

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Curso de Bacharelado em Engenharia Civil

MARCIO RICARDO ALVES DOS SANTOS CARNEIRO

Building Information Modeling (BIM): benefícios, desafios e perspectivas de
implementação na construção civil brasileira – uma revisão bibliográfica.

SÃO LUÍS - MA

2026

MARCIO RICARDO ALVES DOS SANTOS CARNEIRO

Building Information Modeling (BIM): benefícios, desafios e perspectivas de implementação na construção civil brasileira – uma revisão bibliográfica.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Bacharelado em Engenharia Civil da
Universidade Federal do Maranhão
como requisito parcial para obtenção
do grau em Bacharel em Engenharia
Civil sob orientação do Prof. Dr.
Paulo Cesar de Oliveira Queiroz.

SÃO LUÍS - MA

2026

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Carneiro, Marcio Ricardo Alves dos Santos.

Building Information Modeling BIM: : benefícios, desafios e perspectivas de implementação na construção civil brasileira uma revisão bibliográfica / Marcio Ricardo Alves dos Santos Carneiro. - 2026.

75 p.

Orientador(a): Paulo Cesar de Oliveira Queiroz.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, São Luís Ma, 2026.

1. Building Information Modeling. 2. Bim. 3. Construção Civil. 4. Gestão de Projetos. 5. Transformação Digital. I. de Oliveira Queiroz, Paulo Cesar. II. Título.

MARCIO RICARDO ALVES DOS SANTOS CARNEIRO

Building Information Modeling (BIM): benefícios, desafios e perspectivas de implementação na construção civil brasileira – uma revisão bibliográfica.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Bacharelado em Engenharia Civil da
Universidade Federal do Maranhão
como requisito parcial para obtenção
do grau em Bacharel em Engenharia
Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 17 de julho 2026.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo Cesar de Oliveira Queiroz

Prof. Dr. Fabio Diéguez Barreiro Mafra

Prof. Dr. Wener Miranda Teixeira dos Santos

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte de sabedoria, força e esperança, por me conceder a vida, saúde, discernimento e perseverança ao longo desta caminhada acadêmica. Nos momentos de dificuldade, foi a fé que renovou minhas forças e permitiu que eu seguisse firme na busca por este objetivo.

À minha família, expresso minha mais profunda gratidão pelo amor, incentivo, compreensão e apoio incondicional durante toda a minha trajetória. A confiança depositada em mim e o constante estímulo foram fundamentais para superar os desafios enfrentados ao longo do curso e da elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Cesar de Oliveira Queiroz, agradeço pela disponibilidade, dedicação, paciência e pelas valiosas contribuições oferecidas durante o desenvolvimento desta pesquisa. Seus conhecimentos, orientações e incentivo foram essenciais para o amadurecimento deste estudo e para minha formação acadêmica e profissional.

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA), agradeço pela oportunidade de realizar esta graduação, bem como a todos os professores que contribuíram para minha formação ao longo do curso. Cada disciplina, orientação e experiência vivenciada foi importante para a construção dos conhecimentos que fundamentaram este trabalho.

Aos colegas de curso e amigos, agradeço pela convivência, pela troca de experiências, e pelo companheirismo durante esta jornada. Os desafios compartilhados tornaram o percurso mais leve e enriquecedor.

E por fim, agradeço também aos pesquisadores, autores e instituições cujas obras serviram de base para esta revisão bibliográfica. A produção científica desenvolvida por esses profissionais foi indispensável para a construção do conhecimento apresentado neste trabalho.

Que este trabalho represente não apenas a conclusão de uma etapa acadêmica, mas também o início de novos desafios, aprendizados e oportunidades de crescimento profissional.

“O Deus dos céus fará que
sejamos bem-sucedidos.”

- Neemias 2:20 (NVI)

RESUMO

O Building Information Modeling (BIM) tem se consolidado como uma das principais ferramentas para a transformação digital da indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), promovendo mudanças significativas na forma de projetar, construir, operar e gerenciar empreendimentos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar os fundamentos do BIM, suas principais dimensões e aplicações, bem como identificar os benefícios, os desafios de implementação e o panorama de sua adoção no contexto da construção civil brasileira. A revisão da literatura evidenciou que o BIM representa uma mudança de paradigma em relação aos métodos tradicionais de desenvolvimento de projetos, ao integrar informações geométricas, técnicas, temporais, financeiras e operacionais em um modelo digital colaborativo. Verificou-se que suas aplicações abrangem todas as etapas do ciclo de vida das edificações, incluindo concepção, compatibilização de projetos, planejamento, orçamentação, execução, operação e manutenção, contribuindo para a melhoria da qualidade dos empreendimentos, redução de retrabalhos, aumento da produtividade, maior precisão na gestão de custos e fortalecimento da colaboração entre os diferentes agentes da construção civil. Entretanto, a pesquisa também demonstrou que a implementação da metodologia ainda enfrenta desafios relacionados aos investimentos iniciais, à capacitação profissional, à interoperabilidade entre sistemas, à padronização dos processos organizacionais e à resistência às mudanças culturais nas empresas. No cenário brasileiro, observou-se que a Estratégia BIM BR e a adoção das normas da série ABNT NBR ISO 19650 representam importantes avanços para a disseminação dessa metodologia na indústria da construção civil.

Palavras-chave: *Building Information Modeling*, BIM, Construção Civil, Gestão de Projetos, Transformação Digital.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) has become one of the main methodologies driving the digital transformation of the Architecture, Engineering, Construction and Operation (AECO) industry, significantly changing the way construction projects are designed, executed, operated and managed. In this context, this study aimed to analyze the fundamentals of BIM, its main dimensions and applications, as well as to identify its benefits, implementation challenges and the current scenario of its adoption in the Brazilian construction industry. The literature review showed that BIM represents a paradigm shift from traditional design methods by integrating geometric, technical, temporal, financial and operational information into a collaborative digital model. The results indicate that BIM can be applied throughout the entire life cycle of a building, including design, multidisciplinary coordination, planning, cost estimation, construction, operation and maintenance, contributing to improved project quality, reduced rework, increased productivity, more accurate cost management and enhanced collaboration among stakeholders. However, the study also identified significant barriers to BIM implementation, including high initial investment, the need for professional training, interoperability issues, process standardization and organizational resistance to change. In the Brazilian context, the BIM BR Strategy and the adoption of the ABNT NBR ISO 19650 standards have played an important role in promoting the dissemination of this methodology across the construction industry.

Keywords: *Building Information Modeling*, BIM, Construction Industry, Project Management, Digital Transformation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dimensões do BIM	13
-----------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dimensões do BIM.....	14
Quadro 2 – Comparação entre as dimensões do BIM	21
Quadro 3 – Aplicações do BIM na fase de projeto.....	27
Quadro 4 – Principais aplicações do BIM ao longo do ciclo de vida	32

LISTA DE ABREVIATURAS DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AECO	Architecture, Engineering, Construction and Operation (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação)
BIM	Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)
BCF	BIM Collaboration Format
BEP	BIM Execution Plan
CAD	Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)
CDE	Common Data Environment (Ambiente Comum de Dados)
IDS	Information Delivery Specification
IFC	Industry Foundation Classes
IoT	Internet of Things (Internet das Coisas)
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)
LCA	Life Cycle Assessment
NBR	Norma Brasileira
PMI	Project Management Institute

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 JUSTIFICATIVA.....	3
3 OBJETIVOS	4
3.1 Objetivo Geral	4
3.2Objetivos Específicos	4
4 METODOLOGIA.....	5
5 REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
5.1EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DA GESTÃO DE PROJETOS	6
5.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	9
5.3DIMENSÕES DO BIM	13
5.3.1 BIM 3D Modelagem Tridimensional.....	14
5.3.2 BIM 4D Planejamento Temporal.....	16
5.3.3 BIM 5D Planejamento Financeiro.....	17
5.3.4 BIM 6D Sustentabilidade e Desempenho.....	17
5.3.5 BIM 7D Operação e Manutenção	19
5.3.6 Considerações Sobre as Dimensões do Bim	20
5.4 APLICAÇÕES DO BIM	22
5.4.1 Aplicações na Fase de Concepção e Projeto	23
5.4.2 Compatibilização de Projetos	24
5.4.3 Planejamento e Gerenciamento da Construção.....	25
5.4.4 Levantamento Quantitativo e Orçamento	26
5.4.5 Gestão da Execução.....	27
5.4.6 Segurança do Trabalho	28
5.4.7 Sustentabilidade e Desempenho Ambiental.....	29
5.4.8 Gestão da Operação e Manutenção	30
5.4.9 Infraestrutura e Obras Públicas.....	31
5.4.10 Considerações Sobre as Aplicações do BIM	32
5.5 BENEFÍCIOS DO BIM.....	33
5.5.1 Integração e Colaboração entre Equipes.....	34
5.5.2 Compatibilização de Projetos e Redução de Conflitos	35
5.5.3 Redução de Retrabalhos e Desperdícios.....	36
5.5.4 Planejamento e Controle da Execução	37

SUMÁRIO

5.5.5 Controle de Custos e Orçamentação	37
5.5.6 Apoio à Tomada de Decisão	38
5.5.7 Sustentabilidade e Desempenho das Edificações	39
5.5.8 Operação e Manutenção das Edificações.....	40
5.5.9 Benefícios Estratégicos para o Setor da Construção.....	41
5.6 DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM.....	42
5.6.1 Investimentos Iniciais e Custos de Implementação.....	42
5.6.2 Resistência à Mudança e Cultura Organizacional.....	43
5.6.3 Capacitação Profissional e Desenvolvimento de Competências	44
5.6.4 Interoperabilidade entre Sistemas	45
5.6.5 Padronização dos Processos e Gestão da Informação.....	46
5.6.6 Aspectos Jurídicos e Contratuais	47
5.6.7 Desafios da Implementação do BIM no Contexto Brasileiro.....	48
5.6.8 Perspectivas para Superação dos Desafios.....	50
5.7 A ESTRATÉGIA BIM BR	51
5.7.1 Contexto Histórico da Criação da Estratégia BIM BR.....	51
5.7.2 Objetivos e Diretrizes da Estratégia BIM BR.....	51
5.7.3 Marco Regulatório da Estratégia BIM BR.....	52
5.7.4 A Estratégia BIM BR e a Normalização Brasileira.....	53
5.7.5 Impactos da Estratégia BIM BR na Transformação Digital da Construção Brasileira.....	53
5.7.6 Perspectivas Futuras da Estratégia BIM BR.....	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

Segundo Eastman et al. (2018), a construção civil é um dos setores mais relevantes para o desenvolvimento socioeconômico, desempenhando papel fundamental na implantação de infraestruturas, na produção de edificações, na geração de empregos e na movimentação de uma ampla cadeia produtiva. Entretanto, apesar de sua importância estratégica, esse setor ainda convive com desafios históricos relacionados à baixa produtividade, à fragmentação dos processos de projeto, aos elevados índices de desperdício de materiais, aos atrasos na execução das obras, às incompatibilidades entre projetos e às dificuldades de comunicação entre os diversos agentes envolvidos nos empreendimentos. Tais fatores impactam diretamente os custos, os prazos e a qualidade das construções, evidenciando a necessidade de modernização dos processos e da incorporação de tecnologias capazes de promover maior integração, eficiência e confiabilidade na gestão das informações.

Nesse contexto, conforme destaca Succar (2009), o BIM (*Building Information Modeling*), representa uma mudança de paradigma na forma de conceber, projetar, construir, operar e gerenciar edificações e obras de infraestrutura. Eastman et al. (2018) afirmam que, diferentemente dos métodos tradicionais baseados em documentos bidimensionais, o BIM utiliza modelos digitais inteligentes que concentram informações geométricas, técnicas, financeiras e operacionais em um ambiente colaborativo, permitindo que arquitetos, engenheiros, construtores, gestores e proprietários compartilhem dados de forma integrada durante todas as fases do empreendimento.

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), mais do que uma ferramenta computacional, o BIM constitui uma metodologia de gestão da informação orientada ao ciclo de vida das edificações. Seu potencial vai além da elaboração de modelos tridimensionais, abrangendo aplicações relacionadas ao planejamento executivo, à compatibilização de projetos, à orçamentação, ao controle de custos, à gestão da execução, à sustentabilidade, à operação e à manutenção dos ativos construídos. Azhar (2011) destaca que a utilização do BIM contribui para a redução de retrabalhos, o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade dos projetos e a tomada de decisões baseada em informações mais consistentes e confiáveis.

De acordo com Santos (2019), a disseminação do BIM no Brasil intensificou-se a partir da segunda década do século XXI, impulsionada tanto pela crescente adoção da metodologia pelo setor privado quanto pela implementação de políticas públicas voltadas ao aumento da produtividade e da competitividade da construção civil. Nesse contexto, a instituição da Estratégia BIM BR pelo Governo Federal representou um marco para a expansão do BIM no país, ao estabelecer diretrizes para sua adoção gradual em contratações públicas federais (BRASIL, 2019; BRASIL, 2024). Paralelamente, a publicação das normas ABNT NBR ISO 19650, em consonância com a série internacional ISO 19650, fortaleceu a padronização dos processos de gestão da informação e aproximou o Brasil das melhores práticas internacionais relacionadas à implementação do BIM.

Para Succar e Kassem (2015), apesar desses avanços, a implementação da metodologia ainda enfrenta importantes desafios. Barreiras relacionadas aos investimentos iniciais, à capacitação profissional, à interoperabilidade entre diferentes plataformas computacionais, à padronização dos processos organizacionais e à resistência à mudança continuam limitando a adoção plena do BIM em parte das organizações da construção civil. Além disso, observa-se significativa heterogeneidade quanto ao nível de maturidade digital das empresas, evidenciando que a transformação digital do setor ocorre de forma gradual e desigual.

Eastman et al. (2018) ressaltam que, embora os benefícios do BIM sejam amplamente reconhecidos pela literatura e pela prática profissional, sua efetiva implementação depende da consolidação de processos colaborativos, da capacitação dos profissionais e da adequada gestão da informação ao longo do ciclo de vida das edificações. Nessa perspectiva, a adoção da metodologia ultrapassa a simples utilização de ferramentas computacionais e requer mudanças estruturais na forma de desenvolver, compartilhar e gerenciar as informações dos empreendimentos.

2 JUSTIFICATIVA

A escolha desse tema justifica-se pela crescente importância que o BIM vem assumindo no cenário nacional e internacional. A digitalização da construção civil deixou de representar uma tendência tecnológica para tornar-se um requisito estratégico para organizações que buscam elevar seus níveis de produtividade, competitividade e sustentabilidade. Além disso, a ampliação das exigências relacionadas ao uso do BIM em contratações públicas e privadas evidencia a necessidade de formação de profissionais capazes de compreender não apenas as ferramentas computacionais, mas também os processos colaborativos e os princípios de gestão da informação que caracterizam essa metodologia.

Sob a perspectiva acadêmica, esta pesquisa contribui para a sistematização do conhecimento produzido sobre o BIM, reunindo conceitos, aplicações, benefícios, desafios e diretrizes normativas presentes na literatura científica nacional e internacional. Ao integrar diferentes abordagens teóricas, o estudo oferece uma visão abrangente da evolução da metodologia e de sua importância para a transformação digital da construção civil.

