



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LUANA LINS FERREIRA AMORIM

**ORÇAMENTO 5D INTEGRADO AO MODELO BIM: ESTUDO DE CASO DE UMA
EDIFICAÇÃO VERTICAL**

Cabo de Santo Agostinho - PE

2025

LUANA LINS FERREIRA AMORIM

**ORÇAMENTO 5D INTEGRADO AO MODELO BIM: ESTUDO DE CASO DE UMA
EDIFICAÇÃO VERTICAL**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Engenharia Civil da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, Universidade Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. André Vinicius Azevedo Borgatto

Cabo de Santo Agostinho - PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UACSA, Cabo de Santo Agostinho - PE, Brasil
Bibliotecária – Rosimeri Gomes Couto – CRB-4/1395

A524o Amorim, Luana Lins Ferreira.
Orçamento 5D Integrado ao Modelo BIM: estudo de caso de uma edificação vertical. / Luana Lins Ferreira Amorim. – Cabo de Santo Agostinho, 2025.
63 f. : il.

Orientador: André Vinícius Azevedo Borgatto.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, 2025.
Inclui referência.

1. BIM 5D. 2. Orçamento 5D. 3. Interoperabilidade. 4. Extração automática de quantitativos. I. Borgatto, André Vinícius Azevedo, orient.
II. Título.

LUANA LINS FERREIRA AMORIM

**ORÇAMENTO 5D INTEGRADO AO MODELO BIM: ESTUDO DE CASO DE UMA
EDIFICAÇÃO VERTICAL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 11/12/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Vinicius Azevedo Borgatto
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. (a) Dr. (a) Juliana Claudino Vêras
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. (a) Dr. (a) Simone Perruci Galvão
Universidade Federal Rural de Pernambuco

A Deus, pela dádiva da vida, aos meus pais e
minha irmã, por todo amor, dedicação e
exemplo, e aos meus amigos, pela parceria e
incentivo ao longo desta jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meus passos, me fortalecer nos momentos mais difíceis e me permitir chegar até aqui. Sem Sua presença, nada disso seria possível.

À minha família, meu pai, minha mãe, minha irmã e minhas avós, minha eterna gratidão. Vocês são meu alicerce, meu porto seguro e a razão pela qual nunca deixo de acreditar no futuro. Aos meus avós que já partiram, mas que continuam vivos na minha memória e no meu coração, deixo um agradecimento cheio de amor. Sei que, de alguma forma, vocês seguem torcendo por mim e celebrando cada conquista. Este trabalho também é por vocês.

Aos meus amigos, que tornaram essa caminhada mais leve e bonita. Obrigada pelas risadas, pelas conversas sinceras, pelos conselhos e pelo apoio nos momentos em que a jornada parecia mais pesada. Vocês foram essenciais.

Ao Luiz Paulo, que acreditou em mim antes mesmo que eu tivesse experiência para provar meu valor. Obrigada por abrir as portas, por confiar no meu potencial e por compartilhar seus conhecimentos na área de orçamento com tanta paciência e generosidade. Cada aprendizado fez diferença na profissional que estou me tornando.

À Jayne Monteiro, que sempre acrescenta conhecimento e clareza quando falamos sobre BIM. Obrigada por compartilhar, ensinar e inspirar, sua contribuição foi fundamental para meu crescimento.

Aos meus amigos de trabalho, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram com disposição, ajuda e ensinamentos. Obrigada por cada gesto de confiança e por tornarem o caminho mais leve e possível.

Agradeço também a todos os professores da faculdade, que contribuíram de forma decisiva para a minha formação acadêmica e pessoal. Cada aula, orientação e incentivo recebido ao longo do curso ampliou meus horizontes e fortaleceu meu compromisso com a Engenharia. Sou profundamente grata pelo conhecimento compartilhado, pela dedicação de cada docente e pela inspiração que transmitiram durante essa jornada.

A cada pessoa que fez parte dessa trajetória, meu mais sincero agradecimento. Este TCC carrega um pouco de cada um de vocês, e por isso ele é tão especial.

“Seja forte e corajoso! Não se apivore nem desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”

(Josué 1:9)

RESUMO

A adoção da Modelagem da Informação da Construção (BIM) tem impulsionado a transformação digital na construção civil, destacando-se o BIM 5D pela integração entre o modelo digital e dados de custo, permitindo a extração automática de quantitativos e a elaboração de orçamentos mais precisos. No Brasil, esse avanço ocorre de forma gradual, sobretudo em obras públicas e empreendimentos que demandam maior coordenação entre disciplinas; no entanto, ainda há limitações práticas, especialmente em projetos com baixa maturidade BIM, falta de padronização na modelagem e falhas na parametrização, além de desafios de interoperabilidade entre plataformas, o que pode comprometer a confiabilidade das informações extraídas. Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a aplicação prática do orçamento BIM 5D integrado ao modelo, por meio de um estudo de caso de uma edificação residencial multifamiliar, modelada no Autodesk Revit em LOD 350 e orçada no AltoQi Visus Cost Management. A metodologia contempla a compatibilização das disciplinas Arquitetônica e Estrutural, a parametrização para atualização automática dos quantitativos e a validação da consistência com bancos de custos. Os resultados demonstram maior confiabilidade dos dados, redução do tempo de quantificação e minimização de inconsistências, evidenciando o BIM 5D como ferramenta estratégica para otimizar a orçamentação e fortalecer a gestão de custos na construção civil brasileira.

Palavras-chave: BIM 5D; orçamento 5D; interoperabilidade; extração automática de quantitativos; LOD 350.

ABSTRACT

The adoption of Building Information Modeling (BIM) has driven digital transformation in the construction industry, with BIM 5D standing out for its integration between the digital model and cost data, allowing for the automatic extraction of quantities and the preparation of more accurate budgets. In Brazil, this progress is gradual, especially in public works and projects that require greater coordination between disciplines; however, there are still practical limitations, particularly in projects with low BIM maturity, lack of standardization in modeling and flaws in parameterization, as well as interoperability challenges between platforms, which can compromise the reliability of the extracted information. Given this context, this work aims to analyze the practical application of BIM 5D budgeting integrated into the model, through a case study of a multi-family residential building, modeled in Autodesk Revit at LOD 350 and budgeted using AltoQi Visus Cost Management. The methodology includes the compatibility of the Architectural and Structural disciplines, the parameterization for automatic updating of quantities, and the validation of consistency with cost databases. The results demonstrate greater data reliability, reduced quantification time, and minimized inconsistencies, highlighting BIM 5D as a strategic tool for optimizing budgeting and strengthening cost management in the Brazilian construction industry.

Keywords: BIM 5D; 5D budgeting; interoperability; automatic quantity take-off; LOD 350.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dimensões BIM.....	18
Figura 2 - LOD (Levels of Development).....	18
Figura 3 - LOD x Orçamento.....	23
Figura 4 - Relação entre as classes segundo a NBR 12006-2.	25
Figura 5 - Modelo esquemático das publicações da NBR 15965.....	25
Figura 6 - Panorama das Normas Técnicas BIM no Brasil.....	26
Figura 7 - Estágios de Maturidade do BIM.....	28
Figura 8 - Aliança para a Interoperabilidade Internacional.....	29
Figura 9 - Interoperabilidade BIM.	30
Figura 10 - Diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de um levantamento de quantidades e orçamentação.....	33
Figura 11 - Edifício Residencial.....	38
Figura 12 - Planta Baixa - Térreo.....	39
Figura 13 - Planta Baixa - Pavimento Tipo.....	40
Figura 14 - Planta Baixa - Cobertura.	41
Figura 15 - Fluxograma Metodologia.	42
Figura 16 - Propriedades Modelagem 3D.	43
Figura 17 - Verificação Clash Detective.	45
Figura 18 - Dados de Entrada para Estruturação da EAP.	46
Figura 19 - Precificação de Serviços.....	47
Figura 20 - Precisão e Integração de Dados.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos Custos por Etapa da Obra e suas Respectivas Porcentagens.	51
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	The American Institute of Architects
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modeling
CAD	Software AutoCAD
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CDE	Common Data Environment
CEE	Comissão de Estudo Especial
CPOS	Companhia Paulista de Obras e Serviços
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
IAI	Internacional Alliance For Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Organization for Standardization
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LOd	Level of Detail
LOD	Level of Development
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
ND	Nível de Desenvolvimento
ORSE	Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe
PtD	Prevention Through Design
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos de Índices da Construção Civil
1D	Primeira Dimensão
2D	Segunda Dimensão
3D	Terceira Dimensão
4D	Quarta Dimensão
5D	Quinta Dimensão
6D	Sexta Dimensão
7D	Sétima Dimensão

8D	Oitava Dimensão
9D	Nona Dimensão
10D	Décima Dimensão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO TÉORICA.....	17
2.1	BUILDING INFORMATION MODELING – BIM	17
2.1.1	BIM 3D	18
2.1.2	BIM 4D	19
2.1.3	BIM 5D	19
2.1.4	BIM 6D	19
2.1.5	BIM 7D	20
2.1.6	BIM 8D	20
2.1.7	BIM 9D	21
2.1.8	BIM 10D	21
2.1.9	Nível de desenvolvimento (LOD).....	21
2.1.10	Normas BIM da ABNT	24
2.1.11	ISO 19.650	26
2.2	INTEROPERABILIDADE E COMPATIBILIZAÇÃO BIM	28
2.3	ORÇAMENTO BIM.....	31
2.4	SOFTWARES UTILIZADOS	34
2.4.1	Revit.....	34
2.4.2	Navisworks	34
2.4.3	AltoQi Visus Cost Management	35
3	METODOLOGIA	36
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	36
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	36
3.2.1	Pavimento térreo	38
3.2.2	Pavimento tipo	39
3.2.3	Cobertura	40
3.3	FLUXO DE TRABALHO BIM 5D APLICADO	41
3.4	MODELAGEM 3D.....	43
3.5	CLASH DETECTIVE	44
3.6	INTEGRAÇÃO DO MODELO BIM COM A BASE DE CUSTOS (5D).....	45
3.7	PRECIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1	EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS E ORGANIZAÇÃO DA EAP	48
4.2	INTEGRAÇÃO BIM – ORÇAMENTO E REDUÇÃO DE RETRABALHO	48
4.3	PRECISÃO DO ORÇAMENTO E RELAÇÃO COM O LOD DO MODELO	49
4.4	DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS POR ETAPA DE OBRA	50
4.5	ANÁLISE QUALITATIVA DO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO	51

5	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE A – Valores de materiais e de execução referentes a cada descrição da planilha orçamentária.....	60

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o setor da construção civil vem passando por um processo de transformação digital impulsionado pela adoção de metodologias que buscam maior eficiência, integração e transparência no ciclo de vida dos empreendimentos. Nesse contexto, o BIM emerge como um novo paradigma de gestão da informação aplicado à Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), promovendo a centralização dos dados e a interoperabilidade entre as disciplinas envolvidas no projeto (Eastman et al., 2014).

O BIM é definido como “a representação digital compartilhada de um ativo construído, que forma uma base confiável para a tomada de decisões durante seu ciclo de vida, desde a concepção até a demolição” (ABNT, 2018). Essa definição foi consolidada na ABNT NBR ISO 12006-2:2018, que estabelece a estrutura para classificação das informações da construção, e complementada pela ABNT NBR ISO 19650-1:2022 e ABNT NBR ISO 19650-2:2022, que trata da organização e digitalização das informações sobre o ambiente construído, enfatizando a gestão colaborativa dos dados.

O uso do BIM tem se mostrado particularmente relevante para o desenvolvimento de projetos integrados, pois possibilita que todas as informações — geométricas e não geométricas — sejam geridas de forma unificada. Dessa forma, a modelagem tridimensional (BIM 3D) passa a ser associada a dimensões adicionais, como o tempo (BIM 4D) e o custo (BIM 5D), ampliando significativamente as possibilidades de análise e controle sobre os empreendimentos (ABDI, 2017).

A implementação da dimensão 5D do BIM representa um avanço substancial para o planejamento e controle de obras, uma vez que permite integrar quantitativos e custos diretamente aos elementos do modelo digital. Isso reduz o tempo de elaboração orçamentária e minimiza inconsistências decorrentes de medições manuais ou interpretações subjetivas de projeto (CBIC, 2016).

A aplicação do BIM 5D na elaboração orçamentária proporciona, ainda, a atualização automática de custos e quantidades a partir de modificações no modelo, garantindo maior precisão nas estimativas e rastreabilidade das informações (Silva, 2020). Esse processo também favorece a tomada de decisão em tempo real, uma vez que o gestor pode visualizar de forma simultânea os impactos técnicos e financeiros de cada solução adotada.

No Brasil, o avanço da normatização voltada ao BIM tem sido conduzido pela

ABNT/CEE-134 – Comissão de Estudo Especial de Modelagem da Informação da Construção, responsável pela tradução e adaptação de normas internacionais ao contexto nacional. Além da ABNT NBR ISO 12006-2:2018 e da ABNT NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção), destacam-se a ABNT NBR ISO 16757 (Catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais) e a ABNT NBR ISO 19650 (Gestão da informação com BIM), que, em conjunto, estruturam o arcabouço normativo que orienta a implementação da metodologia no país (Moreira, 2019).

Apesar dos avanços, a integração entre o BIM e o orçamento ainda representa um desafio para muitos profissionais e instituições, principalmente pela necessidade de compatibilizar diferentes bases de dados, parâmetros de modelagem e estruturas de composição de custos. Assim, o desenvolvimento de estudos aplicados torna-se essencial para demonstrar o potencial e as limitações práticas do uso do BIM 5D no contexto nacional.

No passado, a adoção do BIM na construção civil era frequentemente interpretada de forma isolada, limitada a um software ou a uma etapa específica, como o desenvolvimento de projetos. Nesse contexto, este estudo de caso tem como propósito contribuir para a desmistificação dessa visão restritiva, evidenciando o potencial do BIM como metodologia integrada.

