



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHERELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDRÉ FELIPE MUNIZ REIS

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BUILDING
INFORMATION MODELING (BIM) EM LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE
ORÇAMENTOS DE OBRAS.**

MACAPÁ – AP
2024

ANDRÉ FELIPE MUNIZ REIS

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BUILDING
INFORMATION MODELING (BIM) EM LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE
ORÇAMENTOS DE OBRAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de ENGENHARIA CIVIL do Campus Marco Zero da UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ, como requisito para a Obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Heldio José Carneiro de Souza

**MACAPÁ – AP
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Maria do Carmo Lima Marques – CRB-2 / 989

R375p

Reis, André Felipe Muniz.

Os principais impactos da tecnologia Building Information Modeling (BIM) em levantamento de quantitativos de orçamentos de obras. / André Felipe Muniz Reis . - Macapá, 2024.

1 recurso eletrônico. 66 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Macapá, 2024.

Orientador: Heldio José Carneiro de Souza .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Building Information Modeling. 2. Construção Civil. 3. Levantamento de Quantitativos. I. Souza, Heldio José Carneiro de; (Orientador). II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 720.105

REIS André Felipe Muniz. **Os principais impactos da tecnologia Building Information Modeling (BIM) em levantamento de quantitativos de orçamentos de obras.** Orientador: Heldio José Carneiro de Souza . 2024. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2024.

ANDRÉ FELIPE MUNIZ REIS

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BUILDING
INFORMATION MODELING (BIM) EM LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE
ORÇAMENTOS DE OBRAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de ENGENHARIA CIVIL do Campus Marco Zero da UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ, como requisito para a Obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira
Universidade Federal do Amapá

Prof. Dr. Jamil José Salim Neto
Universidade Federal do Amapá

Me. José Vitor Borges de Assis
Engenheiro Civil convidado

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter me concedido força, sabedoria e resiliência para superar todos os desafios ao longo desta jornada acadêmica. Sem Sua presença e orientação, nada disso teria sido possível.

Agradeço imensamente à minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor e apoio incondicional. Em especial, à minha mãe, pelo carinho, compreensão e incentivo durante cada etapa deste curso, e à minha namorada, cuja paciência, apoio e palavras de encorajamento me motivaram a seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis.

Não menos importante, expresso minha gratidão aos meus colegas de classe, por toda a troca de conhecimento, amizade e companheirismo ao longo desses anos. Em especial, agradeço ao meu grande amigo Lucas Abreu, que esteve ao meu lado durante essa jornada, dividindo as responsabilidades, as angústias e as alegrias deste caminho. Sem sua parceria, essa trajetória teria sido muito mais difícil.

Por fim, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Heldio José Carneiro de Souza, por suas valiosas orientações, paciência e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho. Seu apoio e expertise foram fundamentais para que este projeto pudesse ser concluído com êxito.

A todos, meu muito obrigado!

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso explora os principais impactos da tecnologia Building Information Modeling (BIM) no levantamento de quantitativos para orçamentos de obras na construção civil. A pesquisa destaca a crescente adoção do BIM, devido à sua capacidade de integrar diferentes etapas do projeto e sua eficácia em melhoria de processos, promovendo maior precisão e redução de tempo no levantamento de insumos. Por meio de revisão bibliográfica e estudos de caso, a análise compara o uso do BIM com métodos tradicionais, evidenciando vantagens na racionalização de consumos, minimização de erros e aumento na qualidade de gestão de dados em tempo real. Além disso, investiga-se a aplicação da tecnologia no Amapá, identificando desafios locais e propondo caminhos para maior integração dessa metodologia no setor. Conclui-se que o BIM promove uma transformação no gerenciamento de recursos e eficiência dos processos de planejamento, beneficiando tantos projetos públicos quanto privados.

Palavras-chave: Building Information Modeling, construção civil, levantamento de quantitativos, integração de processos, gestão de recursos.

ABSTRACT

Completion Work explores the main impacts of Building Information Modeling (BIM) technology in surveying quantities for construction budgets. The research highlights the growing adoption of BIM, due to its ability to integrate different stages of the project and its effectiveness in improving processes, promoting greater precision and reducing time in collecting inputs. Through a literature review and case studies, the analysis compares the use of BIM with traditional methods, highlighting advantages in rationalizing consumption, minimizing errors and increasing the quality of data management in real time. Furthermore, the application of the technology in Amapá is investigated, identifying local challenges and proposing paths for greater integration of this methodology in the sector. It is concluded that BIM promotes a transformation in resource management and efficiency in planning processes, benefiting both public and private projects.

Keywords: Building Information Modeling, budget quantification, civil construction, cost optimization, integrated planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Dimensões do BIM	12
Figura 2: Fases do Building Information Modeling (BIM)	21
Figura 3: Fluxo de trabalho	28
Figura 4: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 100.....	29
Figura 5: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 200.....	30
Figura 6: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 300.....	30
Figura 7: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 400.....	30
Figura 8: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 500.....	31
Figura 9: Imagem comparativa do LOD	31
Figura 10: Esquema representativo de modelos federados.....	33
Figura 11: Esquema de entregáveis conforme as etapas no arranjo contratual D&B	35
Figura 12: Isometria geral e corte	50
Figura 13: Lista de quantitativo	51
Figura 14: Estrutura metálica da Parada de Táxi.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM - Builder Information Modeling

CAD - Computer-Aided Design

BDI - Benefício e Despesas Indiretas

LOD - Níveis de Desenvolvimento

EIR - Requisitos de Informação

BEP - Plano de Execução BIM

DBB - Design/Bid/Build

D&B - Design and Build

IPD - Integrated Project Delivery

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	Justificativa	11
1.2.	Objetivos.....	13
1.2.1.	Objetivo geral	13
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1.	Orçamento	14
2.2.	Breve histórico do building information modeling (BIM)	19
2.3.	Fluxo de trabalhos e diretrizes da tecnologia BIM.....	27
2.3.1.	Colaboração e Integração no Ambiente BIM	32
2.3.2.	Diretrizes Contratuais para Implementação do BIM.....	34
2.4.	Impactos da Tecnologia BIM em levantamento de quantitativos	35
2.5.	Comparação entre o BIM e o CAD no processo de orçamentação	40
3.	METODOLOGIA	43
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1.	Aplicação da tecnologia BIM em um projeto	48
4.2.	O BIM no cenário amapaense	57
5.	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIA	62
	ANEXO A — Plantas de detalhamento da parada de táxi.....	65

1. INTRODUÇÃO

A presente monografia tem como foco principal desenvolver a aplicação e os principais impactos da tecnologia Building Information Modeling (BIM) em orçamentos de obras. Torna-se importante estimar de maneira cada vez mais precisa os quantitativos e os custos, a fim de obter valores o mais próximo possível da realidade (Viana, 2020).

Atualmente, a adoção do BIM tem sido notável na indústria da Construção Civil. Isso se deve aos seus diversos benefícios, como a visualização tridimensional das estruturas, facilitando a comunicação entre os projetistas e garantindo a compatibilidade entre os diferentes projetos. Vale ressaltar a variedade de softwares que empregam o BIM, sendo úteis na elaboração, integração, planejamento, cronograma e orçamento de obras, otimizando esses processos de forma significativa.

A utilização do BIM para obter quantidades reduz o tempo de execução e minimiza a necessidade de intervenção humana, resultando diretamente na redução de erros (Sakamori e Scheer, 2016). Discutir sobre os principais impactos da aplicação da tecnologia BIM em orçamentos justifica-se por apresentar avanços para a racionalização de insumos e minimização de falhas no processo de orçamentação.

A ferramenta permite obter maior controle sobre todas as fases do orçamento e ainda promove a integração entre a equipe envolvida no projeto. Assim, é possível notar que a análise da aplicação e os principais impactos na utilização da tecnologia BIM no orçamento pode impactar direta ou indiretamente o modo de trabalho e os recursos empregados tanto nas empresas privadas quanto nos processos adotados no setor público.

Dessa forma, o presente trabalho estabeleceu como problema de pesquisa quais as aplicações e os principais impactos da tecnologia BIM em orçamentos e como objetivo geral fazer uma análise comparativa dos principais impactos no custo final da obra visando a filosofia de melhoria fornecida por BIM. Para alcançar o objetivo geral, os objetivos específicos serão: conceituar orçamento segundo a abordagem teórica de Tisaka, Mattos e Baeta, elencar como a tecnologia BIM pode auxiliar para a elaboração de orçamentos de obras, analisar os impactos da tecnologia BIM na formulação de orçamentos.

1.1. Justificativa

Discutir sobre aplicação e os principais impactos da utilização da tecnologia Building Information Modeling (BIM) em orçamentos justifica-se por apresentar avanços para a racionalização de insumos e minimização de falhas no processo de orçamentação. A ferramenta permite obter maior controle sobre todas as fases do orçamento e ainda promove a integração entre a equipe envolvida no projeto.

De acordo com Eastman et al. (2014), a Construtora M. A. Mortenson Company, que regularmente emprega ferramentas BIM em seus projetos, descreve o BIM como "uma simulação inteligente da arquitetura". Para a Mortenson, essa simulação precisa possuir seis características principais para uma implementação integrada.

A simulação deve ser digital, espacial (3D), quantificável, dimensionável e consultável. Além disso, deve ser abrangente, englobando a intenção do projeto, o desempenho da construção, a construtibilidade, e os aspectos financeiros e sequenciais dos métodos e processos. Deve ser acessível a toda a equipe do projeto e ao proprietário através de uma interface interoperável e intuitiva, e também deve ser durável para ser utilizada em todas as fases da vida útil de um edifício.

Segundo Masotti (2014), o BIM é formado por diversas camadas de informação, também chamadas de dimensões. Dependendo do contexto de aplicação, um modelo BIM pode variar de 4D a 5D, 6D, 7D e até nD. De acordo com a análise de Neil Calvert (2013, citado por Masotti em 2014), as seis principais dimensões do BIM podem ser classificadas como:

- 2D Gráfico: representa as dimensões do plano, onde as plantas do projeto são graficamente representadas.
- 3D Modelo: adiciona a dimensão espacial ao plano, permitindo a visualização dinâmica dos objetos. No caso do BIM, cada componente em 3D possui atributos e parâmetros que o caracterizam como parte de uma construção virtual, não apenas uma representação visual.
- 4D Planejamento: adiciona a dimensão temporal ao modelo, definindo quando cada elemento será adquirido, armazenado, preparado, instalado e utilizado. Organiza também a disposição do canteiro de obras, a manutenção e movimentação

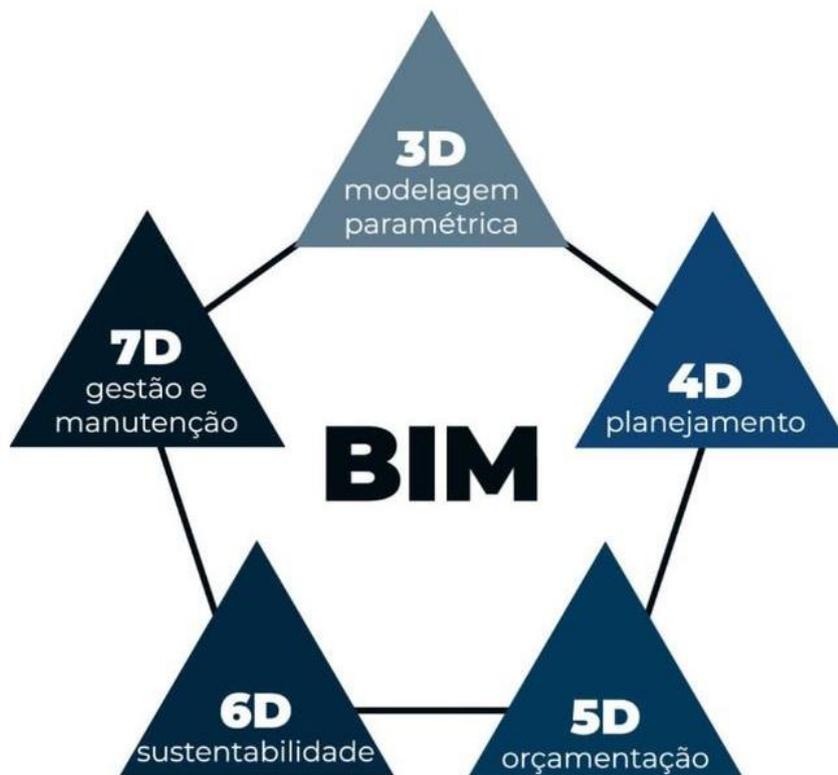
das equipes, os equipamentos utilizados e outros aspectos cronologicamente relacionados.

- **5D Orçamento:** acrescenta a dimensão de custo ao modelo, determinando o valor de cada parte da obra, a alocação de recursos em cada fase do projeto e seu impacto no orçamento, além de controlar as metas da obra de acordo com os custos.

- **6D Sustentabilidade:** adiciona a dimensão energética ao modelo, quantificando e qualificando a energia utilizada na construção, a energia a ser consumida durante seu ciclo de vida e seu custo, em paralelo à quinta dimensão. Nesse caso, a energia pode estar diretamente relacionada ao impacto físico do projeto no ambiente em que está inserido.

- **7D Gestão de Instalações:** adiciona a dimensão de operação ao modelo, permitindo que o usuário final obtenha informações sobre como o empreendimento funciona como um todo, suas particularidades e os procedimentos de manutenção em caso de falhas ou defeitos.

Figura 1: Dimensões do BIM



Fonte: Mais controle, 2023.

Assim, é possível notar que a análise da aplicação e os principais impactos na utilização da tecnologia BIM no orçamento pode impactar direta ou indiretamente o modo de trabalho e os recursos empregados tanto nas empresas privadas quanto nos processos adotados no setor Público, que muitas vezes estão alienados a métodos de trabalhos ultrapassados, através de demanda de redução de custos em mercado competitivo, qualidade como ferramenta de gestão nos processos de orçamentação.

A obtenção de parâmetros quantos aos impactos da implementação da tecnologia BIM e redução no tempo de formulação do orçamento. Para tanto, é preciso conceituar orçamento segundo a abordagem teórica de Tisaka, Mattos e Baeta; Explanar como a tecnologia BIM pode auxiliar para a elaboração de orçamentos de obras e analisar os impactos da tecnologia BIM na formulação de orçamentos de obras.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Analisar comparativamente os principais impactos da aplicação da tecnologia Building Information Modeling (BIM) no processo de orçamentação, destacando como essa metodologia contribui para a melhoria contínua na precisão orçamentária e na eficiência dos processos de construção.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Discorrer sobre os principais impactos da utilização da tecnologia BIM na elaboração de orçamentos de obras.
- Analisar as principais contribuições da utilização da tecnologia BIM na formulação de orçamentos e a sua implementação em um projeto.
- Os principais desafios da implementação da tecnologia BIM no Amapá e os impactos gerados perante a construção civil e o levantamento de quantitativos durante a orçamentação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção serão apresentados conceitos de diferentes autores sobre principais impactos da aplicação da tecnologia Building Information Modeling (BIM) em orçamentos.

2.1. Orçamento

Conforme exposto por Tisaka (2011), o procedimento inaugural na elaboração de um orçamento demanda uma análise aprofundada e meticulosa do conjunto de elementos que constituem o projeto em questão. Por meio do domínio do teor do projeto, a entidade empresarial se encontra apta a conduzir o levantamento das quantidades de materiais necessárias, identificar a demanda por equipamentos específicos e estimar a mão de obra requerida para sua execução.

