XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8768

Retrofit energético em edifícios altos: processo de projeto utilizando ferramentas BIM e BEM

Energy retrofitting in Tall buildings: a design process using BIM and BEM tools.

Luana Ferreira Costa
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | luanafc@gmail.com
Erica Mitie Umakoshi Kuniochi
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | eumakoshi@unb.br

Resumo

Com o passar dos anos, observamos o fenômeno de obsolescência funcional e técnica dos edifícios altos e com isso, é possível observar o esvaziamento dos centros urbanos das grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, dentre outras. Assim, para a readaptação dessas construções ao panorama atual de sustentabilidade, o retrofit, juntamente com as metodologias BIM e BEM, mostra-se muito eficiente. Com isso, a pesquisa teve como objetivo apresentar um processo de projeto baseado nas metodologias BIM e BEM para a realização de retrofit em edificações existentes por meio da aplicação de técnicas avançadas de modelagem e simulação de desempenho termoenergético. A metodologia aplicada consistiu em uma pesquisa exploratória de base teórica e bibliográfica, fundamentada em normas técnicas e métodos de simplificação de modelos complexos relacionados ao tema do BIM e do BEM. Como resultado foi possível estruturar o fluxograma com os passos metodológicos que integram o BIM e o BEM, sendo possível otimizar a transferência de dados, permitir a verificação e garantir a integridade das informações no processo de projeto.

Palavras-chave: Retrofit. BIM. BEM. Edifício alto.

Abstract

Over the years, the phenomenon of functional and technical obsolescence in high-rise buildings has been observed, leading to the hollowing out of urban centers in major cities such as São Paulo, Rio de Janeiro, and Brasília. Consequently, retrofitting—combined with BIM and BEM methodologies—has proven highly effective in adapting these structures to current sustainability standards. This research aimed to present a design process based on BIM and BEM methodologies for retrofitting existing buildings, utilizing advanced modeling and thermal-energy performance simulation techniques. The study employed an exploratory methodology grounded in theory and literature, drawing upon technical standards and methods for simplifying complex models related to BIM and BEM. The outcome was a structured workflow integrating BIM and BEM, which optimizes data transfer, enables verification, and ensures information integrity throughout the design process.

Keywords: Retrofit. BIM. BEM. Tall Building.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8768

INTRODUÇÃO

A partir do crescimento populacional através da urbanização, com o passar dos anos foram criados grandes centros urbanos de consideráveis concentrações populacionais, que através dos avanços tecnológicos possibilitou a verticalização das construções. Iniciou-se, assim, o desenvolvimento contínuo de edificações em altura que, atrelado às novas tecnologias, gerou prédios de alturas acima de 600 metros e estruturas e sistemas construtivos extremamente avançados, hoje chamados de arranha-céus. Entretanto, o enorme gasto energético dessas construções e a crescente necessidade da implementação de estratégias menos danosas ao meio ambiente tornaram necessária a modificação dos sistemas e tecnologias aplicadas. Soma-se a isso, o grande estoque de edifícios vazios e subutilizados nos centros urbanos devido à sua obsolescência tecnológica e espacial. Desse modo, foi introduzida a prática do retrofit para maior eficiência energética, readequação espacial e tecnológica para mudança de uso dos edifícios em altura de modo a atender aos modelos energéticos e ambientais estabelecidos na contemporaneidade.

Ademais, a aplicação do retrofit hoje é muito sustentada através do avanço dos softwares voltados à construção civil e arquitetura, o que introduziu nestes campos o uso do BIM (Building Information Modeling) e do BEM (Building Energy Modeling). Tais ferramentas tornam possíveis o estabelecimento de diversas características e informações da construção de modo a indicar análises nos campos construtivos, arquitetônicos, energéticos, ambientais e econômicos do edifício e até do entorno impactado. Dessa forma, as modificações previstas no retrofit através das metodologias BIM e BEM detêm dados extremamente precisos, automatizados e confiáveis, resultando em um processo mais rápido, eficiente e preciso de projeto, construção e manutenção.

No Brasil, estudos acerca do tema de retrofit ainda são bastante limitados e fragmentados. A maior parte das pesquisas tem como foco o retrofit energético das edificações, o que acaba criando lacunas de informações e dificultando o planejamento desse tipo de trabalho.[1] Nesse cenário, o BIM se apresenta como um processo completo que abrange desde o planejamento, o levantamento, o tratamento dos dados, o projeto, a construção e a manutenção dessa edificação.

