Parâmetros para avaliação termoenergética de edificações existentes em *retrofit*: revisão sistemática da literatura

Parameters for the Building Energy Performance Assessment of Existing Buildings in Retrofit Projects: A Systematic Literature Review

Juliê Pena de Oliveira
Universidade de Brasília, PECC | Brasília | Brasil | julliepena@gmail.com
Luiza Moura Sá Teles
Universidade de Brasília, PECC | Brasília | Brasil | luiza-sateles@hotmail.com
Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira
Universidade de Brasília, ENC/FT | Brasília | Brasil | claudiopereira@unb.br

Resumo

Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre os dados de entrada utilizados na avaliação termoenergética de edificações existentes, com foco em sua aplicação em projetos de *retrofit*. Foram analisadas quatro bases de dados científicas, por meio de estratégias de busca com *strings* booleanas estruturadas em cinco eixos temáticos. O processo resultou na seleção de quatorze documentos com aderência ao problema investigado. Os dados identificados foram organizados em cinco categorias: propriedades da envoltória, condicionantes climáticos, parâmetros operacionais, indicadores de desempenho e critérios de decisão. Entre os parâmetros mais recorrentes destacam-se a transmitância térmica, a absortância solar, o fator solar de vidros, os perfis de ocupação e a densidade de potência de iluminação. Os resultados indicam que a relevância desses dados varia conforme o clima, a tipologia da edificação e o nível de informação disponível. No contexto brasileiro, observam-se lacunas na etapa de diagnóstico pré-*retrofit* e na integração com fluxos BIM, o que pode comprometer a precisão das simulações e a qualidade das decisões projetuais.

Palavras-chave: Desempenho termoenergético. *Retrofit* energético. Edificações existentes. Simulação energética. Eficiência energética.

Abstract

This paper presents a systematic literature review on input data used in the building energy performance assessment of existing buildings, focusing on their application in retrofit projects. Four scientific databases were analyzed using Boolean search strings structured around five thematic axes. The selection process resulted in fourteen studies aligned with the research problem. The identified input data were organized into five categories: envelope properties, climatic conditions, operational parameters, performance indicators, and decision criteria. The most frequently reported parameters include thermal transmittance, solar absorptance, glazing solar factor, occupancy profiles, and lighting power density. The results indicate that the relevance of these parameters varies according to climate, building typology, and the level of information available. In the Brazilian context, gaps were identified in the pre-retrofit diagnostic stage and in the integration with BIM workflows, which may compromise simulation accuracy and the quality of design decision-making. These findings highlight the need for standardized data collection protocols and integrated methodologies to improve the reliability and applicability of energy simulations in retrofit projects.

Keywords: Building energy performance. Energy retrofit. Existing buildings. Energy simulation. Energy efficiency.

Como citar:
OLIVEIRA, J. P; TELES, L. M. S; PEREIRA, C. H. A. F. Parâmetros para avaliação termoenergética de edificações existentes em retrofit: revisão sistemática da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

INTRODUÇÃO

O setor de edificações é responsável por uma parcela significativa do consumo energético global, estimada em cerca de 34% da energia final, o que o posiciona como elemento estratégico nas políticas de eficiência energética e mitigação de impactos ambientais [1]. No contexto brasileiro, esse cenário é agravado pela elevada diversidade climática: conforme a ABNT NBR 15220-3:2024, o território nacional é dividido em doze zonas bioclimáticas, com condições ambientais distintas que influenciam diretamente o desempenho térmico das edificações [2]. Adicionalmente, uma parcela expressiva do parque edificado foi construída antes da consolidação de instrumentos normativos como o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica) e a ABNT NBR 15575:2025 [3], não incorporando, portanto, critérios contemporâneos de desempenho térmico e energético.