O objetivo principal deste trabalho é analisar a aplicação do orçamento 5D (BIM 5D) associado ao modelo digital, adotando como estudo de caso o projeto de uma edificação residencial vertical. Busca-se demonstrar, de forma prática, como essa abordagem pode otimizar o processo de orçamentação, ampliar a confiabilidade das informações e reduzir o tempo de elaboração das estimativas, promovendo maior integração entre as fases de projeto e execução.

Ressalta-se que o levantamento de custos contempla exclusivamente as disciplinas Arquitetônica e Estrutural. As demais especialidades — como instalações elétricas, hidrossanitárias, sistemas de prevenção e combate a incêndio, gás, SPDA, dados/telefonia e climatização — não foram consideradas, pois não integram o escopo delimitado para esta pesquisa.

2 REVISÃO TEÓRICA

A revisão teórica consolida os elementos conceituais e normativos que sustentam a aplicação do BIM, detalhando suas dimensões, diretrizes de modelagem, padrões de classificação e mecanismos de interoperabilidade. Esses aspectos formam a base necessária para compreender o processo de integração entre modelo digital e orçamento 5D.

Também são sintetizadas as principais normas que estruturam a gestão e a classificação dos dados — incluindo a ABNT NBR ISO 12006-2:2018, a ABNT NBR 15965-5:2022, a ABNT NBR ISO 19650-1:2022 e a ABNT NBR ISO 19650-2:2022 — além dos conceitos de interoperabilidade e dos mecanismos utilizados para a coordenação entre disciplinas.

A abordagem contempla, ainda, os fundamentos do orçamento em BIM, com destaque para a integração do modelo à dimensão 5D, a extração automática de quantitativos, a vinculação com composições de custo e o impacto do LOD na confiabilidade das estimativas. Por fim, são contextualizados os softwares empregados no fluxo de trabalho analisado.

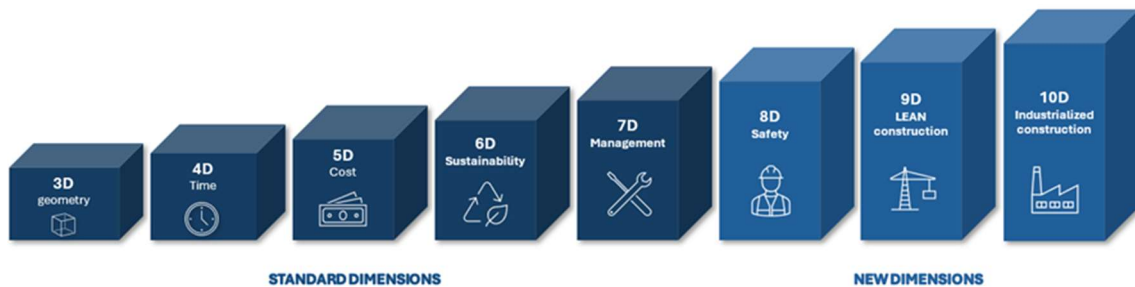
2.1 BUILDING INFORMATION MODELING – BIM

Em 1975, Charles M. Chuck Eastman, pesquisador da Universidade Carnegie Mellon, apresentou um protótipo denominado “Building Description System”, publicado na extinta revista The American Institute of Architect (AIA). Já naquele período, Eastman descrevia um sistema capaz de permitir a definição interativa de elementos construtivos, a derivação de seções, vistas isométricas ou perspectivas a partir de uma única base de dados e a atualização automática de todos os desenhos a partir de alterações realizadas no modelo. Além disso, destacava-se a possibilidade de gerar estimativas de custos, quantificar materiais, realizar verificações automatizadas de códigos de edificações e integrar análises visuais e quantitativas em um banco de dados único (Eastman et al., 2014).

Portanto, o BIM, que significa “Building Information Modeling” ou “Modelagem da Informação da Construção”, é uma inovação que vai além de uma simples modelagem 3D. Trata-se de uma metodologia de gestão integrada que possibilita a centralização, a coordenação e a interoperabilidade das informações inerentes a um empreendimento, reunindo, em um modelo virtual inteligente, dados técnicos, operacionais e gerenciais.

Atualmente, o BIM pode ser estruturado em até dez dimensões (standard dimensions e new dimensions). Essas dimensões correspondem às informações incorporadas ao modelo tridimensional do projeto e às diferentes aplicações desse modelo, como design, planejamento, cronograma, orçamento, análise de sustentabilidade, entre outros. (Figura 1)

Figura 1 - Dimensões BIM.



Fonte: elaborada pela autora.

Além das dimensões no BIM, outro conceito fundamental são os LODs (Levels of Development ou Níveis de desenvolvimento). Os LODs constituem uma estrutura padronizada que define o grau de detalhamento e precisão que deve ser incorporado a um modelo BIM em cada etapa do projeto. (Figura 2)

Figura 2 - LOD (Levels of Development).



Fonte: Hi-Tech CADD Services. Disponível em: <https://www.hitechcaddservices.com/bim/support/level-of-development-lod/>. Acesso em: 4 out. 2025.

2.1.1 BIM 3D

A dimensão 3D do BIM envolve a criação de um modelo tridimensional detalhado do projeto. O modelo 3D representa a geometria dos elementos construtivos, como paredes, pisos, tetos, portas, janelas, entre outros, e permite a visualização precisa e realista da estrutura e dos espaços da obra.

Vale ressaltar que os modelos 3D executados na metodologia BIM são compostos por objetos paramétricos, isto é, possuem sua geometria agregada a informações e dados que caracterizam o objeto, impedindo que ocorram incompatibilidades entre representações 3D e 2D. Dessa forma, os modelos tridimensionais que não contêm atributos de projeto e que permitem modificações em apenas uma representação, geralmente executados em softwares CAD, não são objetos paramétricos.

Adicionalmente, o modelo 3D possibilita a detecção de conflitos entre os elementos, como interferências espaciais entre tubulações e estruturas, contribuindo para a redução de erros e retrabalhos ao longo do processo de projeto.

2.1.2 BIM 4D

No BIM 4D, adiciona-se o componente temporal ao modelo tridimensional. Ou seja, os modelos 4D podem ser compreendidos como ferramenta de comunicação e integração entre diferentes momentos de um empreendimento (ABDI, 2017).

Assim, por meio dessa dimensão, o gestor da obra pode associar prazos e sequências de tarefas aos elementos do modelo 3D do projeto. Dessa forma, é possível realizar uma simulação virtual da construção, visualizando o progresso da obra ao longo do tempo.

2.1.3 BIM 5D

A dimensão 5D consiste na integração das informações de custos e orçamentos aos elementos do modelo 3D e às atividades programadas no BIM 4D. Essa associação permite a extração automática de quantitativos, a vinculação de preços unitários e a elaboração de estimativas de custos diretamente a partir do modelo.

Além disso, o BIM 5D permite a criação de uma base de dados de custos e a geração de relatórios de estimativa de custos, planejamento de despesas e controle financeiro do projeto, bem como possibilita que o orçamento seja atualizado sempre que o modelo sofra alterações, uma vez que os elementos do projeto são quantificados e vinculados a dados de custo.

2.1.4 BIM 6D

A dimensão 6D está voltada para a eficiência energética e ambiental dos projetos, também chamada de “Green BIM”. Essa dimensão reúne informações relacionadas à

sustentabilidade, como consumo energético, desempenho térmico, acústico e uso de recursos naturais. A análise desses fatores contribui para projetos com certificações ambientais (Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) e Alta Qualidade Ambiental (AQUA)).

O BIM 6D possibilita a realização de avaliações rápidas e coerentes de sustentabilidade na indústria da AEC, trazendo benefícios que vão desde a redução de uso de materiais tóxicos na cadeia produtiva até a minimização dos impactos ambientais. Além disso, as análises desse modelo são fundamentais em todas as fases do ciclo de vida dos ativos e devem visar maior qualidade, eficiência, longevidade e até mesmo a redução de custos na operação dos edifícios.

2.1.5 BIM 7D

O BIM 7D integra informações que auxiliam na manutenção preventiva, corretiva e na operação das construções. Com essa dimensão, é possível realizar a manutenção baseada em condições, utilizando dados históricos e previsões para agendar serviços de forma proativa, evitando falhas inesperadas e otimizando a eficiência operacional.

Portanto, para que sua função seja eficaz, é necessário utilizar um modelo “as built” como base, no qual o edifício é representado fielmente conforme está construído, incluindo todas as alterações e adaptações ocorridas durante a construção.

2.1.6 BIM 8D

O BIM 8D é a dimensão referente à segurança e à prevenção de acidentes no trabalho, possibilitando a análise preventiva de riscos tanto na fase de construção quanto na operação do ativo, por meio da avaliação do design e da identificação de potenciais situações de perigo.

A inclusão de PtD (Prevention through Design) no ambiente BIM pode ser estruturada como um método composto por três etapas principais:

1. Identificação do perfil de risco dos elementos do modelo BIM

Essa etapa consiste em avaliar cada componente do modelo para determinar seu nível de risco potencial, permitindo estabelecer prioridades na mitigação de riscos relacionados à precisão e confiabilidade das informações para extração de quantitativos e estimativas de custo, impactando diretamente a acurácia do orçamento (Kamardeen, 2010).

2. Revisão de elementos críticos com sugestões de design seguro

Os elementos classificados como de alto risco são revisados com base em recomendações de projeto orientadas à segurança, possibilitando ajustes que reduzam ou eliminem os perigos ainda na fase de concepção (Kamardeen, 2010).

3. Proposição de controles de risco no canteiro

Para riscos que não podem ser eliminados pelo design, são definidos controles e medidas preventivas aplicáveis durante a execução, garantindo a continuidade da gestão de segurança no canteiro (Kamardeen, 2010).

2.1.7 BIM 9D

O BIM 9D, também conhecido como Construção Enxuta, permite otimizar e racionalizar todas as etapas envolvidas na fase de construção de um projeto, através da digitalização dos processos.

Além disso, essa dimensão permite um monitoramento mais rigoroso do fluxo de trabalho, identificando limitações operacionais e oportunidades de aprimoramento. A integração ao modelo possibilita a aplicação dos princípios fundamentais da filosofia Lean, incluindo a eliminação sistemática de desperdícios (tempo improdutivo, retrabalhos, movimentações desnecessárias e uso ineficiente de materiais), a padronização e estabilização dos processos para garantir maior previsibilidade, a melhoria contínua por meio de ajustes progressivos, e o fortalecimento da comunicação e da coordenação entre as equipes envolvidas na obra (Koskela, 1992; Womack; Jones, 1996). Esses princípios contribuem para fluxos mais estáveis, maior eficiência e melhor alinhamento entre planejamento e execução.

2.1.8 BIM 10D

A dimensão 10D, frequentemente denominada como Industrialização da Construção, visa modernizar o setor da construção, aumentando sua produtividade e eficiência por meio da aplicação de novas tecnologias e da integração de dados de diferentes naturezas. Além disso, favorece a análise de toda a cadeia produtiva, desde a concepção do projeto até a entrega do empreendimento.

2.1.9 Nível de desenvolvimento (LOD)

O conceito de LOD foi desenvolvido pela revista AIA com o objetivo de classificar e

descrever o nível de desenvolvimento de um modelo. Entretanto, o responsável pela atualização de especificações de LOD é o BIM Fórum, desde o ano de 2011 (Silva, 2020). É importante destacar que existe uma diferença entre Nível de Desenvolvimento, do inglês Level Of Development (LOD), e Nível de Detalhe (Level Of Detail – LoD).

O termo Level Of Development está relacionado ao nível de desenvolvimento geométrico do elemento e à confiabilidade das informações contidas no modelo. Já o Level Of Details remete essencialmente à quantidade de detalhes incluídos no elemento do modelo (Silva, 2020). Ou seja, o Nível de Desenvolvimento é uma estrutura conceitual que tenta abordar o fato de que os componentes do modelo se desenvolvem a diferentes taxas durante o processo do projeto.

Outra diferença acontece entre as propostas de classificação para a especificação do nível de desenvolvimento e do nível de detalhe. Existem definições distintas em cada país do mundo. No entanto, no Brasil uma das especificações desenvolvidas de LOD é a do BIM Fórum, que conta com 5 níveis de desenvolvimento: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350 e LOD 400. Porém, tanto o guia da ABDI como a coletânea CBIC definem o LOD com 6 níveis, atentando a uma particularidade sobre o guia ABDI que traduz o conceito LOD do inglês para o português, nomeando-o como Nível de Desenvolvimento (ND).

As especificidades de cada LOD são apresentadas a seguir, tomando como referência as definições estabelecidas no Volume 1 da coletânea da CBIC (2016) e nos parâmetros da AIA.

- o LOD 100: Corresponde a fase de concepção do projeto. Os elementos de um modelo podem ser representados graficamente por um símbolo ou outra representação genérica, onde as informações relacionadas aos elementos do modelo podem ser derivadas de outros elementos.

- o LOD 200: Corresponde a fase em que os elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema genérico. O objeto ou montagem apresenta tamanhos, formas, quantidades e orientações aproximadas.

- o LOD 300: Corresponde a fase em que os elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema específico. O objeto ou montagem apresenta tamanhos, formas, quantidades e orientações específicas.

o LOD 350: Corresponde a fase em que os elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema específico. O objeto ou montagem apresenta tamanhos, formas, quantidades, interfaces e orientações específicas.

o LOD 400: Corresponde a fase em que os elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema específico. O objeto ou montagem apresenta tamanhos, formas, quantidades, orientações com informações detalhadas sobre fabricação, montagem e instalação.

o LOD 500: Corresponde a fase em que as representações gráficas dos elementos de um modelo são verificadas em campo, em termo de tamanho, formas, localização, quantidades e orientações.