No contexto social e econômico, o estudo também apresenta relevância ao discutir uma metodologia capaz de contribuir para a melhoria da qualidade das obras, redução dos desperdícios, otimização da utilização dos recursos públicos e privados e fortalecimento da sustentabilidade na construção civil. Em um cenário marcado por crescentes exigências relacionadas à eficiência, transparência e responsabilidade ambiental, a adoção de metodologias digitais como o BIM tende a desempenhar papel estratégico na modernização da infraestrutura brasileira.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar, por meio de revisão bibliográfica, os benefícios e desafios da utilização do BIM na construção civil brasileira.

3.2 Objetivos Específicos

Para a determinação do objetivo principal, é necessária a concretização dos seguintes objetivos específicos:

Realizar pesquisa bibliográfica sobre o estado da arte associado ao BIM;

Apresentar os conceitos fundamentais do BIM, e identificar os principais usos dessa metodologia;

Analisar os principais benefícios proporcionados pelo BIM, e identificar os maiores desafios para sua implementação no Brasil, entre outros.

4 METODOLOGIA

A pesquisa foi caracterizada como qualitativa, para tanto seguiu a taxonomia de Vergara (2016). Quanto aos meios e aos fins foi bibliográfica, visto que, ocorreu a revisão de literatura, a fim de que se pudesse aprofundar sobre o tema abordado nessa pesquisa à luz de autores recentes e seminais.

A revisão bibliográfica buscou reunir contribuições de autores clássicos e contemporâneos, bem como documentos normativos e institucionais que orientam a implementação da metodologia no contexto nacional e internacional.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo aborda a evolução da construção civil e da gestão de projetos, a metodologia BIM, seus princípios fundamentais, suas principais dimensões e aplicações, os benefícios decorrentes de sua utilização e as vantagens que essa ferramenta pode apresentar na elaboração de projetos, bem como os desafios associados à implementação dessa metodologia e o panorama atual de sua adoção no Brasil.

5.1 EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DA GESTÃO DE PROJETOS

Segundo Eastman et al. (2018), a construção civil é um dos setores econômicos mais antigos da humanidade e desempenha papel estratégico no desenvolvimento das sociedades, sendo responsável pela criação de infraestrutura, edificações, sistemas de transporte e obras de interesse público. Ao longo dos séculos, o setor passou por profundas transformações decorrentes da evolução tecnológica, da industrialização, do avanço dos materiais construtivos e da incorporação de métodos cada vez mais eficientes de planejamento e gerenciamento de projetos.

Conforme Bill Addis (2007), as primeiras construções eram desenvolvidas de maneira essencialmente empírica, fundamentadas na experiência prática dos construtores e na transmissão de conhecimentos entre gerações. Grandes obras da Antiguidade evidenciam elevado domínio técnico para sua época, embora tenham sido executadas antes da existência de métodos sistematizados de projeto e de representação gráfica. Durante séculos, o processo construtivo esteve diretamente associado à habilidade artesanal dos mestres construtores e ao conhecimento acumulado pela prática.

Ainda de acordo com Addis (2007), a Revolução Industrial representou um marco na evolução da construção civil, promovendo a mecanização dos processos produtivos e a incorporação de novos materiais, como o ferro, o aço e, posteriormente, o concreto armado. Essas inovações impulsionaram a padronização das técnicas construtivas, elevaram a produtividade e contribuíram para atender ao crescimento urbano decorrente da industrialização.

Conforme Eastman et al. (2018), o crescimento da complexidade das edificações exigiu maior integração entre arquitetos, engenheiros e construtores, tornando indispensável o aperfeiçoamento dos processos de coordenação dos projetos.

Segundo Kerzner (2022), ao longo do século XX, especialmente após a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento tecnológico promoveu novas mudanças na engenharia e na arquitetura. A ampliação das estruturas urbanas, o aumento das exigências relacionadas à segurança, ao conforto e ao desempenho das edificações demandaram métodos mais rigorosos de planejamento e controle. Paralelamente, consolidaram-se práticas formais de gerenciamento de projetos, inicialmente voltadas para grandes empreendimentos industriais e militares e, posteriormente, incorporadas pela construção civil.

Nesse cenário, o gerenciamento de projetos passou a ser compreendido como um conjunto estruturado de processos destinados ao planejamento, organização, execução, monitoramento e controle das atividades necessárias para atingir objetivos previamente definidos dentro de restrições de prazo, custo, qualidade e escopo. Segundo o *Project Management Institute* (PMI, 2021), o gerenciamento de projetos busca equilibrar recursos, riscos e expectativas das partes interessadas, promovendo maior previsibilidade e eficiência durante todo o ciclo de vida do empreendimento.

Conforme Eastman (1999), a difusão dos computadores pessoais nas décadas de 1980 e 1990 transformou significativamente o processo de desenvolvimento de projetos de engenharia e arquitetura. Os desenhos elaborados manualmente em pranchetas passaram a ser gradativamente substituídos pelos sistemas de Desenho Assistido por Computador (*Computer-Aided Design* – CAD), proporcionando maior precisão gráfica, facilidade na realização de alterações e ganhos expressivos de produtividade durante a elaboração da documentação técnica.

Ainda de acordo com Eastman et al. (2018), embora os sistemas CAD tenham proporcionado avanços significativos na elaboração dos projetos, sua utilização permaneceu baseada na produção de desenhos bidimensionais independentes. Nesse modelo, cada disciplina desenvolvia sua documentação separadamente, dificultando a coordenação entre arquitetos, engenheiros estruturais e projetistas de instalações. Como consequência, incompatibilidades entre os projetos eram frequentemente identificadas apenas durante a execução da obra, ocasionando retrabalho, aumento dos custos e atrasos no cronograma.

Essa percepção é reforçada por Succar (2009) ao afirmar que, os processos tradicionais baseados em CAD caracterizam-se pela fragmentação das informações entre diferentes disciplinas, dificultando a colaboração entre os agentes envolvidos e aumentando a probabilidade de inconsistências, retrabalho e perdas de produtividade ao longo do ciclo de vida da edificação.

Para Eastman et al. (2018), é nesse cenário que o BIM se consolida como uma evolução significativa dos processos tradicionais de projeto. Diferentemente dos sistemas baseados exclusivamente em desenhos, o BIM propõe a criação de modelos digitais inteligentes que concentram informações geométricas, técnicas, financeiras e operacionais da edificação, permitindo que diferentes profissionais trabalhem de forma colaborativa durante todas as fases do empreendimento.

Segundo Sacks et al. (2010), a principal inovação introduzida pelo BIM não está apenas na representação tridimensional das edificações, mas na integração das informações produzidas ao longo de todo o ciclo de vida do ativo construído. Essa característica favorece a compatibilização dos projetos, reduz conflitos entre disciplinas, melhora a comunicação entre as equipes e amplia a capacidade de planejamento e tomada de decisão.

Fica evidente, portanto, que o desenvolvimento histórico da construção civil guarda estreita dependência com o amadurecimento dos mecanismos de gestão e das tecnologias da informação incorporadas ao desenvolvimento dos projetos (KOSKELA, 1992). Essa trajetória demonstra o deslocamento de um setor historicamente marcado por práticas artesanais e fragmentadas em direção a ecossistemas digitais fortemente integrados e colaborativos, nos quais o dado estruturado assume o papel de ativo estratégico essencial para mitigar riscos e garantir a eficiência dos empreendimentos (MÉNDEZ, 2012). Esse cenário de profunda reestruturação metodológica e operacional consolida as premissas necessárias para a introdução e o entendimento do BIM, cujos fundamentos, dimensões e aplicações práticas serão rigorosamente detalhados nas seções subsequentes.

5.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Conforme Eastman et al. (2018), o BIM representa uma mudança de paradigma na indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) ao substituir documentos fragmentados por modelos digitais inteligentes que integram informações da edificação durante todo o seu ciclo de vida. Succar (2009) destaca que o BIM deve ser compreendido não apenas como uma tecnologia de modelagem tridimensional, mas como uma metodologia fundamentada em processos colaborativos, interoperabilidade e gestão integrada das informações entre os diversos agentes envolvidos no empreendimento.

Segundo Eastman et al. (2018), embora o termo *Building Information Modeling* (BIM) tenha sido amplamente difundido apenas no início dos anos 2000, seus fundamentos conceituais foram desenvolvidos ao longo das décadas anteriores, especialmente a partir das pesquisas sobre modelos digitais orientados a objetos. Nessa abordagem, os elementos construtivos passaram a ser representados como objetos inteligentes, capazes de armazenar informações geométricas, propriedades físicas, especificações técnicas, materiais, custos e relações com os demais componentes da edificação, superando as limitações dos sistemas CAD baseados exclusivamente em entidades gráficas.

Sob essa perspectiva, Sacks et al. (2010) afirmam que o BIM deve ser compreendido como uma metodologia integrada de produção e gerenciamento da informação, na qual modelos digitais inteligentes funcionam como repositórios únicos de dados técnicos, geométricos, econômicos e operacionais. Essa integração permite maior consistência entre os projetos, reduz significativamente conflitos entre disciplinas e favorece decisões mais precisas durante todas as etapas do empreendimento.

Para Eastman et al. (2018), além da integração das informações, outro aspecto fundamental do BIM é sua orientação ao ciclo de vida da edificação. Diferentemente do processo tradicional, no qual os documentos são produzidos de forma independente para cada fase do empreendimento, o modelo BIM acompanha todas as etapas da construção, podendo ser continuamente atualizado à medida que novas informações são incorporadas. Dessa forma, o modelo digital deixa de ser apenas um instrumento de projeto e passa a constituir um ativo estratégico para a gestão do empreendimento após sua conclusão. De forma semelhante, Succar (2009) afirma que o BIM promove a continuidade das informações ao longo de todo o ciclo de vida do

empreendimento, favorecendo a colaboração entre os diferentes agentes e a gestão integrada dos ativos construídos.

Ainda de acordo com Eastman et al. (2018), os princípios fundamentais do BIM baseiam-se na colaboração entre os agentes envolvidos, na interoperabilidade entre diferentes plataformas computacionais e na utilização de um modelo digital compartilhado como fonte única de informações do empreendimento. Essa abordagem assegura maior consistência dos dados, permitindo que modificações realizadas em um componente sejam automaticamente refletidas nas demais representações do modelo, reduzindo inconsistências, retrabalho e erros decorrentes da atualização manual da documentação.

De forma complementar, Succar (2009) destaca que a colaboração, a interoperabilidade e a integração das informações constituem elementos essenciais para a maturidade dos processos BIM, favorecendo a coordenação entre disciplinas e a eficiência ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Outro princípio amplamente discutido na literatura é a utilização de um Ambiente Comum de Dados. Conforme a ISO 19650-1 (2018), o Ambiente Comum de Dados (*Common Data Environment* – CDE) constitui a principal fonte para coleta, gerenciamento, validação e compartilhamento das informações produzidas ao longo do ciclo de vida do empreendimento. O CDE estabelece procedimentos padronizados para controle de versões, rastreabilidade documental, revisão, aprovação e distribuição das informações, promovendo maior confiabilidade, transparência e colaboração entre as equipes envolvidas no processo de desenvolvimento do projeto.

Churcher (2020) destaca que a utilização do CDE representa um dos principais mecanismos para garantir a integridade das informações e a efetiva colaboração entre os diversos agentes envolvidos em projetos desenvolvidos segundo a metodologia BIM.

A série ISO 19650 estabelece os princípios internacionais para o gerenciamento da informação utilizando o BIM ao longo do ciclo de vida dos ativos construídos. As Partes 1 e 2, publicadas em 2018, definem conceitos, princípios, responsabilidades e procedimentos relacionados à produção e ao gerenciamento das informações durante as fases de projeto e construção. Posteriormente, novas partes da série ampliaram sua aplicação para a gestão operacional dos ativos, segurança da informação e requisitos específicos, contribuindo para a padronização internacional dos processos colaborativos e da gestão da informação (ISO, 2018; 2020).

Para Churcher (2020), a série ISO 19650 representa um marco na consolidação das práticas internacionais de gestão da informação em BIM, ao estabelecer uma estrutura padronizada para organização, validação, compartilhamento e utilização das informações ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos.

Entre os conceitos mais relevantes associados ao BIM destaca-se o OpenBIM. Conforme a buildingSMART International, o OpenBIM constitui uma abordagem colaborativa baseada na utilização de padrões abertos e neutros para o desenvolvimento, compartilhamento e gerenciamento das informações da construção. Seu objetivo é garantir a interoperabilidade entre diferentes plataformas computacionais, permitindo que modelos produzidos por softwares distintos possam ser trocados e reutilizados com elevado nível de confiabilidade. De forma semelhante, Eastman et al. (2018) destacam que a interoperabilidade constitui um dos pilares fundamentais do BIM, permitindo a integração das informações entre diferentes aplicações computacionais e reduzindo as limitações impostas por ambientes proprietários.

O principal elemento tecnológico que viabiliza o OpenBIM é o padrão *Industry Foundation Classes* (IFC). Segundo a buildingSMART International, o IFC constitui um padrão aberto de dados desenvolvido para promover a interoperabilidade entre diferentes aplicações BIM. Sua estrutura permite representar digitalmente os componentes da edificação, incluindo suas propriedades, atributos e relacionamentos, possibilitando que modelos produzidos em diferentes plataformas sejam compartilhados, analisados e reutilizados sem dependência de softwares proprietários. Eastman et al. (2018) destacam que o IFC representa o principal mecanismo de interoperabilidade do BIM, permitindo que aplicações de autoria, coordenação, análise, orçamento e operação utilizem uma base comum de informações ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Conforme a ISO 16739 e a buildingSMART International, o IFC vem sendo continuamente atualizado para atender às demandas relacionadas à representação digital de edificações, obras de infraestrutura e ativos urbanos. A utilização desse padrão reduz a dependência de soluções proprietárias, favorece a interoperabilidade entre diferentes plataformas computacionais e contribui para a preservação e reutilização das informações ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Segundo a buildingSMART International, sua atuação vai além do desenvolvimento de padrões tecnológicos, abrangendo iniciativas relacionadas à normalização, certificação profissional, capacitação, pesquisa e cooperação

internacional. Para ampliar a disseminação dessas práticas, a organização conta com capítulos nacionais responsáveis por adaptar as diretrizes internacionais às necessidades locais, promovendo a adoção de padrões abertos e incentivando a transformação digital da indústria da construção. Nesse contexto, Succar (2009) destaca que a consolidação do BIM em diferentes países depende não apenas do desenvolvimento tecnológico, mas também da existência de estruturas institucionais capazes de promover padrões, capacitação e maturidade organizacional.

No contexto brasileiro, a disseminação do BIM ganhou maior impulso a partir da década de 2010, impulsionada tanto pelo interesse da iniciativa privada quanto por políticas públicas voltadas à transformação digital da construção civil. Um marco importante foi a criação da Estratégia BIM BR, instituída pelo Governo Federal com o objetivo de ampliar a adoção da metodologia, estimular o desenvolvimento tecnológico nacional, promover a capacitação de profissionais e aumentar a produtividade do setor. (BRASIL, 2019).

Santos destaca que a consolidação do BIM no Brasil depende da articulação entre políticas públicas, desenvolvimento tecnológico, normalização técnica e capacitação profissional, elementos que passaram a ser fortalecidos com a implementação da Estratégia BIM BR.

A Estratégia BIM BR estabeleceu diretrizes para a implementação gradual do BIM nas contratações públicas federais, incentivando sua utilização nas fases de projeto, execução e gestão dos empreendimentos (BRASIL, 2019; BRASIL, 2024). Paralelamente, instituições como a ABDI e a CBIC desenvolveram manuais, guias técnicos e documentos orientadores voltados à implementação da metodologia e à elaboração de requisitos para contratação em ambiente BIM, contribuindo para a consolidação de um ambiente institucional favorável à transformação digital da construção civil brasileira.