Diante do exposto o presente artigo tem o objetivo de apresentar um processo de projeto baseado nas metodologias BIM e BEM para a realização de retrofit em edificações existentes, visando, desse modo, promover a eficiência energética, o conforto térmico e a sustentabilidade ambiental por meio da aplicação de técnicas avançadas de modelagem e simulação de desempenho energético.

METODOLOGIA

Inicialmente, foi feita a revisão de literatura acerca do desenvolvimento das edificações ao longo da história até chegar ao contexto atual de geração de edifícios em altura e, ainda, da preocupação com a sustentabilidade. Em seguida, foram abordadas temáticas que contornam o tema principal até chegar no tópico de interesse da pesquisa, o BIM (Building Information Modeling) e o BEM (Building Energy Modeling). Assim, após todo o estudo bibliográfico, houve a reunião de informações da pesquisa e de processos de projeto para formular um processo geral que relaciona o Retrofit, o BIM e o BEM.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8768

EDIFÍCIOS EM ALTURA E RETROFIT

Os edifícios altos estão sendo implantados para contornar o problema da falta de espaço nas cidades, além de se apresentarem como soluções mais favoráveis ao meio ambiente. Porém, referir-se ao edifício em altura como uma opção conveniente ao meio ambiente é uma ideia bastante equivocada, visto que não se trata apenas da capacidade de abrigar mais pessoas em espaços menores, mas também de todos os aspectos e impactos que englobam tais construções. Conforme a fala do arquiteto Ken Yeang em publicação em nome do CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat), os edifícios em altura possuem grave problema quando se trata do grande consumo de recursos e energia, o que torna necessário o pensamento aprofundado de design e estratégias para minimizar práticas não sustentáveis aplicadas a essas construções [2]. Por isso, o retrofit, que antes se apresentava apenas como uma técnica para a recuperação de construções antigas deterioradas na Europa, surgiu como solução para a reformulação desses edifícios.

Dessa forma,o retrofit é um método que engloba o conceito de adaptação, ou seja, é uma intervenção que, além do objetivo de manutenção, também é utilizado no intuito de reformular a composição e outros aspectos de partes internas ou externas de uma edificação, fazendo com que haja o melhoramento da performance da construção com base em novas condições e demandas locais [3]. Segundo o U.S Green Building Council (USGBC), os edifícios verdes economizam dinheiro, melhoram a eficiência, reduzem as emissões de carbono e criam lugares mais saudáveis para as pessoas, além de serem fundamentais para enfrentar as mudanças climáticas e cumprir as metas ESG, aumentar a resiliência e apoiar comunidades mais equitativas[4]. Portanto, em um contexto atual de preocupação mundial com a condição do ambiente e do futuro da humanidade, a prática do retrofit sustentável em edifícios altos, que possuem altas escalas de gasto de material, energia e emissão de poluentes (como o carbono), torna-se imprescindível.

A FERRAMENTA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

APRESENTAÇÃO

Visto o contexto e a necessidade da realização do retrofit, é de grande importância o planejamento sistemático constituído por várias etapas que envolvem coleta de dados do edifício e do ambiente, seleção de métodos e ferramentas, estimativas de custo, coordenação de ações e monitoramento de resultados para alcançar um desempenho satisfatório. Assim, é com tal demanda que o BIM ganha importância. O procedimento BIM (Building Information Modeling) é uma metodologia que promove a interoperabilidade e a integração entre as várias análises no processo de projeto que, de acordo com Rivka Oxman [5] é composta por representação, geração, avaliação e performance. Como resultado, o BIM analisa o desempenho ambiental e permite a previsão das situações de conforto e eficiência energética, sendo um importante meio

de avaliação, orientando as decisões projetuais de modo integrado aos aspectos que definem o resultado arquitetônico e construtivo [6].

Dito isso, as modelagens tridimensionais, presentes no BIM, para que tenham avaliações e confiabilidade garantidas, são constituídas de objetos paramétricos definidos [7] pelas seguintes características: Geometria consistente e não redundante; dispor de princípios paramétricos que se adaptam automaticamente a partir de qualquer modificação na caracterização do objeto; possuir caracterizações geométricas acopladas a normas de dados; ser capaz de providenciar a interoperabilidade de um grupo de especificações entre diferentes modelos.

