USO DO BIM APLICADO À CERTIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

USE OF BIM APPLIED TO ENERGY EFFICIENCY CERTIFICATION - A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Rafaela Furtado Teixeira [1]; Giuseppe Miceli Junior [2]; Paulo César Pellanda [3].

[1]Engenheira Eletricista | rafaelafteixeira@ime.eb.br | IME | Rio de Janeiro, Brasil; [2] Doutor | giuseppe.pged@ime.eb.br | IME | Rio de Janeiro, Brasil; [3]Doutor | pcpellanda@ieee.org | IME | Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo:
A eficiência energética em edificações tem-se tornado uma prioridade global, o que impulsiona a adoção de metodologias avançadas para otimizar seu desempenho. Nesse contexto, o *Building Information Modeling* (BIM), aliado ao *Building Energy Modeling* (BEM), tem sido amplamente estudado como uma abordagem promissora para a certificação de eficiência energética de edificações. Este estudo realiza uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar os principais desafios, benefícios, fluxos de trabalho e aspectos envolvidos na modelagem BIM-BEM aplicada a certificações. Os resultados indicam que a interoperabilidade entre ferramentas, a padronização da troca de informações e o nível de detalhamento do modelo são fatores críticos para a automação dos processos de avaliação energética. Além disso, destaca-se a necessidade de formulação de diretrizes específicas para garantir maior precisão na modelagem e compatibilidade com regulamentações normativas. Conclui-se que a integração entre BIM e BEM é fundamental para aprimorar a eficiência energética em edificações e que futuras pesquisas devem focar no desenvolvimento de fluxos de trabalho, relacionando-os às particularidades de diferentes regulamentações e contextos regionais.

Palavras-chave:
BIM; Eficiência Energética; Certificação; Requisitos; Revisão Sistemática da Literatura.

Abstract:
Energy efficiency in buildings has become a global priority, driving the adoption of advanced methodologies to optimize performance. In this context, Building Information Modeling (BIM), combined with Building Energy Modeling (BEM), has been widely studied as a promising approach for building energy efficiency certification. This study conducts a Systematic Literature Review (SLR) to identify the main challenges, benefits, workflows, and aspects involved in BIM-BEM modeling applied to certifications. The results indicate that interoperability between tools, standardization of information exchange, and the level of model detail are critical factors for automating energy assessment processes. Furthermore, the need to develop specific guidelines to ensure greater accuracy in modeling and compliance with regulatory requirements is highlighted. It is concluded that the integration of BIM and BEM is essential to enhance building energy efficiency and that future research should focus on developing workflows, aligning them with the specificities of different regulations and regional contexts.

Keywords:
BIM; Energy Efficiency; Certification; Requirement; Systematic Literature Review.

1. INTRODUÇÃO

A implementação de estratégias de eficiência energética contribui para a redução do consumo de eletricidade, dos custos associados à energia, das emissões de carbono e para o aumento do conforto térmico em edificações (EPE, 2020). A otimização do desempenho energético das edificações tornou-se um dos caminhos para alcançar tais objetivos (Brasil, 2007). No entanto, apesar do avanço de normativas e programas do setor, a obtenção de certificações energéticas ainda enfrenta desafios significativos.

Entre os principais obstáculos, destacam-se a complexidade, a quantidade e a diversidade dos critérios exigidos, o que torna os processos de avaliação e comprovação da eficiência energética morosos e economicamente inviáveis quando não planejados desde as fases preliminares do projeto. Outrossim, existem dificuldades relacionadas à interoperabilidade entre ferramentas digitais (Garlet, Melo, Lamberts, 2022). Diante desse cenário, torna-se essencial investir em novas tecnologias e metodologias que otimizem os processos de avaliação e melhorem a qualidade das informações utilizadas.

Nesse contexto, a disseminação do *Building Information Modeling* (BIM) tem avançado significativamente, especialmente na concepção de modelos digitais colaborativos (Amorim, 2023). Por sua vez, o *Building Energy Modeling* (BEM) é um instrumento essencial para estimar o consumo de energia e a carga térmica, e funciona como um modelo virtual, assim como o BIM (Nematchoua *et al.,* 2019). A integração entre essas duas abordagens representa uma alternativa promissora para superar as barreiras enfrentadas na certificação de eficiência energética.