Contudo, a transição plena para o BIM no país ainda esbarra em barreiras estruturais complexas. Conforme apontam os diagnósticos setoriais da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2020), entraves ligados à interoperabilidade de *softwares*, à necessidade de aportes financeiros em infraestrutura digital e à resistência cultural dentro das organizações limitam a velocidade dessa transformação.

Diante desse panorama, fica evidente que o BIM se estabeleceu como um dos vetores de inovação tecnológica mais importantes da indústria da construção civil contemporânea (EASTMAN *et al.*, 2014). Esse processo de maturação reflete uma profunda transição paradigmática no setor, em que a

centralidade do dado e o fluxo integrado da informação passam a nortear todas as fases do ciclo de vida do ativo, estendendo-se desde as etapas de concepção projetual e execução até a gestão de operação e manutenção das obras (SUCCAR, 2009). Essa transformação estabelece as bases para aplicações cada vez mais abrangentes do BIM, tema que será aprofundado nas seções seguintes desta pesquisa.

5.3 DIMENSÕES DO BIM

Conforme Eastman et al. (2018), o BIM evoluiu de uma tecnologia voltada predominantemente à modelagem tridimensional das edificações para uma metodologia capaz de integrar informações relacionadas ao planejamento, aos custos, ao desempenho, à operação e à manutenção dos empreendimentos ao longo de todo o seu ciclo de vida. De forma complementar, Succar (2009) destaca que essa evolução ampliou significativamente as possibilidades de aplicação do BIM, consolidando-o como uma plataforma para integração de processos, pessoas e informações na indústria da construção civil. Essa evolução deu origem ao conceito de dimensões do BIM, utilizado para representar a integração progressiva de diferentes conjuntos de informações ao modelo digital.



Figura 1: Dimensões do BIM

Fonte: Garibaldi (2020)

Vale ressaltar que a nomenclatura das dimensões associadas ao BIM não faz referência a novas propriedades ou extensões geométricas espaciais, mas sim ao acréscimo progressivo de categorias estruturadas de metadados à matriz tridimensional originária (SANTOS; MANZIONE, 2018).

Segundo Eastman et al. (2018), a evolução das dimensões do BIM reflete a transformação da modelagem digital em uma plataforma integrada de gestão da informação, permitindo que diferentes profissionais utilizem o mesmo modelo para finalidades distintas, desde a concepção do projeto até a operação da edificação.

Quadro 1 – Dimensões do BIM

Dimensão	Informação incorporada	Principal aplicação
3D	Geometria e informações técnicas	Projeto e compatibilização
4D	Tempo (cronograma)	Planejamento e simulação da construção
5D	Custos	Orçamentação e controle financeiro
6D	Sustentabilidade e desempenho	Eficiência energética e análises ambientais
7D	Operação e manutenção	Gestão do ciclo de vida do ativo

Fonte: Adaptado de Eastman et al. (2018); Sacks et al. (2010).

5.3.1 BIM 3D – Modelagem Tridimensional

Segundo Eastman et al. (2018), o BIM 3D constitui a base da metodologia BIM, sendo responsável pela criação de modelos digitais inteligentes compostos por objetos paramétricos que representam os diferentes elementos da edificação. Diferentemente dos desenhos bidimensionais tradicionais, esses objetos armazenam informações geométricas e atributos técnicos, além de manterem relações entre si, permitindo atualizações automáticas e maior consistência das informações ao longo do desenvolvimento do projeto. Essa abordagem fundamenta-se nas pesquisas pioneiras de Aish (1986), que propuseram a representação dos componentes construtivos por meio de objetos inteligentes dotados de propriedades e relacionamentos.

Sob essa ótica, cada elemento construtivo deixa de ser uma mera representação gráfica bidimensional ou linha vetorial e passa a atuar como um objeto digital complexo, o qual armazena de forma indissociável propriedades geométricas espaciais e um conjunto abrangente de especificações técnicas, materiais e funcionais (KRYGIEI; NIES, 2008).

Segundo Eastman et al. (2018), uma das principais diferenças entre o CAD e o BIM está na forma de representação dos elementos construtivos. Enquanto no CAD paredes, pilares e vigas são representados por entidades gráficas independentes, no BIM esses componentes são modelados como objetos paramétricos dotados de comportamento inteligente, capazes de armazenar informações relativas aos materiais, dimensões, propriedades físicas, especificações técnicas, custos e relacionamentos com os demais elementos da edificação.

Nessa abordagem, uma parede, por exemplo, deixa de ser uma mera abstração gráfica e passa a atuar como um componente construtivo virtual inteligente, dotado de um banco de dados intrínseco que consolida informações sobre espessura, composição material, propriedades termoacústicas, resistência ao fogo e custos associados (SACKS *et al.*, 2018).

Essa capacidade operacional assegura que quaisquer modificações aplicadas de forma pontual em um determinado componente construtivo sejam imediatamente propagadas por todas as representações documentais derivadas do modelo, incluindo plantas de piso, cortes transversais, elevações e listas automáticas de quantitativos (EASTMAN *et al.*, 2014). Esse dinamismo informacional reduz de maneira significativa a ocorrência de incongruências e omissões técnicas que comumente afetam processos dependentes de atualizações e revisões manuais no método convencional (SACKS *et al.*, 2018).

Outro benefício importante do BIM 3D refere-se à compatibilização entre disciplinas. Segundo Eastman et al. (2018), a integração dos modelos arquitetônico, estrutural e de instalações em um ambiente digital compartilhado possibilita a identificação antecipada de interferências físicas (*clash detection*), reduzindo inconsistências, retrabalhos, custos adicionais e atrasos durante a execução da obra. Fischer et al. (2002) também destacam que a coordenação digital dos projetos favorece a resolução de conflitos ainda na fase de projeto, aumentando a qualidade das informações utilizadas na construção.

Sob a perspectiva da comunicação, a modelagem tridimensional também melhora significativamente a compreensão dos projetos por clientes, investidores e equipes de execução, favorecendo processos decisórios mais transparentes e colaborativos. Succar (2009) destaca que o compartilhamento de um modelo digital comum contribui para a integração das equipes e para a melhoria da comunicação ao longo de todo o ciclo de vida da edificação.

5.3.2 BIM 4D – Planejamento Temporal

Segundo Fischer e Kunz (2004), o BIM 4D incorpora ao modelo tridimensional informações relativas ao cronograma físico da obra, permitindo associar cada elemento construtivo às atividades previstas no planejamento. Essa integração possibilita simular virtualmente a sequência executiva antes do início da construção, favorecendo a visualização do avanço da obra ao longo do tempo, a identificação de conflitos logísticos e a avaliação de diferentes estratégias construtivas. De forma complementar, Eastman et al. (2018) destacam que a simulação temporal proporcionada pelo BIM 4D melhora o planejamento, a coordenação das equipes e o controle da execução, contribuindo para reduzir atrasos e aumentar a eficiência dos empreendimentos.

Para Eastman et al. (2018), a principal contribuição do BIM 4D consiste na melhoria do planejamento da produção, reduzindo incertezas relacionadas à sequência das atividades e aumentando a confiabilidade dos cronogramas.

Além disso, de acordo com Fischer e Kunz (2004), as simulações temporais proporcionadas pelo BIM 4D ampliam a capacidade de comunicação entre gestores, equipes de campo e demais participantes do empreendimento, tornando o cronograma mais compreensível por meio da representação visual da sequência construtiva. Essa abordagem permite acompanhar a evolução da obra, identificar antecipadamente possíveis desvios em relação ao planejamento e adotar medidas corretivas antes que os atrasos comprometam o cronograma geral.

De forma complementar, Eastman et al. (2018) ressaltam que a visualização integrada do modelo e do planejamento favorece a coordenação das equipes e a tomada de decisões durante a execução do empreendimento. Do ponto de vista da gestão, o BIM 4D também auxilia na organização dos canteiros de obras, no planejamento da utilização de equipamentos e na coordenação entre diferentes equipes de execução.

5.3.3 BIM 5D – Planejamento Financeiro

Segundo Eastman et al. (2018), o BIM 5D amplia as funcionalidades da modelagem da informação ao integrar ao modelo digital dados relacionados aos custos da construção. Nessa abordagem, os quantitativos são extraídos diretamente do modelo e associados às informações de materiais, mão de obra, equipamentos e serviços, possibilitando a elaboração de estimativas orçamentárias com maior precisão, rapidez e consistência. Os autores ressaltam ainda que a atualização automática dos quantitativos decorrente de alterações no modelo contribui para reduzir erros, retrabalho e inconsistências frequentemente observados nos processos tradicionais de orçamento.

Ainda de acordo com Eastman et al. (2018), nos processos convencionais de elaboração de orçamentos, alterações de projeto normalmente exigem a realização de novos levantamentos manuais de quantitativos, aumentando o tempo de trabalho e a possibilidade de erros. No ambiente BIM, entretanto, os quantitativos podem ser atualizados automaticamente a partir das modificações realizadas no modelo digital, desde que este esteja adequadamente parametrizado, proporcionando maior consistência das informações e maior confiabilidade às estimativas financeiras.

Outra vantagem importante refere-se ao acompanhamento dos custos durante o desenvolvimento do projeto. Essa integração contínua permite que os coordenadores de projeto e investidores quantifiquem e simulem instantaneamente os reflexos econômicos provocados por quaisquer modificações arquitetônicas, estruturais ou de especificação de insumos (SACKS *et al.*, 2018).

5.3.4 BIM 6D – Sustentabilidade e Desempenho

Embora existam diferentes interpretações na literatura sobre a sexta dimensão, uma das abordagens mais difundidas associa o BIM 6D às análises de sustentabilidade e desempenho das edificações. De acordo com Eastman et al. (2018), a evolução do BIM possibilitou a integração de análises que extrapolam a representação geométrica e os aspectos construtivos, permitindo que o modelo digital seja utilizado como suporte à avaliação do desempenho ambiental e operacional dos empreendimentos. De forma complementar, Succar (2009) destaca que a ampliação das funcionalidades do BIM reflete sua

capacidade de integrar diferentes conjuntos de informações para apoiar processos de tomada de decisão em todas as fases do ciclo de vida da edificação.

Nessa perspectiva, o modelo BIM passa a incorporar informações relacionadas ao consumo energético, à iluminação natural, ao conforto térmico, à eficiência hídrica, às emissões de carbono, ao ciclo de vida dos materiais e aos requisitos de certificações ambientais. Conforme Azhar (2011), a integração dessas informações permite realizar análises de desempenho ambiental desde as etapas iniciais de concepção do projeto, favorecendo o desenvolvimento de edificações mais eficientes e sustentáveis. De maneira semelhante, Krygiel e Nies (2008) ressaltam que a utilização do BIM possibilita simulações ambientais capazes de subsidiar decisões relacionadas à orientação da edificação, seleção de materiais, eficiência energética e redução dos impactos ambientais durante todo o ciclo de vida do empreendimento.

Uma das principais contribuições do BIM 6D consiste na possibilidade de realizar simulações ainda nas fases preliminares de projeto, permitindo comparar diferentes alternativas construtivas antes do início da execução da obra. Segundo Eastman et al. (2018), essa capacidade amplia significativamente o suporte ao processo decisório, uma vez que diferentes soluções podem ser avaliadas quanto ao seu desempenho energético, ambiental e econômico antes da definição final do projeto. Para Azhar (2011), essa abordagem favorece escolhas mais sustentáveis, reduz custos decorrentes de alterações tardias e contribui para elevar a qualidade global dos empreendimentos.

Além dos benefícios ambientais, o BIM 6D também contribui para otimizar o desempenho operacional das edificações durante sua fase de utilização. Conforme Succar (2009) e Eastman et al. (2018), a integração de informações sobre sistemas prediais, consumo de energia, manutenção e operação permite uma gestão mais eficiente dos ativos construídos, reduzindo custos operacionais e promovendo o uso racional dos recursos naturais. Essa característica reforça a importância do BIM como ferramenta de apoio não apenas ao projeto e à construção, mas também à gestão do desempenho das edificações ao longo de todo o seu ciclo de vida.

5.3.5 BIM 7D – Operação e Manutenção

A sétima dimensão do BIM é amplamente associada à gestão da operação e da manutenção das edificações ao longo de seu ciclo de vida. Nessa perspectiva, o modelo digital deixa de desempenhar apenas funções relacionadas ao projeto e à construção, passando a atuar como suporte à gestão dos ativos após a entrega do empreendimento. Segundo Eastman et al. (2018), a utilização do BIM na fase operacional possibilita que as informações produzidas durante o desenvolvimento do projeto permaneçam disponíveis para subsidiar atividades de gerenciamento, manutenção e operação das edificações. De forma semelhante, Succar (2009) ressalta que uma das principais características do BIM é sua capacidade de integrar informações ao longo de todas as fases do ciclo de vida dos ativos construídos.

Após a conclusão da obra, o modelo BIM passa a constituir um repositório digital de informações técnicas do empreendimento, reunindo dados sobre equipamentos, componentes construtivos, fabricantes, garantias, manuais de operação, especificações técnicas, histórico de intervenções e planos de manutenção. Conforme Eastman et al. (2018), essa centralização das informações facilita o acesso aos dados necessários para a gestão patrimonial, reduz o tempo gasto na busca por documentos e melhora a qualidade das decisões relacionadas à operação e à conservação das edificações. A série ABNT NBR ISO 19650 também destaca que a gestão estruturada das informações ao longo do ciclo de vida dos ativos constitui um dos princípios fundamentais da metodologia BIM.

A aplicação do BIM na fase de operação amplia significativamente seu valor para proprietários, gestores de instalações e equipes de manutenção. De acordo com Sacks et al. (2018), a disponibilidade de informações integradas sobre os sistemas prediais permite planejar intervenções preventivas, controlar ativos, acompanhar o desempenho dos equipamentos e reduzir custos operacionais ao longo da vida útil da edificação. Nesse contexto, o modelo BIM deixa de ser apenas um produto da etapa de projeto para tornar-se uma importante ferramenta de apoio ao gerenciamento de facilidades (*Facility Management*), contribuindo para aumentar a eficiência das atividades de manutenção e prolongar a vida útil dos ativos construídos.

Os avanços tecnológicos das últimas décadas ampliaram ainda mais as possibilidades de utilização do BIM na gestão da operação das edificações. Segundo Boje et al. (2020), a integração entre modelos BIM, sensores

inteligentes e tecnologias associadas à Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) permite monitorar continuamente o desempenho dos sistemas prediais, fornecendo dados em tempo real que apoiam estratégias de manutenção preditiva. Essa integração possibilita identificar anomalias antes da ocorrência de falhas, reduzindo interrupções operacionais, aumentando a confiabilidade dos equipamentos e favorecendo uma gestão mais eficiente dos ativos.

Mais recentemente, a evolução do conceito de Gêmeos Digitais (Digital Twins) vem ampliando o potencial da utilização do BIM durante a fase operacional das edificações. Conforme Boje et al. (2020) e Bolton et al. (2018), os Digital Twins representam uma evolução dos modelos BIM tradicionais ao integrar continuamente informações provenientes de sensores, sistemas de automação e outras fontes de dados em tempo real. Essa integração permite representar virtualmente o comportamento da edificação durante sua operação, possibilitando simulações, monitoramento contínuo, análises preditivas e suporte à tomada de decisões voltadas à otimização do desempenho, da manutenção e da gestão dos ativos ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento.

