



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
"CAMPUS ILHA SOLTEIRA"

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA
SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

A REVOLUÇÃO DO BIM NA ENGENHARIA CIVIL

JACÓ WESLEY LIMA DA CRUZ

Ilha Solteira – SP

2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
"CAMPUS ILHA SOLTEIRA"

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA
SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

A REVOLUÇÃO DO BIM NA ENGENHARIA CIVIL

JACÓ WESLEY LIMA DA CRUZ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia do
Campus de Ilha Solteira – UNESP, como
parte dos requisitos para obtenção do grau
de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki.

Ilha Solteira – SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C957r Cruz, Jacó Wesley Lima da.
A revolução do BIM na Engenharia Civil / Jacó Wesley Lima da Cruz. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
79 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Jorge Luis Akasaki

Inclui bibliografia

1. Construção civil. 2. Projetos. 3. Planejamento. 4. BIM (Building information modeling). 5. Metodologia.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: **JACÓ WESLEY LIMA DA CRUZ**

Titulo: **"A REVOLUÇÃO DO BIM NA ENGENHARIA CIVIL"**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **JORGE LUIS AKASAKI**
Data: 18/11/2024 11:52:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki

UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO GAROZI DA SILVA**
Data: 18/11/2024 11:44:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Garozi da Silva

UNESP – Campus de Ilha Solteira

Documento assinado digitalmente
 **GEAN PEREIRA DA SILVA JUNIOR**
Data: 18/11/2024 11:35:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gean Pereira da Silva Junior

UNESP – Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira

18/11/2024

Dedico a realização deste trabalho a Deus, a minha família (especialmente à minha mãe e ao meu pai), aos meus amigos, tanto de Itapeva - SP quanto de Ilha Solteira - SP, pelo apoio e por todo o suporte que me forneceram ao longo desta árdua etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e principalmente a Deus, por Ele sempre estar presente me capacitando, fornecendo saúde, bom-ânimo e força de vontade para tornar possível a realização deste trabalho e de todas as conquistas que já se concretizaram e que irão acontecer em minha vida.

Aos meus pais, Beline Nunes da Cruz e Sandra Vieira de Lima Cruz, por se esforçarem ao máximo pela minha educação, saúde e bem-estar. É devido ao esforço, apoio, suporte, incentivo e dedicação deles que fui capaz de chegar até aqui.

A minha namorada e também engenheira Isaine Pereira, a quem eu amo. A conheci já na etapa final deste projeto, mas ela trouxe para minha vida, tanto pessoal, quanto profissional, grande alegria, me mostrando novos horizontes, ideias, melhorias e jamais me permitindo desistir ou desanimar, sempre dizendo que sou capaz.

Aos meus demais familiares que sempre estiveram dispostos a me ajudar com a possibilidade que tinham em mãos, além de me encorajar a lutar e não desistir dos meus objetivos.

Aos meus amigos de Itapeva – SP, que mesmo distantes nunca deixaram de me apoiar e também aos meus amigos que fiz na universidade e no município durante a minha graduação, que se tornaram minha família durante os anos em que estive em Ilha Solteira – SP, em especial, à minha amiga Camila Diogo, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis e também aos meus amigos João Zulian e Leonardo Takeo que me auxiliaram no desenvolvimento do projeto de estudo deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jorge L. Akasaki que através das matérias que ministra, me fez admirar ainda mais o ramo da engenharia civil, e que me auxiliou desde o instante em que iniciei este trabalho, sempre compartilhando seus conhecimentos, cobrando-me e me fazendo crescer, não só profissionalmente, mas também pessoalmente.

A UNESP - Câmpus de Ilha Solteira, por fornecer a possibilidade de realizar esta pesquisa de conclusão do curso de Engenharia Civil, e demais experiências que adquiri ao longo de todo o período de graduação. Além de um agradecimento especial ao Senhor Donizeth, que sempre me ajudou com minhas documentações e solicitações, sempre me tratando da melhor forma possível e com o máximo comprometimento profissional.

Por fim, agradeço a todos que auxiliaram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

TÍTULO: A REVOLUÇÃO DO BIM NA ENGENHARIA CIVIL

RESUMO

O ramo da construção civil engloba uma ampla variedade de competências para a realização de uma obra. Quando pensamos em toda a vida útil desta, vemos que o número de variáveis e processos envolvidos são inúmeros, o que facilita a ocorrência de conflitos entre os inúmeros projetos que constituem uma construção. Assim, sempre se buscou um sistema que promovesse uma maior integração entre as disciplinas e seus respectivos projetos, facilitando a comunicação e minimizando conflitos e erros, que quando não mitigados, podem gerar atrasos, desperdício de materiais, dificuldades administrativas e, consequentemente, perdas financeiras. Em um mercado cada vez mais exigente e competitivo como é o ramo da construção civil, é essencial contar com profissionais capacitados que consigam através de um planejamento eficaz, reduzir esses impactos. É neste cenário que surge o BIM (*Building Information Modeling*), uma metodologia que permite a colaboração entre diferentes profissionais, para assim se ter um verdadeiro planejamento e identificação, correção e prevenção dos erros que poderiam aparecer durante todas as etapas da vida útil de uma obra (viabilidade, projeto, planejamento, execução, manutenção e demolição). Esse trabalho de conclusão de curso buscou apresentar de maneira organizada todas as características da metodologia BIM, suas vantagens e desafios de implantação no cenário nacional.

Palavras-Chave: construção civil; projetos; planejamento; BIM (*Building Information Modeling*); metodologia.

TITLE: THE REVOLUTION OF B I M IN CIVIL ENGINEERING

ABSTRACT

The construction industry encompasses a wide range of skills required for the completion of a project. When considering the entire lifecycle of a building, it becomes evident that numerous variables and processes are involved, which increases the likelihood of conflicts among the various projects that comprise a construction. Therefore, a system that fosters greater integration between disciplines and their respective projects has always been sought to facilitate communication and minimize conflicts and errors. When unaddressed, these issues can lead to delays, material waste, administrative challenges, and financial losses. In an increasingly demanding and competitive market like the construction industry, it is crucial to have skilled professionals capable of mitigating these impacts through effective planning. This is the context in which BIM (Building Information Modeling) emerges a methodology that enables collaboration among various professionals, allowing for comprehensive planning and the identification, correction, and prevention of errors throughout all stages of a project's lifecycle (feasibility, design, planning, construction, maintenance, and demolition). This thesis aims to systematically present the key characteristics of the BIM methodology, as well as its advantages and challenges of implementation in the national context.

Keywords: civil construction; projects; planning; BIM (Building Information Modeling); methodology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estimativa do Valor Econômico e Social em 2035	16
Figura 2 – A Breve História do AutoCAD	20
Figura 3 – Dimensões do BIM	31
Figura 4 – Troca de Informações no BIM	33
Figura 5 – Exemplo de Clash Detection no Revit	34
Figura 6 – Relação entre IFC e softwares BIM	35
Figura 7 – Simulação 4D tradicional	36
Figura 8 – 5D integrado ao Design, Custo e Cronograma	37
Figura 9 – Ciclo de Vida do BIM: Design, Construção e Operações	39
Figura 10 – Adoção de Tecnologias Emergentes pelas Empresas entre 2023 e 2027	43
Figura 11 – Interação entre as tecnologias da Indústria 4.0	44
Figura 12 – Estratégia BIM BR	48
Figura 13 – BIM BR Roadmap	50
Figura 14 – Hospital New Karilinska	60
Figura 15 – HUB de Varsóvia	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Top 50 principais países com mais pedidos de patentes em 2022	15
Tabela 2 – As 4 Revoluções Industriais	19
Tabela 3 – Desafios da Indústria da Construção	22
Tabela 4 – Processo do BIM	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5G	Fifth Generation (Quinta Geração de Redes Móveis)
2D	Two Dimensional (Duas Dimensões)
3D	Three Dimensional (Três Dimensões)
4D	Four Dimensional (Quatro Dimensões)
5D	Five Dimensional (Cinco Dimensões)
6D	Six Dimensional (Seis Dimensões)
7D	Seven Dimensional (Sete Dimensões)
AACE	Advancement of Cost Engineering International
AEC	Architecture, Engineering, and Construction (Arquitetura, Engenharia e Construção)
AR	Augmented Reality (Realidade Aumentada)
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BIM	Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)
CAD	Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)
CAT	Certidão de Acervo Técnico
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CDE	Common Data Environment (Ambiente Comum de Dados)
C&D	Construção e Demolição
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CIDB	Construction Industry Development Board)
CIFE	Center for Integrated Facility Engineering
EUA	United States of America (Estados Unidos da América)
GSA	General Services Administration
GSL	Government Soft Landings
HSE	Health, Safety and Environment (Saúde, Segurança e Meio Ambiente)
IAI	International Alliance for Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes

IoT	Internet of Things (Internet das Coisas)
NFC	Near Field Communication (Comunicação por Proximidade)
NIST	National Institute of Standards and Technology
PIB	Produto Interno Bruto
PSCIP	Projeto de Segurança contra Incêndio e Pânico
RFID	Radio-frequency Identification (Identificação por Radiofrequência)
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
1.2. AS EVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS AO DECORRER DAS ERAS.....	18
1.3. REFLEXO DAS EVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	19
1.4. OS PROBLEMAS ATUAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	21
1.5. A FALTA DE PADRONIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	22
1.6. AVERSÃO PARA COM INOVAÇÕES.....	23
1.7. LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	25
1.8. ELABORAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.....	25
1.9. ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.....	25
2. OBJETIVOS.....	27
2.1. OBJETIVO GERAL.....	27
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	28
3.1. O SURGIMENTO DO 3D.....	28
3.2. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM).....	28
3.2.1. O que é BIM?.....	28
3.2.2. As Dimensões do BIM.....	29
3.2.2.1. BIM 3D.....	31
3.2.2.1.1. Industry Foundation Classes (IFC's).....	35
3.2.2.2. BIM 4D.....	36
3.2.2.3. BIM 5D.....	37
3.2.2.3.1. Colaboração Digital e Atualizações em Tempo Real no BIM....	39
3.2.2.4. BIM e Sustentabilidade (6D).....	40
3.2.2.4.1. Arquitetura Verde.....	40
3.2.2.4.2. BIM na Redução de Resíduos.....	40
3.2.2.5. BIM e bem-estar no trabalho (8D).....	41
3.2.3. Tecnologias Complementares ao BIM.....	41
3.2.3.1. IoT e Sensores Inteligentes no Canteiro de Obras.....	42
3.2.3.1.1. NFC.....	44
3.2.3.1.2. Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR).....	44
3.2.3.1.3. Inteligência Artificial (IA).....	45
3.2.4. Bim e suas Oportunidades.....	45
3.2.4.1. Gestor de Obras.....	45
3.2.4.2. Arquiteto.....	46
3.2.4.3. Projetistas: elétrico, hidráulico e estrutural.....	46
3.2.4.4. Empresário.....	47
3.2.4.5. Modelador BIM.....	47
3.2.5. BIM no cenário brasileiro.....	47
3.2.5.1. 1ª Fase (2021).....	51
3.2.5.2. 2ª Fase (2024).....	52

3.2.5.3. 3ª Fase (2028).....	52
3.2.6. Relação de Equipe Técnica.....	52
3.2.7. A Falta de Profissionais Qualificados em BIM.....	53
3.2.8. BIM no mundo.....	54
3.2.8.1. Reino Unido.....	54
3.2.8.2. Estados Unidos (EUA).....	55
3.2.8.3. França.....	55
3.2.8.4. Holanda.....	56
3.2.8.5. Finlândia.....	56
3.2.8.6. Noruega.....	56
3.2.8.7. Suécia.....	57
3.2.8.8. Itália.....	57
3.2.8.9. Espanha.....	57
3.3. MATURIDADE DO BIM E OS DESAFIOS DE IMPLANTAÇÃO.....	58
3.4. BIM ESTUDOS DE CASO.....	59
3.4.1. Hospital New Karolinska.....	59
3.4.2. HUB de Varsóvia.....	61
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5. CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao longo dos anos, as transformações no cotidiano têm ocorrido de maneira cada vez mais rápida, impulsionadas principalmente pelas constantes evoluções tecnológicas, resultado direto do desenvolvimento e avanço das sociedades (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

De acordo com Igor Pinheiro (2021), fundador da Inova Civil, uma escola de engenharia especializada em tecnologia BIM, em seu Ebook sobre BIM denominado BIM BOOK, nos últimos 15 anos, o número de tecnologias introduzidas na sociedade explodiu de tal forma que nem os melhores futuristas de épocas passadas poderiam prever o que acontece atualmente. Isso pode ser ilustrado pelo grande número de patentes registradas para novas tecnologias, como evidenciado no relatório de 2022 do European Patent Office, encontrado na Tabela 1 deste trabalho, que aponta um aumento expressivo nas patentes de inovações tecnológicas, especialmente nas áreas de comunicação digital e inteligência artificial.

Tabela 1 – Top 50 principais países com mais pedidos de patentes em 2022

TOP 50

2022 Alteração			
1	Estados Unidos	48 088	+2.9%
2	Alemanha	24 684	-4.7%
3	Japão	21 576	-0.4%
4	R. P. China	19 041	+15.1%
5	França	10 900	+1.9%
6	R. Coreia	10 367	+10.0%
7	Suíça	9 008	+5.9%
8	Países Baixos	6 806	+3.5%
9	Reino Unido	5 697	+1.9%
10	Suécia	5 036	+1.8%
11	Itália	4 864	-1.1%
12	Dinamarca	2 662	+0.6%
13	Bélgica	2 604	+5.0%
14	Austria	2 388	+3.4%
15	Finlândia	2 140	+1.5%
16	Canadá	2 001	-3.8%
17	Espanha	1 925	-1.0%
18	Israel	1 471	+1.2%
19	Taipe Chinesa	1 474	-0.7%
20	Irlanda	1 140	+12.3%
21	Australia	1 003	-1.4%
22	Singapura	835	+16.1%
23	Índia	817	+1.4%
24	Noruega	660	+4.9%
25	Polônia	615	+17.8%
26	Turquia	542	-26.3%
27	Liechtenstein	456	-7.5%
28	Barbados	344	+15.8%
29	Luxemburgo	343	-20.8%
30	Hong Kong SAR	331	+49.8%
31	Portugal	312	+7.6%
32	Nova Zelândia	230	+2.7%
33	Brazil	220	+20.9%
34	República Tcheca	219	+9.0%
35	Arábia Saudita	206	-45.6%
36	Rússia	199	-26.8%
37	Grécia	185	-8.9%
38	Ilhas Cayman	136	-54.2%
39	Slovênia	123	+6.0%
40	Hungria	102	-14.3%
41	Tailândia	95	-4.0%
42	África do Sul	87	+2.4%
43	Lituânia	78	+9.9%
44	Malta	72	+28.6%
45	Emirados Árabes Unidos	69	0.0%
46	Estônia	66	-4.3%
47	México	58	-6.5%
48	Slováquia	49	+14.0%
49	Chile	48	+2.1%
50	Islândia	48	-23.8%

Fonte: Adaptado de European Patent Office (2023)

Além disso, os avanços significativos das redes de comunicação, como a implementação do 5G e o surgimento de tecnologias emergentes como a rede de satélites Starlink da SpaceX, estão redefinindo as fronteiras da conectividade e do processamento de dados. Segundo o relatório do Fórum Econômico Mundial de 2020, é estimado que o 5G e sua conectividade inteligente será um catalisador para o crescimento econômico, com um valor econômico estimado em 13,2 trilhões de dólares alcançados até 2035, o que impactará e beneficiará diversos setores, assim como demonstra a Figura 1.

Figura 1 – Estimativa do Valor Econômico e Social em 2035



Fonte: Adaptado de European Patent Office (2023)

O rápido surgimento de tecnologias tem causado impactos significativos na construção civil. O Fórum Econômico Mundial (2023) destaca que a resistência à adoção de novas tecnologias e práticas inovadoras pode limitar o progresso e a eficiência. Na construção civil este é um problema decorrente, pois muitos profissionais, especialmente aqueles com uma mentalidade mais tradicional ou mesmo amadora, continuam presos em práticas e ideias ultrapassadas. Essa resistência a inovações pode ser simplificada inclusive pelo seguinte pensamento: “Sempre fiz assim, eu faço assim, dá certo e vou continuar assim” e isto ajuda na perpetuação de tecnologias obsoletas (PINHEIRO, I., 2021). De modo geral, a resistência às inovações tecnológicas que surgem de forma constante no mercado, limita o potencial de otimização de processos e aumenta a ocorrência de erros, comprometendo a produtividade do

setor (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

Ao longo dos anos, a construção civil tem experimentado mudanças revolucionárias, sendo uma das mais importantes a inserção da Metodologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção). O BIM oferece um novo cenário para a forma de se projetar, construir e gerenciar edificações, pois permite uma abordagem colaborativa que busca integrar todas as disciplinas envolvidas (KOPSIDA, M.; BRILAKIS, I.; ANTONIO VELA, P., 2015). A capacidade desta metodologia de centralizar todas as informações do projeto em um ambiente digital tridimensional acaba por transformar a forma como as obras são planejadas, monitoradas e executadas, garantindo uma maior eficiência, precisão e sustentabilidade (FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL, 2016).

É nesse cenário que torna-se indispensável o aumento da eficiência para se garantir a qualidade do produto final e o cumprimento dos prazos, sem que se tenha perda de lucratividade. O BIM se destaca como a solução ideal, promovendo um fluxo de trabalho colaborativo e coordenado, o que melhora a tomada de decisões e possibilita a redução de erros, elevando a performance do setor como um todo. (PINTO, D., 2021)

Dessa forma, esta metodologia desenvolvida com o objetivo de revolucionar a construção civil por meio da incorporação de tecnologias e de um planejamento mais preciso, tem ganhado força e conquistado o seu espaço no setor. Esse avanço também é impulsionado pelo crescente interesse na padronização dos processos construtivos, visto que esta metodologia facilita a existência de uma abordagem integrada e colaborativa de todas as fases de um projeto. Além disso, a busca por maior eficiência, redução de custos e de erros, reforça que a adoção do BIM deve ser altamente considerada, pois se trata de uma tecnologia que surgiu justamente para atender essas demandas por inovações e aumento de qualidade (PINHEIRO, I., 2021).

Este trabalho busca demonstrar a relevância da metodologia BIM, explicando suas funcionalidades e os benefícios que ela proporciona ao setor da construção civil. Dada a crescente adoção do BIM em âmbito global, é fundamental que os profissionais compreendam não apenas o conceito, mas também adquiram proficiência nos softwares associados, como Revit e Navisworks, que adotam essa metodologia. Essa capacitação técnica não apenas otimiza o desempenho dos profissionais no mercado, mas também assegura sua competitividade e permanência em um setor cada vez mais exigente. Para alcançar esse objetivo, foi conduzida uma revisão bibliográfica abrangente, englobando fontes em português e inglês, de modo a reunir perspectivas amplas e fundamentadas sobre o tema.

1.2. AS EVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS AO DECORRER DAS ERAS

Para entender como a tecnologia evoluiu até o estágio atual, é fundamental rever os aspectos históricos que moldaram a sociedade. Ao longo das eras, a humanidade passou por transformações significativas em seu modo de vida, cultura e ambiente, o que influenciou diretamente o desenvolvimento de inovações tecnológicas.

Igor Pinheiro (2021) divide a história tecnológica da sociedade em três grandes eras: a Era Agrícola, a Era Industrial e a Era da Informação (ou Era Digital). Cada uma dessas fases representou um marco importante no desenvolvimento de novas tecnologias e na transformação das estruturas sociais e econômicas.