Nesse contexto, o *retrofit* energético configura-se como uma estratégia relevante para a melhoria do desempenho em uso das edificações existentes, por meio de intervenções que podem abranger desde a requalificação da envoltória até a modernização de sistemas prediais. Contudo, a efetividade dessas intervenções depende diretamente da disponibilidade e da confiabilidade dos dados de entrada utilizados nas análises termoenergéticas, incluindo propriedades físicas dos materiais, condições climáticas locais, padrões de ocupação e indicadores de desempenho. Na prática, a ausência ou a baixa qualidade da documentação técnica em edificações existentes constitui um dos principais desafios metodológicos, limitando a precisão das simulações e a robustez das decisões de projeto [1][4].

Paralelamente, o uso do *Building Information Modeling* (BIM) tem se expandido como ferramenta de suporte ao processo de *retrofit*, com potencial para integrar e gerenciar dados ao longo do ciclo de vida da edificação. Entretanto, persistem limitações relacionadas à interoperabilidade entre modelos BIM e ferramentas de simulação energética, além de uma concentração das aplicações nas fases de análise e projeto, em detrimento das etapas iniciais de levantamento e diagnóstico [5][6].

Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo identificar e sistematizar os dados de entrada utilizados na avaliação termoenergética de edificações existentes com foco em *retrofit*, por meio de uma revisão sistemática da literatura nacional e internacional. Especificamente, busca-se mapear os parâmetros mais recorrentes, organizá-los em categorias analíticas, analisar sua variabilidade em função do clima, da tipologia construtiva e da disponibilidade de informações, bem como identificar lacunas relevantes para o avanço da pesquisa e para o aprimoramento da prática profissional no contexto brasileiro.

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão sistemática da literatura, estruturada conforme as diretrizes do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) [7]. As buscas foram realizadas nas bases de dados Web of Science, Scopus, SciELO e Google Scholar, de forma independente,

com posterior consolidação dos resultados e remoção de registros duplicados. As buscas foram realizadas em março de 2026 e compreenderam publicações indexadas entre 2013 e 2025.

As estratégias de busca foram definidas a partir de cinco eixos temáticos: (i) avaliação termoenergética de edificações; (ii) eficiência energética e desempenho térmico; (iii) dados de entrada e indicadores de desempenho; (iv) edificações existentes e *retrofit* energético; e (v) aplicação de BIM em análises energéticas. Com base nesses eixos, foram elaboradas strings booleanas combinando operadores lógicos e termos controlados, destacando-se: ("*building energy performance" OR "thermal performance*") AND ("*input parameters" OR "performance indicators") AND ("retrofit" OR "renovation*") AND ("*existing buildings*"); *("BIM" OR "building information model*")* AND ("*energy simulation" OR "energy retrofit*") AND ("*existing buildings" OR "as-built*"); e, para o contexto brasileiro, *("RTQ-C" OR "RTQ-R" OR "NBR 15575" OR "NBR 15220"*) AND ("*simulação" OR "retrofit*").

