

A relação entre BIM e eficiência energética no processo de projeto

Relationship between BIM and energy efficiency in the design process

Leandra Carolina Boldrini, Mestranda PósArq /UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina.

leandraboldrini@gmail.com

Michele Fossati Dr. Universidade Federal de Santa Catarina.

michele.fossati@ufsc.br

Alice Therezinha Cybis Pereira PhD. Universidade Federal de Santa Catarina.

acybis@gmail.com

Resumo

Devido ao consumo energético em edificações estar aumentando nos últimos anos, muitas medidas reguladoras e pesquisas têm sido realizadas nessa área para incentivar a criação de edifícios mais eficientes energeticamente. Com o surgimento da modelagem de informação na construção (BIM) o processo de projeto convencional tende a ser alterado melhorando a colaboração e produtividade entre os agentes da construção civil. Neste artigo serão analisadas as principais mudanças com a inserção do BIM, demonstrando as potencialidades e dificuldades da integração entre BIM e as avaliações de eficiência energética em edificações. Através de uma revisão de literatura, foi possível identificar as mudanças processuais com a implantação do BIM, destacando-se o processo colaborativo e integrado. Em relação ao BIM e a eficiência energética, os principais problemas relatados são de interoperabilidade entre os modelos BIM e BEM (modelagem de energia da construção). Nesta pesquisa demonstrou-se que além das questões tecnológicas, existem diferenças de paradigma entre usuários de simulação energética e arquitetos, o que dificulta a adesão das análises energéticas no processo de projeto arquitetônico.

Palavras-chave: Modelagem de informação na construção - BIM; Processo de projeto; Eficiência energética

Abstract

Due to energy consumption in buildings has been increasing in recent years, many regulatory measures and research have been carried out in this area to encourage the project of more energy efficient buildings. With the emergence of building information modeling (BIM), conventional design process tends to be changed, improving collaboration and productivity among civil construction agents. This article will be analyzed as the main changes with the insertion of BIM, demonstrating the potential and difficulties of integration between BIM and the energy efficiency estimates in editions. Through a literature review, it was possible to identify as procedural changes with the implementation of BIM, highlighting of the collaborative and integrated process. Regarding BIM and energy efficiency, the main problems related to interoperability between the BIM and BEM (building energy modeling) models. In this research, we demonstrate that in

addition to technological issues, there are paradigm differences between building thermal simulation tool user and architects, or that make it difficult to adhere to energy analysis in the architectural design process

.Keywords: *Building information modeling - BIM; Design process; Energy efficiency*

1. Introdução

A metodologia BIM pode ser entendida como uma mudança de paradigma, onde altera-se todo o processo de projeto, modificando o modo dos projetistas pensarem, englobando todo o ciclo de vida do edifício, desde as etapas conceituais, detalhes construtivos até operação e manutenção. Com isso, há uma tendência de redistribuição de tempo gasto para cada etapa de projeto (EASTMAN et al., 2014).

Diferentemente do sistema CAD (*Computer-Aided Design*), o BIM é definido por modelos tridimensionais com informações paramétricas, permitindo interoperabilidade e colaboração. Os elementos possuem inteligência encapsulada, onde são armazenadas informações dentro de um banco de dados (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; MIETTINEN; PAAVOLA, 2014; SUCCAR, 2009).

Com o crescente aumento de consumo de energia em edificações, tornou-se cada vez mais importante projetar edifícios com alto desempenho energético (IEA, 2018, SANHUDO et al., 2018). Segundo Casals (2006), um dos meios que a eficiência energética seja alcançada é associar a instrumentos de desempenho energético através de medidas reguladoras. A adoção de análises de energia nas etapas iniciais de projeto ajudaria a tomar decisões econômicas durante o início do ciclo de vida do edifício (KIM; ANDERSON, 2013).

Para isso, nos últimos anos as pesquisas sobre a integração entre os modelos BIM e BEM (*Building energy model*) vêm crescendo, um dos principais obstáculos relatados são os problemas de interoperabilidade, onde ocorre a perda de informações entre ambas as ferramentas, sendo necessária reentrada manual de dados (KAMEL; MEMARI, 2019). A interoperabilidade pode ser definida como a capacidade de intercâmbio de informações entre dois ou mais softwares, sem que essas informações se percam (GRILO; JARDIM-GONCALVES, 2010).