Durante a Era Agrícola, chamada por alguns como Revolução Neolítica, a humanidade concentrou-se exclusivamente em atividades essenciais para a sua sobrevivência, como a agricultura e a domesticação de animais (BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A., 2014) (GHIDINI, R., MORMUL, N.; 2020). Foi neste período que o ser humano abandonou o estilo de vida nômade, estabelecendo-se em locais fixos, chamados de assentamentos agrícolas, o que possibilitou o desenvolvimento das primeiras sociedades organizadas e impulsionou a inovações das técnicas de locomoção e obtenção de alimentos (GHIDINI, R., MORMUL, N.; 2020) (NATIONAL GEOGRAPHIC EDUCATION, 2024) (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2012).

Datada do início do século XVIII, a Era Industrial representou uma grande transformação ao substituir o modo de vida agrícola e artesanal pelo modo econômico industrial. Esta era foi marcada pela introdução das fábricas e caracterizada pela utilização de máquinas e linhas de montagem para a obtenção de uma produção em larga escala, reduzindo o tempo de produção e aumentando a eficiência (BUCHANAM, R. A., 2024).

No início do século XX, mais especificamente em meados da década de 1970, teve início a Era da Informação — também conhecida como Era Digital, Segunda Era das Máquinas, Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0. Esse período transformou rapidamente a sociedade, alterando paradigmas tecnológicos por meio de avanços digitais e computacionais (BRYNJOLFSSON & MCAFEE, 2014; SCHWAB, 2016). Esses impactos continuam a se manifestar nos dias atuais, redefinindo a maneira como interagimos com a tecnologia e conduzimos atividades econômicas e sociais.

Tabela 2 – As 4 Revoluções Industriais



Navegando pela próxima Revolução Industrial			
Revolução	Ano	Informação	
	1	1784	Água, Vapor, Equipamentos de Produção Mecânica
	2	1870	Divisão de Trabalho, Eletricidade, Produção em Massa
	3	1969	Eletrônica, TI, Produção Automatizada
	4	?	Produção Cibernética

Fonte: Adaptado de Schwab, K. (2016)

Nos últimos anos, o ritmo acelerado de avanços tecnológicos superou o progresso feito durante quase dois séculos de industrialização. A transição do modelo de produção segmentada e repetitiva perdeu seu espaço para um modelo conectado e multidisciplinar, refletindo também em transformações significativas no mercado, que agora absorve e integra tecnologias de modo cada vez mais rápido e abrangente (BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A., 2014).

1.3. REFLEXO DAS EVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As transformações tecnológicas ao longo das eras tiveram um impacto profundo na construção civil, com inovações significativas já desde 1945, como a transição dos projetos manuais em pranchetas para o software AutoCAD, o que revolucionou a prática do desenho arquitetônico e estrutural, melhorando significativamente a precisão dos projetistas (CZMOCH, I.; PEKALA, A., 2014) (LIU Z., 2024).

Figura 2 – A Breve História do AutoCAD

A Breve História do AutoCAD



Fonte: Adaptado de Scan2CAD (2023)

Eastman, C. et al. (2018) cita, no entanto, que em estudos realizados pela CIFE (Center for Integrated Facility Engineering), um centro de pesquisa da Universidade de Stanford, em um período de 40 anos - 1964 a 2004 - a produtividade na construção civil

permaneceu estagnada, enquanto que a produtividade de setores não agrícolas, como a manufatura e tecnologia, mais do que dobraram.

Ao avaliar as inovações proporcionadas por ferramentas como o AutoCAD, observa-se que embora essas tenham causado avanços significativos, a metodologia de desenvolvimento de projetos permaneceu inalterada (LIU, Z., 2024).

1.4. OS PROBLEMAS ATUAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Apesar das significativas inovações tecnológicas, a construção civil ainda enfrenta problemas persistentes que têm se arrastado ao longo das gerações de profissionais. O avanço tecnológico tem possibilitado que profissionais da área, especialmente projetistas, possam desenvolver ideias mais complexas e detalhadas, através inclusive do emprego de diversas disciplinas. No entanto, apesar dos benefícios, essas inovações não foram acompanhadas por uma transformação metodológica correspondente, pois a base para a criação e execução de projetos continua sendo tradicional e muitas das vezes desatualizada. Como resultado, erros simples acabam por persistir, inclusive em processos fundamentais, elevando os custos associados à implementação de novas tecnologias e dificultando a adoção eficaz dessas inovações (PINHEIRO, I., 2021).

No Brasil, a construção civil enfrenta desafios relacionados às práticas tradicionais de execução e planejamento. Essas ainda estão presentes em muitos projetos e geralmente resultam em retrabalhos e desperdícios, uma vez que a metodologia utilizada não é suficientemente adaptativa para lidar com a complexidade crescente dos projetos modernos (PINHEIRO, I., 2021).

Esse crescente aumento de complexidade nos projetos acarreta no aumento do número de profissionais envolvidos, cada um especializado em diferentes áreas, de modo a otimizar o desenvolvimento do projeto. Tradicionalmente, o arquiteto é o primeiro a se envolver, sendo encarregado de criar o esboço geral do projeto, focando em estética, funcionalidade e aproveitamento eficiente de espaços. No entanto, muitos destes profissionais ainda utilizam softwares 2D, como o AutoCAD, o que exige a criação de vistas e cortes de modo isolado (LIU, Z., 2024) (PINHEIRO, I., 2021).

É facilmente entendível que a falta de interação entre os projetos impacta diretamente no cronograma da obra, influenciando pontos críticos como a quantificação e estocagem de materiais, ou seja, gera problemas de logística que surgem quando o fluxo de informações entre as disciplinas é segmentado, resultando em danos ou falta de insumos essenciais. Esse

cenário expõe a complexidade de gerenciamento de uma obra, que pode ser ainda agravada por imprevistos relacionados ao fluxo dos materiais e coordenação das equipes (PINTO, D., 2022).

Como já tratado, a falta de organização no planejamento gera também um caos no controle de quantitativos, que muitas vezes só é calculado durante a execução da obra. É comum ver ainda profissionais perguntando diretamente aos operários qual a quantidade de material necessária para uma determinada tarefa, resultando em pedidos baseados em estimativas imprecisas, gerando requisições adicionais ou grandes sobras, aumentando assim custos e desperdícios (PINHEIRO, I., 2021). Alsharef, et al. (2024) organiza os desafios da construção civil, assim como mostra a Tabela 3:

Tabela 3 – Desafios da Indústria da Construção

Desafio	Descrição
1. Escassez de Mão de Obra Qualificada	A Construção Civil possui dificuldades em contratar e manter trabalhadores qualificados.
2. Saúde e Segurança	Canteiros de Obra continuam inseguros, deixando os trabalhadores vulneráveis a lesões graves e mesmo à morte.
3. Meio Ambiente e Sustentabilidade	As construções geram uma quantidade considerável de resíduos. A adoção e implementação de práticas sustentáveis ainda é limitada.
4. Aquisição e Fornecimento	Desde a COVID-19, houve um aumento na escassez de insumos e atrasos nas compras.
5. Inovações Tecnológicas	Existe uma lentidão na indústria da construção com relação a adoção de novas tecnologias.
6. Economia	Existe um grande medo de um recesso devido as altas taxas de juros atual.
7. Design	Erros e imprecisões nos projetos é algo que assombra quase todos os projetos de engenharia.
8. Regulamentação	É muito difícil manter a regularidade das regulamentações da Indústria
9. Colaboração e Comunicação	A comunicação e colaboração ineficaz tem levado ao fracasso dos projetos

Fonte: Adaptado de Alsharef et al. (2024)

1.5. A FALTA DE PADRONIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em grande parte das indústrias, a padronização é fundamental para garantir produtividade e qualidade, sendo ela um dos principais pilares do aumento de eficiência. Através de processos bem definidos e controlados, as indústrias conseguem entregar produtos com alta precisão, consistência e qualidade. No entanto, a construção civil, historicamente, apresenta um nível de padronização extremamente baixo, o que resulta em variações

consideráveis de qualidade e eficiência nas obras, além de um aumento nos custos e prazos de execução (PINHEIRO, I. 2021).

Mesmo em projetos de grande escala, a construção civil ainda tende a adotar práticas mais artesanais, o que dificulta a padronização de processos. No entanto, existem algumas exceções, como é o caso dos programas de habitação popular - casas populares - onde a padronização é uma necessidade para garantir a viabilidade econômica e evitar perdas. Neste tipo de obra, são implementadas metodologias mais rigorosas como forma de assegurar que os processos sejam repetidos de maneira idêntica, minimizando variações de qualidade e controlando custos de forma eficiente (PINHEIRO, I. 2021). Por outro lado, em grande parte dos outros projetos, a falta de uma metodologia padronizada contribui para que sejam feitos retrabalhos, para que haja desperdícios, problemas de comunicação e, consequentemente, resultados finais abaixo do esperado em termos de qualidade e eficiência.

Como em cada obra existe uma variedade de profissionais e equipes envolvidos, se tem também diferentes níveis de experiência, técnicas e abordagens para a execução das atividades. Deste modo, mesmo que um projeto fosse repetido por diversas vezes, a falta de padronização nos processos de execução poderia resultar em variações significativas na qualidade e na precisão, ou seja, dificilmente uma mesma obra seria feita da mesma maneira (DAVID, P., 2022).

Para mitigar tais problemas, é crucial então que, além da execução, a padronização seja aplicada desde a fase de projeto. No entanto, esta só poderá ser verdadeiramente eficaz se existir uma comunicação clara e assertiva entre todos os envolvidos, especialmente entre projetistas e gestores (PINHEIRO, I. 2021).

1.6. AVERSÃO PARA COM INOVAÇÕES

A resistência cultural às inovações é um dos grandes desafios que a construção civil enfrenta. Em muitos dos casos, essa aversão surge dos chamados “costumes”, que são hábitos enraizados não apenas nos clientes, mas principalmente nos profissionais, de seguir práticas tradicionais transmitidas de geração em geração, e isso pode ser observado em todos os níveis da construção civil, desde serventes até engenheiros e gestores (DIBROV, A., 2015).

Essa aversão à inovação pode ter um impacto negativo muito significativo a longo prazo. Empresas que não adotarem novas tecnologias e práticas eficientes irão acabar ficando para trás em um mercado cada vez mais competitivo, onde a inovação é essencial para garantir qualidade, rapidez e economia. Superar essa resistência cultural é, portanto, um passo

fundamental para que a construção civil acompanhe as transformações digitais e tecnológicas que estão revolucionando a indústria (PINHEIRO, I., 2021).

Anos atrás, altas margens de lucro no setor da construção civil permitiam aos profissionais e empresas que operassem com certa folga, focando em novos projetos e expandindo o número de canteiros de obras, sem dar a devida atenção à redução de desperdícios e otimização de recursos. Nesse contexto, a economia de materiais e a eficiência operacional não eram prioridades, já que o volume de obras novas garantiam lucros consideráveis. No entanto, o cenário mudou drasticamente. Com o aumento da concorrência e competição, a construção civil está enfrentando um novo desafio: clientes cada vez mais exigentes e menos dispostos a pagar por serviços que não venham a agregar valor real (PINHEIRO, I., 2021).

Atualmente, cobrar mais por um serviço é difícil, pois a competitividade força o setor a encontrar alternativas para se manter lucrativo. A resposta natural a este desafio deveria ser focada na redução dos desperdícios e na eliminação de atividades desnecessárias, mas, infelizmente, o que se pode observar é uma redução de custos por meio da diminuição da qualidade dos materiais e serviços (DAVID, P., 2022). Portanto, é crucial que os profissionais da construção civil desenvolvam a capacidade de se adaptar às inovações e estejam abertos a considerar novas ideias.

Os profissionais precisam reconhecer que o tempo está passando e que a integração de inovações nos processos de construção é impositiva. Mesmo levando em conta as experiências já adquiridas, em um setor em que a margem de lucro está cada vez mais apertada e a concorrência se atualiza constantemente, a implementação de estratégias eficazes de redução de custos tornam-se essenciais para a sobrevivência no mercado, e isso é particularmente importante considerando a presença de clientes mais exigentes, uma alta competição e uma economia instável (PINHEIRO, I., 2021).

Mesmo em ambientes tradicionalmente resistentes a mudanças e inovações, é possível que metodologias de redução de custos, comprovadamente eficazes em diversas obras, tenham o potencial de mitigar os problemas já discutidos e mesmo os profissionais mais teimosos reconheceriam a conveniência e os benefícios práticos dessas inovações (DAVID, P., 2022).

No contexto da construção civil, a introdução do *Building Information Modeling* (BIM) surgiu como uma ferramenta revolucionária para o setor e como uma resposta a todas as suas limitações ao permitir a melhoria exponencial do planejamento, da precisão, da coordenação, da colaboração e da eficiência na gestão, execução e entrega de projetos, dos

mais simples aos mais complexos, redefinindo processos através da integração de informações e abrindo novos horizontes para a indústria, se beneficiando inclusive da automação e da eficiência estabelecida durante a Era Industrial.

Esta ferramenta é tão significativa que mesmo outras inovações tornam-se cada vez mais integradas a ela, permitindo, através da conectividade e do processamento massivo de dados em tempo real, uma precisão e otimização sem precedentes, aplicando isso inclusive ao ciclo de vida dos projetos, garantindo harmonia e consistência entre etapas e minimizando a necessidade de ajustes de emergência, surgimento de erros, serviços de retrabalho e desperdícios, e consequentemente, resultando no ganho de produtividade, controle de qualidade e redução de custos (EASTMAN, et al.; 2018).

1.7. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O tema deste trabalho, apesar de ter surgido há vários anos, ainda é considerado relativamente novo. Grande parte do material disponível sobre o assunto está em inglês, o que exige um investimento significativo de tempo para tradução, leitura, compreensão e seleção dos conteúdos relevantes. Para a elaboração deste estudo, foram utilizados cursos sobre a metodologia BIM, eBooks, anotações de artigos nacionais e estrangeiros, além de outras fontes confiáveis que não demandassem altos custos, como cursos intensivos.

Por se tratar de um metodologia que ainda carece de fontes organizadas para estudo, tornou-se evidente a necessidade de realizar uma organização sistemática dos conceitos encontrados. Assim, este trabalho busca apresentar, de forma clara e acessível, a importância do BIM para a construção civil.

1.8. ELABORAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Este trabalho foi realizado pelo discente Jacó Wesley Lima da Cruz, que organizou as informações encontradas na literatura e também no meio digital, disponíveis em livros, ebooks, cursos e de sua própria experiência ao pesquisar a metodologia BIM e alguns softwares que adotam este conceito.

1.9. ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Este trabalho foi organizado em **VI** capítulos. O capítulo **I**, correspondente à

introdução, apresenta o tema proposto desta conclusão de curso, sua contextualização, as considerações iniciais, as informações e problemáticas referentes à metodologia BIM e ao setor da construção civil. Ainda neste capítulo, encontram-se as limitações para elaboração do trabalho. Por fim, é comentada sobre a estrutura deste trabalho.

O capítulo **II**, por sua vez, fornece os objetivos deste trabalho de conclusão de curso.

O capítulo **III**, referente à revisão bibliográfica, busca informar de forma clara e concisa as noções de diversos autores sobre o que é BIM, quais são suas dimensões, oportunidades e como esta metodologia se encontra dentro do cenário tanto nacional quanto mundial.

O capítulo **IV** expõe as considerações adquiridas através deste trabalho, tais como as vantagens e desafios sobre o BIM por meio de uma discussão organizada.

O capítulo **V** fornece as conclusões obtidas do trabalho.

Por fim, no Capítulo **VI**, é possível encontrar as referências bibliográficas utilizadas para a elaboração desta dissertação.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar, por meio de revisão bibliográfica, a revolução proporcionada pelo BIM no setor da construção civil, destacando sua eficiência, aplicabilidade e oportunidades.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e organizar os principais conceitos e características da metodologia BIM a partir de materiais bibliográficos e técnicos disponíveis.
- Avaliar os impactos do BIM na construção civil, com foco na eficiência e na redução de conflitos durante o ciclo de vida das obras.
- Comparar os desafios e as oportunidades de implementação do BIM no Brasil em relação ao cenário internacional.
- Apresentar exemplos práticos que ilustram os benefícios do BIM em diferentes etapas de projetos de construção civil.

3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

3.1. O SURGIMENTO DO 3D

A modelagem 3D começou a ser desenvolvida na década de 1970, trazendo inovações iniciais para áreas como cinema e jogos. Esses avanços foram fundamentais para o desenvolvimento do CAD (Desenho Assistido por Computador) e estabeleceram as bases tecnológicas para a evolução do BIM, que hoje integra não apenas a geometria, mas também dados paramétricos detalhados, permitindo simulações complexas de projetos de construção (CLAYTON, M., 2005).

3.2. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

3.2.1. O que é BIM?

O conceito de BIM foi inicialmente desenvolvido no *Georgia Institute of Technology* no final da década de 1970. Pesquisadores começaram a explorar maneiras de utilizar os computadores para modelar estruturas de edifícios, estabelecendo assim as bases para o BIM moderno. Em 1986, a *Graphisoft* lançou o *ArchiCAD*, um software revolucionário que permitia a criação de modelos 3D, um avanço significativo em relação aos CAD's da época. A partir dos anos 2000, a adoção do BIM começou a crescer rapidamente devido a necessidade de melhorar a eficiência e reduzir erros na construção e nesse mesmo sentido governos e organizações começaram a estabelecer normas para sua implementação em projetos públicos. No entanto, o termo "*Building Information Modeling*" só foi utilizado pela primeira vez em 2002 para descrever o design virtual, a construção e a gestão das instalações (ROKOOEI, S., 2015). O termo só se popularizou com o auxílio da empresa Autodesk, quando a mesma lançou um documento sobre BIM em 2002 (AUTODESK, 2024).

A definição do BIM pode variar conforme o ponto de vista das diferentes frentes da indústria da construção, enquanto para uns se trata apenas de softwares ou regulamentações, para outros ele é a maior das inovações da área da construção. Isso se torna ainda mais abrangente com as mais de 1000 publicações sobre o tema (BARLISH, K.; SULLIVAN, K., 2012).

De acordo com a *Building Smart*, uma das principais autoridades globais no desenvolvimento de padrões de interoperabilidade para o setor de construção, o *Building*

Information Modeling (BIM) é descrito como uma “representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação, que permite a integração sistêmica e transversal de todas as fases do ciclo de vida de uma obra”. É importante salientar que essa tecnologia transcende a simples criação de modelos tridimensionais, pois foca em todos os aspectos do projeto (YASIR, M. et al., 2024).

Segundo Eastman, C. et al. (2018), o BIM é definido como uma tecnologia de modelagem integrada, acompanhada de um conjunto de processos associados que visam produzir, comunicar e analisar de maneira eficiente modelos de edifícios. Deste modo, a proposta desta metodologia vai muito além de uma simples visualização 3D, pois ela permite uma análise detalhada de aspectos físicos e funcionais de uma construção, possibilitando a verificação de interferências (clash detection) e a otimização dos processos.

A Autodesk, empresa multinacional de softwares para design, engenharia, arquitetura, manufatura, entretenimento e mídia, trata o BIM como uma abordagem inovadora para o design, construção e gerenciamento de edifícios, caracterizada pela disponibilidade contínua e imediata de informações consistentes, confiáveis e de alta qualidade sobre o escopo do projeto, cronograma e custos. Essa metodologia foi introduzida na empresa no ano de 2002 (AUTODESK, 2008).