Dada a variedade de métodos e certificações existentes, não há uma forma única de BEM que atenda a todos os requisitos, pois sua estrutura depende dos critérios específicos a serem analisados. Assim, este trabalho tem como objetivo realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar os estudos acadêmicos mais pertinentes acerca das abordagens de processo de modelagem BIM voltado para a certificação de eficiência energética de edificações. Os resultados da RSL servirão de base para evidenciar uma lacuna e contribuir para uma pesquisa voltada ao desenvolvimento de um artefato que promova maior integração entre o BIM e a certificação de edificações no Brasil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O *Building Information Modeling* é uma representação digital compartilhada de uma edificação, a qual facilita os processos de projeto, construção, operação e manutenção (ABNT, 2024). Um modelo BIM é desenvolvido com um propósito específico, com componentes projetados para atendê-lo de forma eficaz. Mais do que um modelo tridimensional, o BIM funciona como um banco de dados com informações estruturadas, o que o torna uma metodologia estratégica para padronização, colaboração entre disciplinas e gestão eficiente da informação (Amorim, 2023).

Com o avanço das exigências normativas e das metas de sustentabilidade, o uso do BIM passou a ser explorado também para fins de avaliação do desempenho energético, especialmente quando integrado ao *Building Energy Modeling* (Simhachalam *et al.*, 2021). O BEM permite simulações sobre o consumo de energia e o conforto térmico de edificações, desempenhando um papel fundamental na formulação de políticas energéticas e no planejamento urbano sustentável (Shen e Wang, 2024).

No entanto, a integração entre BIM e BEM apresenta uma série de desafios. A interoperabilidade entre softwares é frequentemente limitada, em especial devido à diversidade de formatos de exportação (como IFC e gbXML), o que exige ajustes manuais e aumenta o risco de perda de dados (Simhachalam *et al.*, 2021; Muta *et al.*, 2022). Além disso, o nível de detalhamento do modelo, a disponibilidade e a precisão dos dados de entrada, e o conhecimento técnico dos profissionais são fatores que impactam diretamente a confiabilidade das simulações (Dubljević *et al.*, 2024; Ferreira, 2018). Esses entraves dificultam a automação dos processos e comprometem a eficácia da análise energética, principalmente quando associada a certificações.

As certificações de eficiência energética, como LEED, BREEAM e PBE Edifica, estabelecem critérios rigorosos para a comprovação do desempenho energético das edificações. Para atender a esses requisitos, é necessário realizar análises desde as fases iniciais do projeto, promovendo tomadas de decisão mais sustentáveis e economicamente viáveis (Lim, 2017). Contudo, essas certificações não possuem critérios unificados, o que reforça a importância de fluxos de trabalho adaptáveis e compatíveis com as exigências locais. Assim, a escolha da abordagem de modelagem adequada e dos softwares empregados depende dos métodos, das exigências do cenário de aplicação, do nível de detalhamento necessário, dos dados disponíveis, da capacidade computacional e da experiência do usuário (Shen e Wang, 2024).

Diante desse panorama, a modelagem da informação com foco em eficiência energética configura-se como uma estratégia promissora para qualificar os processos de avaliação e auxiliar no cumprimento das metas de certificação. A utilização integrada do BIM e do BEM permite explorar melhor as potencialidades de cada ferramenta, mas requer diretrizes bem definidas para garantir a padronização, a interoperabilidade e a qualidade das informações.

No que se refere a organização e gestão da informação ao longo do ciclo de vida das construções baseadas em BIM, tem-se a ISO 19650, norma internacional traduzida pela ABNT (2024). Embora ainda pouco aplicada no contexto específico das certificações energéticas, a norma oferece fundamentos essenciais para estruturar fluxos de trabalho eficientes, promover a interoperabilidade entre ferramentas e garantir a qualidade e consistência dos dados exigidos por diferentes regulamentações.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa empregado neste estudo foi a Revisão Sistemática da Literatura. Segundo Okoli (2015), uma RSL tem quatro etapas, cada uma subdividida em dois passos, que devem ser seguidas para que uma revisão seja cientificamente rigorosa. Essas etapas e passos são:

a) Planejamento: nessa etapa, o primeiro passo é a identificação do propósito da revisão com a definição de seus objetivos, seguido pela elaboração do protocolo a ser adotado;
b) Seleção: inicia com a definição dos termos que incorporam a triagem prática e a busca propriamente dita;
c) Extração: é realizada a inclusão e a exclusão dos estudos que farão parte da revisão, assim como é avaliada a qualidade de cada artigo;
d) Execução: os fatos extraídos são combinados e sintetizados com o uso de técnicas apropriadas, sejam quantitativas, qualitativas ou ambas. Por fim, segue-se com a escrita da revisão.

3.1 PLANEJAMENTO

Para atingir o objetivo de identificar as abordagens de processo de modelagem BIM voltado para a certificação de eficiência energética de edificações, foram elaboradas as seguintes questões de pesquisas (QP) a serem respondidas pela RSL:

a) QP1: Quais os principais benefícios e desafios para a adoção dos métodos de análise de eficiência energética no contexto da metodologia BIM?
b) QP2: Quais as principais certificações integradas a metodologia BIM e seus respectivos softwares e ferramentas?
c) QP3: Quais os fluxos de trabalho usualmente adotados para a modelagem BIM voltado para a eficiência energética?
d) QP4: Quais os aspectos relevantes já identificados para uma modelagem BIM que empregue os conceitos da eficiência energética?