Para minimizar a perda na transferência de dados surgiram as interfaces de programação visual (NEGENDAHL, 2015). As interfaces de programação visual (IPV) são ferramentas acopladas aos softwares BIM que proporcionam ao usuário acessar diretamente os dados da construção. As IPV's acopladas ao BIM permitem que dados numéricos sejam exibidos em formatos mais visuais, sendo mais facilmente compreendidos (NATEPHRA; YABUKI; FUKUDA, 2018).

Esse artigo busca analisar a integração entre BIM (*Building information modeling*) e as avaliações de eficiência energética em edificações. Com o intuito de demonstrar os principais pontos estudados pelo meio acadêmico, as potencialidades e dificuldades dessa ligação analisando as mudanças no processo de projeto com a inserção da metodologia BIM

2. Revisão de Literatura

Através de uma revisão de literatura serão apresentadas a seguir informações sobre BIM, eficiência energética e as diferenças de pensamento entre o arquiteto e o usuário de simulação de energia.

A revisão de literatura foi do tipo exploratória e buscou englobar dois assuntos principais: Modelagem de informação na construção (BIM) e eficiência energética. Os temas pesquisados na revisão de literatura foram sobre BIM e eficiência energética. Primeiramente, realizou-se uma pesquisa em dissertações, documentos, livro e bases de dados como o Scopus que relatassem sobre os temas de formas individuais. Posteriormente buscou-se realizar pesquisas no Scopus com o tema de forma conjunta, optou-se pela escolha de artigos mais recentes para análise por se tratar de um assunto atual.

2.1 Building Information Modeling - BIM

As definições sobre BIM (*Building Information Modeling*) apresentam-se de forma diferenciada por diferentes autores, alguns definem como metodologia, outros como tecnologia. De acordo com Succar (2009), é um conjunto de tecnologia, processos e políticas que juntos formam uma metodologia; a área de tecnologia abrange os componentes de hardware e software, de processos refere-se às pessoas e métodos para o projeto e desenvolvimento do edifício e, por fim, a área de políticas que está relacionada às mudanças contratuais.

O BIM abrange informações sobre os materiais de construção, quantidades, propriedades e custo. Conhecido por facilitar o trabalho colaborativo e integrado entre diferentes disciplinas, o BIM visa a alterar a dinâmica e organização do processo de projeto (EADIE et al., 2013; GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017). Com a sua implantação tendem a surgir alterações no processo de projeto com a sobreposição de atividades por meio do trabalho colaborativo, alterando o tempo gasto em cada etapa projetual concentrando maior tempo nas etapas iniciais de projeto (EASTMAN et al., 2014; MANZIONE, 2013).

O uso do BIM apresenta vantagens relacionadas à modelagem e simulações facilitando tanto a manipulação e saída de dados quanto o armazenamento de informações, permitindo a automatização da modelagem de energia, possibilitando reduzir os erros e tempo gastos no processo de modelagem de energia convencional. Outra possibilidade é de monitoramento em tempo real através de sensores em diferentes zonas do edifício (KAMEL e MEMARI, 2019). O BIM pode auxiliar nas tomadas de decisões nas fases iniciais de projeto, possibilitando análises espaciais e de desempenho energético. Além de facilitar a comunicação e colaboração através de projetos multidisciplinares integrados, onde diferentes disciplinas podem trabalhar em um único modelo (JALAEI e JADRE, 2014).

Alguns autores relatam sobre os benefícios da implantação do BIM, principalmente benefícios técnicos ligados à gestão de conhecimento, integração, padronização, redução de custos e conflitos. Esses benefícios podem ser de curto ou longo prazo, de curto prazo está relacionado à redução de erros de documentação; e de longo prazo, às reivindicações contratuais e custos de construção (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017). No entanto, apesar dessas promessas, ainda há muitos problemas de implantação, havendo a necessidade de experimentações que devem ser usadas desde os mais baixos níveis de maturidade para assim alcançar o grau mais alto (MIETTINEN; PAAVOLA, 2014).