5.3.6 Considerações Sobre as Dimensões do BIM

A classificação do BIM em dimensões constitui uma estratégia amplamente utilizada na literatura para representar a incorporação progressiva de diferentes conjuntos de informações ao modelo digital. Conforme Eastman et al. (2018), as dimensões do BIM representam extensões funcionais do modelo digital, associadas a diferentes tipos de informação e aplicações ao longo do ciclo de vida do empreendimento, e não etapas normativas de adoção da metodologia.

A evolução das dimensões também reflete a ampliação do escopo de utilização da modelagem da informação da construção. Segundo Eastman et al. (2018), o BIM deixou de ser compreendido apenas como um recurso voltado à representação geométrica das edificações, passando a incorporar informações relacionadas ao planejamento, à construção, à operação e à gestão dos ativos. Nesse contexto, o modelo digital passa a desempenhar funções associadas à produção, ao gerenciamento e ao intercâmbio de informações ao longo das diferentes fases do empreendimento.

Quadro 2 – Comparação entre as dimensões do BIM

Dimensão	Benefícios	Principais usuários	Fase do ciclo de vida
3D	Compatibilização, visualização e redução de erros	Arquitetos e projetistas	Projeto
4D	Planejamento e controle de cronogramas	Engenheiros e gestores de obras	Planejamento e execução
5D	Controle financeiro e orçamentação	Orçamentistas e gerentes	Projeto e execução
6D	Sustentabilidade e desempenho	Consultores ambientais e projetistas	Projeto e operação
7D	Operação e manutenção dos ativos	Facility managers e proprietários	Operação e manutenção

Fonte: Adaptado de Eastman et al. (2018); Succar (2009); Sacks et al. (2010).

Observa-se, portanto, que as dimensões do BIM constituem representações conceituais dos diferentes níveis de enriquecimento informacional incorporados ao modelo digital. Conforme Succar e Kassem (2015) e Eastman et al. (2018), essa abordagem permite compreender como diferentes conjuntos de informações podem ser associados ao modelo ao longo do ciclo de vida do empreendimento, ampliando as possibilidades de utilização da metodologia em atividades relacionadas ao projeto, à construção, à operação e à manutenção dos ativos construídos. Essa compreensão fornece a base necessária para a análise das aplicações do BIM, tema abordado na seção seguinte desta revisão bibliográfica.

5.4 APLICAÇÕES DO BIM

A consolidação do BIM como metodologia de trabalho na indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) ampliou significativamente as possibilidades de aplicação das tecnologias digitais ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Conforme Eastman et al. (2018), a evolução do BIM permitiu que a modelagem tridimensional fosse gradativamente complementada por informações técnicas, gerenciais e operacionais, transformando o modelo digital em uma plataforma integrada de gestão da informação.

Essa propriedade integrativa estabelece uma clara distinção entre a metodologia BIM e as abordagens convencionais de engenharia, nas quais o desenvolvimento dos projetos é historicamente marcado pela fragmentação de dados e pela dispersão de arquivos isolados entre si (SUCCAR, 2009). Como resultado imediato, essa convergência de informações otimiza a governança dos dados, eleva a assertividade das decisões gerenciais e impulsiona significativamente os índices globais de desempenho e produtividade dos empreendimentos (SANTOS; MANZIONE, 2018).

Segundo Eastman et al. (2018), o verdadeiro potencial do BIM não está apenas na representação digital da edificação, mas na possibilidade de integrar pessoas, processos e tecnologias em um ambiente colaborativo de gestão da informação. Dessa forma, suas aplicações estendem-se a praticamente todas as etapas do ciclo de vida do ativo construído. Essa concepção também é reforçada pela ABNT NBR ISO 19650, que estabelece princípios para a gestão da informação utilizando BIM desde a concepção do empreendimento até sua operação e manutenção. Nesse contexto, as aplicações do BIM estendem-se ao planejamento, compatibilização de projetos, orçamento, simulações construtivas, análises de desempenho, gestão de ativos e manutenção, consolidando a metodologia como uma das principais ferramentas para a transformação digital da construção civil (ABNT, 2021; EASTMAN et al., 2018).

5.4.1 Aplicações na Fase de Concepção e Projeto

A fase de concepção e desenvolvimento de projetos constitui uma das aplicações mais consolidadas do Building Information Modeling (BIM). Nessa etapa, arquitetos, engenheiros estruturais, projetistas de instalações e demais especialistas elaboram modelos digitais que representam, de forma integrada, os diferentes sistemas que compõem a edificação. Segundo Eastman et al. (2018), o modelo BIM funciona como um ambiente de produção e compartilhamento de informações, permitindo que diferentes disciplinas desenvolvam seus projetos a partir de uma base comum de dados ao longo do processo de concepção.

Diferentemente do processo convencional baseado em representações bidimensionais, a modelagem em BIM utiliza objetos paramétricos para representar os elementos construtivos da edificação. Conforme Eastman et al. (2018) e Sacks et al. (2018), cada objeto do modelo possui características geométricas e atributos associados, como materiais, dimensões, propriedades físicas, especificações técnicas e relacionamentos com outros componentes do empreendimento. Dessa forma, paredes, pilares, vigas, portas, tubulações e demais elementos deixam de ser representados apenas por linhas e símbolos gráficos, passando a constituir componentes digitais com informações estruturadas.

Outra importante aplicação do BIM durante a fase de projeto consiste na realização de análises e estudos técnicos diretamente a partir do modelo digital. De acordo com Krygiel e Nies (2008), o modelo pode servir como base para avaliações relacionadas ao desempenho energético, à iluminação natural, ao conforto ambiental, à análise estrutural, à construtibilidade e à estimativa de custos, permitindo que diferentes alternativas de projeto sejam simuladas e comparadas ainda nas etapas iniciais de desenvolvimento do empreendimento. Essas aplicações tornam o modelo digital uma importante fonte de informações para subsidiar estudos técnicos especializados.

O modelo tridimensional também constitui um instrumento de representação e visualização do empreendimento durante o processo de concepção arquitetônica e de coordenação dos projetos. Conforme Succar (2009), a representação digital da edificação possibilita que os diferentes participantes do empreendimento acessem e interpretem as informações do projeto por meio de um modelo virtual compartilhado, favorecendo a análise das soluções propostas sob diferentes perspectivas técnicas.

5.4.2 Compatibilização de Projetos

Uma das aplicações mais difundidas do BIM refere-se à compatibilização entre projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações. Nessa etapa, os modelos produzidos pelas diferentes disciplinas são desenvolvidos de forma coordenada e posteriormente integrados para análise conjunta. Conforme Eastman et al. (2018), essa abordagem permite representar simultaneamente os diversos sistemas da edificação em um ambiente digital compartilhado, favorecendo a coordenação das informações produzidas pelas equipes de projeto.

Segundo Succar (2009), essa estrutura possibilita o intercâmbio de informações entre os diversos participantes do empreendimento, mantendo a autonomia das disciplinas e permitindo a coordenação do projeto em um ambiente colaborativo. A interoperabilidade entre diferentes plataformas computacionais é viabilizada, em grande parte, pelo uso de padrões abertos, como o Industry Foundation Classes (IFC), desenvolvido pela buildingSMART International.

Uma das principais funcionalidades empregadas nesse processo é a detecção de interferências (*clash detection*). De acordo com Eastman et al. (2018), ferramentas específicas de coordenação analisam automaticamente os modelos federados para identificar situações em que elementos pertencentes a diferentes disciplinas ocupam o mesmo espaço físico ou apresentam incompatibilidades geométricas e funcionais. Esse procedimento pode envolver a verificação de interferências entre tubulações, vigas, pilares, dutos de climatização, eletrocalhas, equipamentos e demais componentes representados no modelo digital.

Além da identificação de conflitos físicos, o processo de compatibilização em ambiente BIM pode incluir verificações relacionadas ao atendimento de requisitos normativos, critérios de projeto e regras previamente estabelecidas pela equipe de coordenação. Conforme Sacks et al. (2018), as informações geradas durante essas análises subsidiam as atividades de revisão dos projetos, permitindo que as equipes avaliem as ocorrências identificadas e realizem os ajustes necessários antes da consolidação das versões finais dos modelos disciplinares. Dessa forma, a compatibilização configura-se como uma aplicação específica do BIM voltada à coordenação técnica das diferentes especialidades envolvidas no desenvolvimento do empreendimento.

5.4.3 Planejamento e Gerenciamento da Construção

Outra importante aplicação do BIM está relacionada ao planejamento executivo das obras. Nessa etapa, o modelo tridimensional pode ser integrado às informações do cronograma físico da obra, dando origem à denominada modelagem 4D, na qual cada elemento construtivo é associado às atividades previstas no planejamento executivo. Conforme Eastman et al. (2018), essa integração permite representar digitalmente a sequência de execução dos serviços, possibilitando a simulação virtual das diferentes etapas construtivas antes do início das atividades em campo.

A vinculação entre o modelo BIM e o cronograma possibilita a visualização da evolução da obra ao longo do tempo, constituindo um instrumento de apoio ao planejamento executivo. Segundo Fischer e Kunz (2004), as simulações temporais permitem representar a ordem de execução dos elementos construtivos, bem como a relação entre as atividades previstas no cronograma e os componentes físicos da edificação. Essa abordagem pode ser empregada para organizar a sequência das operações construtivas e acompanhar a evolução planejada do empreendimento.

Outra aplicação do BIM 4D refere-se ao planejamento da logística do canteiro de obras. De acordo com Sacks et al. (2018), o modelo digital pode ser utilizado para representar áreas de armazenamento de materiais, posicionamento de equipamentos, circulação de trabalhadores e máquinas, acessos provisórios, áreas de apoio e demais elementos temporários necessários à execução da obra. Essas informações podem ser incorporadas ao ambiente de planejamento, permitindo a análise da organização espacial do canteiro ao longo das diferentes fases do empreendimento.

Além da representação da sequência executiva, o BIM pode ser empregado na elaboração e análise de diferentes cenários de planejamento. Conforme Eastman et al. (2018), alterações no cronograma podem ser refletidas nas simulações temporais do modelo, possibilitando comparar alternativas de execução e avaliar diferentes estratégias construtivas durante o desenvolvimento do planejamento. Na mesma perspectiva, Fischer e Kunz (2004) destacam que a visualização temporal proporcionada pela modelagem 4D constitui um recurso para representar e comunicar o planejamento da construção aos diversos participantes do empreendimento.

5.4.4 Levantamento Quantitativo e Orçamentação

Nessa aplicação, os elementos modelados são utilizados como fonte para obtenção de quantitativos necessários ao planejamento econômico da obra. Conforme Eastman et al. (2018), o modelo BIM armazena informações geométricas e atributos associados aos componentes construtivos, permitindo que diferentes tipos de dados sejam extraídos diretamente do modelo digital durante o desenvolvimento do projeto.

Como os elementos do modelo são representados por objetos paramétricos, cada componente possui propriedades que podem incluir dimensões, materiais, especificações técnicas e demais atributos necessários à quantificação. Segundo Sacks et al. (2018), essas características possibilitam a extração de áreas, volumes, comprimentos, quantidades de componentes e outras informações utilizadas na composição dos quantitativos da obra. Dessa forma, o modelo digital passa a constituir uma base de dados para atividades de medição e quantificação dos elementos construtivos.

Outra aplicação do BIM consiste na integração entre os quantitativos extraídos do modelo e sistemas destinados à elaboração de orçamentos. Conforme Eastman et al. (2018), as informações produzidas pela modelagem podem ser vinculadas a bancos de dados de composições de custos e a softwares especializados em orçamento, permitindo associar os elementos construtivos às respectivas informações financeiras. Essa integração caracteriza a denominada modelagem 5D, na qual os dados geométricos e quantitativos são relacionados às estimativas de custos do empreendimento.

Durante o desenvolvimento do projeto, alterações realizadas no modelo digital podem ser refletidas nas tabelas de quantitativos e nas informações utilizadas para a elaboração dos orçamentos, desde que exista integração entre os componentes do modelo e as bases de dados empregadas. De acordo com Eastman et al. (2018), esse processo permite manter a correspondência entre as modificações efetuadas na modelagem e as informações quantitativas associadas aos elementos construtivos, constituindo uma aplicação do BIM voltada ao acompanhamento das estimativas econômicas ao longo da evolução do projeto.

Quadro 3 – Aplicações do BIM na fase de projeto

Aplicação	Objetivo	Benefícios
Modelagem 3D	Representação digital da edificação	Melhor visualização
Compatibilização	Integração das disciplinas	Redução de conflitos
Quantitativos	Extração automática	Precisão nos levantamentos
Orçamentação	Estimativa de custos	Controle financeiro
Planejamento	Simulação construtiva	Melhor gestão do cronograma

Fonte: Adaptado de Eastman et al. (2018).

5.4.5 Gestão da Execução

Durante a execução, o modelo BIM pode ser empregado para registrar e acompanhar o progresso físico da obra por meio da comparação entre as atividades planejadas e aquelas efetivamente executadas. Segundo Sacks et al. (2018), as informações provenientes do cronograma, do modelo digital e dos registros de campo podem ser integradas para representar o andamento da construção, possibilitando o monitoramento das etapas executivas e a atualização das informações relacionadas ao empreendimento.

Outra aplicação do BIM nessa fase refere-se à utilização de plataformas colaborativas baseadas em computação em nuvem (*cloud computing*), que permitem o compartilhamento das informações entre escritório e canteiro de obras. De acordo com a ABNT NBR ISO 19650-1 (2021), a gestão da informação em ambiente BIM deve ocorrer por meio de um Ambiente Comum de Dados (*Common Data Environment – CDE*), no qual os documentos, modelos e demais informações do empreendimento são organizados, armazenados e disponibilizados aos diferentes participantes conforme fluxos previamente estabelecidos.

A integração entre o modelo BIM, dispositivos móveis e plataformas digitais possibilita que profissionais responsáveis pela execução da obra consultem modelos, projetos, especificações técnicas e demais documentos diretamente em campo. Conforme Eastman et al. (2018), as informações produzidas durante as etapas de concepção e planejamento permanecem disponíveis para consulta durante a construção, permitindo que o modelo digital acompanhe a evolução do empreendimento ao longo de sua execução.

5.4.6 Segurança do Trabalho

A utilização do BIM na gestão da segurança do trabalho tem recebido crescente atenção da literatura especializada, especialmente em estudos voltados ao planejamento da execução e ao gerenciamento de riscos em canteiros de obras. Conforme Zhou, Whyte e Sacks (2012), o modelo digital pode ser empregado para incorporar informações relacionadas às condições de segurança durante o desenvolvimento do empreendimento, permitindo que aspectos preventivos sejam considerados desde as fases iniciais do planejamento da construção.

Uma das aplicações do BIM nessa área consiste na representação e análise de situações associadas às atividades executivas da obra. Segundo Zhang et al. (2015), os modelos digitais podem ser utilizados para identificar áreas de circulação de trabalhadores, trajetos de equipamentos, zonas de armazenamento de materiais, áreas de movimentação de cargas e demais elementos que compõem o ambiente de trabalho no canteiro de obras. Essas informações podem ser integradas ao planejamento executivo para apoiar a organização das atividades construtivas.

Outra aplicação refere-se à realização de simulações relacionadas às condições de segurança durante a execução da obra. De acordo com Zhou, Whyte e Sacks (2012), o modelo BIM possibilita representar áreas sujeitas a riscos específicos, posicionamento de proteções coletivas, sistemas provisórios de segurança, rotas de circulação e procedimentos previstos para situações de emergência. Essas simulações podem ser desenvolvidas ainda durante a etapa de planejamento, utilizando o modelo digital como base para a análise das condições operacionais do empreendimento.