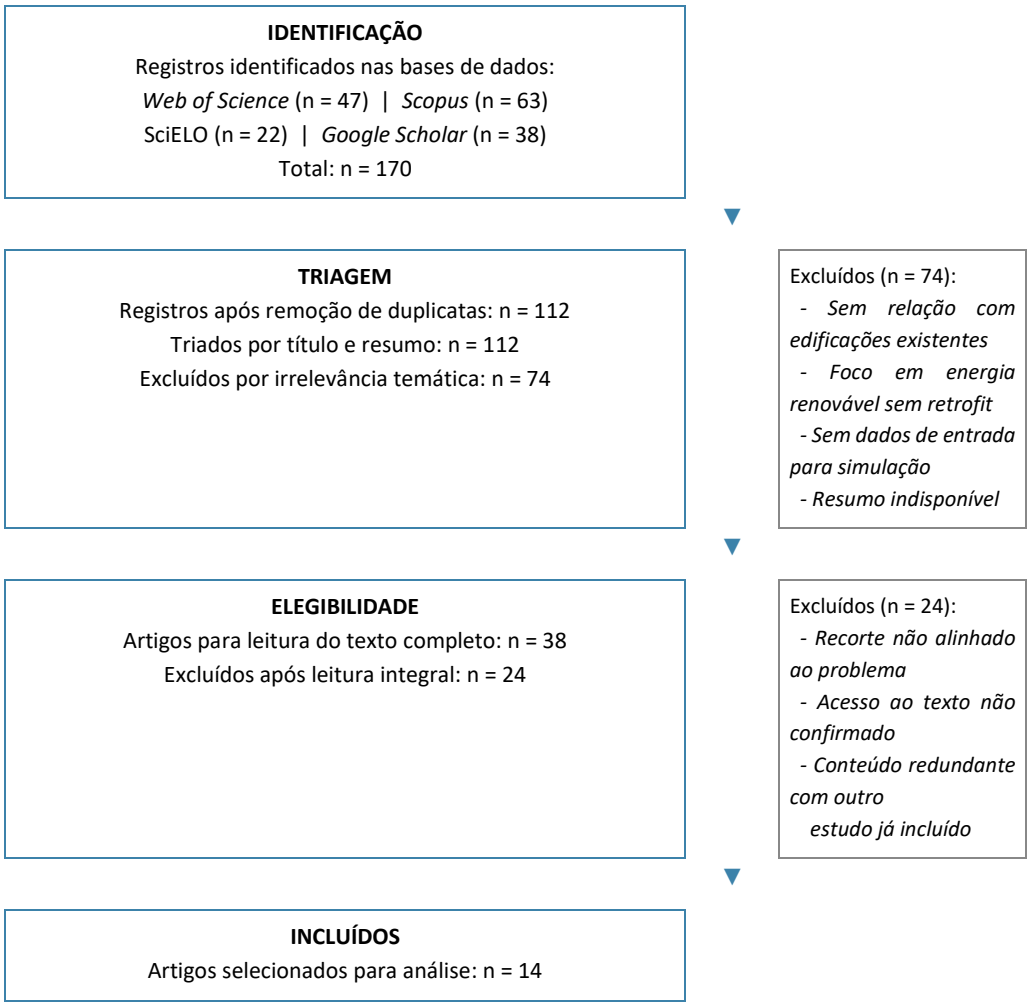
Foram definidos como critérios de inclusão estudos que abordassem a avaliação termoenergética ou o desempenho energético de edificações, com ênfase na utilização ou discussão de dados de entrada, indicadores ou métricas de desempenho, aplicados ao contexto de edificações existentes, *retrofit* ou requalificação energética. Adicionalmente, foram considerados estudos com contribuição relevante para o contexto brasileiro ou para o avanço do estado da arte internacional. Como critérios de exclusão, foram descartados estudos sem resumo disponível, sem relação direta com edificações, com foco exclusivo em geração de energia renovável desvinculada do desempenho do edifício, bem como duplicatas ou trabalhos redundantes.

O processo de seleção, detalhado na Figura 1, partiu de 170 registros identificados nas quatro bases de dados – número já resultante da aplicação das strings de busca, sem pré-seleção manual adicional –, chegando, após remoção de duplicatas, triagem por título e resumo e leitura integral dos textos, a um conjunto final de 14 artigos. Embora numericamente restrito, esse *corpus* reflete a especificidade do recorte adotado, que integra simultaneamente três dimensões ainda pouco exploradas de forma conjunta na literatura: edificações existentes, dados de entrada para simulação energética e suporte à tomada de decisão em *retrofit*.

A extração dos dados foi realizada por meio de uma matriz padronizada, contemplando os seguintes campos: objetivo do estudo, tipologia construtiva, contexto geográfico e climático, método adotado, uso de BIM, dados de entrada empregados, indicadores de saída, relação com *retrofit* e principais contribuições. A síntese dos resultados foi conduzida de forma qualitativa e interpretativa, com foco na identificação de padrões de recorrência, variações entre contextos e lacunas de conhecimento.

O fluxo de seleção dos estudos, incluindo as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, está apresentado na Figura 1, conforme adaptação do protocolo PRISMA.