Há inúmeros trabalhos que avaliam as alterações processuais com a inserção do BIM, algumas relacionando ao sistema CAD (*Computer aided design*) (AL HATTAB; HAMZEH, 2017; ANDRADE; AMORIM, 2011; LIU; VAN NEDERVEEN; HERTOOGH, 2017; SINGH; GU; WANG, 2011). Nestas pesquisas são analisados os processos de projeto em relação às disciplinas de arquitetura e os projetos de engenharia. No processo CAD, o fluxo de informações ocorre de forma linear, primeiramente é desenvolvido o projeto arquitetônico, então os documentos são repassados para a realização dos projetos de engenharia (Figura 1). Após isso realiza-se revisões entre as disciplinas, e somente depois dessas interações novamente é que se inicia as próximas fases e assim gradativamente nas próximas etapas de projeto. As equipes trocam informações documentais somente após finalizada cada etapa projetual (AL HATTAB E HAMZEH 2017, ANDRADE E AMORIN, 2011).

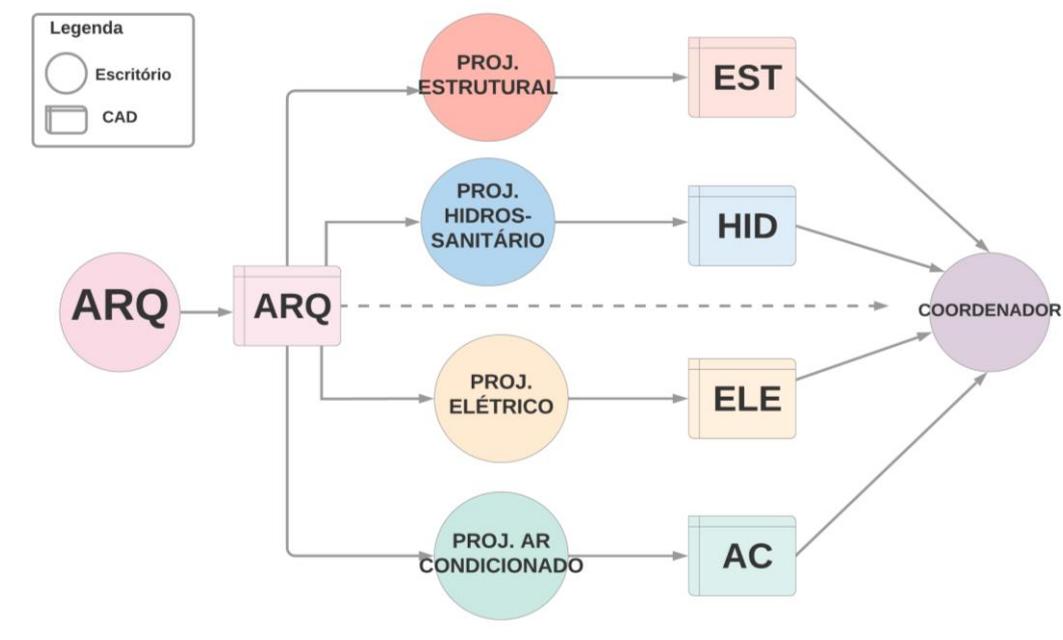


Figura 1: Comparação fluxo do processo de projeto CAD fonte: Elaborado pela autora

No fluxo de projeto BIM, ocorre uma mudança comportamental, onde os projetistas trabalham de forma colaborativa desde as etapas iniciais de projeto, sem haver necessariamente a finalização do projeto arquitetônico para a inserção dos projetos de engenharia (Figura 2). A disciplina de arquitetura ainda é a primeira a ser inserida no processo, no entanto, as engenharias entram nas etapas iniciais e atuam concomitantemente ao projeto arquitetônico e o coordenador (AL HATTAB; HAMZEH, 2017; ANDRADE; AMORIM, 2011; LIU; VAN NEDERVEEN; HERTOOGH, 2017; SINGH; GU; WANG, 2011). Uma das principais alterações no processo BIM, é o trabalho colaborativo e de forma integrada, as equipes interagem de forma simultânea compartilhando informações em tempo real de forma unidirecional. Muitas vezes os projetistas de todas as disciplinas trabalham com arquivos locais retroalimentando com informações um arquivo central, como os dados são atualizados constantemente muitas informações de projeto são antecipadas. Nessa estrutura surgem novos papéis como o papel do gerente BIM que interage desde o início nas etapas projetuais (AL HATTAB; HAMZEH, 2017, MIETTINEN; PAAVOLA, 2014).