3.2 SELEÇÃO

A fim de realizar a seleção, foram definidos termos de pesquisa, que formam a chamada *string* de busca. Os termos escolhidos estão relacionados ao tema de interesse: BIM, Eficiência Energética, Certificação e Requisitos. Na sua construção, foram empregadas variações das palavras, em português e em inglês, a fim de incluir artigos nacionais e internacionais. A *string* de busca utilizada foi ((building AND information AND (modeling OR modelling OR model*)) OR BIM OR (modelagem AND informação AND construção)) AND ("energy efficiency" OR "eficiência energética" OR BEM OR ("building energy model*")) AND (classification OR certification OR classificação OR certificação) AND (requirement OR process OR parameter OR requisito OR processo OR parâmetro).

A busca foi limitada a artigos científicos publicados no período de 2015 a 2025, nas seguintes bases: SCOPUS, *Web of Science* (WoS) e IEEE. Além desses repositórios, dada a aderência ao tema, fez-se a pesquisa nos anais do Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (EuroELECS), do Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção (SBTIC) e do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Após a exclusão dos artigos duplicados, obteve-se um total de 152 artigos; dentre os quais, 34,87% (53 trabalhos) são provenientes do WoS, 32,24% (49 trabalhos), do IEEE, 25,66% (39 trabalhos), do SCOPUS, e os 7,24% (11 trabalhos) restantes de congressos.

3.3 EXTRAÇÃO

Para selecionar os estudos, foram criados critérios, dispostos na Tabela 1, os quais foram aplicados na leitura dos títulos, palavras-chaves e resumos. Assim, foram separados apenas os artigos que estavam de acordo com os critérios de inclusão e de exclusão, resultando em um total de 40 trabalhos.

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Publicações que utilizam o BIM associado à eficiência energética.	Publicações que não fossem artigos científicos.
Publicações que apontam o gerenciamento de informações no contexto BIM e eficiência energética.	Publicações que não tratam sobre BIM e eficiência energética.
Publicações que tratem de fluxo de trabalho de modelagem.	Publicações que utilizam técnicas de aprendizado de máquina para prever consumo de energia e classificação de eficiência energética.
Publicações que apontam critérios e requisitos de eficiência energética para certificações.	Publicações que tratam apenas de impactos na eficiência energética devido a alterações realizadas em edificações.

Tabela 1: critérios de inclusão e de exclusão.
Fonte: os autores (2025).

Após esse passo, foi promovida a avaliação da qualidade que verifica a presença de colaborações relevantes para a pesquisa por meio de perguntas, as quais orientam o encontro de informações. Foram elaborados oito questionamentos, apresentados a seguir, cujas respostas poderiam ser Sim, Parcialmente ou Não, com pesos 1 (um), 0,5 (meio) e 0 (zero), respectivamente, o que resulta em uma pontuação possível entre 0 e 8.

a) O artigo apresenta as contribuições dos métodos de análise de eficiência energética?
b) O artigo apresenta os desafios da adoção dos métodos de análise de eficiência energética no contexto da modelagem BIM?
c) O artigo apresenta o uso de alguma certificação de eficiência energética?
d) O artigo apresenta as ferramentas/ softwares empregados na modelagem e na análise de eficiência energética?
e) O artigo trata sobre a padronização de informações que beneficiem a modelagem BIM para aplicação de métodos de análise de eficiência energética?
f) O artigo trata sobre a importância do gerenciamento de informações?
g) O artigo apresenta o fluxo de trabalho adotado entre BIM e BEM?

h) O artigo cita a ISO 19650, que trata do gerenciamento de informações usando BIM?

Dentre os 40 artigos avaliados, 25 foram selecionados, visto que possuíram nota igual ou acima de 4,0 (quatro).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os artigos resultantes da etapa de Extração foram ordenados por suas notas na Tabela 2.

Autores	Pontuação
Bracht, Melo, e Lamberts (2021) e Santos e Salgado (2019)	7,0
Calquín *et al*. (2024)	6,5
Dubljević et al.(2024), Garlet, Melo e Lamberts (2022), Muta *et al*. (2022), Pereira e Andrade (2021) e Petrova *et al*. (2017)	6,0
Danial, Mahmoud e Tawfik (2023), Rosa *et al*. (2023), D'Angelo *et al*. (2022), Barroso *et al*. (2020), Khoshdelnezamiha *et al*. (2020) e Ferreira (2018)	5,5
Gilabert-Sanz *et al*. (2024), Shen e Wang (2024), Mirpanahi e Noorzai (2021), Kamel e Memari (2019), Najjar *et al*. (2019) e Lim (2017)	5,0
Fenz *et al*. (2021), Simhachalam *et al*. (2021) e Yezioro e Capeluto (2021)	4,5
Silva *et al*. (2022) e Oliveira, Bittencourt e Dória (2019)	4,0

Tabela 2: avaliação da qualidade dos trabalhos selecionados na RSL.
Fonte: os autores (2025).