Entretanto, apesar de coloquialmente ser entendido como apenas um banco de informações sobre um determinado modelo de construção, o BIM possui domínios amplos que envolvem agrupamentos de diferentes processos, tecnologias e políticas, fato que torna difícil estabelecer uma conceituação única. Assim, para explorar melhor esse sistema, é preciso compreender os tópicos: campos atuantes, dimensões, etapas do processo e níveis de desenvolvimento.

ETAPAS DO PROCESSO BIM

As etapas do processo BIM compreendem os estágios de desenvolvimento e os marcos a serem alcançados até a entrega definitiva do projeto. Podemos listar quatro níveis que caracterizam o processo: um nível pré-BIM (fase inicial antes da implementação do BIM) e três níveis com especificações que permitem a reunião de dados cada vez mais complexos e completos [8]. Todos esses estágios são dotados de características e requisitos específicos que serão abordados a seguir.

A primeira etapa, o pré-BIM, compreende uma gama de informações em 2D que irão traduzir a realidade tridimensional, é um status de baixa introdução de tecnologia e pouca interoperabilidade entre partes atuantes. Em seguida, já com a introdução do BIM, o estágio 1 aborda toda a modelagem tridimensional elaborada individualmente em cada setor interessado pela edificação, ou seja, há a inserção de diversos dados nos modelos paramétricos mas não acontece a comunicação entre as disciplinas envolvidas, sendo suas atividades ainda desarticuladas e assíncronas. Na etapa 2, diferente do que foi visto até agora, acontece o início do intercâmbio entre as partes responsáveis pela construção, tendo troca ativa de informações e colaboração conjunta entre participantes. Enfim, no estágio 3, geram-se modelos complexos e integrados detentores de informações de todas as partes envolvidas, possuindo, desse modo, alta gama de dados e capacidade de análises e avaliações complexas do edifício [8].

Num modelo genérico de trabalho em BIM, podemos organizar em fases como Planejamento, Concepção, Projeto, Construção e Ativo. Sendo que em cada uma delas estão conectadas por marcos de entrega, tanto internos, entre as equipes de projeto, como externos para o cliente. Os softwares de modelagem e a sua complexidade estão diretamente relacionados com os produtos a serem gerados em cada fase. Assim, podemos dizer que o BIM traz vantagens tanto para os profissionais da construção como para os gestores, pois permite a colaboração entre os agentes, facilita a

visualização e a compreensão de todos os seus elementos, além de detectar conflitos, permitir análises, simulações, geração de orçamentos, etc.

IFC (INDUSTRY FOUNDATION CLASSES)

É um formato de arquivo aberto de padrão internacional [9] utilizado em programas BIM que contém elementos neutros utilizáveis em diversos softwares. Por possuir ativos de descrição digital determinada, o modelo possibilita a troca de dados, ou seja, a interoperabilidade entre as diferentes partes atuantes, centralizando, desse modo, as informações do projeto em um único local. Assim, seria em tal arquivo que haveria o compartilhamento de conhecimentos no CDE.

A FERRAMENTA BEM (BUILDING ENERGY MODELING)

APRESENTAÇÃO

O BEM é um processo inserido na metodologia BIM que avalia, através de softwares de simulação especializados, o uso energético de determinado edifício considerando todos os efeitos físicos que envolvem o fluxo de energia (convecção, radiação, condução e mudanças de fase). No desenvolvimento de uma análise precisa da utilização de energia pelas edificações, é necessário que o modelo BIM seja desenvolvido de forma detalhada e exata a fim de obter dados precisos de diversas características que envolvem tanto o próprio edifício quanto o local em que ele está inserido. [10]

A atuação da ferramenta é baseada na coleta dos dados inseridos no modelo BIM como sua base principal de descrição da construção e na combinação dessas referências com o clima local, calculando, por meio de equações físicas, um diagnóstico energético completo da edificação em um período de tempo determinado, podendo variar de horas até anos. Por fim, tal diagnóstico é responsável pela tomada de diversas decisões que contribuem para o uso mais eficiente e consciente da energia, promovendo não só a redução de custos de uso e operação como também a aproximação para um viés mais sustentável.