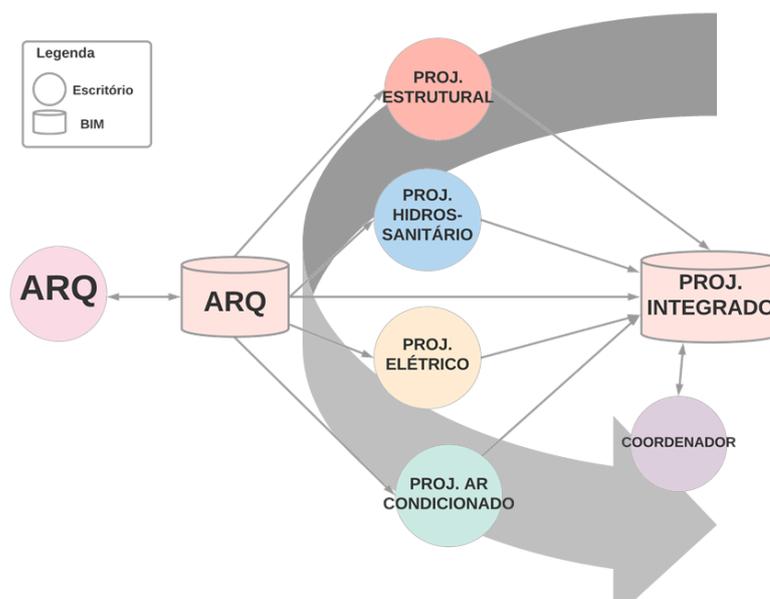


Figura 2: Comparação fluxo do processo de projeto BIM fonte: Elaborado pela autora.

Para que haja ambientes colaborativos deve ocorrer à interligação entre diferentes disciplinas e para que essas informações não se percam é necessário que haja interoperabilidade entre os diferentes softwares utilizados entre as disciplinas (GRILO; JARDIM-GONCALVES, 2010) Para isso, foi desenvolvido pela *Internacional Alliance for Interoperability* (IAI), um padrão internacional aberto conhecido como *Industry Foundation Classes* (IFC) que serve para facilitar a troca de dados entre os agentes da indústria AEC. (GRILO; JARDIM-GONCALVES, 2010; KAMEL; MEMARI, 2019).

Segundo Grilo e Jardim-goncalves (2010), em muitos casos mesmo com a implantação do BIM não há ambientes colaborativos, ficando restritos à modelagem 3D apresentando um processo de projeto semelhante ao convencional. Para os autores, o trabalho colaborativo no BIM baseia-se no modelo 3D, proporcionando um entendimento mútuo dos agentes através da visualização 3D. Porém, para que a interoperabilidade seja alcançada deve-se unir a tecnologia juntamente com uma nova abordagem de processos e gerenciamento do projeto.

Há também iniciativas governamentais para incentivar a implantação do BIM. Em vários países da Europa, América e Ásia, como Finlândia, Holanda, EUA, Coreia do Sul, Rússia, Holanda, Dinamarca, Noruega e Singapura o uso de BIM é obrigatório. A Finlândia foi pioneira, iniciando o uso de BIM em 2001 tornando-se obrigatório em obras de arquitetura e engenharia em 2007, e obras de infraestrutura em 2011. O Reino Unido busca se tornar líder em BIM incentivando e exigindo que todos os projetos do governo sejam em BIM até 2021. (GONÇALVES JR, 2018). No Brasil as estratégias para disseminação dessa metodologia surgiram em 2017 com a criação do Comitê Estratégico de Implementação do BIM (CE-BIM). Em 2018, foi assinado o Decreto n° 9.377, substituído pelo Decreto 9.983, assinado em 2019, que instituem estratégias para disseminação do BIM no Brasil. De acordo com o documento Estratégia Nacional de disseminação do BIM – Estratégia BIM BR, criado pelo governo federal, o uso do BIM deve se tornar obrigatório até 2028 em obras públicas no País (BRASIL, 2019; MDIC, 2018).

