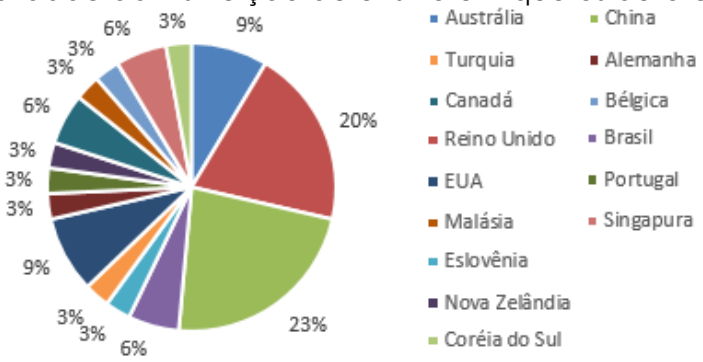
Figura 3 – Revistas, Jornais e Congressos onde os artigos foram publicados



Fonte: Os Autores (2020)

Quanto à distribuição dos artigos em relação à localidade da instituição de ensino em que os autores integram, China e Reino Unido mais se destacam (Figura 4).

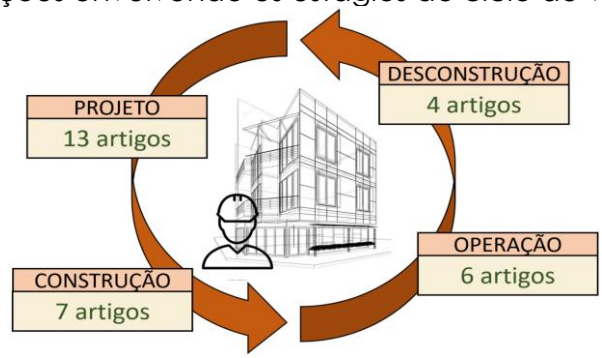
Figura 4 – Localidade da instituição de ensino em que os autores integram



Fonte: Os Autores (2020)

Ao longo da pesquisa, percebeu-se que o BIM foi utilizado em diversas fases do ciclo de vida da edificação, desde a etapa de projetos até a de demolição. A Figura 5 classifica os estudos quanto à fase correspondente ao ciclo de vida da edificação.

Figura 5 – Publicações envolvendo os estágios do ciclo de vida da edificação



Fonte: Os Autores (2020)

Na fase de "Projeto", foram identificados estudos envolvendo:

a) Sistemas construtivos

   Oti et al. (2016) utilizaram o BIM para avaliar aspectos de sustentabilidade de soluções estruturais metálicas. Entre os aspectos sustentáveis analisados, estão: pegada de carbono e pegada ecológica. Como contribuição, o trabalho propõe auxiliar engenheiros estruturais para a avaliação da sustentabilidade de seus projetos estruturais.

b) Gestão de resíduos

   Lu et al. (2017) e Zhang e Chen (2015) comentam sobre diversos sistemas que integram o BIM a algoritmos computacionais para calcular automaticamente a quantidade resíduos que podem ser gerados em diversas soluções de projetos, auxiliando projetistas no processo de tomada de decisão em relação a projetos mais sustentáveis.

c) Sistema de análise de critérios sustentáveis

   Na literatura, o BIM comumente é utilizado para verificação de regras de sustentabilidade de forma orientada ao sistema de classificação LEED (ZHANG; CHEN, 2015) ou BEAM Plus (WONG; KUAN, 2014). Como resultado dos estudos,

pôde-se avaliar que o BIM é muito útil por atualizar automaticamente as informações na análise dos critérios dos Sistemas, utilizando menos recursos ao se comparar com métodos tradicionais de análise (WONG; KUAN, 2014).

d) Projeto de fachadas

Crosbie, Dawook e Dean (2010) comentam sobre a aplicação do BIM voltada ao uso de fachadas ventiladas. Jiang e Lei (2014), através de um estudo de caso em um centro musical, utilizaram o BIM para análise de eficiência energética na etapa de projeto, considerando diferentes layouts e sistemas construtivos. Simulações foram realizadas para avaliar o desempenho energético e outros aspectos sustentáveis de dois tipos de sistemas de fachadas envidraçadas.

Na fase de "Construção", foram identificados estudos envolvendo:

a) Canteiros sustentáveis

Tibaut e Zazula (2018) propuseram um estudo que utiliza câmeras para a coleta de dados do canteiro e transmissão automática dos dados coletados (*big data*) a um modelo BIM em 4D. Os potenciais benefícios identificados pelos autores em relação a aspectos sustentáveis, foram: medição da poluição do ar (poeira e fumaça), do ruído no canteiro de obras e o monitoramento de resíduos, com o objetivo de estimar o volume de resíduos gerados e facilitar a gestão desses resíduos.

