



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DIOGO VERÇOSA ANDRADE

**IMPLANTAÇÃO DE PROCESSOS DE GESTÃO DE OBRAS COM AUXÍLIO DO
BIM EM UMA INCORPORADORA DE PEQUENO PORTE**

Recife
2023

DIOGO VERÇOSA ANDRADE

**IMPLANTAÇÃO DE PROCESSOS DE GESTÃO DE OBRAS COM AUXÍLIO DO
BIM EM UMA INCORPORADORA DE PEQUENO PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharelado em engenharia civil.

Área de concentração: Construção civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rachel Perez Palha

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Andrade, Diogo Verçosa.

Implantação de processos de gestão de obras com auxílio do BIM em uma
incorporadora de pequeno porte / Diogo Verçosa Andrade. - Recife, 2023.

111 p. : il.

Orientador(a): Rachel Perez Palha

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil –
Bacharelado, 2023.

1. Gestão de obras. 2. BIM. 3. Planejamento. 4. Implantação de processos. I.
Palha, Rachel Perez. (Orientação). II. Título.

690 CDD (22.ed.)

DIOGO VERÇOSA ANDRADE

**IMPLANTAÇÃO DE PROCESSOS DE GESTÃO DE OBRAS COM AUXÍLIO DO
BIM EM UMA INCORPORADORA DE PEQUENO PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil e Ambiental da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção do
título de bacharelado em engenharia civil.

Aprovada em: 10 / 05 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Rachel Perez Palha (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Cláudia Rafaela Saraiva de Melo Simões Nascimento (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Bruna Brito Liberal (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais, minha
esposa Carol e nosso filho Davi.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por sempre terem dado todo o suporte para poder chegar até aqui.

Agradeço à minha esposa Carol pelo incentivo constante, além do cuidado de nosso filho Davi enquanto este trabalho estava sendo realizado.

Agradeço aos colegas e professores que de alguma forma passaram os conhecimentos adquiridos para poder seguir na profissão.

Agradeço aos engenheiros Aderbal Galvão por me introduzir os conceitos de gestão de obras, Túllio Tenório e Antônio Victor Muniz por passar conhecimentos de campo durante meu estágio em obras.

RESUMO

Dentre todas as engenharias, a civil é a que ainda possui técnicas consideradas bem arcaicas em relação a técnicas construtivas e tecnologias de gestão, dando a impressão que é uma das que menos inovou nas últimas décadas. Aliado a isso, um grande número de empresas no Brasil não realiza o planejamento adequado para a execução de suas atividades, o que ocasiona num aumento de custos não previstos, e atrasos no prazo de entrega, onde por consequência, muitas vezes se tenta tirar estes atrasos diminuindo a qualidade geral da obra. O BIM surge como uma importante tecnologia que facilita a troca de informações entre os gestores e projetistas, trazendo modernidade às técnicas de gestão de obras, além de melhorias para a administração geral da obra, com resultados que refletem na qualidade do produto final e ainda com menor custo e prazo quando comparados com as técnicas tradicionais. A implantação do BIM requer uma grande mudança de cultura na empresa e o setor responsável por sua implantação deve estar preparado para que possa aplicar os conhecimentos em todos os níveis da empresa. Este trabalho apresenta a introdução de processos de gestão de obras que podem ser realizados em conjunto com os usos do BIM para melhor gerenciamento das edificações de uma incorporadora de pequeno porte sediada em Recife que possui atualmente um baixo grau de organização e não faz uso das práticas recomendadas de gestão. Como resultado, foi constatado que uma série de informações podem ser extraídas utilizando-se as boas práticas de gestão, dando maior suporte para a tomada de decisões e reduzindo os riscos de perdas e atrasos.

Palavras-chave: Gestão de obras. BIM. Planejamento. Implantação de processos.

ABSTRACT

Among all engineering, civil is the one that still has techniques considered quite archaic in relation to construction techniques and management technologies, giving the impression that it is one of the least innovative in the last decades. Allied to this, a large number of companies in Brazil do not carry out adequate planning for the execution of their activities, which causes an increase in unforeseen costs, and delays in the delivery period, where, consequently, many times they try to take these delays decreasing the overall quality of the work. BIM emerges as an important technology that facilitates the exchange of information between managers and designers, bringing modernity to construction management techniques, as well as improvements to the general administration of the work, with results that reflect on the quality of the final product and even with lower cost and time when compared to traditional techniques. The implementation of BIM requires a major change in the company's culture and the sector responsible for its implementation must be prepared to apply the knowledge at all levels of the company. This work presents the introduction of construction management processes that can be carried out together with the uses of BIM to better manage the buildings of a small real state developer based in Recife, which currently has a low level of organization and does not use the practices management recommendations. As a result, it was found that a series of information can be extracted using good management practices, providing greater support for decision making and reducing the risk of losses and delays.

Keywords: Construction management. BIM. Planning. Implementation of processes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Visualização 3D de uma porta e janela inseridas numa parede	21
Figura 2 –	Visualização 2D e 3D de um mesmo pavimento residencial	22
Figura 3 –	Usos principais e secundários do BIM nas diversas fases de uma obra	25
Figura 4 –	Diversos usos dos modelos BIM mapeados por Bilal Succar	26
Figura 5 –	Taxonomia dos usos de modelos BIM	26
Figura 6 –	Porcentagem dos usos do BIM pelas empresas que participaram da pesquisa	27
Figura 7 –	Diferentes LODs da modelagem de uma viga	29
Figura 8 –	Estrutura IFC de definição de uma parede	32
Figura 9 –	O modelo federado representado através da integração das diversas disciplinas..	33
Figura 10 –	Exemplo da estrutura interna de intercâmbios suportada por um servidor BIM	35
Figura 11 –	Resposta das maiores dificuldades na implementação do BIM pelas empresas ...	36
Figura 12 –	Os níveis de maturidade definidos pelo NBS do governo britânico	38
Figura 13 –	Características de um projeto	42
Figura 14 –	Características dos projetos e processos	42
Figura 15 –	Fluxo das etapas de projeto com uso do BIM	45
Figura 16 –	Fases do projeto e do orçamento	46
Figura 17 –	Fases da prática de orçamentação	47
Figura 18 –	Exemplo de uma estrutura analítica do projeto em um nível	48
Figura 19 –	Exemplo de composição de um concreto preparado em obra	50
Figura 20 –	Relacionamentos lógicos possíveis entre as atividades	56
Figura 21 –	Elementos característicos de uma atividade genérica	57
Figura 22 –	Caminho crítico de uma rede PERT/CPM identificado	58
Figura 23 –	Cronograma representado pelo gráfico de Gantt no Microsoft Project	59
Figura 24 –	Comparação em modelo 3D da linha de base à esquerda e avanço real à direita...	61
Figura 25 –	Representação do ciclo PDCA	63
Figura 26 –	Abordagem de processos com uso do ciclo PDCA	64
Figura 27 –	Gráfico de evolução regressiva de iteração	65
Figura 28 –	Comparativo entre modelos 3D pelo cronograma planejado e real	66
Figura 29 –	Reunião em escritório de obra com exibição do modelo 3D	67
Figura 30 –	Organização da empresa com criação do setor de engenharia e suas atribuições..	75
Figura 31 –	Fases de pré-obra e obra destacadas que fazem parte do escopo do trabalho	75
Figura 32 –	Fluxo do processo de compatibilização de projetos	78
Figura 33 –	Fluxo de projeto em BIM com disciplinas modeladas em BIM e CAD	78
Figura 34 –	Exemplo de modelo federado no software Navisworks	79
Figura 35 –	Modelo de estruturas no software Navisworks	80
Figura 36 –	Modelo de instalações no software Navisworks	80
Figura 37 –	Tela de configuração do detector de interferências do Navisworks	82
Figura 38 –	Tela de resultados do teste para detecção de interferências do Navisworks	83

Figura 39 – Demonstração de uma interferência no relatório gerado pelo Navisworks	84
Figura 40 – Interpretador BIM do software Volare	85
Figura 41 – Estrutura sintética de um exemplo de orçamento no Volare	86
Figura 42 – Relatórios que podem ser extraídos do Volare	87
Figura 43 – Tipos de orçamentos que podem ser exportados para o Excel	88
Figura 44 – Arquivo em Excel do orçamento sintético exportado pelo Volare	88
Figura 45 – Arquivo em Excel do orçamento analítico exportado pelo Volare	89
Figura 46 – Modelo de EAP para servir como base no Volare	90
Figura 47 – Ferramenta para criação do padrão da EAP realizada no orçamento	91
Figura 48 – Modelo de EAP a ser criado a partir do orçamento	91
Figura 49 – Tela de para criação do planejamento com o padrão de EAP criado	92
Figura 50 – Cronograma montado a partir dos dados do orçamento	92
Figura 51 – Função de exportação do cronograma para o MS Project	93
Figura 52 – Tela de confirmação de exportação do cronograma para o Microsoft Project	93
Figura 53 – Exportação das atividades a serem realizadas no MS Project	94
Figura 54 – Opção de importação de cronograma do Navisworks	95
Figura 55 – Seleção de um Set que representa a alvenaria externa do segundo pavimento	95
Figura 56 – Cronograma de obra no Timeliner com elementos vinculados às atividades	96
Figura 57 – Imagens retiradas de animação da simulação da construção do modelo 4D	97
Figura 58 – Tela de medição de obra do Volare	98
Figura 59 – Tela para configuração da medição de obra do Volare	99
Figura 60 – Opções de relatórios que podem ser criados pelo Volare	99
Figura 61 – Tela de configuração do relatório de Planejado X Realizado do Volare	100
Figura 62 – Parte do relatório de Planejado X Realizado gerado pelo Volare	100
Figura 63 – Cronograma da obra com indicação de porcentagem executada no Volare	101
Figura 64 – Opção de sincronização com as datas reais do novo cronograma	102
Figura 65 – Atividades no Navisworks com o período planejado e executado	102
Figura 66 – Configuração da simulação do Timeliner no Navisworks	103
Figura 67 – Comparação entre planejado (A) e realizado (B) através do modelo 3D no Navisworks	104

LISTA DE ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACD	Ambiente Comum de Dados
ADM	Arrow Diagramming Method
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	American Institute of Architects
Asbea	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BDS	Building Description System
BEP	BIM Execution Plann
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CDE	Common Data Environment
CE-BIM	Comitê Estratégico de Building Information Modelling
COBie	Construction Operations Building Information Exchange
CPM	Critical Path Method
CUB	Custo Unitário Básico
DBMS	Database Management System
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
ERP	Enterprise Resource Planning
HTML	HyperText Markup Language
IAI	International Alliance for Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Organization for Standardization
LDI	Lucro e Despesas Indiretas
LOD	Level Of Development
LOIN	Level Of Information Necessary
MDP	Método do Diagrama de Precedência
NBR	Norma Técnica Brasileira
NBS	National Building Specification

ND	Nível de Desenvolvimento
OGU	Orçamento Geral da União
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PEB	Plano de Execução BIM
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PMI	Project Management Institute
SICRO	Sistema de Custos de Obras Rodoviárias
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCPO	Tabela de Composições e Preços para Orçamentos
WBS	Work Breakdown System

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	17
1.2	OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	BIM	19
2.1.1	O que é BIM	19
2.1.2	O BIM no Brasil	23
2.1.3	Os usos do BIM	24
2.1.4	LOD X Nível de informação necessária	28
2.1.5	Interoperabilidade	30
2.1.5.1	IFC	31
2.1.5.2	Ambiente comum de dados	34
2.1.6	O processo de implantação BIM	36
2.1.6.1	Desafios da implantação do BIM	36
2.1.6.2	Níveis de BIM	38
2.1.6.3	Plano de execução BIM	40
2.2	PROJETO X PROCESSO	41
2.3	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	43
2.4	ORÇAMENTO	45
2.5	PLANEJAMENTO DE OBRAS	53
2.6	CONTROLE E MONITORAMENTO	62
3	METODOLOGIA	68
4	ESTUDO DE CASO	73
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	73
4.2	NÍVEL ORGANIZACIONAL DA EMPRESA	74
4.3	DIAGNÓSTICO DA EMPRESA NO ESTADO ATUAL	75
4.4	PROPOSIÇÃO DOS NOVOS FLUXOS DE TRABALHO ..	77
4.4.1	Compatibilização de projetos	77
4.4.2	Orçamento	84
4.4.3	Planejamento	90
4.4.4	Monitoramento e controle	98

4.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	105
5	CONCLUSÃO	106
	REFERÊNCIAS	107

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil pouco evoluiu nas últimas décadas, com boa parte de seus métodos construtivos inalterados, sendo uma das engenharias que menos inovou ao longo destes anos. Com isso, novas tecnologias têm sido utilizadas na sociedade industrializada para atingir as três metas básicas do progresso técnico: a redução do esforço do trabalho, aumento da produtividade e melhoria na qualidade do produto (GONÇALVES e GOMES, 1993). Fruto da quarta revolução industrial, o uso de tecnologia na construção civil é capaz de elevar a produtividade e competitividade do setor. Seguindo o conceito de indústria 4.0, essa tendência incorpora inovações no dia a dia dos trabalhadores, que passam a lidar com novos conceitos. Entre eles, inteligência artificial, automação e uma grande quantidade de dados (big data) (FIA, 2020).

Os processos de produção enxuta e a modelagem digital revolucionaram as indústrias aeroespacial e de manufatura. Pioneiros na adoção desses processos, como a Toyota e a Boeing, alcançaram grande eficiência e sucesso comercial. Para competir, os usuários mais recentes foram obrigados a empenhar-se e, apesar de as barreiras técnicas já não serem as mesmas encontradas pelos primeiros usuários, eles ainda enfrentaram modificações significativas em seus processos de trabalho (SACKS et al., 2021).

Uma das abordagens que ainda está se consolidando no Brasil nos últimos anos é o BIM, acrônimo para Building Information Modeling ou Modelagem da Informação da Construção que, segundo Succar (2016), se trata da atual expressão da inovação na indústria da construção gerando uma ampla gama de entregáveis para o mercado. Para Santos (2012), BIM é um conceito cuja aplicação na prática é relativamente recente, mas que tem potencial para revolucionar a construção civil. A modelagem da informação da construção é o processo, uso e atualização de um modelo de informações da edificação durante todo o seu ciclo de vida. Esse modelo, além da geometria da construção, contém numerosas informações sobre seus diferentes aspectos, potencialmente abrangendo todas as disciplinas envolvidas num empreendimento.

O produto do modelo virtual em 3D é um banco de dados composto pelo modelo tridimensional completo, com todas as propriedades definidoras de seus componentes, seus materiais e suas características específicas, os códigos dos serviços associados às suas execuções, seu ciclo de manutenção, os parâmetros para levantamento de quantidades, custos, análises energéticas, acústicas, luminotécnicas, financeiras, estruturais e a conformidade com legislações e normas (ABDI, 2017).

Além da incorporação de informações do projeto, outra vantagem do BIM em relação à tecnologia mais popular que é o CAD – Computer Aided Design ou Desenho Assistido por Computador – é a modelagem paramétrica, que automatiza alguns processos durante a modelagem, aumentando a produtividade e reduzindo a possibilidade de erros humanos. No BIM os objetos são paramétricos e inteligentes, e isso significa que esses objetos já têm informações sobre si próprios, sobre o seu relacionamento com outros objetos, e também com o seu entorno ou ambiente no qual está inserido. São reações automáticas que contribuem para a garantia da consistência e da integridade das soluções projetadas, e também de toda a documentação do projeto (desenhos, detalhes, tabelas), diferentemente do que acontece nos processos baseados em desenhos CAD. Neste último, a integridade da documentação depende exclusivamente da atenção humana, que precisa replicar mudanças em diversos documentos: plantas, cortes e detalhes (CBIC, 2016).

O Governo Federal lançou a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM – Estratégia BIM BR, buscando incentivar o desenvolvimento do setor de construção, trazer mais economicidade para as compras públicas e maior transparência aos processos licitatórios, além de contribuir para a otimização de processos de manutenção e gerenciamento de ativos (BRASIL, 2018).

Muitas empresas e também o poder público vem implementando o BIM em seus processos uma vez que a implementação virtual em 3D do projeto possibilita uma série de vantagens ocasionadas pela automação de processos. Os conflitos e os problemas de construção são identificados antes que sejam detectados na obra. A coordenação entre os projetistas e empreiteiros participantes é aperfeiçoada, e os erros de omissão são significativamente reduzidos. Isso torna mais rápido o processo de construção, reduz os custos, minimiza a possibilidade de disputas jurídicas e

proporciona um processo mais suave para toda equipe do empreendimento (SACKS et al., 2021).

Em muitas obras realizadas atualmente, ainda nos deparamos com situações nas quais as empresas e/ou profissionais optam por realizar pouco ou nenhum método estruturado para gestão do escopo, prazo, custos, riscos, entre outras. Essa decisão evidencia-se principalmente em obras de pequeno porte, pouco complexas, ou cujos gestores enxergam os métodos de gerenciamento como uma sobrecarga e burocratização do trabalho (VALENTE e AIRES, 2017).

O PMI, Project Management Institute, (2017) afirma que os projetos de construção devem abordar simultaneamente a geografia, condições do local, comunidades, ambientes físicos, infraestrutura existente, bem como uma ampla gama de requisitos das partes interessadas. Aumentando a complexidade está a mistura de especialistas e contratados da equipe. Inerentemente, os projetos de construção ocorrem em um ambiente complexo e em constante mudança e, muitas vezes, com alto grau de risco. Edifícios, rodovias, unidades residenciais, instalações de saúde, infraestruturas de serviços públicos, petróleo e gás e outras instalações industriais podem parecer típicos, mas cada projeto apresenta seus próprios desafios e riscos.

De acordo com Manzione et al. (2021), os conceitos para gestão do processo de projeto já existem de forma consolidada, e é um conjunto de atividades de gestão necessárias em todas as etapas desse projeto, desde a sua formulação inicial, antes mesmo que ele esteja claramente definido, até a conclusão das atividades de projeto, que somente se encerram, a rigor, depois da entrega do empreendimento. Atualmente, a gestão do processo de projeto na construção civil tornou-se uma prática mandatória, e o advento do BIM trouxe mais recursos para potencializar a gestão do processo de projeto, dentro dos mesmos moldes conceituais já anteriormente consagrados.

O presente trabalho pretende propor a adoção das boas práticas de gestão de obras com as vantagens da implantação do BIM em uma incorporadora e construtora de edifícios residenciais multifamiliares, sediada na cidade do Recife.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

A boa administração das empresas é o processo chave para que elas se mantenham, e para isso, devem se adequar às novas práticas que vão surgindo no mercado para que continuem competitivas em sua produção. Segundo Mattos (2019), o processo de planejamento e controle passa a cumprir papel fundamental nas empresas, na medida em que deficiências no planejamento e no controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade de seus produtos.

Os processos devem ser bem definidos em etapas e/ou sequências para que possam ser facilmente reconhecidos e implementados pelas empresas. Para Manzione et al. (2021), o projeto é confundido com o resultado, ou seja, com o que é entregue ao final do projeto. No entanto, para realizar a gestão do projeto, é indispensável, inicialmente que ele seja definido, planejado, executado e controlado como um processo.

De acordo com Bernardes (2021), no Brasil, o planejamento da obra é comumente negligenciado por várias empresas. Normalmente inicia-se o processo de construção para em seguida, na medida que os erros vão surgindo, tomar-se as providências necessárias, sem o devido estudo para tomada de decisão, que por muitas vezes na pressa acaba não sendo a solução mais adequada.

Segundo Mattos (2019), é comum encontrar em obras o “tocador de obras”, engenheiro que tradicionalmente tem a postura de tomar decisões rapidamente, apenas com base na experiência e intuição, sem o devido planejamento, o que é considerado perda de tempo. Como a construção se desenvolveu historicamente com grande informalidade, em um ambiente em que desperdício era tido como aceitável e no qual se valorizava o tocador de obras em detrimento do gerente, houve um inevitável afastamento do pessoal de campo em relação ao planejamento e acompanhamento.

De acordo com Sacks et al. (2021), a utilização da tecnologia BIM traz grandes vantagens, que poupam tempo e dinheiro. Um modelo preciso da edificação beneficia todos os membros da equipe do empreendimento. O BIM permite um melhor planejamento dos processos construtivos e reduz as chances de erros e conflitos. A compilação de um modelo de construção usado por um construtor é uma oportunidade de realizar um “estudo em primeira mão” do processo de construção em si, algo que não era possível antes do advento do BIM.

Este estudo descreve as mudanças a serem implementadas pela incorporadora através da criação de um novo setor, de engenharia, surgindo a possibilidade da padronização de seus processos com a adoção do BIM, a fim de se obter uma otimização dos mesmos através dos conceitos de melhoria contínua, com foco principalmente na compatibilização dos projetos e acompanhamento de suas obras, buscando a redução de custos, evitando atrasos nas entregas e com a consequente melhora na qualidade final do produto.

1.2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

Como objetivo geral, este trabalho pretende definir os processos de gestão de obras a serem realizados pela incorporadora em suas próximas obras com a utilização do BIM.

Como objetivos específicos espera-se:

1. estudar e conhecer as boas práticas relacionadas à gestão de obras;
2. entender como o BIM pode auxiliar nesses processos;
3. produção de documentação, importante para melhor comunicação;
4. uso mais amplo de softwares e tecnologias emergentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa, o conceito de BIM será revisado para poder entender melhor a que ele se propõe, e como sua metodologia pode ser utilizada para se obter todos os benefícios que são refletidos em todo o ciclo de vida de uma edificação, desde a concepção, passando pela execução das obras e indo até a fase de operação e manutenção. Além de abordar a compatibilização de projetos, orçamento, planejamento e monitoramento e controle de obras que serão utilizados em conjunto com o BIM.

2.1 BIM

2.1.1 O que é BIM

O conceito de BIM é antigo, segundo Gaspar e Ruschel (2017) a primeira definição do termo Building Description System (BDS) aparece em Eastman, C. (1976) no artigo “General purpose building description systems”. Esse artigo é também o que contém mais citações dentre aqueles que apresentam o termo. O autor afirma que os BDS são programas constituídos por grandes bancos de dados que têm o potencial de substituir desenhos como documentos para a construção. Além disso, afirma o autor, esse modo sistemático de descrição de edifícios poderia permitir análises visuais, coordenação, quantitativos, avaliação de códigos de edificações e até mesmo fabricação automatizada de componentes.

Já a terminologia Building Modeling tem circulado desde 1986, sendo que em dezembro de 1992 F. Tolman utilizou Building Information Modeling em artigo no Automation in Construction. Não é uma ideia muito recente e só se disseminou quando passou a ter uma oferta de microcomputadores com a capacidade de processamento necessária e preços acessíveis para o mercado da construção, bem como um mínimo de normalização (ABDI, 2017).

Na Tabela 1 é possível ver os diversos termos relacionados ao conceito de BIM ao longo dos anos compilados por Gaspar (2019), sendo possível verificar a predominância de Building Information Model nos últimos anos.

Tabela 1 – Quantidade de publicações com termos relacionados ao conceito de BIM agrupados em períodos de 6 anos.