As informações geradas em um projeto de construção são amplas e englobam desde dados básicos, como a altura do edifício, até detalhes complexos, como o custo por metro quadrado de materiais, o consumo energético de equipamentos e o tempo estimado para a execução de cada uma das atividades. A capacidade do BIM de reunir todas essas informações em um ambiente 3D, permite a simulação da obra em sua totalidade, o que possibilita que todos esses detalhes sejam analisados, corrigidos ou ajustados de forma integrada, antes mesmo da execução, minimizando erros e garantindo a eficácia dos processos (PINTO. D, 2022)

3.2.2. As Dimensões do BIM

O BIM quando bem empregado, se trata de uma ferramenta poderosa que abrange todo o ciclo de vida do projeto, ou seja, todas as suas etapas. Mohammed et al. (2022), em seu artigo, divide o BIM no que ele chama de variáveis, assim como demonstrado na Tabela 4:

Tabela 4 – Processo do BIM

Nº	Variável	Processo BIM
1	Análise de Viabilidade	Dependendo da natureza do projeto, as incertezas podem se apresentar em um nível considerável e isso pode causar riscos durante as etapas de construção. O BIM no entanto, abrange todo o ciclo de vida dos projetos de construção.
2	Modelo 3D	A visualização 3D permite uma melhor visualização e compreensão do projeto. Deste modo, o BIM proporciona precisão de acordo com a precisão da informação inserida no modelo.
3	Clash Detection	Antes da fase de construção, pode se realizar uma verificação de conflitos. Como o BIM permite que o modelo 3D transmita as alterações automaticamente, conflitos entre projetos podem ser verificados antes da construção, permitindo que os profissionais possam trabalhar juntos e rapidamente para resolvê-los. Deste modo, a construção é acelerada e os custos são reduzidos.
4	Sequência Construtiva	Com o BIM é possível desenvolver um cronograma eficaz para as compras, montagem e entrega dos elementos do projeto ainda durante a etapa de planejamento.
5	Programação das Atividades	Com o BIM é possível realizar simulações da construção e assim detectar problemas ou inatividades antes de cada etapa construtiva, buscando garantir que o mesmo se seguiu.
6	Análise de Sustentabilidade	A análise de sustentabilidade deve ser realizada logo no início do projeto para que possa atingir aos requisitos de desempenho em todas as etapas do projeto. Com o BIM é então possível, com o auxílio de ferramentas analíticas, coordenar e realizar análises de sustentabilidade dessas etapas, estabelecer metas energéticas e de redução do consumo de insumos.

Fonte: Adaptado de Mohammed et al. (2024)

No entanto, apesar de estar relacionado com a organização de Mohammed, a forma mais conhecida de organização do BIM nas etapas de projeto é dividi-lo nas chamadas dimensões. Como explicado por David Pinto (2022), diretor da David Pinto Consultoria e especialista em tecnologias para arquitetura e engenharia, durante sua participação no curso intensivo da Inova Civil, e também por Czmocho e Pekala (2014), o BIM oferece uma abordagem que vai além das tradicionais dimensões 2D e 3D, permitindo trabalhar totalmente com até 7 dimensões e parcialmente com tantas outras (8D, 9D e 10D), assim como ilustrado na Figura 3. Cada uma dessas dimensões representa um nível adicional de informações que podem ser inseridas no projeto, aumentando a profundidade de análise e de controle:

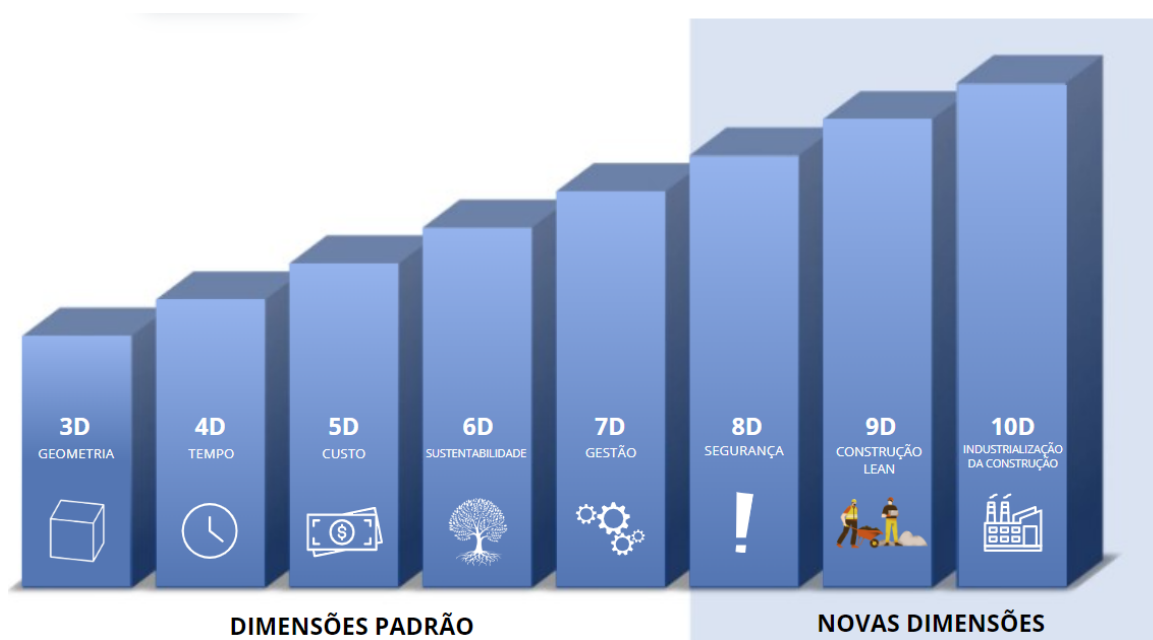
- 3D: Representação tridimensional da construção (construção virtual 3D).
- 4D: Planejamento do tempo e análise da duração das atividades (planejamento de obras).
- 5D: Controle de custos e quantitativos (orçamento de obras).
- 6D: Avaliação de sustentabilidade, incluindo o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida.
- 7D: Fase de operação e manutenção, com foco na gestão do edifício após a conclusão da obra.
- 8D: Gestão de segurança e prevenção de riscos, focando na identificação, análise e mitigação de riscos associados à segurança do trabalho e prevenção de acidentes

durante todas as fases do ciclo de vida da construção.

- 9D: Monitoramento do ciclo de vida, relacionada à integração de tecnologias de sensores e dispositivos IoT (Internet das Coisas) para permitir o monitoramento contínuo da performance da construção e ajudar na otimização do uso de energia, manutenção preditiva e identificação de falhas em tempo real.
- 10D: Industrialização da construção e digital twins, o que expande o BIM para integrar tecnologias como a pré-fabricação, impressão 3D e gêmeos digitais, permitindo a automação e otimização do design e execução, além de simular cenários de uso e mudanças futuras na estrutura.

Segundo Igor Pinheiro (2021), no Brasil o uso da metodologia ainda está mais difundido apenas até a dimensão 5D, ou seja, ainda se tem uma limitação na exploração das dimensões mais avançadas.

Figura 3 – Dimensões do BIM



Fonte: Adaptado de Zigurat (2023)

3.2.2.1. BIM 3D

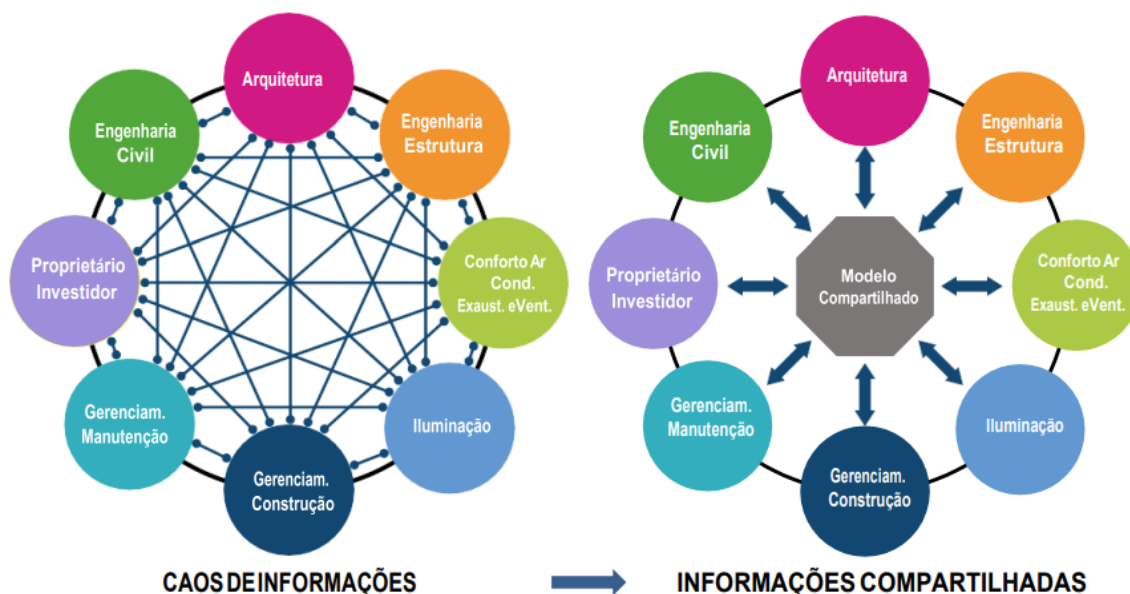
No contexto do BIM, o termo 3D (3 Dimensões) refere-se à construção virtual tridimensional (coordenadas x,y,z) de um empreendimento, o que permite a visualização de todo o projeto em sua integridade, incluindo as diferentes plantas que o constituem, como os

projetos arquitetônicos, estruturais, hidráulicos e elétricos. Através da modelagem 3D, é possível visualizar incompatibilidades que normalmente passariam despercebidas, como um encanamento que interfere em um elemento estrutural ou instalações que estejam visíveis de maneira indesejada (PINTO, D., 2022).

Uma vantagem significativa do BIM em comparação aos softwares convencionais como o AutoCAD, que trabalha com linhas sem associação de inteligência, é a parametrização dos objetos, que significa que as relações entre os elementos do projeto são mantidas em um banco de dados relacional, o que permite que alterações em um componente sejam automaticamente refletidas em todo o modelo (AUTODESK, 2008). Para Eastman, C. et al. (2018), a modelagem paramétrica possibilita a criação de objetos inteligentes, que se ajustam conforme as alterações no projeto, eliminando inconsistências e melhorando a precisão das informações compartilhadas entre as equipes.

Outro fator determinante para o sucesso desta metodologia é a interoperabilidade entre os softwares. Neste sentido, as empresas buscam viabilizar cada vez mais essa integração por meio de ferramentas como extensões, complementos e plugins. Desde muito tempo a organização internacional *Building Smart* também vem trabalhando na melhoria desses padrões de interoperabilidade por meio da *Industry Foundation Classes* (IFC), um formato de arquivo neutro que permite a comunicação eficiente entre as disciplinas e trocas de dados, garantindo que o modelo arquitetônico, por exemplo, esteja sempre em sincronia com os projetos estruturais, elétricos e hidráulicos, sendo em 2013 reconhecido inclusive como um padrão internacional pela ISO 16739-1: 2024 (ROKOOEI, S., 2015).

Figura 4 – Troca de Informações no BIM

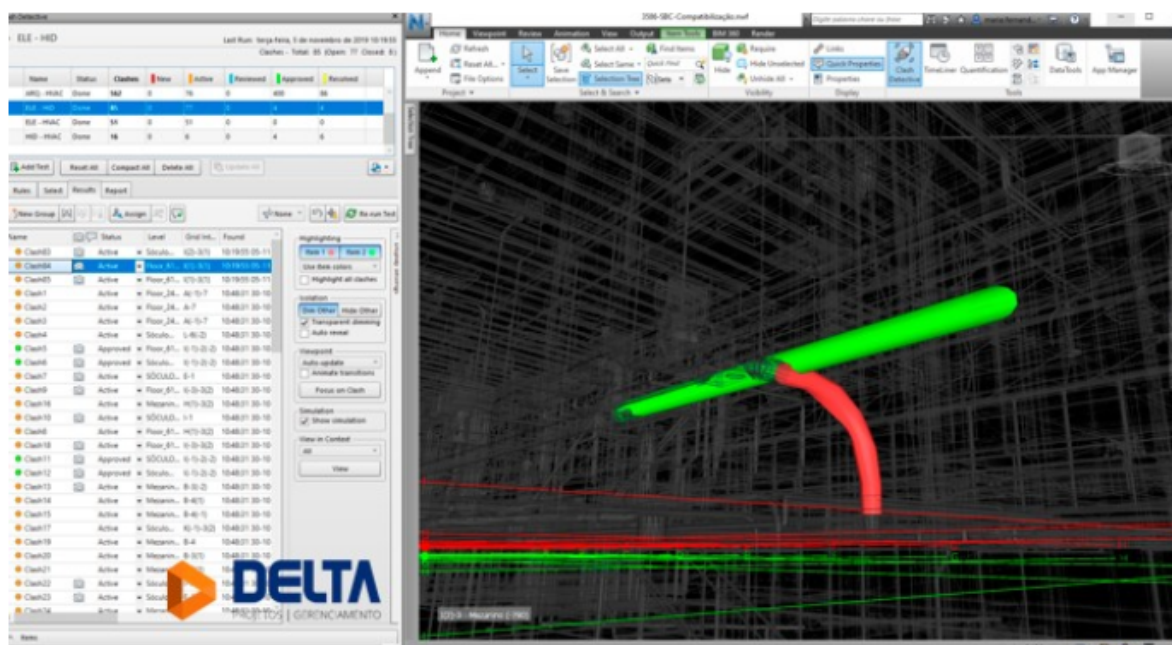


Fonte: Araujo, L. (2019)

Ao garantir que todos os projetos estejam “encaixados” de maneira precisa, o BIM não apenas otimiza a fase de construção, como também permite o uso dessas informações ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, o que inclui as fases de manutenção, gestão de ativos e até mesmo reformas futuras, que podem se beneficiar do nível de detalhamento disponível no modelo BIM - dimensões 4D: tempo e 5D: custos - (PINHEIRO, I., 2021).

Neste conceito de integração, o *Clash Detection* (Detecção de Colisões) surge como uma técnica automatizada crucial que identifica inconsistências e conflitos entre os elementos dos projetos antes que cheguem ao canteiro de obras e com isso, retrabalhos e custos adicionais são evitados, além de criar uma facilidade para a gestão de segurança na obra. (CZMOCH, I.; PEKALA, A., 2014) (EASTMAN, C. et al., 2018) (YASIR, M. et al., 2024).

Figura 5 – Exemplo de Clash Detection no Revit



Fonte: MAPData (2023)

De acordo com Eastman, C. et al. (2018), estes conflitos são divididos em dois níveis:

- **Hard Clash (Colisão Grave):** ocorre quando há uma incompatibilidade física entre dois elementos, como uma tubulação que colide com uma viga estrutural.
- **Soft Clash (Colisão Leve):** envolve objetos que estão próximos o suficiente para causar problemas futuros, mas que não necessariamente se sobrepõem fisicamente de maneira grave, como por exemplo a abertura de uma porta que interfira no acesso de interruptores, válvulas, ou que colida com outros objetos como vasos e pias.

Czmoch e Pekala (2014) apontam em seu artigo um terceiro tipo de colisão, a qual eles classificam como colisão tecnológica. Esse tipo de colisão trata-se de uma incompatibilidade mais técnica, como por exemplo, conflitos entre as sequências construtivas, etapas de cronograma e até mesmo número de trabalhadores insuficientes ou em excesso para estas mesmas etapas.

Entre os softwares mais utilizados para a detecção de conflitos está o Navisworks da Autodesk. Essa ferramenta potente tem a capacidade de realizar simulações 4D e 5D e facilita a colaboração em tempo real. Com relação à detecção de conflitos, o programa também se destaca, gerando relatórios detalhados após identificá-los, caracterizando-os e descrevendo-os, o que irá facilitar a análise dos profissionais e a busca por soluções de

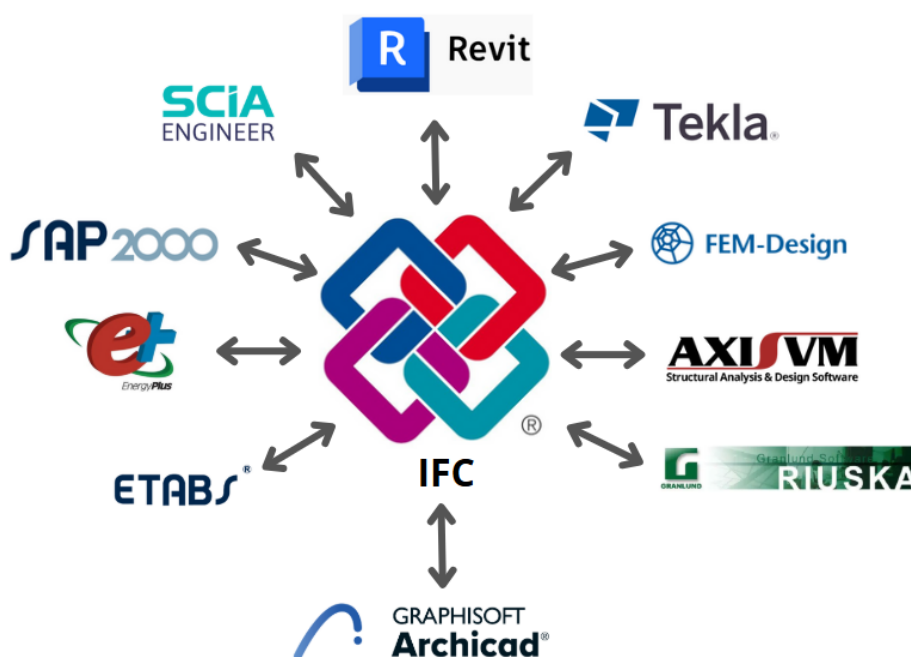
correção (ELLIS, G., 2023).

No entanto, para garantir que a construção virtual realizada com a metodologia BIM seja precisa e organizada, é fundamental que os projetistas compreendam a prática das obras. Como afirma David Pinto (2022), a modelagem virtual de um edifício não difere essencialmente de uma construção física. Isso significa que o conhecimento de campo dos profissionais de construção é crucial para aproveitar o máximo potencial do BIM, que se torna então uma ferramenta muito poderosa.

3.2.2.1.1. Industry Foundation Classes (IFC's)

Com um dos benefícios do BIM sendo a sua capacidade de manter modelos atualizados e acessíveis ao longo do tempo, a utilização de uma terminologia comum e uma compreensão mútua dos vocabulários tornam-se fatores essenciais para o sucesso dessa metodologia. Nesse sentido a *Building Smart* desenvolveu o padrão *Industry Foundation Classes* (IFC), que é uma especificação aberta e neutra para o intercâmbio de dados entre diferentes softwares BIM, assim como demonstrado na figura 6, promovendo interoperabilidade e colaboração eficiente (ROKOOEI, S., 2015).