Na fase de "Operação", foram identificados estudos envolvendo:

a) Eficiência energética

Ghaffarianhoseini et al. (2017) sugeriram a implementação de um Sistema Integrado de Gerenciamento de Edifícios baseado em Conhecimentos de Aplicativos BIM (BIM-IKBMS) para automatizar a obtenção de dados que auxiliem na análise da eficiência energética de edificações. Ronzino et al. (2015) comentam que o BIM pode ser integrado a tecnologias GIS e IoT para simular e gerenciar o comportamento energético de edificações, como no monitoramento em tempo real para prever o consumo de energia elétrica.

b) Eficiência hídrica

Segundo Iddon e Firth (2013), o aquecimento da água influencia significativamente no consumo de energia. Portanto, ao limitar a água utilizada, o consumo de energia também é reduzido. Para limitar o consumo, a utilização do BIM pode ser integrada a sensores para medir parâmetros de controle, como uso da água, gás e eletricidade (GÖKÇE; GÖKÇE, 2014).

Na fase de "Desconstrução", foram identificados estudos envolvendo:

a) Materiais e recursos

Akanbi et al. (2019) afirmam que com o auxílio do BIM, pode-se identificar curvas de recuperabilidade de materiais utilizados em edificações. Os autores perceberam que edifícios estruturados em aço são mais favoráveis para a desmontagem ou desconstrução, bem como para reutilização dos componentes, quando comparados a estruturas de madeira ou de concreto.

b) Gestão de resíduos

Ge et al. (2017) e Cheng e Ma (2013) comentam que modelos BIM possibilitam estimar o volume de resíduos recicláveis e não-recicláveis de construção,

podendo assim, auxiliar no planejamento da etapa de demolição e na tomada de decisões de gerenciamento de resíduos.

5 CONCLUSÕES

Nota-se que revisão da literatura apresentada contribuiu para identificar potenciais aplicações envolvendo BIM, sustentabilidade e ciclo de vida da edificação. Apesar de Edwards et al. (2019) comentarem que o BIM ainda é pouco utilizado para gerenciar requisitos de sustentabilidade, o trabalho indica sua crescente utilização voltada a questões sustentabilidade, demonstrando ser uma tendência de pesquisa nos próximos anos.

Ao longo dos resultados apresentados no artigo, percebeu-se que diversas são as aplicações do BIM ao longo do ciclo de vida da edificação, desde a etapa de projetos até a etapa de desconstrução. Dentre essas etapas, a de "Projeto" foi a que apresentou uma maior quantidade de aplicações. Dentre tais aplicações, notou-se grande quantidade delas voltadas a sistemas de análise de critérios sustentáveis, os quais visam atender a requisitos de sustentabilidade estabelecidos na concepção de empreendimentos. Nota-se também grande atenção de pesquisadores em relação aos resíduos gerados pela construção civil, como fora identificadas aplicações nas etapas de "Projeto" e "Desconstrução", no entanto, enquanto na primeira é buscado desenvolver projetos que gerem menor quantidade de resíduos, na segunda é buscado identificar os resíduos que podem ser reaproveitados de construções que não estão mais em operação.

REFERÊNCIAS

AKANBI, Lukman A.; OYEDELE, Lukumon O.; OMOTESO, Kamil; BILAL, Muhammad; AKINADE, Olugbenga O.; AJAYI, Anuoluwapo O.; DAVILA DELGADO, Juan Manuel; OWOLABI, Hakeem A. Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. **Journal of Cleaner Production**. Bristol, p. 386-396, mar. 2019.

CHENG, Jack C. P.; MA, Lauren Y. H. A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. **Waste Management**, v. 33, n. 6, p. 1539-1551, jun. 2013. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.001.

CROSBIE, Tracey; DAWOOD, Nashwan; DEAN, John. Energy profiling in the life-cycle assessment of buildings. **Management Of Environmental Quality**, v. 21, n. 1, p. 20-31, 5 jan. 2010. Emerald. http://dx.doi.org/10.1108/14777831011010838.

EDWARDS, R. E.; LOU, E.; BATAW, A.; KAMARUZZAMAN, S. N.; JOHNSON, C. Sustainability-led design: Feasibility of incorporating whole-life cycle energy assessment into BIM for refurbishment projects. **Journal of Building Engineering**. v. 10, n. 1, p. 1-16, 2019.

