

EVOLUÇÃO DAS DIMENSÕES BIM E SUA INTEGRAÇÃO COM TECNOLOGIAS EMERGENTES: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS RECENTES

EVOLUTION OF BIM DIMENSIONS AND THEIR INTEGRATION WITH EMERGING TECHNOLOGIES: RECENT TRENDS AND PERSPECTIVES

EVOLUCIÓN DE LAS DIMENSIONES BIM Y SU INTEGRACIÓN CON LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES: TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS RECIENTES

Gustavo Dias de Castro¹
Suellen Gonçalves Santos²
Ricardo Silva Resende³
Marcelo Franco Porto⁴

RESUMO: O artigo buscou analisar a evolução das dimensões do *Building Information Modeling* (BIM) e sua integração com tecnologias emergentes na indústria da construção civil. Por meio de uma revisão bibliográfica exploratória, foram examinados estudos publicados entre 2024 e 2026 nas bases Scopus, Web of Science e Google Scholar. Os resultados indicam que a principal transformação recente do BIM não está relacionada à criação de novas dimensões, mas à integração das dimensões já consolidadas (3D a 7D) com tecnologias como Gêmeos Digitais (*Digital Twins*), Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT). Os estudos analisados demonstram que essa convergência amplia as capacidades de monitoramento, previsão, tomada de decisão e gestão ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Além disso, evidenciam benefícios relacionados à redução de custos, otimização de prazos, aumento da eficiência operacional, melhoria da sustentabilidade e fortalecimento das estratégias de manutenção preditiva. Conclui-se que o BIM está evoluindo de uma ferramenta voltada à modelagem da informação para uma plataforma inteligente de gestão integrada, capaz de operar com dados em tempo real e apoiar decisões estratégicas em diferentes fases dos ativos construídos.

1

Palavras-chave: Dimensões BIM. Gêmeos Digitais. Tecnologias Emergentes.

ABSTRACT: The article analyzes the evolution of Building Information Modeling (BIM) dimensions and their integration with emerging technologies in the construction industry. Through an exploratory literature review, studies published between 2024 and 2026 in the Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases were examined. The results indicate that the main recent transformation of BIM is not related to the creation of new dimensions, but rather to the integration of the already established dimensions (3D to 7D) with technologies such as Digital Twins, Artificial Intelligence (AI), and the Internet of Things (IoT). The analyzed studies demonstrate that this convergence enhances capabilities for monitoring, forecasting, decision-making, and management throughout the lifecycle of construction projects. Furthermore, they highlight benefits related to cost reduction, schedule optimization, increased operational efficiency, improved sustainability, and strengthened predictive maintenance strategies. It is concluded that BIM is evolving from an information modeling tool into an intelligent integrated management platform capable of operating with real-time data and supporting strategic decision-making across different stages of built assets.

Keywords: BIM Dimensions. Digital Twins. Emerging Technologies.

¹Graduado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestrando em Gestão na Construção Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais.

²Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestranda em Gestão na Construção Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais.

³Professor. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

⁴Professor. Universidade Federal de Minas Gerais.

RESUMEN: El artículo analiza la evolución de las dimensiones del Building Information Modeling (BIM) y su integración con tecnologías emergentes en la industria de la construcción. Mediante una revisión bibliográfica exploratoria, se examinaron estudios publicados entre 2024 y 2026 en las bases de datos Scopus, Web of Science y Google Scholar. Los resultados indican que la principal transformación reciente del BIM no está relacionada con la creación de nuevas dimensiones, sino con la integración de las dimensiones ya consolidadas (3D a 7D) con tecnologías como los Gemelos Digitales (Digital Twins), la Inteligencia Artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT). Los estudios analizados demuestran que esta convergencia amplía las capacidades de monitoreo, predicción, toma de decisiones y gestión a lo largo del ciclo de vida de los proyectos de construcción. Además, evidencian beneficios relacionados con la reducción de costos, la optimización de plazos, el aumento de la eficiencia operativa, la mejora de la sostenibilidad y el fortalecimiento de las estrategias de mantenimiento predictivo. Se concluye que el BIM está evolucionando de una herramienta orientada al modelado de información hacia una plataforma inteligente de gestión integrada, capaz de operar con datos en tiempo real y apoyar la toma de decisiones estratégicas en las diferentes etapas de los activos construidos.

Palabras clave: Dimensiones BIM. Gemelos digitales. Tecnologías emergentes.