Segundo delineado pelo Instituto de Engenharia (2011), em consonância com as diretrizes estabelecidas pela Norma Técnica nº 01/2011 concernente à elaboração de orçamentos destinados a obras de construção civil, os métodos de orçamentação podem ser categorizados sob as seguintes designações: estimativa de custo, orçamento preliminar, orçamento estimativo, orçamento analítico ou detalhado e orçamento sintético ou resumido.

- Estimativa de custo: Avaliação de custos, adquirida mediante a análise dos dados preliminares de um conceito de projeto, abrange a área proposta para construção, as quantidades de materiais e serviços requeridos, assim como os custos médios dos componentes, obtidos por meio de pesquisas de mercado ou estimativas fundamentadas nos valores médios de construção divulgados em periódicos especializados, contemplando uma variedade de alternativas estruturais e de acabamentos.

- Orçamento preliminar: A apreciação de custos é derivada da condução de um levantamento minucioso e da estimativa das quantidades necessárias de materiais, serviços e equipamentos, aliada à investigação dos preços médios vigentes no mercado. Este procedimento é comumente adotado a partir da fase de anteprojeto da obra. Digno de nota é o fato de que, sendo um orçamento e não

meramente uma avaliação de custo, é imperativo que se incorpore o Benefício e Despesas Indiretas (BDI)

- Orçamento estimativo: A análise minuciosa do custo total da obra, derivada do levantamento dos serviços e quantidades estabelecidos nos projetos básicos, é embasada em planilhas que delineiam a composição de todos os custos unitários diretos e indiretos, complementados pelo Benefício e Despesas Indiretas.

- Orçamento analítico: A estimativa de custos, com o grau de exatidão apropriado, é alcançada por meio do levantamento minucioso das quantidades de materiais, serviços e equipamentos, juntamente com a elaboração dos preços unitários, conduzidos durante as fases de projeto e/ou projeto executivo. Essa avaliação abarca a inclusão do BDI.

- Orçamento Sintético: Trata-se de uma síntese do orçamento analítico, apresentada por meio das etapas ou grupos de serviços, acompanhados de seus totais correspondentes, culminando no preço total do orçamento da obra.

A Norma Técnica nº 01/2011 do Instituto de Engenharia (2011) estabelece uma categorização detalhada dos métodos de orçamentação para obras de construção civil, que abrangem desde a estimativa de custo inicial até o orçamento sintético. Cada categoria, seja a estimativa de custo, orçamento preliminar, orçamento estimativo, orçamento analítico ou orçamento sintético, possui características específicas que atendem a diferentes fases e necessidades do projeto, permitindo uma transição progressiva de uma visão geral e preliminar para uma análise minuciosa e detalhada dos custos.

Dessa forma, assegura-se que todos os aspectos financeiros sejam adequadamente contemplados e geridos ao longo do ciclo de vida do empreendimento. O orçamento subdivide-se em três etapas, tais como: Estudo das condicionantes, Composição de custos e Cálculo do orçamento. Estudos das condicionantes incluem a interpretação dos projetos, especificações técnicas e visita técnica.

A Composição de custos envolve a identificação das atividades, levantamento de quantitativos, descrição dos custos diretos e indiretos, cotação de preços, definição de encargos sociais e trabalhistas. O Cálculo do orçamento compreende a

definição de lucratividade, cálculo do BDI e desbalanceamento da planilha (Mattos, 2006).

Por mais extenso que seja o conjunto de composições de custos unitários disponibilizado por uma determinada publicação ou instituição, este se origina de observações de obras variadas, executadas por diferentes empresas e em condições específicas (Mattos 2006).

Em contrapartida, para Coelho (2001), o orçamento engloba a determinação das quantidades de serviços necessários, a formulação dos correspondentes preços unitários, bem como a estipulação dos custos globais do empreendimento, visando à subsequente elaboração de planilhas discriminadas dos serviços a serem realizados.

Estas planilhas detalham as unidades de medida e as quantidades associadas, além de expor a composição dos preços unitários, que abarcam tanto os materiais quanto a mão de obra necessária. A projeção dos custos, por sua vez, pode ser derivada de um orçamento, conforme descrito por Limmer (1997, p.86):

um orçamento pode ser definido como a determinação dos gastos necessários para a realização de um projeto, de acordo com um plano de execução previamente estabelecido [...] O orçamento de um projeto baseia-se na previsão de ocorrência de atividades futuras logicamente encadeadas e que consomem recursos, ou seja, acarretam custos que são, geralmente, expressos em termos de uma unidade monetária padrão, sendo, pois, basicamente uma previsão de ocorrências monetárias ao longo do prazo de execução do projeto.

Ainda segundo Limmer (1997), este enfatiza a complexidade inerente ao processo de elaboração de um orçamento, cuja magnitude se amplia em virtude da heterogeneidade na produtividade da mão de obra, das deficiências e lacunas nos projetos, da extensão considerável dos serviços a serem realizados e da flutuação constante dos preços dos insumos.

González (2007) argumenta que, na perspectiva tradicional, um orçamento é concebido como uma previsão ou estimativa dos custos ou do preço de uma obra. Segundo o autor, o custo total de uma obra corresponde ao valor resultante da soma de todos os gastos necessários para a sua execução. Esses gastos incluem não apenas os custos diretos, como materiais e mão de obra, mas também os custos indiretos, despesas gerais, impostos e a receita prevista.

Essa abordagem abrangente permite uma compreensão detalhada e precisa dos recursos financeiros requeridos para a realização de um projeto, assegurando uma gestão eficiente e fundamentada dos recursos econômicos envolvidos. Para Tognetti (2015), a compreensão do orçamento na construção civil exige um entendimento profundo dos conceitos de insumos e serviços. Os insumos são classificados em três categorias principais: materiais, mão de obra e equipamentos.

O serviço, por outro lado, é definido como a combinação desses insumos para entregar um "pacote de trabalho" mensurável. Assim, a precificação de um serviço é feita a partir da composição unitária dos insumos, resultando na Composição de Preços Unitários (CPU), representa o processo de definição dos custos necessários para a execução de uma atividade específica, incluindo todos os recursos envolvidos, suas respectivas unidades, índices de incidência, custos unitários e totais.

O custo unitário é o valor de aquisição de uma unidade do recurso, enquanto o custo total é calculado multiplicando-se o custo unitário pela incidência de cada recurso por unidade de trabalho. O levantamento de quantidades é uma das etapas mais intelectualmente exigentes para orçamentistas e projetistas, pois requer uma leitura e interpretação minuciosa do projeto, levando em conta as dimensões especificadas, características técnicas, cálculos de áreas e volumes, e a quantificação de materiais, equipamentos e mão de obra necessários para as operações de construção.

Normalmente, as documentações escritas de um projeto incluem a Memória de Cálculo e o Memorial Descritivo, elaborados durante a fase de execução do projeto. Esses documentos funcionam como guias para o levantamento quantitativo realizado pela empresa de construção, garantindo que todas as quantidades e atividades previstas sejam adequadamente consideradas e incluídas no orçamento.

Seguindo a lógica, o orçamento é elaborado antes do processo de planejamento. Por essa razão, é crucial assegurar que as informações sejam apresentadas em um formato adequado ao planejamento. Esse formato deve ser definido com base no fluxo de informações, que é gerado a partir da identificação das necessidades de cada um dos intervenientes, permitindo interferências e desdobramentos em todos os níveis do projeto. O planejamento, denominado

"master", deve estabelecer um controle das datas macro, indicando o início e o término das grandes etapas da obra (Formoso, 2001).

Esse planejamento deve incluir uma descrição detalhada de todo o trabalho a ser realizado, sendo fundamental para a definição da estratégia temporal e para a utilização eficiente dos recursos de mão de obra e materiais. Assim, a elaboração de um orçamento detalhado requer um investimento de capital e o interesse da empresa em direcionar a qualificação adequada aos funcionários administrativos.

Neste contexto, é imperativo que o orçamento leve em consideração o cronograma de execução de cada atividade no canteiro de obras, pois a medição será realizada de acordo com essa sequência. Tal abordagem se mostra crucial, não apenas por facilitar o controle de custos do empreendimento, mas também por proporcionar uma visão mais precisa e eficaz do fluxo financeiro e da alocação de recursos ao longo do processo construtivo.

Vários estudiosos oferecem análises e enfatizam a importância da quantificação de insumos para a elaboração do orçamento de obras e subsequente controle de custos nos empreendimentos. Dentre os expoentes neste campo, destacam-se as contribuições de Limmer (1997), Mattos (2006), Coelho (2001), entre outros. Em uníssono, esses autores destacam que a quantificação de custos e insumos, conforme tradicionalmente executada, é caracterizada por ser uma etapa preliminar à estimativa de custos da obra.

Trata-se de um processo que demanda tempo e exige habilidade por parte do orçamentista, frequentemente apoiado em indicadores históricos ou de mercado para agilizar o processo de quantificação. Este procedimento usualmente envolve a utilização de uma memória de cálculo, sendo que o uso de planilhas é predominante, embora também sejam empregados softwares especializados em orçamentação.

Em essência, constitui-se num registro dos itens levantados, visando facilitar futuras verificações ou modificações, caso haja alterações nas características ou dimensões do projeto. À luz destas observações, torna-se evidente em que aspectos o processo de levantamento de quantitativos pode ser aprimorado mediante a adoção do BIM.

Antes de abordar os impactos da Tecnologia BIM no levantamento de quantitativos, é importante compreender o contexto e os desafios do processo

tradicional de quantificação de materiais e serviços em obras. Tradicionalmente, essa etapa é realizada de forma manual ou através de métodos menos integrados, o que pode resultar em diversas ineficiências e vulnerabilidades a erros humanos. A precisão nesse processo é crucial para a elaboração de orçamentos realistas e para a gestão eficaz dos recursos de um projeto de construção oferecendo uma significativa vantagem perante os métodos tradicionais utilizados Eastman et al. (2011).

Com a crescente complexidade dos projetos e a demanda por maior precisão e eficiência, a indústria da construção tem buscado alternativas tecnológicas para otimizar o levantamento de quantitativos. Nesse cenário, a Tecnologia BIM se destaca, oferecendo uma abordagem mais integrada e automatizada, que promete revolucionar a forma como os quantitativos são levantados e gerenciados. A seguir, serão explorados em detalhes os principais impactos dessa tecnologia inovadora

2.2. Breve histórico do building information modeling (BIM)

Na década de 1970, o ilustre educador Charles Eastman concebeu a metodologia conhecida como Building Description System - BDS, ou Sistema de Descrição da Construção, desencadeando uma série de debates e indagações em prol da evolução tecnológica no âmbito da construção civil.

Foi neste contexto que, em 1986, emergiu pela primeira vez a nomenclatura Building Information Modeling - BIM. ou Modelagem da Informação da Construção, representa um processo meticulosamente concebido para administrar informações em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento edificado. Uma das premissas basilares deste procedimento consiste na geração do Modelo de Informações de Construção, que se erige como uma representação digital exaustiva de cada facetado componente do bem construído.

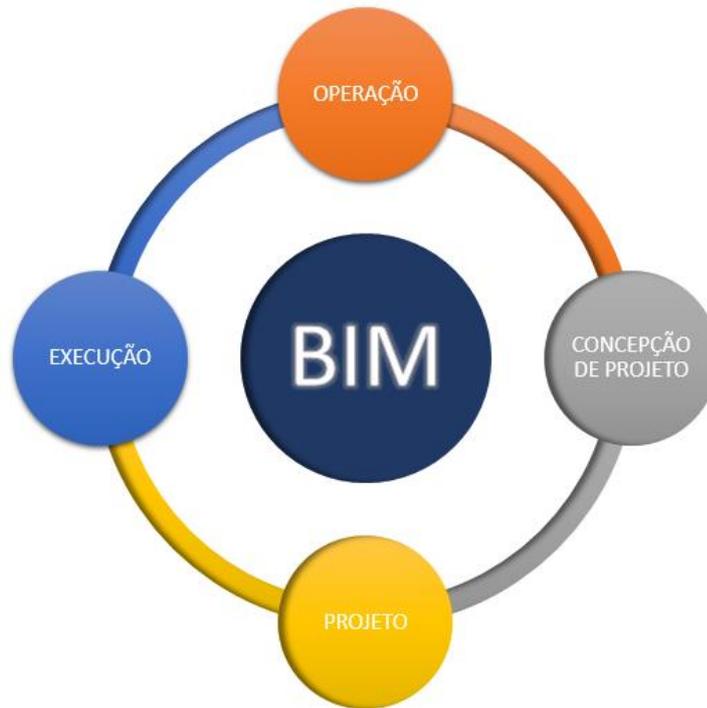
A Modelagem da Informação da Construção, conhecida pela sigla em inglês BIM, consiste na elaboração de um modelo digital detalhado e preciso de uma edificação. Esse modelo, quando desenvolvido em sua totalidade, integra a geometria exata e um conjunto abrangente de dados relevantes, que são cruciais para dar suporte aos processos de fabricação, construção e fornecimento de materiais necessários para a execução do projeto.

Além disso, o BIM promove a interoperabilidade entre diferentes disciplinas de engenharia e arquitetura, permitindo uma gestão mais eficiente do ciclo de vida da construção, desde a concepção até a manutenção pós-construção (Eastman et al., 2014). Por meio da centralização e compartilhamento de informações, o BIM facilita a colaboração entre as partes envolvidas, reduzindo erros, retrabalhos e, conseqüentemente, os custos totais da obra.

Conforme apontado ainda por Eastman et al. (2008), a definição do que constitui tecnologia BIM frequentemente se torna confusa devido, em grande parte, às empresas de software tentarem descrever as capacidades de seus produtos. Dessa forma, o que pode ser considerado como não sendo BIM inclui modelos contendo apenas dados em 3D, com poucos atributos de objetos; modelos desprovidos de suporte à inteligência paramétrica.

Os modelos compostos por diversas referências 2D que necessitam ser combinadas para definir uma edificação; e modelos nos quais alterações nas dimensões em uma vista não são automaticamente refletidas em outras. Eastman et al. (2008) categorizaram os usos e benefícios do Building Information Modeling (BIM) ao longo das diferentes fases do ciclo de vida de um empreendimento. Essas fases são delineadas conforme descrito a seguir através da figura 1 dos tópicos, respectivamente:

Figura 2: Fases do Building Information Modeling (BIM)



Fonte: O autor (2024).

A Figura 1 ilustra as diferentes fases do ciclo de vida de um empreendimento segundo o conceito de Building Information Modeling (BIM). Ela detalha como o BIM é aplicado desde a concepção do projeto até a operação e manutenção da edificação. Cada fase é descrita com suas respectivas atividades, destacando a integração e interoperabilidade proporcionadas pelo BIM. A figura serve como um guia visual para compreender a abrangência e os benefícios da utilização do BIM em todas as etapas do processo construtivo. Isso evidencia a capacidade do BIM em melhorar a eficiência e a precisão em cada fase do projeto. Explicação de cada fase:

- Fase de Concepção de Projeto:
 - Realização de estudos preliminares de conceitos e análises de viabilidade.
- Projeto:
 - Visualização mais precisa e detalhada em estágios avançados do projeto;
 - Correções automáticas dos elementos no modelo em resposta às mudanças efetuadas no projeto;
 - Geração automática de desenhos 2D em qualquer fase do projeto;
 - Facilidade de colaboração antecipada entre equipes multidisciplinares;

- Verificação eficiente do projeto em conformidade com os requisitos do programa;

- Extração automática de quantitativos durante o desenvolvimento do projeto;

- Aperfeiçoamento dos processos de análise energética e avaliação de sustentabilidade.

- Execução:

- Sincronização do planejamento da obra com os objetos do modelo BIM;

- Identificação antecipada de interferências físicas entre elementos do edifício ou omissões antes da execução da obra;

- Aumento da rapidez no processo de incorporação de mudanças no projeto;

- Utilização do modelo de projeto como base para a pré-fabricação;

- Implementação aprimorada da metodologia de construção enxuta;

- Sincronização eficiente das fases de aquisição, projeto e construção.