SOFTWARES BEM

A ferramenta do processo BEM é um item determinante para a avaliação energética, sendo de extrema importância a escolha dela a partir de critérios que cumpram os objetivos e requisitos da construção. Assim, segundo Neuroject [11], site multidisciplinar com foco na engenharia especializada na aplicação e estudos de tecnologias na construção, foram elencados os seguintes tópicos para avaliar um software de análise energética: precisão e confiabilidade; interface e usabilidade; compatibilidade e integração com o modelo; desempenho e escalabilidade; recursos diversos; custo e licenciamento.

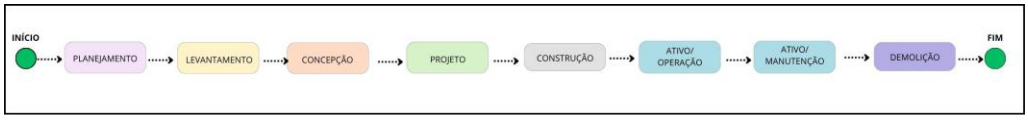
Foram levantadas as ferramentas mais bem avaliadas em 2024. [11] Sendo elas: Autodesk Insight; IESVE (Integrated Environmental Solutions Virtual Environment); EnergyPlus; DesignBuilder; eQuest; OpenStudio. Apesar da listagem apresentar

apenas seis ferramentas de avaliação energética, há ainda várias outras que são utilizadas e estão sendo desenvolvidas para um desempenho cada vez maior de seu papel no auxílio dos projetos de edificações. Assim, é importante que haja uma etapa no processo BEM que possibilite a averiguação da melhor opção de software para determinada análise.

PROCESSOS DE RETROFIT EM BIM

Na construção civil, o termo retrofit está relacionado à atualização tecnológica, de sistemas prediais e componentes que tornam os edifícios contemporâneos. Segundo Dauda e Ajayi [12] um dos maiores desafios para a disseminação do retrofit é a complexidade do processo técnico envolvido. Esta complexidade pode ser observada desde a análise de viabilidade, o planejamento, o levantamento do estado atual da edificação, a elaboração do projeto de intervenção, a estimativa de custos, a questão da legislação local, etc. Nesse sentido, o BIM pode ser uma poderosa ferramenta de gestão do processo e para vencer as barreiras [13], tendo em vista que a tecnologia permite a criação, comunicação e análise de modelos de construção que podem ser compartilhados, gerenciados e analisados em nuvem de maneira interoperável por todos os interessados e durante todas as fases do seu ciclo de vida (figura 1) [1].

Figura 1: Fluxo BIM de trabalho nas fases do ciclo de vida da informação para o Retrofit.



Fonte: Inojosa et al, 2024.

RESULTADOS E FLUXOGRAMA

PROCESSOS BIM- BEM

Para iniciar o processo de avaliação energética, o modelo BIM deve ser avaliado e seus dados precisam ser adaptados para a simulação pois, como o modelo apresenta alta complexidade de informações, nem todas são necessárias para o teste e podem ser até prejudiciais ao resultado final, além de tornar o arquivo grande e pesado para a máquina. Assim, torna-se importante elencar os parâmetros de maior impacto no uso energético do edifício e priorizá-los ao fazer a simulação. Ainda, outro ponto a se trabalhar é, com os parâmetros importantes estabelecidos, checar no modelo se há alguma informação com dados faltantes ou equivocados a fim de obter os conhecimentos mais precisos acerca daquela edificação e alcançar resultado energético mais condizente com a realidade.

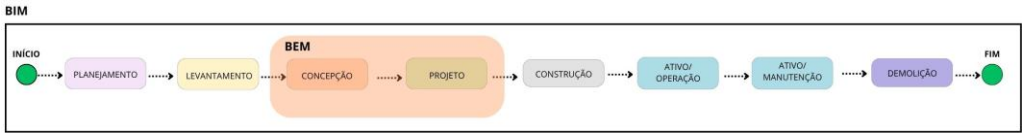
Após etapa de verificação do modelo BIM e parâmetros, inicia-se a parte de troca de modelo, fase de transferência de informações BIM para o software BEM por meio de diferentes formatos de arquivo, sendo os principais o IFC (Industry Foundation Classes) e o gbXML (Green Building XML) [14]. Apesar desses dois padrões serem amplamente utilizados, há discussão quanto ao melhor meio para promover a troca de dados: o IFC reproduz de modo completo a construção e cria esquema de informações bem mais

complexas, enquanto o gbXML apresenta comportamento mais flexível e direto. Cabe ressaltar que a interoperabilidade BIM-BEM ainda não se encontra tão bem desenvolvida, sendo perceptível a necessidade de uma conexão que não resulte na perda de dados [14].