Termo e ano da referência mais antiga encontrada	1965-1970	1971-1976	1977-1982	1983-1988	1989-1994	1995-2000	2001-2006	2007-2012	2013-2018	Total
Computer-Aided Architectural Design (1974)		8	22	38	45	48	45	184	553	943
Building Description System (1975)		3					2		3	8
Building Design System (1975)		3	10	8	22	6	10	7	5	71
Integrated Building Model (1980)			1		1		1	4	2	9
Design Data Model (1982)			3	3	10	22	13	12	12	75
Computer-Aided Building Design (1988)		3	9	15	18	13	6	3		67
Building Product Model (1989)					15	16	26	18	3	78
Integrated Product Model (1989)				3	9	16	19	30	8	85
Building Information Modeling (1992)					8	12	106	1295	4499	5920
Integrated Design Model (1992)				1	4	9	10	23	21	68
Automated Building Design (1994)	1				2	1	1	3	1	9
Parametric Building Model (2001)							8	4	5	17
Virtual Design and Construction (2004)							5	42	55	102
Total Geral	1	17	45	68	134	143	252	1625	5167	7452

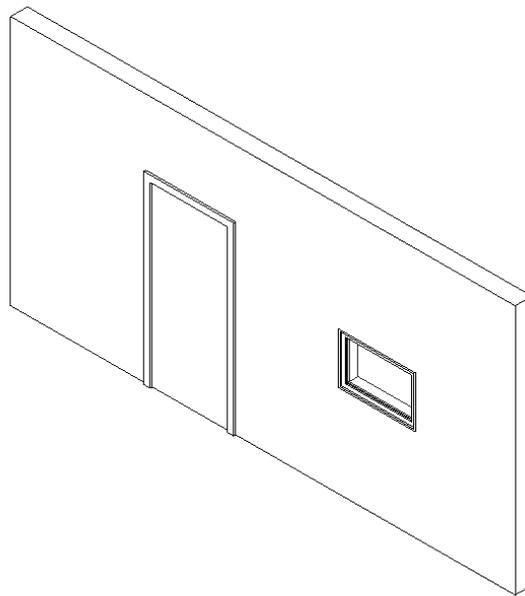
Fonte: Gaspar (2019).

A construção do projeto virtual em 3D traz uma série de benefícios em relação ao CAD, uma vez que a interpretação e visualização do modelo acontece de forma mais orgânica. Com a tecnologia BIM, modelos virtuais precisos de uma edificação são construídos de forma digital. Esses modelos oferecem suporte a todas as fases do projeto, proporcionando análise e controle melhores do que são possíveis com os processos manuais (SACKS et al., 2021).

A modelagem paramétrica é uma característica onipresente do BIM. Trata-se de um modelo 3D no qual objetos ou elementos podem ser manipulados (pelo usuário final) usando parâmetros, regras e restrições explícitas. Ao contrário dos modelos generativos, os modelos BIM e seus componentes de modelo são paramétricos e seguem regras de 'herança' (tipos e instâncias) e 'encapsulamento' (objetos dentro de objetos. Por exemplo, paredes cortina com painéis, montantes). Os “modelos paramétricos” também armazenam muitas informações nos dados do objeto, como custo, modelo, resistência ao fogo etc. (BIM DICTIONARY, 2023).

Como exemplo, um componente como uma janela ou porta de acordo com CBIC (2016) teriam nela incorporadas informações que permitiriam reconhecer os seus vínculos com outros elementos da modelagem. Por exemplo, a relação das medidas de alguns dos seus componentes com a sua parede 'hospedeira', porque, afinal, não existe janela que flutue no ar, então, uma janela sempre estará associada a uma parede. A Figura 1 exemplifica a parede como componente obrigatório para que possam ser hospedados uma porta ou janela por exemplo.

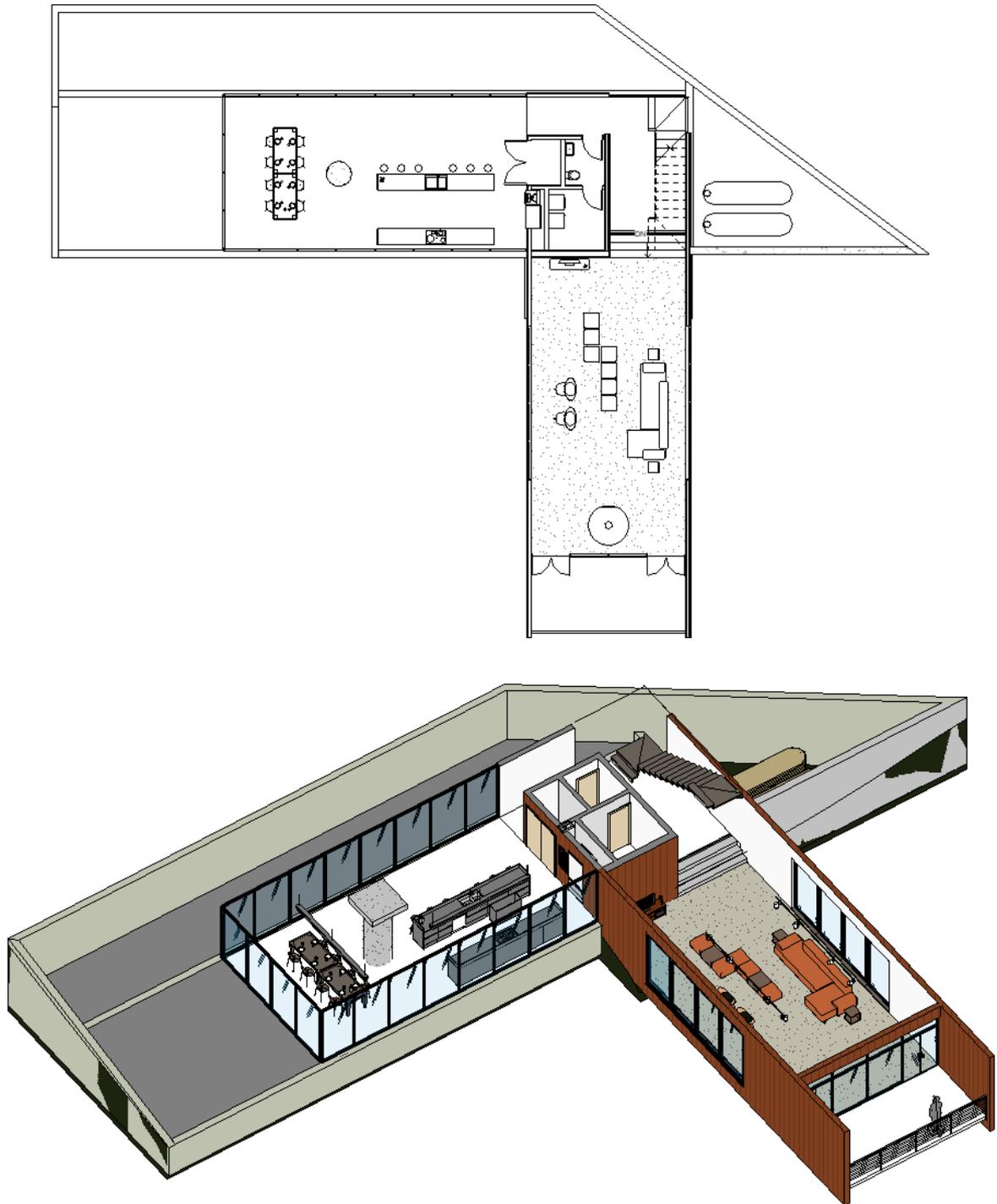
Figura 1 – Visualização 3D de uma porta e janela inseridas numa parede.



Fonte: O autor (2023).

O modelo 3D gerado pelo software BIM é projetado diretamente em vez de ser gerado a partir de múltiplas vistas 2D. Ele pode ser usado para visualizar o projeto em qualquer etapa do processo com a expectativa de que terá dimensões consistentes em todas as vistas (SACKS et al., 2021). A Figura 2 apresenta as diferenças na visualização de uma planta em 2D e uma projeção em 3D, evidenciando a melhor compreensão nesta última forma.

Figura 2 – Visualização 2D e 3D de um mesmo pavimento residencial.



Fonte: O autor (2023).

2.1.2 O BIM no Brasil

A metodologia de modelagem virtual paramétrica ainda está em fase de implantação e desenvolvimento em diversos países. Estudos comparativos internacionais mostram que, além da infraestrutura (equipamentos, software, capacidade de tráfego de dados) e do arcabouço técnico e institucional, é fundamental a participação do governo, enquanto agente regulador e demandante de projetos e empreendimentos da construção nas mais diversas áreas (ABDI, 2017). No Brasil, o Governo Federal, com o intuito de promover a modernização e a transformação digital da construção, criou em junho de 2017 o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling – CE-BIM para formular uma estratégia que pudesse alinhar as ações e iniciativas do setor público e do privado, impulsionar a utilização do BIM no país, promover as mudanças necessárias e garantir um ambiente adequado para seu uso (BRASIL, 2018).

De acordo com Brasil (2018), a Estratégia BIM BR tem nove objetivos, os quais buscam orientar as ações, as iniciativas e os projetos necessários para o alcance dos resultados esperados:

- I - difundir o BIM e seus benefícios;
- II - coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III - criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV - estimular a capacitação em BIM;
- V - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI - desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII - desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII - estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e
- IX - incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

2.1.3 Os usos do BIM

É comumente encontrado na literatura o termo “dimensões do BIM”, que se referem a outros usos que podem agregar ou utilizar informações do modelo BIM, se tornando extensões das dimensões 2D e 3D já acima mencionadas. De acordo com DeskGraphics (2021) basicamente, as dimensões do BIM são as fases de evolução de um processo construtivo, desde a sua concepção até a sua demolição. Elas formam a definição não só das representações gráficas, mas de toda a ideia. Sendo assim, envolvem os custos, tempo e outros aspectos. Dessa forma, elas se referem à maneira como alguns dados específicos são conectados a um modelo de informação. Cada uma das dimensões do BIM atua como uma camada e um conhecimento complementar, acrescentando novos elementos ao projeto, até obter mais detalhes, gestão, acurácia nos custos, sustentabilidade, compatibilização, entre outros processos. Sendo as fases definidas de 3D a 8D.

Porém há vários outros usos do BIM que já foram consolidados, e outros que ainda estão surgindo com as constantes inovações do mercado tecnológico. Em 2013 a Pennsylvania State University mapeou 25 casos de uso que podem ser aplicadas nos diferentes ciclos de vida de um empreendimento (CBIC, 2016). A Figura 3 ilustra esses usos divididos em principais e secundários indicadas em quais fases podem ser utilizadas.

De acordo com BIM Framework (2016) já foram mapeados mais de 128 de usos possíveis de um modelo BIM, onde vários deles podem ser vistos na Figura 4, sendo classificados em 3 categorias e divididas em 9 séries como explicados a seguir e ilustradas na Figura 5:

1. Os usos gerais do modelo (General Model Uses) são aplicáveis em todas as indústrias, sistemas de informação e domínios de conhecimento. Os usos gerais do modelo incluem a palavra 'modelagem' em seu nome e são normalmente medidos usando métricas de granularidade (por exemplo, nível de definição, nível de desenvolvimento e nível de granularidade). São organizadas em apenas uma série, modelagem geral, com 52 usos mapeados.
2. Os usos do modelo de domínio (Domain Model Uses) são específicos de um setor da indústria. São 76 usos deste tipo divididos em 7 séries de modos de

usos: captura e representação, planejamento e projeto, simulação e quantificação, construção e fabricação, operação e manutenção, monitoramento e controle, integração e extensão.

- Os usos do modelo personalizado (Custom Model Uses) são uma combinação de usos de modelo geral e de domínio. Usos do modelo personalizados são feitos sob medida – quando necessário – para cada projeto, cliente/empregador ou requisitos de modelagem específicos do mercado. Não há um número fixo de usos deste tipo, sendo organizados em uma única série: modelagem personalizada.

Figura 3 – Usos principais e secundários do BIM nas diversas fases de uma obra.



Fonte: CBIC (2016).

documentação dos fluxos de trabalho, etapa que sempre será imprescindível nas implantações (CBIC, 2018).

Num estudo realizado em conjunto pela Thórus Engenharia, Sienge e Brain Inteligência Estratégica em 2021, com a participação de mais de 200 empresas das áreas de construção e incorporação mostra que os usos mais aplicados por elas são: compatibilização de projetos, gerenciamento de projetos, extração de quantitativos, acompanhamento de execução, orçamentação (5D), planejamento de obras (4D), entre outros (CENÁRIO CONSTRUTIVO BRASILEIRO, 2021). Na Figura 6 é possível ver a porcentagem desses usos do BIM pelas empresas.

Figura 6 – Porcentagem dos usos do BIM pelas empresas que participaram da pesquisa.



Fonte: Cenário Construtivo Brasileiro (2021).

2.1.4 LOD X Nível de informação necessária

Um modelo é uma abstração do mundo real e não deve incluir todas as informações, apenas aquelas essenciais necessárias a um projeto. Caso contrário, os esforços e o tempo dedicados a gerar um novo modelo ou a atualizar um modelo para refletir novos requisitos e modificações não seriam razoáveis. O esforço e o tempo dedicados à modelagem aumenta conforme cresce a quantidade de informações, o número de projetos em um modelo e o número de ciclos de revisão (SACKS et al., 2021).

Com o intuito de se criar uma escala do nível de informações contidas em um modelo BIM, foi definido o conceito de LOD, Level of Development traduzido como Nível de Desenvolvimento (ND), pela AIA, American Institute of Architects (Instituto de Arquitetos dos Estados Unidos) e divulgado pelo BIMForum.org. É uma métrica BIM para identificar quais informações incluir em um modelo durante o processo de projeto e construção (BIM DICTIONARY, 2023). O documento foi desenvolvido por profissionais que perceberam a necessidade de especificar, articular e comunicar os requisitos e qualidades do conteúdo do modelo com clareza e eficiência. Hoje, o documento é amplamente utilizado em todos os continentes em grandes e pequenos projetos. Praticantes de todas as disciplinas e ofícios podem trabalhar com o documento (BIM FORUM, 2022).

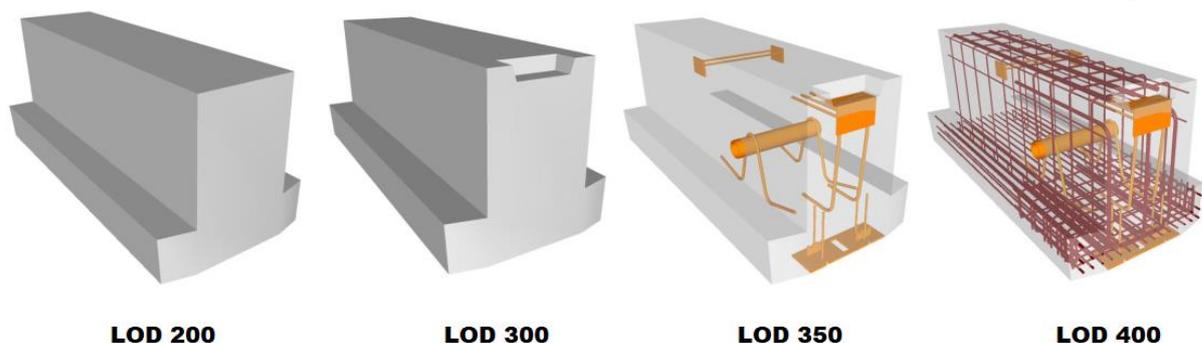
Os seguintes níveis foram definidos de acordo com a especificação criada pela AIA (BIM FORUM, 2020):

- **LOD 100:** Os elementos LOD 100 não são representações geométricas. Exemplos são informações anexadas a outros elementos do modelo ou símbolos que mostram a existência de um componente, mas não sua forma, tamanho ou localização precisa. Qualquer informação derivada de elementos LOD 100 devem ser considerados aproximados.
- **LOD 200:** Neste LOD, os elementos são espaços reservados genéricos. Eles podem ser reconhecíveis como os componentes que representam, ou podem ser volumes para reserva de espaço. Qualquer informação derivada de elementos LOD 200 deve ser considerada aproximado.

- **LOD 300:** A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo, sem referência a informações não modeladas, como notas ou legendas de dimensão. A origem do projeto é definida e o elemento é localizado com precisão em relação à origem do projeto.
- **LOD 350:** As peças necessárias para a coordenação do elemento com elementos próximos ou anexados são modeladas. Essas peças incluirão itens como suportes e conexões. A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo, sem referência a informações não modeladas, como notas ou legendas de dimensão.
- **LOD 400:** Um elemento LOD 400 é modelado com detalhes e precisão suficientes para a fabricação do componente representado. A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo, sem referência a informações não modeladas, como notas ou legendas de dimensão.
- **LOD 500:** O elemento do modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação (As built). Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos do modelo.

A Figura 7 mostra um exemplo de diferentes níveis de LOD aplicados na modelagem de uma viga T invertida.

Figura 7 – Diferentes LODs da modelagem de uma viga.



Fonte: Adaptado pelo autor de BIM Forum (2020).

Normalmente, para evitar possíveis lacunas de informação, o projetista tende a exagerar com a quantidade de informações a serem comunicadas. Desta forma, ele comete o erro de produzir e compartilhar um excesso de informações, muitas vezes inúteis. Para contornar isso, a ISO 19650-1 introduziu o conceito de LOIN (Level of Information Need traduzido como Nível de Informação Necessária), superando o conceito de LOD (BIBLUS, 2022).

Sobre o LOIN, a ABNT NBR 19650-1 (2022) afirma que é recomendado que o nível de informação necessária para cada entregável seja determinado de acordo com o seu propósito de uso. Convém que isto inclua uma definição adequada de qualidade, quantidade e granularidade da informação. Este conceito é referido como o nível de informação necessário e pode variar de entregável para entregável. Ainda segundo a ABNT NBR 19650-1 (2022) é recomendado que os níveis de informações necessárias sejam determinados pela quantidade mínima de informação necessária para se responder a cada requisito aplicável do projeto ou do ativo, incluindo as informações necessárias pela contratada ou subcontratadas que participam do projeto, mas nada além disso. Qualquer coisa além desse mínimo é considerado desperdício.

2.1.5 Interoperabilidade

Integração, colaboração e interoperabilidade são conceitos-chave nos processos BIM, sendo o último uma pré-condição para os dois primeiros. A livre troca de arquivos entre os participantes da equipe do empreendimento, sem necessidade de traduções complexas e que potencializam a perda de dados, é essencial para alcançar todos os benefícios do BIM (AMORIM, 2021).

No contexto do BIM, a interoperabilidade é a habilidade de gerenciar e comunicar produtos eletrônicos e dados de projetos entre organizações (empresas) colaboradoras e indivíduos que, em conjunto, compõem uma equipe para o desenvolvimento de projetos, contratações, construções, manutenção e sistemas de processos de negócios (CBIC, 2016).

2.1.5.1 IFC

Mesmo no início do CAD 2D, no final dos anos 1970 e início dos anos 1980, a necessidade de intercambiar dados entre diferentes aplicações foi visível. O sistema de CAD para AEC mais usado naquele tempo era o Intergraph. Um conjunto de empresas surgiu para escrever software para traduzir arquivos de projeto do Intergraph para outros sistemas, especialmente para projeto de plantas industriais, por exemplo, para intercambiar dados entre o software de projeto de tubulações e os aplicativos de lista de materiais ou de análises. Até meados dos anos 1980, quase todo intercâmbio de dados em todos os campos de projeto e engenharia era baseado em vários formatos de arquivos. O DXF e o IGES são exemplos bem conhecidos. Estes representavam formatos de intercâmbio efetivos para formas e outras geometrias, que era para o que eles foram projetados (SACKS et al., 2021).

Logo, foi criado o equivalente para uso no BIM que é o formato IFC (Industry Foundation Classes). Que segundo a CBIC (2016), é um formato neutro de arquivo de dados importante para descrever, trocar e compartilhar informações tipicamente utilizadas na indústria da construção civil e também no setor de gerenciamento de ativos (e de manutenção).

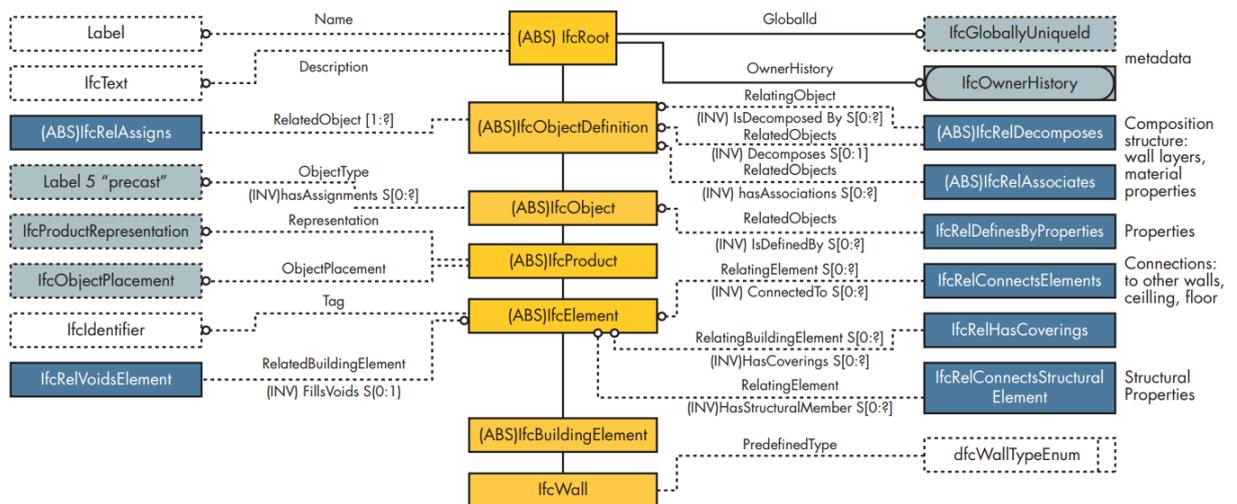
No final de 1994, a Autodesk iniciou um consórcio de indústrias para assessorar a companhia no desenvolvimento de um conjunto de classes C++ que poderiam suportar um desenvolvimento integrado de aplicações. Doze companhias dos Estados Unidos se juntaram nesse consórcio. Inicialmente definida como Industry Alliance for Interoperability, a Aliança abriu-se para que todos os interessados se tornassem membros em setembro de 1995 e modificou seu nome em 1997 para International Alliance for Interoperability. Atualmente a IAI mudou sua denominação para buildingSMART (SACKS et al., 2021).

O esquema IFC prevê uma série de “entidades”, com relações de hereditariedade definidas, mas flexíveis o bastante para a descrição de todos os objetos da construção. Uma entidade é uma classe de informação definida por atributos e requisitos comuns e o IFC-4 (atual versão do IFC) prevê 876 entidades que podem ser combinadas de modos quase infinitos para atender todas as demandas para escrever um objeto ou um processo, mas ao mesmo tempo é um obstáculo para

a compreensão e interoperabilidade entre aplicativos, pois a organização interna dos dados pode ser diferente (AMORIM, 2023).