- Operação:

- Melhor gerenciamento da operação e manutenção dos sistemas e ativos do edifício, garantindo uma gestão contínua e eficaz ao longo do ciclo de vida da edificação.

Ainda segundo Easteman et al. (2014 p. 14), pose-se definir os objetos paramétricos da seguinte forma:

- Consistem em definições geométricas e dados e regras associados.
- A geometria é integrada de maneira não redundante e não permite inconsistências. Quando um objeto é mostrado em 3D, a forma não pode ser representada internamente de maneira redundante, por exemplo, como múltiplas vistas 2D. Uma planta e uma elevação de dado objeto devem sempre ser consistentes. As dimensões não podem ser falsas.
- As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas em um modelo de construção ou quando modificações são feitas em objetos associados. Por exemplo, uma porta se ajusta imediatamente a uma parede, um interruptor se localizará automaticamente próximo ao lado certo da porta, uma parede automaticamente se redimensiona para se juntar a um teto ou telhado, etc.
- Os objetos podem ser definidos em diferentes níveis de agregação, então podemos definir uma parede, assim como seus respectivos componentes. Os objetos podem ser definidos e gerenciados em qualquer número de níveis hierárquicos. Por exemplo, se o peso de um subcomponente de uma parede muda, o peso de toda a parede deve mudar.

- As regras dos objetos podem identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do projeto no que diz respeito a tamanho, construtibilidade, etc.
- Os objetos têm a habilidade de vincular-se a ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos, por exemplo, materiais estruturais, dados acústicos, dados de energia, etc. para outras aplicações e modelos.

Segundo Robinson (2007), a tecnologia BIM emerge como uma transição de significativo impacto no âmbito da prática projetual, uma vez que possibilita a incorporação de elementos e objetos edificados com um nível de detalhamento notável. Tal abordagem viabiliza a explicitação das geometrias, relações espaciais, propriedades e quantidades pertinentes a cada fase do processo, abrangendo, ademais, os índices indispensáveis para a alocação de mão de obra e equipamentos requeridos para a execução dos serviços.

Campestrini et al. (2015) abordou sobre os tipos de modelos BIM 3D, 4D, 5D, 6D, nD e as características presente em cada dimensão que podem ser extraídas. A partir de um modelo tridimensional, é possível obter informações quantitativas e especificações de materiais, bem como dados relacionados à compatibilização espacial do projeto.

No contexto do BIM 4D, além dessas funcionalidades, torna-se viável incorporar aspectos temporais, tais como prazos, cronogramas e visualização do início e término de atividades. Por sua vez, no âmbito do BIM 5D, é possível extrair informações vinculadas aos custos dos serviços, incluindo análises como as curvas ABC, por exemplo. Destaca-se que, conforme se amplia a dimensão de análise do modelo, cresce igualmente sua complexidade e a quantidade de dados passíveis de serem obtidos a partir dele.

De acordo com Durante (2013), o BIM é uma abordagem filosófica que visa integrar os profissionais das áreas de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) desde o início até a conclusão do desenvolvimento do projeto. O BIM facilita a criação de um modelo virtual abrangente, que representa todas as características do produto final. Este modelo inclui não apenas os aspectos físicos e funcionais da edificação, mas também informações detalhadas sobre orçamento e cronograma de execução, permitindo uma gestão eficiente dos recursos e do tempo ao longo de todo o ciclo de vida do projeto.

A National Building Information Modeling Standard (NBIMS, 2007) compreende o BIM em três níveis de abstração: como um produto, uma ferramenta e um processo. No âmbito de um produto, apresenta-se o modelo arquitetônico, constituindo uma parcela do processo projetual concebido mediante o emprego de ferramentas de tecnologia da informação. O BIM pode ser dividido em três grandes fases ao longo do ciclo de vida de um empreendimento: projeto, construção e operação e manutenção (Nardelli et al., 2013). Cada uma dessas fases é subdividida em várias etapas detalhadas pelos autores:

- Projeto:
 - Concepção do projeto;
 - Documentação do projeto;
 - Visualização do projeto;
 - Compatibilização dos projetos;
 - Revisão de projeto;
 - Análise de eficiência energética;
 - Avaliação de critérios de sustentabilidade;
 - Análise de engenharia;
 - Extração de quantitativos.
- Construção:
 - Planejamento da logística de canteiro;
 - Planejamento e controle 4D;
 - Coordenação 3D;
 - Fabricação digital;
 - Gestão de custos;
 - Mock-ups virtuais.
- Operação e manutenção:
 - Programação de manutenção preventiva;
 - Análise dos sistemas do edifício;
 - Gerenciamento do edifício;
 - Gerenciamento dos espaços;
 - Plano de evacuação do edifício;
 - Modelo consolidado.

Cada uma dessas fases e suas respectivas etapas desempenham um papel crucial na maximização da eficiência e precisão ao longo do desenvolvimento do projeto. Na fase de projeto, o BIM facilita a criação e gestão de dados desde a concepção inicial até a documentação detalhada, incluindo análises de sustentabilidade e eficiência energética. Durante a construção, o foco está no planejamento logístico, coordenação tridimensional e controle de custos, permitindo a fabricação digital e a criação de mock-ups virtuais.

Na fase de operação e manutenção, o BIM suporta a gestão contínua do edifício, desde a manutenção preventiva até a análise e gerenciamento dos sistemas e espaços, assegurando a integridade e funcionalidade do edifício ao longo de seu ciclo de vida. Justi (2008, p. 141) enumera as principais vantagens competitivas proporcionadas pelo BIM:

- Maior velocidade na entrega dos projetos, resultando em economia de tempo;
- Melhor coordenação entre as diversas disciplinas, reduzindo a ocorrência de erros no desenho;
- Diminuição dos custos totais, proporcionando economia financeira;
- Aumento da produtividade através da utilização de um modelo digital único;
- Melhoria na qualidade do trabalho realizado;
- Criação de novas oportunidades de receita e negócios;
- Maior foco no design e na inovação;
- Redução do retrabalho.

De acordo com Justi (2008), a adoção do BIM permite ao usuário concentrar-se mais no desenvolvimento do projeto em si, em vez de se preocupar com os desenhos que o representam. Por exemplo, o software Revit da Autodesk ajusta automaticamente a espessura necessária para linhas em cortes e vistas, bem como modifica tamanhos de textos, cotas e símbolos de acordo com a escala utilizada. O software também gera cortes e fachadas automaticamente, além de produzir maquetes eletrônicas com realismo fotográfico.

Uma das características mais vantajosas dos modelos BIM é a parametrização. Ao definir parâmetros para um objeto, qualquer alteração feita a esses parâmetros é automaticamente refletida em todos os objetos semelhantes, permitindo a experimentação de diversas alternativas e a avaliação de seus efeitos

na edificação, incluindo a geração de tabelas de quantitativos de materiais (Durante, 2013).

Para Justi (2008), essa funcionalidade constitui o cerne da plataforma BIM, pois qualquer modificação realizada no modelo em uma determinada vista provoca mudanças automáticas em todos os documentos do projeto, sejam eles quantitativos, cortes, fachadas, entre outros. Ayres (2009) propõe uma classificação do BIM em quatro níveis distintos de abstração, proporcionando uma visão estruturada e abrangente dessa tecnologia.

No primeiro nível, denominado metamodelagem, são abordadas questões relativas aos modelos conceituais, à interoperabilidade entre diferentes aplicações e aos impactos tecnológicos sobre a indústria. Esse nível examina como os modelos teóricos e a integração de diversas plataformas influenciam o setor. O segundo nível, conhecido como modelagem, trata da criação de modelos digitais e das interfaces das aplicações de Desenho Assistido por Computador (CAD) que realizam a modelagem dos produtos.

Aqui, o foco é dado às técnicas e ferramentas utilizadas na construção dos modelos. No terceiro nível, o modelo, são exploradas as relações semânticas entre os diversos objetos que compõem o modelo, destacando como esses elementos interagem e se relacionam para formar um sistema coerente. Finalmente, o quarto nível, referente aos objetos, investiga a funcionalidade das partes componentes do modelo, incluindo seu comportamento, propriedades e atributos.

Este nível aprofunda-se na análise detalhada de cada componente, considerando suas características intrínsecas e seu papel no conjunto do modelo. Na qualidade de ferramenta, o BIM encontra-se intrinsecamente vinculado aos softwares que capacitam a criação, integração e extração de dados do modelo edificado.

Adicionalmente a esses aspectos, o BIM pode ser interpretado como um processo colaborativo, haja vista a sua capacidade de viabilizar a obtenção das informações pertinentes às atividades desenvolvidas ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. Com base na literatura apresentada, torna-se evidente o notável potencial da tecnologia Building Information Modeling em todas as fases do processo construtivo.

A utilização do BIM não só otimiza a gestão de projetos e a coordenação entre diferentes disciplinas, mas também aprimora a eficiência na execução das obras, reduzindo conflitos e retrabalhos, e proporciona uma base sólida para a tomada de decisões ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. O desenvolvimento do BIM ao longo das últimas décadas, conforme destacado por autores como Charles Eastman, Robinson, Campestrini e Durante, evidencia uma evolução significativa na metodologia e na aplicação dessa tecnologia na construção civil. Eastman et al. (2008, 2014) lançaram as bases ao definir o BIM como um processo essencial para a geração e gestão de representações digitais, enquanto Robinson (2007) complementou ao enfatizar a precisão e o detalhamento proporcionados pelo BIM.

Campestrini et al. (2015) expandiram essa visão ao abordar as diferentes dimensões do BIM, como 3D, 4D e 5D, demonstrando a complexidade e a profundidade dos dados incorporados. Durante (2013), por sua vez, apresentou uma perspectiva filosófica que sublinha a integração contínua e colaborativa do BIM ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. Esses autores, juntos, delineiam um panorama abrangente do desenvolvimento e das vantagens do BIM, reforçando sua importância como uma ferramenta transformadora na construção civil.

Diante de todas as informações apresentadas até aqui, é possível notar que a utilização do BIM não só otimiza a gestão de projetos e a coordenação entre diferentes disciplinas, mas também aprimora a eficiência na execução das obras, reduzindo conflitos e retrabalhos, além de proporcionar uma base sólida para a tomada de decisões ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. E, assim, no próximo tópico, serão explorados detalhadamente os aspectos relacionados ao orçamento de obras de construção civil, abordando as diferentes metodologias e fases de elaboração, conforme as diretrizes estabelecidas por normas técnicas e autores especializados.

2.3. Fluxo de trabalhos e diretrizes da tecnologia BIM

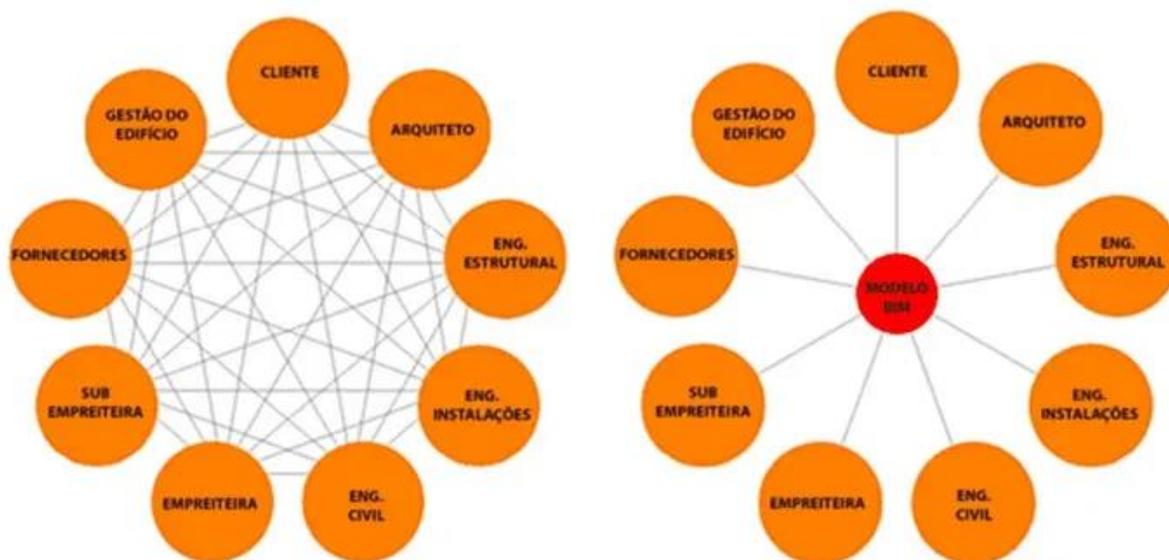
O conceito de Building Information Modeling (BIM) representa uma metodologia transformadora na indústria da construção, integrando informações de projeto, construção e operação de maneira colaborativa e digitalizada. Conforme destacado por Castanho et al. (2015), a utilização do BIM na construção civil permite

a criação de uma simulação precisa e detalhada do projeto antes da execução, o que facilita a detecção e correção de conflitos entre disciplinas, além de atualizar recursos, reduzir prazos e melhorar a qualidade final do produto.

A implementação do BIM no Brasil ainda está em fase de adaptação e amadurecimento. O BIM Fórum Brasil (2023) enfatiza que cada vez mais e profissionais estão aderindo a esta metodologia, impulsionados pela necessidade de melhorar a eficiência, a comunicação e o controle de projetos, buscando atender às novas demandas tecnológicas e de sustentabilidade no setor da construção civil.

O fluxo de trabalho em BIM é composto por diferentes fases (figura 3), cada uma com objetivos específicos e responsabilidades definidas, abrangendo desde o planejamento inicial até a manutenção do edifício e a colaboração entre as equipes.

Figura 3: Fluxo de trabalho



Fonte: Flach (2017).

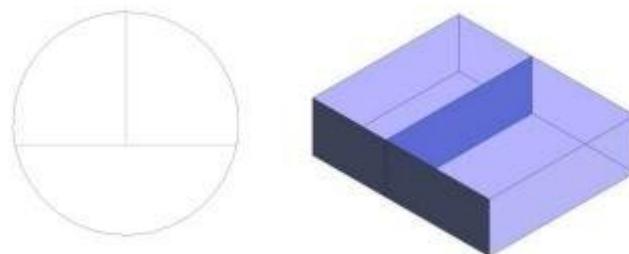
A fase de planejamento é o ponto de partida do BIM, onde são definidos os objetivos e requisitos para o uso da metodologia no projeto. Segundo Castanho et al. (2015), nesta fase ocorre a elaboração do Plano de Execução BIM (BEP), documento essencial para definir responsabilidades, padrões e procedimentos para todo o ciclo de vida do projeto. Esse plano é responsável por alinhar expectativas e esclarecer os papéis de cada equipe envolvida.

Além disso, uma fase de planejamento inclui a definição dos usos do BIM que o projeto exige, tais como modelagem de condições existentes, detalhadamente tridimensional, análise de engenharia e planejamento de construção em 4D (integração do fator tempo ao modelo). O guia ressalta que uma boa definição inicial garante que o modelo seja desenvolvido com qualidade e sem informações desnecessárias, evitando retrabalhos e inconsistências futuras.

A Figura 2 ilustra o processo de planejamento inicial, onde são distribuídas as responsabilidades e definidas as fases de execução do projeto, garantindo que todos os participantes tenham claros sobre as metas e os requisitos técnicos do projeto. Na fase de projeto, o modelo BIM passa a ser detalhado em vários níveis, chamados de Níveis de Desenvolvimento (LOD). Cada LOD representa um nível de definição do modelo, variando de uma representação conceitual inicial até o nível mais detalhado, usado para manutenção. Castanho et al. (2015) destacam os principais LODs:

LOD 100: Representação básica dos elementos, fornece uma visão conceitual e generalista do modelo.