Portanto, o LOD é uma referência que possibilita que os agentes atuantes na indústria da construção civil especifiquem e articulem os conteúdos e níveis de confiabilidade de modelos BIM, nos vários estágios do processo de projeto e construção. Complementando essa definição, a Figura 3 a seguir apresenta a relação entre os diferentes níveis de detalhamento e a margem de erro associada às estimativas de custo ao longo do ciclo de vida do projeto.

Figura 3 - LOD x Orçamento.



Fonte: elaborada pela autora.

Percebe-se que, nos níveis iniciais, como o LOD 100 e o LOD 200, a incerteza é elevada, com margens de erro que podem alcançar até 30% do custo real. À medida que o projeto evolui e o modelo passa a incorporar informações mais precisas, como nos níveis LOD 300 e LOD 350, essa margem se reduz consideravelmente, aproximando-se de $\pm 5\%$.

Nos níveis finais, LOD 400 e LOD 500, já durante a execução e após a conclusão da obra, o orçamento se consolida em valores reais, praticamente sem variações significativas.

Dessa maneira, a figura evidencia como a evolução do LOD está diretamente vinculada ao aumento da confiabilidade do orçamento, reforçando a necessidade de um modelo progressivamente mais detalhado para que se obtenham estimativas mais precisas e compatíveis com a realidade da construção.

2.1.10 Normas BIM da ABNT

O BIM pode ser entendido como um conjunto de tecnologias e processos integrados que possibilitam criar, usar e atualizar modelos digitais de uma construção de forma colaborativa, envolvendo todos os participantes em diferentes fases do ciclo de vida do empreendimento. Essa abordagem exige novos modelos organizacionais e contratuais, além da padronização de requisitos por meio de normas técnicas.

Essas normas são elaboradas por instituições reconhecidas, como a ISO (International Organization for Standardization), de alcance internacional, e a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), responsável pela normatização no Brasil.

No Brasil, o BIM passou a ser tratado como uma estratégia nacional a partir de 2009, com a criação da Comissão de Estudo Especial de Modelagem da Informação da Construção (ABNT/CEE-134), iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Essa comissão definiu três frentes de trabalho: a tradução da norma ISO 12006-2, o desenvolvimento de um sistema de classificação da construção e a criação de diretrizes para componentes BIM.

Como resultado, em 2018 foi publicada a ABNT ISO 12006-2, versão traduzida e atualizada da norma internacional de 2001, que define uma estrutura para classificação e organização das informações da construção, servindo como base para outras diretrizes e normas técnicas voltadas ao uso do BIM. (Figura 4).

Fonte: elaborada pela autora.

Dessa forma, estabelece-se uma estrutura de classificação dos elementos da metodologia BIM, promovendo a comunicação entre as tabelas e facilitando o diálogo entre os profissionais da Construção Civil. Cada parte da norma aborda as particularidades do projeto conforme o conceito BIM no contexto brasileiro, tratando de nomenclaturas, propriedades, objetos e processos construtivos.

Em relação ao terceiro tema de trabalho previsto pela comissão ABNT/CEE-134, que compreende o desenvolvimento de diretrizes para os componentes BIM, criou-se, em 2012, o Grupo de Trabalho de Componentes BIM, que culminou na ABNT NBR ISO 16354 – “Diretrizes para as bibliotecas de conhecimento e bibliotecas de objetos” e na ABNT NBR ISO 16757 – “Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais”, ambas publicadas em 2018. Além disso, há dois novos itens de trabalho sobre esse tópico, intitulados “Requisitos de objetos para modelagem da informação da construção” e “Produção e gerenciamento de informações e dados por meio da modelagem da informação a construção” (Moreira, 2019). A ação é baseada na integração com as normas internacionais, especificamente a ISO 19.650. (Figura 6).

Figura 6 - Panorama das Normas Técnicas BIM no Brasil.



Fonte: elaborada pela autora.

2.1.11 ISO 19.650

A ISO 19.650, intitulada Organização e digitalização de informações sobre ambientes construídos em obras de engenharia civil, incluindo a modelagem da informação da construção (BIM) – Gerenciamento de informações usando modelagem da informação da

construção, tem como base a norma britânica BS 1192, que trata da criação, gestão e compartilhamento de informações oriundas de sistemas CAD ou BIM, especialmente o protocolo PAS 1192-2:2013, responsável por definir as especificações do nível 2 do BIM. Esse nível integra um sistema de maturidade composto por quatro estágios, desenvolvido como parte da estratégia de implementação do BIM no Reino Unido (Kassem; Amorim, 2015).

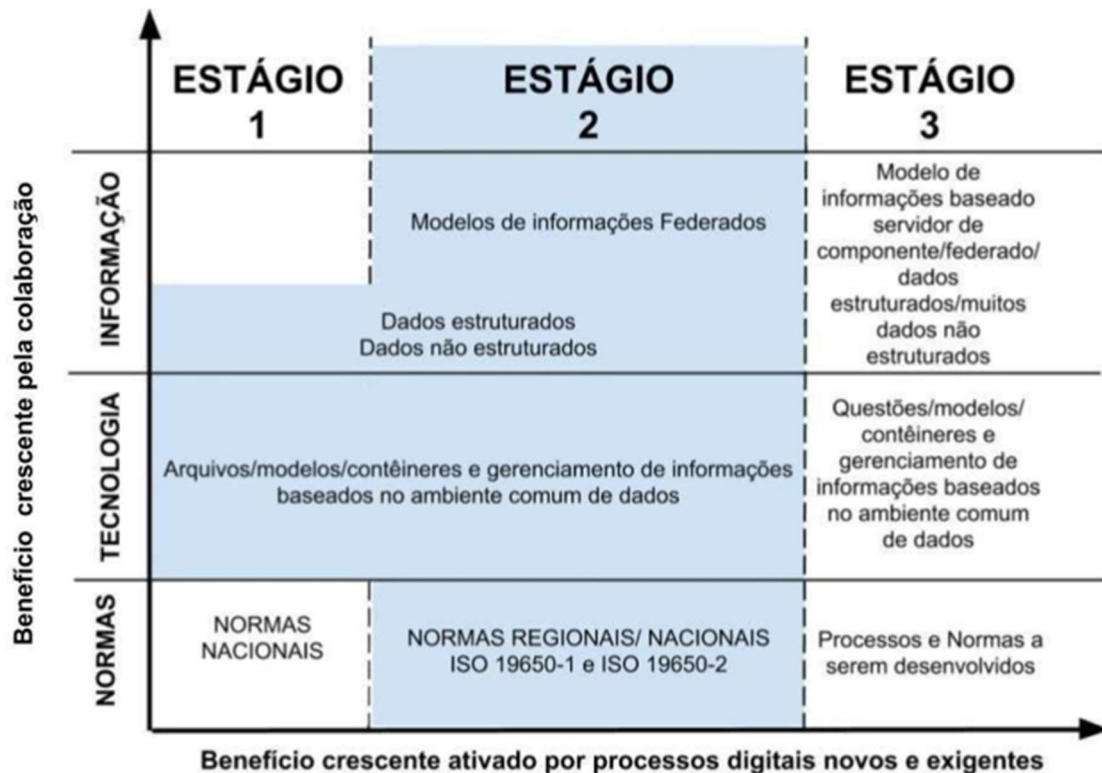
O nível 2 corresponde ao uso da metodologia BIM na fase de projeto, em que se estabelece uma base de dados digital colaborativa, composta por modelos e objetos gerenciáveis. A criação da ISO 19.650 surgiu do esforço britânico para expandir, em âmbito internacional, os resultados positivos já obtidos, como a redução de custos, o aumento da sustentabilidade e a melhoria da comunicação entre os agentes da Construção Civil (UK BIM Framework, 2019).

Dessa forma, a ISO 19.650 representa o segundo estágio de maturidade do BIM (Figura 7), que combina procedimentos manuais e automatizados para o gerenciamento da informação, culminando em um modelo de informações federadas. A norma aborda a gestão e entrega de projetos e é dividida em cinco partes:

- o As Partes 1 e 2, publicadas em 2018, tratam dos conceitos fundamentais e da fase de entrega dos ativos, entendidos como elementos de valor real ou potencial para uma organização;
- o As Partes 3 e 5, lançadas em 2020, abordam a fase operacional dos ativos e as questões de segurança da informação;
- o A Parte 4, ainda em desenvolvimento, tratará da troca de informações entre as partes envolvidas.

A aplicação da ISO 19.650 é voltada a todos os profissionais envolvidos no ciclo BIM, incluindo projetistas, contratantes, clientes e operadores, abrangendo desde o planejamento até a manutenção das edificações.

Figura 7 - Estágios de Maturidade do BIM.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 19650-1 e ABNT NBR ISO 19650-2, 2022.

2.2 INTEROPERABILIDADE E COMPATIBILIZAÇÃO BIM

A integração entre os diversos profissionais envolvidos na elaboração de um projeto de edificação só é possível devido à interoperabilidade entre sistemas. Esse conceito refere-se à capacidade da metodologia BIM de se comunicar e trocar informações com diferentes softwares, mesmo quando desenvolvidos por fabricantes distintos. A noção de interoperabilidade tem origem na International Alliance for Interoperability (IAI), organização formada a partir da iniciativa conjunta da Autodesk com outras empresas do setor, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Aliança para a Interoperabilidade Internacional.



Fonte: Adaptado Gonçalves, 2018.

Em 2018, a aliança mudou seu nome para Building Smart e criou o padrão da Classe de Fundação da Indústria (IFC), para compartilhar e trocar dados BIM em diferentes softwares.

A interoperabilidade no contexto do BIM, Figura 9, constitui um dos pilares essenciais para o desenvolvimento colaborativo de projetos, permitindo que diferentes softwares, plataformas e disciplinas troquem informações de maneira consistente, estruturada e confiável. O uso de padrões abertos, como o IFC, tem papel fundamental nesse processo, pois possibilita que os modelos desenvolvidos em ferramentas distintas sejam integrados, analisados e utilizados de forma conjunta, independentemente do fabricante ou do ambiente de modelagem adotado por cada profissional. Essa capacidade de comunicação entre sistemas é indispensável em equipes multidisciplinares, nas quais arquitetura, estruturas, instalações e demais especialidades precisam coexistir em um fluxo contínuo de troca de dados. Quando bem implementada, a interoperabilidade garante que as informações do modelo mantenham sua integridade ao longo do ciclo de projeto, evitando perdas de parâmetros, inconsistências geométricas ou falhas de entendimento entre os participantes.

Figura 9 - Interoperabilidade BIM.



Fonte: Adaptado de Axiom Treinamentos, 2025.

Nesse cenário, a compatibilização surge como consequência direta e necessária da interoperabilidade. Trata-se do processo de análise integrada dos modelos disciplinares, com o objetivo de identificar e solucionar interferências, conflitos e incompatibilidades antes da fase de execução.

A compatibilização na metodologia BIM vai além da simples sobreposição de desenhos; ela permite verificar a interação espacial, geométrica e funcional entre os elementos, proporcionando um nível de precisão que não é alcançado por métodos tradicionais em 2D.

Ferramentas específicas de coordenação, como Solibri e Navisworks, atuam como ambientes de análise nos quais os modelos são federados e submetidos à detecção automática de conflitos, contemplando desde colisões físicas entre elementos (hard clashes), até violações de espaçamento e tolerância (soft clashes) ou inconsistências relacionadas a etapas temporais de construção (time clashes).

A comunicação das interferências detectadas pode ser documentada por meio do formato BCF (BIM Collaboration Format), que preserva comentários, visualizações e identificadores dos elementos envolvidos, sem a necessidade de envio integral dos modelos, facilitando a gestão e a solução dos problemas entre os projetistas.

A prática integrada de interoperabilidade e compatibilização traz benefícios expressivos durante o planejamento e a construção, reduzindo retrabalhos, minimizando riscos e aumentando a eficiência do processo decisório.

Ao identificar problemas ainda na fase de projeto, evita-se a ocorrência de ajustes emergenciais em campo, que costumam gerar atrasos, custos adicionais e dificuldades

operacionais. Além disso, a compatibilização baseada em modelos digitais favorece a comunicação entre os profissionais, oferecendo um ambiente colaborativo no qual as responsabilidades ficam claras, o histórico de revisões é registrado, e cada alteração pode ser visualizada de forma precisa.

A existência de um Ambiente Comum de Dados (CDE – Common Data Environment) potencializa ainda mais o processo, uma vez que centraliza arquivos, controla versões e assegura a rastreabilidade das informações compartilhadas.

Entretanto, apesar dos avanços, ainda existem desafios que precisam ser considerados na adoção plena da interoperabilidade e da compatibilização. Entre eles, destacam-se as diferenças de implementação do formato IFC entre softwares, o que pode ocasionar discrepâncias na transferência de dados, além da necessidade de capacitação contínua dos profissionais envolvidos, visto que a eficiência do processo depende diretamente da correta estruturação dos modelos e da compreensão das responsabilidades de cada disciplina. Também se faz necessária uma gestão clara de governança dos dados, definindo como os modelos serão armazenados, quem possui permissão de edição e como se dará o fluxo de validação das interferências detectadas.

Em síntese, a interoperabilidade e a compatibilização constituem elementos imprescindíveis para o pleno aproveitamento do potencial do BIM, permitindo a integração multidisciplinar, a comunicação eficiente e a redução de riscos ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Sua aplicação adequada contribui significativamente para a qualidade do projeto, promovendo maior confiabilidade, precisão e produtividade em todas as etapas do processo construtivo.

2.3 ORÇAMENTO BIM

O processo de orçamentação na construção civil exige constante revisão e aprimoramento para garantir transparência, confiabilidade e redução de desperdícios por meio de práticas colaborativas (Ahmed; Pasquire; Manu, 2019). Nesse contexto, a metodologia BIM surge como uma abordagem capaz de transformar significativamente a forma como os custos são planejados, monitorados e controlados ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Sua aplicação direta no orçamento, conhecida como BIM 5D, permite realizar simulações e análises financeiras integradas ao modelo, fortalecendo a gestão e promovendo maior precisão nas tomadas de decisão.