Além das simulações, o BIM pode ser integrado a tecnologias digitais utilizadas para o gerenciamento das atividades em campo, como plataformas colaborativas, dispositivos móveis e sistemas de monitoramento. Conforme Sacks et al. (2018), essas integrações permitem associar informações de segurança aos elementos do modelo digital, registrando inspeções, requisitos normativos, procedimentos operacionais e demais informações relacionadas ao planejamento das atividades executivas durante o desenvolvimento da obra.

5.4.7 Sustentabilidade e Desempenho Ambiental

A sustentabilidade e a avaliação do desempenho ambiental constituem importantes campos de aplicação do BIM durante as fases de concepção e desenvolvimento dos projetos. Conforme Krygiel e Nies (2008), o modelo digital pode ser utilizado como fonte de informações para diferentes análises relacionadas ao comportamento ambiental das edificações, permitindo integrar dados geométricos e atributos técnicos necessários às simulações realizadas por ferramentas computacionais especializadas.

Uma das principais aplicações do BIM nessa área consiste na interoperabilidade com softwares destinados à análise do desempenho da edificação. Segundo Azhar, Brown e Sattineni (2010), os modelos BIM podem ser exportados ou compartilhados com aplicações específicas para simulação de desempenho energético, iluminação natural, ventilação, conforto térmico, consumo de água e outras avaliações ambientais realizadas durante o processo de projeto. Essa integração ocorre por meio do intercâmbio de informações entre diferentes plataformas computacionais, utilizando formatos compatíveis e padrões de interoperabilidade.

Outra aplicação refere-se ao suporte às análises comparativas entre alternativas de projeto. De acordo com Eastman et al. (2018), o modelo BIM pode servir como base para a elaboração de diferentes cenários de concepção, permitindo que soluções arquitetônicas, sistemas construtivos, materiais e configurações da edificação sejam submetidos a processos de simulação e avaliação técnica durante o desenvolvimento do projeto.

Além das simulações relacionadas ao desempenho operacional da edificação, o BIM também pode ser empregado em estudos associados ao ciclo de vida dos materiais e à gestão de recursos utilizados no empreendimento. Conforme Sacks et al. (2018), as informações contidas no modelo digital podem ser utilizadas em aplicações voltadas à análise do ciclo de vida (*Life Cycle Assessment* – LCA), à quantificação de materiais, à estimativa de resíduos da construção e demolição e à integração com ferramentas destinadas à avaliação ambiental de edificações.

5.4.8 Gestão da Operação e Manutenção

A utilização do BIM estende-se além das fases de projeto e construção, abrangendo também a operação e a manutenção das edificações ao longo de seu ciclo de vida. Conforme Eastman et al. (2018), após a conclusão da obra, o modelo digital pode continuar sendo utilizado como repositório de informações relacionadas ao ativo construído, acompanhando as atividades desenvolvidas durante sua fase operacional.

Durante essa etapa, o modelo BIM pode armazenar informações referentes aos componentes e sistemas instalados na edificação, incluindo especificações técnicas, fabricantes, manuais, garantias, datas de instalação, registros de inspeção, planos de manutenção e histórico das intervenções realizadas. Segundo Sacks et al. (2018), esses dados permanecem vinculados aos respectivos objetos do modelo, permitindo que as informações associadas aos diferentes elementos da edificação sejam organizadas em uma base digital integrada.

Outra aplicação do BIM nessa fase refere-se ao suporte às atividades de *Facility Management* (FM). De acordo com Teicholz (2013), o modelo digital pode ser utilizado como fonte de consulta para o gerenciamento de ativos, programação de inspeções, controle de equipamentos, acompanhamento das atividades de manutenção e gestão das informações necessárias à operação da edificação. Nessa perspectiva, o BIM passa a integrar os processos de administração das instalações durante a vida útil do empreendimento.

A literatura também destaca a integração entre BIM e tecnologias digitais voltadas ao monitoramento das edificações. Conforme Boje et al. (2020), o modelo BIM pode ser associado a sensores, sistemas de automação predial e dispositivos conectados à Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT), permitindo que informações produzidas durante a operação sejam relacionadas aos componentes representados no modelo digital. Essa integração também constitui uma das bases para o desenvolvimento dos Gêmeos Digitais (*Digital Twins*), nos quais dados provenientes da edificação física são continuamente vinculados à sua representação digital para fins de acompanhamento operacional.

5.4.9 Infraestrutura e Obras Públicas

Embora o Building Information Modeling (BIM) tenha sido inicialmente difundido no contexto das edificações, sua aplicação vem sendo progressivamente ampliada para empreendimentos de infraestrutura. Conforme Bradley et al. (2016), os princípios de modelagem da informação podem ser empregados em projetos de rodovias, ferrovias, pontes, túneis, aeroportos, portos, redes de saneamento e outras obras de engenharia, utilizando modelos digitais para representar os diferentes componentes físicos e funcionais desses ativos ao longo de seu ciclo de vida.

Nos empreendimentos de infraestrutura, os modelos BIM podem integrar informações provenientes de diferentes disciplinas e tecnologias, incluindo levantamentos topográficos, dados geoespaciais, projetos geométricos, estruturas, sistemas hidráulicos e demais componentes necessários ao desenvolvimento dos projetos. De acordo com Succar e Kassem (2015), essa aplicação caracteriza a ampliação da metodologia BIM para diferentes segmentos da indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), incorporando processos colaborativos também às obras lineares e aos ativos de infraestrutura.

No contexto brasileiro, a utilização do BIM em obras públicas passou a ser estimulada por iniciativas governamentais voltadas à transformação digital da construção civil. A Estratégia BIM BR, instituída inicialmente pelo Decreto nº 9.983/2019 e posteriormente atualizada pelo Decreto nº 10.306/2020, estabeleceu diretrizes para a implementação gradual da metodologia nas contratações públicas federais, prevendo sua adoção em diferentes fases do ciclo de vida dos empreendimentos, como elaboração de projetos, execução de obras e gestão dos ativos públicos (BRASIL, 2019; BRASIL, 2020).

Segundo a *International Organization for Standardization* (ISO, 2018), por meio da série ISO 19650, e a buildingSMART International, a adoção de processos padronizados de gestão da informação tem servido de base para a implementação do BIM em projetos públicos, promovendo maior uniformidade na produção, no intercâmbio e na administração das informações ao longo do ciclo de vida dos ativos construídos.

5.4.10 Considerações Sobre as Aplicações do BIM

A literatura especializada demonstra que o BIM apresenta um conjunto amplo de aplicações distribuídas ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos. Entretanto, a extensão dessas aplicações varia conforme o grau de maturidade digital das organizações, a disponibilidade de infraestrutura tecnológica e o nível de integração entre os processos de projeto, construção e operação. Segundo Succar (2009), a implementação do BIM ocorre em diferentes estágios de maturidade, refletindo níveis distintos de desenvolvimento organizacional e de adoção dos processos colaborativos associados à metodologia.

À medida que a maturidade organizacional evolui, novas aplicações passam a ser incorporadas, incluindo planejamento da construção, levantamento quantitativo, orçamentação, coordenação de projetos, gerenciamento de ativos e integração com plataformas de gestão da informação. Conforme Succar e Kassem (2015), essa evolução caracteriza um processo gradual de ampliação das funcionalidades da metodologia, acompanhando o desenvolvimento das capacidades técnicas e gerenciais das organizações.

Quadro 4 – Principais aplicações do BIM ao longo do ciclo de vida

Etapas	Aplicações
Planejamento	Estudos preliminares, viabilidade e simulações
Projeto	Modelagem, compatibilização e documentação
Construção	Planejamento 4D, orçamento 5D, acompanhamento da execução
Operação	Gestão patrimonial, manutenção preventiva e corretiva
Pós-ocupação	Reformas, ampliações e modernizações

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Eastman et al. (2018); Sacks et al. (2010).

Observa-se, portanto, que as aplicações do BIM abrangem um conjunto diversificado de atividades distribuídas ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos. Desde a concepção dos projetos até a gestão dos ativos construídos, o modelo digital pode servir como suporte à produção, ao gerenciamento e ao compartilhamento das informações entre os diferentes participantes do empreendimento (EASTMAN et al., 2018; SUCCAR, 2009).

Essa abrangência evidencia o caráter multidisciplinar da metodologia e estabelece as bases conceituais para a análise dos benefícios decorrentes de sua adoção, tema abordado na seção seguinte desta revisão bibliográfica.

5.5 BENEFÍCIOS DO BIM

Os benefícios decorrentes da adoção do BIM têm sido investigados em diferentes contextos e níveis de maturidade organizacional. De acordo com Azhar (2011), a metodologia proporciona ganhos relacionados à coordenação entre disciplinas, à qualidade das informações, ao planejamento da construção, ao controle dos custos e à gestão dos empreendimentos. Na mesma perspectiva, Bryde, Broquetas e Volm (2013) observaram, em uma revisão de estudos de caso, que a implementação do BIM está frequentemente associada à melhoria dos processos de gestão de projetos, embora os resultados obtidos dependam das condições organizacionais e da forma como a metodologia é incorporada pelas empresas.

Entre os benefícios mais recorrentes apontados pela literatura destacam-se a melhoria da coordenação dos projetos, a redução de incompatibilidades entre disciplinas, a diminuição de retrabalhos, o aumento da produtividade, o aprimoramento do planejamento, a maior confiabilidade das estimativas de custos, o fortalecimento da colaboração entre equipes e o suporte à gestão das informações durante todo o ciclo de vida do empreendimento. Segundo Barlish e Sullivan (2012) e Azhar (2011), esses resultados decorrem da utilização de modelos digitais integrados, capazes de concentrar informações consistentes e compartilhadas entre os diferentes participantes do processo construtivo.

Conforme Succar e Kassem (2015), a obtenção de resultados mais abrangentes está relacionada não apenas à utilização de ferramentas computacionais, mas também à adoção de práticas colaborativas, ao gerenciamento adequado da informação e ao desenvolvimento da maturidade organizacional necessária para explorar plenamente as potencialidades da metodologia. Dessa forma, os benefícios do BIM devem ser compreendidos como o resultado da interação entre tecnologia, processos e pessoas.

Nos tópicos seguintes, são discutidos os principais benefícios identificados na literatura especializada, considerando seus impactos sobre a coordenação dos projetos, o planejamento, os custos, a produtividade, a sustentabilidade e a gestão dos ativos construídos.

5.5.1 Integração e Colaboração entre Equipes

Nos processos convencionais de desenvolvimento de projetos, cada disciplina costuma elaborar seus documentos de maneira relativamente independente, o que pode resultar em divergências entre versões, duplicidade de informações e dificuldades de comunicação. Segundo Succar (2009), a adoção do BIM modifica esse fluxo de trabalho ao estabelecer um ambiente colaborativo no qual os participantes compartilham informações estruturadas e continuamente atualizadas, reduzindo a fragmentação característica dos métodos tradicionais de desenvolvimento de projetos.

Ao substituir o fluxo fragmentado de documentos por um modelo digital compartilhado, a metodologia favorece a coordenação das atividades desenvolvidas por arquitetos, engenheiros, projetistas, construtores e gestores ao longo do ciclo de vida da edificação. Conforme Eastman et al. (2018), essa integração constitui um dos elementos centrais do BIM, permitindo que as informações sejam produzidas e utilizadas de forma mais consistente entre as diversas disciplinas envolvidas no empreendimento.

Esse processo colaborativo é viabilizado pela utilização de modelos digitais que funcionam como uma base integrada de informações para as diferentes disciplinas. De acordo com Eastman et al. (2018), as alterações realizadas em um componente do modelo podem ser propagadas automaticamente para as representações relacionadas, contribuindo para que arquitetos, engenheiros e demais profissionais trabalhem sobre informações consistentes durante o desenvolvimento do empreendimento. Essa característica favorece a coordenação entre as equipes e reduz a ocorrência de inconsistências decorrentes da utilização de documentos desatualizados.

A gestão colaborativa das informações também é um dos princípios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 19650-1 (2021), que define o Ambiente Comum de Dados (*Common Data Environment* – CDE) como a principal fonte para armazenamento, validação, controle de versões e compartilhamento das informações produzidas durante o ciclo de vida dos ativos construídos.

Além de promover a integração entre disciplinas, a literatura aponta que o compartilhamento estruturado das informações favorece processos decisórios mais ágeis. Segundo Succar e Kassem (2015), a utilização de ambientes colaborativos permite que os diferentes agentes do empreendimento tenham acesso a informações atualizadas e consistentes durante o desenvolvimento dos projetos, contribuindo para a coordenação das atividades e para a melhoria da comunicação entre as equipes multidisciplinares.

5.5.2 Compatibilização de Projetos e Redução de Conflitos

A compatibilização entre os projetos das diferentes disciplinas constitui um dos principais benefícios da adoção do Building Information Modeling (BIM). Nos processos convencionais, arquitetos, engenheiros estruturais e projetistas de instalações frequentemente desenvolvem seus projetos de forma independente, o que favorece a ocorrência de incompatibilidades entre os diversos sistemas da edificação. Conforme Azhar (2011), essas inconsistências costumam ser identificadas apenas durante a execução da obra, ocasionando alterações de projeto, retrabalhos e impactos sobre os custos e os prazos do empreendimento.

A utilização de modelos digitais integrados permite que os projetos das diferentes disciplinas sejam coordenados em um ambiente comum de dados, viabilizando a aplicação de ferramentas de detecção automática de interferências (*clash detection*). Segundo Eastman et al. (2018), essas ferramentas identificam previamente conflitos entre componentes arquitetônicos, estruturais e de instalações, possibilitando que as incompatibilidades sejam analisadas e corrigidas ainda durante o desenvolvimento dos projetos, antes do início da construção.

Eastman et al. (2018) destacam que a detecção precoce de incompatibilidades representa uma das aplicações mais consolidadas do BIM, contribuindo para a diminuição dos custos decorrentes de alterações realizadas durante a construção e aumentando a confiabilidade dos projetos executivos.

Além da detecção de interferências físicas entre elementos construtivos, o BIM também possibilita identificar inconsistências relacionadas às especificações técnicas, aos requisitos normativos, às restrições espaciais e ao sequenciamento das atividades construtivas. Conforme Sacks et al. (2018), essa capacidade amplia o controle sobre a qualidade das informações produzidas durante o desenvolvimento dos projetos, permitindo que diferentes aspectos técnicos sejam analisados de forma integrada antes da execução do empreendimento.

5.5.3 Redução de Retrabalhos e Desperdícios

Em processos convencionais de desenvolvimento de projetos, alterações realizadas em uma disciplina frequentemente exigem revisões manuais em documentos produzidos por outras equipes, aumentando a probabilidade de inconsistências entre plantas, cortes, detalhamentos e demais representações técnicas. Conforme Azhar (2011), esse cenário favorece a ocorrência de erros que podem resultar em modificações durante a execução da obra e, consequentemente, em custos adicionais e atrasos no empreendimento.

No ambiente BIM, os elementos construtivos são representados por objetos paramétricos inter-relacionados, permitindo que alterações realizadas no modelo sejam automaticamente refletidas nas diferentes representações derivadas, como plantas, cortes, fachadas, tabelas de quantitativos e documentação técnica. Segundo Eastman et al. (2018), essa atualização automática reduz a necessidade de revisões manuais, diminui a ocorrência de inconsistências entre documentos e contribui para elevar a confiabilidade das informações utilizadas ao longo do desenvolvimento dos projetos.