Conceitualmente, o IFC é estruturado como objetos (p. ex., IfcObjectDefinition) e suas relações (entidades cujos nomes começam com IfcRel). No nível superior do modelo de dados IFC há extensões específicas do domínio desses objetos e entidades relacionais. Estas lidam com diferentes entidades específicas necessárias para determinado uso. Portanto, há extensões para Elementos Estruturais e para Análise Estrutural, Arquitetônica, Elétrica, Climatização e Ventilação, e para Elementos de Controle da Edificação. Todos os modelos IFC fornecem uma estrutura espacial comum da edificação para o layout e acesso dos elementos de construção. O IFC organiza todas as informações dos objetos na hierarquia Projeto => Terreno => Edifício => Pavimento do Edifício => Espaço. Cada estrutura espacial de nível mais alto é uma agregação dos níveis inferiores, além de quaisquer elementos que atravessem as classes de nível mais baixo. Em virtude da estrutura hierárquica de subtipos de objetos, os objetos utilizados nos intercâmbios são inseridos em uma profunda árvore de definições com subentidades. Todos os objetos físicos, objetos de processo, atores, e outros constructos básicos são representados abstratamente de modo similar (SACKS et al., 2021). Como mostrado na Figura 8, a árvore de uma entidade de parede onde cada nível introduz diferentes atributos e relações.

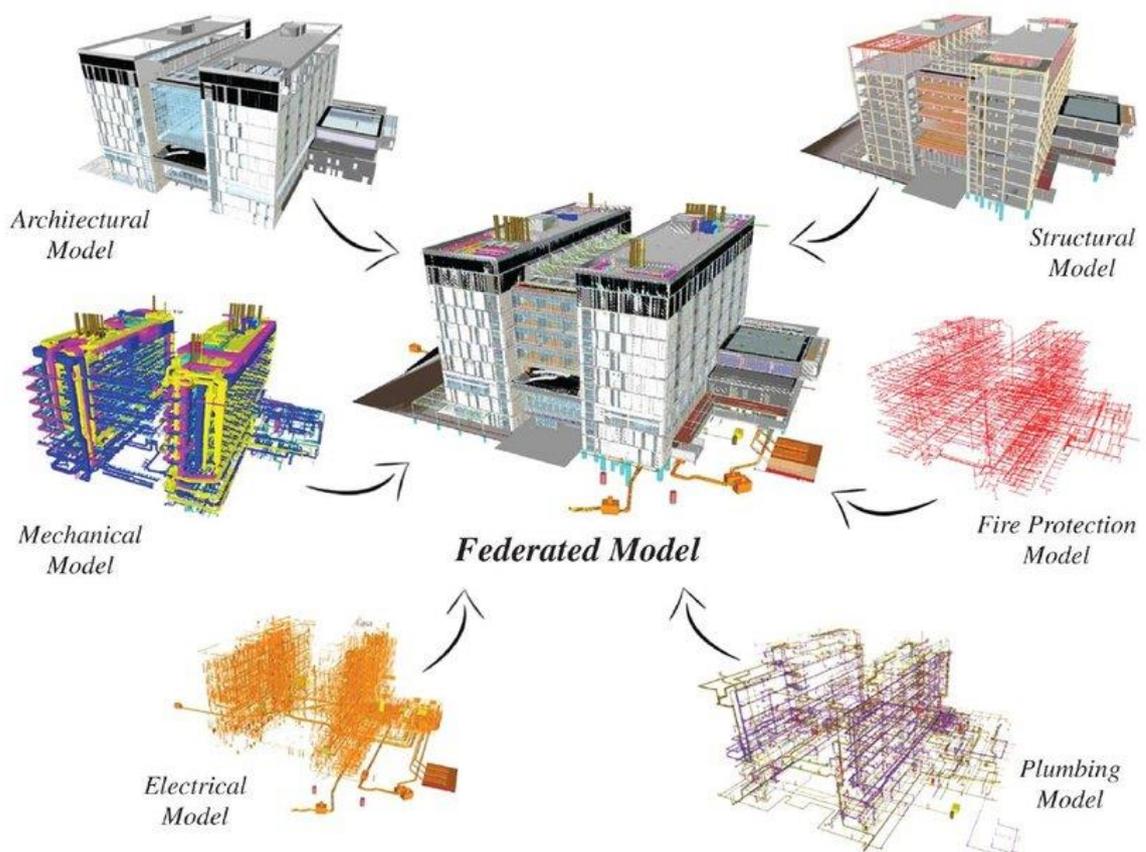
Figura 8 – Estrutura IFC de definição de uma parede.



Fonte: Sacks et al. (2021).

O modelo necessário para a realização da compatibilização de projetos em BIM é conhecido como modelo federado, que de acordo com Leite (2019), é montado a partir de vários modelos criados por projetistas e subcontratados. O modelo base contém modelos arquitetônicos e estruturais. Cada subcontratado criará seus modelos para seus escopos de trabalho individuais (por exemplo, mecânica, elétrica, hidráulica, proteção contra incêndio). Esses modelos individuais são então enviados ao gerenciador BIM do empreiteiro para serem combinados em um modelo federado, que contém o modelo base e todos os modelos subcontratados. Um exemplo de modelo federado se encontra na Figura 9.

Figura 9 - O modelo federado representado através da integração das diversas disciplinas.



Fonte: Leite (2019).

2.1.5.2 Ambiente comum de dados

O intercâmbio de dados baseado em um servidor modelo é um método de troca de dados por meio de um sistema de gerenciamento de dados (DBMS, Database Management System). Um DBMS para modelos BIM é por vezes chamado de servidor modelo, servidor BIM, servidor IFC, repositório de dados, repositório de dados do produto ou ambiente de dados comum (CDE, Common Data Environment) (SACKS et al., 2021).

Um ponto-chave do processo BIM é a integração de dados, a possibilidade de acesso simultâneo, mas controlado, a uma base de dados com todas as informações das diversas disciplinas envolvidas, o CDE, que tanto pode estar instalado em um servidor local como uma rede externa ou, preferencialmente, em servidor “na nuvem”. O objetivo central dessa prática é que a informação seja gerada uma única vez e reutilizada tanto quanto necessário por todos os participantes da cadeia de produção, bem como garantir sua confiabilidade e integridade até a entrega da edificação ao responsável pela sua operação (AMORIM, 2023).

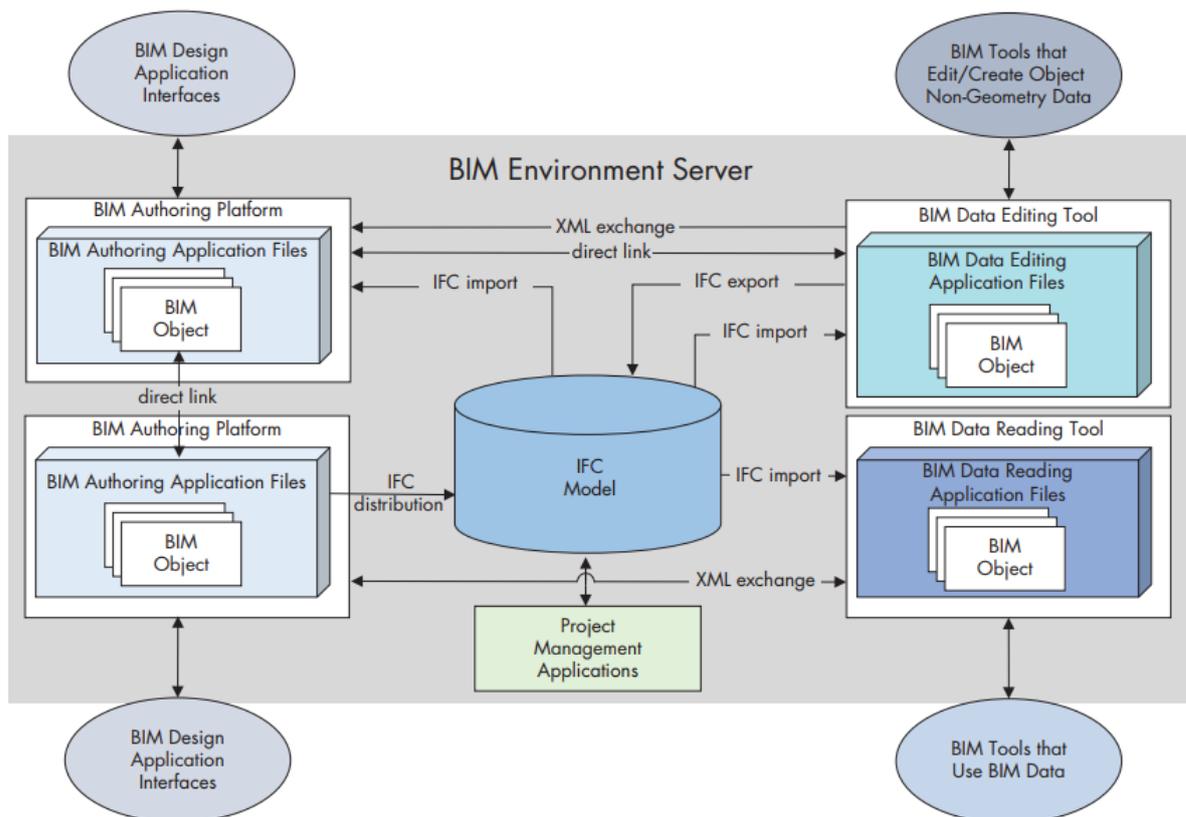
O ambiente comum de dados é, portanto, uma fonte única de informação que coleta, gerencia e distribui documentos relevantes e aprovados do empreendimento para equipes multidisciplinares em um processo gerenciado. O Ambiente Comum de Dados (ACD) geralmente se baseia em um Sistema de Gerenciamento de Documentos que facilita o compartilhamento de dados / informações entre os Participantes do Empreendimento. As informações dentro de um CDE precisam ter um dos quatro rótulos (ou estar dentro de uma das quatro áreas): Área de trabalho em andamento, Área compartilhada, Área publicada, e Área arquivada (BIM DICTIONARY, 2023).

Ainda segundo Amorim (2023), existem vários sistemas, com diferentes abordagens de integração de dados, que são alternativa à ideia básica de inserir todo tipo de informação diretamente no modelo BIM. Ainda que isso seja possível, na maioria dos casos é pouco prático, pois o acesso deve se dar por aplicativos caros, e os arquivos de projeto se tornam excessivamente grandes, o que dificulta seu manuseio. Conectar o modelo BIM a base de dados externas que sejam permanentemente vinculadas aos elementos do modelo se revelou uma estratégia

mais eficaz. Ela permite interfaces simples e acessos por meio de navegadores web e, mesmo que dependam de sistemas de alta capacidade de processamento em nuvem, apresentam menores custos totais.

A Figura 10 ilustra o intercâmbio de informações com o modelo IFC como núcleo central que conecta as diversas aplicações BIM através de seu uso em um servidor podendo ser importado ou exportado pelos softwares que serão utilizados. Estes podem ser autorais, que possuem interface de aplicação de projetos BIM ou ferramentas BIM que usam dados BIM, mas que importam e exportam arquivos no formato IFC.

Figura 10 – Exemplo da estrutura interna de intercâmbios suportada por um servidor BIM.



Fonte: Sacks et al. (2021).

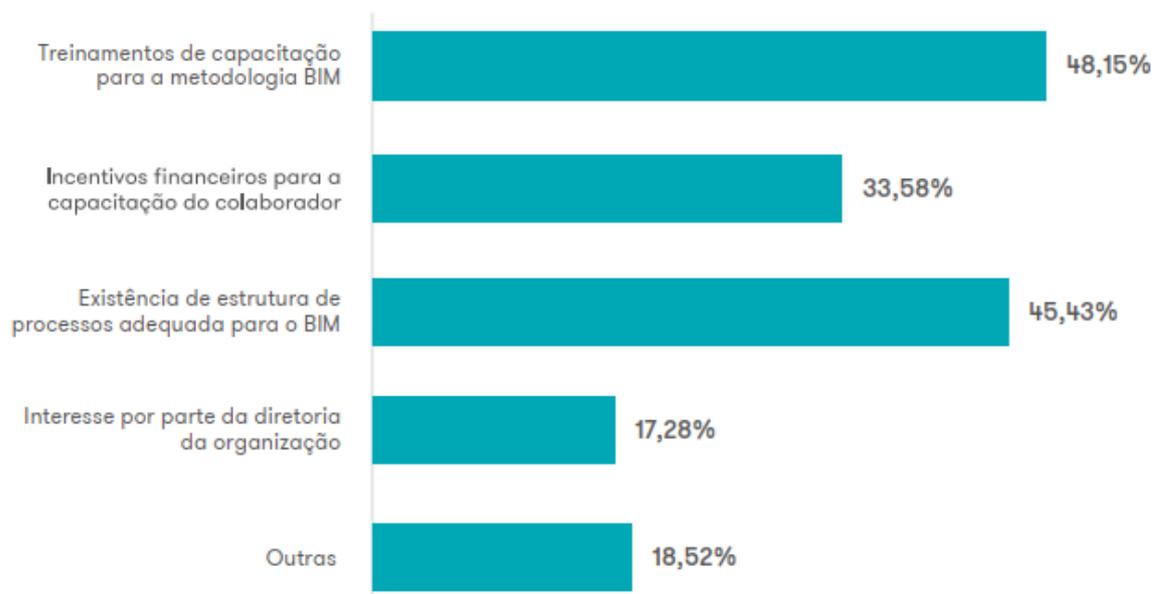
2.1.6 O processo de implantação BIM

Segundo CBIC (2016), o BIM é abrangente demais. Embora se tenham exemplos concretos de iniciativas BIM realizadas com sucesso, seguindo processos pouco formais e bastante heterodoxos, a boa prática deixa claro que a sua implementação deve ser feita através do estabelecimento de um projeto formal, minimamente estruturado e documentado. Os objetivos da implementação BIM, portanto, deverão ser coerentes com os objetivos estratégicos da própria corporação, tendo em vista a melhoria dos seus processos e atividades mais críticos e mais importantes. Uma vez definida a fase principal do ciclo de vida de um empreendimento que seria a mais adequada para iniciar a implementação BIM, o próximo passo é a definição dos casos de usos BIM que serão realizados.

2.1.6.1 Desafios da implantação do BIM

Existe uma série de dificuldades na implantação do BIM pelas organizações. Em pesquisa realizada, Grau de Maturidade BIM no Brasil (2022), pela ABDI, Sienge e GrantThornton, as empresas responderam quais são as maiores dificuldades na implantação do BIM. Na Figura 11 é possível ver os resultados.

Figura 11 – Resposta das maiores dificuldades na implementação do BIM pelas empresas.



Fonte: Grau de maturidade BIM no Brasil (2022).

Com isso percebe-se que o desconhecimento da metodologia é um dos principais fatores para a não adoção do BIM. Também de acordo com a Figura 11 é possível verificar que uma das maiores dificuldades para a implementação do BIM pelas empresas é a existência de estrutura de processos adequada para sua utilização.

Sacks et al. (2021) ainda destaca alguns desafios que podem ser esperados listados a seguir:

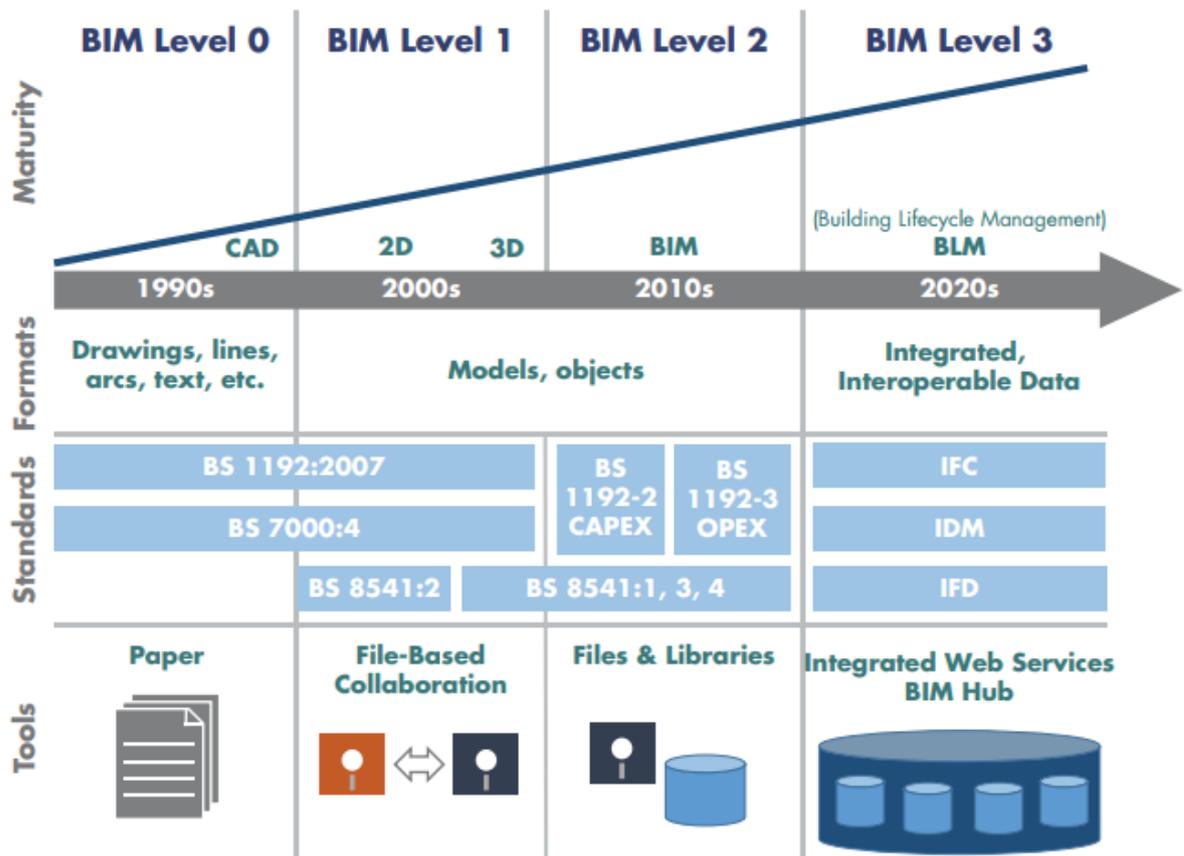
1. **Desafios de colaboração e equipes:** Embora o BIM ofereça métodos para colaboração, ele introduz novos desafios relacionados ao desenvolvimento de equipes afetivas. Como permitir um compartilhamento adequado do modelo de informações pelos membros de uma equipe do empreendimento é uma questão importante. Nos casos em que os arquitetos e engenheiros ainda fornecem desenhos tradicionais em papel, o construtor (ou terceiro) pode gerar um modelo que possa ser utilizado para o planejamento, a estimativa e a coordenação da construção. Nos casos em que os projetistas criam seu projeto usando o BIM e compartilham o modelo, os detalhes podem ser insuficientes para o uso na construção, ou as definições dos objetos podem ser inadequadas para a extração das quantidades necessárias à obra.
2. **Mudanças legais na propriedade e produção da documentação:** Questões legais referentes à questão de a quem pertencem os múltiplos conjuntos de dados de projeto, fabricação, análise e construção, quem paga por eles e quem é o responsável pela sua acurácia surgem conforme o uso do BIM aumenta.
3. **Mudanças na prática e no uso da informação:** O uso do BIM incentiva a integração do conhecimento de construção mais cedo no processo de projeto. Empresas que integram projeto e construção, capazes de coordenar todas as fases do projeto e incorporar o conhecimento de construção desde o início, serão as mais beneficiadas.
4. **Questões ligadas à implantação:** Substituir um ambiente de CAD 2D ou 3D por um sistema de modelagem da construção envolve mais do que a aquisição de software, treinamento e atualização de hardware. O uso efetivo do BIM requer que as mudanças sejam feitas em quase todos os aspectos do negócio das empresas (não somente fazer as mesmas coisas de uma nova maneira).

Ela exige alguma compreensão da tecnologia BIM e de seus processos relacionados, bem como um plano de implementação antes que se possa iniciar a conversão.

2.1.6.2 Níveis de BIM

O BIM pode ser dividido em níveis de maturidade, de acordo com o envolvimento dos processos em que se encontram, com a possibilidade de evolução a um nível superior à medida que há uma integração e colaboração maior com as tecnologias da metodologia. De acordo com o NBS (National Building Specification) (2014) ligada ao Governo do Reino Unido, em 2011 foi estabelecida uma estratégia com uma série de níveis que vai do 0 ao 3, de acordo com critérios específicos, em que é possível evoluir em passos à medida que se aumenta o nível de colaboração e uso de ferramentas, para que se possa fazer uma migração de forma suavizada, sem mudanças muito bruscas de paradigmas. Os níveis como mostrados na Figura 12, de acordo com a NBS (2014), foram divididos em:

Figura 12 – Os níveis de maturidade definidos pelo NBS do governo britânico.



Fonte: Sacks et al. (2021).

- **Nível 0:** Em sua forma mais simples, o nível 0 significa efetivamente nenhuma colaboração. O desenho CAD 2D é usado apenas, principalmente para informações de produção. A saída e a distribuição são feitas por meio de impressão em papel ou eletrônica, ou uma mistura de ambos. A maioria da indústria já está bem à frente disso atualmente.
- **Nível 1:** Este nível normalmente inclui uma mistura de CAD 3D para trabalho de conceito e 2D para elaboração de documentação de aprovação estatutária e informações de produção. Os padrões CAD são gerenciados de acordo com a BS 1192:2007, e o compartilhamento eletrônico de dados é realizado a partir de um ambiente de dados comum (CDE), geralmente gerenciado pelo contratado.
- **Nível 2:** Este nível é o estabelecido pelo governo do Reino Unido como meta mínima para a realização de obras públicas desde 2016. Ele promove o trabalho colaborativo, onde cada uma das partes possui o seu próprio modelo que deve ser possível de exportar para um formato de arquivo aberto, não proprietário, como IFC (Industry Foundation Class) ou COBie (Construction Operations Building Information Exchange) onde se torna possível juntar com outros projetos formando um modelo federado, ou seja, é possível obter todos os projetos sobrepostos.
- **Nível 3:** As proposições para o BIM neste nível incluem: a criação de um conjunto de novos padrões internacionais de 'Dados Abertos' que abririam caminho para o compartilhamento fácil de dados em todo o mercado; o estabelecimento de uma nova estrutura contratual para projetos que foram adquiridos com BIM para garantir consistência, evitar confusão e incentivar o trabalho aberto e colaborativo; a criação de um ambiente cultural cooperativo, que busca aprender e compartilhar, treinamento do cliente do setor público no uso de técnicas BIM, como requisitos de dados, métodos operacionais e processos contratuais, impulsionando o crescimento nacional e internacional e empregos em tecnologia e construção.

Atualmente há uma migração da norma BS 1192 utilizada nestes níveis em anos anteriores para a criação de uma nova normatização que ainda está em desenvolvimento, trata-se da ISO 19650.

2.1.6.3 Plano de execução BIM (PEB)

Existem alguns documentos que facilitam a adoção e implantação do BIM, segundo Sacks et al (2021), tendo em vista que o número de projetos de BIM rapidamente aumentou no fim da primeira década do novo milênio, cada vez mais proprietários passaram a exigir a elaboração de um plano de execução BIM como parte dos pacotes de licitação. De acordo com PSU (2023), a Pennsylvania State University (Penn State) desenvolveu e publicou a primeira versão de seu BIM Project Execution Planning (BEP) Guide em 2009, documento que se tornou a referência mais amplamente utilizada para o desenvolvimento de planos de execução BIM e, inclusive, de outros guias BEP.