A quantificação de serviços representa um elo essencial entre o projeto e o orçamento,

sendo determinante para a acurácia das estimativas e para a confiabilidade dos resultados. Nessa perspectiva, o BIM destaca-se como um recurso que aprimora o processo de quantificação, desde que os modelos sejam desenvolvidos com rigor técnico e criteriosamente estruturados (Monteiro, 2025). Objetos paramétricos, atributos bem definidos e relações semânticas adequadas possibilitam representar os elementos construtivos de forma mais fiel à realidade executiva, contribuindo para levantamentos de quantitativos mais precisos e para a correta vinculação desses dados às composições de custo.

Além disso, a organização informacional do modelo facilita a identificação de inconsistências e conflitos ainda nas etapas iniciais do projeto, reduzindo retrabalhos e melhorando o fluxo de desenvolvimento. Todavia, o alcance desses benefícios depende diretamente do nível de detalhamento (LOD), da padronização e da aderência às diretrizes normativas, como a ABNT NBR ISO 19650, que estabelece princípios de gestão da informação.

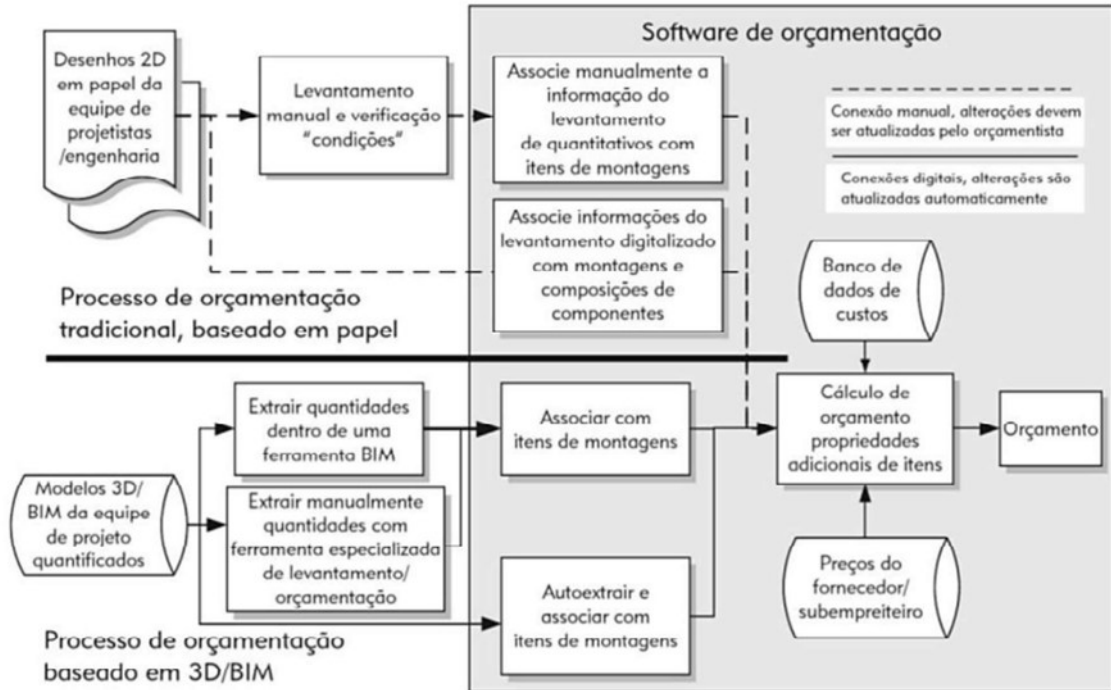
A ausência de padrões ou a utilização de classificações inadequadas compromete a confiabilidade das informações extraídas e, consequentemente, a qualidade da composição orçamentária. Quantificar não significa apenas extrair dados, mas compreender, interpretar e validar cada informação gerada pelo modelo (Monteiro, 2025).

Embora o BIM ofereça suporte robusto ao levantamento de quantitativos, ele não substitui a atuação técnica do orçamentista. Nenhuma ferramenta BIM contempla todas as funcionalidades presentes em planilhas ou softwares especializados, cabendo ao profissional escolher o método mais adequado ao seu processo (Eastman et al., 2021). Nesse sentido, os autores destacam três principais formas de integração entre BIM e orçamento:

- Exportação de quantitativos para softwares de orçamentação;
- Conexão direta entre os elementos do modelo e tais softwares;
- Uso do próprio ambiente BIM como ferramenta de quantificação.

Todas as plataformas BIM dispõem de recursos para extrair quantidades, áreas, volumes e listas de materiais, apresentando-as em tabelas que podem ser manipuladas ou exportadas conforme a necessidade (Eastman et al., 2021). Além disso, ele ainda apresenta um diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de um levantamento de quantidades e orçamentação. (Figura 10)

Figura 10 - Diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de um levantamento de quantidades e orçamentação.



Fonte: Eastman *et. al.*, 2021.

Os benefícios do BIM 5D para a gestão orçamentária de obras também são amplamente abordados por Souza (2020). Entre as principais vantagens, destacam-se: a rapidez no cálculo dos custos devido à integração automática das informações; maior rastreabilidade e controle dos dados, permitindo análises mais consistentes; e a economia de recursos financeiros e humanos, decorrente da agilidade e precisão no processamento das informações. Segundo o autor, o BIM contribui ainda para a melhoria da tomada de decisão, para o aumento da previsibilidade dos custos e para a gestão precisa das quantidades de materiais e elementos construtivos, especialmente em cenários de alterações projetuais.

Ao proporcionar um ambiente de trabalho colaborativo, o BIM favorece a integração entre equipes, o monitoramento contínuo de custos e a realização de ajustes antes mesmo do início da obra. Essa metodologia promove edificações mais eficientes e economicamente sustentáveis, conferindo um importante diferencial competitivo ao processo construtivo (Souza, 2020).

2.4 SOFTWARES UTILIZADOS

2.4.1 Revit

O Revit é um software que oferece suporte às equipes de AEC no desenvolvimento de edificações e infraestruturas de alta qualidade. A ferramenta disponibiliza recursos específicos para cada uma dessas áreas, possibilitando o trabalho conjunto em um ambiente de modelagem integrado. Seu uso é indicado para a criação de formas, estruturas e modelos tridimensionais com precisão paramétrica e eficiência. Além disso, o Revit atua como elemento fundamental na organização e gestão das informações que compõem o processo baseado na metodologia BIM (Autodesk, 2025).

Dentre as aplicações e vantagens do Revit, são:

- o Execução de projetos com mais eficiência;
- o Unificação de equipes e fluxos de trabalho;
- o Comando de seus dados de projeto.

Assim, fica evidente que o software é usado para projetar, documentar, visualizar e entregar projetos de arquitetura, engenharia e construção.

2.4.2 Navisworks

O Navisworks é um software voltado para a análise de projetos, com características para aprimorar a organização e integração das informações do BIM. Sua finalidade é reunir, em um único ambiente, dados provenientes das diferentes disciplinas de projeto e construção, possibilitando a identificação de conflitos e inconsistências antes da execução da obra. Dessa forma, o software contribui para minimizar retrabalhos e otimizar o processo construtivo, promovendo maior controle e eficiência na execução (Autodesk, 2025).

Além dessas funcionalidades, o Navisworks também oferece recursos de simulação 4D e 5D, que permitem a associação do modelo tridimensional ao cronograma e aos custos da obra, respectivamente. Essa integração possibilita a visualização dinâmica das etapas construtivas, facilitando o entendimento do progresso do projeto e o acompanhamento de prazos e orçamentos de forma mais clara e precisa.

Em consonância com o exposto por Autodesk (2025), Carvalho (2017) reforça que o Navisworks é uma ferramenta de análise e coordenação de projetos amplamente utilizada pelos profissionais do AEC, pois permite a avaliação detalhada das informações incorporadas ao modelo, promovendo uma melhor integração entre as disciplinas e otimização dos

resultados em todas as fases do empreendimento.

2.4.3 AltoQi Visus Cost Management

O AltoQi Visus Cost Management é um software da AltoQi desenvolvido para a elaboração de orçamentos de obras em um fluxo de trabalho em BIM, além de ser independente e OpenBIM, no qual é possível importar arquivos de modelo IFC gerados por outras ferramentas BIM, de onde pode-se extrair de forma automática os quantitativos de todos os itens modelados nas fases de concepção dos projetos.

O AltoQi Visus trabalha com modelos federados ou individuais, e usa as informações contidas no modelo IFC para extrair quantitativos de acordo com regras de extração definidas pelo usuário, gerando a lista de quantitativos organizada em uma estrutura analítica de projeto (EAP).

Na etapa orçamentária, o software conta com um banco de dados onde disponibiliza os referenciais de custo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), entre outros, além de permitir a inclusão de tabelas de custos próprias do orçamentista, permitindo a associação entre o quantitativo e as composições de custo unitário.

Após a vinculação das composições, é possível gerar diversos relatórios automáticos do orçamento, como, por exemplo: relatórios de curva ABC, relatórios de quantitativo, relatório de insumos, relatórios de orçamento, entre outros.

Além da redução do tempo despendido para o orçamento, o AltoQi Visus contribui no fluxo de trabalho colaborativo em BIM, extrai dados precisos de forma assertiva, cria orçamentos de confiabilidade, bem como, minimiza retrabalhos em possíveis atualizações de preços e projetos.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi estruturada para analisar a aplicação do orçamento 5D (BIM 5D) integrado ao modelo digital, com foco na extração, verificação e quantificação de dados das disciplinas Arquitetônica e Estrutural. As etapas foram organizadas de forma sequencial e lógica, possibilitando avaliar a qualidade e a consistência dos modelos recebidos, realizar a compatibilização das informações, e gerar quantitativos e estimativas orçamentárias mais confiáveis. Dessa forma, busca-se evidenciar a contribuição do BIM 5D para a otimização do processo de orçamentação e a integração entre as fases de projeto e execução.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente trabalho tem como objeto de estudo o projeto de um edifício habitacional multifamiliar, desenvolvido com base nos princípios de acessibilidade, desempenho e sustentabilidade, e aplicado dentro do fluxo de trabalho na metodologia BIM, com foco na integração entre o projeto e o orçamento de obras.

O estudo tem por finalidade analisar e demonstrar a aplicação da metodologia BIM no processo de elaboração orçamentária, evidenciando como o uso de modelos digitais inteligentes possibilita maior precisão, agilidade e rastreabilidade das informações ao longo das etapas de concepção e desenvolvimento do projeto.

O edifício foi projetado em ambiente BIM, permitindo a extração automatizada de quantitativos e o vínculo entre elementos construtivos e composições orçamentárias, de modo a garantir a compatibilidade entre as disciplinas envolvidas e a coerência entre o modelo geométrico e os custos associados.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O empreendimento foi concebido com foco na acessibilidade, conforto e desempenho habitacional, atendendo às principais normas técnicas vigentes.

Os espaços de lazer condominiais, as áreas internas de uso comum e as unidades habitacionais foram projetados conforme os critérios estabelecidos pela NBR 9050 (Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos), bem como pelas Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (IT 11) e pela NBR 9077 (Saídas de emergência em edifícios), garantindo acessibilidade universal e segurança dos

usuários.

A implantação das unidades habitacionais foi planejada estrategicamente para proporcionar ventilação cruzada e iluminação natural, de acordo com as diretrizes da NBR 15.575 (Edificações Habitacionais – Desempenho). O projeto buscou assegurar habitabilidade, saúde e bem-estar aos moradores, considerando o desempenho térmico, lumínico e acústico das edificações.

Durante a fase de desenvolvimento, uma equipe multidisciplinar composta por arquitetos e especialistas em desempenho realizou estudos e simulações computacionais para aferir a conformidade do projeto às normas e ajustar as soluções adotadas.

Os resultados desses estudos podem ser resumidos conforme a seguir:

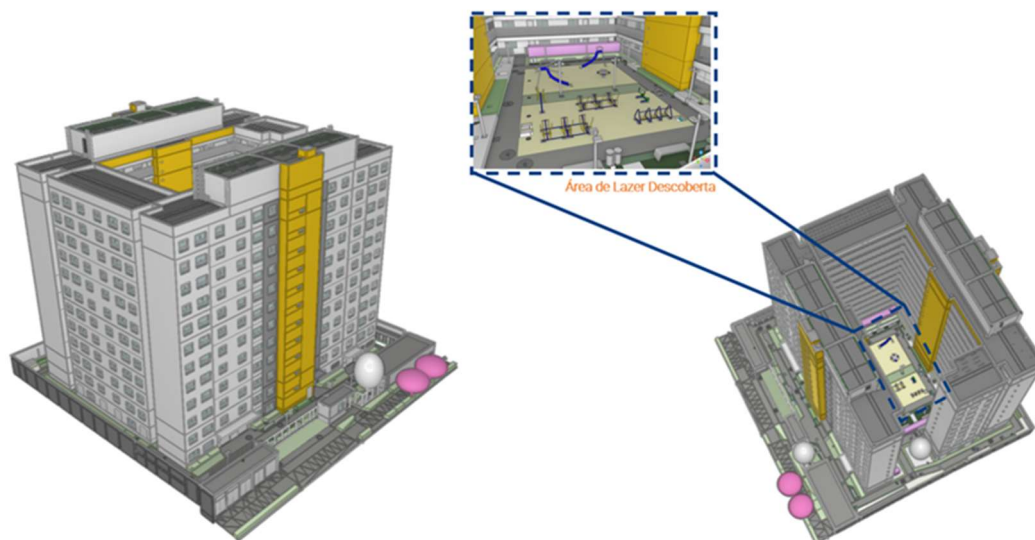
- o Desempenho térmico: As análises indicaram que as temperaturas operativas e as cargas térmicas de aquecimento e resfriamento estão adequadas nas áreas de permanência prolongada (salas e dormitórios), sendo que algumas delas atingem níveis superiores aos exigidos pela norma.