Figura 1: Fluxograma de seleção dos estudos (adaptado do protocolo PRISMA)



Fonte: elaborado pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os estudos selecionados incluem revisões sistemáticas, estudos de caso baseados em simulação computacional, análises de sensibilidade, abordagens de decisão multicritério, diretrizes metodológicas e documentos normativos relacionados ao desempenho termoenergético de edificações, desenvolvidos em diferentes contextos geográficos, como Brasil, Estados Unidos, França, Coreia do Sul, Canadá e Portugal. Essa diversidade permite identificar tanto parâmetros recorrentes entre diferentes cenários quanto aqueles condicionados por fatores climáticos, tipológicos ou regulatórios.

PROPRIEDADES FÍSICAS DA ENVOLTÓRIA

A transmitância térmica (valor U) foi o parâmetro mais recorrente, presente na maior parte dos estudos analisados. Em climas frios e temperados, onde predominam as trocas térmicas por condução, esse parâmetro tende a ser priorizado. Em contrapartida, em climas quentes — como nos estudos brasileiros — a absortância solar (α) e o fator solar dos vidros (*g-value* ou SHGC) assumem maior relevância, por influenciarem diretamente os ganhos térmicos pela envoltória [8][9]. Essa diferença

possui implicações práticas importantes, uma vez que metodologias baseadas em normas europeias tendem a supervalorizar o valor U, podendo subestimar parâmetros críticos para climas tropicais e subtropicais.

A capacidade térmica (Ct) apresenta maior relevância em edificações residenciais naturalmente ventiladas, nas quais a inércia térmica influencia diretamente o conforto interno — condição predominante no parque habitacional brasileiro. Já em edifícios comerciais climatizados, parâmetros associados à área envidraçada e ao controle de ganhos solares, como o percentual de abertura de fachada, tornam-se mais determinantes para o consumo energético [9][10]. A disponibilidade de dados também influencia a análise: enquanto o valor U pode ser estimado com base em composições típicas, parâmetros como α e fator solar frequentemente exigem medições *in loco* ou dados de fabricantes, aumentando o nível de incerteza.

CONDICIONANTES CLIMÁTICOS

Os dados climáticos, geralmente disponibilizados no formato EPW (EnergyPlus Weather), constituem insumos essenciais em todos os estudos baseados em simulação. No Brasil, esses dados estão amplamente disponíveis por meio do INMET e do LabEEE/UFSC, cobrindo mais de 400 localidades. O zoneamento bioclimático brasileiro, conforme a ABNT NBR 15220-3, fornece um referencial fundamental para a contextualização das análises [2].

As variáveis climáticas mais relevantes incluem temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento. Em edificações naturalmente ventiladas, a direção predominante dos ventos também desempenha papel importante na avaliação do potencial de ventilação. Os resultados indicam que os condicionantes climáticos influenciam diretamente a relevância dos demais parâmetros nos modelos de simulação.

PARÂMETROS OPERACIONAIS

Os parâmetros operacionais mais recorrentes incluem perfis de ocupação, ganhos internos de calor provenientes de equipamentos (W/m²), densidade de potência de iluminação (DPI), *setpoints* de sistemas de climatização e taxas de renovação de ar (ACH). Em edificações existentes, a possibilidade de coleta de dados reais de operação representa uma vantagem significativa em relação a projetos novos, reduzindo a dependência de valores normativos.

Estudos como o de Pang *et al.* [11] demonstram que, em edifícios de escritórios climatizados, parâmetros operacionais — especialmente cargas internas de equipamentos e setpoints de temperatura — podem exercer maior influência sobre o consumo energético do que características da envoltória. Esse resultado reforça a necessidade de caracterização detalhada do uso real da edificação em projetos de *retrofit*.