De acordo com a maioria das pesquisas, o processo de projeto tende a ser alterado com a implantação do BIM, exigindo maior tempo nas etapas iniciais de projeto. Ainda há poucas evidências empíricas que comparem a real mudança com a inserção do BIM e análises dos níveis de maturidade. De fato há inúmeros benefícios com a implantação do BIM, no entanto ainda é difícil estabelecer métricas confiáveis da real vantagem de sua implantação, se ela representa mesmo uma mudança de paradigma como estabelecem Eastman et al. (2014) ou se essas mudanças ainda estão ligadas somente a parte de tecnologia, e não a de políticas e processos.

2.2 Eficiência energética

O consumo energético de edificações tem aumentado nos últimos anos, sendo um dos meios de diminuir o consumo e construir edifícios mais eficientes é a criação de padrões de avaliação e classificação de edifícios com alto desempenho. (FOSSATI et al., 2016; IEA, 2018).

Com isso na década de 70 já começaram a surgir códigos de eficiência energética na em países desenvolvidos, já nos países em desenvolvimento apareceram somente no final da década de 80 (FOSSATI et al., 2016). No Brasil, essas políticas de conservação de energia surgiram em 2001, com a criação da Lei nº 10.295 que estabelece uso racional e conservação de energia, posteriormente foram estabelecidas normas ABNT NBR 15220 e 15575 (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011). A norma 15220 foi lançada em 2005 e trata sobre as propriedades térmicas e diretrizes construtivas para melhorar o desempenho energético das edificações (ABNT, 2005a, 2005b, 2005c). Posteriormente, em 2008, foi criada a ABNT NBR 15575, tornando-se obrigatória em 2013, essa norma estabelece padrões mínimos de desempenho para edificações habitacionais. Dividida em seis partes, a norma aborda sobre desempenho térmico nas partes 1,4 e 5 (ABNT, 2013a, 2013b, 2013c). Além das normas outras Em 2009 e 2010, surgiram, em caráter voluntário, as regulamentações Técnicas da Qualidade para edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C) que definem requisitos técnicos para a classificação da eficiência energética (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (BRASIL), 2011).

Ao se falar sobre a relação entre BIM e análise energética em edificações, há grandes questões relacionadas aos problemas de interoperabilidade devido ao modelo BIM não transferir todas as informações, ou seja, o modelo BEM (*Building Energy Model*) não lê todas as informações ou podem não ser mapeadas e transferidas adequadamente. Entre os programas de análise de energia destacam-se OpenStudio, EnergyPlus, GBS e eQuest, algumas ferramentas internacionais, como Modelica, COMETH e EnergyBuild (BEAZLEY; HEFFERNAN; MCCARTHY, 2017; KAMEL; MEMARI, 2019). Os modelos arquitetônicos tornam-se inviáveis para as análises energéticas por apresentarem grande quantidade de detalhes, sendo necessária a criação de novos modelos (BEAZLEY; HEFFERNAN; MCCARTHY, 2017).

Para diminuir os problemas de interoperabilidade na indústria AEC e facilitar a colaboração surgiu o formato *Industry Foundation Classes* (IFC) para objetos de construção, conhecido como o padrão internacional aberto. Surgiu também o formato *Green Building XML* (gbXML) exportado com informações de zonas térmicas e superfícies (GRILO; JARDIM-GONCALVES, 2010; KAMEL; MEMARI, 2019).

Apesar desses formatos de exportação, a preparação do modelo BEM (*Building energy model*) é um dos problemas do BEM convencional. Os projetistas que preparam o modelo de energia devem ter conhecimentos específicos para transferir os dados do projeto para os dados necessários para análise térmica. Normalmente, isso ocorre na etapa final de projeto, onde é mais difícil realizar alterações projetuais. A necessidade de conhecimento específico dificulta a acessibilidade de arquitetos e engenheiros. Em entrevistas com profissionais da área, muitos afirmam que o BEM é utilizado para validar a alternativa de design e agregar valor ao projeto. Logo, o BEM baseado em BIM, facilitaria a tomada de decisão na concepção do design da edificação (GAO; KOCH; WU, 2019).

Devido aos problemas e complexidades entre os modelos BIM e BEM, juntamente com o intuito de inserir as análises energéticas nas etapas iniciais de projeto, muitos estudos buscam meios de inserir essas avaliações por meio de interfaces de programação visual (IPV) (KENSEK, 2015; NATEPHRA; YABUKI; FUKUDA, 2018; RAHMANI ASL et al., 2015). As interfaces de programação visual acopladas aos softwares BIM foram pensadas para auxiliar nas fases iniciais de projeto, como exemplos de interfaces de programação visual existem o Dynamo, Grasshopper entre outros, esses softwares são mais visuais diferentemente das linguagens de programação baseada em texto como Python, Java, C# entre outras (KENSEK, 2015).