Figura 6 – Relação entre IFC e softwares BIM

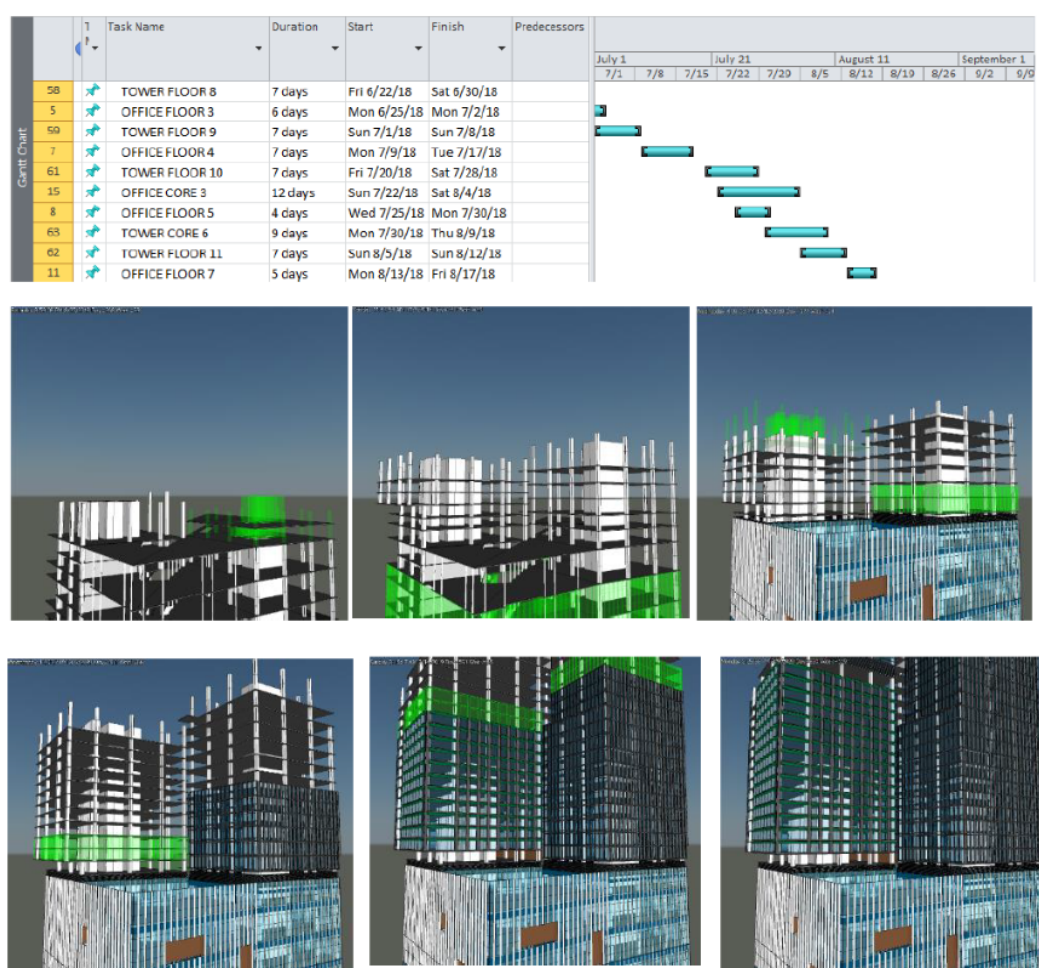


Fonte: Adaptado de Rokooei (2015)

3.2.2.2. BIM 4D

O BIM 4D refere-se à inclusão da variável tempo (T) ao modelo tridimensional (x, y, z), transformando-o em um modelo quadridimensional. Através dessa integração, como ilustrado na figura 7, é possível associar cronogramas de construção ao modelo 3D, o que permite simular e visualizar as etapas da obra ao longo do tempo (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

Figura 7 – Simulação 4D tradicional



Fonte: Autodesk University (2024)

Com a simulação 4D, tanto a empresa quanto os clientes podem visualizar o progresso das obras em qualquer ponto do cronograma, permitindo uma compreensão mais clara do andamento e efetividade das atividades planejadas. Para que essa simulação seja executada, é necessário que o projeto 3D seja utilizado em conjunto com softwares de planejamento que empregam a metodologia BIM (PINTO, D., 2022).

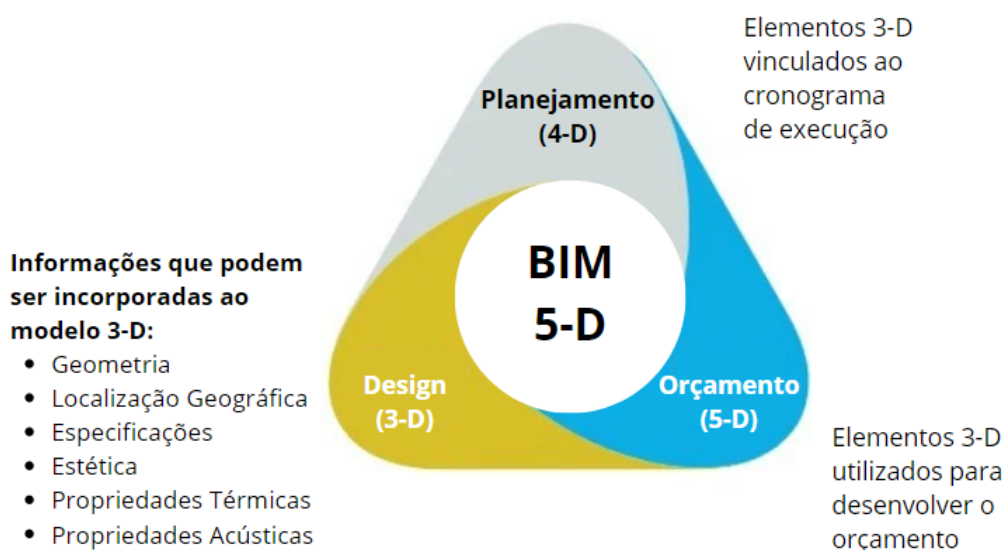
Como dito anteriormente, ao se combinar o modelo 3D com um planejamento detalhado, é possível utilizar softwares adicionais, como o Naviworks da Autodesk, ou o Solibri Model Checker, para unir esses elementos e criar a simulação 4D, o que possibilita a visualização de toda a construção em tempo real e que permite não só o acompanhamento mais eficiente do progresso da obra, mas também a comunicação clara com os clientes sobre o andamento dela com relação ao cronograma estabelecido (PINHEIRO, I., 2022).

3.2.2.3. BIM 5D

A última dimensão atualmente adotada no Brasil é a 5D. Segundo Igor Pinheiro, o 3D representa o que será construído e o 4D se refere ao momento em que a construção ocorrerá. No entanto, para o planejamento completo de uma obra, é essencial saber quanto ela custará. É nesse contexto que a dimensão 5D dá as caras, acrescentando a variável custo (C) à modelagem, permitindo que através da metodologia BIM, não seja possível apenas simular o projeto e o cronograma, mas também integrar os aspectos financeiros, gerando uma estimativa detalhada dos custos ao longo do tempo e associando cada uma das atividades ao orçamento correspondente, assim como ilustrado na figura 8.

Figura 8 – 5D integrado ao Design, Custo e Cronograma

Building Information Modeling (BIM) é uma representação digital das características físicas e funcionais de um projeto, formando uma base confiável para as decisões que serão tomadas ao longo do seu ciclo de vida.



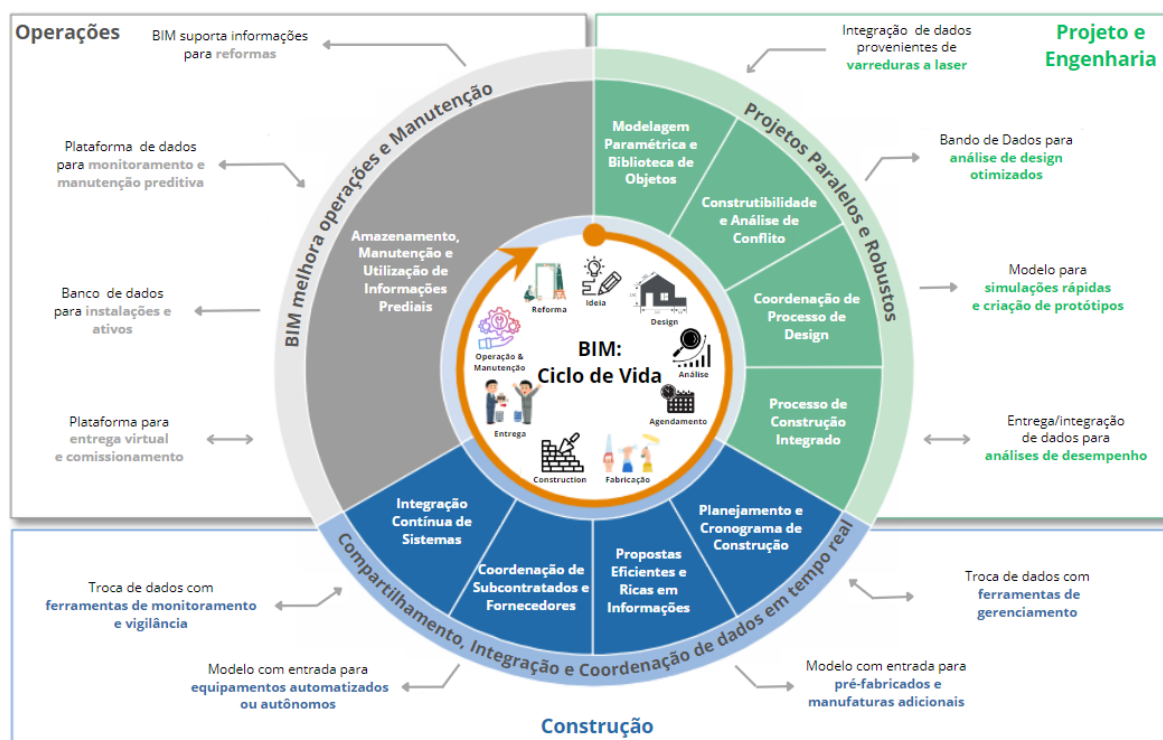
Fonte: Adaptado de Agarwal, Shankar e Mukund (2016)

O Dr. Peter Smith (2014) conta em seu artigo que a utilização do BIM 5D na gestão de custos de projetos ganhou muita força a partir de 2008, quando diversas organizações nos Estados Unidos, incluindo a Associação para o Avanço da Engenharia de Custos Internacional (*Advancement of Cost Engineering International* - AACE) e a Administração Geral de Serviços (*General Services Administration* - GSA), formaram uma aliança sob a *buildingSMART Alliance*, com o objetivo de criar sistemas e protocolos para colaboração na engenharia de custos ao longo do ciclo de vida do projeto.

O uso da tecnologia BIM 5D vem sendo aprimorado por meio da integração com a realidade aumentada (AR) em dispositivos versáteis como óculos inteligentes. Isso promete transformar a construção, operação e manutenção das obras ao permitir a visualização do modelo digital no ambiente físico e assim possibilitar que as informações de cronograma e orçamento sejam sobrepostas diretamente no local da obra, facilitando análises e tomadas de decisões (AGARWAL, R.; SHANKAR, C.; MUKUND, S., 2016).

Ainda na questão do custo da obra, apesar de o levantamento de quantitativos ser uma etapa essencial do orçamento, como destacado pelo professor Jorge Luís Akasaki em suas disciplinas de Edifícios 1 e 2, é fundamental compreender que ele vai além da simples extração de volumes e quantidades, pois também deve incluir fatores como mão de obra, produtividade e encargos sociais, além das Bonificações e Despesas Indiretas (BDI). Este último em particular, é um elemento crítico para assegurar a viabilidade financeira do projeto, garantindo que a empresa possa cobrir suas despesas indiretas e ainda obter lucro.

Figura 9 – Ciclo de Vida do BIM: Design, Construção e Operações



Fonte: Adaptado de World Economic Forum (2016)

3.2.2.3.1. Colaboração Digital e Atualizações em Tempo Real no BIM

A digitalização de processos tem sido uma solução eficaz para elevar os níveis de eficiência no setor, especialmente no contexto do BIM. Softwares que adotam a metodologia BIM, como o Revit e o Navisworks, permitem que todos os profissionais envolvidos no projeto tenham acesso contínuo e atualizado às informações em tempo real, o que é fundamental para o sucesso do BIM 5D, pois possibilita que arquitetos, engenheiros, gestores e outros profissionais façam ajustes imediatos no projeto. Essas modificações são refletidas de maneira instantânea nos dados compartilhados, garantindo uma visão atualizada e precisa para todos os envolvidos, elevando os padrões de comunicação e alinhamento (AGARWAL, R.; SHANKAR, C.; MUKUND, S., 2016) (EASTMAN, C. et al., 2018).

Apesar dos grandes avanços e promessas que a digitalização traz, ela também carrega consigo alguns desafios significativos, já que tais avanços também podem resultar em desigualdades econômicas, gerada pela disparidade entre trabalhadores altamente qualificados e aqueles com habilidades comuns, que podem ser substituídos por determinadas tecnologias (BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A., 2014).

3.2.2.4. BIM e Sustentabilidade (6D)

O BIM possui um papel fundamental na promoção de construções mais sustentáveis, contando inclusive com uma dimensão própria dedicada a esse tema, o BIM 6D. De acordo com a Autodesk (2008), o uso dessa metodologia pode facilitar a análise de desempenho energético, otimizar o uso de recursos e apoiar certificações ambientais, ajudando a minimizar o impacto ambiental dos edifícios ao longo de seu ciclo de vida.

3.2.2.4.1. Arquitetura Verde

A arquitetura verde trata-se de uma iniciativa que busca mitigar o impacto ambiental dos edifícios por meio de designs sustentáveis, visando criar construções ambientalmente responsáveis, economicamente viáveis e saudáveis para se viver e trabalhar. Dados recentes indicam que o setor de construção e demolição nos Estados Unidos gerou aproximadamente 600 milhões de toneladas de resíduos em 2024, dos quais cerca de 145 milhões acabaram em aterros sanitários, representando um grande desafio para a sustentabilidade (ESER, A., 2024).

Além disso, a construção civil é responsável por cerca de 40% das emissões globais de carbono e por aproximadamente 15% do consumo de água potável, ressaltando a necessidade de práticas que promovam maior eficiência no uso de recursos (WORLD ECONOMIC FORUM, 2024).

A implementação de estratégias como a reutilização de materiais e a construção modular tem demonstrado resultados promissores, com algumas cidades já alcançando reduções significativas nas emissões associadas a materiais de construção (WORLD ECONOMIC FORUM, 2024).

3.2.2.4.2. BIM na Redução de Resíduos

Os resíduos podem ser definidos como todos os materiais (sólidos, líquidos ou gasosos), resultantes da produção e do uso, com capacidade de prejudicar a saúde humana ou o meio ambiente quando descartados. Eles podem ser classificados em alguns tipos, e entre esses, encontram-se os resíduos de Construção e Demolição (C&D), que podem poluir a água, o ar e o solo, causando efeitos negativos como poluição visual e danos ambientais, além de doenças. O setor da construção civil representa aproximadamente 30% desse fluxo de resíduos e cerca de 33% das emissões de CO₂ atmosférico (ABIODUN GANIYU, S., 2020)

(MICHELLE LIPHADZI, N.; MUSONDA, I.; ONOSOSEN, A, 2022). Outra questão importante é que esses resíduos representam perdas econômicas significativas, demonstrando que o material adquirido não foi totalmente utilizado, o que significa que seu valor de aquisição não foi convertido totalmente.

Se tem então o surgimento em escala global de diversas estratégias para a redução da geração de resíduos de construção e poluição atmosférica, e entre essas, encontra-se o BIM, considerado como uma estratégia chave para que essa redução ocorra, já que com a possibilidade de detecção de conflitos ainda na fase de design e planejamento eficaz na utilização do canteiro, possui a capacidade de reduzir os resíduos nos pontos exatos em que eles são gerados, através da otimização destes (ABIODUN GANIYU, S., 2020) (SALGIN, B. et al., 2017).

3.2.2.5. BIM e bem-estar no trabalho (8D)

Gerenciar a segurança nos projetos de construção é um grande desafio. Aproximadamente 90% das lesões no local de trabalho decorrem de canteiros inseguros. Deste modo, identificar potenciais perigos para então elaborar um planejamento de segurança eficaz que seja devidamente integrado à execução é crucial (GETULI, V. et al., 2017). É nesse cenário que o BIM surge como uma solução para elevar o planejamento de segurança a um novo nível, com a automatização da identificação de perigos e melhora da comunicação entre as partes. Segundo Getuli, V. et al. (2017), o Departamento de Edificações da Cidade de Nova York teve ótimos resultados ao utilizar o BIM na validação de planos de segurança nos canteiros.

3.2.3. Tecnologias Complementares ao BIM

Uma das principais vantagens das transformações digitais passarem a ser uma rotina na realidade das frentes da construção civil, é o aumento de produtividade. Gabriela Torres (2022) cita uma pesquisa denominada “A Transformação Digital na Construção Civil”, realizada pela AECweb, um dos maiores portais de conteúdo especializado para construção civil, com 500 empresas nacionais do ramo. Os números obtidos ilustram perfeitamente a importância dessas transformações no setor, sendo que o questionamento “quais novidades possuem mais impactos no setor” obtiveram os seguintes resultados:

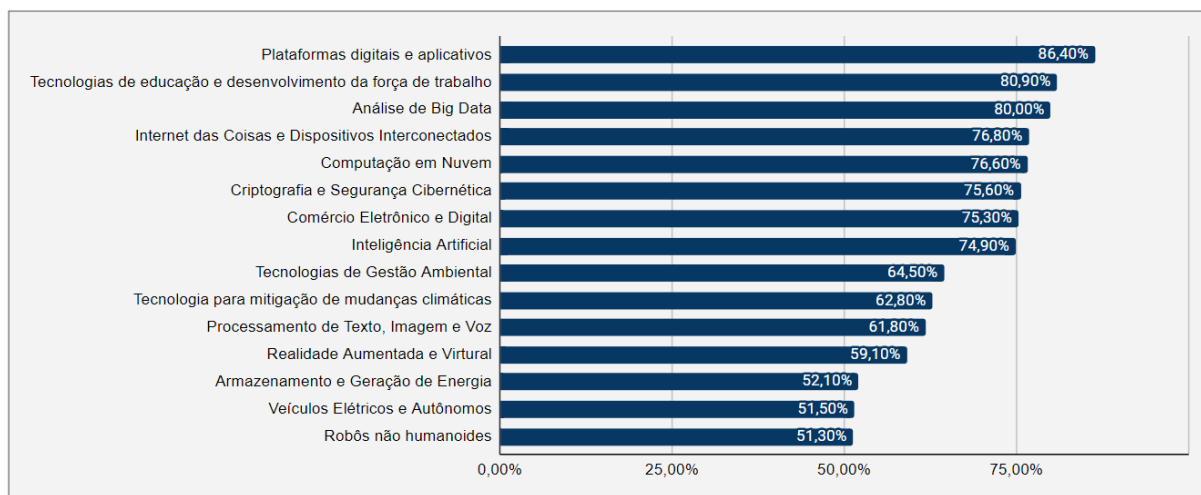
- BIM 4 - planejamento e controle: 21%.
- BIM 3D - modelagem de projetos: 20%.

- BIM 5D - orçamentos: 17%.
- Drones: 9%.
- Realidade Aumentada: 9%.
- Internet das Coisas: 7%.
- Big Data: 4%.
- Robôs: 1%.

3.2.3.1. IoT e Sensores Inteligentes no Canteiro de Obras

Com o avanço da transformação digital no setor da construção civil, o BIM tem se mostrado uma ferramenta essencial para otimizar o planejamento, execução e manutenção das obras. Essa metodologia é reconhecida como um novo paradigma no setor de indústrias AEC, proporcionando maior eficiência, redução de custos e melhor gestão dos processos (TAKIM, R. et al., 2013). Além disso, o BIM permite integrar múltiplas disciplinas em um único modelo digital, o que facilita a colaboração entre arquitetos, engenheiros e gestores ao longo de todo o ciclo de vida do projeto.

