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.v21i1.8371

Integração entre *building information modeling* (BIM) e inteligência artificial (IA) em projetos elétricos: uma revisão da literatura

Integration between building information modeling (BIM) and artificial intelligence (AI) in electrical design projects: a literature review

Frederico Marques da Costa
Universidade Federal de Goiás | Goiânia | Brasil | fredcosta13@discente.ufg.br
Gelson da Cruz Júnior
Universidade Federal de Goiás | Goiânia | Brasil | gcruzjr@ufg.br

Resumo

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre a integração entre *Building Information Modeling* (BIM) e Inteligência Artificial (IA) em projetos elétricos. A metodologia consistiu em uma análise sistemática da literatura recente (2020-2026), focando em aplicações de extração automática de circuitos, otimização de rotas e manutenção preditiva. Os resultados indicam que a sinergia BIM-IA pode reduzir erros de cálculo em sistemas de baixa tensão em até 12%, além de automatizar a reconstrução semântica de modelos digitais. Conclui-se que a integração dessas tecnologias é fundamental para o avanço da tecnologia de *smart buildings*, embora a padronização e a interoperabilidade de dados ainda representem desafios significativos para a automação plena da disciplina elétrica.

Palavras-chave: Construção Civil, Inteligência Artificial, Modelagem da Informação da Construção (BIM), Projetos Elétricos, Smart Buildings.

Abstract

This paper presents a literature review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) in electrical projects. The methodology consisted of a systematic analysis of recent literature (2020-2026), focusing on applications such as automated circuit extraction, routing optimization, and predictive maintenance. Results indicate that BIM-AI synergy can reduce calculation errors in low-voltage systems by up to 12%, while automating the semantic reconstruction of digital models. The study concludes that the integration of these technologies is essential for the advancement of smart building technology, although data standardization and interoperability still pose significant challenges for the full automation of the electrical discipline.

Keywords: Artificial Inteligence, Building Information Modeling (BIM), Civil Construction, Electrical Projects, Smart Buildings.

INTRODUÇÃO

O setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) enfrenta desafios crônicos relacionados à produtividade, escassez de mão de obra qualificada e frequentes estouros de prazos e custos [1]. Historicamente, esta é uma das indústrias menos digitalizadas, o que limita sua capacidade de enfrentar complexidades crescentes em projetos contemporâneos [1]. Nesse cenário, a adoção do *Building Information Modeling (BIM)* consolidou-se como a espinha dorsal da transformação digital, permitindo a gestão de informações durante todo o ciclo de vida da edificação [2]. Embora o BIM tenha alcançado maturidade em disciplinas como arquitetura e estrutura, sua aplicação em sistemas MEP *(Mechanical, Electrical, and Plumbing)* e, especificamente, em projetos elétricos, ainda apresenta lacunas significativas de automação e precisão [3].

A Inteligência Artificial (IA) surge como o próximo salto tecnológico para o setor, oferecendo capacidades que transcendem a modelagem paramétrica tradicional. Enquanto o BIM atua como o repositório de dados, a IA fornece o "cérebro" necessário para processar esse volume de informações, permitindo análises preditivas e suporte à tomada de decisão [1][2]. No contexto da engenharia elétrica, essa integração é vital, pois o *design* elétrico tradicional ainda depende fortemente de processos manuais e *softwares* de *Computer Aided-Design* (CAD) convencional, que podem gerar erros de cálculo de até 12% no comprimento de cabeamentos e perdas de carga, por exemplo. [4].

Avanços recentes na literatura destacam que a sinergia BIM-IA pode ser aplicada em frentes distintas. Algoritmos de *Deep Learning* e segmentação de instâncias estão sendo utilizados para a extração automática de circuitos a partir de plantas baixas geradas em 2D, convertendo arquivos analógicos em modelos digitais semânticos com alta precisão [5][6]. Simultaneamente, frameworks integrativos buscam otimizar o projeto detalhado de sistemas de baixa tensão [7] e implementar estratégias de manutenção preditiva em componentes MEP através de sensores de Internet das Coisas (*IoT*) [8]. A atuação na industrialização de sistemas prediais, viabiliza a pré-fabricação e montagem de módulos MEP, onde a sinergia BIM-IA garante precisão milimétrica, resultando em eficiência logística, redução de resíduos e alta produtividade [13].

