



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NAÍRA MARIA AMARAL LEITE

O MÉTODO BIM E O CONTROLE ORÇAMENTÁRIO: UMA ANÁLISE CRÍTICA DA
RELAÇÃO PLANEJAMENTO, GESTÃO E ORÇAMENTAÇÃO

João Pessoa

2022

NAÍRA MARIA AMARAL LEITE

O MÉTODO BIM E O CONTROLE ORÇAMENTÁRIO: UMA ANÁLISE CRÍTICA DA
RELAÇÃO PLANEJAMENTO, GESTÃO E ORÇAMENTAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso entregue ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Claudino Lins Nóbrega Júnior

João Pessoa

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L533m Leite, Naira Maria Amaral.

O método BIM e o controle orçamentário: uma análise crítica da relação planejamento, gestão e orçamentação / Naira Maria Amaral Leite. - João Pessoa, 2022.
62 f. : il.

Orientação: Claudino Lins Nóbrega Junior.
Monografia (Graduação) - UFPB/TECNOLOGIA.

1. ORÇAMENTO. 2. BIM. 3. PLANEJAMENTO. 4. CONSTRUÇÃO CIVIL. I. Junior, Claudino Lins Nóbrega. II. Título.

UFPB/CT

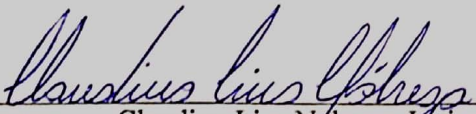
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

NAÍRA MARIA AMARAL LEITE

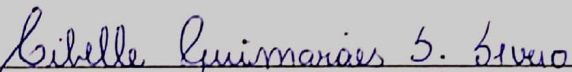
O MÉTODO BIM E O CONTROLE ORÇAMENTÁRIO: UMA ANÁLISE CRÍTICA DA RELAÇÃO PLANEJAMENTO, GESTÃO E ORÇAMENTAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso em 06/12/2022 perante a seguinte Comissão Julgadora:



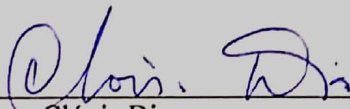
Claudino Lins Nobrega Junior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA



Cibelle Guimaraes Silva Severo
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA



Clóvis Dias
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA



Profª. Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus por olhar para minhas realizações com tanto Amor e misericórdia, por ser o sustento necessário, por ser não apenas um Pai, mas por ser meu Pai e verdadeiramente cuidar de mim. Também, à Santa Teresinha, minha grande amiga do céu, por voltar o seu olhar e intercessões para mim e nunca me deixar sozinha.

Aos meus pais, Tarcízio Leite e Telma Amaral por todo apoio, carinho, paciência, por acreditarem em mim sempre e não medirem esforços para que eu viva aquilo que tanto desejo. À minha família como um todo, que sempre esteve comigo.

Aos meus irmãos, de sangue e de coração, Thaynara Amaral e Túlio Siqueira, que foram companheiros, sempre com ouvido atento e coração disponível para me acolher, por estarem sempre presentes, sendo suporte, por acreditarem em mim mais do que eu mesma.

Aos meus colegas de turma, que compartilharam desta jornada comigo, criando memórias juntos e compartilhando conhecimentos. Em especial, à Luarrah Almeida, que dividiu tantos momentos, alegres e tristes, comigo, sendo amparo uma para a outra.

Ao professor Claudino Lins, pela disposição, prestatividade, paciência, na orientação deste trabalho, e pelos conhecimentos repassados.

Aos demais profissionais que contribuíram para minha formação.

Ao Grupo ELFA, empresa onde atuo atualmente e onde tive oportunidades de crescimento, em especial ao meu time de Procurement, sempre festejando as minhas conquistas, à minha gestora, Paula Carvalho, que acreditou em mim e abriu espaço para meu desenvolvimento, e à Camila Silva, minha dupla de trabalho, pelo apoio de sempre e pelas trocas de conhecimento.

Aos meus irmãos da Comunidade Católica Shalom, que foram verdadeira força neste tempo, em especial, meus irmãos da irradiação bancários, onde tanto cresci e amadureci, minha acompanhadora vocacional, Rayana, que esteve comigo em cada etapa me guiando e aconselhando sempre e a minha Pastora, Cecília, por tantos momentos compartilhados, desabafos, por dividir comigo suas experiências vocacionais e acadêmicas.

Aos meus irmãos de vocacional, que foram força, ânimo e tornaram a caminhada mais leve, em especial Gabriela, Andresa, Sandro, Daiana e Amanda, que não me deixaram por um segundo, se fazendo sempre presentes, independente de distâncias, que me acolheram e não me deixaram desistir.

Ao meu namorado, Daniel Maximiano, por ser para mim na medida certa, por sonhar os meus sonhos comigo e me ensinar a comemorar as pequenas vitórias, por tanto amor, cuidado e por ser refúgio e aconchego sempre.

Por fim, aos meus irmãos de EJC, em especial Luana, Marília, Candoia, que por tantas vezes salvaram meus dias. A Letícia Herculano, amizade que me acompanha desde 2017, que nunca mudou com o tempo ou com a distância, por dividir comigo momentos tão importantes, por acreditar em mim, me aconselhar e ser exemplo neste caminho acadêmico/profissional.

RESUMO

Em meio a altas demandas e busca por maior produtividade, o método BIM, como sistema eficiente de produção, chega para abrir portas no setor da construção civil, principalmente no âmbito do planejamento orçamentário. Porém, ele não é a solução final para todos os problemas existentes, algumas problemáticas necessitam ser estudadas e melhoradas e muitas vezes são camufladas pelos avanços alcançados. Nesse sentido, o presente trabalho é um estudo exploratório, realizado através de uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de analisar a participação do método BIM 5D no planejamento orçamentário e identificar possíveis causas para problemas ainda existentes na ligação entre planejamento, gestão e orçamentação. Para isso, foi realizada pesquisa para embasamento teórico sobre o tema, entendendo o planejamento orçamentário, a nova metodologia e suas necessidades. Também foi realizado um levantamento de estudos de casos de diversos autores, que apresentam a extração de quantitativos e custos das plataformas BIM e fazem comparativos com métodos tradicionais e até mesmo com custo real de obra, e escolhido quatro principais para serem analisados, encontrados pontos críticos em comum e soluções para um sistema mais eficiente. Observou-se que as principais causas de problemas existentes, mesmo com a utilização da metodologia, estavam na exportação e identificação de informações para modelagem de elementos e extração de quantitativos, propondo melhorias como comunicação entre os colaboradores para uma melhor integração de informações, criação de bibliotecas de componentes, bases orçamentárias padronizadas (custos unitários), bem como a utilização da linguagem IFC apenas para leitura, sem permissão para modificação de arquivos.

Palavras-chave: Orçamento, BIM, Planejamento, Construção civil.

ABSTRACT

In the midst of high demands and the search for greater productivity, the BIM method, as an efficient production system, arrives to open doors in the civil construction sector, mainly in the scope of budget planning. However, it is not the final solution for all existing problems, some problems that need to be studied and improved and are often camouflaged by the advances achieved. In this sense, the present work is an exploratory study, carried out through a bibliographical research with the objective of analyzing the participation of the 5D BIM method in the budget planning and to identify possible causes for still existing problems in the connection between planning, management and budgeting. For this, research was carried out for the theoretical basis on the subject, understanding the budget planning, the new methodology and its needs. A survey of case studies by several authors was also carried out, which present the extraction of quantitative and costs of BIM platforms and make comparisons with traditional methods and even with real cost of work, and chosen four main ones to be analyzed, finding critical points in common and solutions for a more efficient system. It was observed that the main causes of existing problems, even with the use of the methodology, were in the export and identification of information for element modeling and quantitative extraction, proposing improvements such as improvement in communication between collaborators for a better integration of information, creation of component libraries, standardized budget bases (unit costs), as well as the use of the IFC language only for reading, without permission to modify files.

Key-Words: Budget, BIM, Plannig, Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo PDCA	20
Figura 2 – Esquema de Orçamentação	24
Figura 3 – Exemplo de informações gráficas	26
Figura 4 – Níveis de desenvolvimento da modelagem.....	27
Figura 5 - Ferramentas, plataformas e ambientes BIM	29
Figura 6 - Nível de severidade de interferências (“Clash detection”)	32
Figura 7 - Classificação segundo a ISO 120: 06-22010	35
Figura 8 - Softwares utilizados na modelagem do projeto	37
Figura 9 - Progressão de classificação de informação.....	38
Figura 10 - Fluxograma das diretrizes	38
Figura 11 - Vista 3D do projeto.....	42
Figura 12 - BIM 5D na empresa.....	43
Figura 13 - Modelagem do projeto arquitetônico no Revit	47
Figura 14 - Fluxo de processos BIM	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de composição de custos unitários.....	23
Tabela 2 - Planilha orçamentária (Estudo 1).....	40
Tabela 3 - Comparativo entre os quantitativos dos métodos estudados.....	45
Tabela 4 - Custos reais x método tradicional x BIM.....	49
Tabela 5 - Diferença entre orçamentos.....	50
Tabela 6 - Comparativo entre os valores finais dos métodos estudados.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variações de quantitativos entre os métodos estudados	46
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	PROBLEMÁTICA.....	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
1.3	OBJETIVOS.....	17
1.3.1	Objetivo geral.....	17
1.3.2	Objetivos específicos.....	17
1.4	METODOLOGIA.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1	PLANEJAMENTO E GESTÃO DE OBRAS.....	19
2.2	PLANEJAMENTO ORÇAMENTÁRIO.....	21
2.3	BUILDING INFORMATION MODELING (BIM).....	25
2.3.1	Níveis de informações e modelagem.....	25
2.3.2	Vantagens e desvantagens.....	28
2.3.3	Organização do método.....	28
2.3.4	Interoperabilidade e compatibilização.....	30
2.3.5	BIM 5D.....	32
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
3.1	ESTUDO 1.....	36
3.1.1	Resultados e análises do estudo 1.....	39
3.2	ESTUDO 2.....	41
3.2.1	Resultados e análises do estudo 2.....	43
3.3	ESTUDO 3.....	46
3.3.1	Resultados e análises do estudo 3.....	48
3.4	ESTUDO 4.....	51
3.4.1	Resultados e análises do estudo 4.....	53
3.5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS ESTUDOS E PROPOSTA DE SOLUÇÕES.....	54
4.	CONCLUSÕES.....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Na era da produtividade, das altas demandas e a busca constante por praticidade, os sistemas eficientes de produção ganham espaço dentro da construção civil. As demandas solicitadas ao longo das décadas, de produção, qualidade, sustentabilidade, despertaram um olhar mais atento para os principais responsáveis pela melhoria no processo produtivo: O incremento de novas tecnologias, o controle e antecipação das decisões, a integração entre profissionais e equipes e o foco no processo de gerenciamento. (PEREIRA, 2013)

No âmbito do planejamento e gestão, dentro do universo da construção, a necessidade do conhecimento geral de cada disciplina que perpassa um projeto, a fácil adaptação, agilidade, a abordagem multidimensional que se ajusta às características da demanda solicitada e, acima de tudo, a habilidade em unir e relacionar os diversos setores do processo produtivo vêm se tornando características fundamentais na construção do papel do coordenador de projetos (ANSELMO, 2006). Nesse sentido, o Building Information Modeling (BIM), objeto de estudado presente trabalho, surge como ponto de desenvolvimento, fornecendo um ambiente de projetos integrado com fácil acesso a informações.

O método BIM está diretamente relacionado com as mudanças culturais nas etapas de projeto da indústria da construção, sendo considerado um sistema de simulação inteligente, pela empresa M. A. Morteson Company, ou até mesmo uma tecnologia de modelagem. Se implantado e executado com o cuidado necessário, sendo dada a devida atenção aos processos de integração que são a base do método, fornecem uma melhor qualidade e uma redução nos custos e prazos de execução das construções trabalhadas. (TASSARA, 2019)

Para uma melhor compreensão, pode-se analisar o sistema BIM através de três dimensões: conceito, modelo e ferramentas. Assim, o sistema caracteriza-se por ser integrado, composto por um ambiente computacional que permite que os colaboradores executem seus projetos, das mais diversas áreas presentes, ao mesmo tempo. Pode ser considerado também uma fonte armazenável de informações e um conjunto de novas tecnologias relacionadas, principalmente, aos setores de Engenharia, arquitetura, construção e operações. (PEREIRA, 2013)

Pode-se dizer, também, que a adoção do método ao longo do tempo passa por três estágios: O “BIM 1.0”, mais restrito aos profissionais de arquitetura, é marcado pelo uso de modeladores geométricos parametrizados, porém com um processo produtivo mais individual.

O “BIM 2.0” apresenta um nível maior de integração entre processos, com participação de outras áreas de projeto e a chegada de novos modelos como o 4D e o 5D, que correlacionam tempo e custos, respectivamente. Por fim, o “BIM 3.0” é considerado o estágio pós entendimento dos níveis de integração de dados, com a abertura de protocolos e o desenvolvimento de um protótipo da edificação. (TOBIN, 2008)

Ainda, quando se fala em planejamento no setor da construção civil, os olhares se voltam, principalmente, para a parte orçamentária. Um ponto fundamental para início de qualquer obra é o estudo de viabilidade econômica, que pode ser descrito como a análise dos possíveis gastos na produção em comparação com a verificação do possível retorno financeiro, quando finalizada. Seguido a este estudo, na lista de prioridades, estão a preparação do orçamento prévio, ou planejado, e do orçamento real.

1.1 PROBLEMÁTICA

A produção orçamentária permite aos empreendimentos de construção o fornecimento de preços adequados, dentro das condições de mercado, visto que preços maximizados levam a perda de competitividade e preços minimizados levam a desvalorização e até à impossibilidade de execução (CARVALHO E MARCHIORI, 2019).

Para empresas que participam de concorrências públicas ou privadas, como as licitações, o processo de orçamentação é uma das atividades de maior importância, visto que o construtor precisa contemplar os preços finais de todos os serviços e a margem de lucro no orçamento final e, ainda assim, fornecer preços competitivos (MATTOS, 2006).

Shen *et. al.* (2010) afirma, também, que a elaboração de custos ainda está entre os pontos de dificuldade no planejamento da construção, já que estimativas menos detalhadas e consistentes levam à ineficiência e aquelas com maior nível de detalhamento demandam mais tempo e atenção, pois um orçamento perpassa pelas diversas áreas envolvidas, sendo necessária a análise e o entendimento de projetos, interação entre muitos autores, correlação entre dados quantitativos e especificações e, ainda, cálculos de mão de obra, seus encargos sociais, precificação de materiais e equipamentos (apud SAKAMORI, 2015).

Segundo Uchoa (2017) dentre os maiores desafios do processo construtivo está o cumprimento do cronograma físico-financeiro, visto que entre o planejamento e a execução é comum surgirem os famosos “imprevistos” que, muitas vezes, geram pequenas mudanças

consideradas corriqueiras e aceitáveis, mas que acumuladas podem chegar a elevar custos e aumentar prazos de produção. As falhas em compatibilização de projetos são grandes causadoras de desperdício e aumento de custos na construção, levando também ao surgimento de custos para retirada de entulhos e retrabalho em alguns serviços executados.