Um dos objetivos das IPVs é facilitar a extração automática de informações permitindo que dados numéricos das propriedades de elementos do edifício sejam facilmente visualizados em formato digital. Essas informações contribuem para a tomada de decisão e construção de projetos mais eficientes energeticamente. As IPVs tendem a facilitar o entendimento dos projetistas que não são programadores. Essa interface é um conjunto de códigos que permite que os usuários personalizem os parâmetros de forma mais eficaz e rápida (NATEPHRA; YABUKI; FUKUDA, 2018a)

A otimização multidisciplinar proporcionada pelas IPVs, para edifícios de alto desempenho, facilita o *feedback* rápido durante o processo projeto auxiliando na tomada de decisão, além de explorar diferentes alternativas de projetuais e avaliação de desempenho. Embora promissora a otimização requer tecnologias avançadas, modelagem paramétrica incluindo BIM, simulação e algoritmos de otimização (RAHMANI ASL et al., 2015). E ainda há poucos estudos sobre aplicação prática no mercado de trabalho sobre essas interfaces.

Para Farzaneh, Monfet e Forgues (2019) para que as lacunas entre BIM-BEM sejam minimizadas é necessário uma abordagem combinando processo e tecnologia baseados em BIM. Segundo os autores, a maioria dos estudos buscam soluções voltadas para os softwares, sendo necessário definir questões técnicas relacionadas às atividades de modelagem e design, assim como definições sobre o fluxo de informações de todo processo de projeto.

Através desse levantamento bibliográfico sobre os potenciais do BIM e sua conexão com a análise energética de edificações, pode-se constatar que ainda há muitos problemas de interoperabilidade entre os softwares BIM e BEM o que dificulta a realização de análises energéticas baseadas no modelo BIM, assim como a inserção dessas análises nas etapas iniciais de projeto. Contudo com o surgimento das interfaces de programação visual isso se torna mais facilitado por estarem acopladas aos softwares BIM reduzindo os problemas de interoperabilidade, além de serem mais intuitivas e visuais.

2.3 Diferenças de pensamento do arquiteto versus usuário de simulações energéticas

Após serem apresentadas as possibilidades e potencialidades de unificação através de interfaces de programação visual aos softwares BIM, é importante entender as diferenças de paradigma entre arquitetos e os usuários de ferramenta simulação energética. Serão analisadas as formas de pensar de ambos para compreender as lacunas e dificuldades de utilização dessas interfaces pelos arquitetos nas etapas iniciais de projeto.

Segundo Bleil de Souza (2012), os projetistas de edificações tendem a ser construtivistas sem um método definido, baseando o conhecimento com base no seu conhecimento empírico. Através de entrevistas com usuários de ferramentas de simulação energética e projetistas de construção, Bleil de Souza (2012) constatou que as principais diferenças são que arquitetos são mais subjetivos e relativistas, baseando seu conhecimento e repertório com base no que já fizeram (*learning by doing*), além de utilizar sistemas de representação visual, para os arquitetos o processo de projeto tende a começar de forma mais diagramática, através da construção de espaços, trabalhando com unidades do todo, de geometria global e local, materiais potenciais, propriedades, etc. Ao lidar com problemas os arquitetos não apresentam uma hipótese clara, a criatividade é utilizada para solução de problemas, onde inúmeras possibilidades são analisadas e reformuladas para resolução de problemas distintos. Enquanto que os simuladores de energia são mais objetivos e racionalistas, simplificam os problemas estando mais qualificados para análises matemáticas. Os engenheiros e físicos são treinados para simplificar os problemas transformando-os em modelos matemáticos com uma hipótese objetiva para solucionar os problemas.

Zapata-Lancaster e Rweed (2016) também realizaram pesquisas explorando a resolução de problemas dos projetos de arquitetura e concluíram que, as soluções ocorrem por meio do conhecimento experiencial, havendo a necessidade de significado por trás do números. Nesta pesquisa, os autores investigam o processo de projeto através de cinco estudos de caso de edifícios de baixa energia. No qual constatou-se que mesmo em empresas com experiência em eficiência energética há resistência na utilização de ferramentas de simulação durante o processo, sendo as ferramentas fáceis para tomada de decisão preferidas pelos arquitetos.