FLUXOGRAMA

Por meio das pesquisas e das informações apresentadas foi desenvolvido um fluxograma do processo de retrofit BIM-BEM (figura 2 e 3). O fluxograma é uma síntese do procedimento de análise de energia por meio de software BEM com intuito de gerar retrofit que atenda às demandas de eficiência e sustentabilidade.

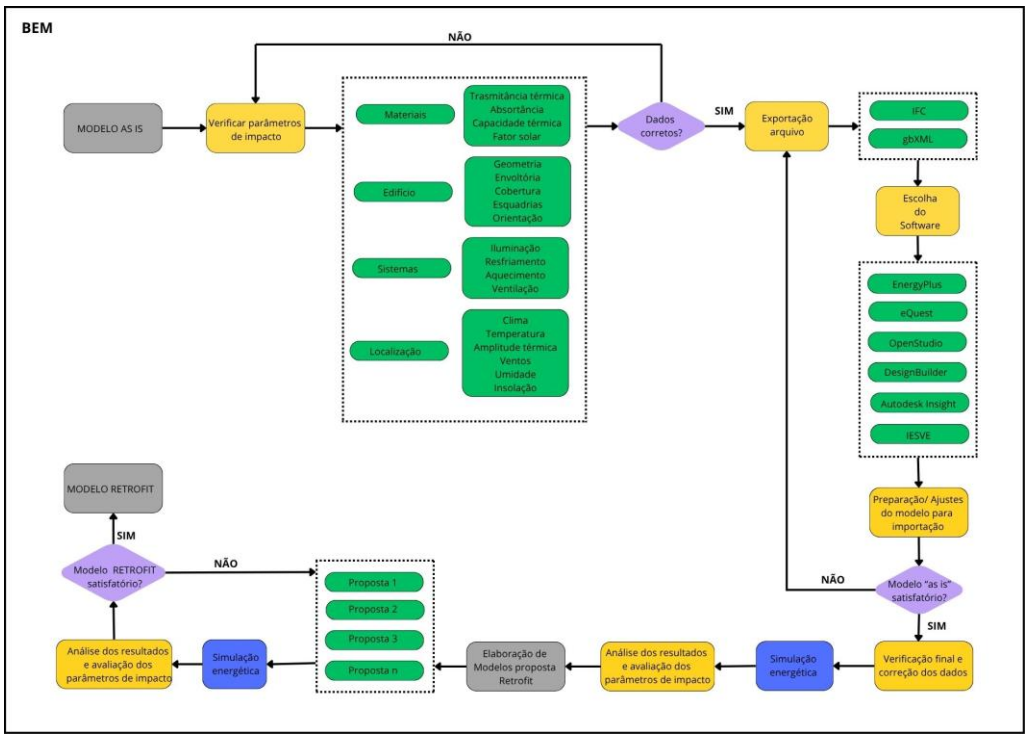
Figura 2: Fluxo BIM com destaque às fases relacionadas com o fluxo BEM



Fonte: Autoras

A partir do modelo as is, o processo se inicia com a verificação das características da edificação que influenciarão no uso energético: os parâmetros de impacto. Com os dados corretamente verificados, o arquivo passará pela fase de transferência de informações para o software de simulação energética através da conversão do modelo BIM para um formato de arquivo padrão, como o IFC e o gbXML (principais utilizados), compatível com o programa de simulação escolhido, priorizando aquele que fará a leitura mais fidedigna do arquivo. Antes da importação definitiva, o arquivo passará por etapa de preparação e ajustes para o fim de um modelo satisfatório. Seguidamente, após nova verificação e correção das informações, serão realizados estudos e modificações dos parâmetros de impacto para providenciar propostas de retrofit que melhorem o comportamento energético do empreendimento. Assim, serão realizadas simulações energéticas dentro do software e análise dos efeitos das mudanças dos parâmetros de impacto aplicados para cada proposta de retrofit. Enfim, se o resultado da proposta aplicada atender ao desempenho energético visado, a edificação passa para a etapa final de retrofit.