Nesse sentido, a “modelagem BIM 5D”, que se refere a inclusão da variável “custo” ao ambiente virtual, surge como meio contribuinte para ganhos em velocidade e minimização dos erros durante o levantamento de quantitativos, bem como na atualização do orçamento durante as etapas do projeto, visto que um dos produtos do método BIM é um modelo tridimensional parametrizado do que está sendo projetado e é a partir dele que são retirados, automaticamente, os quantitativos (NASSAR, 2012).

Nesse contexto, o uso da metodologia do BIM 5D pode ser considerado um grande avanço no âmbito do planejamento orçamentário, porém ainda não é a solução final para todas as situações críticas existentes nesse âmbito. É perceptível a melhor consistência e agilidade no processo, porém ainda existe uma lacuna que precisa ser fechada para que as divergências entre orçamentos, e estimativa x real, não estejam tão distantes das margens de erro estatísticas. Sendo assim, o presente trabalho apresenta como problemática: Quais as principais lacunas ainda existentes no planejamento orçamentário, na era do BIM, e como aprimorar o uso do BIM 5D para produções mais eficazes?

1.2 JUSTIFICATIVA

A implantação da metodologia BIM é tema recorrente, atualmente, no setor da construção civil, seja no meio acadêmico ou no âmbito da indústria. Dentre as funcionalidades do método, o levantamento de quantitativos é um dos pontos que gera o maior “brilho nos olhos” das empresas de construção.

Segundo Salgado (2021), existe uma possibilidade de automatização da produção orçamentária através do BIM 5D, obtendo uma redução de cerca de 73% do tempo de produção da estimativa de custo e uma planilha em sua forma analítica, bem definida, com razão de 1:1 entre serviços e elementos. Porém, ele também afirma que esse modelo apresenta dificuldades na parte operacional, pela necessidade de conhecimentos de orçamentação, também pela presença de modelos complexos que requerem processamento e de elementos que necessitam passar por tradução, tanto para ferramenta BIM, como desta ferramenta para uma de gestão.

Ainda, de acordo com Delatorre e Santos (2015), existe uma dificuldade no processamento de informações, visto que os documentos se encontravam anteriormente apenas no formato 2D, e agora requerem a leitura do projeto 3D. Além disso, muitas empresas aplicam o método sem uma predefinição dos tipos de uso e do nível de detalhamento de informações que será trabalhado, assim, sabendo que cada sistema de projeto tem o seu próprio tempo e velocidade de desenvolvimento, esse ponto pode vir a gerar muito retrabalho, com a mistura de níveis e a escolha de uma caminho inadequado para seguir.

Realizando um levantamento preliminar, foi visto que existem alguns estudos que realizam comparativos entre orçamento planejado, estimativa de custos, e, até mesmo, orçamento real, apresentando as etapas de levantamento com uso do BIM 5D, através deles é possível identificar as divergências orçamentárias, bem como os principais pontos de atenção e adequação na passagem do uso dos métodos convencionais para o uso dessa nova metodologia, identificando, assim, a contribuição dela para o planejamento e a gestão de obras. Porém, é perceptível que apesar das melhorias e da melhor eficácia do BIM, em relação ao convencional, ainda são encontradas discrepâncias significativas entre os orçamentos, existem lacunas que precisam ser melhor analisadas, compreendidas e minimizadas, mas que, muitas vezes, são camufladas pelos avanços já adquiridos.

Exemplificando discrepâncias, Nassar (2012), em seu estudo de avaliação de técnicas de estimativa de modelagem da informação com alunos de pós-graduação e profissionais do mercado, realizou um comparativo do levantamento de quantitativos de uma obra com o real (quantitativos estes que compõem os orçamentos), utilizando o BIM. Analisando os resultados foram encontradas variações percentuais entre custo estimado e custo real acima de 95%, como nas alvenarias.

Ainda, Xiangyu *et. al.* (2014), através de um estudo onde foram analisados trabalhos sobre a modelagem 5D, perceberam que existiam poucas publicações e, em sua maioria, estavam voltadas apenas para descritivos técnicos do método e meios de aplicação. Jung & Joo (2011) também afirmam que existem referências na literatura que favorecem a eficiência na implementação do BIM, mas, apesar disso, muitas dificuldades são encontradas na utilização correta. Nesse sentido, infere-se a necessidade de novas pesquisas e de um novo olhar sobre os estudos já existentes (apud SILVA, 2018).

No presente trabalho, a situação do planejamento orçamentário de obras será analisada, buscando identificar pontos críticos e de melhoria em comum, na relação entre planejamento, gestão e orçamentação, mesmo com a utilização do BIM 5D.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Analisar a participação do método BIM 5D no planejamento orçamentário e identificar possíveis causas para problemas ainda existentes na ligação entre planejamento, gestão e orçamentação.

1.3.2 Objetivos específicos

- Compreender as etapas que compõem a preparação de um orçamento e as necessidades de cada uma delas;
- Entender a contribuição do método BIM 5D para o planejamento orçamentário de uma obra;
- Realizar análise de estudos de diferentes autores, que relacionem o método BIM 5D, o levantamento de quantitativos e a associação destes com os valores de composições fornecidas por planilhas de custos, como SINAPI, SEINFRA, entre outras, em comparação com outras forma de identificação de custos, dentro e fora do BIM 5D e analisar seus resultados;
- Analisar os tipos de softwares utilizados e os principais pontos de discrepâncias entre os orçamentos, dentro e fora do método BIM;
- Identificar possíveis causas para os problemas encontrados e propor melhorias no âmbito do planejamento, gestão e controle das etapas do processo construtivo.

1.4 METODOLOGIA

O presente trabalho é desenvolvido seguindo os preceitos de um estudo exploratório, que tem como objetivo o aprimoramento de ideias, por meio de pesquisas bibliográficas, se

enquadrando no perfil de uma revisão de literatura. Tem como fontes principais: livros, artigos científicos, monografias, teses, dissertações e coletâneas na área estudada.

Esta revisão sistemática da literatura passa pelas fases a seguir para ser desenvolvida: definição de objetivos, que são o norte onde se deve chegar e a linha por onde a pesquisa deve seguir, busca e montagem de uma base de dados, através de palavras-chave e definindo filtros de pesquisa para que não assuma uma abrangência que venha a atrapalhar as conclusões e resultado final, organização dos materiais encontrados, seleção dos que serão realmente utilizados, coleta de informações de materiais aderentes e leitura detalhada, interpretação e apresentação de resultados de acordo com os objetivos iniciais e pesquisas realizadas.

A busca realizada compreende as seguintes palavras-chave: Orçamento, orçamentação, BIM, BIM 5D, estimativa de custo, construção civil, integração, interoperabilidade, entre outras. E como critério de exclusão é utilizada apenas a abrangência, buscando estudos mais específicos.

Além das pesquisas de embasamento teórico sobre o tema, o trabalho conta com o levantamento de 4 estudos de caso, dentre os analisados, que realizam a construção de orçamentos de obra, através do modelo BIM 5D e fazem seu comparativo com métodos tradicionais de orçamentação e até mesmo com custos reais de execução. Assim, o trabalho constrói o panorama geral dos estudos em questão e, a partir deles, chega às respostas para a problemática citada e propõe soluções.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PLANEJAMENTO E GESTÃO DE OBRAS

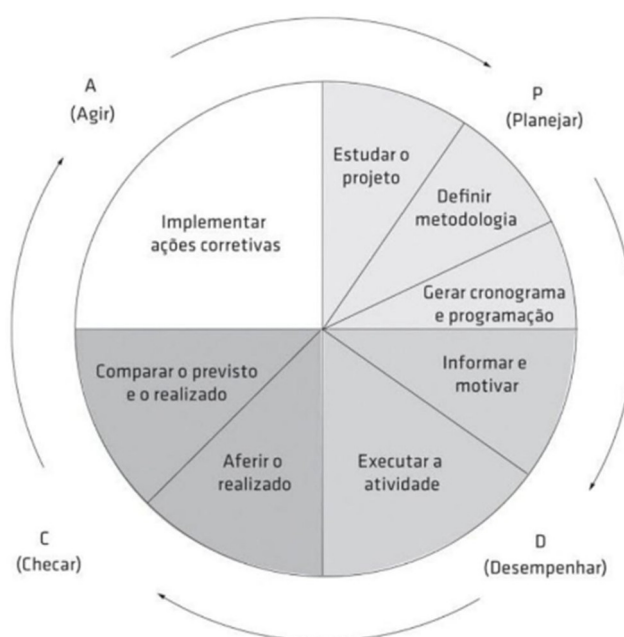
Para Laufer e Tucker (1987), o planejamento é um processo em que se estuda possibilidades e toma-se uma decisão referente a uma ação futura, tendo como maior foco a escolha de meios eficientes e concretos para realizá-la. Formoso (1991) também entende como uma atividade em que são definidos objetivos e preparado um conjunto de ações para alcançá-los, mas afirma que só é um processo eficaz se juntamente a ele for previsto o controle da produção, ainda que esse processo não seja exatamente parte do planejamento, é necessário que andem em conjunto (apud WANDERLEY, 2005).

Para uma melhor visão do “todo” de cada projeto e para que as necessidades a curto, médio e longo prazo sejam analisadas no período correto, estabelecendo ordens de prioridade, essa etapa pode ser dividida em três subetapas: estratégico, tático e operacional. O planejamento estratégico pode ser considerado a análise da situação atual, estudando meios para chegar aos objetivos traçados, de uma forma mais geral. O tático identifica os elementos de atividades específicas já determinadas e é um processo de médio prazo. Por fim, o operacional é de curto prazo e define as tarefas a serem realizadas, muitas vezes dentro de determinadas atividades, incluindo elaboração de cronogramas, orçamentos, entre outros pontos (WADA, 2018).

Quando se fala em planejamento e controle da produção, PCP, no setor da construção, pensa-se também em processos de gestão e gerenciamento. Segundo Uchoa (2017), no gerenciamento de obras existe a necessidade de uma variedade de conhecimentos, desde os específicos das diversas áreas da engenharia e arquitetura, até áreas de administração, movimentação financeira, logística, legislação, relações interpessoais, meio ambiente, entre outros. Ainda, para ele, uma execução que perpassa por um planejamento e ocorre de forma controlada carrega consigo benefícios para o ambiente construtivo, bem como para o seu entorno e cadeia de suprimentos. Para caminhar com uma obra dentro do cronograma previsto, é necessário que se antecipe aos problemas e esteja sempre atento às necessidades de adaptação das atividades planejadas aos “imprevistos” encontrados, do contrário será comum a correção de problemas a partir do aparecimento deles, gerando atrasos que levam a aumento de custos, por retrabalho, desperdício de materiais e de mão de obra.

Dentre os princípios que norteiam o gerenciamento de obras, ganha destaque o princípio da melhoria contínua, que diz respeito a um controle permanente, medição de desempenho e realização de ajustes em procedimentos, de acordo com as necessidades que surgem no decorrer dos processos, para que se alcance as metas pré-estabelecidas. Como técnica que representa o princípio, tem-se o ciclo PDCA, conjunto de ações interligadas que formam as fases: Planejar, desempenhar, controlar e atuar. Em cada ciclo, é realizado o planejamento com a maior quantidade de dados que possuir, são desenvolvidas as atividades procurando se manter no planejado, também são identificados os índices de produtividade real e medidos os desvios, por fim são analisadas todas as mudanças e diferenças que surgiram durante a execução e são pensadas em ações para levar a obra de volta ao rumo ou realizada uma revisão do planejamento. Ao final de uma “volta”, o processo é reiniciado, a partir das atualizações necessárias, até a conclusão do projeto em questão (MATTOS, 2019).

Figura 1 - Ciclo PDCA



Fonte: MATTOS (2019)

Nesse contexto, o ciclo PDCA apresenta, de forma simples e prática, que os processos de planejamento, gestão e gerenciamento precisam andar em conjunto, se forem entendidos como atividades independentes não terão resultados eficientes e eficazes. Também, se torna perceptível que eles não são trabalhos ou estão associados apenas a áreas específicas, mas que todos os setores envolvidos no projeto devem participar das etapas do PDCA, reafirmando a importância e necessidade de projetos com produção e gestão integrada.

2.2 PLANEJAMENTO ORÇAMENTÁRIO

Segundo Mattos (2006), o orçamento é o produto de um processo de determinação: a orçamentação, que, também conhecida como estimativa de custos, pode ser definida como uma previsão que relaciona identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma série de itens.

Nas empresas de construção, essas composições de custos são organizadas em programas específicos e através de valores predefinidos, que podem ser construídos pela própria empresa, pela experiência na realização dos serviços, ou serem retirados de planilhas de custos elaboradas por organizações como IBGE, Caixa econômica e até secretarias de infraestrutura locais. As planilhas do SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, são as mais conhecidas e utilizadas atualmente, seja em sua forma sintética (apenas o preço unitário e o preço total do serviço), analítica (detalha mão de obra, material, empreitada, verbas e equipamentos), ou só como planilha de insumos (materiais).

Mattos (2006) ainda divide o processo de orçamentação em três grandes etapas: Estudo das condicionantes, composição de custos e determinação do preço. A partir delas, define doze subetapas:

- **Leitura e interpretação do projeto e especificações técnicas:** São esses materiais que definem o produto final a ser entregue. Dos projetos são retirados os quantitativos de materiais, já as especificações possuem um caráter mais qualitativo, que contribuem para a definição do tipo de material a ser orçado.
- **Leitura e interpretação do edital:** Voltada especificamente para empresas participantes de licitações. O edital é o documento que contém todas as informações referentes ao período de escolha do fornecedor vencedor e à parte contratual. Nele são encontrados prazos e datas, critérios de medição, pagamentos, de participação na licitação, documentação exigida, penalidades, entre outros.
- **Visita técnica:** Para tirar dúvidas, levantar dados, verificar qual o estado das vias de acesso e até mesmo conhecer a disponibilidade de materiais e equipamentos no local. É importante que o levantamento de dados siga um padrão da empresa, podendo elaborar formulários, para que os profissionais não analisem pontos diferentes, para que estejam alinhados.

- **Identificação dos serviços:** Identificação dos serviços necessários, de acordo com os projetos recebidos e com a situação encontrada na visita.
- **Levantamento de quantitativos:** Subetapa de alta importância, por isso, mesmo que o órgão contratante forneça os quantitativos juntamente com os projetos, é interessante que o orçamentista produza a sua própria planilha, para comparação e análise de possíveis discrepâncias, evitando perdas ou desperdícios.
- **Determinação dos custos diretos:** Estes custos estão diretamente associados aos serviços levantados, podendo ser unitários, quando são mensuráveis e se associam a unidades de serviço, ou em formato de verba, quando não possui uma unidade que o mesure fisicamente. São organizados em grupos, chamados composições, contendo em cada um os insumos e mão de obra necessários para realização da atividade. Também, cada insumo possui um índice que representa a quantidade utilizada daquele material para realização de uma unidade do serviço.
- **Determinação dos custos indiretos:** Estes custos são associados às atividades que necessitam ser realizadas para que os serviços próprios do projeto possam acontecer, como, por exemplo, mobilização e desmobilização de canteiro, equipes técnicas (engenheiro, encarregados) de suporte (Vigia), entre outros.
- **Cotação:** Na determinação dos custos ainda não são definidos valores, apenas as composições, somente nessa fase os preços são escolhidos, através da análise de mercado e pensando no fator competitividade.
- **Encargos sociais e trabalhistas:** O valor direcionado à mão de obra é composto pelo salário base, normalmente calculado por horas trabalhadas, e pelos encargos sociais e trabalhistas previstos pela legislação e convenções de trabalho. Os sociais contemplam as contribuições de INSS, FGTS, salário educação, SESI, SENAI, SEBRAE, seguro contra acidente de trabalho e INCRA. Os trabalhistas contemplam férias, repouso semanal, feriados, auxílios, 13º salário, entre outros.
- **Lucratividade:** Definida pelo construtor, deve levar em consideração concorrência, riscos, competitividade, entre outros.
- **Cálculo do BDI:** O BDI é o percentual aplicado diretamente sobre os custos já orçados na planilha orçamentária, a partir dele encontra-se o preço de venda. A sigla se refere a

Benefícios e Despesas Indiretas e é encontrado a partir da divisão do custo indireto, mais o lucro, pelo custo direto, contemplando custos financeiros, impostos, custos da administração central, despesas indiretas de funcionamento da obra e lucro

- Desbalanceamento da planilha: A aplicação do BDI pode ser realizada de forma uniforme, mas nessa última subetapa o orçamentista pode refazer a distribuição dos preços, agora de forma não uniforme. Todo o ajuste é feito sem alteração do preço de venda, sendo realizado apenas para melhoria da situação econômica do contrato.