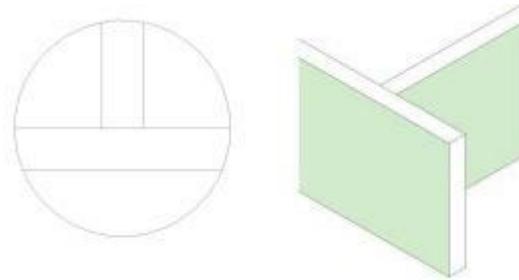
Figura 4: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 100



Fonte: GTBIM, 2015.

LOD 200: Elementos representados com forma e tamanho aproximados, permitindo uma análise preliminar do projeto.

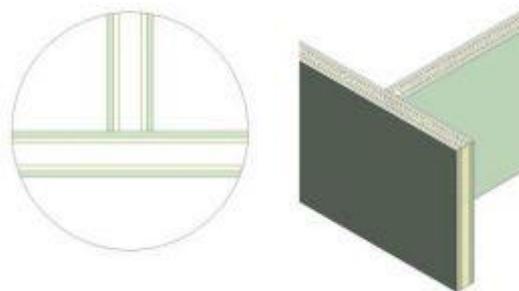
Figura 5: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 200



Fonte: GTBIM, 2015.

LOD 300: Modelos detalhados com dimensões e locais exatos, prontos para validação e execução.

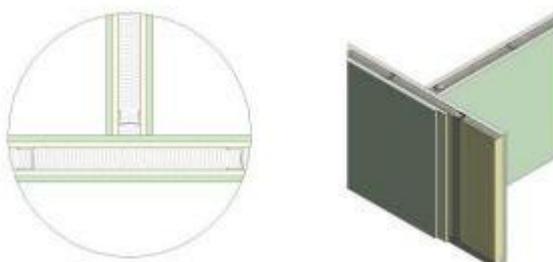
Figura 6: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 300



Fonte: GTBIM, 2015.

LOD 400: Modelo altamente detalhado, suficiente para fabricação e montagem dos componentes.

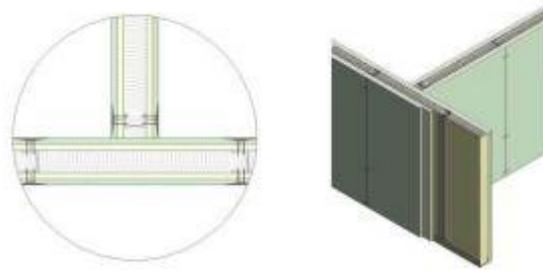
Figura 7: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 400.



Fonte: GTBIM, 2015.

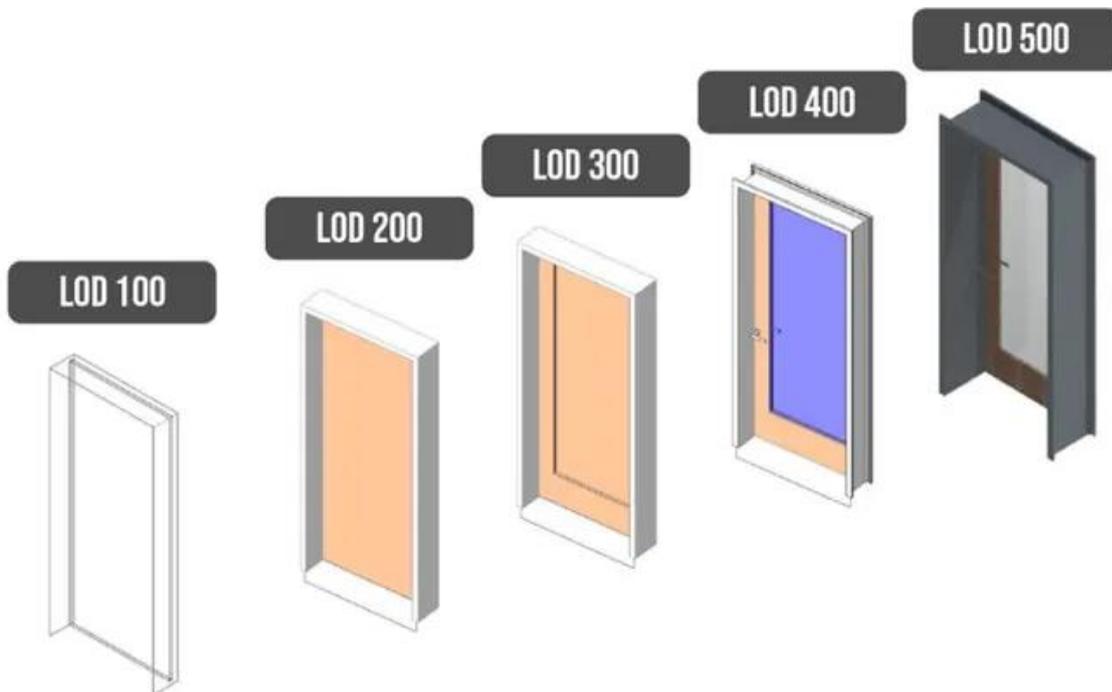
LOD 500: Modelo consolidado final, utilizado para operação e manutenção do edifício.

Figura 8: Esquema representativo planta e perspectiva LOD 500



Fonte: GTBIM, 2015.

Figura 9: Imagem comparativa do LOD



Fonte: EPE (2021).

Esses diferentes níveis de detalhamento garantem que o modelo BIM atenda às necessidades específicas de cada fase do projeto, sendo ajustados gradualmente de acordo com o desenvolvimento do projeto.

Na fase de construção, o modelo BIM torna-se uma ferramenta de gestão essencial, integrando o planejamento e a execução da obra. Conforme o BIM Fórum Brasil (2023) ressalta, o uso da modelagem em 4D e 5D (integração de tempo e

custo) permite um monitoramento preciso do cronograma e do orçamento, facilitando o acompanhamento das atividades e possibilitando ajustes em tempo real.

Esse monitoramento constante é fundamental para uma execução mais coordenada e eficiente, uma vez que as equipes possam identificar conflitos e correções antes que uma construção ocorra. A fase de construção também beneficia o fluxo de informações contínuas entre as equipes, permitindo que alterações no projeto sejam realizadas e sincronizadas diretamente no modelo, mantendo todos os envolvidos atualizados.

A atualização do modelo conforme a construção avançada minimiza o retrabalho e torna o processo mais ágil. A troca de informações nesse ponto ocorre em um ambiente colaborativo e centralizado, que possibilita maior precisão e evita que as atualizações se tornem inconsistentes. A coordenação eficaz reduz desperdícios e mantém o projeto dentro do planejamento inicial.

Após a conclusão da obra, o BIM continua a ser útil para a operação e manutenção do edifício, com a entrega do modelo consolidado, também conhecido como "as-built", para o cliente. Esse modelo contém todas as informações finais do projeto, incluindo detalhes estruturais, instalações, manutenções e gestão de espaços. Castanho et al. (2015) destacam que essa fase inclui o uso do modelo para manutenção preventiva e monitoramento de desempenho, o que permite o gerenciamento eficaz dos ativos do edifício.

Essa fase é particularmente vantajosa, pois permite que o proprietário do edifício ou os gerentes operacionais tenham acesso a um banco de dados digital atualizado e preciso sobre todos os sistemas de construção, desde elementos estruturais até as instalações elétricas e hidráulicas. A Figura 6, representada acima, apresenta o modelo consolidado com as informações estruturadas, que servem para orientar a operação e a manutenção do edifício ao longo de sua vida útil.

2.3.1. Colaboração e Integração no Ambiente BIM

A colaboração entre as equipes é um dos princípios centrais do BIM, exigindo que todas as disciplinas trabalhem de forma integrada em um ambiente digital compartilhado. O BIM Fórum Brasil (2023) enfatiza a importância eficiente da interoperabilidade, que é a capacidade de diferentes softwares e plataformas

trabalhem em conjunto, permitindo uma troca de informações. Existem três cenários principais de integração para garantir essa interoperabilidade:

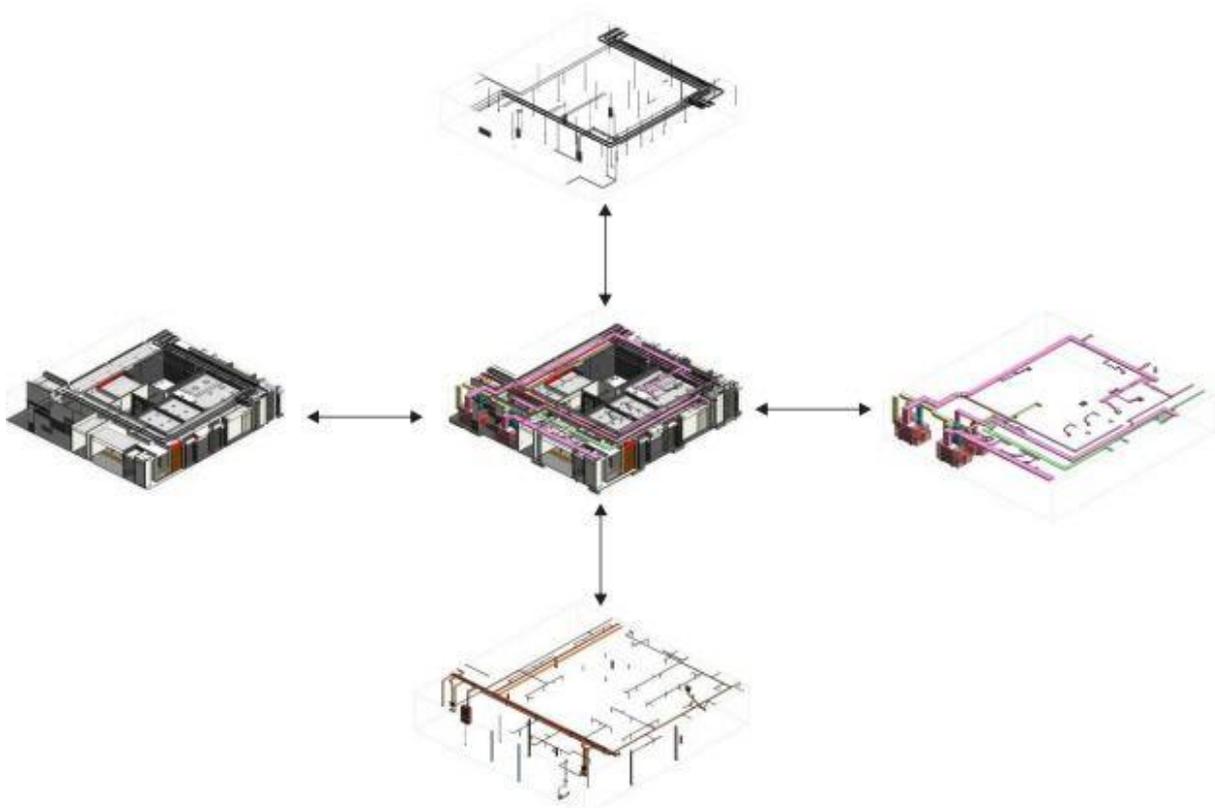
Modelo centralizado: Em um único ambiente, acessado por todas as equipes, que possibilita atualizações em tempo real.

Modelos federados em um ambiente comum (CDE): Cada disciplina desenvolve seus modelos individualmente e os integra em um ambiente comum, onde todos podem acessar o conjunto final.

Modelos federados em ambientes distintos: A troca de dados ocorre por meio de uploads e downloads de periódicos, nos quais os modelos são desenvolvidos separadamente e sincronizados em intervalos definidos.

A Figura 7 ilustra o cenário dos modelos federados, onde as equipes trabalham de forma colaborativa em um ambiente compartilhado, com acesso em tempo real às atualizações, evitando assim conflitos e promovendo a compatibilização contínua.

Figura 10: Esquema representativo de modelos federados



Fonte: GTBIM, 2015.

2.3.2. Diretrizes Contratuais para Implementação do BIM

Para garantir que a metodologia BIM seja inovadora de maneira eficiente e colaborativa, é fundamental estabelecer diretrizes contratuais claras, que determinem responsabilidades e garantam a colaboração entre as partes. De acordo com o BIM Fórum Brasil (2023), as modalidades contratuais mais comuns para o uso do BIM incluem:

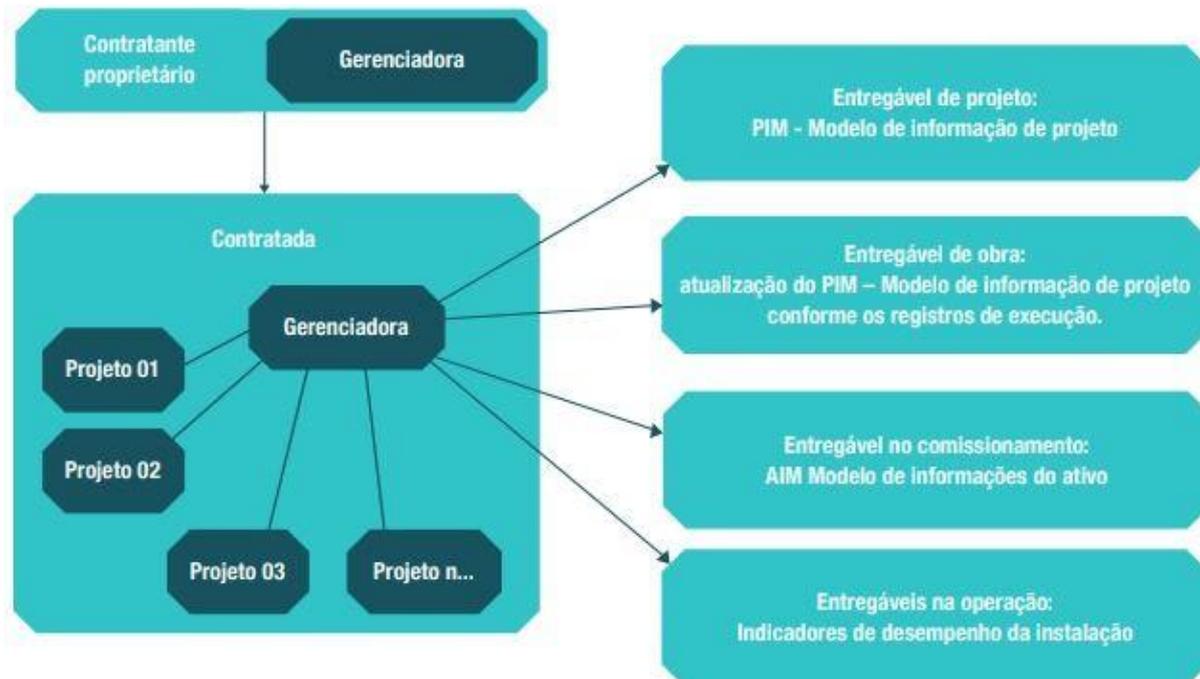
DBB (Design/Bid/Build): Projeto e construção são contratados separadamente, o que pode resultar em responsabilidade fragmentada entre projetistas e construtores, dificultando a colaboração total.

D&B (Design and Build): A empreiteira assume tanto o projeto quanto a construção, promovendo integração e facilitando o uso do BIM, pois os responsáveis pela execução participam do projeto desde o início.

IPD (Integrated Project Delivery): Um modelo colaborativo que envolve todas as partes desde o início do projeto, promovendo a utilização plena do BIM e incentivando a cooperação entre as disciplinas.