Segundo Messner et al. (2019), através do BIM Project Execution Planning Guide, as quatro etapas do procedimento incluem:

1. Identificar os usos de BIM de alto valor durante o planejamento, design, construção e fases operacionais.
2. Desenhar o processo de execução BIM criando mapas de processos.
3. Definir as entregas BIM na forma de trocas de informações.
4. Desenvolver a infraestrutura na forma de contratos, procedimentos de comunicação, tecnologia e controle de qualidade para apoiar a implementação.

Sacks et al. (2021) lista os 14 grupos de informação que se espera reunir ao longo desses quatro passos:

- Introdução ao plano de execução do projeto com BIM
- Informações sobre o projeto
- Contatos do projeto principais
- Objetivos do projeto e usos do BIM
- Papéis e membros da organização
- Elaboração dos processos BIM
- Intercâmbio de informação BIM
- O BIM e os requisitos de dados das instalações prediais
- Procedimentos de colaboração

- Controle de qualidade
- Necessidades de infraestrutura tecnológica
- Estrutura do modelo
- Entregáveis de projeto
- Estratégia de entrega e contrato

2.2 PROJETO X PROCESSO

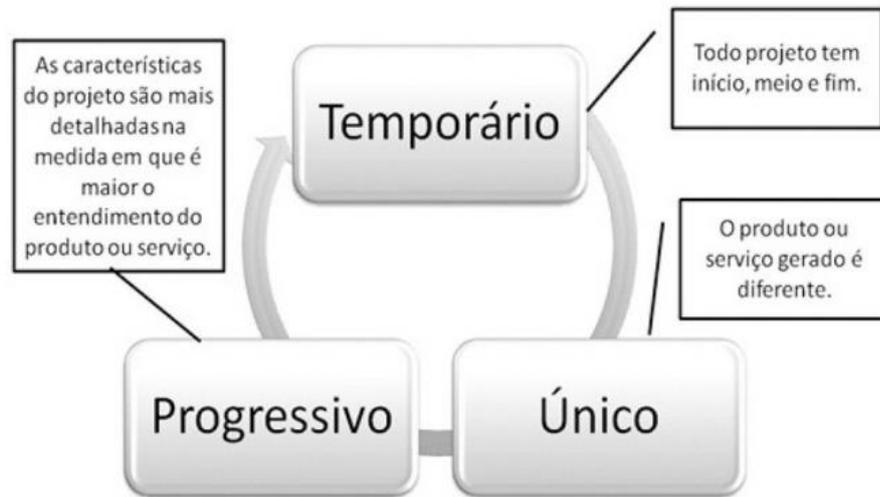
Para o PMI (2017), projetos são realizados para cumprir objetivos através da produção de entregas. Um objetivo é definido como um resultado a que o trabalho é orientado, uma posição estratégica a ser alcançada ou um propósito a ser atingido, um produto a ser produzido ou um serviço a ser realizado. Uma entrega é definida como qualquer produto, resultado ou capacidade único e verificável que deve ser produzido para concluir um processo, fase ou projeto.

Ainda de acordo com o PMI (2017), o cumprimento dos objetivos do projeto pode produzir uma ou mais das seguintes entregas:

- Um produto único que pode ser um componente de outro item, um aprimoramento ou correção de um item ou um novo item final;
- Um serviço único ou uma capacidade de realizar um serviço;
- Um resultado único, como um produto ou documento;
- Uma combinação única de um ou mais produtos, serviços ou resultados.

Segundo a ABNT (2021), pela NBR ISO 21500 (Orientações sobre o Gerenciamento de Projetos), projeto é um conjunto único de processos, que consiste em atividades coordenadas e controladas com datas de início e fim, empreendidas para atingiros objetivos do projeto. Os projetos, por definição, têm, portanto, uma data de início e de término definidas, sendo esta a chave para determinar se um trabalho pode ser considerado um projeto. Na Figura 13 é possível ver algumas características relacionadas aos projetos.

Figura 13 – Características de um projeto.



Fonte: Xavier et al. (2017).

Segundo o BPM CBOK (2013), processo é uma agregação de atividades e comportamentos executados por humanos ou máquinas para alcançar um ou mais resultados. São compostos por atividades inter-relacionadas que solucionam uma questão específica. Essas atividades são governadas por regras de negócio e vistas no contexto de seu relacionamento com outras atividades para fornecer uma visão de sequência e fluxo. Os processos diferem dos projetos por serem contínuos, por um tempo indeterminado, obtendo um resultado padrão através do trabalho repetitivo. A Figura 14 apresenta uma síntese dos projetos e processos.

Figura 14 – Características dos projetos e processos.

	Trabalho nas Empresas	
Tipos	Operações/Processos	Projetos
Similaridades	<ul style="list-style-type: none"> • Realizados por Pessoas • Limitados aos Recursos Disponíveis • Planejados, Executados e Controlados 	
Diferenças	Contínuas e Repetitivas	Temporários e Únicos

Fonte: Xavier et al. (2017).

De acordo com Manzione et al. (2021), um processo nada mais é do que uma sequência organizada e predeterminada de atividades, associada a seus respectivos instrumentos de controle, orientados a se atingirem determinados objetivos. Para que isso aconteça, essas atividades são organizadas em etapas, os objetivos de cada etapa são estabelecidos e são realizados controles que autorizam a passagem de uma etapa à seguinte. Já para Pradella et al. (2016), identificar os processos é importante para definir a organização dos indivíduos e dos demais recursos da instituição. Trata-se de um conceito fundamental na projeção dos meios pelos quais a instituição pretende entregar seus produtos ou serviços aos clientes. Um processo, em essência, representa uma sequência de atividades a serem realizadas para a obtenção de um produto final (bem ou serviço).

Segundo Silva (2015), o mapa de processo é a técnica de descrever de forma visual o processo, compreendendo todas as suas etapas. A prática acaba nos colocando diante de um fluxograma, porém desprezado de seus requisitos estéticos de medidas e formatações. Diante do fluxograma, o mapa de processo pode ser entendido como “informal” no que tange às notações e estética. Seu foco é a descrição do processo, de forma (e linguagem) simples e direta.

2.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

O processo de projeto BIM diferencia-se do desenvolvimento de projetos em CAD por diversos fatores, sendo o mais importante o fato de que as atividades de coordenação e compatibilização ocorrem antes da apresentação dos documentos de cada disciplina. Através da análise do modelo virtual da construção é possível identificar problemas, corrigi-los e analisar a construtibilidade de cada proposta, selecionando as de melhor custo-benefício (ABDI, 2017).

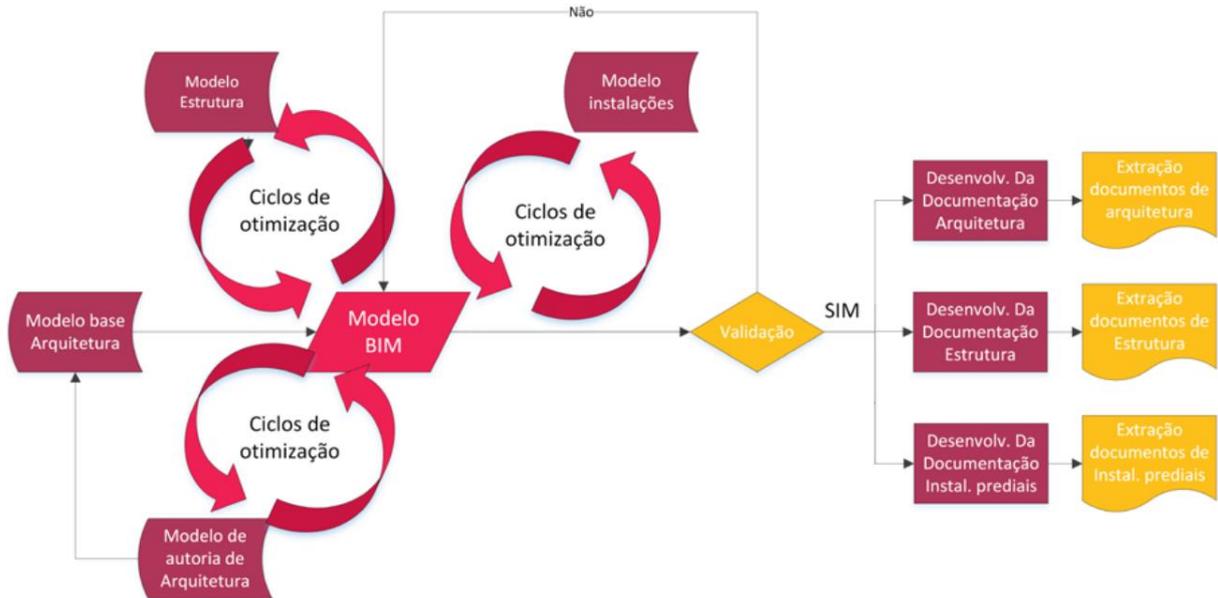
A forma mais tradicional de se fazer a compatibilização de projetos na construção civil é com a sobreposição dos desenhos, manualmente ou com desenhos CAD 2D. Essa técnica sempre funcionou muito bem, no entanto, se pensarmos na quantidade de disciplinas e de detalhes que existem hoje nos projetos de edificações, fica quase impossível analisar interferências com precisão. (ALTOQI, 2016)

Nos projetos desenvolvidos em CAD (Computer Aided Design), tecnologia baseada apenas em documentos, as representações em plantas, cortes, vistas ou, no melhor dos casos, em desenhos de perspectivas e detalhes, não permitiam a correta visualização e a perfeita compreensão do que estava sendo projetado. A modelagem 3D possibilita a visualização exata do que está sendo projetado, por mais complexa que seja a instalação ou edificação, além de oferecer funcionalidades para a detecção automática de interferências geoespaciais entre objetos. (CBIC, 2016).

O fluxo básico do processo de projeto BIM inverte o método de trabalho usual, em que toda a análise do projeto pelos diferentes participantes é feita a partir de desenhos 2D, que serão repetidamente ajustados e corrigidos até atingir um patamar satisfatório de solução e eliminação de conflitos. No caso do BIM, ao contrário, o esforço de coordenação e de otimização de solução é centrado no modelo virtual da construção (ABDI, 2017). Logo, após a união dos diversos modelos, as interferências podem ser identificadas através de softwares que possuem ferramentas de detecção automática conhecidas como clash detection. A detecção automática de conflitos é um excelente método para a identificação de erros de projetos, onde objetos ocupam o mesmo espaço (conflitos graves ou hard clashes) ou estão próximos demais (conflitos brandos ou soft clashes) para permitir adequado acesso, isolamento, segurança, manutenção e outras (Sacks et al., 2021). De acordo com a Asbea (2015) pode ocorrer também o time clash, que são elementos que podem se colidir ao longo do tempo, como durante a construção ou o uso do edifício.

A Figura 15 mostra um fluxo para a compatibilização de um projeto, onde o modelo de arquitetura serve de base para a criação dos demais modelos e então é criado o modelo BIM federado através de todas as disciplinas que compõem o projeto. Logo, de acordo com a Figura 15, através da coordenação do projeto, após identificar as interferências com as ferramentas de detecção automática, os relatórios podem ser enviados em seguida para os projetistas poderem fazer as devidas correções. Este processo pode gerar uma nova interferência, e por isso, são realizados em ciclos de otimização até que todas tenham sido eliminadas para após a validação do modelo, ser possível extrair os documentos das disciplinas envolvidas.

Figura 15 – Fluxo das etapas de projeto com uso do BIM.



Fonte: O autor adaptado de ABDI (2017)

2.4 ORÇAMENTO

Por se tratar de uma atividade econômica, para a realização de um projeto de construção, será sempre necessário analisar a viabilidade econômica do empreendimento, que deve ocorrer sempre na etapa inicial, para verificar se os recursos disponíveis são suficientes para a realização do mesmo.

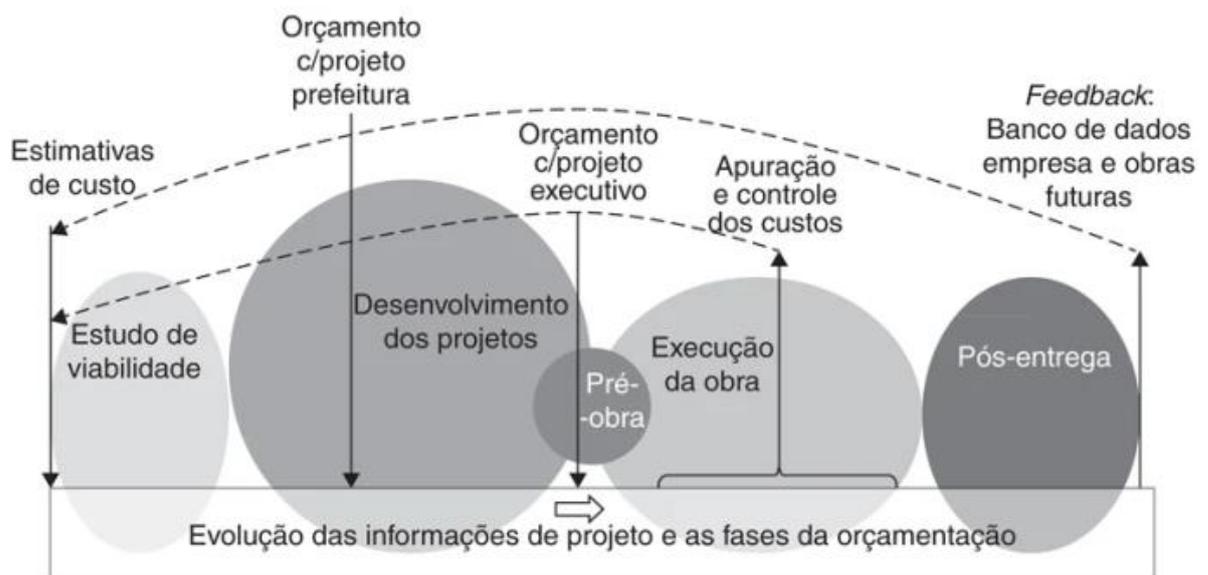
Segundo Mattos (2019), a estimativa dos custos, e o consequente estabelecimento do preço de venda, é basicamente um exercício de previsão. Muitos são os itens que influenciam e contribuem para o custo de um empreendimento. A técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização tem uma grande série de itens, requerendo, portanto, muita atenção e habilidade técnica.

Carvalho e Marchiori (2021) afirmam que para que o orçamento possa ser elaborado, o orçamentista precisa ter em mãos alguns documentos. O principal deles é o projeto: é necessário que se tenham as pranchas ou modelagem de todos os projetos a serem utilizados na construção: arquitetônico, estrutural, de instalações hidrossanitárias, elétricas, proteção contra descargas atmosféricas, de prevenção

contra incêndios, mecânica, ar-condicionado, elevador, ventilação, lógica, paisagismo, dentre outros, além dos seus respectivos memoriais descritivos. Distintas fases de projeto exigem propósitos diferentes do orçamento. É importante que o orçamentista e a empresa que irá executar a obra tenham em mente que a precisão deste orçamento é proporcional ao grau de detalhamento dos projetos.

De acordo com Carvalho e Marchiori (2021), na etapa inicial de estudo de viabilidade, com o projeto conceitual, as estimativas de custos podem ser feitas em comparação com um projeto existente orçado previamente de porte similar, para se ter uma noção por alto do custo total da obra. À medida que os projetos vão sendo executados, inicialmente com o projeto de prefeitura que contém o conjunto necessário de elementos para caracterizar a obra, a precisão do orçamento aumenta. Com o projeto executivo é possível realizar o orçamento analítico em detalhes, com maior assertividade, tão alto quanto queira aprofundar nos serviços e insumos que serão utilizados. Por fim, é possível criar um banco de dados próprio da empresa, para ser utilizado em obras futuras e que representam melhor os custos reais para suas necessidades. Esse processo está ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Fases do projeto e do orçamento.

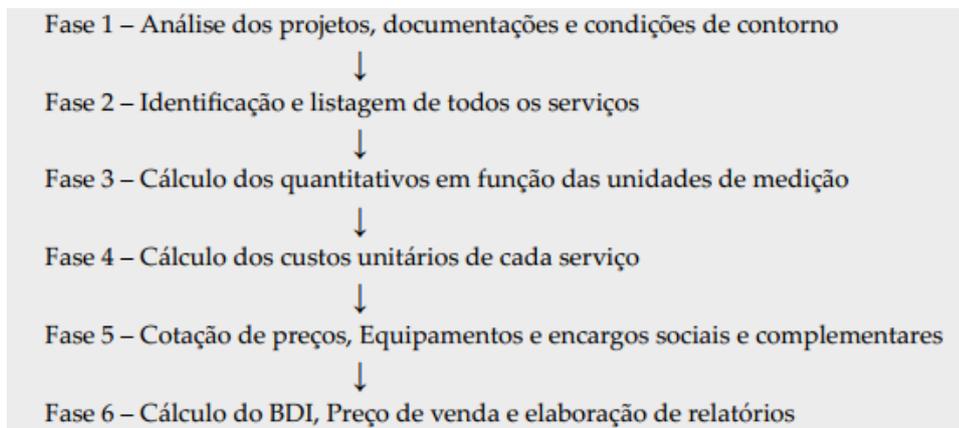


Fonte: Carvalho e Marchiori (2021).

Uma etapa importante na prática de orçamentação é o levantamento de quantitativos, que segundo Mattos (2019), consiste na quantificação dos diversos materiais de um determinado serviço, e deve ser feita com base em desenhos fornecidos pelo projetista e considerando as dimensões especificadas e suas características técnicas. O levantamento de quantidades é uma das etapas que intelectualmente mais exigem do orçamentista, porque demanda leitura de projeto, cálculo de áreas e volumes, consulta a tabelas de engenharia, tabulação de números etc. Para essa atividade, é recomendado o uso de uma planilha eletrônica ou software de gestão de custos para armazenar o memorial de cálculos e documentar os quantitativos de todos os elementos que compõem a obra.

De acordo com Carvalho e Marchiori (2021), o orçamento deve ser realizado em etapas como descrito na Figura 17, detalhadas na sequência:

Figura 17 – Fases da prática de orçamentação.



Fonte: Carvalho e Marchiori (2021).

- **Fase 1:** Nesta etapa devem ser lidos e interpretados documentos como o memorial descritivo que contém as informações e soluções técnicas com o objetivo de detalhar e complementar as informações contidas nos desenhos dos projetos. Também as especificações técnicas como descrição dos materiais de forma qualitativa, padrão de acabamento, características dos materiais como Fck do concreto, grau de compactação, entre outros. E de um caderno de encargos, que normalmente contém procedimentos padronizados de serviços, detalhes construtivos, critérios de medição de pagamentos, entre outros.

- Fase 2:** Para que o processo de orçamentação e controle sejam eficientes é necessário caracterizar os serviços previstos, quanto maior o grau de complexidade, mais cuidados e critérios deverá haver nesta caracterização. Esta atividade requer atenção pois aquilo que não for identificado e relacionado não integrará o orçamento da obra, impactando tanto o custo da obra quanto o prazo, gerando atrasos. Portanto é preciso a definição do escopo do projeto, que é conhecida como Estrutura Analítica do Projeto (EAP) ou do inglês Work Breakdown System (WBS), é uma estrutura hierarquizada de decomposição em níveis, onde o nível superior representa o projeto, os níveis subsequentes representam as partes do projeto. Um exemplo de EAP pode ser visto na Figura 18.

Figura 18 – Exemplo de uma estrutura analítica do projeto em um nível.

Descrição
DESPEAS PRELIMINARES
CANTEIRO DE OBRA
FUNDAÇÕES
ESTRUTURA
PAREDES E PAINÉIS
COBERTURAS E TELHADOS
IMPERMEABILIZAÇÕES
REVESTIMENTOS DE PAREDES
REVESTIMENTOS DE TETO
PISOS
ESQUADRIAS DE MADEIRA
ESQUADRIAS METÁLICAS
VIDROS
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA
APARELHOS SANITÁRIOS E METAIS
PINTURA
PISCINA
SERVIÇOS EXTERNOS E LIMPEZA

Fonte: O autor (2023).

- Fase 3:** O Método do Custo Unitário, que é usado para elaboração de orçamento, parte do princípio do fracionamento, como não é possível avaliar, com precisão, o valor do projeto, divide-se a obra em partes ou serviços, como foi explicado no item anterior, onde cada parte é avaliada e/ou apropriada ao seu custo. Depois somam-se todos os custos, resultando no custo final do orçamento. Após a identificação de quais serviços irão compor o orçamento e

por consequência a obra, precisamos agora determinar o quanto de cada serviço deverá ser executado para definir o custo. Identificamos o serviço de alvenaria, mas quantos metros quadrados (m^2) precisam ser executados? Esta etapa de quantificação exige do engenheiro orçamentista atenção e cuidado, pois erros nesta etapa podem causar um superfaturamento e/ou barateamento dos serviços, com consequências na lucratividade do construtor. As informações quantificadas definem a quantidade de insumos e o dimensionamento da mão de obra e de equipamentos.

- **Fase 4:** O orçamento analítico é preparado a partir de composições de custos unitários para os serviços de cada etapa da obra, onde é definido o valor financeiro da execução de uma unidade de serviço, em função de todos os insumos necessários. A composição é o custo correspondente a uma unidade de serviço. Com os dados fornecidos pela composição, é possível orçar um determinado serviço de alvenaria que utilize o sistema de vedação apresentado, assim como, dimensionar a equipe que será necessária. A Figura 19 mostra um exemplo de composição para o concreto preparado em obra de uma base de dados divulgada pela Editora Pini, o TCPO, bastante utilizado na prática de orçamentação pelo Brasil. De acordo com Mattos (2019), as informações obtidas da composição de custo unitário são:

- Insumo: descreve cada um dos itens necessários à execução como o profissional de mão de obra, os materiais e os equipamentos
- Unidades: apresenta a unidade de medida do insumo
- Coeficiente: é a incidência de cada insumo na execução de uma unidade de serviço, ou seja, quanto daquele insumo é utilizado
- Custo unitário: é o custo de aquisição ou emprego do insumo
- Custo total: multiplicação do índice pelo custo unitário

Com esses dados fornecidos pela composição, é possível orçar um determinado serviço, assim como, dimensionar a equipe que será necessária.

Figura 19 – Exemplo de composição de um concreto preparado em obra.

Orçamento

Volare

Edição de Itens

Nível: **9** NIVEL 9 Produção da equipe 1,00000 M3

Código Usuário: USUARIO

Código: 04.002.000038.SER

Descrição: Concreto preparado na obra, controle "A", brita 1, fck 15 MPa, abatimento 8±1 cm

Complemento:

Classificação: ERVIÇOS COMPOSTOS - CONSTRUÇÃO EM GERAL (SER.CG)

Unidade: M3

Preço R\$: 354,608835 Data Revisão: 11/03/2014

Componentes

Código	Descrição	Coef	Class.	Un.	V. Unit.
01.026.0...	Servente	6	M.O.	H	5,21
03.001.0...	Areia média lavada	0,898	MAT.	M3	106,88
03.002.0...	Brita 1	0,836	MAT.	M3	95,55
04.002.0...	Cimento CP-32	280	MAT.	KG	0,52
36.003.0...	Betoneira elétrica trifásica,...	0,306	SER...	H P...	6,18

ajustar colunas

Fonte: O autor (2023).