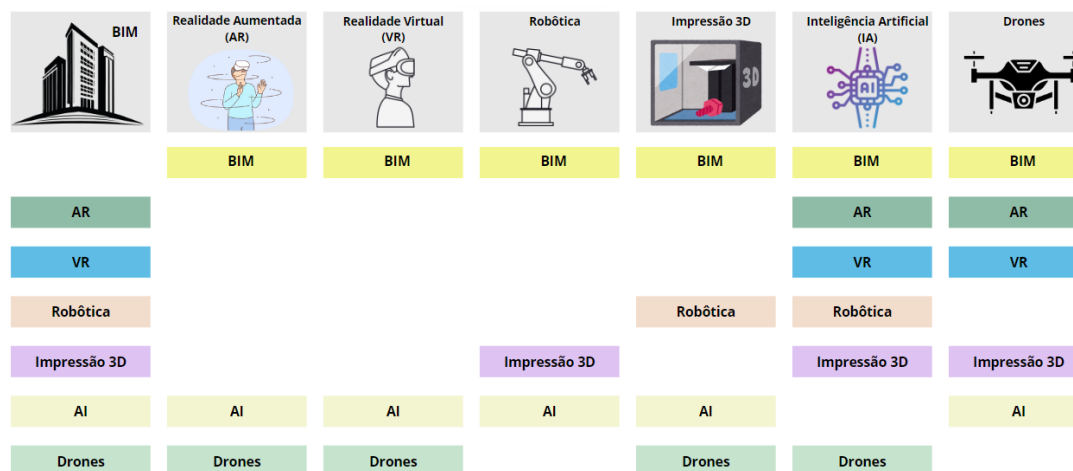
Segundo o relatório de 2023 do Fórum Econômico Mundial, muitas das novas tecnologias estão nos planos de adoção das empresas até 2027, assim como demonstrado na Figura 10. Entre as principais tendências destacam-se as plataformas digitais e as tecnologias voltadas para a educação e desenvolvimento da força de trabalho. Essa última é especialmente significativa, pois reflete o reconhecimento, por parte das empresas, da necessidade de investir em tecnologias que aprimorem a capacitação dos colaboradores, fortalecendo assim a competitividade e a produtividade do setor. Ao observar que essas tecnologias emergentes irão transformar o BIM em uma plataforma ainda mais poderosa e abrangente, percebemos que seu alcance será significativamente ampliado. Como resultado, o impacto na construção será profundo e duradouro, promovendo uma verdadeira revolução no modo como os projetos são gerenciados, desde o planejamento até a operação e manutenção das edificações.

Figura 10 – Adoção de Tecnologias Emergentes pelas Empresas entre 2023 e 2027

Fonte: Adaptado de Fórum World Economic Forum (2023)

Segundo o guia orientativo do governo federal intitulado *Uso de Tecnologias da Indústria 4.0 e BIM na Gestão de Ativos*, a IoT permite conectar equipamentos, máquinas e materiais a uma plataforma central de dados, transformando-os em ativos “inteligentes”. Sensores avançados, dispositivos de comunicação por proximidade (NFC), e outras tecnologias podem monitorar em tempo real a produtividade e o desempenho tanto dos ativos quanto da equipe, o que possibilita um nível de gerenciamento e automação nunca antes visto no setor, reduzindo riscos, otimizando o uso de recursos e prevenindo de problemas antes mesmo que venham a ocorrer.

Portanto, a combinação de IoT, sensores inteligentes, sistemas cibernéticos, inteligência artificial e BIM, apesar de não resolverem totalmente a subjetividade dos relatórios e tempo necessário para análise de dados, formam uma aliança poderosa que transforma a obra em um ambiente interconectado, onde erros podem ser evitados, a automação de tarefas pode ser promovida e a eficiência maximizada (GROUMPOS, Peter P., 2016). Essas tecnologias emergentes representam o futuro da construção civil e marcam o surgimento de uma nova era de precisão, segurança e produtividade para o setor. A Figura 11 ilustra como o BIM possui a capacidade de se integrar a todas as outras inovações tecnológicas, sendo justamente por isso, considerada como uma das grandes inovações da atualidade.

Figura 11 – Interação entre as tecnologias da Indústria 4.0

Fonte: Adaptado de El Jazzer et al. (2020)

3.2.3.1.1. NFC

A tecnologia NFC tem evoluído rapidamente, criando novas possibilidades para a construção civil. Com a diminuição dos custos associados a scanners, receptores e etiquetas, o NFC vem se tornando cada vez mais acessível para aplicações no canteiro de obras.

A integração do NFC com sistemas de gestão baseados na metodologia BIM pode melhorar significativamente a eficiência no controle de inventário e na movimentação de materiais e equipamentos em tempo real (KOPSIDA, M.; BRILAKIS, I.; ANTONIO VELA, P., 2015).

3.2.3.1.2. Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR)

De acordo com Kopsida, Brilakis e Antônio Vela (2015), a realidade aumentada, que se trata de um sistema mais barato e mais fácil de se utilizar quando comparado com outros, representa um avanço significativo na visualização do progresso das obras, oferecendo um modo interativo e imersivo de monitoramento de projetos. Através dela, as informações geradas por computador podem ser sobrepostas a dados do mundo real, tornando possível a visualização do edifício antes de sua conclusão e a verificação de como as estruturas não construídas se alinham aos planos, o que pode melhorar a comunicação e reduzir mal-entendidos (AUTODESK, 2008).

No entanto, um dos principais desafios deste tipo de tecnologia é o alinhamento preciso dos dados virtuais e as informações reais, que dependem da precisão do rastreamento

e da posição do usuário, já que o progresso da tecnologia em ambientes internos ainda é um desafio devido a necessidade do reconhecimento preciso de objetos e à complexidade dos elementos construtivos. (AUTODESK, 2008) (KOPSIDA, M.; BRILAKIS, I.; ANTONIO VELA, P., 2015).

De acordo com o artigo da Autodesk (2008), diferente do que diz Kopsida, Brilakis e Antônio Vela (2015), o custo e a mobilidade para utilização são sim desafios para a implementação deste sistema, já que sistemas baseados a laser são caros e exigem um tempo considerável para sua preparação e processamento, além do fato de que muitos sistemas móveis de AR ainda dependerem de marcadores ou redes Wi-Fi.

3.2.3.1.3. Inteligência Artificial (IA)

A adoção da IA na construção civil não promete apenas aumentar a eficiência e reduzir custos, mas também transformar fundamentalmente a operação do setor. Segundo a empresa McKinsey, para 2025 existe a previsão de que o impacto econômico dessa inovação esteja entre 3,9 e 11,1 trilhões de dólares. Com um potencial econômico tão vasto, é então crucial que as indústrias adotem essas tecnologias para se manterem competitivas em um mercado em intensa evolução (ZUHLKE, D.; GORECKY, D., 2017).

3.2.4. Bim e suas Oportunidades

O entendimento e aplicação da metodologia BIM abre uma nova e vasta gama de oportunidades em diferentes áreas dentro da construção civil. Desde o planejamento e execução até a manutenção e gestão de ativos, o BIM, com sua capacidade de integrar diferentes disciplinas e oferecer um ambiente colaborativo, faz com que novas oportunidades de trabalho surjam, como a necessidade de especialistas em modelagem, gerenciamento de projetos BIM, coordenação de projetos multidisciplinares e inúmeras outras. Essas oportunidades se expandem à medida que o mercado global adota o BIM em grande escala (PINHEIRO, I., 2021).

3.2.4.1. Gestor de Obras

O Gestor de Obras, também conhecido como Engenheiro Gestor, é um profissional fundamental, encarregado de interpretar e utilizar as informações de diferentes projetos para

planejar e gerenciar obras de maneira mais eficiente. Ele deve prever cenários futuros, identificar possíveis problemas que possam surgir durante a execução do projeto, e, assim, traçar metas de produção. Utilizando as ferramentas disponíveis, busca otimizar o fluxo de trabalho, evitar atrasos e minimizar custos, ao mesmo tempo em que garante a qualidade da execução e o cumprimento dos prazos estabelecidos. Neste contexto, o uso do BIM se destaca como uma ferramenta essencial para o gestor de obras ao permitir a modelagem integrada de todas as informações relevantes do projeto (PINHEIRO, I., 2021).

3.2.4.2. Arquiteto

Com a implementação do BIM, o arquiteto passa a ter uma série de vantagens, principalmente com a integração e compatibilidade dos projetos. Através da modelagem digital e com a possibilidade de se visualizar todos os aspectos da construção de forma integrada, ele consegue reduzir drasticamente as inconsistências que normalmente ocorrem entre o projeto arquitetônico, estrutural e de instalações (PINHEIRO, I., 2021).

O aumento expressivo da produtividade é outra vantagem significativa que o arquiteto ganha ao adotar a metodologia BIM. Diferente dos métodos tradicionais, como a utilização do AutoCAD, onde cortes, vistas e elevações precisam ser gerados manualmente, no BIM, esses elementos são gerados e atualizados de forma automática conforme as alterações são feitas no modelo 3D, o que elimina a necessidade de retrabalhos e garante que todas as representações gráficas do projeto estejam em conformidade com o modelo digital (PINTO, D., 2022).

3.2.4.3. Projetistas: elétrico, hidráulico e estrutural

Os projetistas dos sistemas elétrico, hidráulico e estrutural se beneficiam significativamente com a utilização da metodologia BIM, de maneira inclusive similar aos arquitetos. Utilizando-se dessa ferramenta, eles conseguem integrar seus projetos de maneira eficiente, garantindo que as instalações estejam alinhadas corretamente entre si e com as demais disciplinas, de modo a respeitar os requisitos funcionais estabelecidos em cada projeto (PINHEIRO, I., 2021).

3.2.4.4. Empresário

De acordo com Igor Pinheiro (2021), o empresário é o profissional que mais se beneficia com a implementação do BIM, pois a redução de custos, desperdícios e retrabalhos gerados, se traduz diretamente no aumento da lucratividade. Com o BIM, é possível planejar de forma mais eficiente, simular processos construtivos e otimizar recursos, reduzindo o impacto financeiro e aumentando o retorno sobre o investimento.

No entanto, apesar dos benefícios evidentes, ainda existe uma escassez significativa de mão de obra qualificada para operar essas tecnologias. A adoção do BIM exige uma força de trabalho especializada, capaz de lidar com os desafios e complexidade dos processos digitais e também integrar as várias disciplinas de um projeto de construção (PINHEIRO, I., 2021).

3.2.4.5. Modelador BIM

O modelador BIM é um profissional que está dando os primeiros passos nesse mercado e acumulando experiência. Geralmente está encarregado de transformar desenhos 2D em modelos 3D e realizar a compatibilização de projetos. Ele atua como um suporte aos projetistas tradicionais que desejam oferecer serviços baseados na metodologia BIM, mas que, por diferentes motivos, não dispõem de tempo para aprender essa nova tecnologia. Esses profissionais são essenciais para a transição das práticas tradicionais para a adoção completa do BIM, garantindo que os projetos sejam desenvolvidos de maneira integrada e eficiente (PINHEIRO, I., 2021).

3.2.5. BIM no cenário brasileiro

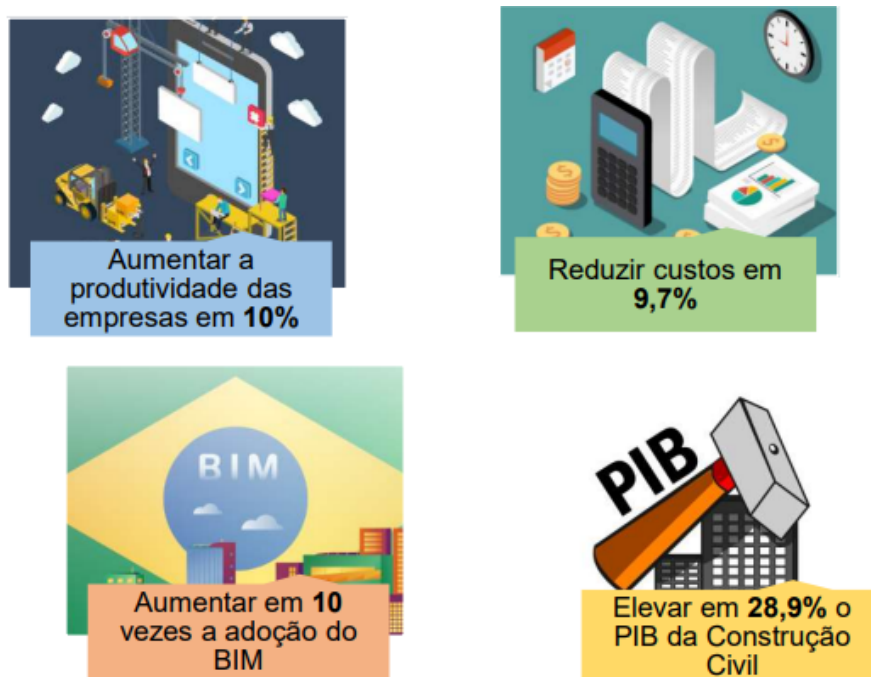
O Brasil, como uma das maiores economias do mundo, investe significativamente em infraestrutura. No ramo público, o modelo de construção utilizado por muitos anos, e ainda corrente em diversas localidades, é o clássico: projeto, licitação e supervisão da empresa ganhadora. Nesse modelo, o setor público enfrenta ainda muitas dificuldades em entregar projetos dentro do orçamento, no prazo estabelecido e atendendo aos padrões de qualidade (DAVID FELISBERTO, A. et al., 2021)

No cenário brasileiro, a metodologia BIM vem conquistando uma crescente importância, especialmente após a publicação do Decreto nº 10.306, 2 de abril de 2020,

popularmente conhecido como Decreto BIM. Este decreto estabelece a obrigatoriedade da implementação do BIM de forma gradual em obras públicas federais. O objetivo é que o setor público adote essa metodologia como padrão para projetos e execuções de obras, inicialmente nas etapas de modelagem e execução de obras de engenharia. A partir de 2021, a metodologia passou a ser exigida em diversas fases de projetos, com o intuito de aumentar a eficiência, transparência e controle sobre os custos e prazos das obras públicas no Brasil (FIOCRUZ, 2020).

Apesar destes avanços, a metodologia BIM já era objeto de atenção nos órgãos públicos há mais tempo, sendo inclusive já adotada por um número mínimo de profissionais. Um exemplo significativo deste interesse prévio, é o Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, conhecido como Decreto de Implementação BIM, cujo objetivo foi promover o investimento e a difusão da metodologia BIM no Brasil. Além disso, o decreto também estabeleceu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR), com o intuito de fomentar a inovação tecnológica no setor da construção civil e aumentar a produtividade e eficiência nas obras públicas e privadas através das metas que podem ser visualizadas de forma mais clara na imagem 12. A partir dessa iniciativa, o governo federal criou incentivos para a adoção do BIM em projetos de infraestrutura, além de estimular a capacitação técnica de profissionais da área (MAIA OLIVEIRA, K., 2019).

Figura 12 – Estratégia BIM BR



Fonte: Maia Oliveira, K. (2019)

De acordo com documento oficial de 2018 disponibilizado pelo próprio governo federal (Comitê Estratégico do BIM, 2018), os resultados esperados com a disseminação do BIM no país são:

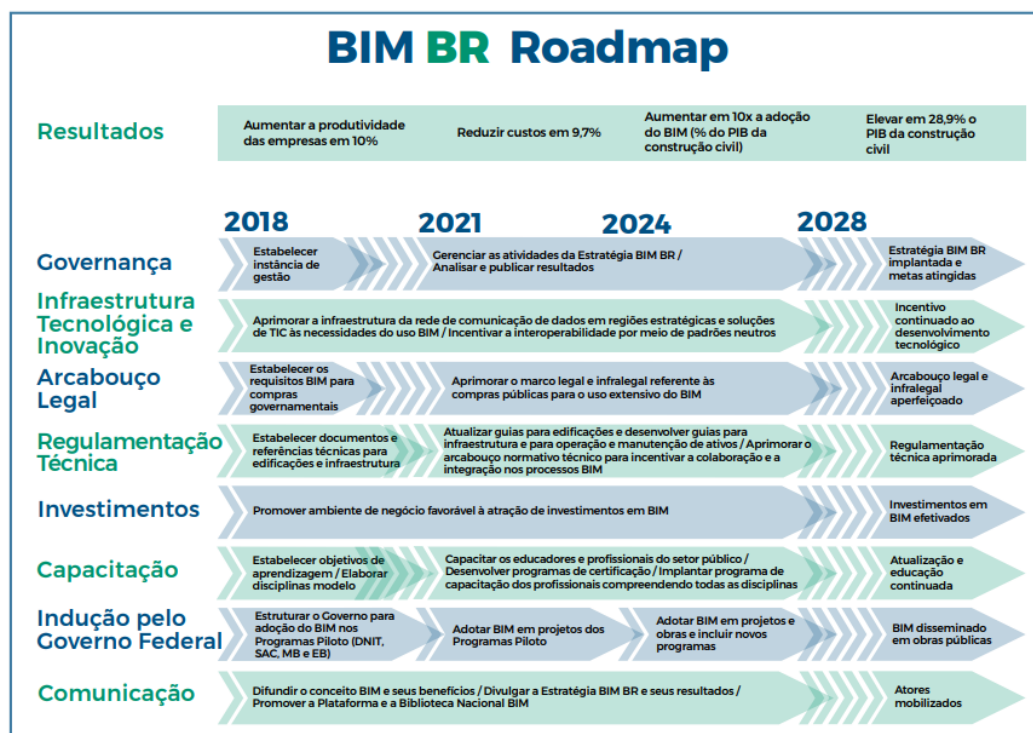
- Ganho de produtividade no setor de construção civil.
- Ganhos de qualidade em obras públicas.
- Ampliação de precisão no planejamento de execução, gerando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação.
- Ganhos em sustentabilidade através da redução de resíduos sólidos da construção.
- Reduzir prazos de conclusão.
- Melhorar a transparência nos processos de licitação.
- Reduzir a necessidade de aditivos contratuais para alteração dos projetos, aumento de valor e prorrogação do prazo de conclusão e entrega.
- Aumentar o nível de qualificação profissional.
- Estimular a redução de custos no ciclo de vida dos empreendimentos.

Durante a tramitação do decreto, José Carlos Martins, na época presidente da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), destacou a importância do papel do governo na implementação do BIM no Brasil. Ele afirmou que o governo federal, como um dos maiores contratantes de obras, possui o poder de induzir o uso do BIM em todo o mercado (CBIC, 2018).

Na mesma linha, Sergio Scheer, especialista e membro do Comitê Estratégico de Implementação do BIM, destacou o impacto positivo da adoção dessa metodologia nos projetos e construções no Brasil. Ele afirmou que *“O BIM auxilia de maneira cabal a alcançar bons resultados de uso dos recursos orçamentários, com projetos e obras entregues com qualidade e sendo executadas no prazo e dentro do orçamento previsto”* (FARIAS, J., 2020).

Um ano após o Decreto de Implementação BIM de 2018, o governo federal sancionou o Decreto nº 9.983, de agosto de 2019, conhecido como Decreto BIM 2019. Este decreto teve como objetivo aprimorar e atualizar algumas diretrizes presentes no Decreto nº 9.377 de 2018 e trouxe modificações em determinados artigos, buscando otimizar a aplicação gradual do BIM no país, com foco na evolução tecnológica e na eficiência da gestão de obras públicas (MAESTRO, M., 2024).

Figura 13 – BIM BR Roadmap



Fonte: Comitê Estratégico do BIM (Brasil), 2018

De acordo com artigo escrito por Julio Cesar Faria (2019) para a SPBIM, empresa especializada em treinamentos para profissionais da construção civil, e conforme livreto divulgado pelo Governo Federal em 2019, a adesão à metodologia BIM no Brasil ainda é bastante limitada. Dados indicam que apenas 5% do PIB do setor da construção civil faz uso da metodologia. Para enfrentar essa baixa aderência, foi desenvolvida uma estratégia de implantação do BIM que definiu quatro etapas progressivas para sua implementação definitiva, com marcos importantes nos anos de 2018, 2021, 2024 e 2028, o que também pode ser visto na Figura 13:

- 2018: aumentar a produtividade das empresas em cerca de 10%.
- 2021: redução dos gastos em aproximadamente 9,7%.
- 2024: ampliar em 10 vezes a adoção da metodologia BIM.
- 2028: aumentar o valor do PIB da construção civil em torno de 28,9%.