Apesar desses benefícios, a implementação prática enfrenta barreiras críticas, como a falta de padronização de dados, desafios de interoperabilidade e a necessidade de infraestruturas computacionais robustas [9]. Além disso, a literatura aponta uma fragmentação nas pesquisas, com poucos *frameworks* que consolidam a aplicação da IA especificamente na disciplina elétrica de forma sistêmica [10]. Diante disso, este artigo apresenta uma revisão sistemática de literatura sobre as tecnologias digitais aplicadas a projetos elétricos, focando na integração BIM-IA. O objetivo é sistematizar as tendências de pesquisa entre 2020 e 2026, identificando frentes de atuação dessa sinergia, contribuições para a eficiência do design e lacunas tecnológicas que ainda impedem a automação plena da área.

METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica sistemática de natureza exploratória e qualitativa. O procedimento metodológico foi estruturado para identificar o estado da arte da convergência entre BIM e IA, com recorte específico na disciplina de engenharia elétrica, seguindo as etapas de busca, triagem e categorização.

Para a seleção do portfólio bibliográfico, adotou-se o procedimento sistemático baseado nas diretrizes do protocolo PRISMA [12]. A coleta de dados foi realizada em bases de dados científicas de relevância global: *Scopus*, *Web of Science* e *IEEE Xplore*. De modo que a escolha destas bases se justifica pela alta concentração de estudos sobre automação na construção e tecnologias da informação [1].

As *strings* de busca, utilizadas na coleta de dados, foram estruturadas em inglês para abranger a produção internacional, utilizando operadores booleanos:

- ("BIM" OR "*Building Information Modeling*")
- AND ("*Artificial Intelligence*" OR "*Machine Learning*" OR "*Deep Learning*")
- AND ("*Electrical Design*" OR "*MEP Systems*" OR "*Electrical Installation*").

O recorte temporal foi definido entre 2020 e 2026, período que compreende o surgimento de modelos de IA generativa e redes neurais convolucionais avançadas aplicadas ao setor AECO [2]. Ainda na etapa de triagem, os critérios de inclusão foram: (a) artigos de periódicos e anais de conferências revisados por pares; (b) estudos que apresentassem *frameworks*, algoritmos ou estudos de caso práticos; e (c) pesquisas focadas na automação do *design* ou operação de sistemas elétricos. Foram excluídos estudos que tratavam de BIM ou IA de forma genérica, sem aplicação direta em componentes MEP ou elétricos, bem como artigos duplicados.

Os artigos selecionados foram submetidos a uma análise de conteúdo e categorizados em três eixos temáticos principais, permitindo uma visão holística da disciplina elétrica:

- **Automação e Reconhecimento Semântico:** Pesquisas focadas na transição do projeto 2D para o BIM, utilizando redes neurais convolucionais e segmentação de instâncias para identificar componentes e circuitos elétricos em plantas não vetoriais [5][6].
- **Otimização de *Design* e Engenharia Detalhada:** Estudos que utilizam algoritmos e *scripts* para automação de cálculos de carga, roteamento otimizado de eletrodutos e fiação, visando a redução de erros de projeto e desperdício de materiais [4][7][8].
- **Gestão, Operação e Manutenção (*O&M*):** Trabalhos que exploram o uso de IA e sensores *IoT* para o monitoramento em tempo real de ativos elétricos e a implementação de planos de manutenção preditiva baseados em dados [11].

A base teórica e os desafios de implementação desta integração [9][10] foram analisados de forma transversal, utilizando os estudos de revisão e *frameworks* [1][2][3] para fundamentar as discussões críticas de cada eixo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da literatura revela que a integração entre BIM e IA em projetos elétricos está deixando de ser uma proposta teórica para se tornar um conjunto de ferramentas aplicáveis. Os resultados foram estruturados conforme os eixos definidos na metodologia, destacando-se o desempenho dos algoritmos e os ganhos de eficiência reportados.

EIXO 1: AUTOMAÇÃO E RECONHECIMENTO SEMÂNTICO

Um dos maiores gargalos identificados é o acervo analógico: edifícios existentes cujos projetos elétricos sobrevivem apenas em plantas 2D ou arquivos não vetoriais (PDF/JPG). Estudo de extração de circuitos elétricos de plantas baixas demonstra que o uso de modelos de *Instance Segmentation* (segmentação de instâncias) permite identificar componentes elétricos com alta precisão, superando as limitações do reconhecimento de padrões tradicional [5]. Ainda na limitações de reconhecimento de padrões em projetos, estudos apontam a dificuldade de se fazer esse levantamento devido a diferenças regionais dos projetos, tornando a identificação dos circuitos nos projetos mais complexas [5][14].

Complementarmente, um estudo propôs um método de reconstrução automática de modelos BIM para sistemas MEP que alcançou um *mIoU* (*Mean Intersection over Union*) de 92,18% [6]. Este resultado é significativo, pois reduz drasticamente o esforço manual de modelagem de nuvens de pontos ou plantas 2D, transformando pixels em objetos paramétricos (famílias para o Autodesk Revit, por exemplo) com coordenadas e dimensões precisas. A discussão desses autores converge para o fato de que a IA não apenas identifique o desenho, mas compreenda a semântica da instalação elétrica, facilitando processos de retrofit.