Para cada um desses modelos, é essencial definir os Requisitos de Informação (EIR) e o Plano de Execução BIM (BEP), que garantem que todas as partes envolvidas compreendam como o BIM será utilizado ao longo do projeto. A Figura 5 mostra o fluxo de requisitos e responsabilidades em um contrato de tipo D&B, detalhando o papel de cada parte no desenvolvimento e na execução do projeto.

Figura 11: Esquema de entregáveis conforme as etapas no arranjo contratual D&B



Fonte: BIM Fórum Brasil, 2023.

A adoção do BIM na construção civil tem mostrado uma solução eficaz para melhorar a gestão de projetos, desde a fase de planejamento até a operação e manutenção do edifício. O uso do BIM permite uma visão integrada do projeto, aprimorando a comunicação entre as equipes e facilitando o controle de qualidade.

2.4. Impactos da Tecnologia BIM em levantamento de quantitativos

Uma fase crucial em qualquer projeto de construção, especialmente no contexto do mercado competitivo contemporâneo, é a elaboração do orçamento. Os orçamentos de obras de construção civil envolvem a identificação dos serviços a serem realizados, a quantificação dos materiais e serviços necessários, bem como a determinação dos preços unitários e do custo total do investimento (Coelho, 2001).

Tradicionalmente, a quantificação é realizada por meio da análise dos projetos desenvolvidos, das especificações técnicas e das plantas construtivas (Dias, 2004). Devido ao fato de ser um processo predominantemente manual, a orçamentação de obras está suscetível a inúmeros erros. Muitos desses equívocos surgem durante a fase de quantificação, o que provoca uma cadeia de erros que pode comprometer todo o orçamento.

Em outras palavras, um erro na quantificação pode impactar gravemente a estimativa do custo final do projeto, influenciando negativamente as decisões empresariais. Assim, dada a importância do processo de quantificação, fica evidente a necessidade de aperfeiçoamento da orçamentação. Conforme Sabol (2008), a estimativa de custos de construção geralmente se inicia com a fase de levantamento de quantitativos, que envolve a contagem dos componentes a partir de desenhos impressos ou com o auxílio de softwares CAD.

Embora este processo seja tradicionalmente manual, o uso de softwares permite a visualização das plantas construtivas, auxiliando na inspeção e análise detalhada do projeto e suas especificações. Essa etapa, no entanto, é propensa a erros humanos e pode consumir entre 50% e 80% do tempo do engenheiro orçamentista. Muitos desses erros ocorrem durante o levantamento de quantitativos de materiais, propagando-se ao longo do orçamento e afetando negativamente o custo final da obra (Santos; Antunes; Balbinot, 2015).

Miotto, Crovador e Miotto (2014) destacam que a determinação precisa dos quantitativos é crucial para refletir o custo real do empreendimento, realizar o estudo de viabilidade do projeto, estimar a quantidade de insumos e programar o momento exato de sua utilização, prevenindo atrasos na obra. Essa etapa é essencial para o gerenciamento eficiente e a adaptação do empreendimento às suas necessidades.

Portanto, a importância dessa fase no ciclo de vida da edificação é inquestionável, e a busca por aprimoramentos nesse processo deve ser tratada como uma prioridade para minimizar erros. Witicovski (2011) discute a viabilidade da aplicação do BIM para o levantamento de quantitativos no setor de construção civil brasileiro. Por meio da análise de seis estudos de caso realizados em diversas empresas.

Ainda, Witicovski (2011) conclui que a adoção do BIM pode aprimorar significativamente o planejamento e o controle de custos dos empreendimentos. No entanto, o autor enfatiza que, além da utilização do software BIM, é imperativo implementar uma reestruturação nos processos de negócios para alcançar os benefícios desejados. Hartmann et al. (2012) investigam a adoção de ferramentas BIM para o levantamento de quantitativos em uma empresa, destacando que a integração dos softwares de modelagem da construção com processos de trabalho consolidados é viável.

Paralelamente, Amiri (2012) conduz um estudo de caso em Vancouver, explorando a eficiência do BIM na quantificação de materiais. Amiri salienta que os softwares BIM, quando utilizados adequadamente, podem gerar levantamentos mais precisos e eficientes. A chave para essa eficácia reside na criação meticulosa do modelo, pois um modelo bem elaborado facilita um processo de quantificação mais rápido e acurado.

Conforme salientado por Eastman et al. (2011), a utilização de modelos BIM para a realização de estimativas de custo oferece a significativa vantagem da automatização desse processo. Em contraste com o método tradicional, que exige o cálculo manual das informações a partir da leitura de projetos bidimensionais, os softwares BIM produzem planilhas estruturadas que correspondem aos elementos da construção, incluindo a geração automática dos quantitativos.

É imperativo, entretanto, que essa automatização seja sustentada por um modelo desenvolvido em conformidade com os padrões definidos pelo Engenheiro Orçamentista e os parâmetros dos programas utilizados para estimar os custos. A ausência dessa compatibilidade pode comprometer a extração automatizada dos dados, resultando em quantitativos incorretos para o projeto.

Os softwares que utilizam a tecnologia BIM são projetados para fornecer recursos avançados na extração de quantitativos de componentes, gerando relatórios detalhados em diversas tabelas. Contudo, a precisão desses levantamentos está intrinsecamente ligada à qualidade do modelo digital da edificação. Quando a modelagem não é executada com o devido cuidado, surgem limitações significativas. Por exemplo, alguns softwares podem calcular a metragem de sapatas de concreto, mas falham em quantificar a armadura embutida.

No contexto tradicional de trabalho, a obtenção de uma estimativa precisa de custos é viável apenas após a conclusão da documentação do projeto, quando se dispõe das quantidades exatas de materiais e mão de obra. Antes dessa etapa, o custo é geralmente inferido com base na experiência anterior em construções semelhantes, aplicando-se um valor por metro quadrado para o mesmo tipo de edificação. Os custos são determinados para construções padronizadas e, embora seja possível ajustar os coeficientes para refletir as especificidades de um projeto particular, a margem de erro resultante tende a ser bastante significativa (Pinto, 2018).

A principal distinção entre o BIM e o Computer-Aided Design (CAD) reside na abordagem da elaboração do projeto. No BIM, o usuário trabalha com objetos tridimensionais, ao invés de meras linhas. Esses objetos possuem propriedades predefinidas ou definidas pelo usuário, facilitando a quantificação dos materiais necessários (Alder, 2006).

Para realizar estimativas precisas, é essencial não apenas contar componentes como blocos cerâmicos, portas, janelas e acessórios hidrossanitários, mas também visualizar esses elementos. O uso do BIM permite a geração de dados concretos desde as fases iniciais do processo de projeto. Diversas versões desses documentos podem coexistir, sendo crucial o acesso à versão mais atualizada.

A troca de dados digitais sobre um projeto de construção pode substituir processos baseados em documentos impressos, aumentando a velocidade e a eficiência da comunicação e aprimorando a gestão de custos, desde a concepção até a conclusão – uma abordagem conhecida como gestão total de custos. O objetivo é integrar todos os dados multidisciplinares gerados durante a obra e otimizar sua utilização (Matipa, 2008). Dessa forma, os orçamentistas conseguem compreender e visualizar com exatidão o que está sendo quantificado, permitindo uma análise precisa de diferentes cenários (Alder, 2006).

Alder (2006) destaca diversos atributos que auxiliam na estimativa e quantificação por meio da ferramenta BIM, tais como visualização e compreensão do escopo do projeto por meio de uma visão tridimensional, atributos dimensionais precisos a partir de objetos, eliminando problemas de escala errada e permitindo a exibição dos itens a serem quantificados. À medida que o modelo é criado, listas de materiais ou listas paramétricas tornam-se disponíveis e estão vinculadas aos objetos no modelo, podendo ser ajustadas para mostrar os parâmetros dos objetos no modelo, como quantidades e dimensões que são atualizadas automaticamente.

É possível isolar objetos na visão tridimensional para verificar a quantificação correta, permitindo que o orçamento seja desenvolvido com um nível significativo de detalhe. Além disso, fornece entendimento sobre onde estão as variações e sua importância, comparando com os dados iniciais e disponibilizando a estrutura de custos para avaliação das áreas fundamentais, identificando onde são possíveis melhorias significativas

A ideia de um repositório único torna-se mais acessível a todos os usuários, e a questão central passa a ser a guarda e o controle sobre os dados do produto, como ele é criado e atualizado. Cada item é descrito uma única vez, utilizando qualquer ferramenta de modelagem. Embora a extração automática das quantidades possa ser alcançada pela maioria dos sistemas, o problema surge na utilização dessa extração especialmente em situações onde os orçamentistas são excluídos do processo de projeto. É inevitável que a documentação e os dados se tornem cada vez mais automatizados, de modo que a quantificação e outros processos técnicos exijam mínima intervenção humana (Matipa, 2008).

Esses objetos não apenas incorporam características geométricas, mas também armazenam parâmetros adicionais relacionados à sua construção. Dessa forma, o BIM facilita uma gestão mais precisa e eficiente das informações necessárias para a construção, minimizando as discrepâncias e os erros que costumam ocorrer nos métodos tradicionais de levantamento de quantitativos.

De acordo com a International Organization for Technology Developers in the Construction Industry (Organização Mundial de Desenvolvedores de Tecnologia para o Setor da Construção), o BIM é definido como a representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação. Essa tecnologia permite a integração abrangente e sistemática de várias etapas do ciclo de vida de uma obra, unificando a gestão de todas as informações disponíveis no projeto. Assim, o BIM proporciona uma base confiável para a tomada de decisões ao longo de todo o ciclo de vida da construção, desde a concepção inicial até a demolição (INBEC, 2018).

Ademais, a parametrização dos objetos em um modelo BIM implica que suas características dependem não apenas de suas propriedades individuais, mas também das características de outros objetos associados. Por exemplo, ao modificar o pé-direito em um modelo BIM, as paredes são automaticamente ajustadas para se adequarem a essa nova altura, refletindo as mudanças de maneira consistente em todos os elementos relacionados. Isso elimina problemas de inconsistências entre os projetos, garantindo uma coerência integral na modelagem.

Assim, o uso do BIM promove uma integração harmoniosa e dinâmica dos componentes da edificação, assegurando que qualquer alteração em um objeto seja refletida em todos os demais elementos afetados, resultando em uma maior precisão e confiabilidade nos projetos arquitetônicos e de engenharia. Em síntese, a

integração do BIM com o levantamento de quantitativos revela-se de suma importância para a precisão e eficiência no planejamento e controle de custos em projetos de construção.

A tecnologia BIM não apenas automatiza a extração de quantitativos, mas também assegura a consistência das informações ao parametrizar os objetos do modelo, refletindo automaticamente as mudanças em todas as partes associadas como foi citado anteriormente (Hartmann et al., 2012; Amiri, 2012). Essa implementação tecnológica minimiza os erros humanos e as inconsistências comuns nos métodos tradicionais de quantificação (Santos, Antunes e Balbinot, 2015).

Além disso, a capacidade do BIM de proporcionar uma visão holística e detalhada da edificação desde as etapas iniciais do projeto até a execução final contribui significativamente para a tomada de decisões mais informadas e assertivas (Witicovski, 2011). Assim, a adoção do BIM no levantamento de quantitativos não só aprimora a precisão dos dados, mas também otimiza os processos de gerenciamento de projetos, consolidando-se como uma ferramenta indispensável para a modernização da indústria da construção.

2.5. Comparação entre o BIM e o CAD no processo de orçamentação

A evolução das tecnologias aplicadas ao setor de construção civil trouxe consigo métodos inovadores que buscam maior precisão e eficiência nos processos de orçamento e planejamento. O CAD (Computer-Aided Design) foi uma das primeiras grandes revoluções, permitindo a criação de projetos técnicos detalhados com auxílio de computadores. No entanto, com a crescente complexidade dos projetos e a demanda por maior precisão e controle, surgiu o BIM (Building Information Modeling), que não apenas oferece uma modelagem tridimensional mais avançada, mas também integra informações críticas sobre materiais, custos, cronogramas e outras variáveis do projeto.

O AutoCAD, uma das ferramentas mais tradicionais de CAD, revolucionou a indústria da construção na década de 1980. Ele trouxe rapidez e precisão na criação de desenhos técnicos, facilitando o desenvolvimento de projetos arquitetônicos e de engenharia. No entanto, apesar dos avanços, o CAD ainda é limitado quando se trata de integrar informações de diferentes disciplinas de forma eficiente. Segundo Schodek et al. (2020), as inconsistências, falhas e inseguranças nos dados gerados

pelo CAD frequentemente levam a retrabalho e ajustes no orçamento, uma vez que o processo não é automatizado. Além disso, o CAD trabalha com desenhos em duas dimensões, que muitas vezes requerem interpretações manuais para a realização de quantificações de materiais e orçamentos. A falta de uma integração dinâmica entre os elementos do projeto faz com que qualquer alteração no design precise ser ajustada manualmente em todas as vistas e documentos relacionados, aumentando a chance de erros e inconsistências.

Por outro lado, o BIM representa uma mudança significativa em relação à abordagem tradicional do CAD. Ele permite não apenas a criação de modelos tridimensionais, mas também a integração de uma vasta gama de informações detalhadas sobre cada elemento do projeto. Essa abordagem paramétrica é fundamental para melhorar a precisão e eficiência na extração de quantitativos e na geração de orçamentos. A plataforma BIM, como o software Revit, proporciona uma atualização automática de todos os elementos do projeto quando uma mudança é feita, eliminando a necessidade de ajustes manuais.

De acordo com Eastman et al. (2014), uma das principais vantagens do BIM é a sua capacidade de reduzir erros através da detecção de interferências e da compatibilização de projetos, o que torna o processo de orçamentação mais ágil e confiável. Em um estudo comparativo, foi identificado que os quantitativos extraídos por meio do BIM eram mais precisos e atualizados em relação aos extraídos manualmente pelo CAD, destacando a eficiência do BIM em cenários onde a precisão é crítica para a tomada de decisões financeiras.

Os estudos mostram que o método tradicional de levantamento de quantitativos via CAD é um processo manual, propenso a erros, e que pode afetar negativamente a tomada de decisão das empresas devido às imprecisões no orçamento. Por outro lado, a utilização do BIM melhora significativamente a precisão e rapidez das quantificações. O BIM permite simulações e análises preditivas que são impossíveis de realizar com o CAD, o que favorece uma melhor compreensão dos custos e das necessidades logísticas do projeto.

A análise comparativa realizada por Santos et al. (2020) indicou que a modelagem BIM não só reduziu o tempo de elaboração dos projetos, mas também diminuiu drasticamente os erros comuns na criação de documentos e levantamentos de quantitativos, melhorando a qualidade final dos projetos de construção. Esses

resultados são reforçados pelos experimentos realizados por outros pesquisadores que demonstraram uma vantagem clara do BIM em relação ao CAD em termos de integração de dados e controle de custos.

Conclui-se que, embora o CAD ainda seja amplamente utilizado e ofereça uma base sólida para a criação de projetos, suas limitações em termos de integração de informações e automação de processos de orçamentação são superadas pelas capacidades do BIM. O BIM emerge como a ferramenta ideal para projetos que exigem um alto nível de detalhe, precisão e controle de custos, facilitando a coordenação entre as diferentes disciplinas e aumentando a eficiência global dos processos de construção. Portanto, a adoção do BIM representa um avanço significativo para o setor da construção civil, especialmente quando se trata de orçamento e planejamento de projetos complexos.

3. METODOLOGIA

O presente estudo consiste em pesquisa aplicada, de caráter exploratório, que visa apresentar uma comparativa dos principais impactos no custo final da obra visando a filosofia de melhoria fornecida por Building Information Modeling (BIM). Segundo Gil (2002, p.41):

(...) tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Pode envolver levantamento bibliográfico ou entrevistas com pessoas experientes no problema pesquisado. Geralmente, assume a forma de pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Visando analisar a aplicação e os principais impactos da tecnologia BIM em orçamentos, o presente trabalho tem uma abordagem de apresentação de resultados na forma qualitativa, a partir da coleta de informações de fontes secundárias, incluindo livros, artigos, monografias materiais e autores significativos para o trabalho.