Outro benefício amplamente destacado refere-se à redução de desperdícios de materiais. De acordo com Barlish e Sullivan (2012), a extração automatizada de quantitativos diretamente do modelo digital proporciona informações mais consistentes para o planejamento das aquisições, da logística de suprimentos e do controle de materiais. Como consequência, observa-se maior precisão no dimensionamento dos recursos necessários à execução da obra, reduzindo perdas decorrentes de estimativas imprecisas e de alterações sucessivas nos projetos.

Sob a perspectiva da Lean Construction, o BIM também é reconhecido como um importante instrumento para apoiar a eliminação de atividades que não agregam valor aos processos construtivos. Conforme Sacks et al. (2010), a integração entre os princípios da produção enxuta e a modelagem da informação da construção favorece a identificação de desperdícios relacionados ao fluxo de informações, à coordenação entre equipes e ao planejamento das atividades. Esses resultados estão alinhados aos fundamentos da produção enxuta propostos por Koskela (1992), que enfatizam a redução de perdas e a melhoria contínua como elementos essenciais para o aumento da eficiência dos processos na construção civil.

5.5.4 Planejamento e Controle da Execução

Conforme Eastman et al. (2018), a associação entre informações geométricas e temporais permite representar visualmente o desenvolvimento das atividades construtivas, ampliando a capacidade de planejamento e de acompanhamento das diferentes etapas do empreendimento.

A possibilidade de simular virtualmente a sequência de execução antes do início da construção favorece a identificação antecipada de restrições relacionadas à logística do canteiro, à organização das frentes de trabalho e ao encadeamento das atividades. Segundo Azhar (2011), essas simulações permitem avaliar alternativas de execução e identificar potenciais conflitos de planejamento ainda nas fases iniciais do empreendimento, reduzindo a necessidade de ajustes durante a execução da obra.

Outro benefício amplamente destacado refere-se à melhoria da comunicação entre os participantes do empreendimento. De acordo com Sacks et al. (2010), a visualização temporal proporcionada pelo BIM 4D facilita o entendimento do planejamento por gestores, equipes técnicas, contratantes e demais agentes envolvidos, tornando o cronograma mais acessível e favorecendo o acompanhamento da evolução física da obra ao longo do tempo.

Além disso, a literatura demonstra que a análise de diferentes cenários de execução contribui para decisões mais fundamentadas relacionadas à utilização de recursos, equipamentos e equipes de trabalho. Conforme Bryde, Broquetas e Volm (2013), a integração entre planejamento e modelagem da informação amplia a capacidade de controle dos empreendimentos, oferecendo suporte ao gerenciamento das atividades e ao acompanhamento do desempenho da execução durante todo o processo construtivo.

5.5.5 Controle de Custos e Orçamentação

Conforme Eastman et al. (2018), a vinculação das informações geométricas do modelo digital aos dados de custos permite integrar quantitativos, materiais, serviços e demais componentes financeiros em um ambiente único de informação, proporcionando maior consistência às estimativas elaboradas durante o desenvolvimento do empreendimento.

A extração automática de quantitativos diretamente do modelo digital representa um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da confiabilidade dos orçamentos. Segundo Monteiro e Martins (2013), a

automatização desse processo reduz a necessidade de levantamentos manuais, minimiza erros de quantificação e diminui a probabilidade de inconsistências decorrentes da atualização independente dos documentos de projeto. Como resultado, as estimativas de custos tendem a refletir com maior fidelidade as informações presentes no modelo BIM.

Outro benefício relevante refere-se ao acompanhamento contínuo dos impactos financeiros decorrentes das alterações realizadas durante o desenvolvimento dos projetos. De acordo com Azhar (2011), sempre que o modelo digital é atualizado, os quantitativos e as estimativas de custos podem ser recalculados automaticamente, permitindo que gestores analisem diferentes alternativas de projeto e avaliem suas implicações econômicas antes da execução da obra. Essa capacidade amplia o suporte à tomada de decisões nas fases de planejamento e desenvolvimento dos empreendimentos.

A literatura também destaca que a integração entre projeto, quantitativos e orçamento fortalece o controle financeiro ao longo do ciclo de vida da construção. Conforme Bryde, Broquetas e Volm (2013), o uso de informações centralizadas e continuamente atualizadas favorece o monitoramento dos custos, melhora o planejamento econômico e reduz as incertezas associadas ao gerenciamento financeiro dos empreendimentos, contribuindo para uma gestão mais consistente dos recursos disponíveis.

5.5.6 Apoio à Tomada de Decisão

A centralização das informações em um modelo digital integrado constitui um dos principais benefícios do BIM para os processos de tomada de decisão. Conforme Eastman et al. (2018), a metodologia reúne em um único ambiente dados geométricos, técnicos, funcionais, econômicos e operacionais, permitindo que diferentes participantes do empreendimento tenham acesso a informações consistentes e atualizadas ao longo de todas as fases do ciclo de vida da edificação. Essa integração amplia a disponibilidade de informações para subsidiar decisões técnicas e gerenciais.

Outro benefício amplamente destacado pela literatura refere-se à possibilidade de avaliar diferentes alternativas antes da execução da obra. Segundo Azhar (2011), o BIM possibilita comparar soluções de projeto considerando aspectos como desempenho estrutural, construtibilidade, consumo energético, planejamento e custos, permitindo que gestores e projetistas analisem diferentes cenários e fundamentem suas decisões com

base em informações extraídas do modelo digital. Dessa forma, decisões que anteriormente dependiam de análises isoladas passam a ser apoiadas por informações integradas e continuamente atualizadas.

A modelagem tridimensional também favorece a comunicação entre os diversos agentes envolvidos no empreendimento, contribuindo para processos decisórios mais participativos. De acordo com Bryde, Broquetas e Volm (2013), a representação visual da edificação facilita a compreensão das soluções propostas por profissionais, investidores, clientes e demais partes interessadas, inclusive por aqueles que não possuem formação técnica em projetos de construção. Essa característica amplia a transparência das discussões e favorece a participação dos diferentes envolvidos nas decisões relacionadas ao empreendimento.

Além disso, Succar (2009) destaca que a integração entre pessoas, processos e tecnologias promovida pelo BIM fortalece a qualidade das decisões organizacionais, uma vez que diferentes disciplinas passam a trabalhar sobre uma base comum de informações. Como consequência, a metodologia contribui para decisões mais consistentes, fundamentadas e alinhadas aos objetivos do empreendimento ao longo de todo o seu ciclo de vida.

5.5.7 Sustentabilidade e Desempenho das Edificações

A utilização do BIM tem ampliado as possibilidades de incorporação de critérios de sustentabilidade ao processo de desenvolvimento dos empreendimentos. Conforme Eastman et al. (2018), a integração entre o modelo digital e ferramentas de simulação permite analisar, ainda nas fases iniciais do projeto, aspectos relacionados ao consumo energético, à iluminação natural, ao conforto térmico e ao desempenho ambiental das edificações. Esse conjunto de informações fornece subsídios para decisões de projeto orientadas à melhoria do desempenho do ambiente construído.

Outro benefício amplamente destacado refere-se à possibilidade de comparar diferentes soluções construtivas antes da execução da obra. Segundo Krygiel e Nies (2008), a utilização de modelos BIM associados a ferramentas de análise ambiental permite avaliar alternativas de materiais, sistemas construtivos e estratégias de eficiência energética, favorecendo a seleção de soluções compatíveis com os objetivos de desempenho e sustentabilidade estabelecidos para o empreendimento.

Além das análises de desempenho ambiental, a literatura aponta que o BIM contribui para uma gestão mais eficiente dos recursos empregados na construção. De acordo com Lu et al. (2017), a precisão dos quantitativos extraídos do modelo digital e o planejamento mais detalhado das atividades favorecem o gerenciamento de materiais e resíduos da construção civil, reduzindo perdas durante a execução das obras e fornecendo informações úteis para estratégias de reaproveitamento e reciclagem de componentes construtivos.

A integração das informações ambientais ao modelo digital também fortalece a adoção de práticas voltadas ao ciclo de vida das edificações. Conforme Wong e Zhou (2015), o BIM oferece suporte à avaliação do desempenho ambiental dos empreendimentos desde a concepção até a operação, aproximando os processos de projeto dos princípios da construção sustentável e da economia circular, que vêm assumindo papel cada vez mais relevante nas pesquisas e nas práticas da indústria da construção.

5.5.8 Operação e Manutenção das Edificações

Os benefícios do BIM estendem-se para além das fases de projeto e construção, alcançando também a operação e a manutenção das edificações. Conforme Eastman et al. (2018), o modelo digital pode ser utilizado como um repositório central de informações sobre os componentes do empreendimento, reunindo especificações técnicas, características dos equipamentos, garantias, manuais, registros de inspeções e demais dados necessários à gestão das instalações durante todo o ciclo de vida do ativo.

A disponibilidade dessas informações em um ambiente digital integrado favorece o planejamento das atividades de operação e manutenção. Segundo Becerik-Gerber et al. (2012), o acesso estruturado aos dados dos sistemas prediais auxilia gestores na programação de inspeções, no controle dos ativos e na organização das intervenções preventivas e corretivas, contribuindo para maior eficiência na administração das edificações.

Outro benefício amplamente destacado na literatura refere-se ao suporte oferecido pelo BIM à gestão do ciclo de vida dos ativos construídos. De acordo com Volk, Stengel e Schultmann (2014), a integração das informações produzidas durante as fases de projeto, construção e operação favorece a continuidade do fluxo de dados entre os diferentes agentes envolvidos, reduzindo perdas de informação e oferecendo suporte às atividades de

gerenciamento das instalações ao longo da vida útil da edificação.

Os avanços recentes das tecnologias digitais ampliaram ainda mais essas possibilidades. Conforme Boje et al. (2020), a integração entre modelos BIM, sensores inteligentes, Internet das Coisas (IoT) e os conceitos de Gêmeos Digitais (*Digital Twins*) permite o monitoramento contínuo do desempenho dos sistemas prediais, disponibilizando informações em tempo real que podem subsidiar estratégias de manutenção preditiva, gestão operacional e otimização do desempenho das edificações.

5.5.9 Benefícios Estratégicos para o Setor da Construção

Sob a perspectiva organizacional, a adoção do BIM representa um importante fator de fortalecimento da competitividade das empresas da indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Conforme Bryde, Broquetas e Volm (2013), a utilização da metodologia está associada à melhoria dos processos de gerenciamento, ao aumento da produtividade e ao aperfeiçoamento da qualidade das informações empregadas durante o desenvolvimento dos empreendimentos. Esses fatores contribuem para tornar as organizações mais preparadas para atuar em um setor caracterizado pela crescente digitalização e pela necessidade de maior eficiência operacional.

Além dos ganhos operacionais, a literatura destaca que o BIM favorece processos mais estruturados de transformação organizacional. Segundo Succar (2009) e Succar e Kassem (2015), a adoção da metodologia envolve mudanças que ultrapassam a incorporação de novas tecnologias, exigindo a integração entre pessoas, processos, políticas organizacionais e sistemas de informação. Dessa forma, os benefícios obtidos tendem a ser mais expressivos quando a implementação do BIM ocorre de maneira planejada e alinhada aos objetivos estratégicos da organização.

Em síntese, observa-se que os benefícios do BIM extrapolam os aspectos tecnológicos e alcançam dimensões organizacionais e estratégicas da gestão dos empreendimentos. Ao favorecer a integração das informações, a colaboração entre equipes, a padronização dos processos e o gerenciamento do ciclo de vida dos ativos, a metodologia contribui para elevar os níveis de produtividade, qualidade, inovação e competitividade da indústria da construção civil. Conforme os princípios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 19650-1 (2021), a gestão estruturada da informação constitui um dos principais

pilares para a transformação digital do setor, consolidando o BIM como elemento estratégico para a modernização da construção civil.

5.6 DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

Embora o BIM seja amplamente reconhecido como uma das principais inovações da indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), sua implementação ainda enfrenta desafios que dificultam sua consolidação em diferentes contextos organizacionais. A literatura demonstra que a adoção do BIM envolve muito mais do que a aquisição de softwares especializados, exigindo mudanças estruturais na cultura organizacional, nos processos de trabalho, na qualificação profissional e na gestão das informações. Conforme Succar (2009), a implementação do BIM caracteriza-se como um processo de transformação organizacional que exige evolução gradual da maturidade tecnológica e gerencial das organizações.

Segundo Gu e London (2010) e Azhar (2011), fatores como a disponibilidade de infraestrutura tecnológica, a qualificação dos profissionais, a padronização dos processos e o comprometimento da gestão exercem influência direta sobre o sucesso da adoção da metodologia.

Segundo Eastman et al. (2018), a implementação do BIM deve ser compreendida como um processo de mudança organizacional e não apenas como uma atualização tecnológica. Essa perspectiva amplia a compreensão dos desafios envolvidos, demonstrando que fatores humanos, gerenciais e institucionais exercem influência tão significativa quanto os aspectos tecnológicos. De forma complementar, Succar e Kassem (2015) destacam que a adoção do BIM demanda planejamento, definição de responsabilidades, capacitação contínua e mecanismos de gestão capazes de sustentar a transformação digital ao longo do tempo.

5.6.1 Investimentos Iniciais e Custos de Implementação

Os investimentos iniciais necessários para a adoção do BIM são frequentemente apontados como uma das principais barreiras à implementação da metodologia. Conforme Azhar (2011), a transição para um ambiente de trabalho baseado em BIM demanda recursos destinados à aquisição de softwares especializados, à atualização da infraestrutura tecnológica, à

capacitação dos profissionais e, em muitos casos, à contratação de consultorias para apoiar o processo de implantação. Esses investimentos tornam a adoção da metodologia particularmente desafiadora para organizações que ainda utilizam processos convencionais de desenvolvimento de projetos.

Os impactos financeiros tendem a ser mais expressivos em pequenas e médias empresas, que frequentemente dispõem de menor capacidade de investimento e operam em mercados altamente competitivos. Segundo Gu e London (2010), a limitação de recursos financeiros, aliada às incertezas quanto ao retorno dos investimentos, pode retardar ou restringir a adoção do BIM, especialmente quando as organizações priorizam resultados de curto prazo em detrimento de estratégias de transformação digital de longo prazo.

Além dos investimentos diretos, existem custos indiretos relacionados à redução temporária da produtividade durante o período de transição entre os métodos tradicionais e os novos processos baseados em modelos digitais. De acordo com Succar (2009), a incorporação do BIM envolve mudanças nos processos organizacionais e exige um período de adaptação durante o qual as equipes desenvolvem novas competências e ajustam seus fluxos de trabalho.

Apesar dessas dificuldades, diversos estudos indicam que os custos iniciais tendem a ser compensados ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Conforme Bryde, Broquetas e Volm (2013) e Smith (2014), os custos iniciais da implementação tendem a ser compensados gradualmente por melhorias na gestão dos projetos, redução de retrabalhos, maior eficiência operacional e aperfeiçoamento dos processos organizacionais.

5.6.2 Resistência à Mudança e Cultura Organizacional

A resistência à mudança é apontada pela literatura como um dos principais desafios para a implementação do BIM. Historicamente, a indústria da construção civil estruturou seus processos com base na produção de documentos bidimensionais, na divisão das atividades por disciplinas e em fluxos de trabalho fragmentados. Conforme Gu e London (2010), a adoção do BIM implica em alterações significativas nesse modelo tradicional, exigindo mudanças na organização dos processos, na gestão das informações e na interação entre os diferentes participantes dos empreendimentos.