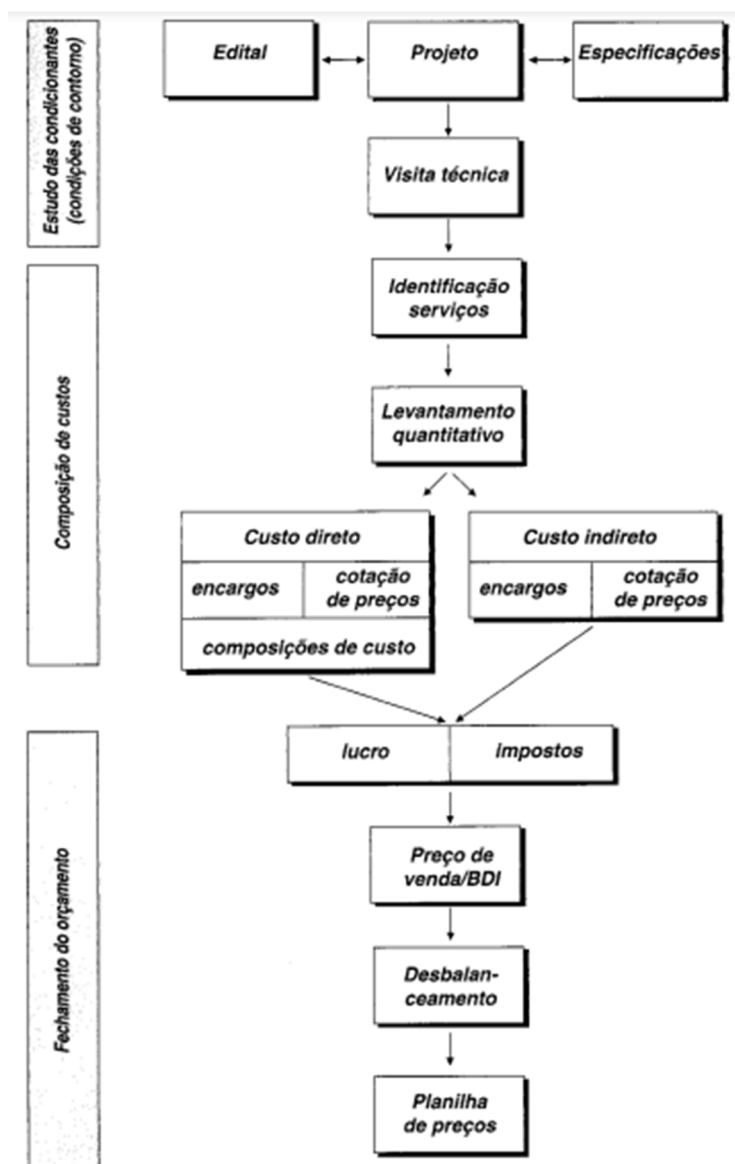
A tabela 1 apresenta um exemplo de uma composição de custos e a figura 2 apresenta um resumo das etapas e subetapas descritas.

Tabela 1 - Exemplo de composição de custos unitários

CONDUTOR DE COBRE UNIPOLAR, ISOLAÇÃO EM PVC/70°C, CAMADA DE PROTEÇÃO EM PVC, NÃO PROPAGADOR DE CHAMAS, CLASSE DE TENSÃO 750V, ENCORDOAMENTO CLASSE 5, FLEXÍVEL, COM AS SEGUINTE SEÇÕES NOMINAIS: #2,5 MM²						
91926	SINAPI					M
Tipo	Código	Descrição	Unidade	COEFICIENTE	PREÇO UNITARIO	CUSTO TOTAL
INSUMO	1014	CABO DE COBRE, FLEXIVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLACAO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 450/750 V, SECAO NOMINAL 2,5 MM2	M	1,19	2,24	2,67
INSUMO	21127	FITA ISOLANTE ADESIVA ANTICHAMA, USO ATE 750 V, EM ROLO DE 19 MM X 5 M	UN	0,01	2,83	0,03
SOMATÓRIO – MATERIAL						2,69
AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS						
COMPOSICAO	88247	COMPLEMENTARES ELETRICISTA COM ENCARGOS	H	0,03	7,31	0,22
COMPOSICAO	88264	COMPLEMENTARES	H	0,03	9,56	0,29
SOMATÓRIO - MÃO DE OBRA						0,51
ENCARGOS SOCIAIS						0,59
SOMATÓRIO - MÃO DE OBRA + ENCARGOS SOCIAIS						1,09
SUBTOTAL - MATERIAIS + MÃO DE OBRA + ENCARGOS SOCIAIS						3,78
COMPOSIÇÃO COMPLETA (BDI + ADM + LUCRO)						4,73

Fonte: Desenvolvida pelo autor

Figura 2 - Esquema de orçamentação



Fonte: MATTOS (2006)

A realização da estimativa de custo não acontece de uma forma única, existe o que se conhece por orçamento evolutivo, um conjunto de estimativas provenientes de cada fase do processo construtivo. Trindade (2019) trata do orçamento evolutivo:

- Para dar início a toda e qualquer obra é necessário realizar primeiro um estudo de viabilidade e nessa fase é realizada a estimativa de custo inicial, ou orçamento para viabilidade. Neste, o principal objetivo não é estimar o valor de uma obra, é encontrar uma aproximação que represente o custo do empreendimento, com um grau de precisão aceitável. No Brasil, essa aproximação é feita normalmente através do CUB, custo unitário básico, um índice paramétrico estabelecido pela NBR 12.721/2006.

- Logo após essa fase, tem-se o desenvolvimento do produto, compra do terreno e lançamento e juntamente com essas atividades está o orçamento preliminar. Com um menor grau de incerteza, este trabalha com uma quantidade maior de indicadores, levanta algumas quantidades e atribui valores a alguns serviços, mas ainda não é o orçamento final.
- Por fim, no período que antecipa o início real da obra, é construído o orçamento executivo, ou analítico, que segue o esquema de orçamentação apresentado anteriormente, procurando chegar a um valor preciso e coerente e próximo do custo real.

2.3 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

O Building information modeling, modelagem da informação da construção, mais conhecido como método BIM, pode ser definido como um conjunto de processos associados entre si utilizados para produzir, comunicar e analisar modelos de construção, sendo esses modelos tipos de componentes que podem ser representados por objetos com dados e atributos identificados para softwares, que podem passar por manipulação inteligente e que possuem dados descritivos detalhados para serem utilizados nos processos de trabalho (SACKS, 2021).

Os sistemas BIM são formados por um modelo tridimensional único, onde são inseridas todas as informações de projeto, seja na sua concepção inicial ou durante as etapas do processo construtivo, estas são compiladas automaticamente no modelo 3D, havendo integração entre disciplinas de projeto e entre fases. Toda e qualquer alteração é atualizada no projeto como um todo, ou seja, em todos os seus documentos, o que gera uma maior confiabilidade para os dados extraídos dele (RAMIREZ, 2018).

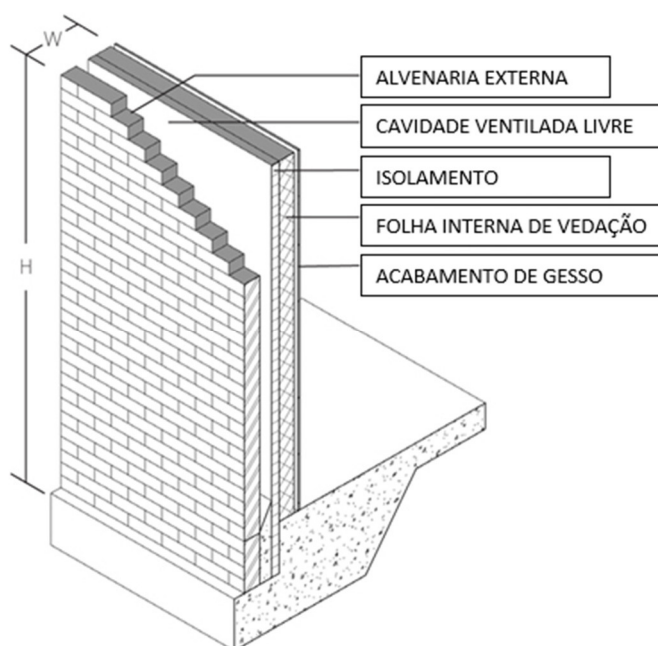
2.3.1 Níveis de informações e modelagem

Dentro dessa metodologia existem dois conceitos principais quanto à níveis de informações inseridas e extraídas dos projetos: O nível de detalhamento e o nível de desenvolvimento da informação, sendo o primeiro referente às informações inseridas no elemento e sua parte geométrica e o segundo referente também ao detalhamento, mas voltado para o grau que pode ser utilizado de maneira confiável (BIM FORUM, 2019).

Ainda, cada fase do projeto, possui elementos com níveis de desenvolvimento diferentes, sendo assim, não é necessário que sejam definidas etapas de projeto, deve apenas ser organizado um conjunto de informações para cada elemento, nas fases do processo evolutivo (BADRA, 2018).

Essa definição dos níveis de necessidade de informação está também associada à inclusão de dados não gráficos, combinados aos dados gráficos, para a formação do quadro geral dos elementos modelados. A figura 3 traz um exemplo das características gráficas de um elemento, associadas a elas estão as características não gráficas como: vida útil, desempenho estrutural e de incêndio, perda de calor, mão de obra, requisitos para instalação dos materiais e até propriedades dos materiais usados (condutividade térmica, resistência ao fogo e à compressão, tolerâncias dimensionais, material reciclado). Todas essas informações são apresentadas, através do modelo BIM, na forma de especificação técnica ou de manual, esse formato escrito já existia, porém não havia a combinação (MORDUE, 2015).

Figura 3 - Exemplo de informações gráficas

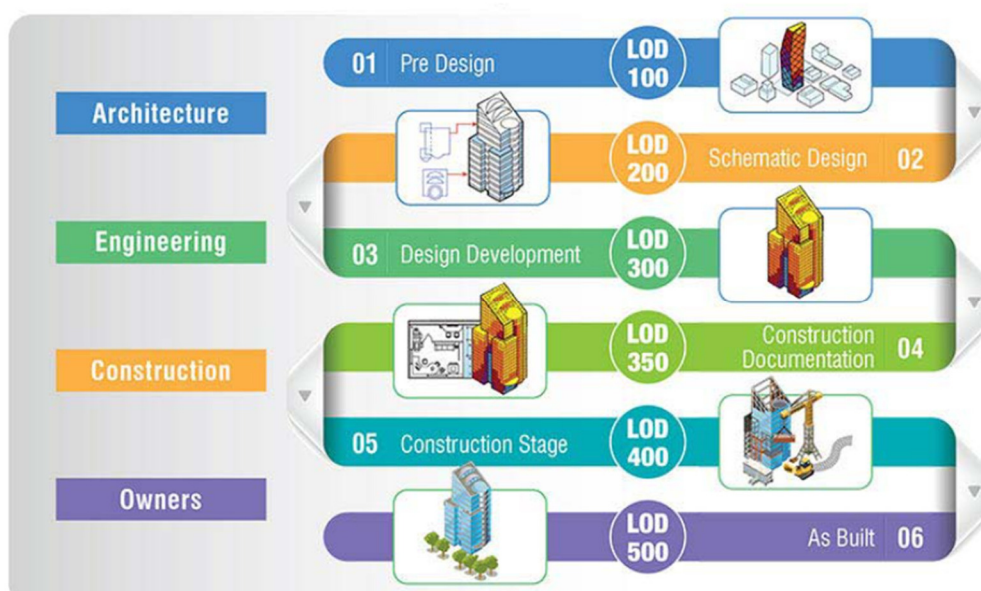


Fonte: Adaptado de MORDUE (2015)

Quando se fala em detalhamento tem-se também os níveis de desenvolvimento do modelo, ou da modelagem. Bedrick (2013) define cada nível como LOD, Level of Development, uma sequência lógica de evolução do BIM, que perpassa pela fase conceitual do

projeto até a construção, fabricação e operação. Define características e componentes do modelo para que possa ser melhor identificado o que ele é capaz de fornecer.

Figura 4 - Níveis de desenvolvimento da modelagem



Fonte: HITECH

Morais *et. al.* (2015) descreve os níveis de desenvolvimento da seguinte forma:

- LOD 100: Pré Design, fase inicial de concepção ou estudo volumétrico do projeto. Modelo que permite realizar análises de construção, como definir o formato inicial da edificação, sua orientação e o seu custo por metro quadrado.
- LOD 200: Geometria aproximada ou projeto esquemático. Se compara à fase de concepção do projeto ou anteprojeto e possui quantitativos aproximados, tamanho e formas predefinidos e representação parcial das instalações prediais, sendo possível adicionar informações aos componentes dos modelos para análises de desempenho.
- LOD 300: Precisão geométrica ou Desenvolvimento de design. Projeto praticamente definido, com especificações de materiais e quantitativos precisos, possibilitando gerara documentação da obra, a lista de compras e o cronograma em macro escala. Permite a simulação do comportamento do edifício e pode ser utilizado para construção.
- LOD 350: Coordenação ou documentação de construção. Fase em que são definidos os escopos de projeto por disciplina e o nível de desenvolvimento, prevendo detalhamento

de reforços e conexões para garantir a compatibilização, visto que os níveis até aqui são suficientes para coordenação de disciplinas.

- LOD 400: Etapa onde o modelo está pronto para fabricação e construção, permite simulações verdadeiramente precisas e processos de manufatura dos componentes. Deve contar com a participação de todos os envolvidos e o cronograma de obras, em cada detalhe, deve estar vinculado ao modelo.
- LOD 500: Nível “as built”, construído. Fundamental para processos de operação, manutenção e reformas da edificação, nele ocorre a inserção de todas as informações da construção no modelo.

2.3.2 Vantagens e desvantagens

Ramirez (2018), reuniu as características citadas por diversos autores, sobre o uso do BIM, separando em vantagens e desvantagens. Quanto às vantagens tem-se: Melhor planejamento e compreensão do projeto com a visualização 3D e a definição das propriedades físicas dos elementos, base de dados integrada, presença de relações paramétricas, que permitem a interligação de disciplinas, elementos e informações, maior capacidade de detectar conflitos e estudar suas soluções, extração de quantitativos e, conseqüentemente, custos de forma mais prática, facilidade em revisões e ajustes no projeto e melhor visualização em 5D.