- Fase 5:** Na fase anterior foi apresentada uma composição de custos de serviços que formam um orçamento. Estas composições de custo estão contidas, em geral, em um banco de dados de composições que foi elaborado a partir de uma metodologia de levantamento de dados e de organização das informações de orçamento. Estes bancos de dados de composições de custo são mais conhecidos como “manuais orçamentários”. O manual orçamentário pode ser elaborado pela própria empresa que irá executar a obra, pode ser comercializado no mercado (contendo dados médios de mercado), pode ser oriundo de pesquisas acadêmicas ou institucionais, estes últimos têm sido aplicados ao caso de obras públicas. Os mais utilizados são o TCPO, Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos, que contém a quantidade de insumos necessária para executar uma unidade de cada serviço que compõe a obra. Este manual orçamentário foi idealizado pela Editora Pini e sua primeira versão há aproximadamente 60 anos. O SINAPI, que além servir como indicador de custo de construção, ele possui ainda um outro papel no sistema de custos de obra do governo brasileiro, que é o de ser balizador de custos de

obras que utilizam como fonte de recurso o Orçamento Geral da União (OGU) do Governo Brasileiro. Ainda de acordo com Carvalho e Marchiori (2021), O Sistema de Custos de Obras Rodoviárias (Sicro) é um banco de dados de composições de custos de referência para obras de infraestrutura de transportes nos modais de transportes rodoviário, ferroviários e hidroviários. E por fim, é de fundamental importância que o orçamentista saiba o que deve ser considerado no custo da hora do colaborador da construção. Não é somente o valor pago ao funcionário no final do mês que deve ser considerado como custo da mão de obra. Ele é composto por:

- Remuneração da mão de obra (salários)
- Encargos sociais
- Encargos complementares
- Encargos adicionais
- Trabalhos em condições especiais

Encargos Sociais são os custos incidentes sobre os salários da mão de obra e têm sua origem na Constituição Federal de 1988, na Consolidação das Leis do trabalho, em leis específicas e nas convenções coletivas de trabalho.

- **Fase 6:** O preço de venda do empreendimento contempla, além dos custos diretos, os indiretos e o lucro de quem constrói. Desta forma, nesta fase entram os Benefícios e Despesas Indiretas, conhecido na engenharia de custos pela sigla BDI, mas que também pode ser chamado LDI (Lucro e Despesas Indiretas). O “benefício” também pode ser entendido como o lucro do construtor, e deve ser aplicado sobre o custo direto dos itens da planilha da obra para se chegar ao preço de venda. O preço final pode ser obtido através da equação 1 com o BDI em porcentagem:

$$PREÇO = CUSTO * (1 + \frac{BDI}{100}) \quad (\text{Eq. 1})$$

E após a finalização do orçamento, relatórios podem ser obtidos, sendo um deles a Curva ABC, que segundo Mattos (2019) é de suma importância saber quais são os principais insumos, o total de cada insumo na obra e qual sua

representatividade. Isso serve para priorizar as cotações de preços, definir as negociações mais criteriosas, canalizar a energia dos responsáveis por compras etc. A curva ABC é relatório na forma de lista em ordem decrescente de custo. Para Carvalho e Marchiori (2019), a Curva ABC é a aplicação do Princípio de Pareto (Regra 80/20), que 80% das consequências são geralmente causadas por 20% das causas.

O orçamento em BIM conhecido como 5D, apresenta algumas vantagens em relação ao método tradicional através do CAD. De acordo com Sacks et al. (2021), não se deve esperar até o final da fase de projeto para o desenvolvimento de uma estimativa de custos. À medida que o projeto avança, estimativas provisórias ajudam a antecipar problemas, de forma que alternativas que podem ser considerados. esse processo permite ao projetista e ao proprietário tomar decisões mais informadas, resultando em uma construção de melhor qualidade dentro das limitações impostas pelo orçamento. O BIM facilita muito a obtenção de estimativas preliminares. A vantagem do uso do BIM aqui informações mais detalhadas podem ser geradas mais cedo em um projeto, e isso resulta em orçamentações mais precisas, mais cedo.

Ainda segundo Sacks et al. (2021), os orçamentistas utilizam uma variedade de opções para alavancar o BIM no levantamento de quantitativos e para dar suporte ao processo de orçamentação. Os orçamentistas devem identificar um método que trabalha melhor para seu processo de orçamentação específico. As quatro opções são:

1. Exportar as quantidades de objetos da construção para um software de orçamentação usando as capacidades de relatório próprias da plataforma BIM.
2. Exportar objetos da construção e/ou quantidades para um software de orçamentação por meio de uma ferramenta add-in proprietária.
3. Exportar objetos da construção por meio do uso do IFC ou de outros formatos de intercâmbio.
4. Exportar os objetos do modelo BIM, inclusive sua geometria, para um software de gerenciamento de obra integrativo e multifuncional.

2.5 PLANEJAMENTO DE OBRAS

Segundo Mattos (2019), o planejamento de obra é um dos principais aspectos do gerenciamento, conjunto de amplo espectro, que envolve também orçamento, compras, gestão de pessoas, comunicações etc. Ao planejar, o gerente dota a obra de uma ferramenta importante para priorizar suas ações, acompanhar o andamento dos serviços, comparar o estágio da obra com a linha de base referencial e tomar providências em tempo hábil quando algum desvio é detectado.

Assim como no orçamento de obras, a definição do escopo do projeto tem fundamental importância para a realização do planejamento. Com a definição da EAP define-se as menores partições em que as atividades serão realizadas distribuídas ao longo do tempo num cronograma. De acordo com Bernardes (2021), o zoneamento busca facilitar o estabelecimento de unidades de controle que podem ser utilizadas para o dimensionamento dos pacotes de trabalho. Por pacote de trabalho subentende-se um conjunto de tarefas similares a serem realizadas, frequentemente em uma área bem definida, utilizando informações de projeto específicas, bem como material, mão de obra e equipamento, e tendo seus pré-requisitos completados em tempo hábil para a sua execução.

Ainda segundo Mattos (2019), o planejamento de uma obra segue passos bem definidos. Em cada passo, coletam-se elementos dos passos anteriores e a eles se agrega algo. Um roteiro de planejamento contém os seguintes passos:

- Identificação das atividades;
- Definição das durações;
- Definição da precedência;
- Montagem do diagrama de rede;
- Identificação do caminho crítico;
- Geração do cronograma e cálculo das folgas.

Para a identificação das atividades, Bernardes (2021) afirma que essas informações incluem, geralmente, contratos, plantas, especificações técnicas, descrições das condições do canteiro e das condições ambientais, tecnologia a ser utilizada na construção, viabilidade da terceirização ou não de processos, índices de

produtividade do trabalho, dados de equipamentos a serem utilizados e metas estabelecidas pela alta gerência.

De acordo com Mattos (2019), toda atividade do cronograma precisa ter uma duração associada a ela. A duração é a quantidade de tempo – em horas, dias, semanas ou meses – que a atividade leva para ser executada. Há tarefas que têm duração fixa, independentemente da quantidade de recursos humanos e equipamentos alocados – por exemplo, cura do concreto e enchimento de um tanque industrial cuja vazão de entrada seja fixa -, e outras cuja duração depende da quantidade de recursos – por exemplo, uma atividade de pintura pode ser feita por dois pintores em 20 dias ou por quatro pintores em 10 dias. Cabe ao planejador definir a relação prazo/equipe mais conveniente e adotá-la na montagem do cronograma. Esse passo é de suma importância porque amarra as produtividades estabelecidas no orçamento com as durações atribuídas no planejamento. A obra passa a contar com uma integração orçamento-planejamento.

Para Mattos (2019), para fins de planejamento de obras, as composições de custo unitário do orçamento são a fonte por excelência de elementos para a geração das durações. Essas composições de custo unitário são tabelas que contêm os insumos do serviço em questão (como é possível ver na Figura 19), com seus respectivos índices (ou coeficiente de insumo), custo unitário e custo total. Índice é a incidência de cada insumo na execução de uma unidade do serviço. Então ele é sempre expresso como unidade de tempo por unidade de trabalho (h/kg, h/m², min/un, dia/m³, semana/t etc.). Inversamente, produtividade é definida como a taxa de produção de uma pessoa ou equipe ou equipamento, isto é, representa a quantidade de unidades de trabalho produzida em um intervalo de tempo especificado, normalmente hora. Quanto maior é a produtividade, mais unidades do produto são feitas em um determinado espaço de tempo. A produtividade é o inverso do índice. Se a atividade armação estrutural, por exemplo, tem um índice de armador de 0,10 h/kg, a produtividade é de 10,0 kg/h.

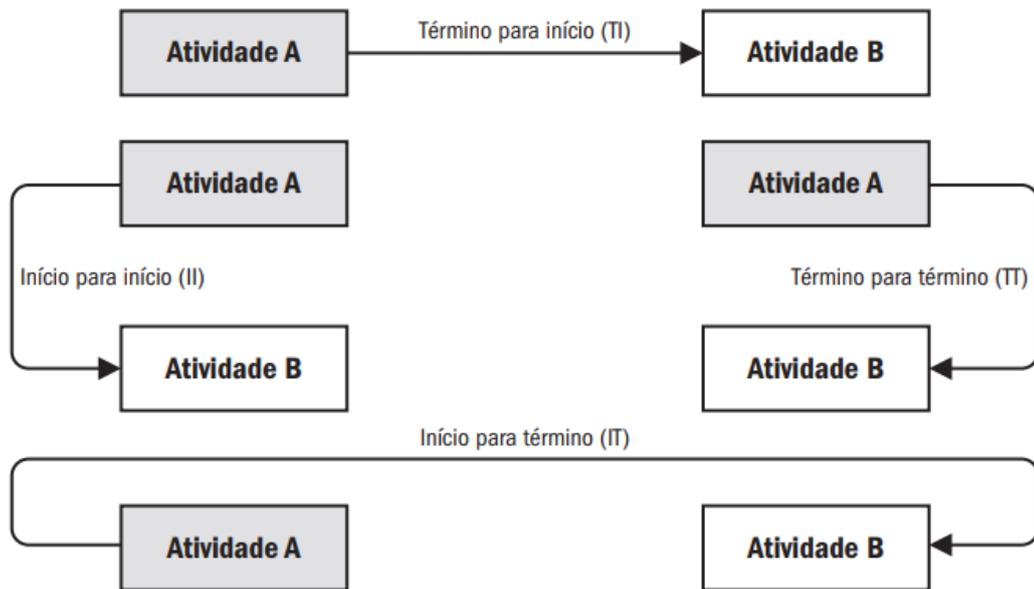
Para a definição de precedência, o PMI (2017) afirma que o Método do Diagrama de Precedência (MDP) é uma técnica usada para construir um modelo de cronograma em que as atividades são representadas por nós e ligadas graficamente por um ou mais relacionamentos lógicos para mostrar a sequência em que as

atividades devem ser executadas. Para o PMI (2017), o MDP inclui quatro tipos de dependências ou relacionamentos lógicos. Uma atividade predecessora é uma atividade que logicamente vem antes de uma atividade dependente em um cronograma. Uma atividade sucessora é uma atividade dependente que logicamente vem depois de outra atividade em um cronograma. Esses relacionamentos são definidos abaixo e ilustrados na Figura 20.

- **Término para início (TI):** Um relacionamento lógico em que uma atividade sucessora não pode começar até que uma atividade predecessora tenha terminado. Por exemplo, a instalação do sistema operacional em um PC (sucessora) não pode começar até que o hardware do PC seja montado (antecessora).
- **Término para término (TT):** Um relacionamento lógico em que uma atividade sucessora não pode terminar até que a atividade predecessora tenha terminado. Por exemplo, a redação de um documento (predecessora) deve ser terminada antes que o documento seja editado (sucessora).
- **Início para início (II):** Um relacionamento lógico em que uma atividade sucessora não pode ser iniciada até que uma atividade predecessora tenha sido iniciada. Por exemplo, o nivelamento do concreto (sucessora) não pode ser iniciado até que a colocação da fundação (predecessora) seja iniciada.
- **Início para término (IT):** Um relacionamento lógico em que uma atividade sucessora não pode ser terminada até que uma atividade predecessora tenha sido iniciada. Por exemplo, um novo sistema de contas a pagar (sucessor) tem que começar antes que o velho sistema de contas a pagar (predecessor) possa ser desativado.

No MDP, o TI é o tipo de relação de precedência mais comumente usada. O relacionamento IT raramente é usado, mas foi incluído aqui para apresentar uma lista completa dos tipos de relacionamento MDP.

Figura 20 – Relacionamentos lógicos possíveis entre as atividades.



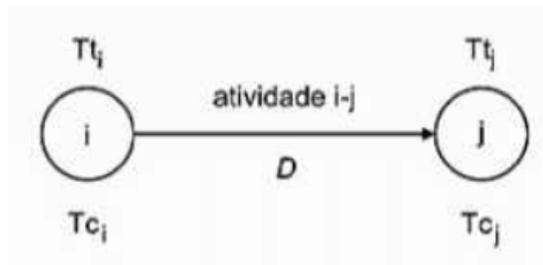
Fonte: PMI (2017).

Em 1957, a indústria química norte Americana E.I do Pont de Nemours and Co. (DuPont) Possuía o computador mais potente da época, o Univac I, produzido pela Remington Rand, porém o utilizava muito pouco. Buscando mais aplicações para o Univac I, os matemáticos Morgan Walker e James Kelley se puseram a investigar uma maneira de entender melhor a correlação tempo-custo para os projetos de engenharia das plantas da empresa. Eles sabiam que acelerar todas as atividades de um projeto não era a maneira mais eficiente de obter prazo reduzido, e desconfiavam de que o cerne do problema era achar as atividades “certas” para acelerar o projeto sem incorrer significativo aumento de custo. Walker e Kelley batizaram de “cadeia principal” o que pouco depois seria imortalizado como “caminho crítico” e que seria a base do método do caminho crítico (Critical Path Method), cuja sigla é CPM. A solução dos matemáticos foi estabelecer eventos (nós) interligados por atividades (flechas), as quais usavam a notação i-j. Nascia ali o método das flechas, ou activity-on-arrow ou Arrow Diagramming Method (ADM) (MATTOS, 2019).

De acordo com Calôba e Klaes (2018), a previsão da realização física (trabalho) e financeira (dinheiro) são os dois atributos mais importantes e que são usados para avaliar praticamente todos os projetos. Com relação à dimensão tempo, uma das mais conhecidas formas de se acompanhar projetos é por meio do caminho crítico (trabalho no tempo). O desenvolvimento de técnicas para acompanhar o caminho crítico vem da necessidade de melhorar o controle do avanço físico dos projetos. Para se calcular o caminho crítico, três elementos são necessários: Lista das atividades do cronograma, duração de cada atividade do cronograma e estrutura lógica de precedência do cronograma. O primeiro passo para calcular o caminho crítico é calcular o início e término mais cedo de cada atividade. Esse movimento, conhecido como passo à frente (forward pass) estima sempre o momento mais cedo em que as atividades podem ser realizadas. O segundo passo é conhecido como passo para trás (backward pass) e estima o momento mais tarde que as atividades podem ser realizadas.

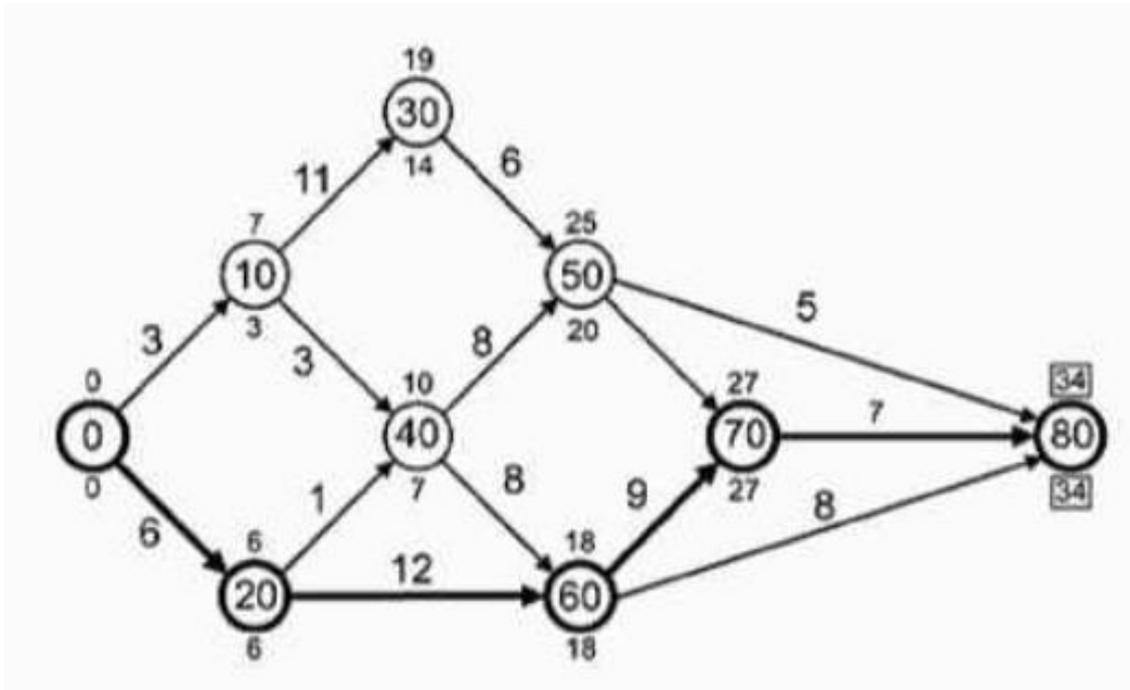
A notação ilustrada na Figura 21, em que de acordo com Mattos (2019), as atividades se encontram numeradas em círculos, com a seta apontando para a atividade sucessora com a duração D , geralmente em dias, e acima de cada círculo (atividade) contém a data mais tarde para realização da atividade (T_{ti} e T_{tj}) e abaixo contém a data mais cedo para a realização desta atividade (T_{ci} e T_{cj}). Ainda de acordo com Mattos (2019), a folga livre (FL) é a quantidade de dias que uma atividade pode atrasar sem afetar o início mais cedo de suas sucessoras. E que $FL = T_{cj} - (T_{ci} + D)$. No caminho crítico a folga livre é igual a zero, logo a data mais cedo para realização da atividade, que é definida como atividade crítica, é igual a data mais tarde para a realização da mesma. Se houver algum atraso numa das atividades críticas do projeto, será propagado pelas atividades sucessoras. A Figura 22 ilustra o caminho crítico, de uma rede PERT/CPM, em linhas mais grossas e que o diagrama segue a notação contida na Figura 21.

Figura 21 – Elementos característicos de uma atividade genérica.



Fonte: Mattos (2019).

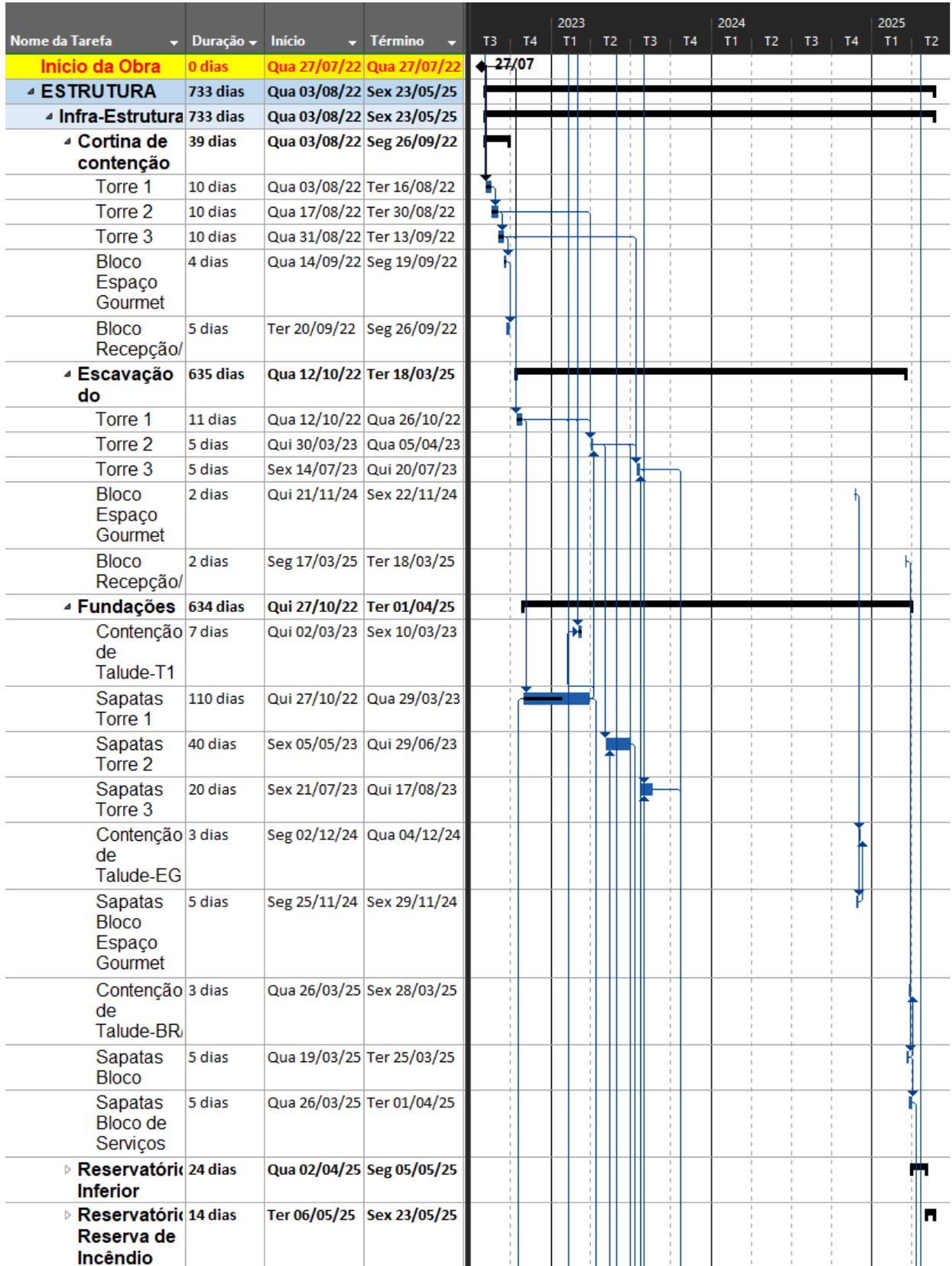
Figura 22 – Caminho crítico de uma rede PERT/CPM identificado.



Fonte: Mattos (2019).

O cronograma pode ser montado com o Diagrama de Gantt, que segundo Bernardes (2021) essa técnica é considerada uma das mais antigas para a preparação de uma programação. Criada por Henry Gantt em 1917, a técnica consiste em um gráfico em que em um de seus eixos é representada a unidade de tempo para o controle e, no outro, as atividades que serão realizadas. Pela facilidade de construção e interpretação, essa é uma das técnicas mais utilizadas na construção civil. Entretanto uma de suas desvantagens é que não apresenta como as atividades estão vinculadas umas às outras, dificultando, assim, estudos da repercussão de possíveis atrasos no prazo de entrega da obra, caso o diagrama seja elaborado em planilhas eletrônicas. Essa dificuldade pode ser superada com a utilização de programas computacionais específicos existentes no mercado. Um exemplo do gráfico de Gantt realizado no Microsoft Project pode ser visto na Figura 23.