INTRODUÇÃO

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) apresenta-se como uma das principais tecnologias aplicadas à Indústria da Construção. Muito além de uma simples modelagem tridimensional, a integração de informações geométricas, técnicas e gerenciais possibilita um ambiente digital colaborativo que amplia, de forma progressiva, seu potencial de utilização.

A cada inclusão de novos conjuntos de dados ao modelo (dimensões), o BIM expande sua capacidade analítica e gerencial, transformando os modelos digitais em plataformas integradas de gestão da informação e de suporte à tomada de decisões ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos construídos (Mousa *et al.*; Li; Zhao, 2025).

Atualmente, além das dimensões tradicionais voltadas à modelagem (3D), ao planejamento (4D) e aos custos (5D), destacam-se aplicações relacionadas à sustentabilidade (6D) e à gestão de ativos (7D). Embora essas dimensões estejam consolidadas na literatura, estudos recentes indicam que a principal evolução do BIM não ocorre pela criação de novas dimensões, mas pela integração das já existentes com tecnologias emergentes, como Gêmeos Digitais (*Digital Twins*), Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT).

Com a expansão dessas dimensões, é possível observar impactos significativos em diferentes aspectos da gestão dos empreendimentos. Entre os benefícios identificados, destacam-se a melhoria da coordenação entre equipes, a redução de retrabalhos, o aumento da

produtividade, o controle mais eficiente de prazos e custos, bem como o fortalecimento das estratégias de sustentabilidade (Kumar *et al.*, 2025; Wang *et al.*, 2025).

Estudos mais recentes apontam para uma mudança de paradigma na aplicação do BIM, que deixa de atuar apenas como ferramenta de modelagem e coordenação de informações para assumir um papel mais estratégico na gestão dos empreendimentos. Nesse contexto, a incorporação de tecnologias emergentes tem possibilitado a utilização de dados em tempo real, análises preditivas e processos mais avançados de suporte à tomada de decisão.

Nesse sentido, o presente artigo tem por objetivo analisar como as tecnologias emergentes vêm ampliando as aplicações das dimensões BIM tradicionais, com destaque para os Gêmeos Digitais (*Digital Twins*), a Inteligência Artificial (IA) e a Internet das Coisas (IoT). Adicionalmente, por meio do levantamento de artigos publicados na área, busca-se realizar uma síntese das tendências identificadas na literatura recente, destacando a transição da modelagem da informação para a gestão inteligente da informação.

MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica exploratória, realizada com o objetivo de identificar e analisar artigos recentes que abordem explicitamente a evolução das dimensões do BIM ou a sua integração com tecnologias emergentes aplicadas à Indústria da Construção.

A escolha dessa abordagem justifica-se pelo objetivo de mapear a evolução das dimensões do BIM e suas integrações com tecnologias emergentes em publicações recentes (2024-2026), abrangendo desde as dimensões tradicionais do BIM (3D-7D) até sua associação com *Digital Twins*, Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT).

Para o mapeamento da literatura, foram utilizadas as bases Scopus, Web of Science e Google Scholar, reconhecidas pela abrangência de publicações científicas nas áreas de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação. A estratégia de busca incluiu palavras-chave como “dimensões do BIM”, “gêmeos digitais”, “inteligência artificial”, “internet das coisas” e “tecnologias emergentes”, com filtro de data entre 2024 e 2026.

Foram incluídos artigos publicados entre 2024 e 2026 relacionados à integração entre BIM, *Digital Twins*, IA e IoT na construção civil, excluindo-se trabalhos duplicados ou sem aderência ao tema.

A seleção ocorreu em duas etapas: leitura de títulos e resumos e leitura integral dos artigos potencialmente elegíveis. Os estudos selecionados foram posteriormente analisados e sintetizados por meio de um quadro comparativo contendo ano, autor(es), tema central, contribuição principal declarada pelos autores, tecnologias destacadas no artigo, possível relação com as dimensões tradicionais e impactos reportados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A literatura identificada no período entre 2024 e 2026 demonstra uma mudança gradual no foco das pesquisas relacionadas ao BIM. Enquanto estudos anteriores concentravam-se predominantemente nas aplicações das dimensões BIM para modelagem, planejamento e orçamento, as pesquisas mais recentes direcionam sua atenção para a integração dessas dimensões com *Digital Twins*, Inteligência Artificial, Internet das Coisas e plataformas inteligentes de gestão da informação.