Figura 3: Fluxo BEM e as etapas de trabalho



Fonte: Autoras

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enfim, os estudos feitos confirmam a importância do uso energético consciente para fins sustentáveis. Além disso, percebe-se que, para alcançar bons resultados no uso de energia em edificações, a análise energética com o BIM e o BEM mostra-se vantajosa. Assim, o retrofit, atrelado a esses métodos, mostra-se como alternativa promissora para estabelecer modificações nos edifícios que garantam melhor desempenho.

Porém, é notória a complexidade das metodologias BIM e BEM, sendo elas dependentes de variáveis que muitas vezes podem se mostrar desalinhadas com a realidade. Apesar de possuir certa precisão, é importante ressaltar que existe margem de erro para as caracterizações dos elementos e para os cálculos energéticos realizados. Tal problema é ampliado quando se percebe a ausência de um formato de arquivo que garanta a interoperabilidade plena entre o BIM e o BEM. Entretanto, esses fatores não tiram a credibilidade dos métodos, apenas são pontos a serem desenvolvidos a fim de melhorar o desempenho desses processos.

Dessa forma foi possível atingir o objetivo proposto pela pesquisa que consistiu em estruturar o fluxograma que contém os passos metodológicos que integram o BIM e o BEM e é capaz de otimizar a transferência de dados, permitir a verificação e garantir a integridade das informações no processo de projeto.

Para finalizar, a metodologia apresentada possui grande potencial de melhorar os parâmetros ambiental, econômico e social quando se trata de edifícios em altura. Para pesquisas futuras, destaca-se que é importante realizar testes com modelos e os

softwares para o desenvolvimento e o aprofundamento no tema tendo em vista que essa foi uma pesquisa apenas de base teórica.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram o ferramentas de tradução on-line para a elaboração do abstract do artigo. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] INOJOSA, l. et al. **Manual para projetos de Retrofit**: metodologia em BIM. Brasilia, DF, 2024.

[2] YEANG, K.; POWELL, R. Designing the eco-skyscraper: premises for tall building design. **The Structural Design of Tall and Special Buildings**, v. 16, n. 4, p. 411–427, 2007.

[3] WILKINSON, S. Analysing sustainable retrofit potential in premium office buildings. **Structural Survey**, v. 30, n. 5, p. 398–410, 2012.

[4] USGBC (U.S. Green Building Council). **Report - Green Building Trends and Sentiments**. Estados Unidos, 2023.

[5] OXMAN, R. Theory and Design in the First Digital Age. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 229-265, 2006.

[6] GONÇALVES, J.; MOURA, N.; KUNIOCHI, E. Avaliação de desempenho, simulação computacional e o projeto arquitetônico. In: GONÇALVES, J; BODE, J. **Edifício Ambiental**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 297-312.

[7] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2011.

[8] 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.

[9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16739-1** - Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management insdustries. 2024

[10] UNITED STATES. **About building energy modeling**. U.S. Department of Energy. [s.d.]. Disponível em: https://www.energy.gov/cmei/buildings/about-building-energy-modeling. Acesso em: 8 de setembro 2024.

[11] FARHADI, F. **Top 11 energy analysis software in construction (2024)**. Neuroject. 2024. Disponível em: https://neuroject.com/energy-analysis-software-in-construction/. Acesso em: 18 de setembro 2024.

[12] DAUDA, J.; AJAYU, S. Understanding the impediments to sustainable structural retrofit of existing buildings in the UK. Journal of Building Engineering, v. 60, p. 105-168, 2022.

[13] D´ANGELO, L. et al. A novel BIM-based process workflow for building retrofit. Journal of Building Engineering, v. 50, p.104-163, 2022.

[14] FERNALD, H.; HONG, S.; BUCKING, S.; O'BRIEN, W. BIM to BEM translation workflows and their challenges: a case study using a detailed BIM model. **Proceedings of eSim 2018 – the 10th conference of IBPSA-Canada**, Montréal, Canadá, 9-10 maio, p. 482-491, 2018.