Segundo Eastman et al. (2018), a implementação do BIM demanda a reorganização dos fluxos de trabalho e o compartilhamento contínuo das informações produzidas pelas diferentes disciplinas, substituindo práticas baseadas em documentos independentes por processos integrados de gestão da informação. Essa transformação pode gerar dificuldades de adaptação, especialmente em organizações cujas rotinas permanecem fortemente vinculadas aos métodos convencionais de desenvolvimento de projetos.

Diversos estudos indicam que os desafios da implementação do BIM estão relacionados não apenas aos aspectos tecnológicos, mas também à cultura organizacional. Conforme Sacks et al. (2010), a efetividade da metodologia depende da capacidade das organizações de incorporar práticas colaborativas, promover a integração entre equipes e adaptar seus processos internos às novas formas de produção e compartilhamento das informações. De maneira semelhante, Succar (2009) destaca que a evolução da maturidade BIM exige mudanças graduais na estrutura organizacional, nas responsabilidades dos profissionais e nos modelos de gestão adotados pelas empresas.

De acordo com Kotter (1996), os processos de transformação organizacional tendem a alcançar melhores resultados quando são acompanhados por estratégias estruturadas de comunicação, capacitação e participação dos colaboradores. No contexto do BIM, essas iniciativas contribuem para reduzir resistências, facilitar a adaptação das equipes e favorecer a consolidação de uma cultura organizacional orientada à colaboração e à inovação (Azhar, 2011).

5.6.3 Capacitação Profissional e Desenvolvimento de Competências

A implementação do BIM requer profissionais capazes de atuar em processos que envolvem não apenas a modelagem digital, mas também a gestão das informações, a interoperabilidade entre sistemas e a colaboração multidisciplinar. Conforme Eastman et al. (2018), a utilização da metodologia pressupõe o desenvolvimento de competências que integram conhecimentos técnicos, gerenciais e organizacionais, ampliando o papel dos profissionais para além do domínio de ferramentas computacionais.

Apesar da crescente disseminação do BIM, a literatura aponta que a disponibilidade de profissionais qualificados ainda constitui uma das principais

barreiras à sua implementação. Segundo Barison e Santos (2011), a incorporação relativamente recente da metodologia nos cursos de Arquitetura, Engenharia e áreas correlatas faz com que muitas instituições de ensino ainda estejam em processo de adaptação de seus currículos. Como consequência, parte dos profissionais ingressa no mercado de trabalho com conhecimentos limitados sobre processos colaborativos, modelagem da informação e coordenação de projetos em ambiente BIM.

Além da formação inicial, o avanço contínuo das tecnologias digitais exige investimentos permanentes em capacitação e atualização profissional. De acordo com Succar, Sher e Williams (2013), o desenvolvimento de competências em BIM deve ser compreendido como um processo contínuo, uma vez que softwares, padrões de interoperabilidade, normas técnicas e práticas de gestão da informação evoluem constantemente. Nesse contexto, programas de formação continuada e treinamento organizacional tornam-se fundamentais para acompanhar as transformações tecnológicas e atender às demandas do setor da construção.

Outro desafio relevante refere-se ao desenvolvimento de competências voltadas ao trabalho colaborativo. Conforme Succar (2009) e os princípios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 19650-1 (2021), o BIM pressupõe a atuação integrada de equipes multidisciplinares, nas quais arquitetos, engenheiros, construtores e gestores compartilham informações em um ambiente comum de dados ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Assim, além das competências técnicas, a implementação da metodologia demanda habilidades relacionadas à comunicação, coordenação entre disciplinas e gestão colaborativa das informações, aspectos essenciais para o funcionamento eficiente dos processos BIM.

5.6.4 Interoperabilidade entre Sistemas

A interoperabilidade entre sistemas computacionais permanece como um dos principais desafios para a implementação do BIM, mesmo diante da evolução dos padrões abertos de intercâmbio de informações. Conforme Eastman et al. (2018), a efetividade da metodologia depende da capacidade de diferentes aplicações compartilharem dados de maneira consistente ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, preservando tanto a geometria quanto os atributos e os relacionamentos existentes entre os objetos do modelo digital.

Na prática, as empresas frequentemente utilizam softwares desenvolvidos por fabricantes distintos, cada um com características específicas de modelagem, armazenamento e processamento das informações. Segundo a buildingSMART International (2023), embora o padrão *Industry Foundation Classes* (IFC) tenha sido desenvolvido para favorecer a interoperabilidade entre essas plataformas, ainda podem ocorrer perdas de informações, alterações em propriedades dos objetos ou incompatibilidades durante os processos de exportação e importação dos modelos, especialmente quando diferentes versões de softwares ou implementações do padrão são utilizadas.

Essas limitações podem comprometer a consistência das informações compartilhadas e dificultar o desenvolvimento de processos colaborativos. Em razão disso, a buildingSMART International promove o aperfeiçoamento contínuo de padrões abertos como o IFC, o *BIM Collaboration Format* (BCF) e o *Information Delivery Specification* (IDS), buscando ampliar a qualidade da troca de informações entre diferentes aplicações e reduzir a dependência de ambientes proprietários (buildingSMART International, 2023).

Além dos aspectos tecnológicos, a literatura enfatiza que a interoperabilidade também depende da padronização dos processos de gestão da informação. Conforme a ABNT NBR ISO 19650-1 (2021) e a ABNT NBR ISO 19650-2 (2021), a definição prévia dos requisitos de informação, a utilização de convenções comuns de modelagem, a padronização dos objetos BIM e a elaboração do Plano de Execução BIM (*BIM Execution Plan* – BEP) constituem elementos fundamentais para assegurar a qualidade, a rastreabilidade e a consistência das informações compartilhadas entre os participantes do empreendimento. Nessa perspectiva, a interoperabilidade deve ser compreendida como resultado da integração entre tecnologias, padrões de dados e práticas organizacionais de gestão da informação.

5.6.5 Padronização dos Processos e Gestão da Informação

A literatura destaca que a padronização dos processos é um requisito essencial para garantir a confiabilidade das informações compartilhadas entre as diferentes disciplinas. Segundo Succar (2009), a adoção do BIM envolve não apenas a utilização de tecnologias digitais, mas também a implementação de procedimentos organizacionais capazes de assegurar uniformidade na produção, atualização e utilização das informações ao longo de todo o ciclo de

vida do empreendimento. Conforme Eastman et al. (2018), a ausência desses elementos compromete a consistência dos modelos digitais e dificulta a coordenação das atividades desenvolvidas em ambiente colaborativo. Ou seja, na ausência dessa estrutura, aumentam as possibilidades de inconsistências, retrabalhos, duplicidade de dados e perda de informações durante o desenvolvimento dos projetos.

Nesse contexto, a ABNT NBR ISO 19650-1 (2021) e a ABNT NBR ISO 19650-2 (2021) estabelecem princípios para a organização e a gestão das informações produzidas em ambiente BIM, enfatizando a importância do Ambiente Comum de Dados (*Common Data Environment* – CDE) como elemento central para o armazenamento, a validação, o compartilhamento e o controle das informações do empreendimento. As normas também definem diretrizes relacionadas à gestão dos requisitos de informação, ao controle de versões, à rastreabilidade documental e à coordenação das equipes envolvidas no processo de desenvolvimento dos modelos.

Apesar da existência de normas e padrões internacionais, a implementação dessas práticas ainda representa um desafio para muitas organizações. Conforme Succar e Kassem (2015), empresas que não possuem processos formalizados de gestão da informação ou baixo nível de maturidade digital encontram maiores dificuldades para incorporar os princípios de governança exigidos pelo BIM. Nessas situações, a transformação organizacional demanda não apenas investimentos em tecnologia, mas também o estabelecimento de políticas internas, procedimentos padronizados e mecanismos de gestão capazes de assegurar a qualidade, a integridade e a disponibilidade das informações produzidas durante todo o ciclo de vida do empreendimento.

5.6.6 Aspectos Jurídicos e Contratuais

A implementação do BIM também impõe desafios relacionados aos aspectos jurídicos e à gestão contratual dos empreendimentos. A utilização de modelos digitais compartilhados modifica a forma como as informações são produzidas, atualizadas e utilizadas pelas diferentes equipes, exigindo mecanismos de governança capazes de definir responsabilidades, direitos e deveres dos participantes ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Conforme Eastman et al. (2018), a adoção do BIM amplia a necessidade de

instrumentos contratuais que contemplem a gestão colaborativa da informação e estabeleçam regras claras para a utilização dos modelos digitais.

Nos modelos tradicionais, a autoria e a responsabilidade pelos documentos costumam estar claramente associadas a cada disciplina. No ambiente BIM, entretanto, diferentes profissionais trabalham simultaneamente sobre modelos compartilhados, tornando mais complexa a definição das responsabilidades por alterações, erros ou inconsistências eventualmente identificadas. De acordo com a ABNT NBR ISO 19650-1 (2021), a definição prévia de papéis, responsabilidades e fluxos de aprovação constitui requisito fundamental para assegurar a confiabilidade da gestão da informação em processos colaborativos.

Outro aspecto amplamente discutido na literatura refere-se à proteção jurídica das informações produzidas em ambiente BIM. Questões relacionadas à propriedade intelectual dos modelos digitais, ao compartilhamento de informações confidenciais, à segurança cibernética, ao controle de acesso aos dados e aos direitos de utilização das informações passaram a integrar as discussões sobre governança dos empreendimentos digitalizados. Conforme Smith (2014), esses temas assumem importância crescente à medida que os modelos BIM passam a concentrar informações estratégicas utilizadas por diferentes organizações ao longo do ciclo de vida dos ativos construídos.

Em resposta a esses desafios, diversos países e entidades internacionais desenvolveram protocolos e modelos contratuais específicos para empreendimentos realizados em ambiente BIM. O *Construction Industry Council* (CIC, 2018), por exemplo, publicou o *BIM Protocol*, enquanto o *American Institute of Architects* (AIA, 2013) elaborou documentos voltados à definição de responsabilidades, direitos de uso dos modelos e procedimentos para o gerenciamento das informações. Essas iniciativas complementam as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR ISO 19650, contribuindo para fortalecer a governança da informação e reduzir incertezas jurídicas associadas à implementação da metodologia.

5.6.7 Desafios da Implementação do BIM no Contexto Brasileiro

No Brasil, a implementação do BIM tem avançado de forma gradual nas últimas décadas, impulsionada por iniciativas governamentais, pela evolução do marco regulatório e pelo crescente interesse da indústria da construção na

transformação digital de seus processos. A instituição da Estratégia BIM BR, por meio do Decreto nº 9.377/2018, posteriormente complementada pelo Decreto nº 10.306/2020, estabeleceu diretrizes para a disseminação da metodologia em contratações públicas federais, contribuindo para ampliar sua visibilidade e estimular sua adoção em diferentes segmentos da construção civil. Entretanto, estudos apontam que esse processo ainda ocorre de maneira heterogênea entre empresas, regiões e áreas de atuação do setor (BRASIL, 2018; BRASIL, 2020).

Entre os principais desafios identificados no contexto brasileiro destacam-se a limitada disponibilidade de profissionais qualificados, a concentração da utilização do BIM em empresas de maior porte e as dificuldades enfrentadas por pequenas e médias organizações para realizar os investimentos necessários à implementação da metodologia. Além disso, a literatura ressalta a necessidade de maior integração entre instituições de ensino, setor produtivo e órgãos públicos, visando fortalecer a formação de recursos humanos e ampliar a difusão de conhecimentos relacionados ao BIM (Barison; Santos, 2011; Checcucci, 2014).

Outro aspecto frequentemente mencionado refere-se à diversidade de maturidade digital existente entre os diferentes agentes da cadeia produtiva. Conforme Succar e Kassem (2015), enquanto algumas organizações já utilizam processos colaborativos avançados e ambientes comuns de dados, outras permanecem fortemente dependentes de fluxos tradicionais baseados em documentos bidimensionais.

Apesar dessas limitações, a literatura indica perspectivas favoráveis para a expansão da metodologia no país. A consolidação da ABNT NBR ISO 19650, o fortalecimento das políticas públicas de incentivo ao BIM, a ampliação da oferta de programas de capacitação e o aumento das exigências relacionadas à digitalização dos processos de projeto e construção têm contribuído para criar um ambiente mais propício à implementação da metodologia no contexto brasileiro. Nesse cenário, a superação dos desafios identificados depende da atuação integrada entre governo, instituições de ensino, entidades profissionais e empresas da cadeia produtiva, favorecendo a disseminação de boas práticas e o fortalecimento da transformação digital da construção civil (ABNT, 2021; CBIC, 2016).

5.6.8 Perspectivas para Superação dos Desafios

A literatura especializada demonstra que a superação das barreiras à implementação do BIM depende de ações coordenadas envolvendo empresas, instituições de ensino, entidades profissionais, desenvolvedores de software e órgãos governamentais. Conforme Succar e Kassem (2015), a evolução da maturidade BIM exige iniciativas articuladas que promovam simultaneamente o desenvolvimento tecnológico, a qualificação dos profissionais, a padronização dos processos e o fortalecimento da governança da informação.

Entre as principais estratégias recomendadas destacam-se o investimento contínuo na capacitação profissional, a adoção de padrões abertos de interoperabilidade, a padronização dos processos organizacionais, a elaboração de Planos de Execução BIM (BEP), o fortalecimento dos ambientes colaborativos de gestão da informação e o incentivo à transformação digital da cadeia produtiva da construção civil (ABNT, 2021; buildingSMART International, 2023).

Além disso, políticas públicas voltadas à disseminação da metodologia, como a Estratégia BIM BR, associadas ao fortalecimento das normas técnicas nacionais e internacionais, tendem a reduzir gradualmente as barreiras atualmente existentes, ampliando a competitividade das empresas e favorecendo a modernização do setor (BRASIL, 2018; BRASIL, 2020). Paralelamente, entidades representativas do setor, como a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), vêm promovendo guias técnicos e ações de difusão da metodologia, contribuindo para ampliar sua adoção em empresas de diferentes portes.

Em síntese, observa-se que os desafios associados à implementação do BIM não invalidam seus benefícios, mas evidenciam que sua adoção exige planejamento, investimentos e mudanças organizacionais significativas. Conforme Eastman et al. (2018), a consolidação da metodologia não depende somente da adoção de ferramentas computacionais, mas também, da capacidade das organizações de estruturar processos colaborativos, promover a gestão eficiente da informação e incorporar uma cultura orientada à inovação. Organizações capazes de conduzir esse processo de forma estruturada tendem a obter ganhos expressivos em produtividade, qualidade, integração e sustentabilidade, consolidando o BIM como elemento estratégico para a transformação digital da construção civil.

5.7 A ESTRATÉGIA BIM BR

5.7.1 Contexto Histórico da Criação da Estratégia BIM BR

A transformação digital da indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) passou a ocupar posição estratégica em diversos países a partir da segunda década do século XXI, impulsionada pela necessidade de elevar os níveis de produtividade, reduzir desperdícios e promover maior integração entre os agentes envolvidos nos empreendimentos. Nesse cenário, o BIM consolidou-se internacionalmente como uma das principais metodologias para modernização dos processos da construção civil, motivando governos de diversos países a desenvolver políticas públicas voltadas à sua disseminação (EASTMAN et al., 2018; SUCCAR, 2009).