Foi realizada uma extensa revisão bibliográfica para fundamentar os conceitos, benefícios e limitações do BIM na construção civil. A literatura revisada abrange autores e estudos que exploram as vantagens do BIM em relação aos métodos tradicionais, como o CAD (Computer-Aided Design), especialmente no que diz respeito à precisão no levantamento de quantitativos e à minimização de erros em orçamentos. Além disso, foram examinadas fontes que abordam a aplicabilidade do BIM nas diferentes fases do projeto, desde o planejamento até a execução, e como ele se alinha com as necessidades de controle de custos.

Como parte prática da metodologia, um estudo de caso foi realizado com base na construção de uma Parada de Táxi no município de Porto Grande, localizado no estado do Amapá. Este estudo de caso permitiu uma análise de forma prática como o BIM pode contribuir para a precisão e agilidade no levantamento de quantitativos, facilitando a gestão de projetos e de forma progressiva entre diversas disciplinas. A estrutura do ponto de táxi, composta por elementos de aço e concreto, representou uma oportunidade para ilustrar como o BIM apoia a organização de estruturas e promove uma análise integrada do projeto.

Para complementar a pesquisa e enriquecer a compreensão do cenário local, foram realizadas entrevistas com profissionais da área de construção civil no estado

do Amapá, entre eles engenheiros e gerentes de projetos com experiência em BIM. As entrevistas focaram nas experiências e desafios diários enfrentados por profissionais no uso do BIM no contexto local. Para tanto, foram formuladas cinco perguntas principais:

1. Quais são os principais desafios enfrentados para implementar o BIM nos projetos de construção civil no Amapá?
2. Na sua experiência, quais são os principais benefícios do BIM na fase de quantificação de orçamento e gestão de custos?
3. Como o mercado de trabalho no Amapá está reagindo à introdução do BIM? Há uma demanda crescente por profissionais capacitados nessa tecnologia
4. Quais recursos e treinamentos são mais necessários para melhorar a adoção do BIM entre os profissionais locais?
5. Você acredita que a implementação do BIM no Amapá está acompanhando o ritmo de outras regiões do Brasil? Quais são os fatores que mais influenciam essa evolução?

A análise dos dados obtidos na revisão bibliográfica, no estudo de caso e nas entrevistas foi realizada de maneira qualitativa, identificando padrões, desafios e percepções que revelam o impacto do BIM na gestão orçamentária de obras no Amapá. Esta análise procurou entender a maturidade do BIM na região, bem como as principais barreiras e oportunidades para o aumento de sua adoção. Assim, os resultados foram organizados de forma a responder aos objetivos de explorar o papel do BIM no estado e de apontar caminhos para o desenvolvimento local

A metodologia é concluída com uma síntese das análises das entrevistas e do estudo de caso, ressaltando como o BIM pode contribuir para maior precisão em orçamentos, redução de erros e integração eficiente das equipes de projetos no Amapá.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo tem como objetivo analisar os aspectos fundamentais do uso do BIM em comparação ao Computer-Aided Design (CAD), focalizando na elaboração do projeto através de objetos ao invés de meras linhas. Tal abordagem é essencial para entender como o BIM permite a integração de propriedades predefinidas ou personalizadas pelo usuário, facilitando a estimativa de quantidades de material e a visualização dos elementos do projeto (Alder, 2006). Segundo Matipa (2008), a utilização do modelo BIM resulta na geração de dados concretos desde as fases iniciais do processo de projeto, permitindo múltiplas versões de documentos acessíveis e uma comunicação mais eficiente.

Assim, a integração de dados digitais pode substituir processos impressos, aumentando a velocidade e a eficiência da comunicação, bem como a gestão total de custos desde a concepção até a conclusão do projeto. Com base nessas premissas, este capítulo discorrerá sobre a visualização tridimensional do escopo do projeto, a precisão das listas de materiais geradas parametricamente e a relevância do controle sobre os dados do produto, destacando a importância de uma abordagem automatizada para a quantificação e outros processos técnicos (Alder, 2006; Matipa, 2008).

O Building Information Modeling (BIM) tem revolucionado a indústria da construção, promovendo uma abordagem integrada e colaborativa para o planejamento, execução e gestão de projetos. Charles Eastman, um dos pioneiros nessa área, destaca a importância do BIM como uma ferramenta centralizadora que integra informações ao longo de todo o ciclo de vida de um projeto.

Eastman et al. (2008, 2014) definem o BIM como um processo que envolve a geração e a gestão de representações digitais das características físicas e funcionais de um local. Sua visão sobre os objetos paramétricos, que permitem modificações dinâmicas sem inconsistências, é fundamental para entender a eficiência proporcionada pelo BIM.

Essa eficiência é ressaltada por Robinson (2007), que complementa a visão de Eastman ao enfatizar a precisão e o detalhamento que o BIM oferece. Robinson observa que a centralização das informações em um modelo único não apenas

facilita a coordenação entre diferentes disciplinas de engenharia e arquitetura, mas também reduz significativamente os erros e retrabalhos.

Essa visão é corroborada por Campestrini et al. (2015), que exploram as diferentes dimensões do BIM, como 3D, 4D, 5D, entre outras, cada uma trazendo uma camada adicional de complexidade e informação. Por exemplo, a dimensão 5D incorpora dados de custos, permitindo uma análise orçamentária precisa e em tempo real, um aspecto crucial para a elaboração de orçamentos de obras.

A abordagem filosófica de Durante (2013) sobre o BIM amplia ainda mais a discussão ao sublinhar a integração contínua desde a concepção até a conclusão do projeto. Durante argumenta que o BIM cria um modelo virtual abrangente, que não apenas replica as características físicas do edifício, mas também inclui dados funcionais, orçamentários e cronogramas. Essa filosofia de integração contínua é fundamental para maximizar os benefícios do BIM, promovendo uma colaboração eficaz entre todas as partes envolvidas no projeto.

Justi (2008) adiciona uma dimensão estratégica à discussão, destacando as vantagens competitivas proporcionadas pelo BIM. Segundo Justi, a adoção do BIM resulta em uma entrega de projetos mais rápida, melhor coordenação entre as equipes, redução de custos, aumento da produtividade e criação de novas oportunidades de receita. Essas vantagens competitivas refletem diretamente os benefícios mencionados por Eastman, Robinson e Durante, reforçando a ideia de que o BIM não apenas melhora a precisão e a eficiência, mas também oferece vantagens estratégicas significativas.

A contribuição de Ayres (2009) é particularmente notável ao classificar o BIM em quatro níveis distintos de abstração. Sua abordagem detalhada dos níveis de abstração fornece uma estrutura clara para entender a funcionalidade e a interoperabilidade do BIM. O autor destaca a importância da interoperabilidade e da integração de diferentes plataformas, aspectos que são também valorizados por Eastman (2011). A classificação de Ayres complementa as visões mais aplicadas dos outros autores, fornecendo um framework teórico robusto para a implementação do BIM.

Tisaka (2011) e o Instituto de Engenharia (2011) enfocam mais especificamente a elaboração de orçamentos e a análise de custos, oferecendo uma visão prática sobre a utilização do BIM. Eles detalham métodos de orçamentação e

os componentes necessários para uma estimativa precisa dos custos de construção. Embora esses aspectos sejam mais específicos, eles complementam as visões mais abrangentes e filosóficas dos outros autores ao fornecer uma abordagem prática para a implementação do BIM em orçamentos de obras.

A integração das visões de todos esses autores revela uma compreensão multifacetada do impacto do BIM na construção civil. A centralização das informações e a interoperabilidade destacadas por Eastman (2011) são amplamente corroboradas e expandidas por Robinson (2007), Campestrini (2015), Durante (2013), Justi (2008), Ayres (2009), Tisaka (2011) e o Instituto de Engenharia (2011). A abordagem filosófica de Durante e a classificação estruturada de Ayres fornecem uma base teórica robusta que complementa a aplicação prática detalhada por Tisaka e o Instituto de Engenharia.

Para ilustrar melhor essa integração, pode-se considerar um exemplo prático. Imagine um projeto de construção de um complexo residencial que utiliza o BIM desde a fase inicial de concepção até a entrega final. No início, a equipe de design usa modelos 3D para criar uma representação visual detalhada do complexo.

À medida que o projeto avança, informações sobre cronogramas (4D) e custos (5D) são integradas ao modelo, permitindo uma gestão precisa do tempo e dos recursos financeiros. Durante todo o processo, a interoperabilidade entre diferentes plataformas e disciplinas facilita a comunicação e a coordenação, reduzindo erros e retrabalhos. No final, o uso do BIM resulta em um projeto entregue dentro do prazo e do orçamento, com alta qualidade e eficiência.

Esse exemplo prático reflete a integração das ideias dos diversos autores analisados. A precisão e o detalhamento mencionados por Robinson (2007), a filosofia de integração contínua de Durante (2013), as vantagens competitivas destacadas por Justi (2008), e a estrutura teórica de Ayres, todos convergem para ilustrar os benefícios práticos e estratégicos do BIM.

Portanto, a análise detalhada das contribuições dos autores sobre o BIM revela que, embora cada um tenha uma ênfase e abordagem específica, suas visões se complementam e se reforçam mutuamente. A centralização das informações, a interoperabilidade, a integração contínua e as vantagens competitivas são temas recorrentes que aparecem de diferentes formas nas obras analisadas. Essa convergência de ideias sublinha a importância e o impacto do BIM na construção

civil, especialmente em relação à precisão e eficiência na elaboração de orçamentos de obras.

A abordagem integrada e colaborativa promovida pelo BIM representa uma mudança significativa na forma como os projetos de construção são planejados e executados. A adoção crescente dessa tecnologia reflete seu potencial para transformar a indústria, oferecendo uma ferramenta poderosa para a gestão eficiente de projetos, desde a concepção inicial até a entrega final.

Antes de adentrarmos no estudo de caso específico da construção da Parada de Táxi em Porto Grande, no Estado do Amapá, é fundamental compreender o contexto e a aplicabilidade da tecnologia BIM no setor da construção civil. A tecnologia BIM tem revolucionado a forma como os projetos são planejados, gerenciados e executados, promovendo uma abordagem colaborativa e integrada. Ela permite a criação de modelos digitais precisos que abrangem todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, desde a concepção inicial até a operação e manutenção. Essa metodologia não apenas melhora a visualização e o entendimento do projeto, mas também facilita a coordenação entre diferentes disciplinas, minimizando erros e retrabalhos. Além disso, o uso do BIM proporciona uma base sólida para a tomada de decisões informadas, resultando em economia de tempo e recursos. Este estudo de caso visa demonstrar como essas vantagens se aplicam na prática, utilizando a construção da Parada de Táxi como exemplo para explorar a precisão e a eficiência proporcionadas pelo BIM.

4.1. Aplicação da tecnologia BIM em um projeto

A construção de um ponto de táxi no município de Porto Grande, no estado do Amapá, apresenta uma oportunidade de explorar como a tecnologia BIM pode auxiliar na precisão e rapidez no levantamento de quantitativos, gestão de projetos e coordenação entre diferentes disciplinas. Este estudo de caso detalha a estrutura mista composta por elementos de aço e concreto armado, além de correlacionar a utilização da tecnologia BIM na execução deste projeto.

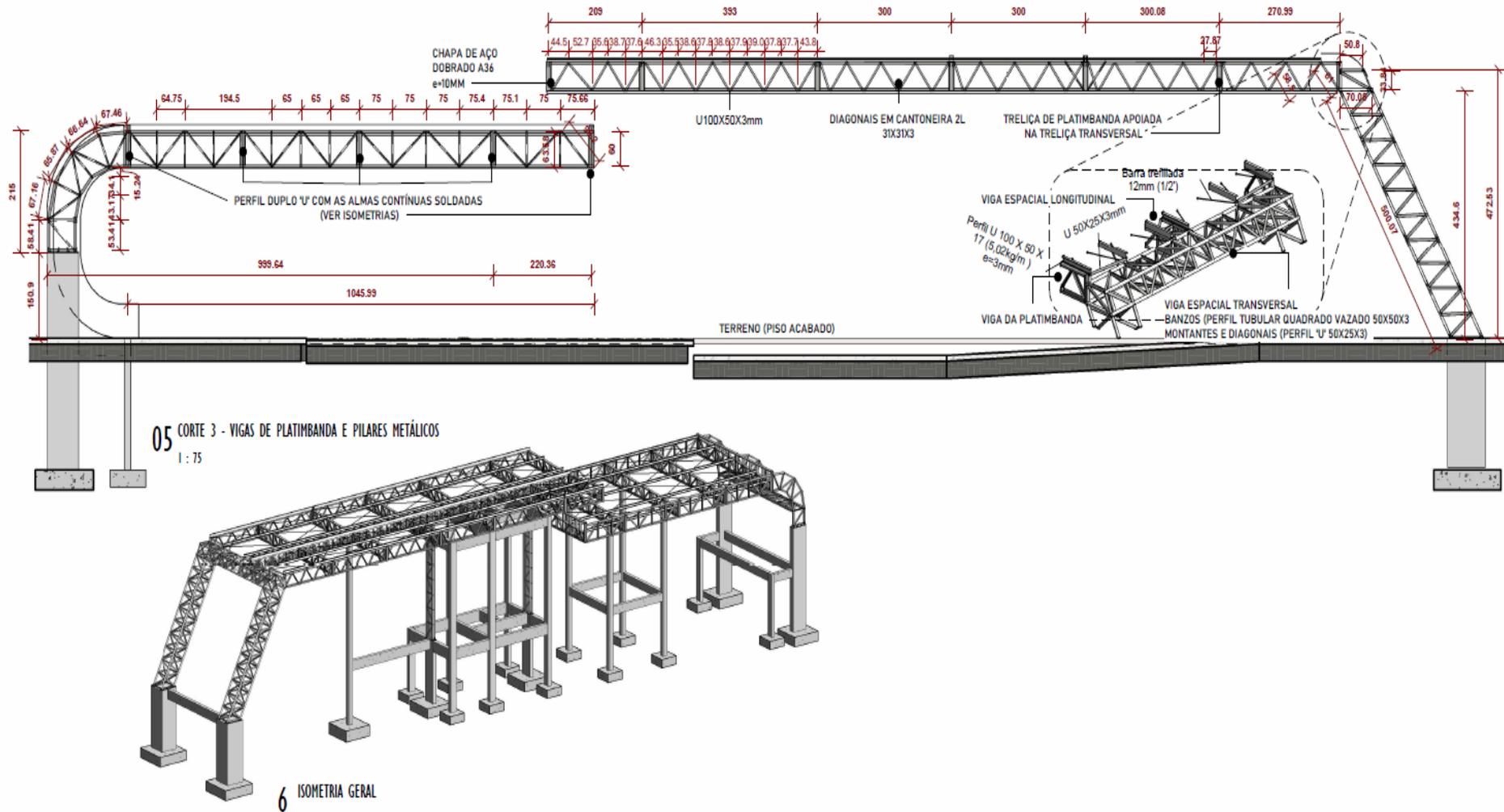
A estrutura metálica do ponto de táxi é composta por diversos perfis e materiais, incluindo 326 metros de perfil U (100x50x3), 312 metros de perfil U (50x25x3), perfil tubular quadrado (50x50x3,06), 577 metros de perfil cantoneira (31,75x31,75x3), 120,80 metros de barra trefilada Ø 12,7 mm, 160 metros de perfil U

enrijecido (100x50x17x3), 6,5 m² de chapa de aço dobrado A36 (1/2"), 75 unidades de parafuso estrutural ASTM A325 Ø1/2" (comprimento maior do que 2"), e 60 unidades de chumbador tipo J ASTM A36 Ø 12,7 mm (1/2"). A robustez e complexidade desta estrutura exigem um alto nível de precisão e coordenação onde está sendo exemplificado abaixo (figuras 2 e 3), áreas onde o BIM se destaca significativamente.