Em 2024, o estudo de Badenko *et al.* (2024) já discutia princípios para a integração sustentável entre o BIM e os *Digital Twins*, revelando que a associação dessas tecnologias poderia contribuir para a redução dos impactos ambientais e para a melhoria da eficiência operacional ao longo do ciclo de vida das edificações.

Sob outra perspectiva, Revolti *et al.* (2024) investigaram a transição da modelagem da informação da construção para *Digital Twins* aplicados à construção de edifícios e à gestão de facilidades. O estudo aponta desafios e lacunas para essa transição, destacando a ausência de estruturas e protocolos adequados para a conexão de sensores.

Nesse mesmo período, Alnaser *et al.* (2024) desenvolveram um *framework* para avaliação da maturidade organizacional na adoção conjunta de BIM e *Digital Twins*. O estudo concluiu que fatores como prontidão organizacional, disponibilidade de profissionais qualificados, padronização de processos, interoperabilidade de dados e capacitação técnica constituem elementos críticos para o sucesso da implantação.

Os estudos publicados em 2025 evidenciam um crescimento das pesquisas voltadas à integração entre BIM, *Digital Twins* e sistemas preditivos. Khoshkonesh *et al.* (2025) validaram um *framework* integrado BIM 4D/5D-Digital Twin para o controle preditivo de obras, possibilitando melhorias na precisão das estimativas de prazo e na capacidade de identificação antecipada de desvios de cronograma.

Gebre *et al.* (2025) aprofundaram essa discussão ao analisar a aplicação integrada de BIM e *Digital Twins* em megaempreendimentos. Como resultado, o estudo identificou potencial para a otimização dos custos ao longo do ciclo de vida, a redução de desperdícios, a melhoria do desempenho operacional e o fortalecimento das estratégias de manutenção preditiva.

Com uma perspectiva direcionada à gestão pública, Zavaleta (2025) argumenta que a utilização conjunta de BIM e *Digital Twins* pode favorecer a gestão inteligente de equipamentos públicos, especialmente em atividades relacionadas à manutenção preventiva e ao monitoramento de desempenho.

Raqeb e Ghaffar (2025) destacam que a dimensão da sustentabilidade está diretamente vinculada ao uso de IoT e de sensores inteligentes aplicados ao monitoramento da eficiência energética e do desempenho ambiental dos edifícios. O estudo também aborda a gestão de ativos, relacionando-a ao emprego de plataformas digitais de governança de dados.

Muhudin *et al.* (2026) ressaltam que a convergência entre BIM e *Digital Twins* sinaliza uma evolução natural da modelagem da informação para ambientes digitais inteligentes. De acordo com os autores, uma importante contribuição dessa integração está na capacidade de monitorar, de forma contínua, o desempenho dos ativos construídos por meio de dados em tempo real.

5

Por fim, o *framework* proposto por Schery *et al.* (2026) aponta para uma nova etapa evolutiva da construção digital, caracterizada pela integração simultânea entre BIM, *Digital Twins* e Inteligência Artificial. Segundo os autores, essa convergência pode transformar os modelos BIM em sistemas inteligentes capazes de apoiar decisões estratégicas em tempo real ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos.

Assim, com base nos artigos analisados, o quadro a seguir organiza, de forma comparativa, seus principais elementos, relacionando três eixos centrais: a possível relação com as dimensões BIM, as tecnologias emergentes e os impactos na construção, associados ao ano de publicação, aos autores e ao tema central de cada estudo.

No quadro 1 é apresentada uma síntese comparativa dos estudos analisados, relacionando os autores, os temas centrais, as principais contribuições apresentadas pelos autores, as tecnologias emergentes empregadas e seus respectivos impactos na construção civil.