Uma outra ação estratégica de grande importância está relacionada ao papel do poder público, que, ao demandar um número significativo de obras de grande porte, se torna, assim como dito por José Carlos Martins, um vetor crucial para estimular o mercado em direção à metodologia BIM. Essa estratégia busca implementar um escalonamento nas exigências para que as empresas passem a adotar o BIM de maneira gradual, conforme suas fases de projetos.

Esse escalonamento foi dividido em três etapas principais:

- 1ª Fase: aplicação em projetos de arquitetura e engenharia (vigente desde janeiro de 2021).
- 2ª Fase: expansão para o planejamento e execução das obras (prevista para janeiro de 2024).
- 3ª Fase: implementação no ciclo de vida da obra em demandas pós-obra (com início previsto para janeiro de 2028).

Chegamos, assim, ao Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, conhecido como BIM de 2020, que consolidou a obrigatoriedade da utilização do BIM nos serviços de engenharia e arquitetura em órgãos e entidades públicas a nível nacional. Este decreto marca o início formal da implementação da metodologia BIM no setor público, abrangendo a primeira fase do plano gradual de implementação, que envolve a aplicação do BIM em projetos de arquitetura e engenharia (SODRÉ, W., 2021).

O BIM continua sendo alvo de discussões no país. O atual presidente da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), Renato Correia, durante a abertura do *BIM Forum Conference - Brasil 2024*, realizada no dia 27/05/2024, em São Paulo, defendeu a aceleração digital das empresas do setor: *“Vamos estimular e apoiar esse movimento, enxergando o enraizamento do BIM como vetor incontornável dentro do cenário desejado de maior industrialização da construção do país”*.

Neste ano, o governo federal, por meio do Decreto 11.888 de 2024, dispôs sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil. Através deste, o decreto 9.983/2019 foi revogado. Os dois tratam das mesmas matérias, trazendo os objetivos da Estratégia BIM BR, além dos comitês gestores da implantação.

3.2.5.1. 1ª Fase (2021)

A 1ª fase, implementada em janeiro de 2021, impôs a exigência do uso do BIM para a elaboração de projetos de arquitetura e engenharia, incluídas as disciplinas arquitetônicas, estruturais (concreto, madeira e metálica), hidráulica, ar-condicionado, ventilação e elétrica. A implementação nesta fase abrange a necessidade de compatibilização dos projetos por meio da detecção de interferências (Clash Detection), garantindo que os diversos sistemas não colidam entre si. Além disso, é imprescindível a extração de quantitativos e a produção das documentações gráficas necessárias para a execução do projeto (ALVES, W., 2023).

3.2.5.2. 2ª Fase (2024)

A 2ª fase, com previsão de início em janeiro de 2024, expande o uso do BIM além dos projetos desenvolvidos na primeira fase, avançando para a incorporação de técnicas de planejamento (4D) e orçamentação (5D). Neste estágio, o foco recai sobre a simulação dos cronogramas e custos, permitindo um controle de obras mais eficaz, com previsões mais precisas sobre prazos e despesas. Essa fase, além de consolidar as práticas introduzidas anteriormente, representa um marco na gestão integrada de projetos e controle financeiro em tempo real (ALVES, W., 2023).

3.2.5.3. 3ª Fase (2028)

A 3ª fase prevista para 2028, representará a consolidação plena do BIM em todo o ciclo de vida dos empreendimentos. Além de integrar os avanços alcançados nas fases anteriores, essa etapa se concentra no gerenciamento e manutenção das construções. O foco nesta fase será a eficiência no uso de recursos e a durabilidade das obras, com especial atenção à coleta e análise de dados em tempo real (ALVES, W., 2023).

3.2.6. Relação de Equipe Técnica

Com a implementação das diferentes fases do BIM, fica evidente a crescente necessidade de compor equipes técnicas qualificadas que possam lidar com os variados aspectos dos projetos. Um bom exemplo da importância de especialistas BIM é dado por Willian Alves (2023). Ele cita o projeto TR_DER de Minas Gerais, do qual é coordenador. Para a execução deste empreendimento, houve uma exigência de profissionais especializados em cada setor de projeto, e entre esses estava a presença de um coordenador de projetos BIM, além de profissionais responsáveis por áreas como arquitetura, engenharia hidrossanitária, elétrica, estrutural, acústica, entre outras. Isso demonstra a importância de alguém especializado na metodologia, já que neste caso, este único especialista ficou responsável por gerenciar todos os outros, além de organizar, traduzir e interpretar todas as informações geradas por estes outros 10 profissionais.

Relação de profissionais:

- 1 Arquiteto ou Engenheiro: coordenação dos projetos BIM.
- 1 Arquiteto: projetos de arquitetura.

- 1 Arquiteto ou Engenheiro: projetos hidrossanitários.
- 1 Engenheiro Eletricista: projetos elétricos, cabeamento estruturado, sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), CFTV (sistema de segurança) e automação.
- 1 Engenheiro Eletricista: projetos de captação de energia fotovoltaica.
- 1 Engenheiro Civil: projeto estrutural.
- 1 Arquiteto ou Engenheiro: projetos de prevenção e combate a incêndio e pânico (PSCIP).
- 1 Arquiteto ou Engenheiro: projetos de acústica.
- 1 Engenheiro Mecânico: projetos de climatização/ar condicionado.
- 1 Engenheiro Mecânico: projetos de gases medicinais.
- 1 Arquiteto ou Engenheiro: planilha orçamentária.

3.2.7. A Falta de Profissionais Qualificados em BIM

Com base nas discussões até o momento, fica claro que há uma crescente demanda por especialistas em BIM no Brasil, impulsionada pela adoção obrigatória da metodologia em diversos projetos públicos e privados. No entanto, o país enfrenta um grande desafio: a falta de profissionais qualificados para ocupar essas posições. A formação e capacitação de engenheiros, arquitetos e projetistas especializados em BIM ainda não acompanham o ritmo de crescimento da demanda. Isso gera um gargalo no mercado de trabalho, onde empresas precisam investir em treinamentos próprios ou até mesmo buscar profissionais no exterior. A falta de pessoal capacitado não só atrasa a implementação total do BIM, mas também compromete a eficiência e a inovação que essa metodologia pode proporcionar (BARBOSA, F., 2017).

De acordo com Willian Alves (2023), existem diversos fatores que explicam a deficiência de profissionais qualificados para trabalhar com BIM no Brasil. Entre os principais pontos destacados estão: a falta de inclusão da metodologia BIM nas universidades, que em geral não ensinam o uso prático da tecnologia; as pós-graduações que focam apenas na teoria, sem abordar o uso prático e operacional do BIM; e as empresas, que não investem em treinamento, buscando apenas profissionais que já possuem experiência comprovada.

3.2.8. BIM no mundo

O desenvolvimento inicial do BIM foi registrado em 1982 por Gabor Bojar na Hungria. Atualmente, vários países ao redor do mundo já utilizam a metodologia BIM em projetos de engenharia e arquitetura, consolidando-se como referência global na área. Nações como Reino Unido, Estados Unidos, Finlândia, Alemanha e Austrália são exemplos de mercados que já alcançaram um grau elevado de maturidade no uso do BIM, criando normas e diretrizes para sua implementação (TAKIM, R.; HARRIS, M.; NADI NAWAWI, A., 2013).

3.2.8.1. Reino Unido

No Reino Unido, em 31 de maio de 2011, o *Cabinet Office* publicou a *Government Construction Strategy*, um documento que tinha como objetivo a promoção da adoção do BIM tanto no setor público quanto no privado e que enfatizava como foco principal, a necessidade de implementar o BIM como modo de alcançar uma redução de 15 a 20% nos custos de construção no setor público, melhorando a eficiência e produtividade (PINHEIRO, I., 2021) (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

No entanto, alguns obstáculos foram identificados durante o processo de adoção do BIM no Reino Unido, especialmente devido à falta de sistemas, normas e protocolos claros, custos adicionais elevados dos projetos, necessidade de treinamento abrangente e a familiaridade da maioria dos designers com o AutoCAD (TAKIM, R.; HARRIS, M.; NADI NAWAWI, A., 2013). Para enfrentar esses desafios, em 2012, o governo criou a estratégia *Government Soft Landings (GSL)*, traduzida como “Pouso Suave”. Esta iniciativa foi projetada para facilitar a implementação do BIM ao fornecer orientação, treinamento, materiais de apoio e processos estruturados.

A implementação do BIM, assim como previsto no *Government Construction Strategy*, tornou-se obrigatória em todos os projetos públicos a partir de 2016, estabelecendo o país como um dos líderes globais na adoção dessa metodologia. Essa estratégia transformou o Reino Unido em um modelo para outros países que buscam aproveitar os benefícios do BIM (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

Dentro da estratégia, foi lançado também um documento chamado “Construção 2025”, uma iniciativa colaborativa entre o governo e a indústria da construção, com o objetivo de transformar o setor e torná-lo mais eficiente e sustentável. Esse plano visa ambiciosas metas de redução de 33% nos custos iniciais de construção e manutenção, redução

de até 50% na emissão de gases do efeito estufa em ambientes urbanos, além de uma redução de 50% no tempo médio entre o desenvolvimento do projeto e a sua realização (PINHEIRO, I., 2021) (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

3.2.8.2. Estados Unidos (EUA)

Os Estados Unidos são os maiores produtores e consumidores de produtos BIM, o que os permite gerar um alto fluxo de disseminação de conhecimento para outros países, sendo estes geralmente os em desenvolvimento (TAKIM, R.; HARRIS, M.; NADI NAWAWI, A., 2013). Em 2006, a *General Services Administration* (GSA), que é responsável pela gestão de obras públicas, exceto as militares, decretou que todos os novos edifícios públicos deveriam ser projetados utilizando a metodologia BIM. A partir dessa iniciativa, a adoção do BIM nos EUA cresceu significativamente. De acordo com o SmartMarket Report, o uso do BIM no país saltou de 40% em 2009 para 71% em 2012, refletindo o impacto dessa exigência governamental e o avanço tecnológico na construção civil americana (PINHEIRO, I., 2021).

3.2.8.3. França

Na França, já em 2010, o uso do BIM estava em crescente adoção, mesmo sem uma obrigatoriedade imposta. Aproximadamente 40% dos arquitetos, 44% dos engenheiros e 29% das empreiteiras já utilizavam a metodologia em seus projetos. O governo francês começou a se envolver de modo mais ativo nos anos seguintes, promovendo incentivos para a adoção do BIM, especialmente em projetos de infraestrutura pública, como forma de modernizar a construção civil e aumentar a eficiência dos projetos. O país também tem desenvolvido normas específicas para padronizar a utilização do BIM, alinhando o setor às práticas globais e aumentando a competitividade no mercado internacional (PINHEIRO, I., 2021).

Em 2014, o relatório “*Actions pour la relance de la construction de logement*” do documento *Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment*, foi publicado com o objetivo de revitalizar o setor habitacional, incentivando a adoção de tecnologias digitais na construção, especialmente o BIM. Esse documento marcou um ponto importante na estratégia de modernização da construção civil na França, focando na otimização de processos e na redução de custos. Como resultado desse impulso, em 2017, a adoção do BIM começou a ser exigida de forma progressiva em licitações públicas, promovendo uma transição gradual para a digitalização no setor público. No entanto, o uso da metodologia até 2021, ainda

apresentava um nível relativamente baixo de adoção, com cerca de 40% entre arquitetos, 44% em escritórios de engenharia e 29% em empresas de construção (PINHEIRO, I., 2021) (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

3.2.8.4. Holanda

Em 2011, foi decretado que todos os projetos governamentais na Holanda com valores superiores a 10 milhões de euros deveriam adotar a metodologia BIM. Esse decreto foi orientado pelo documento estratégico RVB BIM Norm Version 1.1 (2013), que estabelece diretrizes para a aplicação do BIM em projetos de grande porte, buscando otimizar a execução, aumentar a eficiência, e garantir a compatibilidade e padronização das informações em projetos públicos. A Holanda tem se destacado como um dos países europeus pioneiros na utilização do BIM, com fortes avanços em iniciativas de digitalização da construção civil (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

3.2.8.5. Finlândia

A Finlândia é reconhecida como a líder mundial na implementação do BIM com softwares como Tekla e Viscosoft (TAKIM et al., 2013) (ZITA SAMPAIO, A., 2021). Desde 2001, o uso de ferramentas BIM aumentou significativamente. Inclusive, o país foi um dos pioneiros na adoção da metodologia BIM em obras públicas, exigindo seu uso e a incorporação do padrão IFC, já em 2007. O país se destacou por sua abordagem inovadora ao implementar a digitalização no setor da construção, estabelecendo padrões nacionais de BIM. Em 2011, foi publicado o manual “Objetivos orientados à tecnologia BIM”, que forneceu diretrizes detalhadas para o uso eficiente da metodologia, orientando tanto o setor público quanto o privado a adotar práticas mais integradas e sustentáveis. Essa regulamentação tem contribuído para a alta produtividade e qualidade das obras no país, e indicou uma aceitação cultural da plataforma como a principal prática de trabalho do setor, consolidando a Finlândia como uma referência global em BIM (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

3.2.8.6. Noruega

Na Noruega, seguindo os avanços conceituais e tecnológicos alcançados na Finlândia, a empresa Stabbygg, que tem sido a principal força motriz na implantação do BIM, sendo

responsável pela utilização dessa metodologia em todos os seus projetos desde 2007. A Stabbygg é a maior empreiteira pública do país e gerencia diversos projetos governamentais. Desde a adoção do BIM, a empresa tem promovido uma abordagem mais eficiente na gestão de obras públicas, com foco na integração de dados, transparência e sustentabilidade. A implementação foi considerada um sucesso, com a metodologia sendo amplamente utilizada em todo o setor de construção norueguês. Além disso, no país, todos os projetos federais e aqueles que utilizam pelo menos 50% de recursos públicos são obrigados a adotar a metodologia BIM (PINHEIRO, I., 2021) (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

3.2.8.7. Suécia

Na Suécia o Instituto Sueco de Normas vem publicando desde 1991 um conjunto de guias com o objetivo de promover o BIM no país. Essa adoção foi formalizada em 2015 por meio de normas governamentais que exigem seu uso em projetos públicos (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

3.2.8.8. Itália

A implementação do BIM na Itália se iniciou através de uma implementação obrigatória e progressiva, com a introdução da regulamentação UNI 11337 em 2017, seguida pelo Decreto BIM 560/2017, também conhecido como Decreto *Baratono*. Essas regulamentações estabelecem uma abordagem estruturada para o gerenciamento dos processos de informação na construção por meio de uma estrutura documental dividida em dez seções específicas. Desde 2019, os projetos de infraestrutura em grande escala e edifícios públicos são obrigados a utilizar o BIM e esperasse que até 2025, essa obrigatoriedade alcance todos os projetos públicos (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

3.2.8.9. Espanha

A Espanha adotou uma estratégia de “obrigatoriedade crescente” ao exigir que todos os projetos de edifícios públicos fossem desenvolvidos em plataformas BIM até o final de 2018. Em 2015, o Ministério do Desenvolvimento estabeleceu o EsBIM, um grupo de trabalho multidisciplinar destinado a apoiar a implementação do BIM em diversos setores, visando assim aumentar a produtividade na construção e reduzir os custos das infraestrutura

ao longo de seu ciclo de vida (ZITA SAMPAIO, A., 2021).

3.3. MATURIDADE DO BIM E OS DESAFIOS DE IMPLANTAÇÃO

A implementação do BIM no setor da construção civil exige não apenas o entendimento técnico das ferramentas digitais, mas também o desenvolvimento de políticas, capacitação de profissionais e a adoção de tecnologias apropriadas para suportar o seu uso. Segundo estudos sobre a maturidade do BIM, essa transição envolve a coordenação de várias esferas, como políticas governamentais que incentivem o uso do BIM, treinamento especializado e a integração tecnológica eficaz (TAKIM, R.; HARRIS, M.; NADI NAWAWI, A., 2013).

Os desafios enfrentados na implementação do BIM incluem, além da já conhecida resistência cultural às mudanças, a alta complexidade do processo de adoção, que muitas vezes é impedido pelo custo inicial dos softwares, principalmente para pequenas e médias empresas. Softwares como o Autodesk Revit podem ter um valor bastante elevado, com licenças que variam de preço na casa dos milhares. Associado a isso, está também o preço dos hardwares necessários para que esses softwares operem com sua máxima capacidade sem perda de desempenho ou travamento, e para isso, processadores potentes e uma grande quantidade de memória de processamento e armazenamento são necessários, fazendo com que o valor de um único ponto de trabalho possa necessitar de um alto custo monetário. Agora, quando se leva em conta que, dependendo da complexidade do projeto, um único profissional não consegue modelar toda a estrutura e instalações, e que mais pontos de trabalho são necessários, as despesas podem crescer de modo exponencial, o que para as pequenas e médias empresas, representa um valor astronômico, ainda mais em um mercado volátil como é a construção civil (CZMOCH, I.; PEKALA, A., 2014). Uma das soluções propostas por especialistas é a criação de políticas de licenciamento temporário e acessível (custos reduzidos e facilidade de acesso temporário ou pago conforme a utilização), como o que sugere o estudo organizado pelo CIDB (Construction Industry Development Board) em janeiro de 2013. Segundo ele, estas estratégias facilitariam uma adoção mais gradual e acessível (TAKIM, R.; HARRIS, M.; NADI NAWAWI, A., 2013) (YASIR, M. et al., 2024).

Além disso, a capacitação da mão de obra também surge como um desafio importante, já que a qualidade e eficiência dos projetos dependem diretamente do conhecimento prévio dos membros sobre o BIM, ou pelo menos de uma parte desses. As empresas que buscam integrar o BIM aos seus projetos necessitam treinar profissionais qualificados para lidar com a

complexidade das ferramentas. Esse processo pode exigir altos investimentos iniciais, já que esses valores destinados para um treinamento profundo, são necessários para que uma verdadeira proficiência seja alcançada (CZMOCH, I.; PEKALA, A., 2014), no entanto, os benefícios a longo prazo, quando a metodologia estiver totalmente implementada, incluem uma economia de custos significativa, que tende a superar os gastos iniciais, além de ganhos de eficiência operacional (DOUMBUYA, L.; GAO, G.; GUAN, C., 2016) (TAKIM, R.; HARRIS, M.; NADI NAWAWI, A., 2013) (YASIR, M. et al., 2024).

Em relação a limitação dos profissionais em seu conhecimento em BIM, Yasir et al. (2024) cita que em um pesquisa por meio de um questionário sobre essa metodologia enviada para diversos profissionais, demonstrou que apesar de uma parcela dos participantes dos EUA, Emirados Árabes e outros países da região do Golfo demonstrarem um alto nível de proficiência, todos afirmaram que suas respectivas organizações utilizavam o BIM apenas para gerenciar projetos, não utilizando o resto de suas possibilidades. Isso demonstra que existe uma compreensão e experiência limitada na utilização dessa tecnologia, que abrange muito mais do que apenas verificar conflitos ou fazer simulações.