Para identificar os padrões e problemas recorrentes sobre o uso de simulação no processo de projeto, Tucker e Bleil de Souza (2016) realizaram entrevistas com arquitetos e concluíram que existem duas informações apontadas como mais relevantes: relatórios sobre as consequências das escolhas de design e conselhos para alcançar seus objetivos. Os profissionais entrevistados afirmam que a simulação energética serve para validar a alternativa de design e não gerar novas ideias.

Com isso, percebe-se por que muitos arquitetos sentem dificuldade em utilizar ferramentas de simulação energética, sendo imprescindível a utilização de interfaces mais visuais e informativas. Porém, apesar de existirem muitas ferramentas computacionais para auxiliar todo o processo de design, principalmente ferramentas paramétricas com componentes generativos que geram ideias de design ou de materialização do projeto, muitas vezes não estão vinculadas ao conhecimento científico e a resolução de problemas,

focadas mais pra representação visual e de informações de design. (BLEIL DE SOUZA, 2012). No entanto, mesmo com essas interfaces que facilitam a utilização por parte dos arquitetos, tendo em vista essas diferenças abordadas, e devido ao fato que os arquitetos tendem a não apresentar uma hipótese clara para resolução de problemas, a questão seria se essas interfaces para análise energética nas etapas iniciais de projeto seriam realmente utilizadas no mercado de trabalho ou ficariam restritas ao meio acadêmico.

3. Discussão e considerações finais

Através do levantamento bibliográfico foi possível observar as promessas do BIM relacionadas a uma mudança de paradigma que alteram todo processo de projeto convencional. No entanto, para que essas mudanças realmente ocorram são necessárias modificações comportamentais e do modo de pensar dos projetistas, para que os ambientes colaborativos e integrados sejam alcançados.

Quando se relaciona a eficiência energética em edificações com as alterações e promessas com a inserção do BIM, ainda vemos muitas barreiras relativas à falta de interoperabilidade entre os softwares de simulação de energia e BIM. Para auxiliar a superar os problemas de interoperabilidade entre BIM-BEM muitos pesquisadores estão desenvolvendo interfaces de programação visual. Principalmente devido às diferenças de paradigma entre usuário de simulação energética e arquitetos, para que assim essas análises sejam realizadas nas etapas iniciais de projeto.

Analisando as diferenças de paradigmas entre arquitetos e usuário de simulação de energia, foi possível constatar a necessidade de interfaces mais visuais, devido à dificuldade de interpretação de dados numéricos pelos arquitetos. As formações acadêmicas de projetistas e simuladores, em sua maioria, são distintas o que faz com que os modos de pensar sejam diferentes. O fato de arquitetos serem mais construtivistas, focando mais na forma, setorização e distribuição dos espaços, além de se relacionarem com inúmeras disciplinas, faz com que muitas vezes mesmo com interfaces amigáveis de análise energética as mesmas não sejam utilizadas no dia a dia.

Apesar das inúmeras tentativas do meio acadêmico em inserir as análises energéticas nas etapas iniciais de projeto, ainda existem muitas barreiras devido as dificuldades dos arquitetos em interpretar os dados resultantes de simulações energéticas, principalmente devido as diferenças de pensamento e ensino entre os arquitetos e usuários de ferramentas de simulação energética. A dificuldade de interpretação de dados por meio dos arquitetos faz com que muitos não incluam essas análises no processo de projeto. Uma das alternativas para que essas análises sejam inseridas seria a disseminação da real necessidade de projetos com maior desempenho energético com políticas obrigatórias de eficiência energética. Assim como plug-ins e programas projetados para o modo de pensar dos projetistas de forma intuitiva e fácil inserção

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. . 2005 a, p. 7.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.520: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica , da capacidade térmica , do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. . 2005 b, p. 1–21.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. . 2005 c, p. 30.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. . 2013 a, p. 71.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4: Edificações habitacionais- Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas- SVVIE. . 2013 b, p. 63.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15575-5: Edificações habitacionais- Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. . 2013 c.