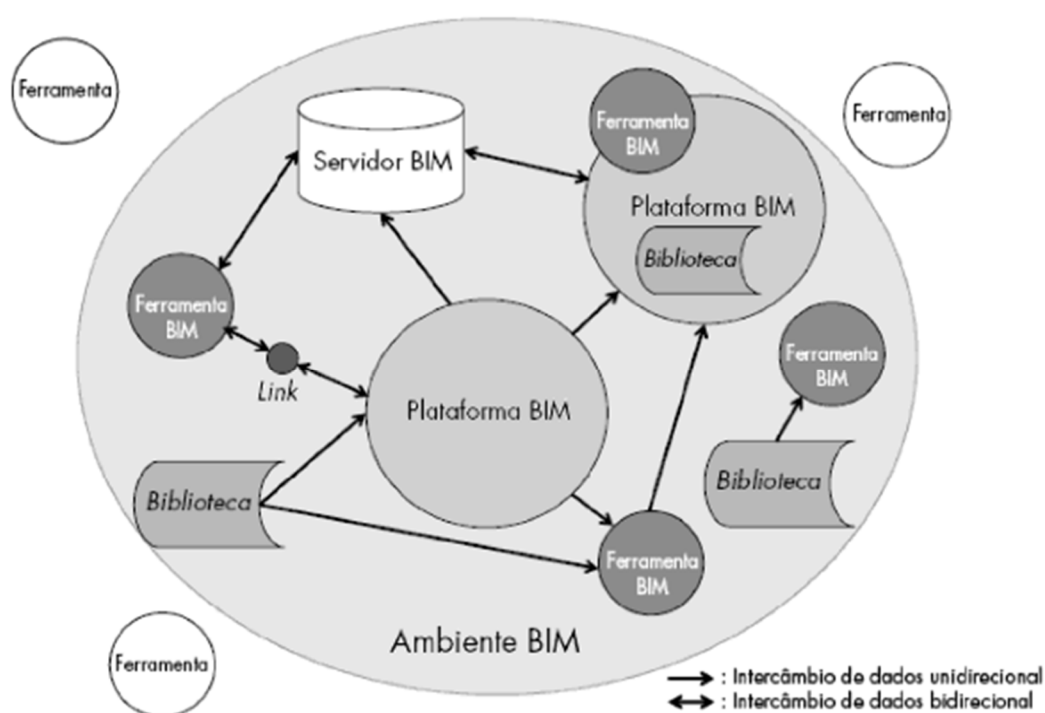
O autor ainda fala sobre as desvantagens do método, dentre elas: escassez de mão de obra especializada, a dificuldade em levar a mudança nos processos para as empresas (resistência ao novo, a sair da zona de conforto), os altos investimentos necessários, principalmente em equipamentos e, como uma das principais dificuldades destaca a automatização dos diversos tipos de atividades, que atribui maiores responsabilidades aos projetistas e estagiários e faz com que arquitetos e engenheiros atuem com maior foco na produção da documentação e na real coordenação do projeto e, assim, precisa ser treinado em softwares BIM.

2.3.3 Organização do método

O BIM, em muitas organizações, faz uso de diversos aplicativos que devem ser conceitualizados e organizados, através de uma hierarquia de três níveis: Ferramenta,

plataforma e ambiente. A ferramenta se caracteriza como recurso de envio, recebimento e processamento de informações, como exemplo existem os aplicativos de gerações de especificações, de orçamentação, de cronogramas, entre outras. A plataforma pode ser considerada um gerador central de informações, que guarda informações vindas de vários aplicativos, como exemplos tem-se o Revit, ArchiCAD, Tekla Structures, Vectorworks, Bentley AECOSim e Digital Project, algumas plataformas possuem funcionalidades de ferramentas, como renderização, produção de desenhos, entre outros, e ainda fornecem diversos tipos de bibliotecas e interfaces para interligar diferentes disciplinas. Por fim, um ambiente BIM é um conjunto de aplicativos interfaceados de forma que suportem diversos fluxos de informações e processos, inclui ferramentas, plataformas, servidores, bibliotecas e processos de trabalho (SACKS, 2021).

Figura 5 - Ferramentas, plataformas e ambientes BIM



Fonte: SCKS (2021)

Dentro do mercado AEC, arquitetura, engenharia e construção, o método BIM se divide em algumas dimensões, para que se possa ter um alcance melhor para todos os recursos disponibilizados, Baptista (2015) define:

- BIM 3D: Modelo tridimensional em que cada objeto associado possui parâmetros e características estabelecidas previamente e representações com informações e dados necessários para entendimento e execução.
- BIM 4D: Dimensão do planejamento de obras, com análise das atividades que devem ser realizadas e escalonamento dos objetos. Sendo assim, pode ser considerada a associação entre o BIM 3D e a variável tempo.
- BIM 5D: Associação do modelo já conhecido com o controle de custos e de seus dados (quantitativos, materiais, tarefas) aos respectivos valores de mercado, com ligação automática. Áreas que envolvem orçamentação são sempre de maior importância em todas as etapas do processo construtivo e mais ainda a depender de sua vinculação às condições de financiamento, disponibilidade de investidores e fundos para a construção.

O BIM 6D é caracterizado, por Ferreira (2015), como gestão das instalações, visto que está relacionado com operação e manutenção delas e possui informações utilizadas no período de produção e exploração, contribuindo para que manuais, projetos e dados não sejam perdidos.

2.3.4 Interoperabilidade e compatibilização

Entendendo toda a interface já apresentada, é perceptível que não é um software ou aplicativo, mas um modelo computacional desenvolvido e aplicado neles. Assim, contempla diversos tipos de aplicativos e programas que, em muitos casos, possuem padrões definidos pelos próprios usuários e, nesse sentido, devem ser reunidos em um modelo integrado, programados para uma padronização única, o que é chamado de interoperabilidade. Dentro desse processo, foi construída uma linguagem padrão internacional, a Industry Foundation Classes (IFC), para que, independentemente do software utilizado, seja necessário apenas solicitar o IFC do modelo e transferi-lo para o desejado (SAKAMORI, 2015).

A linguagem, ou modelo, IFC, é composta por um conjunto de definições, regras e protocolos para descrever todo o ciclo de vida de uma edificação, ou empreendimento. Os objetos descritos por esse modelo servem de suporte para planejamento, desenho, construção e operações, pois possuem informações fundamentais para o método BIM. Além de ser capaz de, a cada nova versão dos aplicativos, ampliar suas possibilidades, contribui para o aumento da qualidade dos projetos, visto que através dele uma edificação pode ser construída virtualmente

antes da sua real execução e, assim, antecipa-se a resolução de problemas e torna a análise de custos mais precisa (SAKAMORI, 2015).

A interoperabilidade pode ser vista como uma questão crítica para usuários avançados do BIM e os problemas voltados à ela possuem quatro razões técnicas principais: Cobertura limitada de um modelo de dados, dados fora do escopo de um modelo ou formato de arquivos de intercâmbio, problemas no tradutor, quando ele não suporta os dados de interesse mesmo especificados no modelo, erros nos softwares, dados intercambiados perfeitamente, mas com problemas no carregamento e visualização, e problemas no domínio do software, onde os dados estão fora do escopo do aplicativo (SACKS, 2021).

Esse conceito pode ser separado em três níveis. Tassara (2019) descreve esses níveis, que são caracterizados pelos tipos de softwares utilizados no mercado AEC:

No primeiro são usados softwares da mesma marca ou fabricante, por exemplo quando se utiliza o Autodesk Revit em diferentes versões e modelos BIM e ao final da produção são agrupados e enviados para uma equipe de planejamento e gestão que usa o Navisworks ou outro do mesmo fabricante. Esse nível favorece o planejamento, a coordenação, o tempo de produção e a detecção de interferências entre as especialidades.

O segundo nível é o mais usual, nele a equipe utiliza softwares de diversos fornecedores, sendo necessária a determinação de regras de comunicação para reduzir erros e facilitar a gestão das informações.

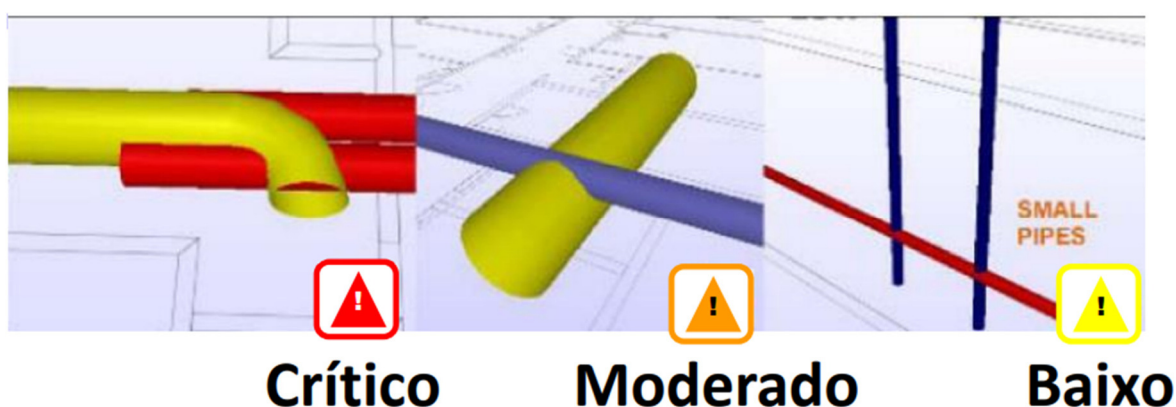
O terceiro nível é caracterizado pela utilização das “open data standards”, as normas abertas de dados, que na indústria da construção são representadas pela linguagem IFC, já apresentada neste trabalho. Nele não apenas se agrupam as informações para serem organizadas, mas define-se primeiro em que estágio elas devem estar para serem repassadas para diferentes softwares.

O processo de compatibilização em BIM, união dos projetos das diversas disciplinas em um único modelo 3D de forma automática, só é possível ser realizado a partir da existência do conceito de interoperabilidade, visto que para isso é necessária a participação, na plataforma, de todos os envolvidos no projeto para que ocorra a análise e a solução de interferências, que ao encontradas devem ser direcionadas aos profissionais responsáveis pelas disciplinas em questão, podendo ser interdisciplinares (mais de uma disciplina envolvida) ou associadas a apenas uma ramificação do projeto.. A compatibilização passa pelas seguintes etapas:

Organização do modelo BIM, análise das incompatibilidades de projeto, emissão de relatórios, análise dos atendimentos aos comentários de problemas, revisão do projeto no modelo e reuniões de compatibilização (GONÇALVES, 2018).

A CBIC (2017), na “Cartilha do BIM”, ressalta que softwares BIM detectam automaticamente interferências entre objetos que compõem um modelo, clash detection, podendo ainda serem classificadas em leve, moderadas ou crítica. sendo as leves de fácil solução (usar conexões padronizadas) e as críticas, aquelas que envolvem revisão de projeto. Existem também as interferências funcionais, soft clash, como a presença de dois equipamentos em um mesmo ambiente que pode prejudicar um o funcionamento do outro. A figura 6 apresenta exemplos do nível de severidade citado.

Figura 6 - Nível de severidade de interferências (“Clash detection”)



Fonte: CBIC (2019)

2.3.5 BIM 5D

O BIM 5D é uma parte da metodologia que contempla a modelagem 3D e as variáveis tempo e custo, porém tendo seu foco maior na parte orçamentária (onde ocorre interdependência das variáveis). Dentre seus benefícios podem-se destacar as possibilidades de simulações de custo, para um projeto melhor planejado e dentro do nível de competitividade, a capacidade de atuação em várias etapas de um empreendimento, seja no projeto, na construção ou na operação, reduzindo as perdas de tempo em estimativas de custos e nos ajustes delas após mudanças no material inicial, auxiliando na identificação de erros nos desenhos, além de contribuir com fluxos de caixa, com a preparação e atualização do plano de construção, fazendo previsões de recursos e minimizando perdas por falta de planejamento no canteiro de obras, e com o plano

de manutenção (XU, 2017).

Apesar dos inúmeros benefícios, existem algumas dificuldades, sendo uma das principais o período de implantação, a utilização do método no ciclo de vida de um empreendimento deve ser prevista desde as fases iniciais, realizar a implantação pós fase de projetos, por exemplo, faz com que sejam perdidas as referências do padrão de modelagem que devem ser aproveitadas na estimativa de custos, para que aconteça integração entre as informações construtivas e os dados dos serviços (XU, 2017).

Entendendo o processo, nessa dimensão, a análise quantitativa é associada diretamente à descrição dos materiais utilizados na elaboração do projeto, gerando uma base de dados, com estimativa de custos e integrada para análise visuais. As ferramentas BIM conseguem extrair números de componentes, áreas, volumes espaciais, quantidades de materiais e gerar cronogramas. Também é gerado um código para que possa ser feita a conferência da edificação projetada durante a aprovação dos projetos, seja na prefeitura, seja em um escritório (SAKAMORI, 2015).

O projeto modelado é quantificado e gera, a partir dele, a estimativa de custos, detalhes de desenhos e relatórios de forma automática. Os resultados da quantificação são associados a um banco de dados que possuem composições de custo, gerando a estimativa de forma automática e permitindo que os profissionais se concentrem apenas nas informações e tomadas de decisões. A estimativa gerada e o orçamento produzido podem ter variâncias, que são desvios no cronograma, na qualidade ou nos custos, que devem ser minimizadas por ações corretivas, mas não se deve tentar eliminá-las, pois são utilizadas para verificar alterações referentes a custos e planejamento (SAKAMORI, 2015).

Essa modelagem pode ser conduzida de três formas diferentes: Transferência de quantitativos do software em modelo BIM para software de orçamentação, associação dos dois tipos ou através do uso de ferramenta BIM específica para levantamento de custos. Independente do fluxo escolhido, alguns elementos não existirão no modelo, seja em sua totalidade ou parcialmente, porém precisam ser calculados. Existem serviços que mesmo não sendo modelados, é possível quantificá-los a partir de outros já existentes. Aqueles que não constam no modelo e não conseguem passar por uma associação precisarão ser inseridos no orçamento pelo método tradicional, como exemplo tem-se: administração local, mobilização, desmobilização, ensaios técnicos, aquisição do terreno, empresa gerenciadora, entre outros (ANDRADE *et. al.*, 2021).

Para que o levantamento de custos seja realizado de forma correta é necessário, também, que o projeto passe por uma classificação de elementos e objetos, baseando-se em relações comuns entre eles e estabilizando termos, métodos e conceitos. Essa classificação, normalmente, define códigos numéricos, alfabéticos ou alfanuméricos para os diferentes níveis de classes (SAKAMORI, 2015).

No âmbito da normatização, a Comissão de Estudo de Modelagem da Informação da Construção (ABNT/CEE-134) cuida da padronização dos componentes BIM, garantindo a colaboração de qualquer profissional usuário de modelos padronizados nos projetos, como por exemplo fornecedores, que precisam criar e disponibilizar componentes já em um padrão específico (CAMPESTRINI et al, 2015).