INDICADORES DE DESEMPENHO E CRITÉRIOS DE DECISÃO

O *Energy Use Intensity* (EUI, kWh/m²·ano) é o indicador mais utilizado na literatura internacional, permitindo comparações entre diferentes tipologias de edifícios. No

contexto brasileiro, destacam-se indicadores como ICenv e INI, utilizados em programas de etiquetagem energética, além de métricas de conforto térmico, como temperatura operativa máxima (To,máx) e Percentual de Horas na Faixa de Conforto (PHFT), conforme a ABNT NBR 15575:2025 [3].

Apesar disso, indicadores de conforto ainda são pouco considerados em estudos de *retrofit*, especialmente em análises econômicas. Farsaei *et al.* [12] identificaram que a análise de custo do ciclo de vida (LCCA) é o método econômico mais utilizado, presente em mais de 60% dos estudos, enquanto apenas 12% incorporam indicadores de conforto térmico. Esse dado evidencia uma desconexão entre os requisitos normativos brasileiros e as práticas internacionais.

Métodos multicritério, como o ELECTRE Tri [13], apresentam potencial para integrar diferentes dimensões — energia, custo, emissões e conforto — em processos decisórios mais abrangentes, embora sua aplicação ainda seja limitada no contexto brasileiro.

COMPATIBILIDADE COM BIM E IMPLICAÇÕES PARA O PRÉ-*RETROFIT*

O Quadro 1 classifica os dados de entrada quanto à sua compatibilidade com fluxos BIM. Parâmetros como valor U e capacidade térmica apresentam compatibilidade plena, podendo ser derivados diretamente das propriedades dos materiais no modelo BIM e transferidos via formatos como IFC ou gbXML. Em contrapartida, parâmetros como absortância solar, fator solar e DPI exigem inserção manual, pois não são calculados automaticamente a partir da geometria.

Quadro 1: Dados termoenergéticos identificados na revisão e sua compatibilidade com fluxos BIM

Grupo	**Dado / Parâmetro**	**Norma/regulamento brasileiro**	**Compat. c/ BIM**
Físicos da envoltória	Transmitância térmica (U)	NBR 15220-2; NBR 15575; RTQ-C/R	Plena
Físicos da envoltória	Absortância solar (α)	RTQ-C; RTQ-R	Parcial
Físicos da envoltória	Fator solar de vidros (FS/g)	RTQ-C	Parcial
Físicos da envoltória	Capacidade térmica (Ct)	NBR 15575	Plena
Físicos da envoltória	PAF/TFAP (%)	RTQ-C	Plena
Climáticos	Arquivo climático (EPW)	INMET/LabEEE-UFSC	Não
Climáticos	Zona bioclimática	NBR 15220-3	Parcial
Operacionais	Perfil de ocupação	RTQ; NBR 15575	Parcial
Operacionais	DPI (W/m²)	RTQ-C	Parcial

Grupo	Dado / Parâmetro	Norma/regulamento brasileiro	Compat. c/ BIM
Operacionais	*Setpoint* do AC (°C)	RTQ	Não
Operacionais	Taxa de ventilação (ACH)	NBR 15575	Não
Indicadores	EUI (kWh/m² por ano)	Referência internacional	Não
Indicadores	ICenv / INI	RTQ-C / RTQ-R	Não
Indicadores	To,máx / PHFT	NBR 15575	Não
Critérios de decisão	Payback; VPL; LCCA	Critérios econômicos	Não

Fonte: elaborado pelos autores.

Dados climáticos, parâmetros operacionais e indicadores de desempenho são externos ao ambiente BIM e devem ser incorporados diretamente nos softwares de simulação. Em edificações existentes, isso implica que o fluxo BIM–BES depende da construção prévia de um modelo *as-built* confiável, geralmente baseado em levantamento *in loco*.

Assim, no contexto de *retrofit*, o processo não se inicia no modelo digital, mas na coleta de dados. A literatura revisada ainda dedica pouca atenção a essa etapa, apesar de sua importância crítica para a qualidade das simulações.