- o Desempenho lumínico: As simulações demonstraram que os ambientes internos (salas, dormitórios, cozinhas e áreas de serviço) atendem plenamente aos requisitos de iluminação natural, tanto na fase de projeto quanto nas futuras medições in loco.

- o Desempenho acústico: Foram propostas soluções construtivas visando à atenuação sonora, como esquadrias com isolamento mínimo de $RW > 26$ dB e paredes divisórias preenchidas com graute, assegurando conforto acústico entre as unidades.

O edifício é formado pela junção de três blocos interligados por corredores de circulação, conformando um grande volume em formato de “C”, com 11 pavimentos, que delimita um pátio central de uso comum, destinado às áreas de lazer descobertas, playground e espaços de convivência. (Figura 11)

Figura 11 - Edifício Residencial.



Fonte: TPF Engenharia, 2024.

A estrutura adotada é convencional, permitindo eventuais alterações futuras nas alvenarias internas sem prejuízo à estabilidade do edifício.

O projeto conta com quatro núcleos de circulação vertical, sendo dois principais na fachada frontal, dotados de dois elevadores que asseguram acessibilidade a todos os pavimentos. Em frente aos elevadores, localizam-se escadas enclausuradas à prova de fumaça, equipadas com portas corta-fogo, solução repetida também na parte posterior da edificação.

Todas as unidades habitacionais são adaptáveis, compostas por sala de estar, dois dormitórios, banheiro, cozinha e área de serviço, com área aproximada de 52 m², projetadas para uma população total estimada de 508 moradores.

3.2.1 Pavimento térreo

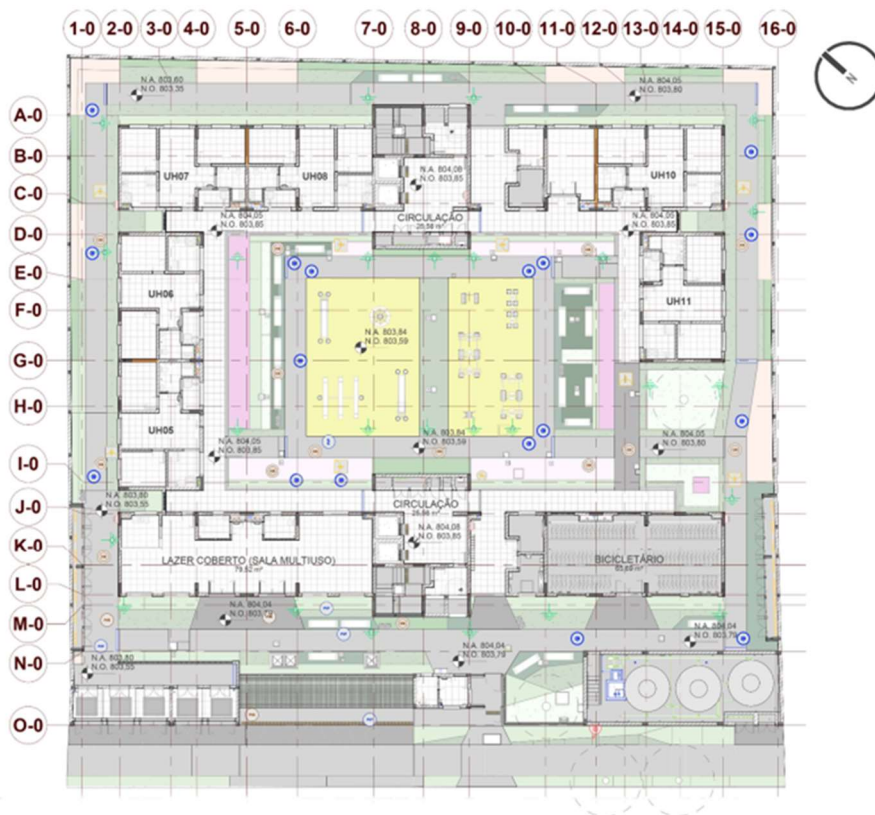
O pavimento térreo, Figura 13, é composto principalmente por ambientes de uso comum e áreas técnicas do edifício. A disposição dos espaços foi planejada para garantir o fácil acesso e a integração com as áreas de lazer descobertas.

Os ambientes previstos são:

- o Portaria;
- o Vestiário;
- o Reservatório;
- o Cinco lixeiras;
- o Salão de festas;
- o Sala multiuso;

- o Bicicletário;
- o Centro de medição;
- o Duas salas distribuidor geral;
- o Depósito;
- o Dois abrigos de gás;
- o Playground;
- o Seis unidades habitacionais (sendo quatro acessíveis).

Figura 12 - Planta Baixa - Térreo.



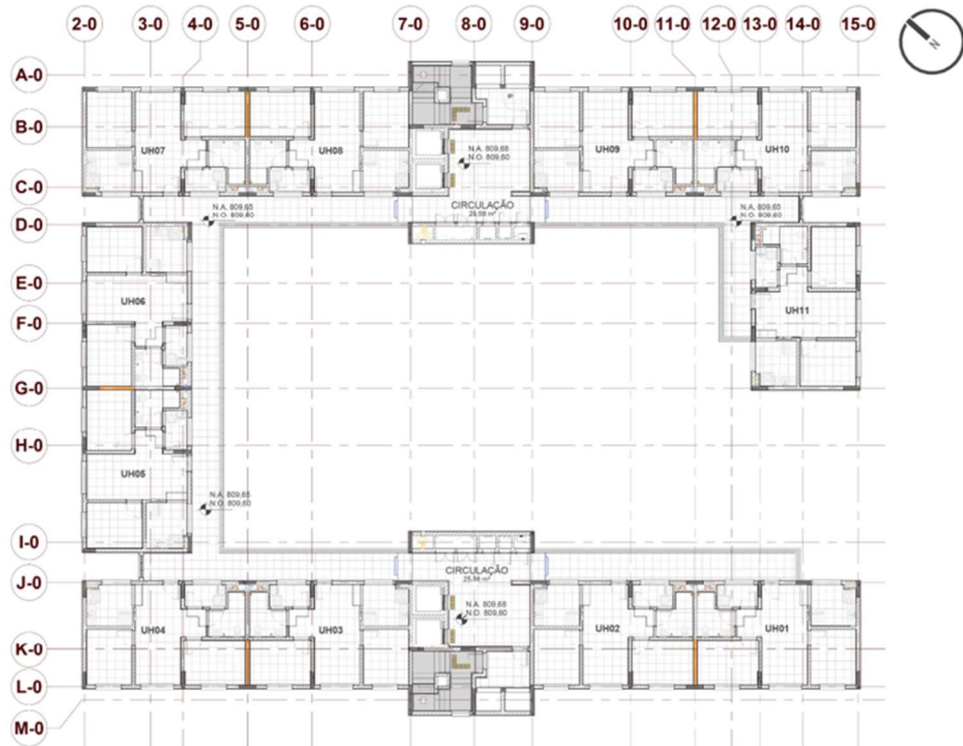
Fonte: TPF Engenharia, 2024.

3.2.2 Pavimento tipo

Do primeiro ao décimo primeiro pavimento (1º ao 11º), o edifício é composto exclusivamente por unidades habitacionais. São 11 unidades por andar, totalizando 121 habitações, todas projetadas para atender aos critérios de acessibilidade e desempenho previstos nas normas vigentes. (Figura 13)

Cada unidade habitacional é composta por sala de estar, dois dormitórios, banheiro, cozinha e área de serviço. Todas dispõem de ventilação cruzada e iluminação natural, garantindo conforto Ambiental.

Figura 13 - Planta Baixa - Pavimento Tipo.

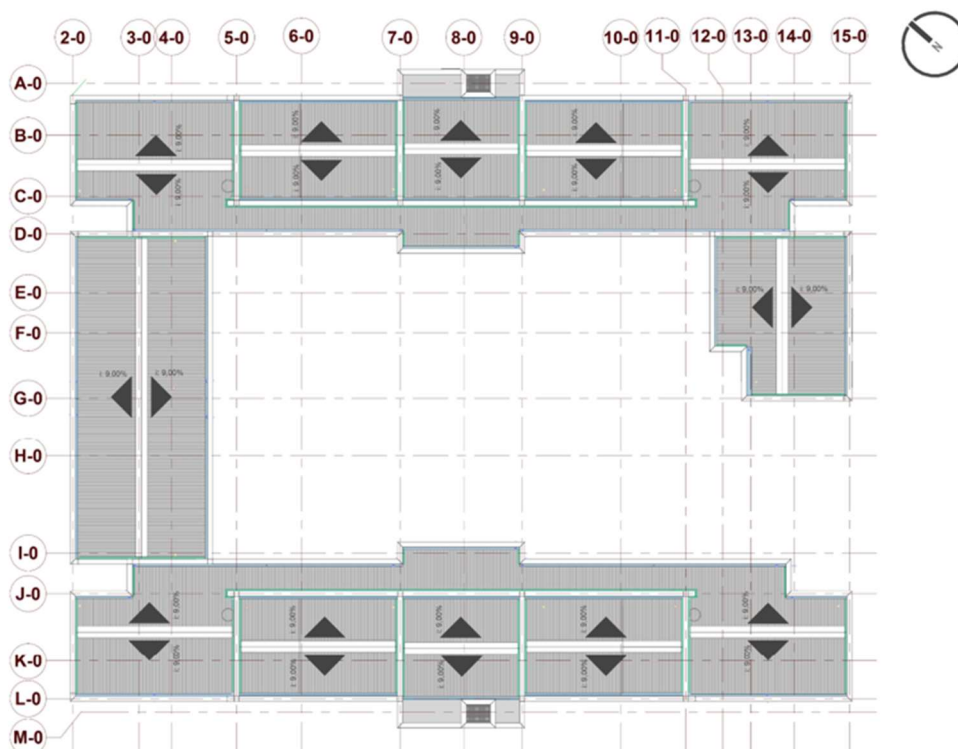


Fonte: TPF Engenharia, 2024.

3.2.3 Cobertura

Na cobertura, encontram-se os equipamentos técnicos e áreas destinadas à manutenção predial, como casa de máquinas dos elevadores, reservatórios superiores e demais sistemas complementares necessários ao funcionamento do edifício. O acesso é restrito à equipe de manutenção e à administração do condomínio. (Figura 14)

Figura 14 - Planta Baixa - Cobertura.



Fonte: TPF Engenharia, 2024.

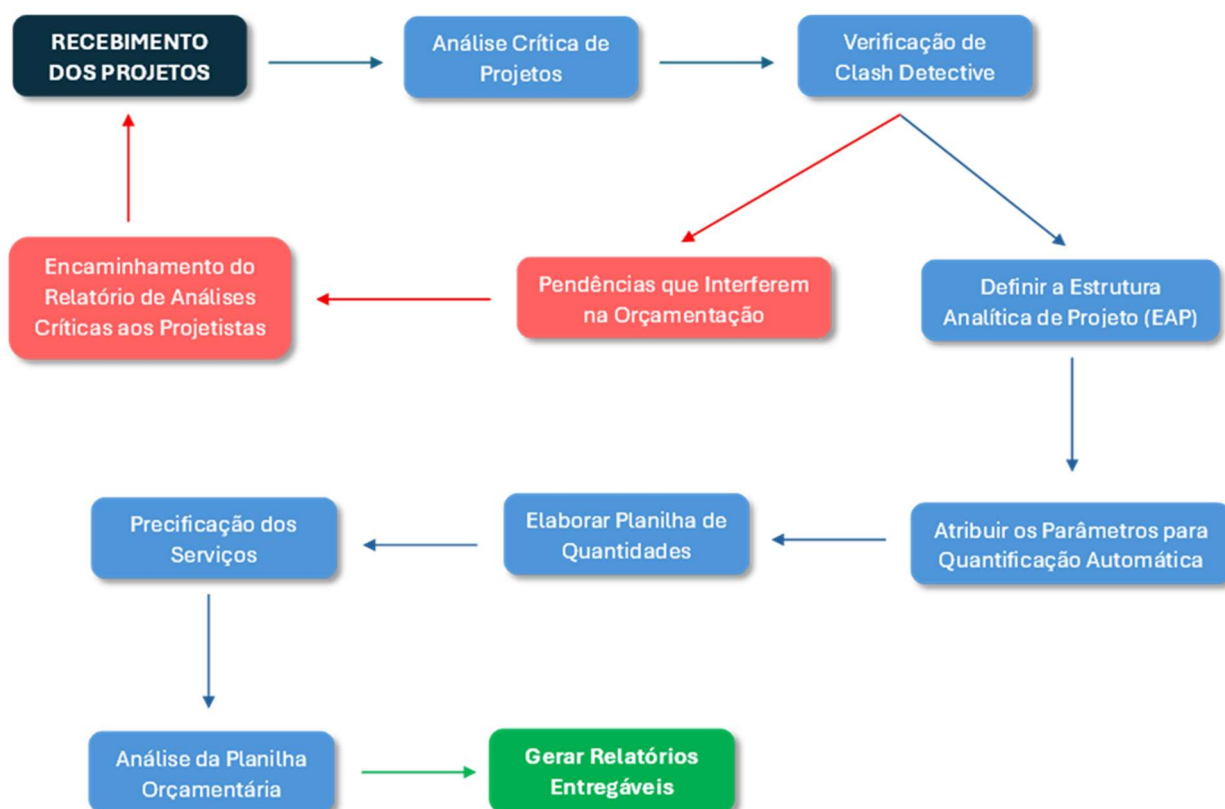
Todas as habitações foram projetadas de forma adaptável para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, em conformidade com a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) e com o Decreto de Habitação de Interesse Social (Decreto nº 57.377/2016).