Quadro 1 – Síntese comparativa dos artigos estudados

Ano	Autor(es)	Tema central	Contribuição principal dos autores	Tecnologias destacadas	Relação com dimensões BIM tradicionais	Impactos na indústria da construção
2024	Revolti, Gualtieri, Pauwels e Dallasega	Evolução do BIM para <i>Digital Twin</i> na construção	<i>Framework</i> conceitual para transição de BIM para <i>Digital Twin</i> ao longo do ciclo de vida das edificações	BIM, <i>Digital Twin</i> , IoT, sensores, computação em nuvem, análise de dados	3D, 4D, 5D, 6D e 7D	Monitoramento em tempo real, manutenção preditiva, integração de sistemas e suporte à decisão.
2024	Alnaser, Ali, Elmousalami, Elyamany e Mohamed	Prontidão para adoção BIM-DT em construção sustentável	<i>Framework</i> para avaliação dos fatores críticos de sucesso para adoção BIM- <i>Digital Twin</i> sustentável	<i>Digital Twin</i>	6D	Identificação dos fatores que favorecem a adoção BIM-DT sustentável.
2024	Badenko, Bolshakov, Celani e Puglisi	Integração sustentável entre BIM e <i>Digital Twin</i> em infraestrutura industrial	Formulação de princípios para integração sustentável BIM-DT em ambientes industriais	<i>Digital Twin</i> , IoT, sensores, <i>Machine Learning</i>	6D e 7D	Otimização de recursos, manutenção preditiva e melhoria da sustentabilidade industrial.
2025	Jorge Pablo Aguilar Zavaleta	Gestão inteligente de edifícios públicos pós-ocupação	Aplicação integrada de BIM e <i>Digital Twin</i> para gestão de edifícios públicos	BIM, <i>Digital Twin</i> , IoT, IA, <i>Big Data Analytics</i>	6D e 7D	Melhoria da manutenção, monitoramento e eficiência operacional
2025	Gebre, Albaadani, Aryan e Mohammed	Otimização de custos do ciclo de vida em megaprojetos	Revisão sistemática da integração BIM-DT para gestão do ciclo de vida	BIM, <i>Digital Twin</i> , IoT, IA, <i>Machine Learning</i> , BMS	6D e 7D	Redução de custos do ciclo de vida e melhoria da manutenção preditiva
2025	Khoshkonesh, Mohammada gha e Ebrahimi	<i>Framework Digital Twin</i> integrado para controle preditivo de custos e cronograma	Integração de BIM, IA e <i>Digital Twin</i> para controle probabilístico de cronograma e custos	BIM 4D/5D, <i>Digital Twin</i> .	4D e 5D	Redução de resíduos, eficiência energética e melhoria da gestão de ativos
2025	Hanan Al-Raqeb e Seyed Hamidreza Ghaffari	Papel do BIM 6D e BIM 7D na construção sustentável	Investigação do uso de BIM 6D e 7D para sustentabilidade, resíduos, ciclo de vida e gestão de ativos	GIS, <i>Facility Management</i> , manutenção preditiva	6D e 7D	Redução de resíduos, eficiência energética e melhoria da gestão de ativos.

Ano	Autor(es)	Tema central	Contribuição principal dos autores	Tecnologias destacadas	Relação com dimensões BIM tradicionais	Impactos na indústria da construção
2026	Abdulhalim Abdulrahman Mahmoudin et al.	Reinterpretação da integração BIM-DT para ambientes construídos inteligentes	Abordagem sociotécnica para integração BIM-DT baseada em governança e interoperabilidade e	Digital Twin, governança digital, interoperabilidade, gestão de dados	7D	Fortalecimento da governança e da maturidade organizacional para ambientes inteligentes

Fonte: Autoria (2026).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura recente confirma que o BIM se encontra em um momento de transformação estrutural, caracterizado não pela criação de novas dimensões, mas pela integração progressiva das dimensões já consolidadas (3D a 7D) com tecnologias emergentes como os Gêmeos Digitais (*Digital Twins*), a Inteligência Artificial (IA) e a Internet das Coisas (IoT). Essa convergência representa uma mudança de paradigma significativa: o BIM deixa de atuar exclusivamente como ferramenta de modelagem e coordenação de informações para assumir o papel de plataforma inteligente de gestão integrada ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos.

Os estudos analisados evidenciam que essa integração amplia consideravelmente as capacidades de monitoramento em tempo real, previsão de desvios, tomada de decisão e gestão de ativos. Em especial, a associação entre BIM 4D/5D e *Digital Twins* tem demonstrado potencial para o controle preditivo de cronogramas e custos, enquanto a integração com as dimensões 6D e 7D tem fortalecido as estratégias de sustentabilidade, eficiência energética e manutenção preditiva. A incorporação de sensores IoT e análises baseadas em IA confere aos modelos BIM uma dinâmica até então inviável, permitindo a atualização contínua das informações e a antecipação de cenários críticos.