LACUNAS IDENTIFICADAS

A análise dos estudos permitiu identificar três lacunas principais: Baixa atenção à etapa de pré-*retrofit*: a maioria dos estudos assume a disponibilidade dos dados, sem abordar os desafios de sua obtenção em edificações existentes; Variação climática na relevância dos parâmetros: a importância dos dados de entrada varia significativamente entre diferentes zonas climáticas, o que nem sempre é considerado nas metodologias; e Desconexão entre critérios técnicos e econômicos: indicadores regulatórios brasileiros (ICenv, INI, PHFT) raramente são integrados a métricas econômicas como LCCA, VPL e *payback*, limitando análises mais abrangentes.

CONCLUSÕES

Esta revisão sistemática permitiu identificar, classificar e analisar criticamente os principais dados de entrada utilizados na avaliação termoenergética de edificações existentes com foco em *retrofit*, organizando-os em cinco grupos funcionais: propriedades da envoltória, condicionantes climáticos, parâmetros operacionais, indicadores de desempenho e critérios de decisão. Os resultados demonstram que a relevância desses dados não é fixa, mas condicionada ao clima, à tipologia construtiva e ao nível de informação disponível, evidenciando a necessidade de abordagens contextuais na definição de estratégias de avaliação e intervenção.

Do ponto de vista técnico, verificou-se que, em climas quentes, parâmetros como transmitância térmica, absortância solar e fator solar de vidros assumem papel central

na análise, enquanto a capacidade térmica se destaca em edificações naturalmente ventiladas. Em contrapartida, em edificações com climatização artificial, parâmetros operacionais, como *setpoints* de temperatura e densidade de potência de equipamentos e iluminação, podem exercer influência predominante sobre o consumo energético, superando, em determinados contextos, os próprios atributos físicos da envoltória. Esse achado reforça a necessidade de maior atenção à caracterização do uso real da edificação em estudos de *retrofit*.

A análise da compatibilidade dos dados com fluxos BIM evidenciou uma contribuição relevante deste trabalho: a distinção entre dados de compatibilidade plena, parcial e inexistente com o ambiente BIM. Apenas parâmetros derivados da composição construtiva, como transmitância térmica e capacidade térmica, podem ser diretamente extraídos e transferidos para ferramentas de simulação. Por outro lado, variáveis como absortância solar, fator solar e densidade de potência de iluminação requerem atribuição manual, enquanto dados climáticos, operacionais e indicadores de desempenho permanecem externos ao modelo. Essa sistematização fornece um avanço metodológico ao explicitar as exigências de levantamento de dados na etapa de pré-*retrofit*, frequentemente negligenciada na literatura.

No contexto brasileiro, embora normas como a ABNT NBR 15220-3:2024 [2], a ABNT NBR 15575:2025 [3] e os regulamentos técnicos de etiquetagem energética constituam uma base consolidada para avaliação de desempenho, permanecem lacunas críticas relacionadas à obtenção de dados em edificações existentes sem documentação atualizada, à integração efetiva entre BIM e simulação energética nas fases iniciais do processo e à articulação entre indicadores técnicos e critérios econômicos de decisão. Tais lacunas limitam a robustez das análises e a efetividade das intervenções propostas.

Como principal contribuição científica, este estudo avança ao estruturar de forma integrada os dados de entrada relevantes, explicitar sua variabilidade contextual e propor uma leitura crítica de sua aplicabilidade no fluxo BIM–BES em edificações existentes. Como *take-home message*, destaca-se que a confiabilidade das avaliações termoenergéticas em *retrofit* depende menos da sofisticação das ferramentas de simulação e mais da qualidade, adequação e rastreabilidade dos dados de entrada, especialmente na etapa de pré-diagnóstico. Assim, futuros estudos devem priorizar o desenvolvimento de protocolos padronizados de aquisição de dados, bem como a integração entre desempenho energético, viabilidade econômica e modelagem digital, de modo a ampliar a precisão das análises e a efetividade das decisões no contexto do *retrofit* energético.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade de Brasília (UnB) e ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC/UnB) pelo apoio a esta pesquisa.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram a ferramenta de inteligência artificial generativa Claude como apoio à revisão gramatical, ortográfica e de estilo. As sugestões fornecidas foram revisadas, validadas e incorporadas pelos autores que assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] SANHUDO, L. et al. Building information modeling for energy retrofitting: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 89, p. 249-260, 2018. DOI: 10.1016/j.rser.2018.03.064

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2024.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 15575: Edificações habitacionais: Desempenho**. Rio de Janeiro, 2025.