Santos (2012) cita, como fruto da ABNT/CEE-134, duas normas publicadas:

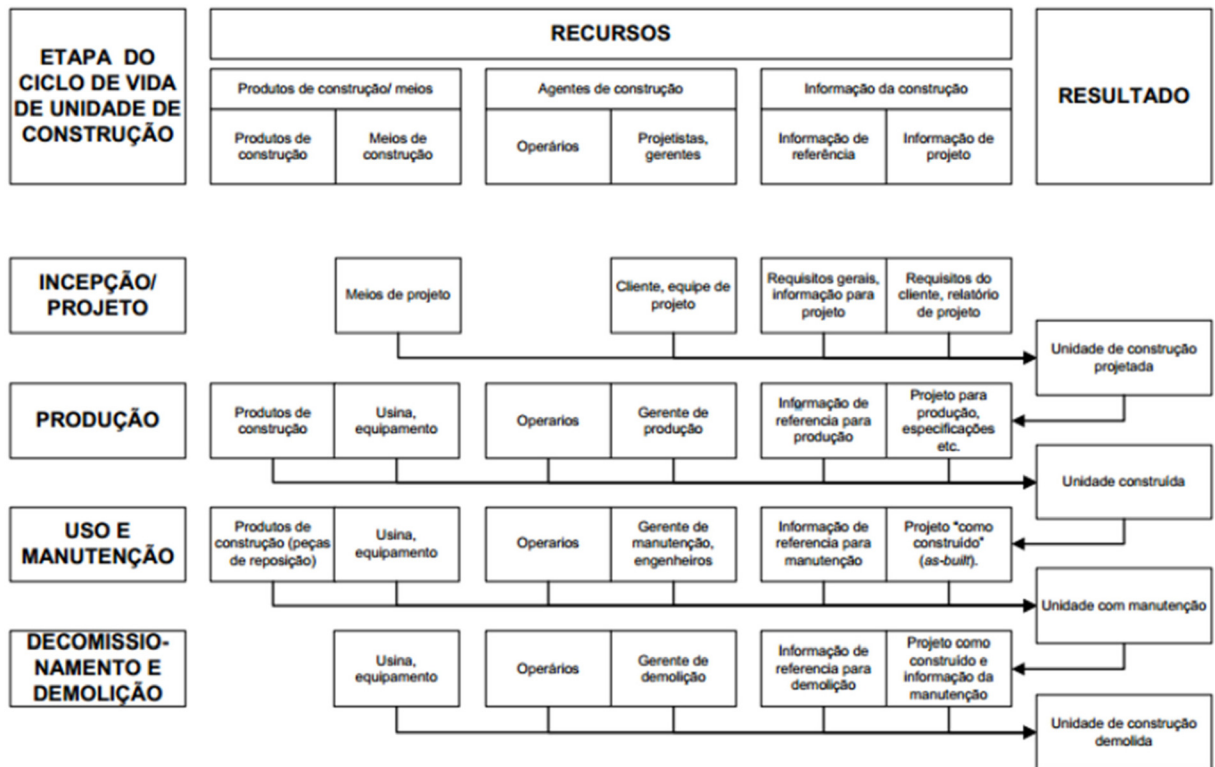
- NBR ISO 12006-2: 2010 – Construção de edificação – Organização de informação da construção. Parte 2: Estrutura para classificação de informação;
- NBR 15965-1: 2011 – Sistema de classificação da informação da construção. Parte I: Terminologia e estrutura;

E como complemento à NBR 15965 -1: 2011, surge:

- NBR 15965-2:2012 – Sistema de classificação da informação da construção. Parte 2: Características dos objetos da construção.

De forma mais específica, a ISO 12006-2: 2010, classifica as informações de acordo com as etapas do ciclo de vida da construção, recursos utilizados e resultados. A Figura 7 representa esse esquema classificatório.

Figura 7 - Classificação segundo a ISO 120: 06-22010



Fonte: SCHEER (1990)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

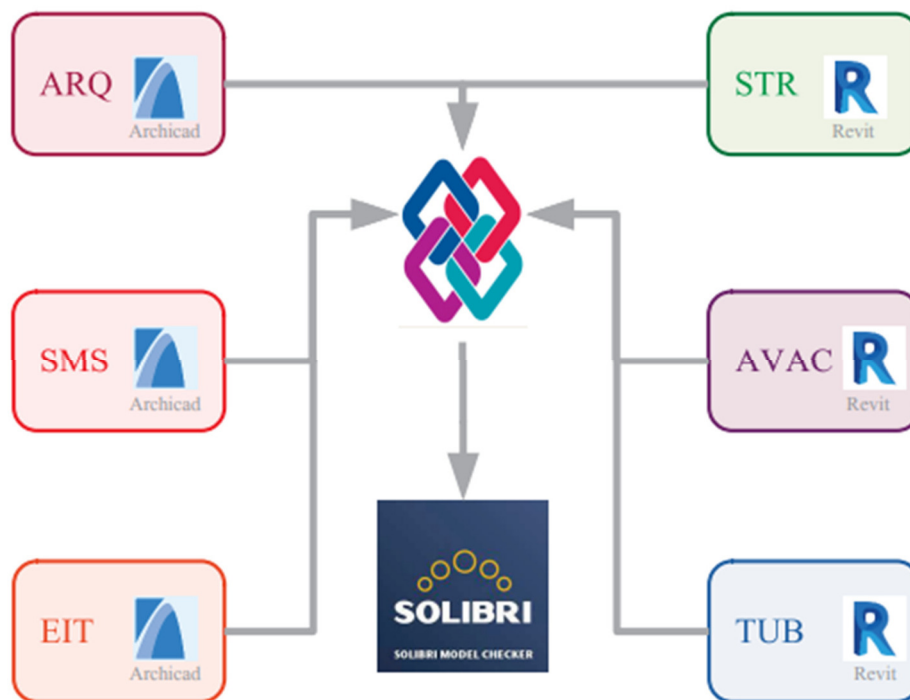
3.1 ESTUDO 1

Salgado (2021) em seu trabalho “Atribuição de informações orçamentárias em modelos de construção BIM” realizou uma análise de um empreendimento modelado em BIM por uma construtora curitibana, que será retratada neste tópico. O empreendimento fica localizado no centro de Curitiba, possui 27 andares e 303 unidades. Para melhor organização, as disciplinas do projeto foram separadas em seis grupos:

- ARQ: projetos arquitetônicos, paisagismo e interiores;
- STR: projetos estruturais;
- AVAC: projetos de aquecimento, ventilação e ar-condicionado;
- TUB: projetos hidrossanitários, drenagem e gás;
- EIT: projetos elétricos, telefônicos, lógica, SPDA e automação;
- SMS: projetos necessários para trâmites legais em órgãos fiscalizadores.

Estas disciplinas foram modeladas em softwares proprietários diferentes, Archicad 24 e REVIT 2020 e a compatibilização foi realizada por meio da exportação no formato IFC e união no software Solibri Office, conforme o esquema apresentado na figura 8. Após a exportação foram realizadas as checagens referentes a incompatibilidades entre sistemas.

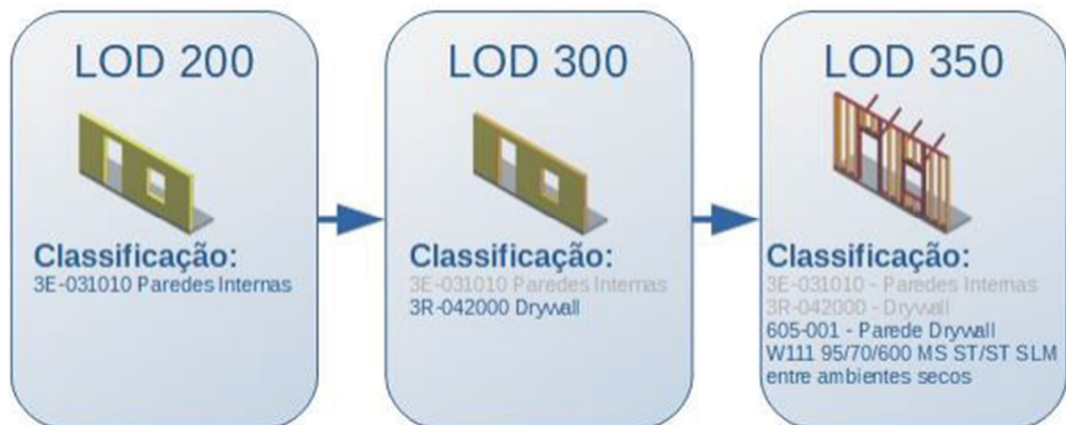
Figura 8 - Softwares utilizados na modelagem do projeto



Fonte: SALGADO (2021)

O autor desenvolveu diretrizes de orçamentação conforme especificações e necessidades da empresa. Quanto à composição de custos, a planilha adotada baseia-se no modelo definido pelo SINAPI, visto que a empresa não possui uma composição de custos própria, mas foi realizada uma mescla entre os valores fornecidos pelo SINAPI e pelas cotações obtidas por meio do histórico de obras. A progressão de classificação de informação escolhida vai do LOD 200 até o LOD 350, ou seja, para a modelagem BIM 5D o projetista deve inserir três tipos de informações: classificação dos elementos, 3E, para o LOD 200, classificação dos resultados do trabalho, 3R, para LOD 300 e classificação contendo composição orçamentária, para LOD 350. As siglas 3E e 3R são códigos, para organização de informações de maneira mais adequada, elaborados pela própria empresa. A figura 9 exemplifica essa inserção de informações.

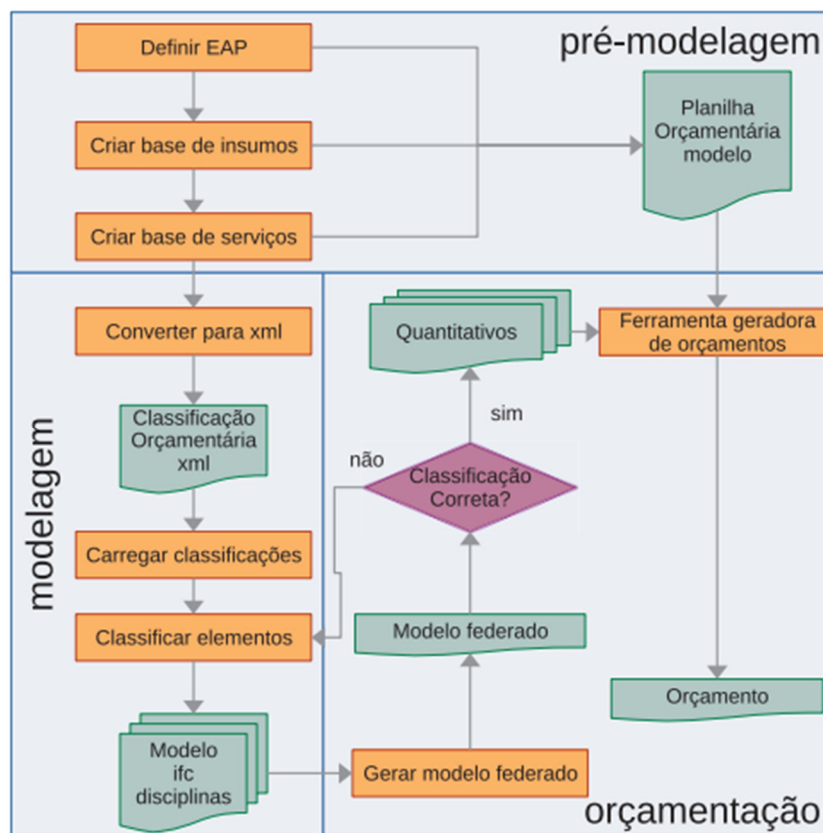
Figura 9 - Progressão de classificação de informação



Fonte: SALGADO (2021)

Com todas essas informações, foram desenvolvidas as diretrizes de orçamentação, antes da produção da planilha orçamentária propriamente dita, conforme o fluxograma da figura 10.

Figura 10 - Fluxograma das diretrizes



FONTE: SALGADO (2021)

3.1.1 Resultados e análises do estudo 1

O resultado final do orçamento em BIM foi comparado ao obtido pelo procedimento tradicional seguido pela empresa. O autor traz como pontos principais:

- Quanto ao escopo, o orçamento apresentado pela empresa possuía 296 itens, porém o quantitativo extraído do modelo BIM resultou em 1012 itens. As maiores diferenças estão no tópico “sistemas de serviços”, que contempla tubulações, sistema elétrico, de proteção e automação. A diferença de cerca de 342% a mais por BIM é justificada pelo autor através da forma como a empresa apresentou os quantitativos pelo método tradicional, visto que ela define verbas para conjuntos de serviços, como por exemplo as instalações hidráulicas que foram definidas como um único item, “Sistema Hidráulico”, que é calculado por uma taxa multiplicada pela metragem quadrada total construída. Também, no modelo proposto a atribuição orçamentária é realizada durante a modelagem do elemento, ou seja, independe da interpretação humana.
- Quanto aos custos, tem-se para o modelo tradicional um total orçado de R\$ 36.338.368,91 e para o proposto R\$37.662.527,53, havendo uma dilatação de cerca de 3,64% a mais no custo final orçamentário pelo modelo proposto. A tabela 2 apresenta os valores orçados, sendo possível observar também que em alguns conjuntos de atividades o método tradicional possui um custo maior, como no canteiro de obras e na estrutura envoltória, podendo ser levado em consideração, que alguns serviços, ou elementos não conseguem ser modelados pelo software BIM e precisam ser tratados manualmente, o que interfere em seus valores.

Tabela 2 - Planilha orçamentária (Estudo 1)

Item	Etapa	Modelo Proposto	Modelo tradicional
1	Despesas iniciais	R\$ 6.919.608,23	R\$ 6.921.907,00
2	Canteiro de obras	R\$ 467.649,68	R\$ 547.910,05
2.1	Preparação do terreno	R\$ 467.649,68	R\$ 547.910,05
3	Subestrutura	R\$ 3.243.347,64	R\$ 3.089.685,18
3.1	Muros e contenções	R\$ 1.729.336,37	R\$ 1.713.866,14
3.2	Fundações	R\$ 1.440.555,64	R\$ 1.375.819,04
4	Estrutura envoltória	R\$ 10.578.354,82	R\$ 12.675.888,71
4.1	Superestrutura	R\$ 7.009.512,67	R\$ 7.165.710,75
4.2	Fachadas	R\$ 3.445.855,69	R\$ 5.360.794,30
4.3	Pisos externos	R\$ 94.020,59	R\$ 116.930,41
4.4	Forros externos	R\$ 17.087,50	R\$ 22.173,26
4.5	Outras construções externas	R\$ 11.878,37	R\$ 10.279,98
5	Interiores	R\$ 7.475.964,46	R\$ 7.343.228,29
5.1	Divisórias internas	R\$ 5.264.236,11	R\$ 4.829.197,35
5.2	Pisos internos	R\$ 821.537,67	R\$ 946.073,33
5.3	Forros internos	R\$ 594.564,14	R\$ 716.935,56
5.4	Outras construções internas	R\$ 795.626,54	R\$ 851.022,06
6	Sistemas de serviços	R\$ 6.842.370,58	R\$ 3.315.972,09
6.1	Tubulação	R\$ 1.567.915,04	R\$ 767.855,15
6.2	AVAC	R\$ 1.733.245,73	R\$ 848.822,56
6.3	Sistema elétrico	R\$ 3.266.000,92	R\$ 1.567.231,91
6.4	Sistema de proteção e segurança eletrônica	R\$ 166.249,95	R\$ 79.777,14
6.5	Sistema de automação predial	R\$ 63.271,52	R\$ 30.361,64
7	Equipamento e mobiliário	R\$ 2.135.232,12	R\$ 2.443.776,61
7.1	Equipamentos	R\$ 2.135.232,12	R\$ 2.443.776,61
TOTAL		R\$ 37.662.527,53	R\$ 36.338.367,93

Fonte: SALGADO (2021)

- As principais dificuldades encontradas em todo o processo estão relacionadas à classificação dos elementos, procedimento fundamental para organização de um orçamento preciso e bem estruturado. Segundo o autor, o fato de o empreendimento ser complexo, com mais de 75.000 componentes, tornou o arquivo pesado e de difícil manipulação. Para o nível de complexidade encontrado, eram necessárias estações de trabalhos com processamento profissional. Outro ponto foi o retrabalho, foi definido que os modeladores de cada disciplina fariam a classificação de seus elementos, mas ao final do processo, ao auditar o modelo foi percebido que alguns elementos não eram compatíveis com os serviços relacionados a eles e isso era ocasionado pela falta de informação e de especificações, mesmo em níveis mais avançados de desenvolvimento. Por fim, Salgado (2021) também citou a questão dos elementos compostos, que quando

exportados para IFC não carregavam informações de suas camadas, na exportação passam por mudanças de categoria ficando separados de seus componentes, por isso foi necessário criar regras específicas para alguns elementos dentro do software.