Apesar dos avanços identificados, a literatura também aponta desafios que precisam ser superados para a plena consolidação dessa transição. Aspectos como a ausência de estruturas padronizadas para conexão de sensores, a necessidade de interoperabilidade entre plataformas, a prontidão organizacional e a qualificação de profissionais são apontadas como fatores críticos para o sucesso da implantação conjunta de BIM e *Digital Twins*. Tais barreiras reforçam a

importância de políticas de capacitação, governança de dados e padronização de processos no setor da construção civil.

Conclui-se, portanto, que o BIM está em processo de evolução para um ecossistema digital inteligente, no qual a modelagem da informação é complementada por capacidades analíticas avançadas, conexão com sistemas físicos em tempo real e suporte à decisão estratégica. Esse movimento consolida o BIM como tecnologia estruturante da Indústria da Construção 4.0, com potencial para transformar significativamente a forma como empreendimentos são planejados, executados, operados e mantidos. Pesquisas futuras devem aprofundar a avaliação de implementações práticas dessa integração, investigando resultados mensuráveis em projetos reais e contribuindo para a consolidação de referências metodológicas no campo.

REFERÊNCIAS

Alnaser, AA; Hassan Ali, A.; Elmousalami, HH; Elyamany, A.; Gouda Mohamed, A. **Estrutura de avaliação da prontidão para BIM-Gêmeo Digital na indústria da construção.** *Buildings* **2024**, *14*, 268. <https://doi.org/10.3390/buildings14010268>

Al-Raqeb, H.; Ghaffar, SH. **O papel do BIM 6D e 7D no aprimoramento das práticas de construção sustentável: um estudo qualitativo.** *Technologies* **2025**, *13*, 65. <https://doi.org/10.3390/technologies13020065>

Badenko V, Bolshakov N, Celani A, Puglisi V. **Principles for Sustainable Integration of BIM and Digital Twin Technologies in Industrial Infrastructure.** *Sustainability*. **2024**; *16*(22):9885. <https://doi.org/10.3390/su16229885>

DAS, Karan; KHURSHEED, Salman; PAUL, Virendra Kumar. **The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies.** *Discover Materials*, v. 5, n. 1, p. 25, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00200-2>.

Diaz Schery CA, Caiado RGG, Ivson P, Santos R, Thadeu Corseuil E. **Uma estrutura integrativa para a convergência de BIM, duas digitais e IA generativa na construção: uma análise multidimensional de sinergias e fatores facilitadores.** *Ambiente Construído Inteligente e Sustentável* **2026**, Vol. antecipado Não. antecipado. <https://doi.org/10.1108/SASBE-08-2025-0502>

Gebre, D. G., Albaadani, S. A. M. M., Aryan, J. K., & Mohammed, U. T. (2025). **Integration of Building Information Modelling (BIM) and Digital Twins for Lifecycle Cost Optimisation in Mega Projects.** *Journal of Scientific Research and Reports*, *31*(10), 950–968. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i103639>

KHOSHKONESH, Atena; MOHAMMADAGHA, Mohsen; EBRAHIMI, Navid. **Integrated 4D/5D digital-twin framework for cost estimation and probabilistic schedule control: a Texas mid-rise case study.** **2025**. DOI: [10.48550/arXiv.2511.1571](https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.1571).

Muhudin, AA; Shafiullah, M.; Al-Ramadan, B.; Zami, MS; Zamani, MT; Herzallah, L. **Reformulando o BIM e os Gêmeos Digitais para Ambientes Construídos Inteligentes.** *Smart Cities* **2026** , 9 , 71. <https://doi.org/10.3390/smartcities9040071>

Revolti, A., Gualtieri, L., Pauwels, P., & Dallasega, P. (2024). **Da modelagem de informações da construção ao gêmeo digital da construção: uma estrutura conceitual.** *Production & Manufacturing Research* , 12 (1). <https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2387679>

Wang, X. , Pan, Y. e Chen, J.-J. (2025). **Gêmeo digital com aprendizado profundo informado por incerteza para avaliação quantitativa rápida de riscos em escavações profundas.** *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* , 40, 4226–4252. <https://doi.org/10.1111/mice.70049>

ZAVALETA, Jorge Pablo Aguilar. **Digital Twins and BIM Towards the Smart Management of Post Occupancy Public Buildings.** *Advance Research in Sciences*, v. 3, n. 1, p. 1027, 2025. DOI: <https://doi.org/10.54026/ARS/1027>