Após a análise dos trabalhos e a extração dos dados, foi possível responder de forma objetiva às questões de pesquisa.

QP1: Quais os principais benefícios e desafios para a adoção dos métodos de análise de eficiência energética no contexto da metodologia BIM?

A maioria dos trabalhos fez menção a ambos os aspectos da questão, sendo os benefícios os seguintes:

a) Modelagem mais precisa para simulação de desempenho energético (Calquín *et al.*, 2024; Shen, Wang, 2024; Danial, Mahmoud, Tawfik, 2023; D'Angelo *et al.*, 2022; Bracht, Melo, Lamberts, 2021; Mirpanahi, Noorzai, 2021; Najjar *et al.*, 2019; Oliveira, Bittencourt, Dória, 2019);
b) Facilidade na tomada de decisão sobre custos e materiais (Danial, Mahmoud, Tawfik, 2023; D'Angelo *et al.*, 2022; Fenz *et al*., 2021; Lim, 2017);
c) Possibilidade de aplicação dos métodos nas fases iniciais de projeto (Danial, Mahmoud, Tawfik, 2023; Pereira, Andrade, 2021; Yezioro, Capeluto, 2021; Barroso *et al.*, 2020);
d) Redução do tempo de análises (Garlet, Melo, Lamberts, 2022; Bracht, Melo, Lamberts, 2021; Santos, Salgado, 2019; Petrova *et al.*, 2017);
e) Agilidade na comparação de soluções (Gilabert-Sanz *et al.*, 2024; Rosa *et al.*, 2023; D'Angelo *et al.*, 2022; Najjar *et al.*, 2019);
f) Promoção da integração e colaboração entre diferentes disciplinas (Danial, Mahmoud, Tawfik, 2023; Ferreira, 2018; Lim, 2017);
g) Disponibilidade de análise de conforto térmico (Bracht, Melo, Lamberts, 2021); e identificação de estratégias para climas locais (Silva *et al.*, 2022; Lim, 2017).

Ainda sobre os benefícios, destaca-se a colocação de Yezioro e Capeluto (2021), na qual indicam que a complexidade envolvida nessas avaliações e os requisitos especiais de cada método levaram ao desenvolvimento de uma grande variedade de ferramentas com diferentes níveis de dificuldade. Por sua vez, os desafios abordados são:

a) Dificuldade de integração dos dados devido a interoperabilidade entre as ferramentas (Dubljević *et al.*, 2024; Gilabert-Sanz *et al.*, 2024; Calquín *et al.*, 2024; Garlet, Melo, Lamberts, 2022; Yezioro, Capeluto, 2021; Pereira, Andrade, 2021; Barroso *et al.*, 2020; Kamel, Memari, 2019; Petrova *et al.*, 2017);
b) Dificuldade de integração dos dados devido a dados dispersos (Calquín *et al.*, 2024; D'Angelo *et al.*, 2022; Fenz *et al*., 2021; Mirpanahi, Noorzai, 2021), o que leva a ajustes manuais (Muta *et al.*, 2022; Bracht, Melo, Lamberts, 2021; Khoshdelnezamiha *et al.*, 2020);
c) Limitação de automação devido a complexidade das análises (Dubljević *et al.*, 2024; Rosa *et al.*, 2023; Garlet, Melo, Lamberts, 2022; Pereira, Andrade, 2021; Khoshdelnezamiha *et al.*, 2020; Najjar *et al.*, 2019; Ferreira, 2018);
d) Não disponibilidade dos dados necessários (Silva *et al.*, 2022; Fenz *et al.*, 2021) ou não conhecimento sobre a precisão dos dados necessários (Santos, Salgado, 2019; Lim, 2017);
e) Falta de colaboração entre os envolvidos no projetos (D'Angelo *et al.*, 2022; Simhachalam *et al.*, 2021; Lim, 2017; Petrova *et al.*, 2017);
f) Carência de conscientização e adoção devido o baixo reconhecimento das capacidades entre as aplicações de design e construção (D'Angelo *et al.*, 2022; Mirpanahi, Noorzai, 2021);
g) Exigência de experiência e conhecimento específicos (Rosa *et al.*, 2023; Yezioro, Capeluto, 2021; Santos, Salgado, 2019);
h) Inexistência de metodologia padronizada para aplicação dos métodos em BIM (Najjar *et al.*, 2019; Petrova *et al.*, 2017);
i) Restrição dos métodos e das ferramentas a regiões específicas (Shen, Wang, 2024; Khoshdelnezamiha *et al.*, 2020).