Figura 23 – Cronograma representado pelo gráfico de Gantt no Microsoft Project.



Fonte: O autor (2023).

Com a abordagem BIM, a dimensão tempo é agregada ao modelo 3D e ele se torna popularmente conhecido como modelo 4D. De acordo com Sacks et al. (2021), quando ferramentas CPM são utilizadas de forma independente do modelo de projeto, os planos resultantes tendem a capturar inadequadamente os componentes espaciais relacionados com as atividades. Fazer a programação é, portanto, uma tarefa intensiva e manual, e, muitas vezes, permanece fora de sincronia com o projeto. As partes interessadas do empreendimento lutam para entender o cronograma e seu impacto na logística do local.

Ainda segundo Sacks et al. (2021), as ferramentas 4D foram implementadas nos modelos BIM e, em função da simplicidade da ideia e da facilidade de sua implementação, hoje há muitas ferramentas de software disponíveis. Em um modelo 4D, o cronograma de construção é vinculado aos objetos BIM, representados em 3D, permitindo a visualização da construção sequencial do edifício. As ferramentas incorporam informações espaciais, de utilização de recursos e produtividade. Elas também dão suporte à detecção de conflitos 4D ou dinâmicos. Enquanto a detecção de conflitos convencional identifica conflitos entre objetos estáticos como vigas, pilares, tubulações e dutos, a identificação 4D pode detectar conflitos entre objetos permanentes e temporários, sejam eles estáticos ou móveis. As ferramentas avançadas de identificação de conflitos 4D podem ajudar os usuários a verificar o acesso de veículos, determinando, por exemplo, se uma rampa de edifício-garagem é larga o suficiente para que um ônibus grande consiga manobrar, ou se uma grua pode se mover em torno de uma estrutura estreita em um terreno urbano apertado.

Uma das suas tecnologias e usos nos trouxe a possibilidade de unir modelos tridimensionais a cronogramas em modelos denominados “4D” que permitem visualizar o sequenciamento definido pelas ferramentas PERT-CPM anteriormente citadas proporcionando a imediata interpretação do planejamento proposto e em alguns casos permitindo a comparação entre o cronograma proposto (linha de base) e o avanço real (executado) (SANTOS e SUZUKI, 2011). A Figura 24 ilustra um exemplo de comparação entre a linha de base e o avanço real.

Figura 24 – Comparação em modelo 3D da linha de base à esquerda e avanço real à direita.



Fonte: Santos e Suzuki (2011).

Santos e Suzuki (2011) afirmam que, apoio a decisões sobre o arranjo físico e logística do canteiro, sobre a sequência das atividades ou ainda para a definição da estratégia de ataque das obras estão entre as facilidades que os gestores de um empreendimento dispõem ao fazer uso de tecnologias 4D, agregando valor e mitigando riscos ao compartilhar a visão da equipe de planejamento com as equipes de execução e diretores.

Como benefícios dos modelos 4D, de acordo com Sacks et al. (2021), as ferramentas de CAD 4D permitem que um construtor simule e avalie sequências planejadas para a construção e compartilhe com outros membros da equipe. Os objetos existentes no modelo devem ser agrupados de acordo com as fases da construção e conectados às atividades apropriadas no cronograma do empreendimento. Por exemplo, se uma laje será concretada em três lançamentos, ela deve ser detalhada como três seções, de forma que essa sequência de execução possa ser planejada e ilustrada. Isso se aplica a todos os objetos necessários para esses três lançamentos: concreto, aço, acessórios etc.

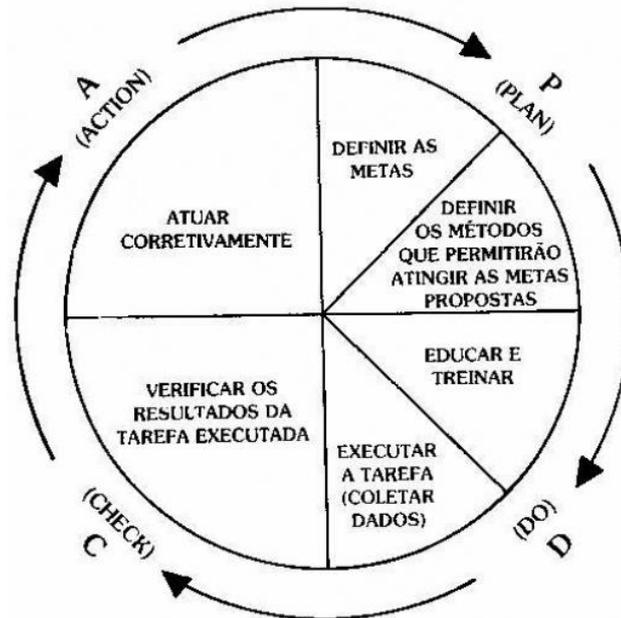
2.6 CONTROLE E MONITORAMENTO

O controle convencional da produção focalizado em etapas ou partes do processo contribui para o surgimento de perdas, já que cada nível gerencial tende a melhorar sua parcela de trabalho, não levando em consideração o processo com um todo. Como as melhorias no processo devem ser introduzidas primeiramente, de forma a melhorar o desempenho global da produção, o controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir sobremaneira no prazo de entrega da obra. Os esforços em prol da redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa. O princípio da melhoria contínua pode ser alcançado à medida que os demais vão sendo cumpridos (BERNARDES, 2021).

Segundo Mattos (2019), o princípio da melhoria contínua é bem ilustrado pelo ciclo PDCA. Essa representação gráfica mostra que o trabalho de planejar e controlar é uma constante ao longo do empreendimento. Não se pode pensar em planejamento inicial que não seja atualizado com o passar das semanas. Por ciclo PDCA entende-se o conjunto de ações ordenadas e interligadas entre si, dispostas graficamente em um círculo em que cada quadrante corresponde a uma fase do processo: P (plan = planejar), D (do = fazer, desempenhar), C (check = checar) e A (act = agir, atuar).

Em relação ao ciclo PDCA, de acordo com Xavier (2014), a forma de utilizá-lo é bastante simples: O P representa o Planejamento, fase onde se definem as metas e os métodos que permitirão atingi-las. A fase de Desenvolvimento (D) trata, inicialmente, de educar e treinar os profissionais e também de executar as tarefas planejadas. Durante essa execução faz-se uma coleta de dados que é a fase de Checar (C), que visa à verificação de resultados da tarefa executada (no caso de gerenciamento de projetos chamamos de Monitoramento). Os desvios entre o previsto e o realizado, detectados na checagem, subsidiam a Ação corretiva (A) na fase seguinte (que denominamos como Controle no gerenciamento de projetos). Nesse momento, devemos analisar os erros cometidos e recomeçar o ciclo PDCA, planejando outra vez a atividade. A cada ciclo, temos mais informações sobre as características do processo e, conseqüentemente, teremos melhorias contínuas como resultado. A Figura 25 ilustra o ciclo PDCA.

Figura 25 - Representação do ciclo PDCA.

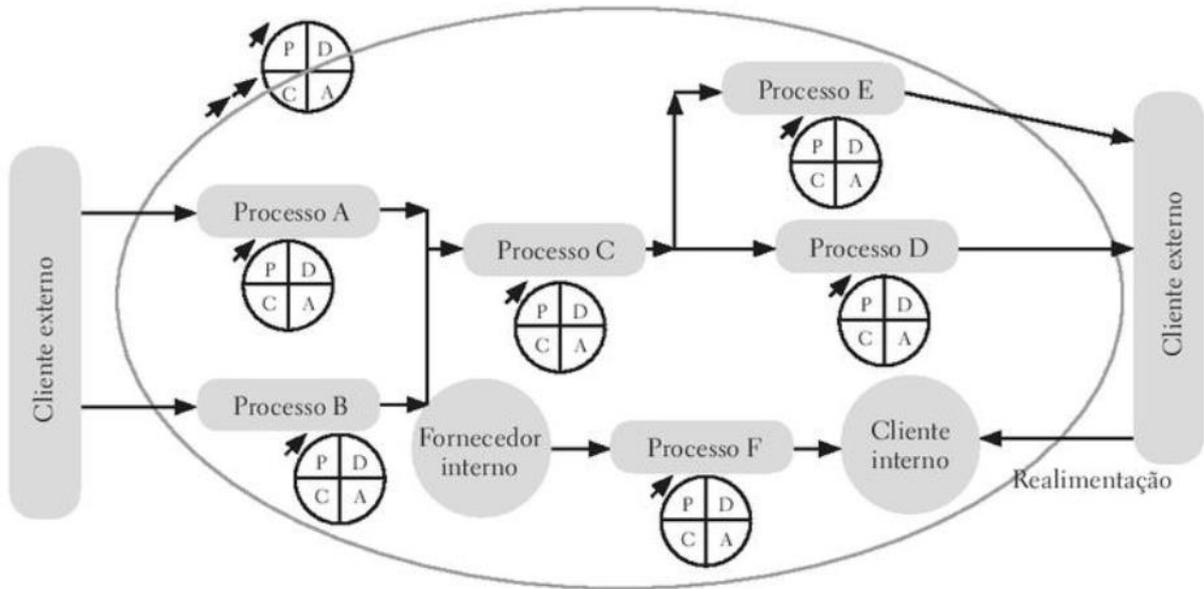


Fonte: Xavier (2014).

A abordagem ou gestão de processos objetiva realizar um ciclo dinâmico para a melhoria contínua, permitindo ganhos significativos para a organização em termos de desempenho de produto e negócio, o que o torna mais eficiente e eficaz. Essa abordagem é caracterizada pela identificação das necessidades dos clientes externos, que são as “entradas” ou “requisitos” dos processos organizacionais, os quais têm o objetivo de satisfazer o cliente externo. Cada processo tem saídas que são entradas dos processos subsequentes, formando uma rede de processos. Os processos são focados nas necessidades dos clientes e devem ser melhorados continuamente pelo método ou ciclo PDCA. (ALBERTIN E PONTES, 2016)

Na Figura 26 é possível ver o ciclo PDCA aplicado aos diversos processos realizados por uma empresa com o intuito de obter o aperfeiçoamento dos mesmos e consequente melhora na qualidade final do produto entregue aos clientes.

Figura 26 – Abordagem de processos com uso do ciclo PDCA.



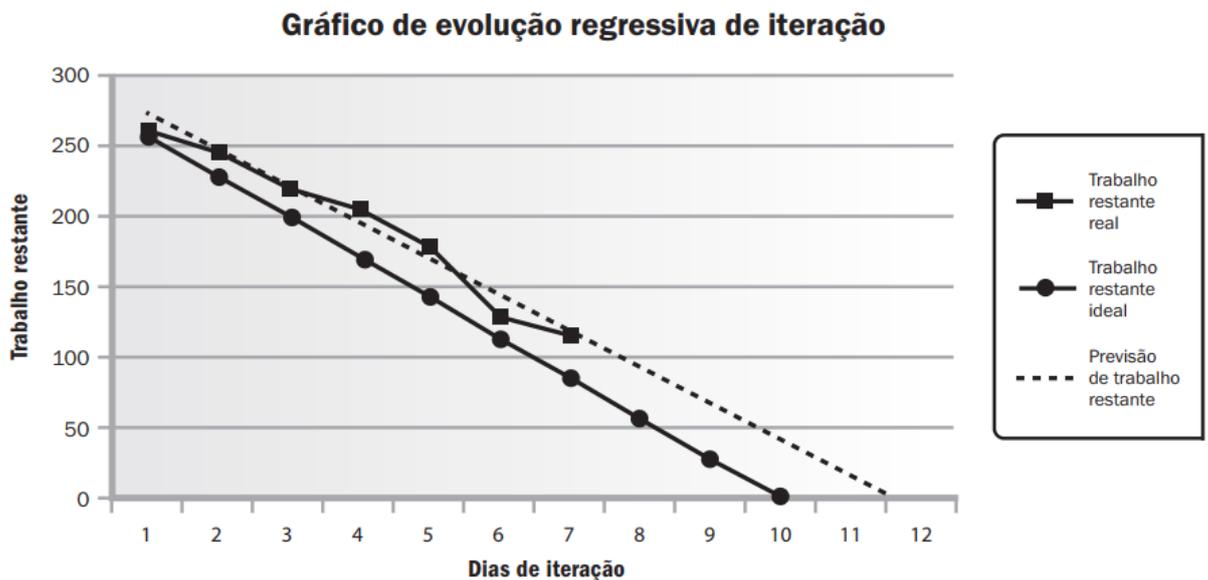
Fonte: Silva (2020).

Mattos (2019) afirma que se o planejamento fosse uma ciência exata, o cronograma inicial seria preciso o bastante para gerenciar a obra, dispensando a tarefa de monitoramento e controle. No entanto, sendo dinâmico por natureza e possuindo uma dose de imprevisibilidade, o planejamento impõe ao planejador o acompanhamento da obra. Ainda segundo o autor, o acompanhamento físico de uma obra é a identificação do andamento das atividades e posterior atualização do cronograma. Ao requerer informações de campo para sua atualização, o planejamento contínuo e criterioso torna-se dependente do acompanhamento da situação real das atividades por várias razões:

- As atividades nem sempre são iniciadas na data prevista;
- As atividades nem sempre são concluídas na data prevista;
- Ocorrem alterações de projeto que impactam na execução das tarefas;
- Ocorrem flutuações de produtividade que alteram a duração das atividades;
- A equipe decide mudar o plano de ataque da obra;
- A equipe decide mudar a sequência executiva de alguns serviços;
- A equipe decide mudar o método construtivo de alguma parte da obra;
- Ocorrem fatores que, embora previsíveis, não são mostrados de maneira precisa no cronograma, como chuvas, cheias etc.

Segundo Mattos (2019), ao planejamento inicial concluído e aprovado pela equipe executora da obra dá-se o nome de planejamento referencial ou linha de base (baseline). De acordo com PMI (2017), a linha de base do cronograma é comparada aos resultados reais para determinar se uma mudança, ação corretiva ou preventiva é necessária. É possível gerar um gráfico de evolução regressiva (burndown) de iteração, que rastreia o trabalho que ainda precisa ser concluído na lista de pendências de iteração. É usado para analisar a variação em relação a uma evolução regressiva ideal com base no trabalho comprometido desde o planejamento da iteração. Uma linha de tendência de previsão pode ser usada para prever a provável variação na conclusão da iteração e adotar medidas apropriadas durante o curso da iteração. Uma linha diagonal que representa a evolução regressiva ideal e o trabalho restante real diário é então desenhada. Uma linha de tendência é então calculada para prever a conclusão com base no trabalho restante. A Figura 27 ilustra um exemplo deste gráfico.

Figura 27 – Gráfico de evolução regressiva de iteração.



Fonte: PMI (2017).

De acordo com Mattos (2019), o acompanhamento obedece a três etapas sucessivas:

- **Aferição do progresso das atividades:** Nessa etapa, o progresso das atividades é aferido no campo para posterior comparação com o que havia sido

planejado para aquele período. Nessa fase, a equipe registra o avanço de cada tarefa em quantidade (m³, t, kg) ou percentual.

- **Atualização do planejamento:** Nessa etapa, os dados de campo são cotejados com o planejamento referencial – comparação previsto x realizado. O cronograma é então recalculado de acordo com o que falta ser feito. Em função do progresso real das atividades, o caminho crítico pode ter se alterado, tendo migrado para outro ramo.
- **Interpretação do desempenho:** A atualização do planejamento deve ser acompanhada de uma avaliação crítica da tendência de atraso ou adiantamento da obra. Nessa etapa, o planejador e a equipe da obra analisam as causas de desvios do cronograma e inferem se as discrepâncias ocorreram por um motivo pontual ou se representam uma tendência.

Para a utilização do BIM no controle da obra, segundo ABDI (2017), uma funcionalidade interessante do sistema é permitir a visualização do modelo em “datas distintas” ao mesmo tempo, por exemplo, sendo possível visualizar simultaneamente o modelo para realizar comparações entre o “planejado” com o “executado” e identificar os desvios, mitigar riscos e antecipar problemas. A Figura 28 ilustra num determinado período da obra a modelagem planejada e o que foi executada.

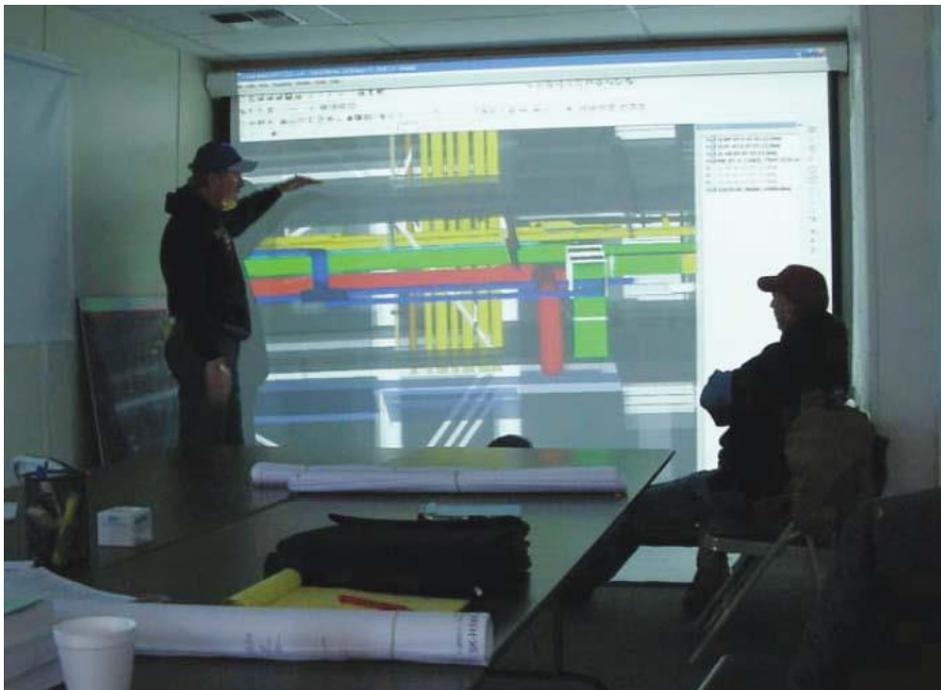
Figura 28 – Comparativo entre modelos 3D pelo cronograma planejado e real.



Fonte: ABDI (2017).

Para Sacks et al. (2021), uma vez que o BIM é cada vez mais adotado pelos construtores, as pessoas vêm se dando conta de que a coordenação espacial anterior ao lançamento do leiaute dos sistemas prediais pode evitar maior parte dos retrabalhos de projeto decorrentes da detecção de conflitos. Utilizando um modelo BIM compartilhado nas reuniões de projeto multidisciplinares, os projetistas e construtores inserem objetos volumétricos virtuais de “reserva de espaço” para cada sistema predial. Ainda segundo o autor, de forma ideal, a coordenação do projeto e a subsequente resolução de conflitos deveria acontecer em um escritório comum, implantado no canteiro, onde cada problema pode ser mostrado em um grande monitor e cada disciplina pode contribuir com seu conhecimento especializado para a solução. De acordo com AECWEB (2021), o BIM 4D traz para a obra a possibilidade do controle e monitoramento praticamente em tempo real do canteiro, o que permite decisões mais eficazes com as frentes de trabalho. A Figura 29 ilustra uma reunião num canteiro de obras para dar suporte à coordenação de instalações prediais, aumentando o grau de conhecimento e visualização do projeto para minimizar os riscos de execução errada do serviço.

Figura 29 – Reunião em escritório de obra com exibição do modelo 3D.



Fonte: Sacks et al. (2021).

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (1992), pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se ao longo de um processo que envolve inúmeras fases, desde a adequada formulação do problema até a satisfatória apresentação dos resultados.

Ainda de acordo com Gil (1992) as abordagens de pesquisa são divididas em quantitativas e qualitativas. Para Miguel et al. (2012), vários autores afirmam, que o ato de mensurar variáveis de pesquisa é a característica mais marcante da abordagem quantitativa. Logo, o pesquisador deve capturar as evidências da pesquisa por meio da mensuração das variáveis. Assim, nenhum subjetivismo estará influenciando a apreensão dos fatos no uso da indução para a geração de conhecimento. Já em relação à abordagem qualitativa afirma que a característica distintiva, em contraste com a pesquisa quantitativa, é a ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado. A preocupação é obter informações sobre a perspectiva dos indivíduos, bem como interpretar o ambiente em que a problemática acontece. Isso implica que o ambiente natural dos indivíduos é o ambiente da pesquisa.

Em relação à classificação com base em seus objetivos gerais, Gil (1992) diz que é possível classificar as pesquisas em três grandes grupos:

- Pesquisas exploratórias: têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições.
- Pesquisas descritivas: têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática.

- Pesquisas explicativas: Essas pesquisas têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Esse é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. Por isso mesmo, é o tipo mais complexo e delicado, já que o risco de cometer erros aumenta consideravelmente.

Para Vergara (1998), as pesquisas podem ser divididas em dois critérios básicos:

- I. Quanto aos fins:
 - a. Exploratória;
 - b. Descritiva;
 - c. Explicativa;
 - d. Metodológica;
 - e. Aplicada;
 - f. Intervencionista.

- II. Quanto aos meios:
 - a. Pesquisa de campo;
 - b. Pesquisa de laboratório;
 - c. Telematizada;
 - d. Documental;
 - e. Bibliográfica;
 - f. Experimental;
 - g. Ex post facto;
 - h. Participante;
 - i. Pesquisa-ação;
 - j. Estudo de caso.

Vergara (1998) ainda afirma que os tipos de pesquisa não são mutuamente excludentes, onde uma pesquisa pode ser ao mesmo tempo bibliográfica, documental, de campo e estudo de caso.

Para este trabalho optou-se pela abordagem qualitativa, tratando-se de pesquisa documental e bibliográfica, com o objetivo de melhorias no fluxo de trabalho da empresa analisada em que foram realizadas a pesquisa bibliográfica, além do estudo de campo e estudo de caso.

Segundo Vergara (1998), a pesquisa bibliográfica é o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral. Fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma.

Gil (2002) afirma que a pesquisa documental assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica. A diferença essencial entre ambas está na natureza das fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica se utiliza fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, a pesquisa documental vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa.

De acordo com Gil (2002), o estudo de campo é basicamente a pesquisa desenvolvida por meio da observação direta das atividades do grupo estudado. Afirma ainda que o pesquisador realiza a maior parte do trabalho pessoalmente, pois é enfatizada importância de o pesquisador ter tido ele mesmo uma experiência direta com a situação de estudo. Também se exige do pesquisador que permaneça o maior tempo possível na comunidade, pois somente com essa imersão na realidade é que se podem entender as regras, os costumes e as convenções que regem o grupo estudado.

Neste trabalho foi realizado a técnica da observação que de acordo com Cruz e Ribeiro (2004), suas tipologias são:

- observação simples, a qual o pesquisador observa de maneira espontânea os fatos que ocorrem no local pesquisado, sendo mais um espectador que um autor, não necessitando de planejamento demasiado, mas conhecimento da realidade desejada;

- observação participante, onde há a participação real do observador na vida da comunidade, grupo ou situação determinada, onde o observador se torna um membro ativo do grupo, envolvido em suas práticas diárias;
- observação sistemática, a qual o observador possui conhecimento prévio a respeito dos fatos ou fenômenos, que dentro da realidade analisada são relevantes para seus objetivos definidos, consistindo basicamente em ver e testar hipóteses, o planejamento entre o observador e os membros da comunidade deve ser cuidadosamente planejado, pois o pesquisador não pode esconder-se no meio dos pesquisados.