EIXO 2: OTIMIZAÇÃO DE DESIGN E ENGENHARIA DETALHADA

Neste domínio, o foco recai sobre a produtividade do projetista. Trabalhos evidenciam que métodos convencionais de CAD possuem uma margem de erro de aproximadamente 12% no cálculo de comprimentos de cabos [4]. A aplicação de *scripts* baseados em IA para o roteamento automático de cabos dentro do ambiente BIM elimina essa discrepância, otimizando o consumo de materiais.

O sistema desenvolvido por Yan et al. [8] expande essa capacidade para o projeto detalhado, permitindo que a IA auxilie no posicionamento de componentes e na verificação de conformidade normativa em tempo real. A discussão desses resultados aponta que a automação via IA eleva o nível de detalhamento (LOD) do modelo sem aumentar proporcionalmente as horas de engenharia, atacando diretamente o problema de produtividade [1].

EIXO 3: GESTÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (O&M)

A fase de operação é a mais longa do ciclo de vida de uma edificação e onde se concentra a maior parte dos custos. Uma pesquisa propôs um *framework* de manutenção preditiva baseado em dados que integra modelos BIM com sensores de

Internet das Coisas. Através de algoritmos de *Machine Learning*, o sistema é capaz de prever falhas em componentes MEP antes que elas ocorram, permitindo uma transição da manutenção corretiva para uma estratégia proativa baseada na condição real dos ativos [11].

Essa abordagem é complementada por estudos, que discutem a evolução do BIM para Gêmeos Digitais (*Digital Twins*) [2]. A discussão dos resultados indica que a integração da IA permite que o modelo digital não seja apenas uma representação estática, mas um sistema dinâmico que aprende com o histórico de consumo elétrico e comportamento dos usuários. Investigação conduzida sobre essa inteligência aplicada à operação é o que define a maturidade de um projeto AECO como "inteligente", mitigando riscos operacionais e otimizando o desempenho energético da edificação [10].

A Tabela 1 sintetiza as principais tecnologias identificadas nesta revisão, relacionando os autores às suas contribuições específicas para a disciplina de elétrica.

Tabela 1: Síntese das principais tecnologias e benefícios identificados na literatura (2020 – 2026)

Autor(es)	Tecnologia Principal	Aplicação na Elétrica (MEP)	Principais Resultados
Urbieta et al.	*Deep Learning* (Segmentação)	Extração de circuitos em plantas 2D	Conversão automatizada de legado analógico para BIM.
Wang e Fang	Segmentação Semântica	Reconstrução de Sistemas MEP	Precisão de 92,18% (mIoU) na identificação de componentes.
Pogorelskiy et al.	*Scripts* de Automação	Roteamento de baixa tensão	Redução de 12% nos erros de cálculo de comprimento de cabos.
Yan et al.	BIM *Detailed Design*	Projeto Elétrico Detalhado	Aumento do LOD (*Level of Development*) com menor esforço manual.
Cheng et al.	IA+IoT+BIM	Manutenção Preditiva	Previsão de falhas e extensão da vida útil de ativos elétricos.
Khan et al.	Revisão de *Frameworks*	Interoperabilidade e Dados	Identificação de barreiras críticas e estratégias de mitigação

Fonte: o autor, 2026.

DISCUSSÃO TRANSVERSAL: DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO

Apesar dos avanços individuais nos três eixos, a análise conjunta dos autores [1][9][10] aponta que a interoperabilidade continua sendo a limitação metodológica da área. A falta de padronização nas bibliotecas de componentes elétricos e a dificuldade de tradução de dados entre softwares de diferentes fabricantes impedem uma automação de ponta a ponta.

Além disso, estudos ressaltam que a implementação prática de IA em projetos elétricos exige uma mudança de cultura organizacional e investimentos em infraestrutura computacional, uma vez que o processamento de grandes nuvens de pontos e o treinamento de redes neurais demandam alto poder de processamento [9]. Assim, os resultados mostram que, embora a tecnologia exista e apresente ganhos de até 12% em precisão [4], sua adoção em larga escala depende da superação de barreiras normativas e técnicas de troca de dados dentro do padrão IFC (*Industry Foundation Classes*), formato de arquivo aberto e padrão para troca de dados na metodologia BIM.

CONCLUSÕES

O presente artigo realizou uma revisão sistemática da literatura recente (2020-2026) sobre a convergência entre BIM e Inteligência Artificial, com foco específico na disciplina de projetos elétricos. A análise dos estudos permitiu concluir que a integração dessas tecnologias não apenas resolve problemas históricos de produtividade, mas redefine a precisão técnica no setor AECO.