QP2: Quais as principais certificações integradas a metodologia BIM e seus respectivos softwares e ferramentas?

Conforme a Tabela 3, tem-se a indicação das certificações citadas nos estudos. As certificações LEED e BREEAM têm abrangência internacional. No âmbito brasileiro, foram abordados o Selo Casa Azul e o PBE Edifica. Outras certificações locais também foram mencionadas relacionadas a países como Espanha, Chile, Israel, Alemanha e Malásia.

Ainda, é importante ressaltar que algumas das certificações não se limitam a análise energética e incorporam outros critérios relacionados à sustentabilidade, tais como uso da água, qualidade urbana, produção sustentável, social, inovação e outros.

Certificação	Autores
Leadership in Energy and Environmental Design - LEED	Dubljević *et al.* (2024); Danial, Mahmoud e Tawfik (2023); Rosa *et al*. (2023); D'Angelo *et al.* (2022); Mirpanahi e Noorzai (2021); Khoshdelnezamiha *et al.* (2020).
Building Research Establishment Environmental Assessment Method - BREEAM	Dubljević *et al.* (2024); Calquín *et al.* (2024); Simhachalam *et al.* (2021); Khoshdelnezamiha *et al.* (2020).
PBE Edifica	Muta *et al.* (2022); Bracht, Melo e Lamberts (2021); Pereira e Andrade (2021); Barroso *et al.* (2020); Santos e Salgado (2019) e Oliveira, Bittencourt e Dória (2019).
Selo Casa Azul	Silva *et al.* (2022).
Certificações locais	Gilabert-Sanz *et al.* (2024); Calquín *et al*. (2024); Yezioro e Capeluto (2021); Lim (2017); Petrova *et al.* (2017).

Tabela 3: certificações de eficiência energética adotadas nos estudos da RSL.
Fonte: os autores (2025).

Quanto às ferramentas, pode-se separar em dois aspectos: modelagem da edificação e análise energética. A Tabela 4 relaciona os autores aos respectivos softwares empregados.

Software	Aspecto de atuação	Autores
Autodesk Revit	Modelagem da edificação e análise energética básica via plug-ins	Calquín *et al.* (2024); Dubljević *et al.* (2024); Gilabert-Sanz *et al.* (2024); Rosa *et al*. (2023); D'Angelo *et al.* (2022); Muta *et al.* (2022); Bracht, Melo e Lamberts (2021); Mirpanahi e Noorzai (2021); Pereira e Andrade (2021); Simhachalam *et al.* (2021); Barroso *et al.* (2020); Khoshdelnezamiha *et al.* (2020); Najjar *et al.* (2019); Oliveira, Bittencourt e Dória (2019); Lim (2017); Petrova *et al.* (2017).
Archicad	Modelagem da edificação e análise energética básica via plug-ins	Gilabert-Sanz *et al.* (2024); Bracht, Melo e Lamberts (2021); Pereira e Andrade (2021); Santos e Salgado (2019).
OpenBuildings Designer	Modelagem da edificação e análise energética	Bracht, Melo e Lamberts (2021).
DesignBuilder	Modelagem da edificação e análise energética	Danial, Mahmoud e Tawfik (2023); Mirpanahi e Noorzai (2021); Barroso *et al.* (2020); Khoshdelnezamiha *et al.* (2020).
EnergyPlus	Análise energética	Danial, Mahmoud e Tawfik (2023); Fenz *et al.* (2021); Simhachalam *et al.* (2021); Yezioro e Capeluto (2021); Barroso *et al.* (2020).
Integrated Environmental Solutions - IES	Análise energética	D'Angelo *et al.* (2022); Simhachalam *et al.* (2021).
Autodesk Green Building Studio	Análise energética	Simhachalam *et al.* (2021); Najjar *et al.* (2019).
Autodesk Insight 360	Análise energética	Calquín *et al.* (2024); Danial, Mahmoud e Tawfik (2023).
Autodesk Lighting Analysis	Análise energética	Calquín *et al.* (2024); Rosa *et al*. (2023).

Tabela 4: softwares adotados nos estudos da RSL.
Fonte: os autores (2025).

Alguns estudos ainda exploraram ferramentas próprias, tais como IDEEA, que projeta a eficiência energética de habitações unifamiliares (Oliveira, Bittencourt, Dória, 2019); ENERGYui, que avalia e classifica o desempenho energético de edifícios em Israel (Yezioro, Capeluto, 2021); e AGBIA, que visa automatizar o processo de avaliação de modelos BIM de acordo com os requisitos do *Green Building Index* - GBI da Malásia (Khoshdelnezamiha *et al.*, 2020).