GE, Xin Janet; LIVESEY, Peter; WANG, Jun; HUANG, Shoudong; HE, Xiangjian; ZHANG, Chengqi. Deconstruction waste management through 3d reconstruction and bim: a case study. **Visualization In Engineering**, v. 5, n. 1, p. 1-15, 14 jul. 2017. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1186/s40327-017-0050-5.

GHAFFARIANHOSEINI, Ali; ZHANG, Tongrui; NWADIGO, Okechukwu; GHAFFARIANHOSEINI, Amirhosein; NAISMITH, Nicola; TOOKEY, John; RAAHEMIFAR, Kaamran. Application of nD BIM Integrated Knowledge-based Building Management System (BIM-IKBMS) for inspecting post-construction energy efficiency. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p. 935-949, maio 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.061.

GÖKÇE, H. Ufuk; GÖKÇE, K. Umut. Multi dimensional energy monitoring, analysis and optimization system for energy efficient building operations. **Sustainable Cities And Society**, v. 10, p. 161-173, fev. 2014. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2013.08.004.

HAMIDI, B.; BULBUL, T.; PEARCE, A.; THABET, W. **Potential application of BIM in cost-benefit analysis of demolition waste management**. Constrution Research Congress. p. 279-288, 2014.

IDDON, C. R.; FIRTH, S. K. Embodied and operational energy for new-build housing: A case study of construction methods in the UK. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 67, p. 479-488, dez. 2013.

JIANG, Shen; LEI, Wang. The Application of BIM in Green Building Energy Saving: Take Helsinki Music Center as an Example. **Advanced Materials Research**, v. 935, p. 3-7, maio 2014. Trans Tech Publications, Ltd. http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.935.3.

KRYGIEL, E.; NIES, B. Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. **Wiley**. Indianapolis: 2008, 1 ed. 268 p.

LU, Weisheng; WEBSTER, Chris; CHEN, Ke; ZHANG, Xiaoling; CHEN, Xi. Computational Building Information Modelling for construction waste management: Moving from rhetoric to reality. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 587-595, fev. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.029.

MESAROS, P.; MANDICAK, T.; BEHUN, M.; SMETANKOVA, J**. Applications of Knowledge Technology in Construction Industry**. International Conference On Emerging Elearning Technologies And Applications (ICETA), 16. 2018. IEEE. http://dx.doi.org/10.1109/iceta.2018.8572231.

MULLER, Marina Figueiredo; ESMANIOTO, Filipe; HUBER, Natan; LOURES, Eduardo Rocha; CANCIGLIERI, Osiris. A systematic literature review of interoperability in the green Building Information Modeling lifecycle. **Journal Of Cleaner Production**, v. 223, p. 397-412, jun. 2019. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.114.

OTI, A. H.; TIZANI, W.; ABANDA, F. H.; JALY-ZADA, A.; TAH, J. H. M. Structural sustainability appraisal in BIM. **Automation In Construction**, v. 69, p. 44-58, set. 2016. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.05.019.

RONZINO, Amos; OSELLO, Anna; PATTI, Edoardo; BOTTACCIOLI, Lorenzo; DANNA, Chiara; LINGUA, Andrea; ACQUAVIVA, Andrea; MACII, Enrico; GROSSO, Michelangelo; MESSINA, Gianluca. The Energy Efficiency Management at Urban Scale by Means of Integrated Modelling. **Energy Procedia**, v. 83, p. 258-268, dez. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.180.

SJÖSTRÖM, C. **Durability and Sustainable use of building materials**. J. W. Llewellyn & H. Davies. London, 1992.

SZOKOLAY, Steven V. **Introduction to Architectural Science**: the basis of sustainable design. 2. ed. Oxford: Architectural Press, 2008. 358 p.

TIBAUT, Andrej; ZAZULA, Damjan. Sustainable management of construction site big visual data. **Sustainability Science**, v. 13, n. 5, p. 1311-1322, 28 jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s11625-018-0595-9.

WONG, Johnny Kwok-wai; KUAN, Ka-lin. Implementing 'BEAM Plus' for BIM-based sustainability analysis. **Automation In Construction**, v. 44, p. 163-175, ago. 2014. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.003.

ZHANG, C.; CHEN, J. **LEED Embedded Building Information Modeling System**. AEI 2015, Brookfield, p. 25-36, 17 fev. 2015. American Society of Civil Engineers. http://dx.doi.org/10.1061/9780784479070.003.

ZIMMERMANN, M.; ALTHAUS, H. J.; HAAS, A. Benchmarks for sustainable construction. **Energy And Buildings**, v. 37, n. 11, p. 1147-1157, nov. 2005. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.06.017.