- Como pontos positivos, o autor destaca: a criação de uma estrutura orçamentária modelo, o estabelecimento de uma base de custos de serviços da construção, a classificação dos elementos e automação de tarefas. Tudo isso, proporcionou maior precisão, controle, rastreabilidade e confiança às estimativas de custo, visto que esses materiais não existiam no escritório e essa falta prejudicava até mesmo a construção do orçamento pelo método tradicional.

3.2 ESTUDO 2

Latreille (2018), em seu trabalho “Análise da validação de quantitativos obtidos de um modelo BIM de arquitetura para atender a estimativa orçamentária de empresas de construção civil”, realizou um estudo empírico de um empreendimento voltado para extração de quantitativos e construção de orçamento através do método tradicional e do método BIM. Este tópico retrata o trabalho em questão, com uma análise das informações apresentadas pela autora.

A empresa, que não foi identificada por opção dos envolvidos, localiza-se em Curitiba - PR, a mão de obra das atividades operacionais é terceirizada, visto que é relativamente pequena de administração familiar. O projeto arquitetônico é de autoria de uma arquiteta parceira da empresa construtora, já a modelagem BIM é responsabilidade dela e o orçamento é responsabilidade da autora do trabalho.

O empreendimento em questão é composto por uma torre residencial, dois subsolos, pavimento térreo e mais 6 pavimentos, 35 apartamentos, 75 vagas de garagem e 7.231,86 m² de área construída. A Figura 11 apresenta uma vista 3D da modelagem BIM do projeto.

Figura 11 - Vista 3D do projeto



Fonte: LATREILLE (2018)

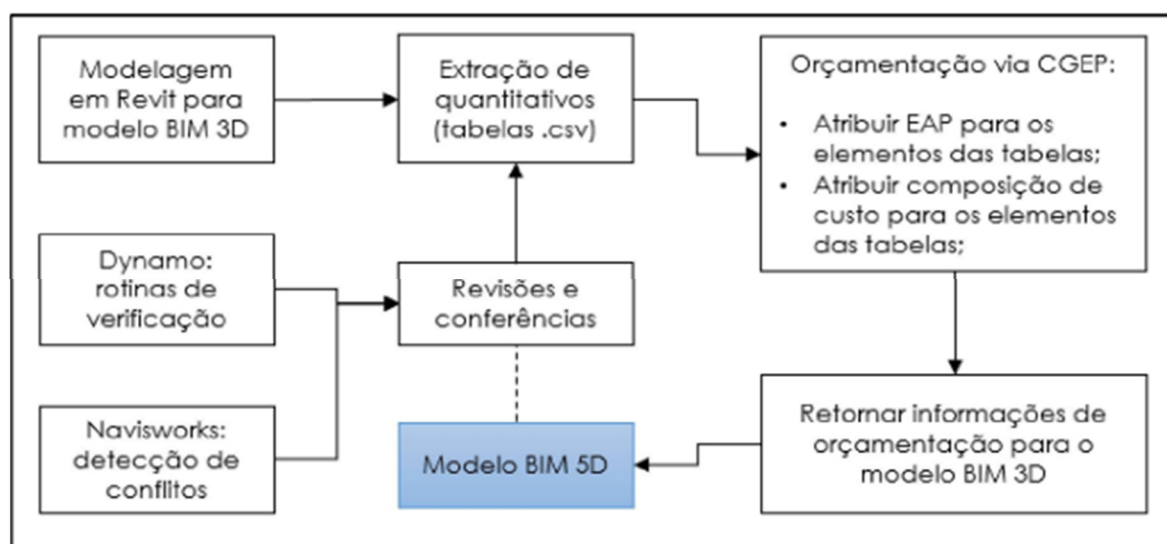
No que se refere ao orçamento, o método tradicional tem como base a planilha orçamentária do último empreendimento sob responsabilidade da construtora, este é semelhante, em estrutura, ao atual. Para a definição das quantidades do pré-orçamento foi utilizada, também, a proporção entre áreas construídas do empreendimento antigo e do novo. Na etapa do orçamento em si, foram usadas as informações disponíveis, que dividem a quantificação em 4 tipos de atividade: Aquelas quantificadas através do projeto arquitetônico, as "não quantificáveis", determinadas de forma prática, automática ou através de índices ou área construída, quantificadas de acordo com o cronograma físico-financeiro e as quantificadas através de outros projetos, ou estimativas. As composições de custos foram definidas através de cotações de possíveis fornecedores ou pelo total pago em construções anteriores, corrigindo os valores através do CUB ou da inflação.

Já no que se refere ao orçamento em BIM, a modelagem se deu através da plataforma Revit, da Autodesk, tendo como característica principal a inserção de até quatro informações descritivas para cada elemento criado, para que assim os quantitativos extraídos possam ser associados às composições de custo adequadas e classificados conforme estrutura orçamentária

do projeto, sem ser necessário voltar ao modelo para identificar os elementos, visto que a orçamentação é realizada fora do modelo BIM, em um software chamado CGEP, que não é comercializado para outras empresas e que utiliza linguagem de programação PHP, personal home page, própria para desenvolver conteúdo na WEB. As tabelas foram extraídas do Revit no formato CVS, Comma-Separated Values, que armazena dados tabelados e pode ser lido pelo excel. Segundo a autora, o processo de associação de custo aos elementos se dá de forma mais ágil no CGEP que no Revit.

Após o preenchimento de todas as tabelas com as informações de custo, o CGEP alimenta o Revit, transformando o modelo 3D em modelo BIM 5D. Para conferência das informações e garantia de que alterações no modelo realmente alterem o orçamento de forma correta, existem as rotinas automáticas de verificação, através do Dynamo, interface de programação presente no Revit. Já para detecção de conflitos, existe o Navisworks, um software de gestão de modelos que realiza a sobreposição deles, encontrando melhores soluções de compatibilização. Para orçamento, detecta itens duplicados. A figura 12 apresenta o fluxograma do processo do BIM 5D na empresa.

Figura 12 - BIM 5D na empresa



Fonte: LATREILLE (2018)

3.2.1 Resultados e análises do estudo 2

Ao todo, o planejamento conta com 141 atividades, distribuídas em 24 tópicos, porém foram comparadas 54 atividades, visto que somente elas possuíam variações reais e significativas entre os dois métodos de quantificação, pois dentro do orçamento final estão

presentes despesas como as projetuais, administrativas, de ensaios e controle, alguns tipos de transportes, entre outras, que não são quantificadas por elementos presentes no projeto arquitetônico.

Ainda, entre as 54 citadas, sete não necessitam de modelagem para maior precisão de quantificação, apenas análise de planta ou memorial. A instalação de churrasqueiras é um exemplo disso, sua quantidade é identificada através do número de apartamentos e salão de festas ou área comum. Assim, o total de atividades comparadas foi igual a 47, desde serviços preliminares de limpeza, aterro, entre outros, até mesmo instalações de equipamentos.

Enquanto a tabela de quantitativos do método tradicional fornece quantidades separadas de materiais e mão de obra, a tabela do método BIM fornece uma quantidade única e 17 atividades, das 47, não possuem quantitativos informados no CGEP, sendo justificado pela empresa que, por não haver informações suficientes no projeto arquitetônico, essas atividades não passaram por modelagem.

Ao observar mais de perto as situações foi entendido, segundo a autora, que algumas faltas de informações eram reflexo de falhas de comunicação nos alinhamentos sobre forma de quantificação, entre orçamentista e empresa, e sobre revisões na estrutura analítica de projetos, EAP, porém uma grande parte dessas atividades não modeladas não estavam com déficits de informações, estas estavam presentes no projeto arquitetônico ou no memorial descritivo, apresentando falhas, também, em leitura de projeto. Ainda, dentre as causas diretas das quantidades faltantes, as principais são:

- Não consta no projeto arquitetônico;
- Não é permanente;
- A quantificação é realizada de forma subjetiva, ou indireta;

Foi realizado o comparativo entre as quantidades de materiais identificadas pelos dois métodos. É válido salientar que as quantidades de mão de obra apresentadas pelo método tradicional se referem à execução de requadros, vergas e outras atividades necessárias para vão maiores que dois metros quadrados, logo, foi considerado pela autora que é mais coerente realizar a comparação com quantitativo de materiais.

Também, foram comparados apenas os elementos que possuíam quantitativos nas duas tabelas e o valores apresentados foram descritos sem os fatores de correção, visto que esses são utilizados no método tradicional, seguido pela empresa, mas são incluídos de forma subjetiva,

logo não estão presentes nos quantitativos extraídos do modelo BIM. A tabela 3 apresenta este comparativo.

Tabela 3 - Comparativo entre os quantitativos dos métodos estudados

Cód. EAP	Descrição da atividade	Un.	Quantitativos Tradicionais	Quantitativos do método BIM	Variação (%) (A/B - 1)
12.1.1	Alvenaria geral, platibandas, chaminés, dutos e guarda-corpo	m ²	9504,71	10399,15	8,60%
12.1.3	Muros (subsolos e implantação)	m ²	1253,3	1092,34	14,70%
13.2	Manta e proteção mecânica	m ²	1566,1	2782,56	43,70%
14.1	Contrapiso interno	m ²	4097,7	4267,69	4,00%
14.2	Contrapiso externo	m ²	1736,3	1924,72	9,80%
14.4	Emboço interno	m ²	14399,8	14797,1	2,70%
14.5	Emboço externo fachada e implantação	m ²	6053,77	5778,84	4,80%
14.6	Emboço muros	m ²	1312,9	1200,84	9,30%
15.1	Pintura interna	m ²	12632,7	13630,12	7,30%
15.3	Pintura subsolos: parede, pilares e teto	m ²	3461,5	687,6	403,40%
15.4	Textura rolada externa: muros térreos	m ²	601,4	984,62	38,90%
15.5	Textura rolada interna: escadaria e área técnica	m ²	1619,7	720,81	124,70%
15.6	Textura em argamassa projetada fachada e implantação	m ²	3742,7	5196,6	28,00%
15.7	Pintura piso: escadaria e área técnica	m ²	411	275,44	49,20%
16.1	Forro drywall	m ²	4106,3	3374,89	21,70%
16.2	Porcelanato piso	m ²	1935,1	1626,76	19,00%
16.3	Cerâmica piso	m ²	1955,3	1890,48	3,40%
16.4	Cerâmica parede	m ²	3765,26	3453,27	9,00%
16.5	Litocerâmica e porcelanato fachada e implantação	m ²	2278,9	36,73	6104,50%
16.6	Piso laminado e piso vinílico	m ²	1222	1288,25	5,10%
17.4	Soleiras	m	263,5	337,86	22,00%
18.1	Portas de madeira	m ²	483	478,77	0,90%
18.3	Esquadrias de alumínio + vidros	m ²	1017,51	916,65	11,00%
18.4	Guarda corpo com corrimão externo (sacada, laje técnica e térreo)	m ²	216,8	172,14	25,90%
18.6	Esquadria e vidro para janela especial guarita	m ²	7,8	7,07	10,30%
18.7	Brisas metálicos em fachada	m ²	35,9	48,46	25,90%
19.4	Corrimão metálico simples (escadas de incêndio)	m	245	264,79	7,50%
23.1	Paisagismo	m ²	1474	407,96	261,30%
24.1	Piso de concreto subsolo e rampas	m ²	1523,9	1581,19	3,60%
24.2	Calçadas e meio-fio	m ²	182	81,88	122,30%

Fonte: LATREILLE (2018)

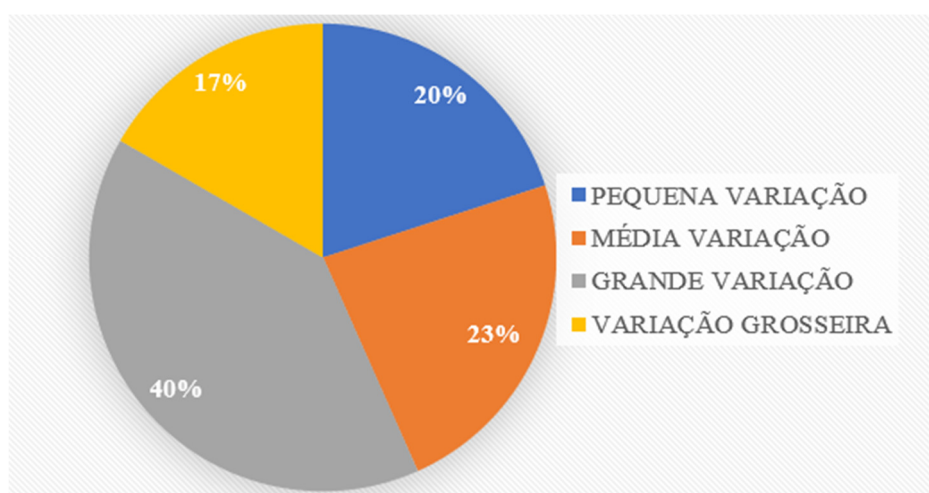
Os percentuais de variação entre os quantitativos foram classificados da seguinte forma:

- 0 a 5%, pequena variação;

- 5,1 a 10%, média variação;
- 10,1 a 100%, grande variação;
- Acima de 100%, variação grosseira.

O gráfico 1 traz um resumo das divergências entre os métodos, de acordo com a classificação citada.

Gráfico 1 - Variações de quantitativos entre os métodos estudados



Fonte: Desenvolvido pela autora (2022)

Voltando-se para custos, o orçamento construído pelo método tradicional resultou em um valor final de R\$ 16.476,246,00. Já o desenvolvido pelo método BIM resultou em R\$ 16.257.651,00. Uma diferença de 1,3%, apesar da diferença de quantitativos.

Sabendo que parte das atividades orçadas não foram modeladas, seja por problemas na comunicação ou por não estarem presentes diretamente no projeto arquitetônico como um elemento desenhado, houve contribuições manuais na planilha orçamentária do método BIM. Assim, é perceptível que somente a análise de custos não consegue realizar a medição de eficiência do método.