Tanto quanto a entrevista, a observação ocupa um lugar privilegiado nas novas abordagens de pesquisa educacional. Usada como principal método de investigação ou associada a outras técnicas de coleta, a observação possibilita um contato pessoal e estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado, o que apresenta uma série de vantagens. A experiência direta é sem dúvida o melhor teste de verificação da ocorrência de um fenômeno (LUDKE e ANDRÉ, 1986).

O estudo de caso, segundo Miguel et al. (2012) é a análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), com o uso de múltiplos instrumentos de coleta de dados e presença da interação entre pesquisador e objeto de pesquisa.

O autor acompanhou de perto a empresa em análise durante seu período de estágio e observou de forma sistemática a maneira em que os processos eram conduzidos, onde constatou-se que não são seguidas as boas práticas, podendo acarretar prejuízos e perdas significativas à medida em que a complexidade dos projetos aumentem. De acordo com Ludke e André (1986), a observação direta permite também que o observador chegue mais perto da "perspectiva dos sujeitos", um importante alvo nas abordagens qualitativas. Na medida em que um observador acompanha in loco as experiências diárias dos sujeitos, pode tentar apreender a sua visão de mundo, isto é, o significado que eles atribuem à realidade que os cerca e suas próprias ações.

O estudo de caso deste trabalho foca na padronização dos processos para que possam ser colocados em prática por qualquer um que tenha acesso ao seu passo a passo e que sejam continuamente aperfeiçoados, através dos ciclos de otimização, a fim de minimizar as perdas e atrasos, e com o objetivo de aumento da qualidade final do produto. Os resultados serão colocados em prática na próxima obra da incorporadora que servirá como projeto piloto para a implementação do BIM em conjunto com processos de gestão de obras baseados nas práticas recomendadas, para em seguida se confirmando os seus benefícios, estender para todo o fluxo de trabalho da empresa.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa a qual este trabalho propõe as práticas recomendadas nos processos de gestão de obras com utilização do BIM, está sediada em Recife e foi fundada em 1995. É incorporadora e construtora de pequeno porte, que constrói edifícios residenciais multifamiliares. Sempre possuiu um quadro mínimo administrativo, com um único sócio administrador que foi responsável por todos os processos envolvidos para a construção dos edifícios residenciais, sem a existência de outros setores, tendo apenas uma secretária como funcionária fixa e sendo os demais profissionais contratados temporariamente, em período de obras.

Sem formação nas áreas de engenharias ou arquitetura, a experiência aprendida empreendendo em outros negócios de áreas diversas que levaram o sócio a investir no ramo da construção, a partir do conhecimento de obras obtido enquanto atuou como corretor de imóveis frequentando as construções de edifícios no final dos anos 70 e durante a década de 80. Para a fiscalização e responsabilidade técnica das obras foram contratados engenheiros responsáveis que tinham como principal função o acompanhamento da execução de estruturas, mas todo o restante da gestão das obras, desde o planejamento de compras a distribuição dos trabalhos entre os funcionários eram realizados pelo administrador da incorporadora, que frequentou diariamente as obras, acompanhando juntamente com o engenheiro responsável, estagiário e mestre de obras a execução dos serviços.

No final de 2021 foi entregue pela incorporadora seu quinto edifício residencial e possui atualmente uma obra em construção, tendo uma crescente evolução em área construída a cada edificação. A empresa iniciou com um edifício de 3 pavimentos tipo e 12 unidades no total, e recentemente teve o seu último edifício entregue com 19 pavimentos tipo e 57 unidades. Sobre a obra que se encontra em execução atualmente, trata-se de um condomínio de flats localizados no litoral pernambucano com 3 blocos, divididos em 4 pavimentos tipo cada, e 10 apartamentos por pavimento, resultando num total de 120 unidades, com o conseqüente aumento da complexidade de seu gerenciamento, incluindo os processos de orçamentação, planejamento, que não eram realizados nas obras anteriores na fase de pré-obra, partindo somente de

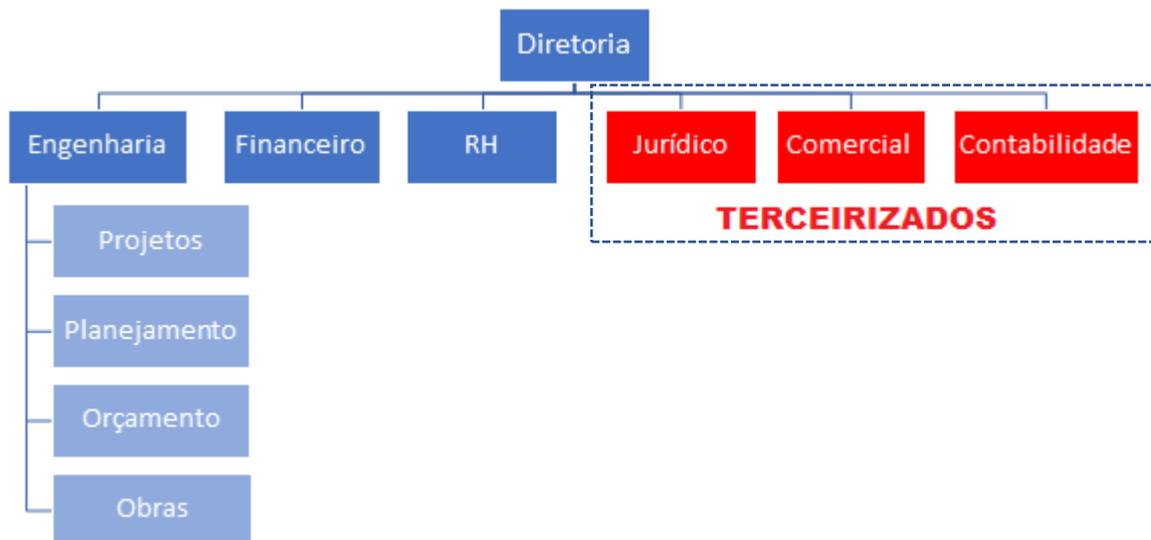
estimativas através da experiência adquirida. O controle da obra era realizado de forma pouco documentada, sem o auxílio de ferramentas computacionais, sem uma referência, portanto, para que orientasse o andamento como o planejado da obra. A obra atual possui um engenheiro com experiência em gestão de obras, portanto estão sendo seguidas as boas práticas, porém sem o auxílio do BIM.

4.2 NÍVEL ORGANIZACIONAL DA EMPRESA

Atualmente a incorporadora em estudo possui uma organização básica, formada somente pela diretoria, responsável pelo financeiro e recursos humanos e contrata os demais serviços de outros setores quando necessário. O gerenciamento da incorporadora até o momento não foi de grande complexidade, tendo em vista que só foi executada uma obra por vez, porém vem ganhando um crescimento em que essa condição está próxima de mudar, com a execução simultânea de diferentes projetos, necessitando de maior organização para o seu gerenciamento.

Um setor de engenharia será criado e através dele que os processos de gestão de obras serão implementados, tendo sua estrutura como mostrado na Figura 30.

Figura 30 – Organização da empresa com criação do setor de engenharia e suas atribuições.



Fonte: O autor (2023).

4.3 DIAGNÓSTICO DA EMPRESA NO ESTADO ATUAL

Partindo da observação do período que estagiou e acompanhou de perto as obras, o autor propõe, a partir da análise organizacional, onde foram verificadas as práticas atuais e identificação de suas vulnerabilidades, para em seguida elaborar uma sequência de atividades em que os processos devem ser realizados, de forma que as práticas da empresa se tornem padronizadas e que fiquem documentadas para que todos seus colaboradores possam ter acesso, aperfeiçoando a comunicação e finalmente se atualizando no gerenciamento de suas obras. Além do planejamento, deve-se acompanhar de perto os resultados e checar se o que foi planejado foi corretamente executado, tornando este processo num ciclo contínuo em busca de seu aprimoramento.

Percebe-se a importância de antes de se iniciar qualquer trabalho, estudar previamente todas as atividades da obra em relação à custos e recursos (humanos e materiais), e que através do BIM este processo é facilitado pelas vantagens advindas da construção virtual em 3D do empreendimento, de forma que através da simulação da construção, todas as incompatibilidades dos projetos possam ser previamente corrigidas, com o objetivo reduzir os erros durante a execução. Este trabalho envolve o uso do BIM em algumas etapas de pré-obra e obra como indicadas na Figura 31, que se inicia ao término da análise de viabilidade, dando início ao projeto legal de arquitetura para aprovação na prefeitura e em seguida dar continuidade às outras disciplinas de estruturas e instalações para a posterior compatibilização deles. Após a compatibilização, obtêm-se os projetos executivos e o passo seguinte é realizar o planejamento e orçamento que servirão de referência durante a execução das obras com o seu monitoramento e controle, onde estas atividades também serão realizadas com o suporte do BIM.

Figura 31 – Fases de pré-obra e obra destacadas que fazem parte do escopo do trabalho.



Fonte: Adaptado pelo autor de CBIC (2016).

No fluxo atual de trabalho, para a realização dos projetos a empresa contrata projetistas colaboradores, iniciando pelo projeto de arquitetura, tendo a incorporadora informando somente preferências em relação ao layout do apartamento, como por exemplo, a inclusão ou não de varanda, sugestões de espaços a serem criados nas áreas comuns, além do tipo de acabamento que compõe a edificação. A partir da aprovação do projeto básico de arquitetura, dava-se início ao projeto de estruturas e em seguida o de instalações. Previstos nesta ordem de modo a tentar minimizar incompatibilidades, levando em conta a maior importância da estrutura na hierarquia dos projetos.

Após o término dos projetos básicos a compatibilização em CAD dos mesmos era realizada entre os projetistas, sem participação do administrador ou engenheiro responsável pela obra, que a esta altura ainda não estava contratado. Então os projetos eram finalizados em sua versão executiva e só após o início das obras que eram vistas pelo engenheiro, perto da execução dos serviços, o que acarretava incompatibilidades ao longo da construção e necessidade de retrabalho.

O planejamento não era realizado de forma prévia, nem documentado. Na medida em que os serviços fossem executados, no curto prazo, previa-se a mão de obra necessária e então eram delegados os responsáveis para execução. Por muitas vezes o planejado também não pôde ser executado pelo fluxo de caixa, que limitava os recursos a serem investidos mensalmente. Mas a falta de um planejamento adequado também proporcionou um aumento de perdas e atrasos.

Para o orçamento, apenas o paramétrico era considerado. Obtendo-se uma estimativa sem muita precisão, na base da experiência pelo histórico de obras semelhantes ou com utilização de indicadores como o CUB. As cotações para compras eram feitas somente quando os materiais estavam próximos de serem utilizados. E para alguns materiais e serviços que não tinham fornecedores concorrentes, por não se ter um registro prévio dos preços através das bases, eram comprados sem uma referência, e por muitas vezes foram comprados com preços acima do que poderia se encontrar no mercado, o que ocasionou em mais prejuízos que poderiam ter sido evitados.

O monitoramento e controle do que era executado foi realizado sem documentação ou referência para se basear, tinha o objetivo somente de avaliar a

qualidade do serviço executado, pelo alto nível de acabamento final exigido e que devido à boa qualificação das equipes, pouco precisou ser feito pelo aprimoramento dos serviços. O acompanhamento diário do dono também foi um fator que contribuiu para o sucesso dos negócios, mas que com as boas práticas para gestão, poderiam ter sido obtidos maiores ganhos para a empresa.

4.4 PROPOSIÇÃO DOS NOVOS FLUXOS DE TRABALHO

Como afirmado anteriormente, o uso do BIM pode ser feito em todas as fases do ciclo de vida de uma edificação. Neste estudo foram mapeados com o uso do BIM na fase de pré-obra o processo de compatibilização de projetos, planejamento e orçamento, sendo que estes dois últimos se estendem também à fase de obras, pois nela serão realizados o monitoramento e controle que podem ser utilizados para realimentá-los. Esses novos processos serão apresentados através da descrição das etapas de cada atividade, e tem como objetivo de mostrar as vantagens de sua adoção com utilização do BIM.

4.4.1 Compatibilização de projetos

A compatibilização de projetos é uma etapa importante para eliminar a ocorrência de interferências que poderiam ter sido identificados previamente, evitando o retrabalho. De acordo com Asbea (2015), no processo baseado em CAD, cada projetista trabalha individualmente e, por isso, recebe diferentes modelos a serem interpretados e ajustados isoladamente ao longo do desenvolvimento do projeto. Já no processo BIM é possível centralizar toda a comunicação em um único modelo compartilhado entre as diferentes disciplinas. Isso facilita a integração interdisciplinar e simplifica a comunicação entre os diferentes participantes do projeto. As trocas de informação serão muito mais frequentes e a relação entre projetistas fica mais próxima, mais intensa. O que é muito positivo para o projeto, porém exigindo muito mais transparência e comprometimento de todos os profissionais envolvidos. Um fluxo de compatibilização de projetos é exibido na Figura 32.

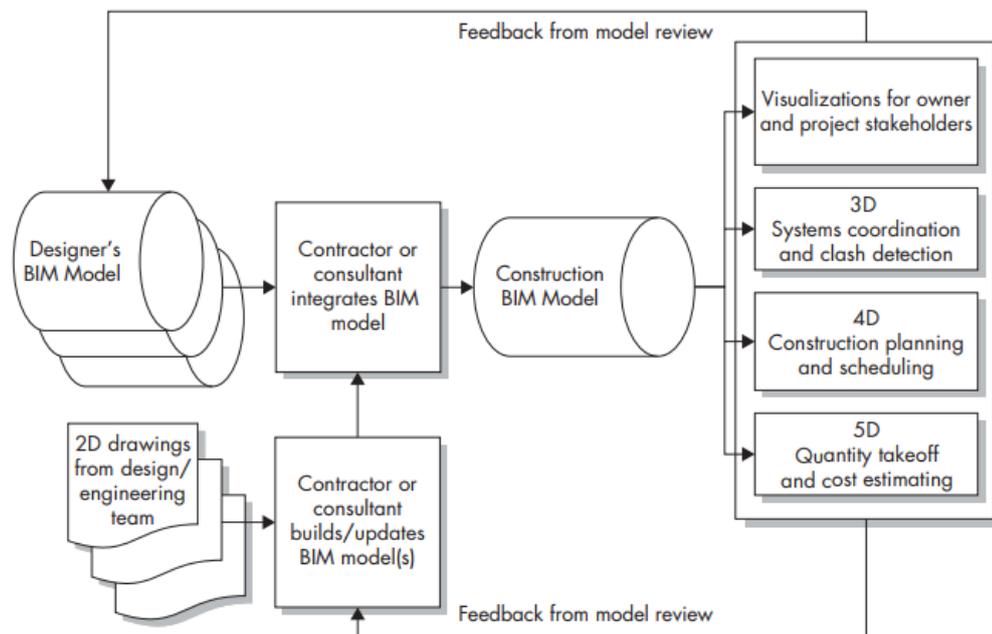
Figura 32 – Fluxo do processo de compatibilização de projetos.



Fonte: Asbea (2015).

Para a compatibilização do projeto realizado pela empresa, todas as disciplinas devem ser desenvolvidas com o uso do BIM, mesmo que tenham sido desenvolvidas em diferentes softwares, a exportação do arquivo em IFC garante a interoperabilidade dentre as várias ferramentas para a coordenação do projeto. Por ainda não ser totalmente difundido entre todos os projetistas, muitos escritórios ainda projetam em CAD, que ainda tem seu uso predominante no Brasil. Portanto, nos casos em que um dos projetos não seja entregue em BIM, a incorporadora ficará a cargo de atualizar este modelo para que se torne, como mostra a Figura 33, para em seguida poder gerar o seu modelo federado e prosseguir para obter as documentações necessárias.

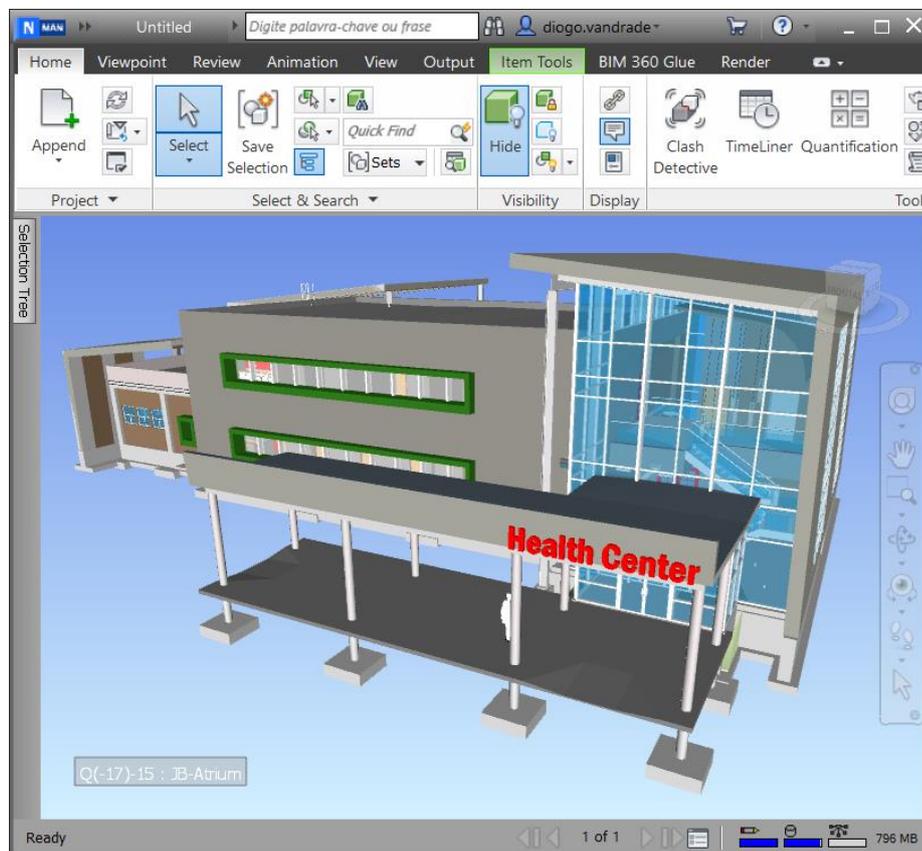
Figura 33 – Fluxo de projeto em BIM com disciplinas modeladas em BIM e CAD.



Fonte: Sacks et al. (2021).

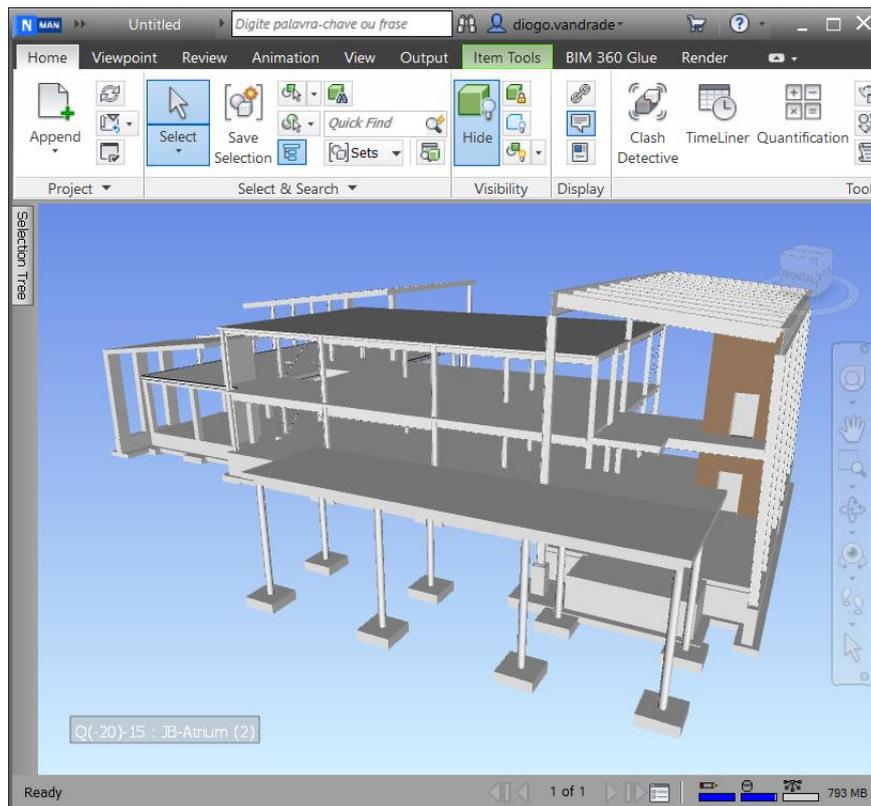
Para o fluxo de trabalho da incorporadora, a ferramenta Navisworks da Autodesk, que atualmente possui os softwares mais populares em BIM no Brasil, como o Revit, será a escolhida. Existem inúmeras outras ferramentas que fazem o mesmo trabalho, porém o importante é seguir o fluxo do processo, podendo assim ser aplicado em qualquer outra ferramenta. Na Figura 34, é possível ver um modelo federado no Navisworks, que servirá de exemplo para mostrar o passo a passo para a execução da função clash detective para encontrar possíveis interferências. Há a predominância da vista da arquitetura do projeto, porém nas Figuras 35 e 36 é possível ver respectivamente o projeto de estruturas e instalações isoladamente.

Figura 34 – Exemplo de modelo federado no software Navisworks.



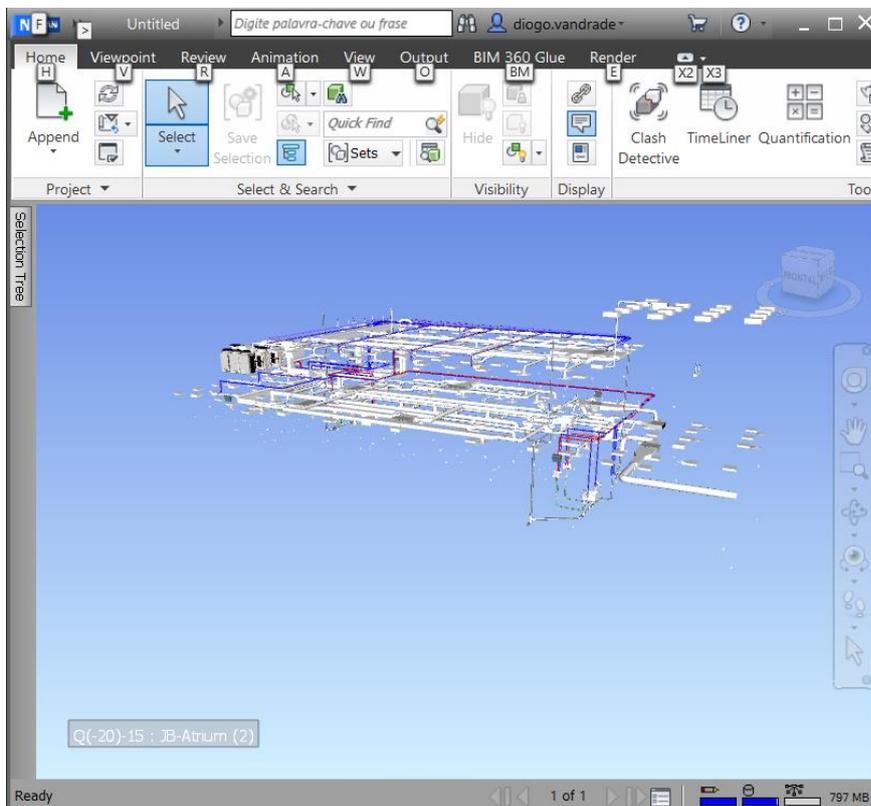
Fonte: O autor (2023).