A tecnologia BIM (Building Information Modeling) é fundamental para auxiliar na orçamentação de estruturas complexas, como a estrutura metálica supracitada. Primeiramente, a visualização e compreensão do escopo do projeto por meio de uma visão tridimensional, conforme mencionado por Alder (2006), permite uma análise detalhada da estrutura, facilitando a identificação de todos os componentes necessários para a construção. Isso é especialmente importante em projetos com alta complexidade, onde a precisão é crucial para evitar erros e omissões que poderiam inflacionar o orçamento.

Na ilustração a seguir (Figura 2) é possível observar isometria geral e o corte da estrutura metálica da parada de táxi em Porto Grande, Amapá. A imagem detalha a disposição tridimensional dos perfis metálicos e outros componentes, oferecendo uma visão abrangente da estrutura como um todo. Essa representação é fundamental para entender a complexidade e a interconexão dos diversos elementos que compõem a estrutura, facilitando a visualização do projeto e a identificação de possíveis conflitos antes da construção.

Figura 12: Isometria geral e corte



Fonte: Éder Lobato (2024).

A Figura 2 é crucial para os profissionais envolvidos no projeto, pois proporciona uma visão clara e detalhada da estrutura metálica. A isometria geral permite visualizar a estrutura de diferentes ângulos, enquanto o corte revela a disposição interna dos perfis e outros componentes. Isso é essencial para verificar a compatibilidade dos elementos e assegurar que todas as partes do projeto estejam corretamente alinhadas e dimensionadas, minimizando a necessidade de retrabalhos durante a execução.

Além disso, o BIM oferece atributos dimensionais precisos a partir de objetos, eliminando problemas de escala errada e permitindo a exibição dos itens a serem quantificados. A precisão dos dados fornecidos pelo BIM assegura que todas as medidas sejam exatas, o que é vital para a orçamentação de estruturas metálicas complexas. Esses atributos garantem que os quantitativos de materiais estejam corretos, evitando desperdícios e retrabalhos.

Com a criação do modelo, listas de materiais (figura 3) ou listas paramétricas tornam-se disponíveis e estão vinculadas aos objetos no modelo. Essas listas podem ser ajustadas para mostrar os parâmetros dos objetos no modelo, como quantidades e dimensões que são atualizadas automaticamente. Isso significa que qualquer alteração no projeto é refletida instantaneamente nas listas de materiais, garantindo que o orçamento esteja sempre atualizado e preciso.

Figura 13: Lista de quantitativo

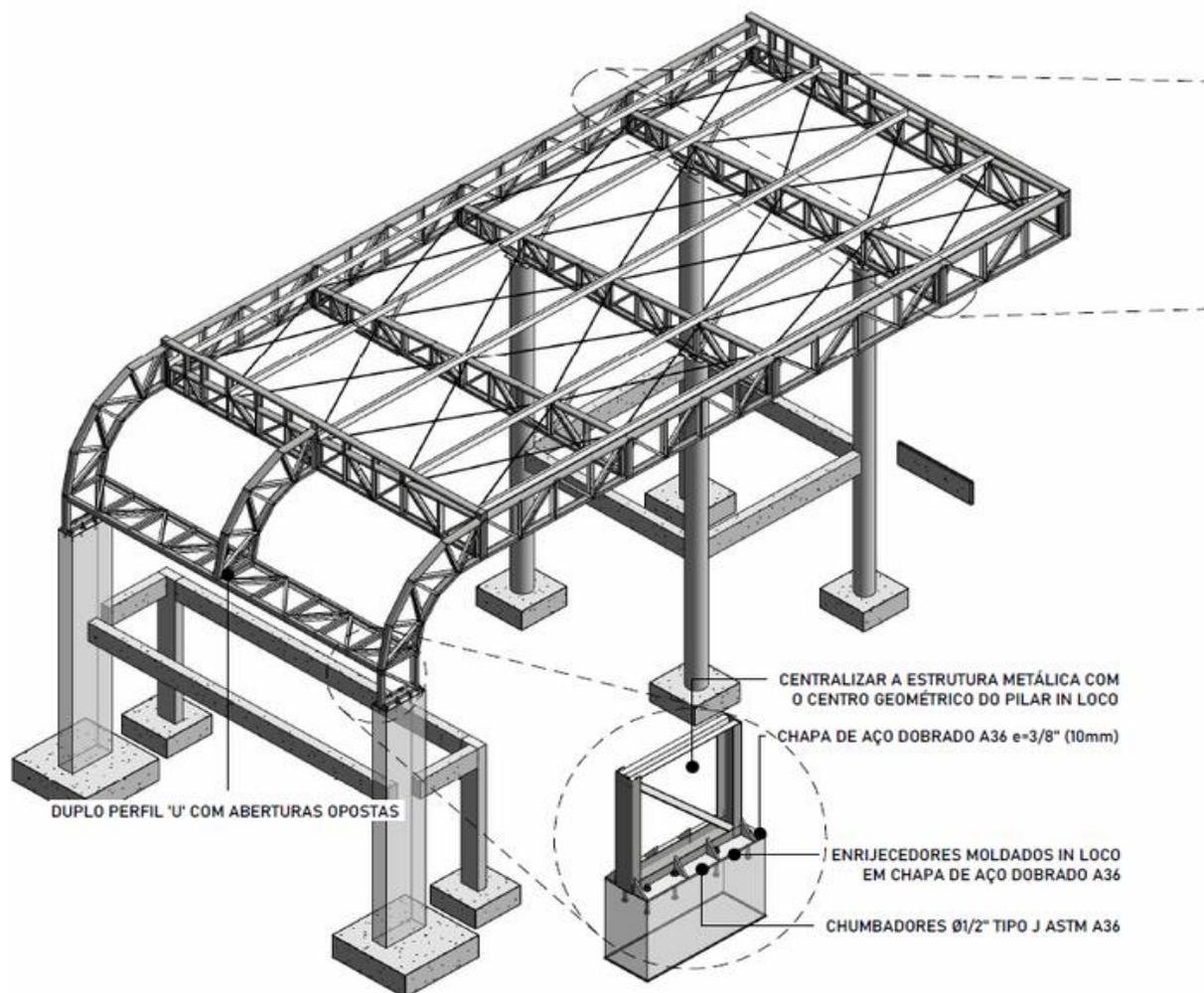
QUANTITATIVO ESTRUTURA METÁLICA				
Tipo de perfil	Comp. (m)	Peso un. (kg/m)	Peso total (kg)	Qtd. (m ² ou unitário)
Perfil U (100X50X3)	326	4,48	1460,480	x
Perfil U (50X25X3)	312	2,1	655,200	
Perfil tubular quadrado (50x50x3,06)	151	5,03	759,530	
Perfil Cantoneira (31,75x31,75x3)	577	1,5	865,500	x
Barra trefilada Ø 12,7 mm	120,80	0,9	108,72	x
Perfil Uenrijecido (100x50x17x3)	160	5,02	803,20	x
Chapa de aço dobrado A36 (1/2")	x	x	x	6,5 m ²
Parafuso estrutural ASTM A325 Ø1/2" (comprimento maior do que 2")	x	x	x	75 uni.
Chumbador tipo J ASTM A36 Ø 12,7 mm (1/2")	x	x	x	60 uni.

Fonte: Adaptado do autor (2024).

A figura a seguir (figura 4) evidencia os diversos perfis metálicos utilizados na construção, como perfis U, perfis tubulares quadrados, perfis cantoneira, barra trefilada e chapa de aço dobrado. Além disso, destaca os parafusos estruturais e os

chumbadores utilizados na montagem da estrutura, ilustrando a robustez e a complexidade do projeto.

Figura 14: Estrutura metálica da Parada de Táxi



Fonte: Éder Lobato (2024).

A Figura 4 é uma representação detalhada da estrutura metálica, destacando a precisão e a complexidade envolvidas na construção. Cada componente está claramente identificado, permitindo uma compreensão detalhada dos materiais e métodos de fixação utilizados. Isso é vital para assegurar que todas as partes da estrutura estejam corretamente especificadas e instaladas, garantindo a estabilidade e a segurança da construção.

Diversos autores destacam os benefícios do BIM no processo de orçamentação e gestão de projetos. Segundo Eastman et al. (2011), o BIM melhora a precisão das estimativas de custo ao fornece um modelo tridimensional detalhado que inclui todas as dimensões e quantidades necessárias para a construção. Robinson (2007) também reforça que o BIM facilita a coordenação entre diferentes disciplinas, reduzindo conflitos e retrabalhos, o que contribui para a eficiência do processo de orçamentação.

O BIM tem revolucionado a indústria da construção, promovendo uma abordagem integrada e colaborativa para o planejamento, execução e gestão de projetos. No contexto do ponto de táxi em Porto Grande, o BIM oferece várias vantagens:

1. **Modelagem 3D e Coordenação:** A tecnologia BIM permite a criação de modelos digitais tridimensionais que representam com precisão todos os componentes da estrutura. Isso facilita a visualização do projeto completo e a identificação de possíveis conflitos entre os elementos de aço e concreto armado antes do início da construção, reduzindo significativamente a necessidade de retrabalhos.

2. **Precisão no Levantamento de Quantitativos:** Utilizando BIM, é possível gerar listas de materiais de forma paramétrica e automática. Cada componente do modelo digital está associado a informações detalhadas, como dimensões, volumes e especificações dos materiais. No caso da estrutura metálica do ponto de táxi, a precisão dos quantitativos de perfis, chapas e parafusos é crucial para a correta estimativa de custos e planejamento da aquisição de materiais.

3. **Gestão de Projetos e Colaboração:** O BIM proporciona uma plataforma colaborativa onde todos os stakeholders podem acessar e atualizar informações do projeto em tempo real. Isso inclui arquitetos, engenheiros, construtores e clientes, garantindo que todos estejam sempre alinhados quanto ao andamento do projeto e

quaisquer mudanças necessárias. A coordenação eficiente entre diferentes disciplinas é fundamental para a execução de uma estrutura mista como a do ponto de táxi.

4. Redução de Conflitos e Retrabalhos: Através da detecção precoce de interferências e inconsistências no modelo digital, o BIM reduz significativamente os conflitos durante a construção. No caso do ponto de táxi, a combinação de elementos de aço e concreto armado requer um planejamento cuidadoso para evitar problemas durante a montagem e garantir a integridade estrutural.

5. Tomada de Decisões Informadas: O BIM fornece uma base sólida para a tomada de decisões ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Desde a fase de concepção até a operação e manutenção, as informações centralizadas e atualizadas do modelo BIM permitem uma gestão mais eficiente e informada, resultando em economia de tempo e recursos.

A implementação do BIM no projeto do ponto de táxi em Porto Grande demonstra como essa tecnologia pode transformar a forma como os projetos de construção são gerenciados e executados. A precisão no levantamento de quantitativos, a redução de conflitos, a melhora na coordenação entre disciplinas e a eficiência na gestão do projeto são alguns dos benefícios evidenciados.

Autores como Eastman et al. (2008, 2014), Robinson (2007), Campestrini et al. (2015) e Durante (2013) destacam a evolução significativa do BIM e suas aplicações na construção civil. Esses estudos mostram que o BIM não é apenas uma ferramenta de modelagem, mas uma metodologia abrangente que integra todas as fases do processo construtivo, promovendo uma abordagem colaborativa e contínua.

O uso do BIM no estudo de caso do ponto de táxi em Porto Grande evidencia a robustez e complexidade da estrutura metálica e como a tecnologia pode auxiliar na precisão e rapidez no levantamento de quantitativos. A aplicação do BIM proporciona uma gestão mais eficiente do projeto, reduzindo conflitos e retrabalhos, além de facilitar a coordenação entre diferentes disciplinas. Dessa forma, o BIM se mostra como uma ferramenta indispensável para a modernização e melhoria dos processos na construção civil.

Segundo Viana (2020), a estimativa precisa dos quantitativos e custos é essencial para obter valores que se aproximem da realidade. Já autores como

Sakamori e Scheer (2016) afirmam que a utilização do BIM reduz o tempo de execução e minimiza a necessidade de intervenção humana, resultando diretamente na redução de erros.

Com base nos conteúdos referenciais, é possível notar como o tema vem sendo abordado, em produções científicas, de forma a enfatizar a melhoria dos processos e a integração das equipes de projeto. Também é possível perceber que o assunto apresenta uma relação com a redução de custos e aumento da qualidade nos processos de orçamentação.

Assim, ao analisar a aplicação da tecnologia BIM em orçamentos, observa-se uma transformação significativa nas práticas de trabalho e na alocação de recursos, tanto em empresas privadas quanto no setor público. Ainda no que diz respeito aos impactos da tecnologia BIM, para Eastman et al. (2014), essa abordagem promove uma simulação inteligente da arquitetura, abrangendo desde a concepção até a manutenção de edifícios.

Fica claro, portanto, que a adoção do BIM proporciona uma visão mais holística e integrada dos projetos, facilitando a gestão e execução de obras. Tomando por base o objetivo do presente trabalho, que trata de analisar os principais impactos do BIM no custo final das obras, é possível notar que essa tecnologia tem o potencial de transformar profundamente o setor da construção civil.

Desse modo, as principais informações a serem tratadas aqui passam pela análise das diferentes dimensões do BIM (2D, 3D, 4D, 5D, 6D e 7D) e como cada uma delas contribui para a eficiência dos processos de orçamentação e planejamento de obras.

Com base na argumentação apresentada ao longo deste tópico, fica claro que a utilização do BIM pode otimizar significativamente os processos de orçamento e planejamento de obras, proporcionando maior controle e precisão. E ficam, então, estabelecidas as bases da discussão sobre os benefícios e desafios da implementação do BIM, a ser desenvolvida no próximo capítulo.

Neste tópico, a questão central de análise é a influência do BIM na precisão e eficiência dos orçamentos de obras. Isso vai contribuir para enriquecer a discussão sobre o assunto e demonstrar como essa tecnologia pode ser uma ferramenta estratégica para o setor da construção civil.

Para dar continuidade à discussão que se apresenta até aqui e iniciar a abordagem do assunto do presente tópico, vale ressaltar que, segundo Eastman et al. (2014), a simulação proporcionada pelo BIM deve ser digital, espacial (3D), quantificável, dimensionável e consultável. Essa mesma perspectiva é partilhada por Masotti (2014), autor que reforça a importância das diversas dimensões do BIM para a gestão eficiente dos projetos.

Assim, de acordo com a pesquisa realizada, apresentam-se as seguintes informações (resultados) sobre os impactos do BIM: redução de erros, maior precisão nos quantitativos, otimização do tempo e custos, e melhor integração das equipes de projeto.

Com base nos resultados apresentados, é possível estabelecer as seguintes análises: a aplicação do BIM contribui para a redução de custos e retrabalhos, melhora a comunicação entre as partes envolvidas e facilita a gestão dos recursos. As análises acima estão diretamente relacionadas ao conceito de interoperabilidade e integração, apresentado por Eastman et al. (2014) e Masotti (2014), que enfatizam a importância de um modelo digital abrangente para a eficiência dos projetos.

Diante de todas as informações apresentadas até aqui, é possível notar que a tecnologia BIM tem um impacto significativo na forma como os projetos são gerenciados e executados. E, assim, no próximo capítulo, a discussão será aprofundada, explorando os desafios e oportunidades da implementação do BIM no contexto atual da construção civil.