3.3 ESTUDO 3

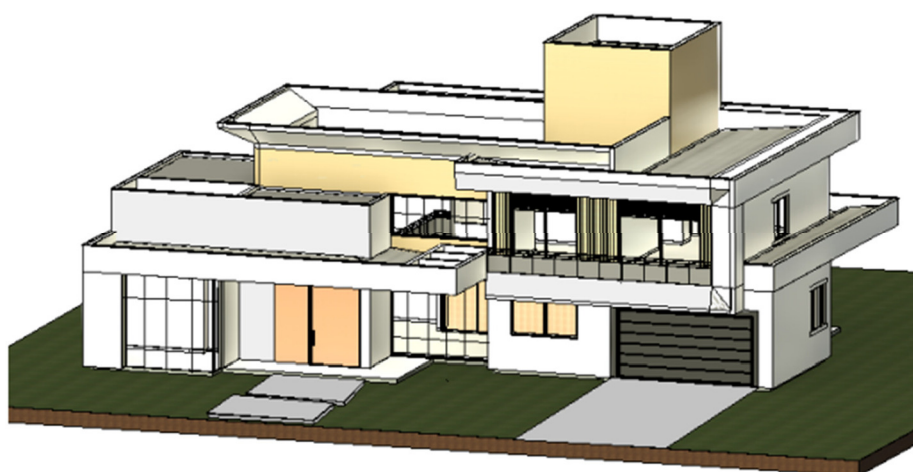
Koch (2022), em seu trabalho “Comparação de custos de construção obtidos a partir do CAD e do BIM com os levantados em obra” realizou um estudo comparativo entre orçamentos e custos reais possibilitando a avaliação da eficiência do método BIM. O tópico atual retrata o estudo em questão.

O estudo se volta para uma edificação unifamiliar, localizada em Santa Catarina, que possui dois pavimentos, sendo o térreo composto por garagem, lavanderia, banheiro, cozinha, sala de jantar, área de festas, sala de estar, sala de TV, lavabo, quarto/escritório e áreas externas e o pavimento superior por uma suíte master possuindo um closet, outras duas suítes, um escritório e o mezanino. Tem 452 m² de área construída e um terreno de 900 m². Os projetos arquitetônico e hidrossanitário foram realizados no AutoCAD, o estrutural no Eberick e a maquete virtual no Sketchup e, dentre eles, somente o arquitetônico não continha listagem de serviços necessários para execução, sendo preciso realizar medições e estimativas através do AutoCAD.

A modelagem BIM para o arquitetônico foi realizada no Revit, da Autodesk, e, como não possuía memorial descritivo, algumas informações foram inseridas apenas durante a execução.

De início foram criados materiais como tijolo cerâmico, chapisco, azulejo, entre outros, e elaborados elementos em diferentes modelos, para contemplar os diversos tipos de materiais utilizados (como por exemplo, as paredes com modelos diferenciados por tamanho de tijolo, revestimento, entre outros pontos). Com a modelagem do arquitetônico foi realizada a compatibilização com o estrutural importando o modelo IFC. A figura 13 apresenta o resultado da modelagem.

Figura 13 - Modelagem do projeto arquitetônico no Revit



Fonte: KOCH (2022)

O projeto estrutural foi modelado no Eberick, onde foi desenvolvido, que é um software com ambientes para definição de elementos estruturais e que pode ser integrado ao modelo

BIM. Já os projetos hidrossanitário e elétrico foram modelados no Qibuilder, que se assemelha ao Eberick.

No que se refere ao levantamento de quantitativos, para cada método, se deu da seguinte forma:

- Método tradicional: Através de AutoCAD analisou-se plantas em 2D e através do Excel foram feitos o registro de dados e os cálculos. Como base de custos unitários foi utilizado o SINAPI, analisando, por meio dos seus cadernos técnicos, os critérios para quantificação de cada serviço.
- Método BIM: Os quantitativos foram extraídos diretamente dos softwares utilizados para modelagem e posteriormente estes foram levados para uma tabela de Excel, juntamente com os dados do SINAPI.

Para a orçamentação foi utilizada a tabela do SINAPI de maio de 2021, no regime de tributação não desonerado e o Sienge como software para desenvolvimento da planilha orçamentárias, sendo ele um ERP, Planejamento de Recursos Empresariais, para construção civil, referência no quesito gestão e análise de custos e que pode receber dados de outros softwares BIM e do Excel.

3.3.1 Resultados e análises do estudo 3

Para realizar o comparativo entre custos reais da obra e os orçamentos no método tradicional e BIM, a autora (Koch, 2022) destaca que foram unidos os serviços de locação da obra e de limpeza com a mão de obra. Também foram unidos alguns serviços que no Sienge se apresentavam de forma separada, mas que foram realizados em conjunto na obra. A tabela 4 a seguir resume o comparativo estudado.

Tabela 4 - Custos reais x método tradicional x BIM

Descrição	Total em obra	Total estimado BIM - Fonte de preços: SINAPI	Total estimado CAD - Fonte de preços: SINAPI
Obra	R\$ 897.581,50	R\$ 1.070.286,32	R\$ 1.083.627,23
Serviços Preliminares	R\$ 14.411,44	R\$ 18.437,86	R\$ 18.437,86
Terraplenagem	R\$ 8.500,00	R\$ 8.322,17	R\$ 8.322,17
Ligação provisória de energia	R\$ 4.852,92	R\$ 1.596,61	R\$ 1.596,61
Barracão da obra	R\$ 1.058,52	R\$ 5.331,63	R\$ 5.331,63
Gabarito e locação da obra	-	R\$ 3.187,45	R\$ 3.187,45
Estrutura (infra e Super) e Vedação	R\$ 260.712,18	R\$ 459.406,48	R\$ 462.884,02
Estacas	R\$ 31.509,20	R\$ 30.372,47	R\$ 30.372,47
Madeiramento	R\$ 17.677,42	R\$ 121.036,95	R\$ 121.036,95
Aço	R\$ 72.889,32	R\$ 82.592,10	R\$ 82.592,10
Laje	R\$ 38.996,74	R\$ 100.048,16	R\$ 100.048,16
Concreto usinado	R\$ 44.475,00	R\$ 48.865,39	R\$ 48.865,39
Tijolo cerâmico e gerais	R\$ 55.164,50	R\$ 76.491,41	R\$ 79.968,95
Instalações hidrossanitárias	R\$ 26.275,17	R\$ 23.910,79	R\$ 23.755,70
Instalação de gás	R\$ 993,93	R\$ 897,14	R\$ 897,14
Instalações elétricas	R\$ 14.406,48	R\$ 22.083,66	R\$ 22.083,66
Impermeabilização	R\$ 1.499,40	R\$ 3.216,92	R\$ 3.216,92
Cobertura	R\$ 25.936,90	R\$ 34.418,06	R\$ 34.812,52
Estrutura de madeira	R\$ 5.923,90	R\$ 5.635,27	R\$ 5.721,90
Telhas	R\$ 7.513,00	R\$ 10.776,53	R\$ 10.934,68
Calhas e rufos	R\$ 12.500,00	R\$ 18.006,26	R\$ 18.155,94
Acabamentos	R\$ 237.306,00	R\$ 148.950,03	R\$ 150.406,42
Pisos e revestimentos	R\$ 94.397,75	R\$ 67.484,89	R\$ 68.730,74
Revestimentos em granito	R\$ 15.000,00	R\$ 13.204,32	R\$ 13.274,73
Revestimentos de gesso no forro	R\$ 25.000,00	R\$ 15.668,28	R\$ 15.765,42
Pintura	R\$ 2.428,25	R\$ 1.284,08	R\$ 1.319,57
Esquadrias	R\$ 100.480,00	R\$ 51.308,46	R\$ 51.315,96
Mão de obra	R\$ 316.400,00	R\$ 358.965,38	R\$ 367.133,17

Fonte: KOCH (2022)

Observa-se uma variação de R\$172.704,82 , ou 19,24%, do orçamento em BIM em relação ao custo real da obra e de R\$186.045,73, ou 20,73%, do método tradicional em relação ao real. Para entender melhor essas diferenças, a autora construiu a tabela 5 abaixo para análise comparativa que envolve custos e quantitativos. Nessa tabela, foram associados os custos previstos em orçamentos (BIM e CAD) e descritos como teóricos, também alguns quantitativos não foram considerados, como aqueles em que os custos são levantados de

forma subjetiva, ou de projetos que não estavam desenhados em CAD e houve déficit de informações.

Tabela 5 - Diferença entre orçamentos

Descrição	Custo teórico próximo ao real?	Quantitativos BIM próximo ao real?	Quantitativos CAD próximo ao real?
Terraplenagem	S	-	-
Ligação provisória de energia	N	-	-
Barracão da obra	N	-	-
Estacas	S	S	-
Madeiramento	N	S	-
Aço	N	S	-
Laje	N	S	-
Concreto usinado	S	S	-
Tijolo cerâmico e gerais	S	S	N
Instalações hidrossanitárias	S	S	-
Instalações elétricas	N	S	-
Impermeabilização	N	-	-
Cobertura	N	S	S
Pisos e revestimentos	N	S	S
Revestimento de gesso no forro	N	S	S
Pintura	N	S	S
Esquadrias	N	S	S
Mão de obra	N	-	-
TOTAL	5 - S / 13 - N	13 - S	5 - S / 1 - N

Fonte: KOCH (2022)

Através deste último comparativo, a autora conclui que as variações existentes advêm do custo, visto que a maior parte dos serviços que apresentaram diferenças em relação ao real possuem quantidades semelhantes. Assim, alguns fatores principais são observados:

- Os valores utilizados foram retirados do SINAPI, que são de representatividade estadual são dados pela média de diferentes tipos de obras e lugares;
- Dificuldades para encontrar composições próximas às realizadas em obra, no SINAPI. Em alguns casos, foi necessário criar novas ou modificá-las.
- Também, alguns serviços não foram discriminados corretamente pelo local de uso, sendo necessária a simplificação de quantitativos.

Quanto aos quantitativos manuais, atingiram bons resultados, no geral, mas houveram erros pontuais, por questões de compatibilização, como, por exemplo, o levantamento de uma quantidade adicional de tijolos cerâmicos e cimento.

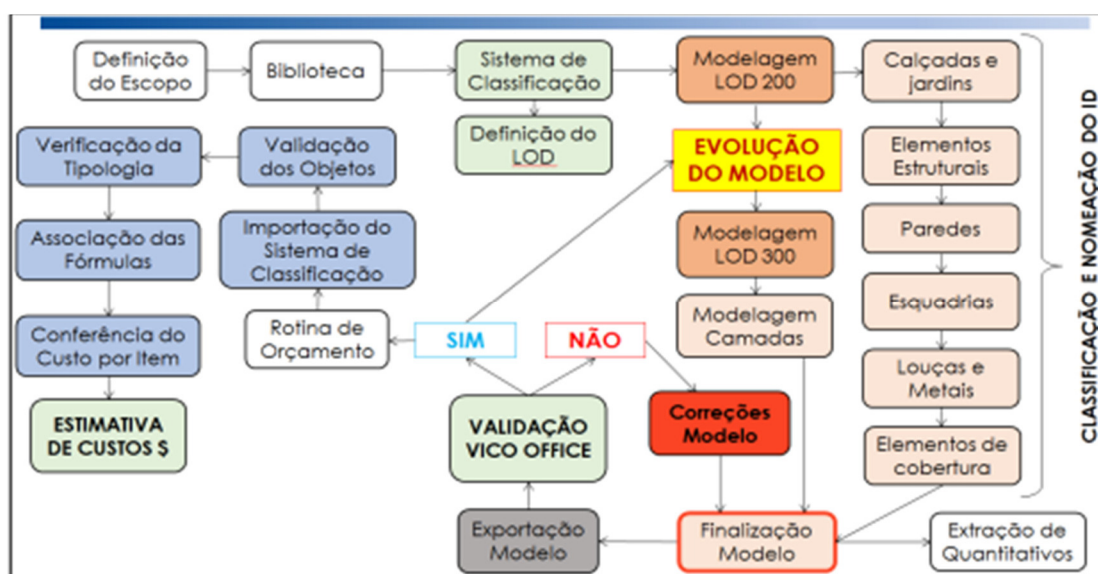
3.4 ESTUDO 4

Tassara (2019), em seu trabalho “Procedimentos e análises da orçamentação de um modelo BIM em dois níveis de desenvolvimento de objetos”, realiza um estudo voltado para a execução da estimativa de custos, através da plataforma Vico Office, em diferentes etapas do projeto, buscando vincular BIM 3D e BIM 5D. Nele são comparados resultados de orçamentação de um modelo em dois níveis de desenvolvimento diferentes e a orçamentação fora do BIM. Nesse tópico serão retratados dados e análises desse estudo.

Para realização do estudo, o autor contou com a disponibilização, por uma empresa não identificada (por escolha própria), de projetos arquitetônico e estrutural básicos, em 2D, de um empreendimento, contendo os materiais utilizados para construção do orçamento em um método que não envolve modelagem BIM.

No que se refere à orçamentação através da modelagem BIM, foi elaborado um sistema de classificação de informações, importado, realizados testes, a estimativa de custo pelos dois níveis, sendo eles o LOD 200 e o LOD 300, e definido um fluxo de processos, apresentado na figura 15 abaixo.

Figura 14 - Fluxo de processos BIM



Fonte: TASSARA (2019)

Inicialmente, foi desenvolvido o sistema de classificação que contempla códigos e subcódigos dos elementos, bem como descrição, unidade de medida e preço unitário. Após preparada a planilha classificatória, são filtrados nela os dados para modelagem e orçamentação de acordo com as características que os elementos devem possuir em cada nível de desenvolvimento. Para a validação dos objetos gerados no sistema, eles foram importados para o Vico Office.

O Vico Office é uma plataforma que trabalha com a integração entre projetos, planejamento e orçamentação dentro do sistema BIM. Além de permitir a extração de estimativas de custo, ainda contribui no âmbito da gestão e possibilita a otimização de cronogramas (TRIMBLE, 2016).

Após essa etapa, foi iniciado o processo de modelagem do projeto segundo características do LOD 200. Foram utilizadas as ferramentas homônimas do software em questão, com descrição básica dos elementos e classificação sendo definida individualmente. Para os elementos estruturais, o autor considerou um elemento como limitador do seguinte, para evitar duplicidade de quantitativos, por exemplo: os pilares iniciam acima das lajes de piso e terminam abaixo das lajes de teto.

A etapa de orçamentação teve início com a importação do modelo do Archicad para o Vico Office (VO), através da vinculação das plataformas. Depois desse passo, o autor destaca a importância de realizar a conferência dos objetos modelados, a tipologia deles e a conferência das planilhas levadas para o VO para garantir que a correlação entre quantidades e valores unitários estejam sendo realizadas corretamente. Assim, os preços dos insumos e valor final total são gerados automaticamente, para o LOD 200.

Esse modelo passou por uma evolução para adquirir características de um LOD 300, onde os elementos já existentes são mantidos e readequados de acordo com a necessidade. Foram inseridas novas camadas para as paredes e elementos e objetos como forro, pintura, impermeabilização, peitoril, entre outros.

Para a extração dos custos, a maior parte das etapas segue igual ao processo anterior. Como os componentes foram aperfeiçoados, com objetos adicionados, o modelo foi novamente exportado para o VO e as conferências realizadas novamente.

Os modelos nos dois níveis de desenvolvimento da informação foram salvos e exportados também no padrão IFC com o intuito de verificar a interoperabilidade entre as etapas.

3.4.1 Resultados e análises do estudo 4

O autor realiza comparativos entre o método tradicional, BIM 5D - LOD 200, BIM 5D - LOD 200 IFC, BIM 5D - LOD 300 e BIM 5D - LOD 300 IFC. A tabela 6 a seguir apresenta essa comparação de valores.