[4] ALHAMMAD, A. et al. Enhancing Building Energy Efficiency through Building Information Modeling (BIM) and Building Energy Modeling (BEM) Integration: A Systematic Review. **Buildings**, v. 14, n. 3, p. 581, 2024. DOI: 10.3390/buildings14030581.

[5] ELNABAWI, M. H. Building Information Modeling-Based Building Energy Modeling: Investigation of Interoperability and Simulation Results. **Frontiers in Built Environment**, v. 6, p. 573971, 2020. DOI: 10.3389/fbuil.2020.573971

[6] VAZ, C. F. et al. Building Information Modeling/Building Energy Simulation Integration Based on Quantitative and Interpretative Interoperability Analysis. **Infrastructures**, v. 9, n. 5, p. 84, 2024. DOI: 10.3390/infrastructures9050084.

[7] PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, p. n71, 2021.

[8] CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações**. Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119–134, out./dez. 2014. DOI: 10.1590/S1678-86212014000400009.

[9] SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise de sensibilidade global dos parâmetros termofísicos de uma edificação residencial de acordo com o método de simulação do RTQ-R. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 135–148, jan./mar. 2013. DOI: 10.1590/S1678-86212013000400010.

[10] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)**. Rio de Janeiro, 2010.

[11] YE, Y. et al. Evaluating the energy impact potential of energy efficiency measures for retrofit applications: a case study with U.S. medium office buildings. **Building Simulation**, 2021. DOI: 10.1007/s12273-021-0765-z.

[12] PAPANGELOPOULOU, M. D.; ALEXAKIS, K.; ASKOUNIS, D. Assessment Methods for Building Energy Retrofits with Emphasis on Financial Evaluation: A Systematic Literature Review. **Buildings**, v. 15, n. 14, p. 2562, 2025. DOI: 10.3390/buildings15142562.

[13] DANIEL, S.; GHIAUS, C. Multi-Criteria Decision Analysis for Energy Retrofit of Residential Buildings: Methodology and Feedback from Real Application. **Energies**, v. 16, n. 2, p. 902, 2023. DOI: 10.3390/en16020902.

[14] KAMEL, E.; MEMARI, A. M. Residential Building Envelope Energy Retrofit Methods, Simulation Tools, and Example Projects: A Review of the Literature. **Buildings**, v. 12, n. 7, p. 954, 2022. DOI: 10.3390/buildings12070954.

[15] DODOO, A.; TETTEY, U. Y. A.; GUSTAVSSON, L. Influence of simulation assumptions and input parameters on energy balance calculations of residential buildings. **Energy**, v. 134, p. 939–950, 2017. DOI: 10.1016/j.energy.2016.11.124.

[16] ASCIONE, F.; DE MASI, R. F.; DE ROSA, M.; VANOLI, G. P. Energy refurbishment of existing buildings through the use of phase change materials: Energy savings and indoor comfort in the cooling season. **Applied Energy**, v. 113, p. 990–1007, 2014. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.08.045.

[17] DEHGHAN, F.; AMORES, C. P. Simulation-Based Multi-Objective Optimization for Building Retrofits in Iran: Addressing Energy Consumption, Emissions, Comfort, and Indoor Air Quality Considering Climate Change. **Sustainability**, v. 17, n. 5, p. 2056, 2025. DOI: 10.3390/su17052056.

[18] ROSSO, F.; CIANCIO, V.; DELL'OLMO, J.; SALATA, F. Multi-objective optimization of building retrofit in the Mediterranean climate by means of genetic algorithm application. **Energy and Buildings**, v. 216, Article 109945, 2020. DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.109945.