3.4. BIM ESTUDOS DE CASO

3.4.1. Hospital New Karolinska

O Hospital New Karolinska está localizado em Estocolmo, na Suécia, e se trata de um exemplo concreto do potencial transformador do BIM na otimização da construção, entrega e manutenção. O projeto de longa duração teve seu processo de licitação em 2008 e foi concluído em 2017, contando com operações até 2040.

Para Buhler et al. (2017), que realizou este estudo de caso, este projeto é reconhecido como a maior iniciativa da metodologia da Suécia, exigida em contrato pelo Conselho do Condado de Estocolmo para ser desenvolvido em um ambiente BIM desde o início. Neste projeto, todas as frentes colaboraram por meio de um ambiente CDE (Ambiente Comum de Dados), o que facilitou o compartilhamento de informações.

Durante o projeto, um processo iterativo, trocas de arquivos, representações digitais 3D, veículos automatizados, e reuniões periódicas, ajudaram as equipes a identificarem e resolverem colisões de design antes mesmo do início da construção, reduzindo retrabalhos e economizando tempo, além de permitir que metas ambiciosas de sustentabilidade fossem traçadas para assim atender os altos padrões ambientais. Além disso, o BIM vem funcionando

como um “modelo de informação” que informa o custo do ciclo de vida dos elementos do edifício e otimiza operações de manutenção preditiva ao longo da vida útil do hospital com o auxílio de sensores embutidos em toda a instalação.

Este projeto ilustra como a utilização do BIM pode levar a melhorias significativas na eficiência da construção, sustentabilidade e eficácia operacional ao promover a colaboração entre as diversas frentes e integrar tecnologias avançadas nas fases de design e operação, estabelecendo um padrão para futuras instalações de saúde em todo o mundo, já que melhora o atendimento ao paciente e serve como um estudo de caso vital para a indústria da construção.

Figura 14 – Hospital New Karolinska



Fonte: Adaptado de Buhler et al. (2017)

3.4.2. HUB de Varsóvia

Czmoch e Pekala (2014) realizaram um estudo sobre o complexo de escritórios de Varsóvia, e o tratam como um primoroso exemplo de como o BIM pode aprimorar o processo de design e construção. O projeto, que contou com uma notável ênfase em sustentabilidade ao longo de todo o processo, foi executado em duas fases que abrangeram mais de 30.000 m² de espaço para os escritórios. Na equipe, apenas três líderes possuíam experiência prévia em BIM, o que pode ser considerado muito pouco, no entanto, através de uma liderança eficiente, a produtividade permaneceu alta apesar do resto da equipe serem “novatos” na tecnologia.

Para o design, utilizou-se o software Revit, com 10 profissionais colaborando simultaneamente. Essa abordagem facilitou a detecção de colisões e resultou em uma redução de tempo estimada de 10%, e um aumento de precisão estimado em 80% quando comparada com métodos tradicionais. Desta forma, toda a coordenação de dados ocorreu dentro do modelo BIM, eliminando a necessidade de métodos tradicionais.

Além desses benefícios, o BIM também possibilitou que os pedidos de materiais fossem precisos, com quantidades consistentes e sem a presença de nenhum elemento desnecessário ou incompatível.

Figura 15 – HUB de Varsóvia



Fonte: Skyscrapercenter (2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do Building Information Modeling (BIM) demonstrou claras vantagens em termos de integração e eficiência nos projetos analisados. O modelo unificado proporcionado pelo BIM permite que diversas disciplinas, como arquitetura, instalações e estruturas, trabalhem de forma sincronizada, promovendo maior eficiência e minimização de conflitos. Isso reforça o que foi observado em estudos prévios, como os de Eastman, C. et al. (2018), que destacam a capacidade do BIM de reduzir erros humanos e melhorar a coordenação entre equipes.

A detecção de conflitos (clash detection), identificada como um dos principais benefícios, reduziu significativamente os retrabalhos e custos em todos os casos estudados. No entanto, uma análise mais detalhada revela que os desafios técnicos relacionados à interoperabilidade entre softwares ainda representam um obstáculo significativo. Embora o formato IFC seja amplamente utilizado como padrão para troca de dados, a necessidade de ajustes manuais continua sendo uma barreira. Essa limitação aponta para uma lacuna na padronização, que pode ser superada por investimentos em pesquisa e desenvolvimento, como sugerido por Buhler et al. (2017).

Outro aspecto relevante identificado foi o impacto do BIM no controle de custos. A modelagem 5D permitiu prever despesas com maior precisão, reduzindo custos totais de projeto em até 20%, conforme demonstrado nos estudos de caso. Essa economia está alinhada à literatura, que atribui a redução de custos à diminuição de desperdícios e maior controle de quantitativos (SMITH, 2014). No entanto, seria interessante explorar como diferentes escalas de projeto influenciam essa economia, especialmente em projetos menores, onde os custos iniciais de implementação podem pesar mais.

O potencial do BIM na otimização de cronogramas, especialmente quando associado à modelagem 4D, também se destacou. A inclusão do fator tempo permite uma simulação mais precisa do progresso da obra, facilitando o ajuste das etapas de execução e minimizando atrasos. Isso é particularmente importante no Brasil, onde atrasos em obras públicas frequentemente resultam em sobrecustos significativos e comprometem a entrega de projetos. Estudos de Pinto (2022) apontam que essa integração tem um impacto direto na produtividade do setor, promovendo maior eficiência nas etapas críticas de planejamento e execução.

Além disso, a digitalização de processos demonstrou ser um fator essencial para a transformação digital na construção civil. Softwares baseados no BIM, como o Revit e o Navisworks, permitem uma atualização em tempo real das informações do projeto,

proporcionando uma comunicação mais eficiente entre os stakeholders. No entanto, um desafio relevante é o acesso desigual a essas tecnologias, principalmente em empresas de pequeno porte. A falta de infraestrutura tecnológica e de capacitação técnica em setores menos desenvolvidos pode limitar os benefícios do BIM e aprofundar desigualdades entre grandes corporações e pequenas construtoras. Esse cenário reforça a necessidade de políticas públicas voltadas à democratização do acesso às ferramentas digitais.

A sustentabilidade proporcionada pela modelagem 6D também destacou-se como uma solução promissora para a redução de resíduos, com uma economia de materiais de até 25%. Este dado é especialmente relevante no contexto da construção civil brasileira, que enfrenta desafios relacionados ao desperdício e à sustentabilidade ambiental. Ainda assim, a adoção de práticas sustentáveis depende da capacitação técnica e da disseminação do conhecimento entre os profissionais do setor, o que é corroborado por Yasir et al. (2024).

Outro ponto relevante é a crescente integração do BIM com tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial (IA). A aplicação de sensores inteligentes em canteiros de obras, conectados ao modelo BIM, abre possibilidades para monitoramento em tempo real da produtividade e desempenho. Por exemplo, a detecção automática de falhas ou o ajuste imediato de cronogramas com base em dados do ambiente têm mostrado ganhos expressivos de eficiência em projetos internacionais (El Jazzer et al., 2020). No entanto, a implementação dessas tecnologias requer um investimento inicial elevado, que pode representar uma barreira para construtoras com orçamento limitado.

Ao avaliar o impacto do BIM no setor público brasileiro, percebe-se que o Decreto nº 10.306/2020, que estabeleceu a obrigatoriedade da metodologia em obras públicas federais, é um avanço significativo. Contudo, a adesão ainda é desigual, especialmente em municípios menores, que enfrentam dificuldades em alocar recursos para a formação de equipes e aquisição de ferramentas adequadas. Isso sugere que programas de capacitação técnica e incentivos financeiros são fundamentais para ampliar o alcance do BIM e consolidar seus benefícios em larga escala.

Por fim, a análise dos desafios culturais e técnicos na adoção do BIM, especialmente no Brasil, indica que barreiras como a resistência à mudança e a curva de aprendizado continuam a dificultar sua implementação. Contudo, exemplos internacionais, como o Reino Unido, demonstram que políticas governamentais podem acelerar essa transição. Assim, a criação de incentivos fiscais e regulamentações específicas seria uma estratégia eficaz para aumentar a adesão ao BIM no mercado nacional.

5. CONCLUSÃO

A adoção do Building Information Modeling (BIM) na construção civil tem se consolidado como uma ferramenta essencial para promover eficiência, sustentabilidade e inovação no setor. Este estudo demonstrou como a metodologia facilita a integração entre disciplinas, reduzindo significativamente conflitos e retrabalhos, e otimizando recursos financeiros. A implementação do BIM, ao incorporar dimensões como tempo (4D), custo (5D) e sustentabilidade (6D), permite maior precisão no planejamento e execução, aspectos essenciais em um cenário competitivo.

No entanto, os desafios culturais e técnicos, particularmente no Brasil, continuam a limitar a ampla aplicação do BIM. A resistência à mudança, a necessidade de equipamentos robustos e a integração limitada entre softwares aparecem como obstáculos consideráveis. A experiência de países como o Reino Unido demonstra que políticas públicas, como incentivos fiscais e regulamentações específicas, podem ser determinantes para superar essas barreiras e acelerar a modernização do setor.

Além disso, o BIM se conecta diretamente às demandas da transformação digital. A integração com tecnologias como Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial promete um futuro onde a construção civil será ainda mais automatizada, precisa e sustentável.

Deste modo, a expansão do BIM no Brasil requer um esforço conjunto entre governos, empresas e instituições de ensino. Programas de capacitação para profissionais, alinhados a investimentos em infraestrutura tecnológica, são cruciais para garantir a adoção mais ampla dessa metodologia. Além disso, a criação de políticas que incentivem o uso do BIM pode acelerar sua implementação e gerar benefícios em escala nacional.

O impacto do BIM não se limita à eficiência e redução de custos. Ele também desempenha um papel essencial na busca por práticas sustentáveis ao otimizar recursos e reduzir resíduos, contribuindo diretamente para a diminuição da geração de resíduos e poluição ambiental da construção civil.

Adicionalmente, o BIM promove uma integração sem precedentes entre as diversas frentes envolvidas no ciclo de vida de um projeto. Ao centralizar as informações em um único modelo digital, a metodologia não só melhora a comunicação, mas também facilita a tomada de decisões mais ágeis e fundamentadas. Esse fator é especialmente relevante em projetos complexos, onde a colaboração eficiente pode determinar o sucesso ou o fracasso da iniciativa.

Outro ponto de destaque é o potencial do BIM para transformar a forma como os gestores acompanham os projetos em tempo real. Com o uso de dispositivos conectados e tecnologias complementares, como drones e realidade aumentada, torna-se possível monitorar o andamento das obras de maneira mais precisa, reduzindo atrasos e antecipando problemas antes que eles ocorram.

Por fim, a evolução contínua do BIM e sua integração com práticas emergentes reforçam que o setor da construção civil está em constante transformação. A capacidade de simular e prever cenários futuros, combinada com o uso eficiente de dados, posiciona o BIM como uma das ferramentas mais revolucionárias e indispensáveis para o futuro da indústria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIODUN GANIYU, S. et al. BIM competencies for delivering waste-efficient building projects in a circular economy. ScienceDirect, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165920300338>. Acesso em: 20 dez. 2023.

AGARWAL, R.; SHANKAR, C.; MUKUND, S. Imagining construction's digital future. Mckinsey & Company, 2016. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>. Acesso em: 28 mai. 2022

AINI YUSOF, N. et al. Are Innovations Being Created or Adopted in the Construction Industry? Exploring Innovation in the Construction Industry. Researchgate, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266146784_Are_Innovations_Being_Created_or_Adopted_in_the_Construction_Industry_Exploring_Innovation_in_the_Construction_Industry. Acesso em: 02 jan. 2023.

ALSHAREF et al. Biggest challenges facing the construction industry. 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/379064007_Biggest_Challenges_Facing_the_Construction_Industry. Acesso em: 15 mai. 2024.

ALVES, Roberto Cavalleiro de Macedo; PEREIRA, Alice Theresinha Cybis. BIM3C: Um modelo para projeto colaborativo em BIM. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/pixo/article/download/21298/13221/>. Acesso em: 26 jan. 2023.

ALVES, W. Curso intensivo: Projetar BIM com Willian Alves. Projetar BIM, 2023. Curso online.

AMAZON. Notebook Lenovo Ideapad Gaming 3i, Intel Core i5-10300H, 8GB, 256GB SSD, GTX 1650. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Notebook-ideapad-i5-10300H-256GBSSD-82CGS00100/dp/B0945D7C9T>. Acesso em: 08 fev. 2024.

ARAUJO, L. A importância do uso do BIM na construção civil: uma ferramenta de otimização dos processos construtivos. Centro Universitário Atenas, 2019. Disponível em: https://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/A_IMPORTANCIA_DO_USO_DO_BIM_NA_CONSTRUCAO_CIVIL_uma_ferramenta_de_otimizacao_dos_processos_construtivos.pdf. Acesso em: 28 mai. 2023.

AUTODESK UNIVERSITY. Practical 4D Construction Simulation Using Revit and Navisworks. Autodesk, 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Practical-4D-Construction-Simulation-Using-Revit-and-Navisworks>. Acesso em: 15 ago. 2024.

AUTODESK. BIM for sustainable design. AUTODESK, 2008. Disponível em: https://images.autodesk.com/latin_am_main/files/bim_for_sustainable_design_oct08.pdf. Acesso em: 19 nov. 2022.

AUTODESK. Building Engineering eBook: Integrating Advanced Technologies into Building Design and Construction. Autodesk, 2023. Disponível em: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/pdfs/adk-building-engineering-ebook-final.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2024.

AUTODESK. How to Reduce Construction Rework with Autodesk Construction Cloud. Autodesk, 2023. Disponível em: <https://www.autodesk.com/blogs/construction/reduce-construction-rework/>. Acesso em: 15 out. 2024.

BARBOSA, F. et al. Reinventing construction through a productivity revolution. McKinsey Global Institute, 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>. Acesso em: 10 mar. 2024.

BARBOSA, F. et al. Reinventing construction: A route to higher productivity. McKinsey Global Institute, 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>. Acesso em: 06 abril. 2024.

BARLISH, K.; SULLIVAN, K. How to measure the benefits of BIM — A case study approach. ScienceDirect, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580512000234>. Acesso em: 12 out. 2021.

BERALDI, M. 10 novos recursos do Revit 2021. Estúdio BIM, 2020. Disponível em: <https://estudiobim.com.br/10-novos-recursos-do-revit-2021/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

BHODA, Santosh Kumar. Overcoming Common Challenges in BIM Implementation. LinkedIn, 2024. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/overcoming-common-challenges-bim-implementation-santosh-kumar-bhoda-der4c>. Acesso em: 14 jun. 2024.

BNDES. Perspectivas e desafios para inovar na construção civil. Brasília: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2010. Disponível em:

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4522/1/BS%2031_Perspectivas%20e%20desafios%20para%20inovar%20na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil_P.pdf.

Acesso em: 10 mai. 2023.

BRANCO, I. O que é BIM 4D e para que ele serve. Orcafascio, 2023. Disponível em:

<https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/o-que-e-bim-4d-e-para-que-ele-serve>. Acesso

em: 14 abril. 2024.

BRANDÃO, F. 1º BIM Mandate Nacional: entrevista com Prof. Dr. Sergio Scheer. LinkedIn, 2020. Disponível em:

<https://pt.linkedin.com/pulse/1%C2%BA-bim-mandate-nacional-entrevista-com-prof-dr-sergio-brand%C3%A3o>. Acesso em: 26 mar. 2023.

BRASIL. Construa Brasil: Guia BIM e IoT – Gestão de Ativos. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Brasília. Disponível em:

https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/construa-brasil/produtos/identidade-atualizada-2024/meta-estimular-o-desenvolvimento-e-aplicacao-de-novas-tecnologias-relacionadas-ao-bim/construa-brasil-guia-bim-e-iot-gestao-de-ativos_v2-0-1-1.pdf. Acesso em: 04 out. 2024.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Regulamenta o regime da Previdência Complementar para os servidores públicos federais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 abr. 2020. Disponível em:

<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2020/decreto-10306-2-abril-2020-789938-publicacaooriginal-160263-pe.html>. Acesso em: 20 dez. 2023.

BRASIL. Decreto nº 11.888, de 27 de julho de 2024. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling - BIM BR. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D11888.html. Acesso em: 05 ago. 2024.

BRASIL. Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. Regulamenta a Lei nº 13.506, de 13 de novembro de 2017, que dispõe sobre o processo administrativo sancionador na esfera de atuação do Banco Central do Brasil e da Comissão de Valores Mobiliários. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 maio 2018. Disponível em:

<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html>. Acesso em: 23 fev. 2024.

BRASIL. Estratégia BIM BR. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Brasília, 2018. Disponível em:

<https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/building-information-modelling-bim/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2023.

BRASIL. Governo vai impulsionar tecnologia digital da construção para grandes obras. Agência Brasil, 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202401/governo-vai-impulsionar-tecnologia-digital-da-construcao-para-grandes-obras>. Acesso em: 25 out. 2024.

BRASIL. O que é a Nova Estratégia BIM BR? Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/acao-a-informacao/perguntas-frequentes-faq/secretaria-de-desenvolvimento-industrial-inovacao-comercio-e-servicos/o-que-e-a-nova>. Acesso em: 04 jun. 2024.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. New York: W. W. Norton & Company, 2014. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4312922/mod_resource/content/2/Erik%20-%20The%20Second%20Machine%20Age.pdf. Acesso em: 19 nov. 2021.

BUCHANAM, R. A. Technology in the ancient world. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 2024. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/history-of-technology/Technology-in-the-ancient-world>. Acesso em: 17 set. 2024.

BUCHANAM, R. A. The Industrial Revolution (1750–1900). Chicago: Encyclopaedia Britannica, 2024. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/history-of-technology/The-Industrial-Revolution-1750-1900>. Acesso em: 31 set. 2024.

BUEHLER, M. et al. Shaping the future of construction: inspiring innovators redefine the industry. Researchgate, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354821960_Shaping_the_Future_of_Construction_Inspiring_innovators_redefine_the_industry. Acesso em: 10 mai. 2021.

BUILDINGSMART TECHNICAL SERVICES. Industry Foundation Classes (IFC). buildingSMART. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>. Acesso em: 03 mai. 2024.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Decreto presidencial inaugura política para democratizar o uso do BIM. 2018. Disponível em: <https://cbic.org.br/decreto-presidencial-inaugura-politica-para-democratizar-o-uso-do-bim/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Digitalização do canteiro promove mais produtividade e gestão integrada da operação. 2024. Disponível em: <https://cbic.org.br/decreto-presidencial-inaugura-politica-para-democratizar-o-uso-do-bim/>. Acesso em: 25 abril. 2024.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. “O BIM é uma realidade no Brasil”, diz CBIC. 2024. Disponível em: <https://cbic.org.br/o-bim-e-uma-realidade-no-brasil-diz-cbic/>. Acesso em: 11 mai. 2024.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. BIM é ferramenta estratégica para o futuro da construção civil. 2016. Disponível em: <https://cbic.org.br/bim-e-ferramenta-estrategica-para-o-futuro-da-construcao-civil/>. Acesso em: 09 set. 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. CBIC defende aceleração digital das empresas no BIM Forum Conference. 2024. Disponível em: [https://cbic.org.br/cbic-defende-aceleracao-digital-das-empresas-no-bim-forum-conference/#:~:text=O%20presidente%20da%20C%C3%A2mara%20Brasileira,em%20S%C3%A3o%20Paulo%20\(SP\)](https://cbic.org.br/cbic-defende-aceleracao-digital-das-empresas-no-bim-forum-conference/#:~:text=O%20presidente%20da%20C%C3%A2mara%20Brasileira,em%20S%C3%A3o%20Paulo%20(SP).). Acesso em: 17 jun. 2024.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Especial BIM CBIC. São Paulo: Estadão, 2018. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2018/03/ESPECIAL-BIM-CBIC-Estadao%CC%83o.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Frente parlamentar defende uso da tecnologia BIM em obras públicas. 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/frente-parlamentar-defende-uso-da-tecnologia-bim-em-obras-publicas/>. Acesso em: 25 fev. 2024

CARVALHO, H. Implementação do BIM em escritórios de arquitetura. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19149/1/CT_GEOB_XXIV_2018_11.pdf. Acesso em: 15 out. 2024.