Tabela 6 - Comparativo entre os valores finais dos métodos estudados

Resultado global da orçamentação		Percentual - A partir do método tradicional
Método tradicional	R\$ 731.283,57	
Método BIM 5D - LOD 200	R\$ 719.977,08	98,45%
Método BIM 5D - LOD 200 IFC	R\$ 739.096,68	101,07%
Método BIM 5D - LOD 300	R\$ 695.953,75	95,17%
Método BIM 5D - LOD 300 IFC	R\$ 810.013,34	110,77%

Fonte: TASSARA (2019)

Diante destes valores, alguns pontos podem ser destacados:

- Os métodos que utilizaram IFC resultaram em maiores valores finais de orçamento. Isso se deu pois, quando o modelo foi importado na extensão IFC, os parâmetros responsáveis pela caracterização dos itens assumiram formatos diferentes gerando diferença entre os orçamentos e falhas na interoperabilidade.
- A diferença entre os métodos BIM 5D - LOD 200 e BIM 5D - LOD 300 é de cerca de 3,3%, percentual dentro dos limites de variação estatística. O LOD 300, apesar de possuir um maior nível de detalhamento obteve um custo final menor, apresentando maior eficiência no levantamento de quantitativos.
- No processo de modelagem para LOD 200, itens foram agrupados para reduzir tempo e garantir a compatibilidade ao projeto conceitual. Esse agrupamento se caracterizou como um empecilho para verificação de quais itens possuem maiores diferenças de valores.

- Tanto no nível LOD 200 quanto no LOD 300, os itens do tópico “estruturas” apresentaram uma diferença considerável e alta comparada aos outros tópicos. O autor considera que as possíveis causas possam estar nos quesitos de precisão, parametrização e características dos objetos modelados. As peças estruturais passaram por modelagem com parâmetros que forneceram economias de materiais e aproximação da realidade do volume de metros cúbicos de concreto utilizado.
- Percebe-se que o valor final é reduzido à medida que se aumenta o nível de desenvolvimento da informação, visto que o detalhamento dos elementos aumenta, se aproximando da realidade.

3.5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS ESTUDOS E PROPOSTA DE SOLUÇÕES

Após a análise inicial dos estudos, é perceptível que a orçamentação a partir da modelagem dos projetos em BIM é sim um avanço. Através dos níveis específicos de desenvolvimento da informação tem-se uma grande melhoria no detalhamento dos elementos fazendo com que a sua quantificação se aproxime cada vez mais da realidade. Também, o método fornece as atualizações automáticas de orçamento, a criação de uma estrutura modelo, de base de custos de serviços e a classificação de elementos.

Porém, é visto também que a metodologia não é solução para todos os problemas e que possui pontos críticos a serem estudados para que possam ser buscadas soluções e, assim, o sistema BIM 5D se torne mais eficiente. Como pontos principais críticos podem ser citados:

- Classificação detalhada dos elementos gera arquivos “pesados”, complexos, de difícil manipulação e que necessitam de estações de trabalho com processamento profissional;
- Exportação de elementos em IFC com alterações no formato dos parâmetros, descaracterizando itens e prejudicando orçamentos. Elementos compostos, por exemplo, com dificuldades no carregamento das informações de suas camadas e, por isso, passam por mudanças de categorias, separando-se de seus componentes.
- Falhas de comunicação, falhas na leitura de projeto, déficit de informações que levam à modelagem incompleta ou inconsistente de projetos e à orçamentos sem precisão de dados;

- Presença de itens e serviços em que a quantificação é realizada de forma subjetiva;
- Necessidade de inclusão de dados de forma manual, juntamente aos extraídos de forma automática;
- Muitas empresas não possuem planilhas de custo próprias e utilizam composições como o SINAPI, que são geradas a partir de valores médios por estado, algumas vezes sendo relativamente distantes dos realmente pagos.

Todas as situações citadas podem prejudicar diretamente o levantamento de quantitativos e a orçamentação, visto que a extração deles depende totalmente e diretamente da forma como ocorreu a modelagem.

Sendo assim, pode-se dizer que falhas da leitura e interpretação de dados, na comunicação, classificação e exportação de elementos e a inclusão manual fazem com que o BIM 5D ainda não seja solução final para a questão do planejamento orçamentário e que ainda existam divergências entre ele e o método tradicional, bem como entre ele e os custos reais de uma obra. Essas questões também influenciam no controle orçamentário, pois, mesmo com as atualizações automáticas das planilhas, a partir de alterações nos projetos, essas questões podem causar erros e estes podem ser acumulados.

Ainda, a presença de itens que não estão diretamente relacionados com objetos desenhados nos projetos, como ensaios de solos, limpezas de terreno, entre outros, e que precisam, em alguns casos, ser inseridos manualmente, também podem comprometer o planejamento orçamentário.

A falta de bibliotecas de componentes também pode ser considerada uma situação a ser resolvida, está diretamente ligada à produtividade do setor, visto que o projetista necessita contratar ou parar suas atividades e produzir componentes e objetos, usando informações dos fabricantes, sempre que precisar. Isso também faz com que vários projetistas criem o mesmo elemento em seus projetos, gerando retrabalho e duplicidade (SANTOS, 2012).

Analisando os problemas encontrados e pensando em meios para resolvê-los, Santos (2012) traz propostas de solução, em seu estudo “BIM – Building Information Modeling: Um salto para a modernidade na aplicação da Tecnologia da Informação à Construção Civil” que se encaixam neste trabalho:

- Oferta de bibliotecas de componentes por parte dos fabricantes para uma modelagem cada vez mais padronizada: os clientes (construtoras) contratam escritórios e projetistas e fornecem os elementos que já dispõem para uso e os demais itens necessários são desenvolvidos pelo escritório, devendo ficar disponíveis para uso pelas duas partes em outros projetos. Assim, os componentes vão se distribuindo e a biblioteca vai sendo formada.
- Utilização do IFC apenas para a leitura de arquivos: os elementos serão editados apenas usando arquivos no seu formato nativo e pela sua ferramenta de criação, o IFC será apenas o “transporte”. Assim, os projetistas e coordenadores de projetos, exportariam os materiais em IFC, somente para leitura e análise dos projetos de forma integrada, se for necessária alguma alteração nas disciplinas o responsável executa na ferramenta nativa e repete o ciclo de exportação, evitando problemas de modificação de formato de elementos.

Além das definidas pelo autor acima, podem-se citar as seguintes contribuições:

- Criação de bases orçamentárias padronizadas para os projetos, levando em consideração não somente as já existentes, como o SINAPI, mas os custos de outros projetos executados pela empresa, gerando orçamentos mais próximos da realidade;
- Inserção nos custos, dentro dos programas BIM 5D, de valores para atividades que não são vindas de objetos desenhados, como as despesas administrativas, ou ensaios de laboratório. Estas também terão que passar por ajustes manuais, porém se inseridas inicialmente dentro das plataformas e não somente nas planilhas finais, poderão passar por vinculação se tornando assim mais padrão e o menos subjetiva possível;
- Desenvolvimento de métodos de compactação de arquivos dentro das plataformas, para que, mesmo com um grande número de componentes e detalhes, os arquivos possam ser compactados e não precisem de grandes e profissionais máquinas e processadores, mas possam ser mais acessíveis a todos os projetistas.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar a participação do método BIM 5D no planejamento orçamentário e identificar possíveis causas para problemas ainda existentes na ligação entre planejamento, gestão e orçamentação. Este objetivo foi alcançado, sendo esse fato perceptível através das análises sobre os estudos de caso, que analisaram a construção de orçamentos por BIM e realizaram comparativos com outros tipos de estimativas de custos, bem como proposta de soluções.

Foi considerada a principal causa dos problemas ainda existentes, a exportação e identificação de informações para modelagem de elementos e extração de quantitativos, visto que uma modelagem sem precisão nos dados gera orçamentos inconsistentes. Nesse sentido, foi proposta a criação de bibliotecas de componentes, bases orçamentárias padronizadas (custos unitários), bem como a utilização da linguagem IFC apenas para leitura, sem permissão para modificação de arquivos.

No que se refere aos objetivos específicos, foram estudadas as etapas que compõem a preparação de um orçamento de obra, identificando suas necessidades, bem como seus pontos críticos e de melhoria. Foi também analisada a contribuição do método BIM 5D para o planejamento orçamentário de uma obra, sendo possível perceber as melhorias em integração e precisão de dados, produtividade, eficiência, praticidade, rastreabilidade, confiabilidade das informações, facilidade nas revisões e ajustes, entre outros pontos.

Percebeu-se que o processo de orçamentação por BIM possui etapas iniciais (de classificação de informações, definição de elementos, objetos, que compõem o projeto) mais trabalhosas que o método tradicional, porém a extração dos quantitativos e custos ocorre de forma mais rápida. O detalhamento dos elementos, que levam a uma maior aproximação do real, bem como a possibilidade de um controle orçamentário mais preciso durante a execução das edificações, também são vantagens competitivas desse modelo.

O método tradicional de levantamento de quantitativos também possui uma certa eficiência em construções de pequeno porte (ainda assim sujeito a erros), mas à medida que o porte delas aumenta, o trabalho vai se tornando moroso e com uma grande propensão a erros. Já o método BIM se adequa a qualquer tipo de edificação, pequenas ou grandes, a integração entre disciplinas traz a facilidade e a segurança para esse levantamento. Um ponto a ser observado é apenas a complexidade dos arquivos gerados, que, muitas vezes, mesmo em

projetos de menor porte, muitos componentes são inseridos, dificultando até mesmo o manuseio do material. Para esta situação foi proposto o desenvolvimento de mecanismos de compactação de arquivos dentro das plataformas.

Para a autora, este estudo permitiu a abertura de horizontes quanto ao mundo do BIM, o melhor entendimento quanto a utilização do BIM 5D, funcionamento dos softwares e dos processos de integração de disciplinas. Também contribuiu para um aprofundamento nos conhecimentos sobre gestão, gerenciamento e planejamento de projetos, sua importância e relevância para as etapas de execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Felipe Miguel Rocha; BIOTTO, Clarissa Notariano; SERRA, Sheyla Mara Baptista. Modelagem BIM para orçamentação com uso do SINAPI. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 16, n. 2, p. 93-111, 2021.

ANSELMO, J. Gerenciamento de projetos em negócios baseados em projetos: uma proposta integrada das dimensões operacional, organizacional e estratégica. Tese (doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

BADRA, P. Orçamento de Obras em Tempos de BIM. Construliga, São Paulo, 2018.

BAPTISTA, A. R. R. T. G. Utilização de Ferramentas BIM no Planejamento de Trabalhos de Construção – Estudo de Caso. 2015. 65 f. Dissertação de Mestrado Integrado (em Área Científica), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2015.

BEDRICK, J.; REINHARDT, J. Level of Development Specification. BIM Forum, For Building Information Models. Version 2013.

BIM FORUM. Level of development specification:For Building information Models and Data. v. 2019 - Draft. 256 p.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco et al. Entendendo BIM. Curitiba, PR, 2015.

CARVALHO, M.; MARCHIORI, F. Conhecendo o Orçamento de Obras - Como Tornar Seu Orçamento Mais Real. 1st ed. GEN LTC, 2019.

CBIC. 10 MOTIVOS PARA EVOLUIR COM O BIM. 2ª edição, 2017. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Cartilha_do_BIM_2016.pdf>. Acesso em: 18/11/2022.

DELATORRE, J.P.M.; SANTOS, E.T. Gestão do nível de detalhamento da informação em um modelo BIM: Análise de um estudo de caso. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 1-10.

FERREIRA, B. M. L. Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação. 2015. 68 f. Dissertação de Mestrado Integrado (em Área Científica), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2015.

GOLÇALVES, F. BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. Mais Engenharia, 2018. Disponível em: < <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/> > . Acesso em: 18/11/2022.

HITECH. BIM Services, Level of Development (LOD). Disponível em: <<http://www.hitechcaddservices.com/bim/support/level-of-development-lod/>>. Acesso em: 17/11/2022.

KOCH, Daisy et al. Comparação de custos obtidos a partir do CAD e do BIM com os levantados em obra. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2022.

LATREILLE, Denise. Análise da validação de quantitativos obtidos de um modelo BIM de arquitetura para atender a estimativa orçamentária de empresas de construção civil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

LIMA WANDERLEY, Renata. Planejamento e controle da produção em empresas construtoras: estudo multicaso em construtoras de grande e médio porte na Região Metropolitana do Recife. 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MATTOS, A. D. Como preparar orçamentos de obras. São Paulo: Ed. PINI , 2006. MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. Oficina de Textos, 2019.

MORAIS, M.; GRANJA A. D.; RUSCHEL, R. C. Restrições Orçamentárias e Entrega de Valor: Sinergias entre BIM e Custeio-Meta. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v.10, n.1, p.7-27, jan./jun. 2015.

MORDUE, Stefan; SWADDLE, Paul; PHILP, David. **Building information modeling for dummies**. John Wiley & Sons, 2015.

NASSAR, K. Assessing Building Information Modeling Estimating Techniques Using Data from the Classroom. Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice, n. 138, p. 171-180, 2012. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29EI.1943-5541.0000101>>. Acesso em: 15/09/2022.

PEREIRA, A. P. C. Adoção do paradigma BIM em escritórios de arquitetura em Salvador. Salvador: Dissertação (mestrado). Universidade Federal da Bahia, 2013.

RAMIREZ, Miguel Costa. Planejamento de projetos de edificações na administração pública: estudo de caso com uso de ferramentas de modelagem da informação da construção. 2018.

SACKS, Rafael et al. Manual de BIM-: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. Bookman Editora, 2021.

SAKAMORI, Marcelo Mino. Modelagem 5D (BIM): processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

SALGADO, Hugo Dalago. Atribuição de informações orçamentárias em modelos de construção BIM. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

SANTOS, E. T. BIM - Building Information Modeling: um salto para a modernidade na Tecnologia da Informação aplicada à Construção Civil. In: PRATINI, E. F.; SILVA JUNIOR, E. E. A. (Org.). Criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto. Brasília: Faculdade de Tecnologia da UNB, 2012. p. 25-62

SCHEER, Sergio. BIM. 1990.

SILVA, Paula Heloisa da. DIRETRIZES DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM) EM PROJETO E PLANEJAMENTO DE EDIFÍCIOS MULTIPAVIMENTOS. Dissertação de mestrado, UFPR, 2018.

TASSARA, Gabriel Victoria et al. Procedimentos e análises da orçamentação de um modelo BIM em dois níveis de desenvolvimento de objetos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

TOBIN, J. Proto-Building: To BIM is to Build. AECbytes. May, 2008.

TRIMBLE. Vico Office Introduction Training Manual. Trimble Buildings Confidential, 2016. 110p.

TRINDADE, Lígia Durante. Modelagem da Informação da Construção (BIM) e orçamento evolutivo: contribuições para a automatização do levantamento de quantitativos em projeto. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

UCHOA, Marcelo Kraichete de Miranda. Planejamento e controle de obras utilizando tecnologia Bim. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2017.

WADA, Karen Sayuri. Avaliação do uso dos conceitos de planejamento, controle e gestão de obras em empresas do setor da construção civil na região metropolitana de Curitiba. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

XIANGYU, W.; PING Y.; LUO, H.; TRUIJENS, M. An innovative method for project control in LNG project through 5D CAD: A case study. Automation in Construction, v. 45, p. 126-135, 2014.

XU, J. Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project. Procedia – Engineering 174 – Science Direct, 13th Global Congress on Manufacturing and Management, GCMM 2016, p.600-610, 2017.