AL HATTAB, M.; HAMZEH, F. A process-social perspective for understanding design information flow. **Lean Construction Journal**, v. 2017, Março, 2017.

ANDRADE, B. S.; AMORIM, S. R. L. Alterações Metodológicas Na Gestão De Processo De Projeto Aplicada Com a Utilização De Software Tipo Bim. p. 790–799, 2011.

BEAZLEY, S.; HEFFERNAN, E.; MCCARTHY, T. J. Enhancing energy efficiency in residential buildings through the use of BIM: The case for embedding parameters during design. **Energy Procedia**, v. 121, p. 57–64, 2017.

BLEIL DE SOUZA, C. Contrasting paradigms of design thinking: The building thermal simulation tool user vs. the building designer. **Automation in Construction**, v. 22,

BRASIL. DECRETO Nº 9.983, DE 22 DE AGOSTO DE 2019. . 2019.

CASALS, X. G. Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 5, p. 381–392, 2006.

EADIE, R.; BROWNE, M.; ODEYINKA, H.; MCKEOWN, C.; MCNIFF, S. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. **Automation in Construction**, v. 36, p. 145–151, 2013.

EASTMAN, C.; TECHOLTZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia para modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FARZANEH, A.; MONFET, D.; FORGUES, D. Review of using Building Information

Modeling for building energy modeling during the design process. **Journal of Building Engineering**, v. 23, p. 127–135, 2019.

FIGUEIREDO, F. G.; SILVA, V. G. Da. Processo de projeto integrado e a prática convencional: análise e comparação de dois estudo de caso. n. 1, 2008.

FOSSATI, M. et al. Building energy efficiency: An overview of the Brazilian residential labeling scheme. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 65, p. 1216–1231, 2016.

GAO, H.; KOCH, C.; WU, Y. Building information modelling based building energy modelling: A review. **Applied Energy**, v. 238, p. 320–343, 2019.

GHAFFARIANHOSEINI, A. et al. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, p. 1046–1053, 2017.

GONÇALVES JR, F. **BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia**. 2018.

GRILO, A.; JARDIM-GONCALVES, R. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 522–530, 2010.

IEA. **Energy efficiency 2018 - analysis and outlook to 2040**, 2018.

KAMEL, E.; MEMARI, A. M. Review of BIM's application in energy simulation: Tools, issues, and solutions. **Automation in Construction**, v. 97, p. 164–180, 2019.

KENSEK, K. Visual Programming for Building Information Modeling: Energy and Shading Analysis Case Studies. **Journal of Green Building**, v. 10, n. 4, p. 28–43, 2015.

KIM, H.; ANDERSON, K. Energy Modeling System Using Building Information Modeling Open Standards. **Journal of Computing in Civil Engineering**, 2013.

LIU, Y.; VAN NEDERVEEN, S.; HERTOOGH, M. Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China. **International Journal of Project Management**, v. 35, n. 4, p. 686–698, 2017.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Universidades de São Paulo, 2013.

MIETTINEN, R.; PAAVOLA, S. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. **Automation in Construction**, v. 43, p. 84–91, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (BRASIL). **Plano Nacional de Eficiência energética - Premissas e diretrizes básicas**, 2011. Disponível em: <www.mme.gov.br>

NATEPHRA, W.; YABUKI, N.; FUKUDA, T. Optimizing the evaluation of building envelope design for thermal performance using a BIM-based overall thermal transfer value

calculation. **Building and Environment**, 2018. .

NEGENDAHL, K. Building performance simulation in the early design stage: An introduction to integrated dynamic models. **Automation in Construction**, v. 54, p. 39–53, 2015.

RAHMANI ASL, M. et al. BPOpt: A framework for BIM-based performance optimization. **Energy and Buildings**, v. 108, p. 401–412, 2015.

SINGH, V.; GU, N.; WANG, X. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 134–144, 2011.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

TUCKER, S.; BLEIL DE SOUZA, C. Thermal simulation outputs: exploring the concept of patterns in design decision-making. **Journal of Building Performance Simulation**, v. 9, n. 1, p. 30–49, 2016.

ZAPATA-LANCASTER, G.; TWEED, C. Tools for low-energy building design: an exploratory study of the design process in action. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 12, n. 4, p. 279–295, 2016.