3.3 FLUXO DE TRABALHO BIM 5D APLICADO

O fluxo de trabalho BIM 5D aplicado neste estudo compreende desde o recebimento e a avaliação da consistência dos modelos até a extração de quantitativos e a elaboração das estimativas orçamentárias referentes às disciplinas Arquitetônica e Estrutural. O processo foi estruturado de forma integrada, com o objetivo de demonstrar a contribuição do BIM 5D para a confiabilidade dos dados, a otimização do tempo de orçamentação e a integração entre as etapas de projeto e execução.

O fluxograma apresentado, Figura 15, sintetiza as etapas adotadas, destacando o encadeamento das atividades, o fluxo de informações e a interoperabilidade entre os softwares utilizados, evidenciando a conexão entre modelagem, compatibilização e quantificação para a geração de resultados orçamentários mais consistentes e rastreáveis.

Figure 15 - Fluxograma Metodologia.



Fonte: elaborada pela autora.

O fluxo inicia-se com o recebimento dos modelos e a realização de uma análise crítica, seguida da verificação de interferências (clash detection) e inconsistências que possam comprometer a quantificação automática. Após a identificação das pendências que impactam diretamente a orçamentação, procede-se à estruturação da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), à atribuição de parâmetros aos elementos e à extração dos quantitativos no software de orçamento 5D.

Na sequência, são elaboradas a planilha de quantidades e a precificação dos serviços, permitindo a análise orçamentária dos itens modelados. Por fim, o processo culmina na geração dos relatórios e entregáveis, consolidando os resultados e possibilitando avaliar os ganhos promovidos pela integração entre BIM e orçamento.

A aplicação desse fluxo integrado possibilitou a compatibilização antecipada das disciplinas e a extração de dados diretamente do modelo, reduzindo a necessidade de ajustes manuais, aumentando a confiabilidade dos quantitativos e promovendo maior eficiência na elaboração das estimativas. Dessa forma, o estudo evidencia que a adoção do BIM 5D, quando associada a processos de verificação e parametrização, contribui para uma

orçamentação mais ágil, integrada e tecnicamente consistente com o escopo definido.

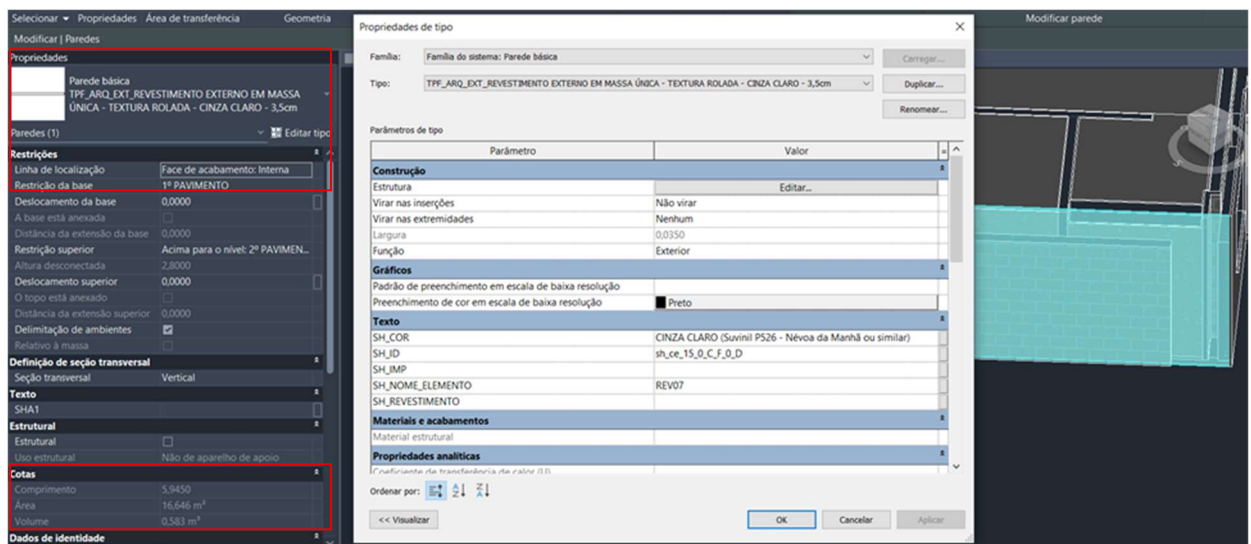
3.4 MODELAGEM 3D

A modelagem tridimensional do edifício foi desenvolvida no software Autodesk Revit, contemplando as disciplinas Arquitetônica e Estrutural, com o intuito de assegurar a integração e a compatibilização entre os elementos construtivos. O modelo foi elaborado de forma paramétrica e orientada a dados, possibilitando a atribuição de informações técnicas aos componentes e a extração automática de quantitativos para a vinculação com o orçamento 5D.

Durante a modelagem, os elementos foram configurados com parâmetros referentes a materiais, dimensões, função e propriedades analíticas, garantindo maior precisão e rastreabilidade das informações. A estratégia adotada permitiu que o modelo atuasse como base confiável para a quantificação, a coordenação interdisciplinar e a interoperabilidade com outros formatos abertos.

Na Figura 16, apresenta-se um exemplo de parâmetros atribuídos a um elemento do modelo, evidenciando o nível de informação inserido durante a modelagem no Revit.

Figura 16 - Propriedades Modelagem 3D.



Fonte: elaborada pela autora.

Cada elemento do modelo contém dados precisos sobre materiais, dimensões e função, formando a base para a geração de um orçamento mais confiável e para a exportação consistente em formato IFC, reduzindo perdas de informação no processo de

interoperabilidade. O projeto foi modelado no LOD 350, nível que representa componentes com definição geométrica detalhada e informações suficientes para a compatibilização e quantificação automatizada. Esse nível de desenvolvimento garante a fidelidade dos dados extraídos e maior confiabilidade na conversão do modelo para IFC, apoiando a integração BIM–Orçamento de forma tecnicamente coerente com o escopo do estudo.

3.5 CLASH DETECTIVE

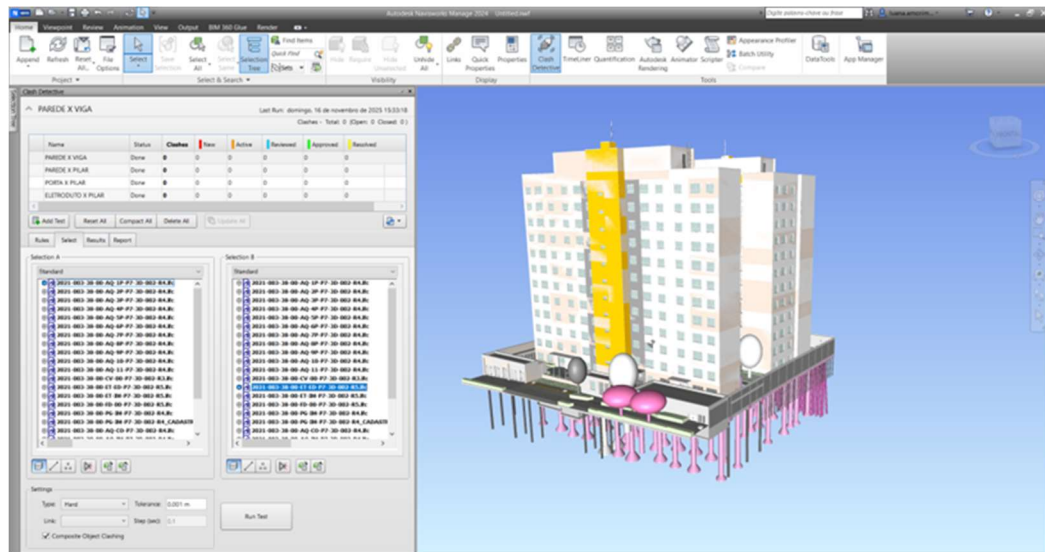
Antes da etapa de análise de interferências, todos os modelos desenvolvidos no Autodesk Revit foram exportados para o formato IFC, garantindo a interoperabilidade entre plataformas e permitindo sua visualização e avaliação no Autodesk Navisworks Manage. Essa exportação, assegura que as informações geométricas e paramétricas sejam transferidas de forma consistente, possibilitando a realização dos testes de detecção de conflitos no Clash Detective.

Para assegurar a compatibilização adequada do modelo BIM e verificar a existência de interferências entre as diferentes disciplinas do projeto, foi utilizada a ferramenta Clash Detective, disponível no software Autodesk Navisworks Manage. Esse recurso permite a detecção automática de conflitos geométricos e espaciais entre elementos modelados, contribuindo para a identificação precoce de inconsistências que poderiam gerar retrabalhos, atrasos ou custos adicionais durante a execução da obra.

No presente estudo, foram configurados e executados testes de clash envolvendo as seguintes disciplinas: arquitetura, estrutural, elétrica, hidráulica, paisagismo e comunicação visual. Cada par de modelos foi analisado com tolerâncias e critérios previamente estabelecidos, assegurando a padronização do processo de verificação e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Após a realização de todas as simulações, não foram identificados conflitos entre as disciplinas avaliadas, o que demonstra um elevado grau de compatibilidade entre os modelos e a consistência das soluções projetuais adotadas. Diante da ausência de interferências, conclui-se que o modelo está devidamente coordenado e apto para a etapa de orçamento em BIM, assegurando maior precisão na extração de quantitativos e confiabilidade nas informações orçamentárias. (Figura 17)

Figura 17 - Verificação Clash Detective.



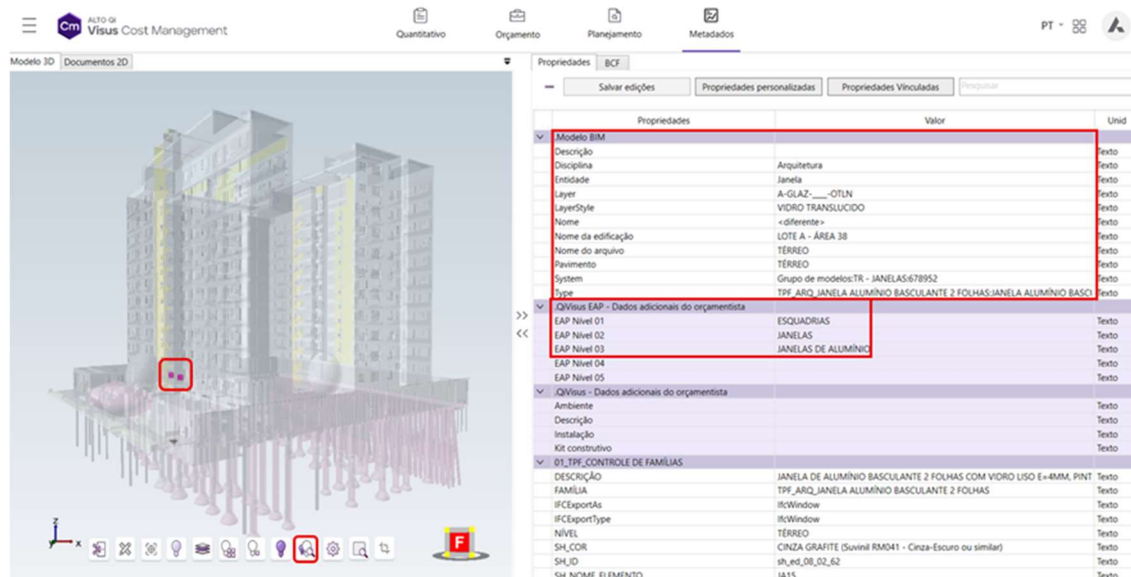
Fonte: elaborada pela autora.

3.6 INTEGRAÇÃO DO MODELO BIM COM A BASE DE CUSTOS (5D)

Para dar início ao orçamento BIM 5D, os modelos foram analisados e compatibilizados no Autodesk Navisworks e, posteriormente, exportados em formato IFC. Em seguida, o modelo foi importado no software AltoQi Visus Cost Management, ambiente no qual ocorreu a estruturação da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), etapa essencial para a organização e a classificação dos elementos visando à integração com o orçamento.

A EAP foi estruturada por meio da combinação de informações inseridas manualmente no próprio software com dados extraídos automaticamente do modelo BIM (Figura 18). Para a inserção manual de parâmetros, utilizou-se o filtro de seleção de elementos 3D, permitindo selecionar apenas os componentes pertencentes ao escopo do estudo e aplicar as informações de forma simultânea aos itens selecionados, garantindo maior eficiência, padronização e consistência no preenchimento dos dados.

Figura 18 - Dados de Entrada para Estruturação da EAP.



Fonte: elaborada pela autora.

Após a estruturação da EAP, foram executadas as etapas de mapeamento das categorias de elementos do modelo para insumos e serviços do banco de custos, a vinculação das composições de custo às famílias e objetos modelados, e a parametrização dos componentes para atualização automática dos quantitativos. Por fim, realizou-se a validação da consistência entre o modelo BIM e o banco orçamentário, assegurando a correspondência técnica dos serviços, a coerência dos insumos associados e a confiabilidade dos quantitativos gerados na integração BIM–Orçamento 5D.

3.7 PRECIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS

Com a EAP estruturada e os elementos devidamente classificados, iniciou-se a etapa de extração e geração automática dos quantitativos, viabilizada pela parametrização aplicada aos componentes do modelo BIM no Revit (LOD 350). Esse processo permitiu que as quantidades fossem obtidas diretamente do modelo e atualizadas de forma dinâmica no AltoQi Visus Cost Management, garantindo maior precisão, rastreabilidade e confiabilidade dos dados quantificados.