4.2. O BIM no cenário amapaense

O uso do Building Information Modeling (BIM) na construção civil tem mostrado uma poderosa ferramenta para melhorar a precisão de orçamentos e o controle de projetos, promovendo uma abordagem integrada e colaborativa que abrange todas as fases de um empreendimento, desde a concepção até a manutenção. Conforme discutido por Eastman et al. (2008, 2014), o BIM permite a geração e gestão de representações digitais das características físicas e específicas de um projeto, garantindo uma visão completa e em tempo real do progresso e das necessidades da obra. Autores como Robinson (2007) e Campestrini et al. (2015) também destacam as múltiplas dimensões do BIM, que oferecem maior controle sobre cronogramas (4D) e custos (5D), sendo essenciais para projetos que exigem

alta precisão. Contudo, o uso eficaz do BIM implica em desafios, principalmente relacionados ao nível de atualização das equipes e à cooperação entre os profissionais envolvidos.

Para entender como a implementação do BIM ocorre na prática no estado do Amapá, foi realizada uma pesquisa exploratória baseada em um questionário com profissionais locais, destacando o cenário e os desafios enfrentados no uso da tecnologia. As respostas ao questionário revelaram aspectos cruciais sobre a situação e os desafios específicos da região.

1. Qualificação profissional e infraestrutura tecnológica

Segundo as respostas coletadas, um dos maiores desafios para a implementação do BIM no Amapá é a falta de profissionais integrados. A maioria dos profissionais capacitados é da geração mais recente e apresenta conhecimento pouco prático em soluções BIM, o que reflete a baixa maturidade da metodologia no estado. Outro fator considerado é a demanda de hardware de alta potência, que encarece o investimento inicial, tornando a adesão ao BIM um desafio para empresas com orçamentos limitados.

2. Flexibilidade na geração de quantitativos e impacto na gestão de custos

A geração automática de quantitativos é vista como uma das principais vantagens do BIM em relação aos métodos tradicionais, como o CAD. No entanto, a flexibilidade nas alterações ainda é limitada, pois ajustes em quantitativos são excluídos modificações em várias etapas interligadas do projeto, o que pode exigir tempo e reduzir a agilidade nas adaptações. A gestão de custos, segundo os entrevistados, é pouco impactada diretamente pelo BIM, o que aponta uma área de desenvolvimento para melhoria do uso do software em orçamentação no contexto local.

3. Demanda por profissionais capacitados e impacto nos custos dos projetos

O mercado no Amapá apresenta uma demanda crescente por profissionais capacitados em BIM, o que evidencia uma lacuna importante na formação profissional local. Essa necessidade de qualificação impacta o preço final dos projetos, uma vez que a capacitação BIM exige investimento significativo. Assim, projetos com BIM acabam se tornando mais caros e, muitas vezes, menos competitivos, mesmo que tragam valor agregado, o que pode limitar sua adesão por construtoras e empresas.

4. Necessidade de capacitação em cooperação com projetos

Os entrevistados enfatizaram que a capacitação em BIM deve incluir não apenas o domínio do software, mas, fundamentalmente, uma compreensão mais ampla sobre a cooperação com projetos. O uso isolado das ferramentas, sem a cooperação global e o entendimento do fluxo de trabalho otimizado que o BIM oferece, resulta em esforços específicos e impede que a compatibilização de projetos, um dos maiores benefícios do BIM, seja plenamente explorada.

5. Implementação do BIM no Amapá em relação a outras regiões

Os dados apontam que a implementação do BIM no estado do Amapá está em um nível de atualização inicial, com poucas empresas, principalmente construtoras, aplicando a metodologia. Embora o BIM traga benefícios consideráveis para a progressão e execução de projetos, os resultados mostram que a adesão ainda é tímida, e as empresas que adotaram uma metodologia apresentada uma maturidade inicial, exigindo uma estrutura mais sólida para maximizar o potencial do BIM.

A aplicação do BIM no estado do Amapá reflete o cenário nacional, porém com desafios mais acentuados devido à menor disponibilidade de profissionais capacitados e limitações tecnológicas. A partir das respostas do questionário e da análise dos estudos bibliográficos, percebe-se que a integração oferecida pelo BIM, conforme planejado na literatura, pode transformar o setor da construção no Amapá. No entanto, para que o BIM atinja a sua modernidade e possa oferecer o seu potencial de precisão e otimização orçamentária, é necessário um investimento contínuo em capacitação e em infraestrutura, superando as limitações atuais.

5. CONCLUSÃO

Conforme apresentado ao longo do trabalho, é possível reforçar a importância do uso do Building Information Modeling (BIM) na quantificação orçamentária da construção, visto que ele impacta fortemente a precisão e a eficiência do processo de orçamento. A implementação do BIM permite uma visualização tridimensional detalhada e a automação na geração de listas de materiais, o que reduz significativamente erros e retrabalhos, além de melhorar a comunicação entre as diversas disciplinas envolvidas no projeto.

As informações e dados apresentados neste trabalho são de forma significativa para o campo de estudo da engenharia de custos, demonstrando como o BIM pode ser uma ferramenta poderosa na gestão e controle de custos desde as fases iniciais do projeto até a sua conclusão. O uso de modelos integrados no fluxo de trabalho viabiliza uma abordagem colaborativa e sincronizada, facilitando o acesso a informações atualizadas e otimizando o processo de tomada de decisões. A aplicação do BIM contribui não apenas para uma maior precisão nos levantamentos quantitativos, mas também para uma otimização dos processos de gestão de projetos, consolidando-se como uma abordagem necessária para a modernização da indústria da construção.

O estudo também evidencia a importância de um fluxo de trabalho bem estruturado com o BIM, que se inicia com o planejamento detalhado e segue com a execução e manutenção do projeto, destacando a eficácia da metodologia em integrar diferentes disciplinas de forma organizada. Esse fluxo de trabalho centralizado e transparente aumenta a previsibilidade e minimiza a ocorrência de inconsistências durante o desenvolvimento do projeto.

Uma pesquisa realizada com profissionais da área de construção civil no estado do Amapá trouxe insights importantes sobre os desafios e benefícios do BIM no cenário local. Os profissionais entrevistados apontaram a necessidade de capacitação especializada e adaptação dos processos organizacionais para a adoção plena do BIM, assim como enfatizaram os benefícios da tecnologia, especialmente na precisão do levantamento de quantitativos e na melhoria da comunicação entre as equipes. A aplicação prática do BIM, conforme observado no estudo de caso da parada de táxi em Porto Grande, reforça esses pontos,

mostrando como o BIM facilita a visualização detalhada dos componentes estruturais, reduzindo erros e retrabalhos.

Além disso, sugere-se que futuras pesquisas abordem a integração de tecnologias como Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR) com o BIM, para fornecer visualizações mais imersivas e desenvolvidas dos projetos, auxiliando na comunicação entre as partes interessadas e na capacitação de equipes. Estender a aplicação do BIM em diferentes dimensões (3D, 4D, 5D, etc.) também poderá aprimorar a gestão de dados e a eficiência dos processos.

Portanto, o trabalho aqui apresentado evidencia o valor do BIM para a construção civil, destacando sua contribuição para um fluxo de trabalho mais preciso e colaborativo, e ressaltando a importância de um treinamento contínuo para profissionais que operam nesta área. Esses esforços coletivos fortalecem o desenvolvimento do setor, promovendo maior qualidade, controle e eficiência nos projetos de construção.

REFERÊNCIA

ALDER, M. A. Comparing time and accuracy of building information modeling to onscreen take off for a quantity takeoff on a conceptual estimate. 2006. Dissertação (Master of Science) – School of Technology, Brigham Young University.

AMIRI, H. Building Information Modeling for construction applications: formwork installation and quantity takeoff. 2012. 192 f. Thesis (Master in Civil Engineering) – Faculty of Graduate Studies, University of British Columbia, 2012.

AYRES, C. Acesso ao modelo integrado do edifício. 2009. 254 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, 2009.

CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; MENDES JR., R.; SCHEER, S.; FREITAS, M. C. D. Entendendo BIM. Curitiba, PR, 2015. [on line]. Disponível em: <http://www.entendendobim.com.br/>. Acesso em: 10 mai. 2024.

COELHO, R. S. Orçamento de obras prediais. São Luís, MA: Editora UEMA, 2001.

DURANTE, F. K. O uso da metodologia BIM (Building Information Modeling) para gerenciamento de projetos: Gerente BIM. 2013. 118 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/5305280/O_USO_DA_METODOLOGIA_BIM_BUILDING_INFORMATION_MODELING_PARA_GERENCIAMENTO_DE_PROJETOS_GERENTE_BIM. Acesso em: 17 mai. 2024.

EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken: Wiley, 2008.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INBEC, Instituto Brasileiro de Educação Continuada. Uso do BIM será obrigatório a partir de 2021 nos projetos e construções brasileiras. 2018. Disponível em: <https://inbec.com.br/blog/uso-bim-sera-obrigatorio-partir-2021-projetos-construcoes-brasileiras>. Acesso em: 07 jun. 2024.

JUSTI, Alexander Rodrigues. Implantação da Plataforma Revit nos escritórios brasileiros: Relato de uma experiência. 2008. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.plataformabim.com.br/2012/06/implantacao-da-plataforma-revit-nos.html>. Acesso em: 17 mai. 2024.

LIMMER, C. V. Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1997.

MASOTTI, Luís Felipe Cardoso. Análise da Implementação e do Impacto do BIM no Brasil. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, 79 p.

MATIPA, W. M. Total cost management at the design stage using a building product model. 2008. Tese (Doutorado em Philosophy Engineering) – Faculty of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, National University of Ireland, Cork.

MATTOS, A. D. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso e exemplos. São Paulo: Editora Pini, 2006.

MIOTTO, Bruna Fiore; CROVADOR, Giulliana; MIOTTO, Patrícia Fiore. Estudo comparativo entre quantitativos previstos e realizados em uma obra de construção civil em Curitiba-Paraná. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NBIMS – National Building Information Modeling Standard. Overview, Principles and Methodologies, Version 1.0 — Part 1, 2007. Disponível em: http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSV1_p1.pdf. Acesso em: 20 mai. 2024.

NARDELLI, E. S. et al. Estruturação do escritório de projeto para a implantação do BIM. Guia ASBEA boas práticas em BIM, São Paulo, n. 1, p. 1-20, out. 2013.

NORMA TÉCNICA IE – Nº 01/2011. Instituto de Engenharia, 2011.

ROBINSON, C. Structural BIM: discussion, case studies and latest developments. The structural design of tall and special buildings, v. 16, p. 519-533, 2007.

SABOL, Louise. Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling. 2008. Disponível em: . Acesso em: 28 mai. 2024.

SAKAMORI, M. M.; SCHEER, S. Processo de extração de quantitativos de um modelo BIM 5D. In: Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia. Foz do Iguaçu, 2016. Disponível em: encurtador.com.br/fuGLP. Acesso em: 30 mai. 2024.

SCHODEK, D.; BECHTHOLD, M.; GRIGGS, J. K.; KAO, K.; Steinberg, M. Digital Desing and Manufacturing: CAD/can Aplications in INC. New Jersey: John Willey & Sons, 2007.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; ANTUNES, Cristiano Eduardo; BALBINOT, Guilherme Bastos. Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.

TISAKA, M. Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução. 2. ed. São Paulo: Pini, 2011.

VIANA, L. Comparativo de custos dos sistemas construtivos wood frame e concreto armado para edifício utilizando BIM 5D. 2020. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

WITICOVSKI, L. C. Levantamento de quantitativos em projeto: uma análise comparativa do fluxo de informações entre as representações 2D e o modelo de informações da construção

(BIM). 2011. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, 2011.

ANEXO A — PLANTAS DE DETALHAMENTO DA PARADA DE TÁXI

1 ISOMETRIA - COBERTURA MAIOR

2 ISOMETRIA - COBERTURA MENOR

3 ISOMETRIA - TRILHA TRANSVERSAL - COBERTURA MAIOR

4 COBRE 1 - TRILHA TRANSVERSAL - COBERTURA MAIOR

5 ISOMETRIA TRILHA ESPACIAL TRANSVERSAL

6 COBRE FRONTAL DOS PILARES ESPACIAIS INCLINADOS E VIGA TRANSVERSAL ESPACIAL

7 ISOMETRIA TRILHA ESPACIAL TRANSVERSAL

8 ISOMETRIA - COBERTURA MAIOR

9 ISOMETRIA - TRILHA ESPACIAL LONGITUDINAL DA COBERTURA MAIOR

10 QUANTITATIVO ESTRUTURA METÁLICA

TIPO DE PERFIL	QUANTITATIVO	COMP. (m)	PESO UN. (kg/m)	PESO TOTAL (kg)	DM (cm ou equivalente)
Perfil U (150x150x3)	324	4,48	1445,480		
Perfil U (150x20x3)	397	2,5	467,250		x
Perfil C (cantoneira) (100x50x5,0)	181	5,03	755,630		x
Perfil C (cantoneira) (75x25x3,0)	377	1,5	105,500		x
Barras (aço) Ø 12,5 mm	120,82	0,9	108,74		x
Perfil U (perfil) (150x50x17,5)	169	3,02	809,20		
Chumbador tipo J ASTM A36 Ø 12,7 mm (1/2")	x	x	x	4,0 m ³	
Parafusos autotornante ASTM A235 Ø1/2" (comprimento maior de 25)	x	x	x	75 un.	
Chumbador tipo J ASTM A36 Ø 12,7 mm (1/2")	x	x	x	60 un.	

NOTAS TÉCNICAS

1. Verificar a compatibilidade entre os materiais e o tipo de conexão, de acordo com o Manual de Projeto de Estruturas Metálicas (MPEM), em especial os itens a seguir:
2. NBR 12220-1 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.
3. NBR 12220-2 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios - Projeto de conexões.
4. NBR 12220-3 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios - Projeto de conexões.
5. NBR 12220-4 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios - Projeto de conexões.
6. NBR 12220-5 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios - Projeto de conexões.
7. Recomenda-se realizar a simulação em todas as peças da estrutura metálica, realizando a medição in loco dos elementos estruturais.
8. Não permitir a partir de aço com defeitos, realizando as medidas indicadas no projeto do diâmetro da furação que sempre será ligeiramente maior que o diâmetro do elemento, ou consultar tabela de tolerâncias.
9. As dimensões das conexões são indicadas em função do tipo de conexão e do tipo de material utilizado, sendo que o mesmo se aplica a todos os tipos de conexões.
10. Não executar furos não previstos em elementos estruturais sem consultar o engenheiro calculista, nem mesmo realizar alterações no projeto estrutural sem autorização por escrito do engenheiro responsável pelo projeto.
11. Toda a manutenção e reparação necessária para a perfeita conservação e acabamento da estrutura metálica, mesmo que não estejam explicitamente indicadas na lista de materiais, devem ser realizadas corretamente (segundo as boas práticas de engenharia).
12. Manter-se atualizado com o desenvolvimento das técnicas de solda e tipos de metalização de proteção anticorrosiva.
13. Para uma melhor execução da solda, utilizar a técnica adequada ao tipo de material, sendo necessário a execução de testes de solda em escala reduzida, para a obtenção de dados de soldabilidade e para a obtenção de resultados de ensaios de solda.
14. Os materiais que forem utilizados para as soldas devem ser do tipo AWS E7018 em suas embalagens. Além disso, é importante observar a compatibilidade do material de solda com o tipo de metalização de proteção anticorrosiva do material.
15. A lista de materiais é fornecida apenas para referência. Todos os materiais e conexões devem ser aprovados pelo responsável técnico.