O *plug-in Autodesk Insight* 360 permite a validação de créditos LEED; assim como o *Archicad*, com o *plug-in EcoDesigner Star*, valida a norma ASHRAE 90.1-2007, relacionada com os créditos de *Optimize Energy Performance* do LEED (Calquín *et al.*, 2024). O IES, com a função *Virtual Environment* também valida créditos LEED (Danial, Mahmoud, Tawfik, 2023).

Portanto, tendo em vista sua abrangência e sua compatibilidade com a tecnologia BIM, a certificação LEED destaca-se como a principal referência para a avaliação da sustentabilidade. Dentre as ferramentas de modelagem, sobressai-se o *Revit*, e na análise energética, o *EnergyPlus* é o mais utilizado, seguido pelo *DesignBuilder*.

QP3: Quais os fluxos de trabalho usualmente adotados para a modelagem BIM voltado para a eficiência energética?

De forma geral, os fluxos de trabalhos apresentados são visões macro dos processos. Cada fluxo indica algumas das seguintes etapas: identificação do objeto de estudo, identificação de atividades e responsabilidades, identificação e coleta dos dados necessários, definição da ferramenta de modelagem, modelagem da edificação, exportação do modelo BIM, enriquecimento do modelo, processamento dos dados na ferramenta de análise energética, avaliação e classificação da edificação, e geração de relatório.

É importante destacar que é no momento da descrição do fluxo de trabalho que os desafios para a adoção dos métodos de análise de eficiência energética no contexto da metodologia BIM são mais

comentados. Os formatos mais frequentes de exportação do modelo BIM são o IFC (Gilabert-Sanz *et al.*, 2024; D'Angelo *et al.*, 2022; Garlet, Melo, Lamberts, 2022) e o gbXML (Gilabert-Sanz *et al.*, 2024; D'Angelo *et al.*, 2022; Bracht, Melo, Lamberts, 2021; Mirpanahi, Noorzai, 2021), ambos formatos abertos e neutros. Esse tipo de formato baseia-se no conceito *Open*BIM, que facilita a adoção do BIM ao permitir a interoperabilidade entre sistemas e a troca eficiente de informações ao longo do projeto (Moura *et al*, 2024).

Um processo bem definido apoia a compreensão dos requisitos, o gerenciamento das informações e a automação de processos (Petrova *et al*., 2017), enquanto uma boa gestão da informação facilita a tomada de decisões (Lim, 2017).

QP4: Quais os aspectos relevantes já identificados para uma modelagem BIM que empregue os conceitos da eficiência energética?

Entre os principais parâmetros, para garantir precisão e usabilidade nos processos de simulação e avaliação, estão os dados geométricos (Garlet, Melo, Lamberts, 2022; Mirpanahi, Noorzai, 2021; Santos, Salgado, 2019), os dados climáticos (Shen, Wang, 2024) e as propriedades térmicas dos materiais de construção (Dubljević *et al*., 2024; Mirpanahi, Noorzai, 2021). Além das informações básicas sobre os materiais e componentes do edifício, o modelo BIM deve abranger detalhes como origem, normas aplicáveis e especificações dos sistemas projetados (Dubljević *et al*., 2024).

O nível de detalhamento do modelo impacta diretamente a automação entre o BIM e os requisitos das certificações (Dubljević *et al*., 2024; Petrova *et al.*, 2017). Ademais, a quantidade de dados extraídos do modelo BIM varia conforme o processo de modelagem (Muta *et al.*, 2022). A padronização da troca de informações reduz a necessidade de entrada manual de dados, evita retrabalho e minimiza erros decorrentes de falhas na comunicação (Ferreira, 2018; Petrova *et al.*, 2017). Para que a integração entre BIM e BEM ocorra de maneira eficiente, é fundamental alinhar os seus requisitos com os formatos de intercâmbio de dados e os fluxos de trabalho estabelecidos (Simhachalam *et al.*, 2021). Dessa forma, o desenvolvimento de diretrizes específicas pode contribuir significativamente para o uso mais eficaz dessas tecnologias (Muta *et al.*, 2022).

A automação da avaliação energética depende diretamente da organização e do armazenamento adequado das informações no modelo BIM (Simhachalam *et al.*, 2021), assim projetistas devem buscar aproveitar os dados já incorporados ao modelo para realizar simulações com o mínimo de ajustes adicionais (Ferreira, 2018). No entanto, ainda há uma lacuna na integração de ferramentas (Calquín *et al.*, 2024), pois nem sempre estão alinhadas com os requisitos locais de sustentabilidade, o que pode limitar sua adoção e eficácia (Khoshdelnezamiha *et al.*, 2020).