As evidências convergentes dos artigos analisados demonstram que:

- O uso de redes neurais para extração de circuitos a partir de plantas 2D [5][6] é a solução mais viável para o massivo estoque de edificações existentes que carecem de modelos digitais para gestão e retrofit.
- A automação de cálculos e roteamento de cabos via IA [4][8] pode mitigar erros de dimensionamento em até 12%, garantindo maior conformidade normativa e economia de recursos.
- A sinergia entre BIM e manutenção preditiva baseada em dados [11] transforma o modelo elétrico em um ativo dinâmico, essencial para a viabilização de *Smart Buildings* e a redução de custos operacionais a longo prazo.

Entretanto, as discussões também revelaram que a interoperabilidade e a falta de padronização de dados [9][10] continuam sendo barreiras críticas. O pleno potencial da IA na engenharia elétrica depende da criação de bibliotecas de componentes mais ricas em metadados e de um fluxo de trabalho menos fragmentado entre projetistas e gestores de facilidades.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a investigação de modelos de IA generativa aplicados especificamente à verificação automatizada de normas técnicas locais (como a NBR 5410 no contexto brasileiro), bem como o estudo da viabilidade econômica da implementação dessas tecnologias em empresas de médio porte no setor de construção civil.

AGRADECIMENTOS

FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE GOIÁS (FAPEG)

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram tecnologias assistidas por IA no processo de pesquisa dos artigos. 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] ABIOYE, S. O. et al. Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. Journal of Building Engineering, v. 44, 103299, p. 1-24, nov. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103299

[2] SACKS, R.; GIROLAMI, M.; BRILAKIS, I. Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech. Developments in the Built Environment, v. 4, 100011, p. 1-9, dez. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100011

[3] VALDEBENITO, R.; FORCAEL, E. Integrating Artificial Intelligence and BIM in Construction: Systematic Review and Quantitative Comparative Analysis. Applied Sciences, v. 15, n. 23, 12470, p. 1-25, nov. 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/app152312470

[4] POGORELSKIY, S.; GRIGORYAN, E.; KOCSIS, I. BIM-Based Approach for Low-Voltage Line Design and Further Operation. Applied Sciences, v. 15, n. 18, 9296, p. 1-22, set. 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/app15189296

[5] URBIETA, M.; URBIETA, M.; BURRIEL, G. AI-driven extraction of electrical circuits from floorplans for BIM. Automation in Construction, v. 182, 106746, p. 1-18, fev. 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.106746

[6] WANG, D.; FANG, Y. Automatic BIM Reconstruction for Existing Building MEP Systems from Drawing Recognition. Buildings, v. 15, n. 1, p. 1-20, jan. 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15010001

[7] ALVES, J. L.; PALHA, R. P.; ALMEIDA FILHO, A. T. Towards an integrative framework for BIM and artificial intelligence capabilities in smart AECO projects. Automation in Construction, v. 174, 106168, p. 1-19, jun. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.106168

[8] YAN, Y. et al. Development and Implementation of a System for Electrical Engineering BIM Detailed Design in Construction Projects. Buildings, v. 15, n. 16, 2960, p. 1-22, ago. 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15162960

[9] KHAN, A. A. et al. Integrating Building Information Modelling and Artificial Intelligence in Construction Projects: A Review of Challenges and Mitigation Strategies. Technologies, v. 12, n. 10, 185, p. 1-28, out. 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/technologies12100185

[10] ALVES, J. L.; PALHA, R. P.; ALMEIDA FILHO, A. T. Towards an integrative framework for BIM and artificial intelligence capabilities in smart AECO projects. Automation in Construction, v. 174, 106168, jun. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.106168

[11] CHENG, J. C. P. et al. Data-driven predictive maintenance planning framework for MEP components based on BIM and IoT using machine learning algorithms. Automation in Construction, v. 112, 103087, abr. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103087

[12] PAGE, M. J. et al. A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 31, n. 2, e2022107, 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1679-49742022000200033.

[13] YAN, G.; YANG, Y.; ZHANG, H.; LI, Z.; CHEN, S.; ZHAO, X.; SUN, Z.; FAN, X.; ZHANG, M.; HUANG, L.; et al. A Review of Life Cycle Construction Process and Cutting-Edge Technology

in Prefabricated MEP Installation Engineering. Buildings, v. 14, p. 630, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings14030630.

[14] URBIETA, M., URBIETA, M., LABORDE, M., et al. Generating BIM model from structural and architectural plans using Artificial Intelligence, Journal of Building Engineering, Volume 78, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107672.