CESAR FARIAS, J. O que é o Clash Detection (Detecção de Colisão) no BIM?. SPBIM, 2020. Disponível em: <https://spbim.com.br/o-que-e-o-clash-detection/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

CHATTERTON, S. Dimensions of BIM. LinkedIn, 2016. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/dimensions-bim-scott-chatterton>. Acesso em: 01 nov. 2023.

CLAYTON, M. COMPUTATIONAL DESIGN AND AUTOCAD: READING SOFTWARE AS ORAL HISTORY. Disponível em: https://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2005_103.content.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024.

COLBY, C.; BELL, K. The on-demand economy is growing, and not just for the young and wealthy. Harvard, 2016. Disponível em: <https://hbr.org/2016/04/the-on-demand-economy-is-growing-and-not-just-for-the-young-and-wealthy>. Acesso em: 27 ago. 2021.

CONCRETE SHOW. Panorama do BIM no Brasil. 2021. Disponível em: <https://digital.concreteshow.com.br/assuntos-concretos/panorama-do-bim-no-brasil>. Acesso em: 11 abril. 2023.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL (CAU/BR). CAU, 2024. Transformando cidades: o impacto do BIM na arquitetura e urbanismo. Disponível em: <https://caubr.gov.br/transformando-cidades-o-impacto-do-bim-na-arquitetura-e-urbanismo/>. Acesso em: 13 nov. 2024.

CZMOCH, I.; PEKALA, A. Traditional Design versus BIM Based Design. ScienceDirect, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814030665>. Acesso em: 13 jul. 2023.

DAVI FELISBERTO, A. et al. BIM cost estimation guidelines for brasilian public sector infrastructure. Periódicos Unicamp, 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/download/e021004/25853>. Acesso em: 14 abril. 2024.

DAVID, P.; PINHEIRO, I. Curso intensivo: Do CAD ao BIM. Inova Civil, São Paulo, 2021. Curso online.

DESIGNER10. Enscape 3D. Disponível em: <https://designer10.com/produto/enscape-3d/>. Acesso em: 06 fev. 2024.

DIBROV, A. Innovation resistance: the main factors and ways to overcome them . ScienceDirect, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814066270>. Acesso em: 01 nov. 2023.

DOUMBUYA, L.; GAO, G.; GUAN, C. Adoption of the Building Information Modeling (BIM) for Construction Project Effectiveness: The Review of BIM Benefits. Researchgate, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Guoping-Gao/publication/303666501_Adoption_of_the_Building_Information_Modeling_BIM_for_Construction_Project_Effectiveness_The_Review_of_BIM_Benefits/links/574c172d08ae7dff1bcfea67/Adoption-of-the-Building-Information-Modeling-BIM-for-Construction-Project-Effectiveness-The-Review-of-BIM-Benefits.pdf. Acesso em: 11 mar. 2023.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2018.

EKBA, S. BIM Technologies in the inspection of buildings and structures. E3S Web of Conferences, 2019. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/36/e3sconf_spbwosce2019_01081.pdf. Acesso em: 22 jul. 2023.

EL JAZZAR, M. et al. Construction 4.0: A roadmap to shaping the future of construction. Researchgate, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Christian-Schranz-3/publication/344779412_Construction_4_0_A_Roadmap_to_Shaping_the_Future_of_Construction/links/5f97eb8892851c14bceac8cd/Construction-40-A-Roadmap-to-Shaping-the-Future-of-Construction.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

ELDEEP, A.; FARAG, M.; EL-HAFEZ, L. Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study. ScienceDirect, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447921003075>. Acesso em: 06 abril. 2024.

ELLIS, G. BIM Clash Detection: A Quick Guide. Autodesk, 2023. Disponível em: <https://www.autodesk.com/blogs/construction/bim-clash-detection/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ELLIS, G. BIM Clash Detection: How to Streamline Construction Projects. Autodesk, 2023. Disponível em: <https://www.autodesk.com/blogs/construction/bim-clash-detection/>. Acesso em: 05 jan. 2024.

ELLIS, G. BIM Dimensions: How 3D, 4D, 5D, and 6D Help AEC Teams. Autodesk, 2023. Disponível em: <https://www.autodesk.com/blogs/construction/bim-dimensions/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

ELLIS, G. BIM Dimensions. Autodesk, 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com/blogs/construction/bim-dimensions/>. Acesso em: 15 out. 2024.

ESER, A. Global Alarm: Startling Construction Waste Statistics Reveal Environmental Crisis Ahead. Worldmetrics, 2024. Disponível em: <https://worldmetrics.org/construction-waste-statistics/>. Acesso em: 23/07/2024

EUROPEAN PATENT OFFICE. Innovation stays strong: patent applications in Europe continue to grow in 2022. Munich: European Patent Office, 2023. Disponível em: <https://www.epo.org/en/news-events/news/innovation-stays-strong-patent-applications-europe-continue-grow-2022>. Acesso em: 28 jan. 2024.

FÁBRICA DO PROJETO. Novidades AutoCAD 2020. Fábrica do Projeto, 2019. Disponível em: <https://www.fabricadoprojeto.com.br/2019/05/novidades-autocad-2020/>. Acesso em: 17 jan. 2023.

FALK-PETERSEN, D. openBIM: What is openBIM?. Bulding Smart, 2019. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/>. Acesso em: 19 ago. 2023.

FARIAS, J. Decreto BIM 2019. SPBIM, 2020. Disponível em: <https://spbim.com.br/decreto-bim-2019/>. Acesso em: 11 jan. 2024.

FIOCRUZ. A tecnologia BIM e seus benefícios para a construção civil. Cogic, 2020. Disponível em: <https://www.cogic.fiocruz.br/2020/05/a-tecnologia-bim-e-seus-beneficios-para-a-construcao-civil/>. Acesso em: 20 ago. 2023.

FORBES. What Are Self-Driving Cars? The Technology Explained. Forbes, 2024. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/technology/article/self-driving-cars/>. Acesso em: 09 fev. 2024

FURSTENTHAL, L.; MORRIS, A.; ROTH, E. Fear factor: overcoming human barriers to innovation. Mckinsey & Company, 2022. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/fear-factor-overcoming-human-barriers-to-innovation>. Acesso em: 08 jan. 2023.

GETULI, V. BIM-based code checking for construction health and safety. ScienceDirect, 2017). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817330977>. Acesso em: 20 jul. 2023.

GHIDINI, R. MORMUL, N. Revolução agrícola neolítica e o surgimento do Estado classista: breve construção histórica. Revista de Ciências do Estado. Belo Horizonte: v. 5, n. 1, e19725. ISSN: 2525-8036

GROUMPOS, Peter P. A Critical Historical and Scientific Overview of all Industrial Revolutions. Cologny: ScienceDirect, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896321019297>. Acesso em: 21 set. 2021.

GSMA. Road to 5G: Introduction and Migration. 2018. Disponível em: https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2018/04/Road-to-5G-Introduction-and-Migration_FINAL.pdf. Acesso em: 21 dez. 2022.

IMPLANTA BIM. Curso Revit para Engenheiros. Disponível em: <https://cursos.implantabim.com.br/revitparaengenheiros>. Acesso em: 08 jan. 2024.

INSEMITECH. Moore's Law and Beyond: The Future of Semiconductor Scaling. 2024. Disponível em: <https://insemitech.com/blogs/moores-law-and-beyond-the-future-of-semiconductor-scaling/>. Acesso em: 18 jul. 2024.

KOPSIDA, M.; BRILAKIS, I.; ANTONIO VELA, P. A review of automated construction progress monitoring and inspection methods. 2015. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7561524/mod_resource/content/1/KopsidaM-CIB2015-AReviewofAutomatedConstructionProgressMonitoringandInspectionMethods.pdf?forcedownload=1. Acesso em: 18 jun. 2022.

LIU, Z. Comparison and analysis of advantages and disadvantages between BIM and CAD in civil drafting software. ResearchGate, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/380744799_Comparison_and_analysis_of_advantages_and_disadvantages_between_BIM_and_CAD_in_civil_drafting_software. Acesso em: 23 jul. 2024.

LONGO, E. Ferramenta Clash Detection. MapData, 2023. Disponível em: <https://mapdata.com.br/blog/artigo/autodesk-ferramenta-clash-detection>. Acesso em: 05 mai. 2024.

MA, H.; SHAO, W.; LI, L.; WANG, H.; CAO, J. Exploring the impact of Building Information Modeling (BIM) on project performance: A comprehensive review. Journal of Building Performance, v. 13, n. 2, p. 148-166, 2022.

MAGALHÃES, Aglailton de Oliveira; PAGANI, Regina Negri. Building Information Modelling – BIM – Dissemination Strategy from the Implementation of Regional Engineering and Architecture Offices in Universities as an Innovation and Governance Policy: the Projetek-Unicentro case as a development agent in the central-south region of Paraná – Brazil. In: VII EIGEDIN. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/download/20851/13963/>. Acesso em: 26 jun. 2024.

MAIA OLIVEIRA, K. Proposta de um plano de execução BIM para a Diretoria de Projetos da Superintendência de Infraestrutura da UFRN. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/40785/1/PropostadeumPlano_Oliveira_2019.pdf. Acesso em: 04 ago. 2023.

MARCELO, M. O BIM além do decreto: normativas sobre BIM em obras públicas. Disponível em: <https://blog.altoqi.com.br/o-bim-alem-do-decreto-normativas-sobre-bim-em-obras-publicas>. Acesso em: 28 jul. 2024.

MARSH, J. Sustainable Construction in 2024: Principles, Trends and Challenges. Environment, 2024. Disponível em: <https://environment.co/sustainable-construction-principles-trends-and-challenges/>. Acesso em: 26/03/2024

MCKINSEY & COMPANY. What is the future of work?. Nova Iorque: McKinsey & Company, 2024. Disponível em:

<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-the-future-of-work>.

Acesso em: 09 out. 2023.

MICHELLE LIPHDADZI, N.; MUSONDA, I.; ONOSOSEN, A. The use of building information modelling tools for effective

waste management: A systematic review. IOP Conference, 2022. Disponível em:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1101/6/062001/pdf>. Acesso em: 24 mai.

2024.

MOHAMMED HAMMOUD, A.; MAWED, M.; ABU OBEID, M. Improving Construction Organization Performance through BIM and 3D Laser Scanning. ResearchGate, 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/332466367_Improving_Construction_Organization_Performance_through_BIM_and_3D_Laser. Acesso em: 06 abril. 2024.

MOHAMMED, M. et al. Beneficial effects of 3D BIM for pre-empting waste during the planning and design stage of building and waste reduction strategies. Sustainability, 2022. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/359234899_Beneficial_Effects_of_3D_BIM_for_Pre-Emptying_Waste_during_the_Planning_and_Design_Stage_of_Building_and_Waste_Reduction_Strategies. Acesso em: 14 out. 2022.

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY. Development of agriculture. Washington, D.C.: National Geographic Society, 2024. Disponível em:

<https://education.nationalgeographic.org/resource/development-agriculture/>. Acesso em: 23 set. 2024.

ODILOV, S. 7 ways your corporate culture could be blocking innovation. Forbes, 2024. Disponível em:

<https://www.forbes.com/sites/sherzododilov/2024/04/01/7-ways-your-corporate-culture-could-be-blocking-innovation/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

OLIVEIRA, Isabella de Paula; VIANA, Gabriel Rosa; OLIVEIRA, Cláudio Bonfante de. Análise da importância do sistema BIM na gestão de projetos. Revista Ibero, 2023. Disponível em:

<https://periodicorease.pro.br/rease/article/download/9680/3833/14538>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PEDROSO, F. BIM: uma nova realidade na construção civil. Concreto & Construções, n. 114, p. 1-12, 2024. Disponível em:

https://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/pdfs/edicao114/P%C3%A1ginas%20de%20Revista%20Concreto%20IBRACON%20114_bim.pdf. Acesso em: 19 mai. 2024.

PEREIRA, Nilton de Jesus. Utilização da tecnologia BIM no desenho arquitetônico: um estudo de caso. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2017. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190415211917_2017.X_-_TCC_Nilton_Pereira_Utilizao_da_Tecnologia_Bim_no_Desenho_Arquitetnico_um_Estudo_de_Caso.pdf. Acesso em: 21 mar. 2023.

PETRIE, Richard. IFC 4.3: A Major Milestone – Introduction and Overview of the Current Status. buildingSMART, 2022. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/ifc-4-3-a-major-milestone-introduction-and-overview-of-the-current-status/>. Acesso em: 28 jan. 2024.

PINHEIRO, I. BIM Book: Modelagem da Informação da Construção. 1. ed. São Paulo: Hotmart, 2021. Plataforma: Hotmart. Disponível em: https://hotmart.com/pt-br/marketplace/produtos/bim-book-e-book/T19229268W?system=product_page. Acesso em: 21 nov. 2021.

PINHEIRO, I. BIM: Tudo o que você precisa saber sobre a metodologia. Inovacivil, 2019. Disponível em: <https://inovacivil.com.br/oqueebim/>. Acesso em: 25 mai. 2023.

RENSCHEN, Ben. Creating and Managing a Construction Budget. Autodesk, 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com/blogs/construction/construction-budgeting-101/>. Acesso em: 14 ago. 2024.

ROKOOEI, S. Building Information Modeling in project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. ScienceDirect, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815056797>. Acesso em: 25 fev. 2022.

SADEK, K. Impact of BIM on Building Design Quality. BAU Journal - Creative Sustainable Development, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2019. Disponível em: <https://digitalcommons.bau.edu.lb/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=csdjournal>. Acesso em: 02 jan. 2022.

SALGIN, B. et al. Construction Waste Reduction Through BIM-Based Site Management Approach. ResearchGate, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320042150_Construction_Waste_Reduction_Through_BIM-Based_Site_Management_Approach. Acesso em: 11 jun. 2023.

SCAN2CAD. AutoCAD: a brief history. Scan2CAD, 2023. Disponível em: <https://www.scan2cad.com/blog/tips/autocad-brief-history/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SCHEER, S.; WILSEK CALDART, C. Planejamento para projeto de canteiro de obra com uso de modelagem BIM 4D. Universidade Federal do Paraná, 2022. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/gp/a/GqSVgv7TT9CNSKsfVw5fL9n/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 20 jul. 2023.

SCHIMITTH, M. Compatibilização de Projetos com Base na Metodologia. Alegrete, 2017. Disponível em:

<https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/6009/1/Miguel%20Geovani%20Meereis%20Schmitt%20-%202021.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2023.

SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond. Cologny: World Economic Forum, 2016. Disponível em:

<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>. Acesso em: 22 mar 2021.

SEBRAE. Vantagens da implantação do conceito BIM. SebraePlay, 2024. Disponível em: <https://sebraeplay.com.br/content/vantagens-da-implantacao-do-conceito-bim>. Acesso em: 06 jun. 2024.

SKYSCRAPER CENTER. The Warsal HUB. 2021. Disponível em: <https://www.skyscrapercenter.com/complex/3347>. Acesso em: 16 jun. 2024.

SMITH, P. BIM & the 5D Project Cost Manager. ScienceDirect, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814021442>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SODRÉ, W. Decreto 10306/2020: Política Nacional de Incentivo à Modelagem da Informação da Construção (BIM). 2021. Disponível em:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/decreto-10306>. Acesso em: 25 out. 2024.

TAKIM, R.; HARRIS, M.; HADI NAWAWI, A. Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for quality of life within Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry for quality of life within Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry. ScienceDirect, 2013. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813020703>. Acesso em: 30 nov. 2021.

TORRES, G. Tecnologia na construção civil e o aumento na produtividade. Blog Sienge, 2023. Disponível em:

<https://www.sienge.com.br/blog/tecnologia-na-construcao-civil-e-o-aumento-na-productividade/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

TQS INFORMÁTICA. Sobre a TQS. Disponível em: <https://www.tqs.com.br/about>. Acesso em: 07 fev. 2024.

UNITED BIM. Clash Detection with Navisworks. 2024. Disponível em: <https://www.united-bim.com/get-to-know-all-about-clash-detection-with-navisworks/>. Acesso em: 17 out. 2024.

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. From foraging to farming: the 10,000-year revolution. Cambridge: University of Cambridge, 2012. Disponível em:

<https://www.cam.ac.uk/research/news/from-foraging-to-farming-the-10000-year-revolution>.

Acesso em: 14 jun. 2023.

UNIVERSITY OF QUEENSLAND. How technology is changing business. Brisbane: University of Queensland, 2020. Disponível em:

<https://stories.uq.edu.au/business/technology-changing-business/index.html>. Acesso em: 19

dez. 2023.

USP. Construção 4.0: Tecnologias Disruptivas que Estão Revolucionando o Setor. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em:

https://cics.prp.usp.br/wp-content/uploads/2020/05/eBookConstrucao_2019-08.pdf.

Acesso em: 13 fev. 2023.

WILKINSON, F. Industrial revolution and technology. National Geographic, 2023. Disponível em:

<https://education.nationalgeographic.org/resource/industrial-revolution-and-technology/>.

Acesso em: 17 jun. 2024.

WORLD ECONOMIC FORUM. Shaping the future of construction: a breakthrough in mindset and technology. Cologny: World Economic Forum, 2016. Disponível em:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf. Acesso em: 18 nov. 2022.

WORLD ECONOMIC FORUM. The Future of Jobs Report 2023. Cologny/Geneva: World Economic Forum, 2023. Disponível em:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf. Acesso em: 11 jul. 2024.

WORLD ECONOMIC FORUM. The impact of 5G: creating new value across industries and society. Cologny: World Economic Forum, 2020. Disponível em:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Impact_of_5G_Report.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. Nine solutions for Cities to Cut Carbon Emissions in Construction. Disponível em:

<https://www.weforum.org/press/2024/04/nine-solutions-for-cities-to-cut-carbon-emissions-in-construction/>. Acesso em: 23/04/2024

YASIR, M. et al. The use of building information modelling (BIM) in the management of construction safety: The development towards automation, hazard identification and assessment. 2024. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/379561589_The_use_of_building_information_modelling_BIM_in_the_management_of_construction_safety_The_development_towards_automation_hazard_identification_and_assessment. Acesso em: 06 set. 2024.

ZIGURAT. What is the 5D BIM dimension? Benefits & Examples. 2023. Disponível em: <https://www.e-zigurat.com/en/blog/5d-bim-construction-benefits-examples/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

ZITA SAMPAIO, A. Project Management in Office: BIM Implementation. ScienceDirect, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921023061>. Acesso em: 14 ago. 2022.

ZITA SAMPAIO, A.; FERNANDES, V.; GOMES, A. The use of BIM-based tools to improve collaborative building projects. ScienceDirect, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923005173>. Acesso em: 01 mai. 2024.

ZOLINI MEDEIROS, F. A utilização de uma plataforma BIM para "clash detection". 2022. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022. Disponível em: https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/4163/6/MONOGRAFIA_Utiliza%C3%A7%C3%A3oPlataformaBIM.pdf. Acesso em: 03 jul. 2023.

ZUHLKE, D.; Gorecky, D. Internet of things will disrupt manufacturing. for ever, but are you ready? World Economic Forum, 2017. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2017/01/internet-of-things-will-disrupt-manufacturing/>. Acesso em: 15 jan. 2021.