5. CONCLUSÃO

A RSL evidenciou que a integração entre o BIM e ferramentas de análise energética tem sido apontada pela literatura como uma estratégia promissora para atender a certificações como LEED, BREEAM e PBE Edifica. Entre os principais desafios observados, destacam-se a interoperabilidade entre softwares, a padronização das informações e o nível de detalhamento dos modelos, fatores que impactam diretamente a automação e a confiabilidade dos resultados. Apesar disso, os avanços tecnológicos e metodológicos descritos indicam uma consolidação dos fluxos de trabalho BIM-BEM, com benefícios como a redução no tempo de simulações e maior agilidade na comparação de alternativas.

Frente a essa realidade, os estudos revisados sugerem a necessidade de desenvolvimento de procedimentos específicos para a modelagem BIM voltada à eficiência energética, de maneira a garantir que os dados sejam estruturados e compatíveis com as exigências normativas. A revisão revelou que o uso de formatos como o IFC e o gbXML, embora recorrentes, ainda carece de padronização eficiente. Além disso, há consenso entre os autores quanto à importância de aprimorar a interoperabilidade entre ferramentas e fortalecer a colaboração entre os profissionais envolvidos - aspectos que podem ser favorecidos pela adoção das diretrizes da NBR ISO 19650.

Contudo, essa norma, embora relevante no contexto BIM, foi pouco mencionada nos trabalhos analisados.

Observou-se ainda um movimento crescente de desenvolvimento de ferramentas personalizadas, adaptadas a contextos e regulamentações locais, como IDEEA, ENERGYui e AGBIA. Esses exemplos demonstram uma tendência: a busca por soluções que conciliem tecnologia, normatização e capacitação profissional para ampliar a aplicabilidade da certificação energética.

Portanto, a contribuição desta revisão sistemática consiste em organizar e sintetizar os achados da literatura sobre os fluxos de modelagem BIM aplicados à certificação de eficiência energética, evidenciando os principais desafios, benefícios e lacunas de pesquisa. Pesquisas futuras podem considerar os conceitos e orientações estabelecidos pela NBR ISO 19650 na integração entre BIM e certificações, com vistas a aprofundar a automatização dos processos e adaptar os fluxos de trabalho às especificidades de diferentes contextos regulatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR ISO 19650**: organização da informação da construção – gestão da informação usando modelagem da informação da construção: Parte 1: conceitos e princípios. Rio de Janeiro, 2024.

AMORIM, S. R. L. D. **Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM**. 2. ed. [S.l.]: Grupo GEN, 2023.

BARROSO, A.; BALARINE, A.; JESUS, L.; CONDE, K. Interoperabilidade entre softwares BIM e BEM para fins de geração de modelos para simulação termoenergética. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, Brasil, v. 18, p. 1-8, 2020.

BRACHT, M. K.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. A metamodel for building information modeling-building energy modeling integration in early design stage. **Automation in Construction**, v. 121, 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: EPE, 2007. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030. Acesso em: 16 dez. 2024.

CALQUÍN, D .L.; MATA, R.; VIELMA, J. C.; BEAUMONT-SEPULVEDA, J. C.; CORREA, C.; NUÑEZ, E.; FORCAEL, E.; BLANCO, D.; PULGAR, P. A. A Simplified Framework to Integrate Databases with Building Information Modeling for Building Energy Assessment in Multi-Climate Zones. **Sustainability**, v. 16, n. 14, p. 6123, 2024.

DANIAL, C. E.; MAHMOUD, A. H. A.; TAWFIK, M. Y. Methodology for retrofitting energy in existing office buildings using building information modelling programs. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 14, n. 6, p. 102175, 2023.

D'ANGELO, L.; HAJDUKIEWICZ, M.; SERI, F.; KEANE, M. M. A BIM-based Business Process Model to support LEED® certification in retrofit projects. **Building Simulation 2021: 17th Conference of IBPSA**, Bruges, Belgium, v. 17, p 3036-3043, 2021.

DUBLJEVIĆ, S.; TEPAVČEVIĆ, B.; STEFANOVIĆ, A.; JEZDIĆ, K.; ANĐELKOVIĆ, A. S. Opportunities and Limitations for Integration of the Green Building Certification System in the BIM Environment. **9th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)**, Bol and Split, Croatia, p. 1-4, 2024.

EPE. **Nota técnica DEA-SEE-007/2020**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/NT%20DEA-SEE-007-2020.pdf. Acesso em: 2 dez. 2024.

FENZ, S.; BERGMAYR, J.; PLATTNER, N.; CHÁVEZ-FERIA, S.; POVEDA-VILLALÓN, M.; GIANNAKIS, G. Integration of building material databases for IFC-based building performance

analysis. **38th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)**, Dubai, UAE, p. 182-189, 2021.

FERREIRA, S. L. Suporte de base de dados relacional para aproveitamento do IFC no EnergyPlus. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Foz do Iguaçu, Brasil, v. 17, p. 3382-3389, 2018.

GARLET, L.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Fluxo de trabalho BIM-BEM baseado em IFC. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Canela, Brasil, v. 19, p. 1-14, 2022.