No Brasil, a adoção do BIM ocorreu inicialmente por iniciativa de grandes empresas, escritórios de projetos, universidades e centros de pesquisa, sem que houvesse uma política nacional capaz de coordenar sua implementação. Embora experiências isoladas já demonstrassem o potencial da metodologia, a ausência de diretrizes governamentais, de padrões amplamente difundidos e de mecanismos institucionais de incentivo limitava sua expansão em escala nacional (CHECCUCCI, 2014; CBIC, 2016).

A necessidade de ampliar a competitividade da construção civil brasileira e promover sua transformação digital levou o Governo Federal a instituir, por meio do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling, posteriormente denominada Estratégia BIM BR. Essa iniciativa passou a orientar a adoção da metodologia no país, estabelecendo objetivos relacionados à capacitação profissional, ao desenvolvimento tecnológico, ao fortalecimento da indústria nacional e à melhoria da qualidade das obras públicas (BRASIL, 2018).

5.7.2 Objetivos e Diretrizes da Estratégia BIM BR

A Estratégia BIM BR foi concebida como uma política pública voltada à promoção da transformação digital da construção civil brasileira. Seus objetivos ultrapassam a simples disseminação de ferramentas de modelagem tridimensional, abrangendo ações destinadas ao aumento da produtividade, à melhoria da qualidade dos empreendimentos, à redução dos custos

decorrentes de incompatibilidades de projeto, ao fortalecimento da inovação tecnológica e ao incremento da competitividade das empresas brasileiras (BRASIL, 2018; BRASIL, 2020).

Além dos aspectos tecnológicos, a estratégia adota uma abordagem sistêmica ao reconhecer que a implementação do BIM depende da integração entre governo, setor produtivo, instituições de ensino, entidades profissionais e desenvolvedores de software. Essa perspectiva evidencia que a transformação digital da construção civil envolve mudanças organizacionais, desenvolvimento de competências técnicas e fortalecimento da governança da informação, e não apenas a adoção de novas ferramentas computacionais (SUCCAR; KASSEM, 2015; CBIC, 2016).

5.7.3 Marco Regulatório da Estratégia BIM BR

A consolidação da Estratégia BIM BR foi acompanhada pela publicação de instrumentos normativos destinados a orientar sua implementação na Administração Pública Federal. Após a criação da estratégia pelo Decreto nº 9.377/2018 e seu aperfeiçoamento pelo Decreto nº 9.983/2019, o Decreto nº 10.306/2020 estabeleceu a adoção gradual do BIM na execução direta e indireta de obras e serviços de engenharia realizados pelos órgãos públicos federais (BRASIL, 2018; BRASIL, 2019; BRASIL, 2020).

O cronograma definido pelo Decreto nº 10.306/2020 organizou a implementação da metodologia em etapas sucessivas, contemplando inicialmente o desenvolvimento dos projetos de arquitetura e engenharia, posteriormente a execução das obras e, por fim, a operação e manutenção dos ativos construídos. Essa implementação progressiva buscou proporcionar condições para que os órgãos públicos e as empresas contratadas adaptassem seus processos às novas exigências relacionadas à gestão digital da informação (BRASIL, 2020).

5.7.4 A Estratégia BIM BR e a Normalização Brasileira

Um dos pilares da Estratégia BIM BR consiste na harmonização das práticas nacionais com os padrões internacionais de gestão da informação. Nesse contexto, a incorporação da série ABNT NBR ISO 19650 representou importante avanço para a padronização dos processos colaborativos em ambiente BIM, estabelecendo princípios relacionados à organização, produção, compartilhamento e gerenciamento das informações durante todo o ciclo de vida dos empreendimentos (ABNT, 2021a; ABNT, 2021b).

A adoção dessas normas fortaleceu a implementação da Estratégia BIM BR ao estabelecer diretrizes para definição de responsabilidades, requisitos de informação, utilização do Ambiente Comum de Dados (CDE) e organização dos fluxos colaborativos. Dessa forma, a política pública brasileira passou a alinhar-se às melhores práticas internacionais de governança da informação, favorecendo maior interoperabilidade entre organizações e plataformas computacionais (EASTMAN et al., 2018; ABNT, 2021a).

5.7.5 Impactos da Estratégia BIM BR na Transformação Digital da Construção Brasileira

A implementação da Estratégia BIM BR estimulou avanços significativos na difusão da metodologia no país. A ampliação da oferta de cursos de capacitação, a incorporação do BIM em currículos universitários, o fortalecimento da pesquisa científica e a publicação de guias técnicos por entidades representativas do setor contribuíram para ampliar o conhecimento sobre a metodologia e apoiar sua adoção em diferentes segmentos da construção civil (BARISON; SANTOS, 2011; CHECCUCCI, 2014; CBIC, 2016).

Entretanto, estudos indicam que a maturidade BIM ainda apresenta diferenças significativas entre organizações brasileiras. Enquanto grandes empresas e órgãos públicos mais estruturados já utilizam ambientes colaborativos, padrões abertos de interoperabilidade e processos consolidados de gestão da informação, pequenas e médias empresas frequentemente enfrentam limitações relacionadas à infraestrutura tecnológica, à capacitação profissional e à reorganização dos processos internos (SUCCAR; KASSEM, 2015; CBIC, 2016).

5.7.6 Perspectivas Futuras da Estratégia BIM BR

As perspectivas para a Estratégia BIM BR indicam continuidade do processo de transformação digital da construção civil brasileira. A ampliação da adoção da série ABNT NBR ISO 19650, a consolidação do OpenBIM, a crescente utilização de Ambientes Comuns de Dados (CDE) e a integração do BIM com tecnologias como Inteligência Artificial, Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e Gêmeos Digitais tendem a ampliar o alcance da metodologia nos próximos anos (buildingSMART INTERNATIONAL, 2023; EASTMAN et al., 2018).

Em síntese, a Estratégia BIM BR representa um dos principais instrumentos de modernização da construção civil brasileira ao articular políticas públicas, normalização técnica, desenvolvimento tecnológico e capacitação profissional. Embora desafios relacionados à maturidade organizacional, à interoperabilidade e à qualificação de recursos humanos ainda permaneçam presentes, a literatura demonstra que a continuidade dessa política tende a fortalecer a digitalização da cadeia produtiva da construção e a aproximar o Brasil das práticas internacionais de gestão da informação em BIM (BRASIL, 2020; SUCCAR; KASSEM, 2015; EASTMAN et al., 2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho pode-se concluir que, o Building Information Modeling representa um dos principais instrumentos de inovação e transformação digital da construção civil contemporânea. Sua capacidade de integrar pessoas, processos e informações em um ambiente colaborativo contribui para elevar a qualidade dos projetos, aumentar a eficiência dos empreendimentos e fortalecer a gestão do ciclo de vida das edificações. Embora sua implementação ainda enfrente desafios relevantes, as tendências observadas na literatura, nas políticas públicas e na evolução normativa indicam que o BIM tende a assumir papel cada vez mais estratégico no desenvolvimento da construção civil brasileira, constituindo-se como elemento indispensável para a consolidação de um setor mais produtivo, sustentável, inovador e alinhado às demandas da sociedade contemporânea.

REFERÊNCIAS

ADDIS, Bill. ***Building: 3000 Years of Design, Engineering and Construction***. London: Phaidon Press, 2007.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). ***Coletânea BIM***. Brasília: ABDI, 2017.

AISH, Robert. ***Building Modelling: The Key to Integrated CAD***. In: *Proceedings of the CIB W78 Conference*. Brighton, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15965-1**: Sistema de classificação da informação da construção – Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 12006-2**: Construção de edificação – Organização da informação da construção – Parte 2: Estrutura para classificação da informação. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 19650-1**: Organização e digitalização de informações sobre edificações e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) – Gerenciamento da informação usando modelagem da informação da construção – Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 19650-2**: Organização e digitalização de informações sobre edificações e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) – Gerenciamento da informação usando modelagem da informação da construção – Parte 2: Fase de entrega dos ativos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

AZHAR, Salman. ***Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering***, v. 11, n. 3, p. 241-252, 2011.

AZHAR, Salman; BROWN, Justin; SATTINENI, Anoop. **A Case Study of Building Performance Analyses Using Building Information Modeling**. *27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*. Bratislava, 2010.

BARISON, Maria Bernardete; SANTOS, Eduardo Toledo. **BIM teaching strategies: an overview of the current approaches**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2010, Nottingham. *Proceedings...* Nottingham: Nottingham University Press, 2010.

BARLISH, Kristen; SULLIVAN, Kenneth. **How to Measure the Benefits of BIM — A Case Study Approach**. *Automation in Construction*, v. 24, p. 149–159, 2012.

BECERIK-GERBER, Burcu; JAZIZADEH, Farrokh; LI, Nan; CALIS, Gulben. **Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management**. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 138, n. 3, p. 431–442, 2012.

BOJE, Calin; GUERRIERO, Annie; KUBICKI, Sylvain; REZGUI, Yacine. **Towards a Semantic Construction Digital Twin: Directions for Future Research**. *Automation in Construction*, v. 114, 103179, 2020.

BOLTON, Aidan et al. **The Gemini Principles**. Centre for Digital Built Britain (CDBB), University of Cambridge, 2018.

BRADLEY, Andrew; LI, Heng; LARK, Richard; DUNSTON, Phillip. **BIM for Infrastructure: An Overall Review and Constructor Perspective**. *Automation in Construction*, v. 71, p. 139–152, 2016.

BRASIL. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018**. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling – Estratégia BIM BR. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 18 maio 2018.

BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019.** Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling – Estratégia BIM BR. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 23 ago. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020.** Estabelece a utilização do Building Information Modeling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 3 abr. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024.** Dispõe sobre a Estratégia BIM BR. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 jan. 2024.

BRYDE, David; BROQUETAS, Marta; VOLM, Jürgen Marc. **The Project Benefits of Building Information Modelling (BIM).** *International Journal of Project Management*, v. 31, n. 7, p. 971–980, 2013.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **Industry Foundation Classes (IFC): ISO 16739.** London: buildingSMART International, 2023.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **OpenBIM: Better Together.** London: buildingSMART International, 2023.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **OpenBIM: Definition.** London: buildingSMART International, 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **A evolução do BIM no Brasil: diagnósticos e perspectivas de mercado.** Brasília, DF: CBIC, 2020.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília, DF: CBIC, 2016.

CHECCUCCI, Érica de Sousa. ***Ensino e Difusão do BIM no Brasil: uma análise do cenário nacional***. Salvador: UFBA, 2014.

CHURCHER, David. ***The ISO 19650 User Manual***. Abingdon: Routledge, 2020.

EASTMAN, Charles M. ***Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction***. Boca Raton: CRC Press, 1999.

EASTMAN, Charles M.; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. ***BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers***. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. ***Manual de BIM: um guia de modelagem de informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores***. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FISCHER, Martin; KUNZ, John. ***4D CAD for Construction Planning***. Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), 2004.

FISCHER, Martin; KUNZ, John. ***The Scope and Role of Information Technology in Construction***. Stanford University, CIFE, 2002.

GARIBALDI, B. C. B. ***Do 3D ao 7D – entenda todas as dimensões do BIM***. Sienge, 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 28 jun. 2026.

GU, Ning; LONDON, Kerry. ***Understanding and Facilitating BIM Adoption in the AEC Industry***. *Automation in Construction*, v. 19, n. 8, p. 988–999, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ***ISO 16739-1:2018. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries***. Geneva: ISO, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19650-1:2018**. *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. Geneva: ISO, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19650-2:2018**. *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets*. Geneva: ISO, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19650-3:2020**. *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets*. Geneva: ISO, 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19650-5:2020**. *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 5: Security-minded approach to information management*. Geneva: ISO, 2020.

KERZNER, Harold. ***Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling***. 13. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2022.

KOSKELA, Lauri. ***Application of the New Production Philosophy to Construction***. Stanford: Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), 1992. Technical Report n. 72.

KOTTER, John P. ***Leading Change***. Boston: Harvard Business School Press, 1996.

KRYGIEL, Eddy; NIES, Brad. ***Green BIM: successful sustainable design with Building Information Modeling***. Indianapolis: Wiley Publishing, 2008.

LU, Weisheng; WEBSTER, Christopher; CHEN, Ke; ZHANG, Xiaoling; CHEN, Xi. ***Computational Building Information Modelling for Construction Waste Management: Moving from Rhetoric to Reality***. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 68, p. 587–595, 2017.

MANZIONE, Leonardo. **Gestão de processos em BIM**: com base na ISO 19650. São Paulo: Editora AEC, 2020.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MÉNDEZ, Manuel Carpio. **Tecnologia da informação e comunicação na gestão de projetos da construção civil**. São Paulo: Editora PINI, 2012.

MONTEIRO, André; MARTINS, João Poças. ***A Survey on Modeling Guidelines for Quantity Takeoff-Oriented BIM-Based Design***. *Automation in Construction*, v. 35, p. 238–253, 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**. 7. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2021.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; LEE, Ghang; TEICHOLZ, Paul. ***BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers***. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.

SACKS, Rafael; RADOSAVLJEVIC, Milos; BARAK, Ronen. ***Requirements for Building Information Modeling Based Lean Production Management Systems for Construction***. *Automation in Construction*, v. 19, n. 5, p. 641–655, 2010.

SANTOS, Eduardo Toledo. **BIM: conceitos, tecnologias e aplicações**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2021.

SANTOS, Eduardo Toledo. **Desafios e marcos históricos na implementação de políticas públicas de BIM no Brasil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 143-158, out./dez. 2019.

SANTOS, Eduardo Toledo. **Publicações sobre implantação e maturidade do BIM no Brasil**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2021.

SANTOS, Eduardo Toledo; MANZIONE, Leonardo. **Implementação de processos BIM em empresas de projeto e construção**. Gestão & Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 45-61, abr. 2018.

SMITH, Peter. **BIM Implementation – Global Strategies**. *Procedia Engineering*, v. 85, p. 482–492, 2014.

SUCCAR, Bilal. **Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders**. *Automation in Construction*, Amsterdam, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

SUCCAR, Bilal. Building Information Modelling Maturity Matrix. In: UNDERWOOD, Jason; ISIKDAG, Umit (ed.). **Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies**. Hershey: IGI Global, 2010. p. 65–103.

SUCCAR, Bilal; KASSEM, Mohamad. **Macro-BIM adoption: Conceptual structures**. *Automation in Construction*, Amsterdam, v. 57, p. 64–79, 2015.

SUCCAR, Bilal; SHER, Willy; WILLIAMS, Anthony. **An Integrated Approach to BIM Competency Assessment, Acquisition and Application**. *Automation in Construction*, v. 35, p. 174–189, 2013.

TEICHOLZ, Paul (Ed.). **BIM for Facility Managers**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

VERGARA, Sylvia. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16. ed. [S. l.]: Atlas, 2016. ISBN 9788597006759.

VOLK, Rebekka; STENGEL, Julian; SCHULTMANN, Frank. **Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs.** *Automation in Construction*, Amsterdam, v. 38, p. 109–127, 2014.

WONG, Johnny K. W.; ZHOU, Jason. **Enhancing Environmental Sustainability over Building Life Cycles through Green BIM: A Review.** *Automation in Construction*, v. 57, p. 156–165, 2015.

YIN, Robert K. **Case Study Research and Applications: Design and Methods.** 6. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2018.

ZHANG, Shuang; TEIZER, Jochen; LEE, JoonOh; EASTMAN, Charles M.; VENUGOPAL, M. **Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules.** *Automation in Construction*, v. 29, p. 183–195, 2013.

ZHOU, Wen; WHYTE, Jennifer; SACKS, Rafael. **Construction Safety and Digital Design: A Review.** *Automation in Construction*, v. 22, p. 102–111, 2012.