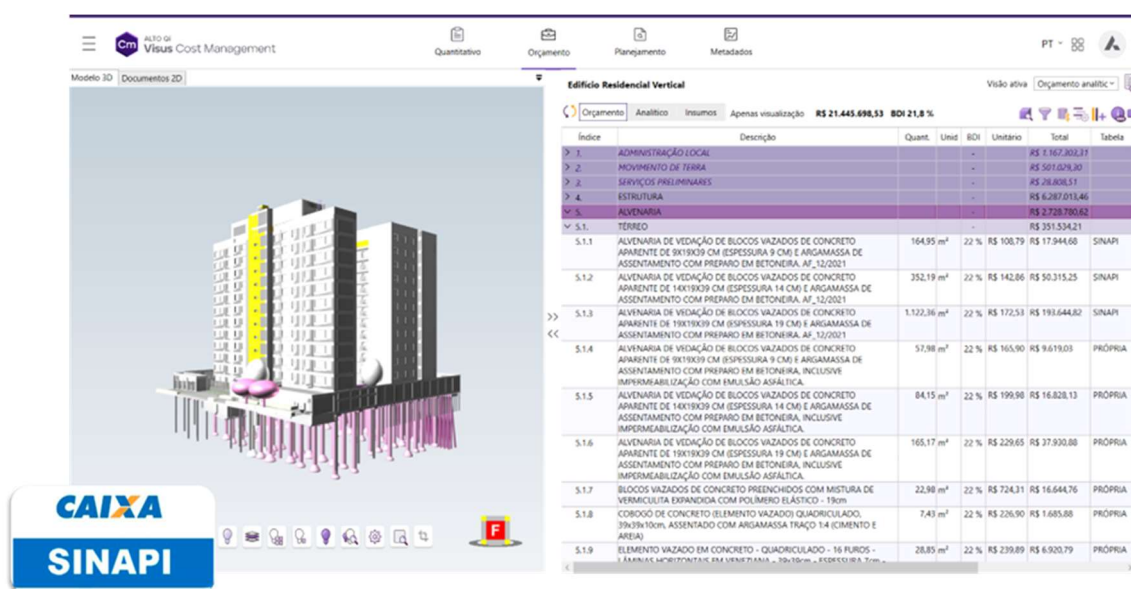
Na sequência, realizou-se a precificação dos serviços, adotando como principal referência a base do SINAPI, utilizada como banco de custos predominante neste estudo. Os serviços com correspondência direta foram precificados automaticamente no software, assegurando padronização e aderência às composições oficiais.

Para os itens sem equivalência no SINAPI, foram desenvolvidas composições próprias, utilizando insumos provenientes de bases públicas consolidadas, como Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE), Companhia Paulista de Obras e Serviços (CPOS) e SICRO, mantendo a coerência técnica dos custos. Nos casos em que determinados insumos não possuíam precificação nessas bases, aplicou-se a pesquisa de preços de mercado, de modo a obter valores atualizados e compatíveis com a realidade executiva do projeto.

Dessa forma, a integração entre modelo BIM → classificação na EAP → quantificação automática → precificação dos serviços consolidou um orçamento BIM 5D tecnicamente consistente, reduzindo ajustes manuais e fortalecendo a confiabilidade das estimativas geradas.

A Figura 19 apresenta a interface do software com os quantitativos e custos atribuídos, além do indicativo do SINAPI como base principal do orçamento.

Figura 19 - Precificação de Serviços.



The screenshot displays the Visus Cost Management software interface. On the left, there is a 3D model of a multi-story building. Below the model is a logo for CAIXA SINAPI. The main area on the right shows a table of services and their costs. The table has columns for Índice, Descrição, Quant, Unid, BDI, Unitário, Total, and Tabela. The table lists various construction items, including administrative costs, movement of earth, preliminary services, structure, and various types of concrete and masonry work. The total cost is shown as R\$ 21.443.698,53 with a BDI of 21,8 %.

Índice	Descrição	Quant	Unid	BDI	Unitário	Total	Tabela
1	ADMINISTRAÇÃO LOCAL	-	-	-	-	R\$ 1.167.803,37	
2	MOVIMENTO DE TERRA	-	-	-	-	R\$ 501.629,30	
3	SERVIÇOS PRELIMINARES	-	-	-	-	R\$ 28.808,51	
4	ESTRUTURA	-	-	-	-	R\$ 6.287.013,46	
5	ALVENARIA	-	-	-	-	R\$ 2.728.700,62	
5.1	TÉRREO	-	-	-	-	R\$ 251.534,21	
5.1.1	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO APARENTE DE 90X190X9 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA, AF_12/2021	164,95 m²	m²	22 %	R\$ 108,79	R\$ 17.944,68	SINAPI
5.1.2	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO APARENTE DE 140X190X9 CM (ESPESSURA 14 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA, AF_12/2021	352,19 m²	m²	22 %	R\$ 142,86	R\$ 50.315,25	SINAPI
5.1.3	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO APARENTE DE 180X190X9 CM (ESPESSURA 19 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA, AF_12/2021	1.122,36 m²	m²	22 %	R\$ 172,53	R\$ 193.644,82	SINAPI
5.1.4	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO APARENTE DE 90X190X9 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA, INCLUSIVE IMPERMEABILIZAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA	57,98 m²	m²	22 %	R\$ 165,90	R\$ 9.619,03	PRÓPRIA
5.1.5	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO APARENTE DE 140X190X9 CM (ESPESSURA 14 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA, INCLUSIVE IMPERMEABILIZAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA	84,15 m²	m²	22 %	R\$ 199,98	R\$ 16.828,13	PRÓPRIA
5.1.6	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO APARENTE DE 180X190X9 CM (ESPESSURA 19 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA, INCLUSIVE IMPERMEABILIZAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA	165,17 m²	m²	22 %	R\$ 229,65	R\$ 37.930,88	PRÓPRIA
5.1.7	BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO PREENCHIDOS COM MISTURA DE VERMICULITA EXPANDIDA COM POLÍMERO ELÁSTICO - 19cm	22,98 m²	m²	22 %	R\$ 724,31	R\$ 16.644,76	PRÓPRIA
5.1.8	CORRADO DE CONCRETO (ELEMENTO VAZADO) QUADRICULADO, 39x39x10cm, ASSENTADO COM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CEMENTO E AREIA)	7,43 m²	m²	22 %	R\$ 226,90	R\$ 1.685,88	PRÓPRIA
5.1.9	ELEMENTO VAZADO EM CONCRETO - QUADRICULADO - 16 Furos - 1 Furo na horizontal na verticalidade - 39x19cm - Esporão 1cm	28,85 m²	m²	22 %	R\$ 239,89	R\$ 6.920,79	PRÓPRIA

Fonte: elaborada pela autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação da metodologia BIM 5D ao estudo de caso permitiu analisar, de maneira integrada, a modelagem tridimensional, a compatibilização interdisciplinar e a elaboração do orçamento detalhado da edificação multifamiliar. O processo demonstrou ganhos significativos em precisão, agilidade e rastreabilidade das informações, evidenciando o potencial da abordagem na gestão de custos de obras residenciais de grande porte.

4.1 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS E ORGANIZAÇÃO DA EAP

Após a modelagem e a verificação de interferências no Autodesk Navisworks, o arquivo IFC foi importado para o AltoQi Visus Cost Management, possibilitando a extração automática de quantitativos. A EAP foi organizada de acordo com as principais etapas construtivas, o que favoreceu a priorização das atividades e a análise segmentada dos custos.

A automatização da extração dos quantitativos mostrou-se um dos principais diferenciais do BIM 5D, permitindo a obtenção de dados coerentes com o modelo geométrico e eliminando o risco de inconsistências comuns em medições manuais. Durante esse processo, não foram identificadas divergências significativas entre as quantidades calculadas e o projeto original, resultado diretamente associado à qualidade da modelagem e à ausência de interferências apontada pelo Clash Detective.

4.2 INTEGRAÇÃO BIM – ORÇAMENTO E REDUÇÃO DE RETRABALHO

A integração entre modelo e orçamento permitiu que eventuais ajustes fossem aplicados diretamente ao modelo, garantindo a atualização automática das quantidades. Essa característica é especialmente relevante para obras públicas, em que revisões constantes de projeto são comuns e refletem diretamente na necessidade de reorçamentação.

A inexistência de interferências no Clash Detective demonstrou a maturidade do processo de compatibilização, reduzindo drasticamente o retrabalho e garantindo que os quantitativos representassem fielmente as condições de obra. Esse contexto evidencia um dos principais benefícios do BIM 5D: a eliminação de surpresas durante a execução e o aumento da previsibilidade dos custos.

Como forma de validar os ganhos dessa abordagem, foi conduzido um estudo interno comparativo com um projeto semelhante que não utilizou a etapa de detecção de

interferências. Nesse caso, a ausência da compatibilização prévia resultou em um acréscimo de aproximadamente 4 meses no prazo de finalização do projeto, devido a revisões tardias e ajustes em campo, demonstrando o impacto direto do uso do Clash Detective na eficiência do processo e na confiabilidade das entregas associadas ao orçamento BIM 5D.

4.3 PRECISÃO DO ORÇAMENTO E RELAÇÃO COM O LOD DO MODELO

A confiabilidade dos valores orçados demonstrou forte correlação com o nível de desenvolvimento (LOD) adotado no modelo. Com a modelagem atingindo níveis equivalentes ao LOD 350, foi possível obter:

- o Elementos com dimensões específicas;
- o Identificação clara de interfaces;
- o Detalhamento adequado para quantificação;
- o Atribuição estruturada de parâmetros para extração paramétrica.

Esse nível de detalhamento reduziu significativamente a margem de erro do orçamento, aproximando-o da faixa de $\pm 5\%$ prevista pelo BIM Fórum para modelos dessa categoria. Assim, os dados obtidos apresentaram alto nível de confiabilidade, com precisão superior à obtida em planilhas baseadas exclusivamente em documentos 2D.

A integração proporcionada pelo BIM 5D permite que o orçamento seja gerado a partir de um modelo centralizado e informativo, no qual as informações ficam concentradas, conectadas e rastreáveis. Diferentemente, no método tradicional 2D, os dados encontram-se frequentemente dispersos e “soltos” em múltiplos documentos, aumentando o risco de omissões e inconsistências, o que pode resultar na perda de informações relevantes durante a orçamentação (Figura 20). Assim, o orçamento em BIM reduz a probabilidade de deixar passar parâmetros essenciais, enquanto o processo convencional está mais suscetível a falhas por depender da interpretação manual e fragmentada dos projetos.

Figura 20 - Precisão e Integração de Dados.



Fonte: elaborada pela autora.

Estudos recentes também reforçam o ganho de precisão proporcionado pelo BIM 5D em comparação aos métodos tradicionais de orçamentação. No trabalho desenvolvido por Garbers, Morais e Vedam (2018), o orçamento elaborado por métodos convencionais apresentou variação entre $\pm 10\%$ e $\pm 15\%$, enquanto a aplicação do BIM 5D permitiu reduzir essa margem para aproximadamente $\pm 5\%$, demonstrando maior confiabilidade e redução das discrepâncias. As autoras destacam que “os modelos 5D oferecem informações em tempo real e maior precisão, ao contrário de orçamentos feitos manualmente”, reforçando o potencial do BIM na melhoria da acurácia orçamentária.

4.4 DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS POR ETAPA DE OBRA

Com base no orçamento extraído do modelo BIM e estruturado no AltoQi Visus Cost Management, o custo total estimado para execução da edificação residencial multifamiliar é de R\$ 21.445.698,55.

É importante destacar que este orçamento contempla exclusivamente as disciplinas Arquitetônica e Estrutural, uma vez que as demais disciplinas (como elétrica, hidrossanitária, prevenção e combate a incêndio, gás, SPDA, dados/telefonía e climatização) não foram incluídas no escopo deste estudo.

A distribuição dos custos pode ser observada de forma consolidada na Tabela 1, que apresenta o custo e o percentual correspondente de cada etapa, enquanto no Apêndice A encontram-se detalhados os valores de materiais e de execução referentes a cada descrição.

Tabela 1 - Distribuição dos Custos por Etapa da Obra e suas Respectivas Porcentagens.

DESCRIÇÃO	PREÇO TOTAL COM BDI	%
ADMINISTRAÇÃO LOCAL	R\$ 1.167.303,31	5,44%
MOVIMENTO DE TERRA	R\$ 501.029,30	2,34%
SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 28.808,51	0,13%
ESTRUTURA	R\$ 6.287.013,46	29,32%
ALVENARIA	R\$ 2.728.780,62	12,72%
PISOS	R\$ 1.312.151,19	6,12%
ESCADAS	R\$ 18.968,82	0,09%
REVESTIMENTOS	R\$ 4.516.798,39	21,06%
ESQUADRIAS	R\$ 3.433.694,75	16,01%
LOUÇAS E METAIS	R\$ 688.137,43	3,21%
COBERTURA	R\$ 265.315,68	1,24%
ELEVADORES	R\$ 326.185,29	1,52%
PAISAGISMO	R\$ 30.268,43	0,14%
MOBILIÁRIOS	R\$ 127.551,20	0,59%
LIMPEZAS	R\$ 13.692,17	0,06%
TOTAL	R\$ 21.445.698,53	100,00%

Fonte: elaborada pela autora.

Ao analisar esses valores, constata-se que mais de 60% do custo total da obra está concentrado nas etapas de Estrutura, Revestimentos, Esquadrias e Alvenaria, comportamento típico de edificações residenciais verticais. A predominância da estrutura no custo final (aproximadamente 30% do orçamento) reflete a natureza convencional do sistema adotado.

Já os revestimentos apresentaram elevado impacto, especialmente devido às grandes áreas de fachada e à necessidade de conformidade com os critérios de desempenho da NBR 15.575. A etapa de esquadrias também se destacou, influenciada pelo sistema de ventilação cruzada previsto em projeto e pela adoção de peças com desempenho acústico superior, conforme exigência normativa.

4.5 ANÁLISE QUALITATIVA DO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO

Além dos resultados quantitativos obtidos, foi possível avaliar o desempenho do fluxo de trabalho BIM com base no tempo despendido em cada uma das etapas do processo. Observou-se que a metodologia adotada proporcionou elevada eficiência operacional, permitindo que todas as fases fossem concluídas em um período relativamente curto, considerando a complexidade do empreendimento.