GILABERT-SANZ, S.; RIERA, A. S.; OLIVER-VILLANUEVA, J.; DOMÈNECH, M. M.; DOMÍNGUEZ, E. R. BIM information exchange for improving energy efficiency in buildings based on wooden construction systems in the European Southwest. **VLC arquitectura**, v. 11, n.1, 2024.

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.

KHOSHDELNEZAMIHA, G.; LIEW, S. C.; BONG, V. N. S.; ONG, D. E.L. A BIM-Based Automated Assessment Tool for Green Building Index. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 943, n. 1, p. 012059, 2020.

LIM, Y. -W. BIM-based sustainable building design process and decision-making. **International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS),** Langkawi, Malaysia, p.1-6, 2017.

MIRPANAHI, M. V.; NOORZAI, E. Modeling the Relationship between Critical BIM Attributes and Environmental Sustainability Criteria Using PLS-SEM Technique. **Journal of Architectural Engineering**.v. 27, n. 4, 2021.

MOURA, R. V. A. R.; MICELI JUNIOR, G.; PELLANDA, P. C. Ferramenta OpenBIM para classificação e extração de quantitativos de modelo IFC. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, Brasil, v. 20, p. 1-17, 2024

MUTA, L. F.; SILVA, A. C. S. B.; CORRÊA, L. V.; SCHRAMM, F. K.; MELO, A. P. Análise do uso de BIM na extração dos dados necessários para a avaliação de eficiência energética da INI-C. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Canela, Brasil, v. 19, p. 1-16, 2022.

NAJJAR, M. K.;TAM, V. W. Y.; DI GREGORIO, L. T.; EVANGELISTA, A. C. J.; HAMMAD, A. W. A.; HADDAD, A. Integrating Parametric Analysis with Building Information Modeling to Improve Energy Performance of Construction Projects. **Energies**, v. 12, n. 8, p. 1515, 2019.

NEMATCHOUA, M.K.; YVON,A.; ROY, S.E.J.; RALIJAONA, C.G.; MAMIHARIJAONA, R.; RAZAFINJAKA, J.N.; TEFY, R. A review on energy consumption in the residential and commercial buildings located in tropical regions of Indian Ocean: a case of Madagascar island. **Journal of Energy Storage**, v. 24, 2019.

OKOLI, C. A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 37, p. 879 – 910, 2015.

OLIVEIRA, F.; BITTENCOURT, L. S.; DÓRIA, D. R. S. Aplicação de uma ferramenta BIM de simulação de desempenho energético nas fases iniciais de projeto. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**, Campinas, Brasil, v. 2, 2019.

PEREIRA, E. D. L.; ANDRADE, M. L. V. X. O uso BIM para a avaliação da eficiência energética de projetos de edifícios públicos com a aplicação da INI-C. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**, Uberlândia, Brasil, v. 3, p. 1-7, 2021.

PETROVA, E.; ROMANSKA, I.; STAMENOV, M.; SVIDT, K.; JENSEN, R. L. Development of an Information Delivery Manual for Early Stage BIM-based Energy Performance Assessment and Code Compliance as a Part of DGNB Pre-Certification. **Building Simulation 2017: 15th Conference of IBPSA**, San Francisco, USA, v. 15, p. 2024-2033, 2017.

ROSA, M. E.; WOJCIECHOWSKI, A. M.; QUEIRÓZ, G. R.; CORREA, C. M. B. Análise da aplicação do add-in insight 360 na simulação do desempenho para luz natural. **Encontro Latino-Americano e Europeu Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, v. 5, 2023.

SANTOS, E. R.; SALGADO, M. S. BIM na verificação de requisitos do Procel Edifica. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**, Campinas, Brasil, v. 2, 2019.

SILVA, M. C. C.; SILVA, A. D. O.; KOHLMAN RABBANI, E. R.; ALENCAR, L.H.; PASSOS NETO, G. M.; COUTO, J. P.; VALDES-VASQUEZ, R. Guidelines for the Implementation of BIM for Post-Occupancy Management of Social Housing in Brazil. **Energies**, v. 15, n. 18, p. 6802, 2022.

SIMHACHALAM, V.; WANG, T.; LIU, Y.; WAMELINK, H.; MONTENEGRO, L.; VAN GORP, G. Accelerating Building Energy Retrofitting with BIM-Enabled BREEAM-NL Assessment. **Energies**, v. 14, n. 24, p. 8225, 2021.

SHEN, P.; WANG, H. Archetype building energy modeling approaches and applications: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 199, p. 114478, 2024.

YEZIORO, A.; CAPELUTO, I. G. Energy Rating of Buildings to Promote Energy-Conscious Design in Israel. **Buildings**, v. 11, n. 2, p. 59, 2021.