O tempo total de desenvolvimento do orçamento 5D foi distribuído da seguinte forma:

- 1 dia para a análise e conferência do projeto, assegurando que o modelo estivesse coerente e completo para uso orçamentário;
- 1 dia para a verificação de interferências no Clash Detective, garantindo a compatibilização entre as disciplinas;
- 1 dia para a estruturação da EAP no AltoQi Visus;
- 4 dias para o processo de precificação, incluindo vinculação das composições do SINAPI, criação de composições de custos unitários, pesquisas de preços e ajustes finais.

O tempo total de 7 dias reforça a eficiência do processo BIM 5D, visto que a elaboração de um orçamento dessa magnitude, realizada por métodos tradicionais, demandaria um período significativamente maior. Isso demonstra a capacidade da metodologia BIM de reduzir o tempo de trabalho, aumentar a produtividade e proporcionar maior agilidade na tomada de decisões.

Além dos ganhos observados no fluxo de trabalho, é importante destacar que a precisão orçamentária obtida pelo uso do BIM 5D se alinha às recomendações de órgãos de controle. O Tribunal de Contas da União (TCU) aponta, em diversos relatórios de fiscalização, que orçamentos imprecisos, estimativas financeiras incompletas e incompatibilidades entre projeto e custo estão entre as principais causas de atrasos, irregularidades e paralisações de obras públicas no país. Assim, a eficiência obtida com a integração entre modelo e orçamento contribui diretamente para mitigar problemas recorrentes identificados pelo TCU, reforçando a relevância da metodologia adotada.

Conjuntamente aos benefícios de tempo, destacam-se outros resultados qualitativos relevantes:

- Maior agilidade na elaboração da planilha orçamentária devido à extração automática dos quantitativos;
- Rastreabilidade total entre cada item do orçamento e o elemento correspondente no modelo BIM;
- Redução de inconsistências, uma vez que qualquer ajuste no modelo é refletido imediatamente nos quantitativos;
- Comunicação mais eficiente entre os profissionais envolvidos no processo;
- Maior confiabilidade do orçamento, diretamente associada ao nível de desenvolvimento (LOD) adotado no modelo.

Em síntese, a adição dessa etapa de mensuração temporal evidencia de forma prática o impacto positivo da metodologia BIM 5D sobre o desempenho do processo orçamentário,

reforçando sua aplicabilidade e eficiência.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ao longo deste estudo de caso demonstram que a integração entre a modelagem BIM e o orçamento 5D constitui uma ferramenta essencial para o aprimoramento do processo de planejamento e gestão de custos em empreendimentos da construção civil.

A extração automática de quantitativos, associada à estruturação da EAP e à vinculação das composições de custos, permitiu elaborar um orçamento preciso, transparente e coerente com o modelo geométrico. Esse processo apresentou vantagens significativas em comparação às metodologias tradicionais, notadamente:

- A redução do tempo de elaboração da planilha orçamentária;
- A minimização de erros de quantificação, comum em medições manuais;
- A rastreabilidade das informações, permitindo identificar rapidamente a origem de qualquer item de custo;
- A eliminação de retrabalhos, favorecida por modelos compatibilizados;
- A precisão das estimativas, garantida pelo LOD adequado para fins orçamentários.

Além disso, a aplicação da metodologia BIM possibilitou uma análise mais clara da distribuição dos custos por etapa construtiva, identificando os elementos de maior impacto financeiro e facilitando a tomada de decisões estratégicas. A etapa estrutural evidenciou-se como o principal componente do orçamento, seguida dos revestimentos e das esquadrias, confirmando o padrão esperado para edificações residenciais verticais.

De modo geral, conclui-se que a adoção do BIM 5D representa um avanço significativo para a gestão de empreendimentos, proporcionando maior previsibilidade, confiabilidade e eficiência no processo orçamentário. A experiência apresentada neste trabalho reforça a importância da consolidação do BIM no setor da construção civil brasileira, tanto em obras públicas quanto privadas, e demonstra que sua utilização contribui para edificações mais eficientes, econômicas e alinhadas às exigências normativas e tecnológicas contemporâneas.

Como recomendação final, destaca-se que futuras pesquisas podem expandir esta análise para a integração BIM 4D/5D simultânea, a comparação entre diferentes bases de preços e o uso de ferramentas CDE para completa governança dos dados, ampliando ainda

mais o potencial da metodologia no ciclo de vida das construções. A aplicação da metodologia BIM 5D ao estudo de caso permitiu analisar, de maneira integrada, a modelagem tridimensional, a compatibilização interdisciplinar e a elaboração do orçamento detalhado da edificação multifamiliar. O processo demonstrou ganhos significativos em precisão, agilidade e rastreabilidade das informações, evidenciando o potencial da abordagem na gestão de custos de obras residenciais de grande porte.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **ABDI**. A implantação do BIM – Guia 6. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília, 2017. Disponível em: https://plataformabimbr.abdi.com.br/guias-normas/GUIA_BIM_06.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **ABDI**. BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção – Guia 3. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília, 2017. Disponível em: https://plataformabimbr.abdi.com.br/guias-normas/GUIA_BIM_03.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **ABDI**. Processo de Projeto BIM – Guia 1. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília, 2017. Disponível em: https://plataformabimbr.abdi.com.br/guias-normas/GUIA_BIM_01.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.
- AHMED, Sa'id.; PASQUIRE, Christine.; MANU, Emmanuel. Exploratory study of costing collaboratively in the UK construction industry. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL*, 27., 2019, Dublin. **Anais [...]**. Dublin: Group for Lean Construction (IGLC), 2019. p. 1163-1174. Disponível em: <https://iglc.net/papers/Details/1752>. Acesso em: 10 nov. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1**. Edificações habitacionais – Desempenho: Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15965**. Sistema de classificação da informação da construção. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050**. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9077**. Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 12006-2**. Construção de edificação - Organização de informação da construção. Parte 2: Estrutura para classificação. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 16354**. Diretrizes para as bibliotecas de conhecimento e bibliotecas de objetos. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 16757-1**. Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais - Parte 1: Conceitos, arquitetura e modelo. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 16757-2**. Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais - Parte 2: Geometria. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 16950-1.** Organização e digitização da informação sobre edifícios e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) – Gestão da informação usando modelagem da informação da construção – Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 16950-2.** Organização e digitização da informação sobre edifícios e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) – Gestão da informação usando modelagem da informação da construção – Parte 2: Fase de entrega de ativos. Rio de Janeiro, 2022.

BIM 5D: Como funciona o 5D no processo BIM. Site OrçaFascio, 2020. Disponível em: <https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/como-funciona-o-5d-no-processo-bim>. Acesso em: 15 nov. 2025.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Implantação do BIM para Construtoras e Incorporadores.** Brasília: CBIC, 2016, (Fundamentos BIM – Parte 1).

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Implantação do BIM para Construtoras e Incorporadores.** Brasília: CBIC, 2016, (Colaboração e Integração BIM – Parte 3).

CARVALHO, Yan Mota Veras de. **Análise do BIM aplicado ao gerenciamento – Simulação 5D**, p.81, 2017. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Ceará – Departamento de Engenharias Estrutural e Construção Civil. Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/29465>. Acesso em: 10 nov. 2025.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM.** 3ª. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM:** um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERNANDES, Rafael. **Apostila módulo 1:** conceituação básica em BIM. Fortaleza: INBEC – Instituto Brasileiro de Educação Continuada, 2020. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/494511925/Apostila-Conceituacao-Basica-Em-BIM-Democratizando-o-BIM-ABDI>. Acesso em: 02 nov. 2025.

GARBERS, Amanda; MORAIS, Letícia; VEDAM, Valesca. **Estudo comparativo entre orçamentos executados através do método de levantamento de quantitativo convencional e da metodologia bim.** 2018. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento e Execução de obras). Disponível em: <https://www.idd.edu.br/downloads-idd/?tcc=112>. Acesso em: 20 nov. 2025.

GONÇALVES JUNIOR, Francisco. **BIM:** Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. Mais Engenharia, 2018. Disponível em: <https://blog.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber>. Acesso em: 10 nov. 2025.

INFORMATION MANAGEMENT INITIATIVE FRAMEWORK. **UK BIM Framework – Frequently asked questions**, 2019. Disponível em: <https://ukbimframework.org/faq>. Acesso em: 27 out. 2025.

KAMARDEEN, Imriyas. **Semantic Scholar**. 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. 2010. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/8D-BIM-modelling-tool-for-accident-prevention-Kamardeen/d7139ca596ca42c9b393080126622997075946c0>. Acesso em: 27 out. 2025.

KASSEM, Mohamad. AMORIM, Sergio. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **BIM Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**, Brasília, 2015. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-temporarias/especiais/55a-legislatura/lei-das-licitacoes/documentos/outros-documentos/sugestoes-e-estudos-apresentados-a-comissao/DilogosSetoriaisparaBIM.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2025.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Research Gate. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, 1992. (Technical Report, 72). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/243781224_Application_of_the_New_Production_Philosophy_to_Construction. Acesso em: 03 nov. 2025.

LEITE, Pablo de Tássio da Silva. **Utilização da metodologia BIM na elaboração do orçamento e do planejamento de uma edificação residencial multifamiliar de 4 pavimentos**. 2021. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2021.

LEVEL of Development (LOD). HI-Tech CADD Services. Disponível em: <https://www.hitechcaddservices.com/bim/support/level-of-development-lod/>. Acesso em: 4 out. 2025.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar um orçamento de obras**. PINI, São Paulo, 2006.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. PINI, São Paulo, 2010.

MONTEIRO, Jayne Carla. **Processo de Implantação BIM no Setor de Orçamento de Obras em um Escritório de Engenharia**. 2023. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Pernambuco, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/1042>. Acesso em: 15 nov. 2025.

MONTEIRO, Jayne. Carla. Quantificação e orçamentação em BIM para editais públicos: precisão e transparência. **BIMunicípios**, v. 2, n. 3, jul./set. 2025. Disponível em: <https://online.fliphtml5.com/rbgjy/teom/#p=1>. Acesso em: 15 nov. 2025.

MOREIRA, Rogério. **Normalização BIM no Brasil: a ABNT/CEE134**. São Paulo: 2º Seminário Internacional de BIM Cbic, 2019. 11 slides, color. Disponível em: https://cbic.org.br/inovacao/wp-content/uploads/sites/23/2019/06/07_Rogério_Moreira.pdf. Acesso em: 27 out. 2025.

SILVA, Rafael. **Democratizando o BIM – Conceituação Básica de BIM**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, 2020. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/494511925/Apostila-Conceituacao-Basica-Em-BIM-Democratizando->

[o-BIM-ABDI](#). Acesso em: 02 nov. 2025.

TEIXEIRA, Edvanio. **Apostila módulo 2:** objetos BIM. Fortaleza: INBEC – Instituto Brasileiro de Educação Continuada, 2020. Disponível em: www.passeidireto.com/arquivo/127303459/apostila-modulo-2-objetos-bim. Acesso em: 02 nov. 2025.

WOMACK, James; JONES, Daniel. **Lean Thinking:** Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

ZIMERMANN, Maria Caroline. **Ebook:** Panorama de Precificação de Projetos no Brasil 2020-2021. 2 ed. 2021. Disponível em: <https://blog.altoqi.com.br/gestao-de-negocios/ebook-panorama-de-precificacao-de-projetos-no-brasil-2020-2021>. Acesso em: 9 nov. 2025.

APÊNDICE A – Valores de materiais e de execução referentes a cada descrição da planilha orçamentária

DADOS

Titulo	ORÇAMENTO
Obra	EDIFÍCIO RESIDENCIAL VERTICAL
Descrição	OBRA BIM
Tabela	PE-2025-SETEMBRO-NÃO DESONERADO-SINAPI



RESUMO

Tipo	Preço	Observação	BDI Aplicado
Total	R\$ 21.445.698,53	Geral da edificação	21,77%
Material	R\$ 13.182.052,54		
Execução	R\$ 8.263.645,99		

TABELA DE ORÇAMENTO

Item	Descrição	Preço Material Total	Preço Execução Total	Preço total com BDI	%
1.	ADMINISTRAÇÃO LOCAL	R\$ -	R\$ 1.167.303,31	R\$ 1.167.303,31	5,44%
2.	MOVIMENTO DE TERRA	R\$ -	R\$ 501.029,30	R\$ 501.029,30	2,34%
3.	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 17.869,08	R\$ 10.939,43	R\$ 28.808,51	0,13%
4.	ESTRUTURA	R\$ 4.083.075,40	R\$ 2.203.938,06	R\$ 6.287.013,46	29,32%
5.	ALVENARIA	R\$ 1.582.939,16	R\$ 1.145.841,46	R\$ 2.728.780,62	12,72%
6.	PISOS	R\$ 880.646,27	R\$ 431.504,92	R\$ 1.312.151,19	6,12%
7.	ESCADAS	R\$ 10.361,38	R\$ 8.607,43	R\$ 18.968,82	0,09%
8.	REVESTIMENTOS	R\$ 2.130.356,47	R\$ 2.386.441,91	R\$ 4.516.798,39	21,06%
9.	ESQUADRIAS	R\$ 3.160.768,61	R\$ 272.926,14	R\$ 3.433.694,75	16,01%
10.	LOUÇAS E METAIS	R\$ 612.665,37	R\$ 75.472,07	R\$ 688.137,43	3,21%
11.	COBERTURA	R\$ 236.712,25	R\$ 28.603,42	R\$ 265.315,68	1,24%
12.	ELEVADORES	R\$ 316.602,00	R\$ 9.583,29	R\$ 326.185,29	1,52%
13.	PAISAGISMO	R\$ 28.511,24	R\$ 1.757,18	R\$ 30.268,43	0,14%
14.	MOBILIÁRIOS	R\$ 117.731,45	R\$ 9.819,75	R\$ 127.551,20	0,59%
15.	LIMPEZAS	R\$ 3.813,85	R\$ 9.878,32	R\$ 13.692,17	0,06%