Figura 35 – Modelo de estruturas no software Navisworks.



Fonte: O autor (2023).

Figura 36 – Modelo de instalações no software Navisworks.

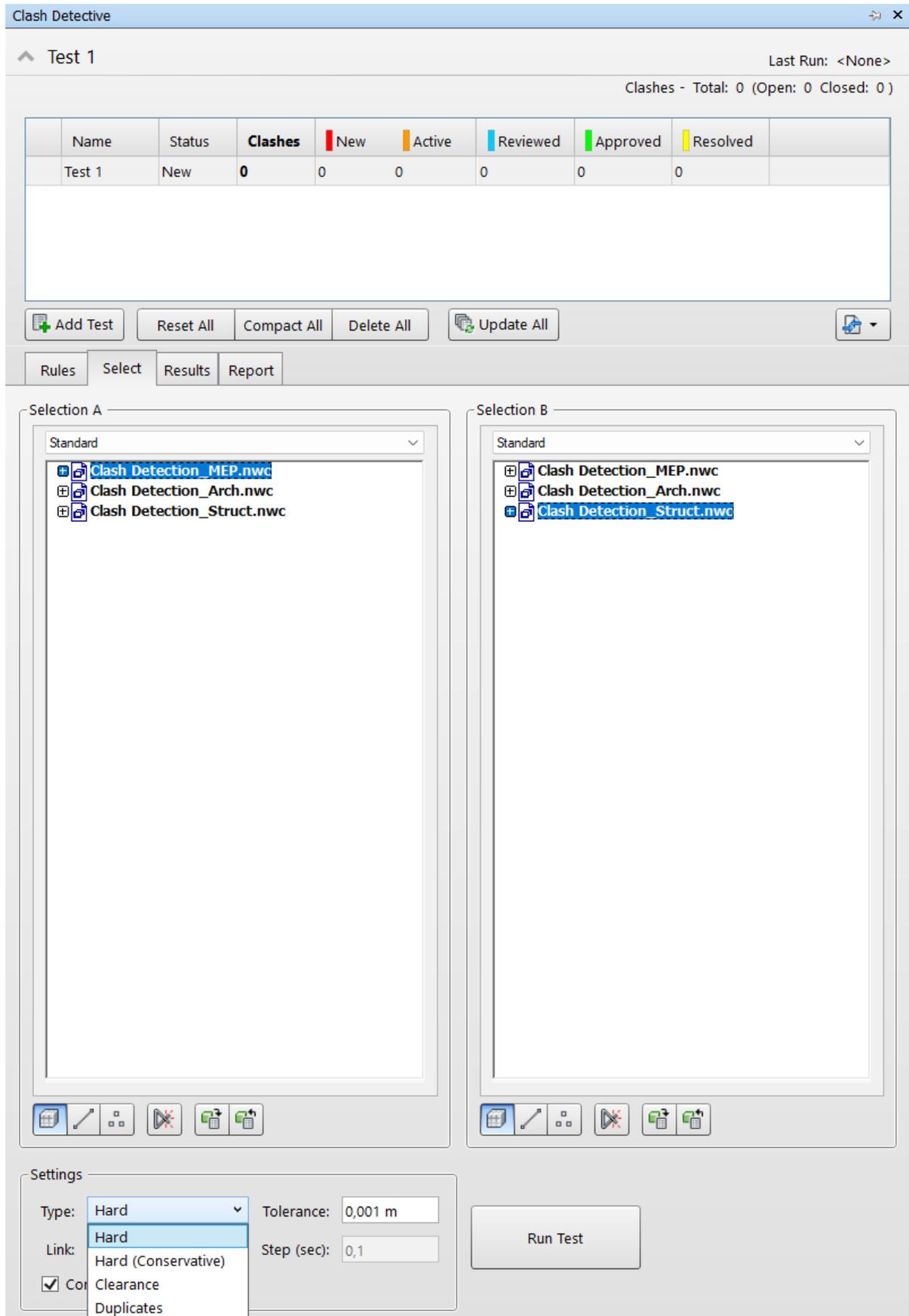


Fonte: O autor (2023).

Inicialmente todos os projetos devem ser anexados ao modelo, e então a função “Clash Detective” pode ser acionada para iniciar a configuração de automatização deste processo. A Figura 37 apresenta esta tela de configuração, onde é possível selecionar as disciplinas a serem analisadas, neste caso as de estruturas e instalações. É possível selecionar o tipo de conflito a ser encontrado, onde optou-se pelos hard clashes que são os conflitos em que elementos diferentes ocupam o mesmo espaço e também se há alguma tolerância de distância desse cruzamento.

Após executar o teste, caso existam, as interferências serão exibidas em outra tela, numa lista onde é possível percorrer uma a uma e visualizar os elementos em choque. Na Figura 38 é possível ver um conflito entre uma tubulação e uma sapata, onde estes elementos ficam realçados em diferentes cores para melhor identificação, com informação sobre em que nível se encontram. É possível mexer no modelo para encontrar um ângulo que se possa visualizar melhor este conflito. Para gerar o relatório, é possível atualizar o seu status para um conflito ativo e encaminhar para o projetista responsável para ajuste com uma breve descrição do problema encontrado.

Figura 37 – Tela de configuração do detector de interferências do Navisworks.



Fonte: O autor (2023).

Figura 38 – Tela de resultados do teste para detecção de interferências do Navisworks.

The screenshot displays the Clash Detective application window. The top bar shows 'Test 1' and 'Last Run: sábado, 18 de março de 2023 21:28:41'. Below this, a summary table indicates 'Clashes - Total: 128 (Open: 128 Closed: 0)'. The main interface is divided into a control panel on the left and a 3D model on the right.

The control panel includes a table with the following data:

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	Done	128	127	1	0	0	0

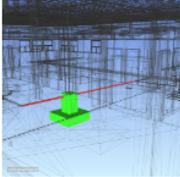
Below the table are buttons for 'Add Test', 'Reset All', 'Compact All', 'Delete All', and 'Update All'. The 'Results' tab is selected, showing a list of clashes with columns for Name, Status, Level, Grid Int., F, A, A, Description, Assigned To, and Dista. Clash 16 is highlighted as 'Active' and assigned to 'Engenheiro de Instalações'.

The 3D model on the right shows a wireframe of a building structure with a red line and a green rectangular prism highlighting a specific clash location.

Fonte: O autor (2023).

Na aba Report, é possível configurar o relatório com os campos de interesse e em qual formato será exportado. Uma das opções é o formato HTML, que foi o adotado pela incorporadora. Nele são gerados arquivos de imagem com a visualização de cada interferência e no relatório HTML contém as informações relacionadas de todos, como mostrado na Figura 39 a parte do relatório do conflito analisado na figura anterior, para que possa então ser relatado aos projetistas responsáveis para que façam as devidas alterações. É possível que uma alteração do projeto cause uma nova interferência não identificada anteriormente, por isto esse processo deve ser cíclico até que não se encontre mais os conflitos de interesse.

Figura 39 – Demonstração de uma interferência no relatório gerado pelo Navisworks.

	Name	Clash16
	Distance	-0.157m
	Description	Hard
	Status	Active
	Clash Point	-13.061m, 6.885m, 29.778m
	Grid Location	C-2.1 : TOP OF FOOTING
Date Created	2023/3/19 0:28	
Assigned To	Engenheiro de Instalações	
Item 1		
Element ID	1043849	
Layer	GROUND FLOOR	
Item Name	Tipos de tubos	
Item Type	Tubulação: Tipos de tubos: PVC - DWV	
Item 2		
Element ID	385824	
Layer	TOP OF FOOTING	
Item Name	Concrete - Cast-in-Place Concrete	
Item Type	Solid	
Comment 0		
Status	New	
User	dvand	
Text	Assigned to Engenheiro de Instalações _____ Tubulação em choque com sapata estrutural, corrigir a localização. 2023/3/19 01:10	

Fonte: O autor (2023).

4.4.2 Orçamento

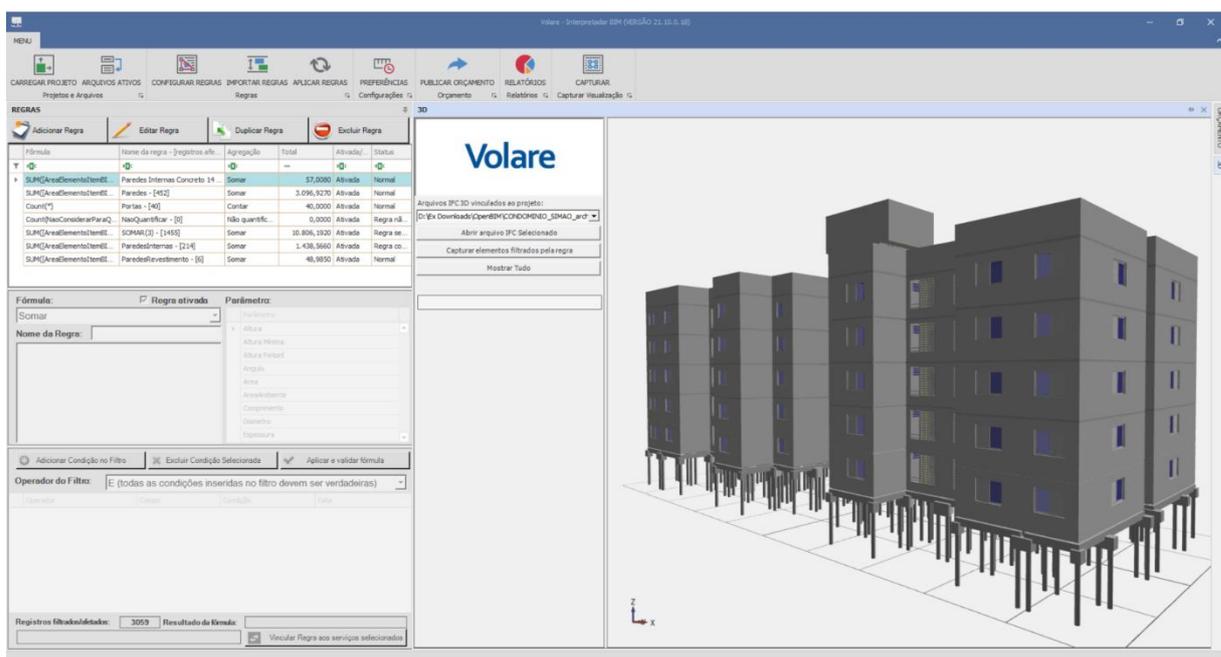
Considerando um fluxo de trabalho após a aprovação do projeto, as etapas iniciais de análise de viabilidade econômica podem ser ignoradas, interessando como documento importante da obra o orçamento analítico, realizado a partir do projeto executivo, com o detalhamento mais completo da estimativa dos custos da obra.

Segundo Mattos (2019), o início da orçamentação de uma obra requer o conhecimento dos diversos serviços que a compõem. Além disso, não basta saber apenas quais os serviços, é preciso saber também o quanto de cada um deve ser realizado. Portanto o levantamento de quantitativos é uma das etapas mais importantes para a realização do orçamento. Através dele, com a leitura do projeto é possível verificar quais serviços serão realizados e sua quantidade.

Um dos principais benefícios com a utilização do BIM é a facilidade em obter os cálculos de áreas e volumes, além de quando bem codificado e classificado, o modelo pode extrair automaticamente seus quantitativos, seguindo as regras paramétricas do BIM, onde uma alteração no modelo resulta na atualização instantânea da tabela que contém essas quantidades. Com isso, é possível realizar com rapidez um comparativo entre diferentes soluções construtivas, podendo tomar decisões mais rápidas e assertivas em relação ao custo da edificação.

Com o auxílio de um software de gestão de obras, é possível montar a estrutura do orçamento a partir do modelo BIM. Para utilização na empresa, será adotado o software Volare, existente desde 1984, que possui como base de dados padrão o TCPO, Tabelas de Composições de Preços para Orçamento, bastante conhecido e divulgado pela PINI. Na Figura 40 é possível ver a interface do software com um interpretador BIM em que é possível identificar os elementos da construção virtual pelo visualizador 3D através de um arquivo IFC ou de plugin para arquivos do Revit ou Archicad, e quando os dados são corretamente modelados, de acordo com as diretrizes contidas no BEP, é possível criar regras e filtros para calcular os quantitativos e vincular ao custo retirado de uma base de dados armazenadas pelo software, obtendo a criação automática do orçamento em etapas e atividades (EAP) criadas pelo usuário.

Figura 40 - Interpretador BIM do software Volare.



Fonte: Expert System (2023).

Na Figura 41 é possível visualizar a tela com o orçamento analítico exibindo os valores dos serviços identificados.

Figura 41 - Estrutura sintética de um exemplo de orçamento no Volare.

Obra: EXEMPLO - Orçamento: Planilha Orçamentária Simplificada - REGIÃO: RECIFE/PE - MÊS: FEVEREIRO/23

Ordem de apresentação: Código **ORÇAMENTO**

Modo de apresentação: Sintético 

Preços e taxas Detalhar composições

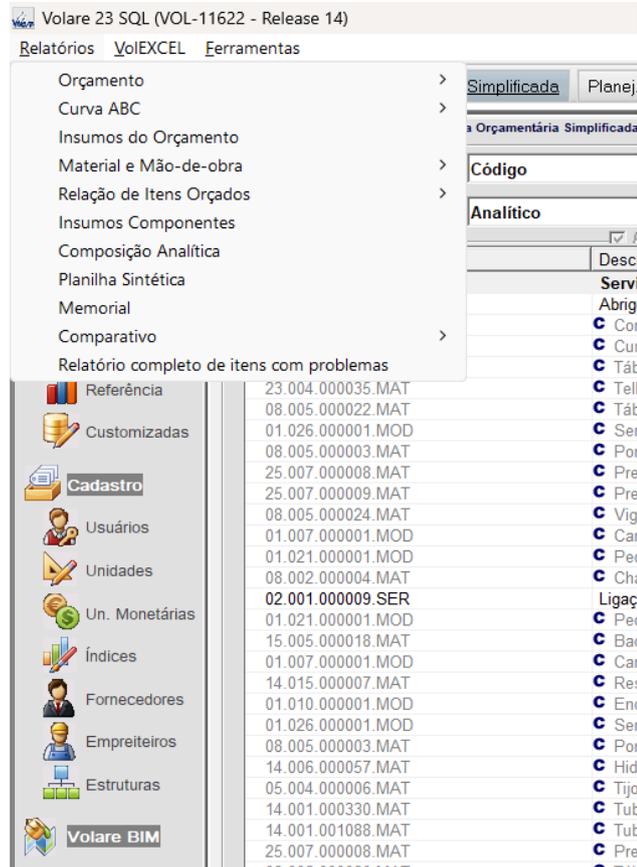
Código	Descrição	Class	Unidade	↑ Quant.	Valor Unit.
01E	Serviços Iniciais				
02.001.000002.SER	Abriço provisório de madeira com dois pavimentos para alojamento	SER.CG	M2	1,00	980,02
02.001.000009.SER	Ligação provisória de água para obra e instalação sanitária provisória	SER.CG	UN	1,00	3.659,92
02.001.000010.SER	Ligação provisória de luz e força para obra - instalação mínima	SER.CG	UN	1,00	2.903,96
02.001.000012.SER	Tapume de chapa de madeira compensada, inclusive montagem	SER.CG	M2	1,00	68,40
02.003.000001.SER	Corte de capoeira fina a foice	SER.CG	M2	1,00	0,51
02.004.000001.SER	Locação da obra, execução de gabarito	SER.CG	M2	1,00	9,85
02.006.000002.SER	Sondagem de reconhecimento do subsolo com tubo de revestimento	SER.CG	M	1,00	173,61
02E	Movimento de Terra				
02.005.000004.SER	Carga mecanizada de terra em caminhão basculante	SER.CG	M3	1,00	2,44
02.005.000011.SER	Escoramento contínuo de vala empregando pranchas e longarinas	SER.CG	M2	1,00	90,17
02.005.000049.SER	Escavação manual de vala em solo de 1ª categoria (profundidade de 1,00 m)	SER.CG	M3	1,00	26,52
02.005.000070.SER	Escavação mecanizada de vala em solo de 1ª categoria, com escavadeira	SER.CG	M3	1,00	6,31
03E	Fundações e Contenção				
02455.6.5.5	Estaca pré-moldada de concreto protendido cravada - seção quadrada	SER.MO	M	1,00	84,00
04.002.000006.SER	Concreto estrutural dosado em central, auto-adensável, fck 20 MPa	SER.CG	M3	1,00	671,65
04.004.000003.SER	Esgotamento com bomba elétrica de imersão potência 1,2 KW, at	SER.CG	M3	1,00	0,31
04.007.000012.SER	Forma de madeira para fundação, com tábuas e sarrafos, 3 aprov	SER.CG	M2	1,00	40,24
04.008.000022.SER	Estaca pré-moldada de concreto protendido cravada, seção 26,5x26,5	SER.CG	M	1,00	876,80
04.009.000003.SER	Alvenaria de embasamento com tijolo comum, empregando argam	SER.CG	M3	1,00	1.056,53
04.012.000004.SER	Lastro de brita 3 e 4 apiloado com soquete manual para regulariza	SER.CG	M3	1,00	293,30
04.012.000005.SER	Lastro de concreto magro com seixo, e=8 cm, incluindo preparo e	SER.CG	M2	1,00	65,49
05.001.000004.SER	Armadura de aço CA-50 para lajes Ø 8,0 mm, corte, dobra e mont	SER.CG	KG	1,00	19,93
04E	Superestrutura				
03140.7.1.1	Escora metálica tipo "A" - locação (altura - intervalo: 2,00/3,00 m /	EQ.LOC	LOC/UNMÊS	1,00	4,60
04.002.000006.SER	Concreto estrutural dosado em central, auto-adensável, fck 20 MPa	SER.CG	M3	1,00	671,65
05.001.000004.SER	Armadura de aço CA-50 para lajes Ø 8,0 mm, corte, dobra e mont	SER.CG	KG	1,00	19,93
05.003.000014.SER	Cimbramento tubular desmontável, material locado, incluso monta	SER.CG	M3	1,00	118,98
20.005.000002.SER	Polimento de estuque por lixamento manual da superfície	SER.CG	M2	1,00	3,08
24.004.000001.SER	Pintura com tinta acrílica em piso de concreto, duas demãos, aplic	SER.CG	M2	1,00	11,15
05E	Paredes e Painéis				
06.001.000125.SER	Elemento vazado de concreto 8 x 49 x 50 cm, espessura da pared	SER.CG	M2	1,00	300,85
06.001.000137.SER	Alvenaria de vedação com blocos silico-calcário 14 x 19 x 39 cm, i	SER.CG	M2	1,00	220,72
06.001.000138.SER	Alvenaria de vedação com blocos silico-calcário 19 x 19 x 39 cm, i	SER.CG	M2	1,00	287,13
06.001.000144.SER	Alvenaria de vedação com tijolos maciços cerâmico 5,7 x 9 x 19 c	SER.CG	M2	1,00	110,27
06.003.000103.SER	Verga reta moldada no local com forma de madeira considerando f	SER.CG	M3	1,00	2.684,83
06.003.000104.SER	Verga em arco moldada no local com forma de madeira considerand	SER.CG	M3	1,00	3.578,91
06E	Impermeabilização				
10.001.000002.SER	Impermeabilização de alvenaria de embasamento com argamassa	SER.CG	M2	1,00	31,11
10.001.000003.SER	Impermeabilização de superfície sujeita à umidade de terra aplican	SER.CG	M2	1,00	11,82
10.002.000001.SER	Impermeabilização de calha, viga-calha e jardineira com impermea	SER.CG	M2	1,00	66,07
10.002.000013.SER	Impermeabilização de cobertura plana utilizando manta asfáltica p	SER.CG	M2	1,00	63,58
10.003.000018.SER	Geotêxtil como camada de berço e/ou amortecimento para proteçã	SER.CG	M2	1,00	9,06
10.006.000007.SER	IMPERMEABILIZAÇÃO de jardim e floreira com manta asfáltica pl	SER.CG	M2	1,00	53,12
10.009.000023.SER	Impermeabilização de piso com três demãos de emulsão asfáltica	SER.CG	M2	1,00	59,03
10.010.000026.SER	Impermeabilização de superfície sujeita à infiltração por lençol freá	SER.CG	M2	1,00	30,91
10.011.000027.SER	Proteção mecânica de superfície sujeita a pouco trânsito com arg.	SER.CG	M2	1,00	32,95
10.012.000025.SER	Regularização de superfície para impermeabilização, com arg. de	SER.CG	M2	1,00	17,74
10.013.000028.SER	Impermeabilização de piscina ou reservatório elevado, sujeitos à fi	SER.CG	M2	1,00	40,85
10.013.000029.SER	Impermeabilização de reservatório elevado, composta de revesti	SER.CG	M2	1,00	154,83
10.013.000032.SER	Impermeabilização interna de piscina enterrada com quatro demão	SER.CG	M2	1,00	18,85
11.002.000003.SER	Isolamento térmico em laje ou piso empregando argila expandida c	SER.CG	M2	1,00	185,36
07E	Cobertura				
05125.6.6.1	Estrutura para cobertura em aço A36, inclusive montagem	SER.MO	KG	1,00	11,17
09.001.000002.SER	Calha de chapa de cobre nº 26 desenvolvimento 50 cm	SER.CG	M	1,00	577,85
09.001.000037.SER	Rufo de fibrocimento direito ou esquerdo para telha estrutural com	SER.CG	M	1,00	91,48
09.005.000016.SER	Cumeeira articulada de fibrocimento para telha estrutural com larg	SER.CG	M	1,00	212,16
09.005.000030.SER	Cobertura com telha de fibrocimento, uma água, perfil ondulado, e	SER.CG	M2	1,00	134,47
08E	Portas, Esquadrias e Ferragens				
08110.3.1.2	Batente de ferro (perímetro: 5,40 m)	MAT.	CJ	1,00	110,00
12.003.000017.SER	Janela de alumínio sob encomenda, colocação e acabamento, fixa	SER.CG	M2	1,00	317,09
12.003.000018.SER	Janela de alumínio sob encomenda, colocação e acabamento, ma	SER.CG	M2	1,00	423,47
12.003.000021.SER	Janela de alumínio 1,20 x 1,50 m, com três folhas, com vidro liso	SER.CG	UN	1,00	898,19
12.004.000024.SER	Porta de compensado 0,60 x 1,50 m, interna, para sanitário e ves	SER.CG	UN	1,00	655,97
12.004.000026.SER	Porta de madeira 0,60 x 2,10 m, interna, com batente, guarnição	SER.CG	UN	1,00	804,61
12.004.000027.SER	Porta de madeira 0,70 x 2,10 m, interna, com batente, guarnição	SER.CG	UN	1,00	808,85

ajustar colunas exibir preços com taxa **Total: R\$ 184.659,18**

Fonte: O autor (2023).

Após a finalização do orçamento, é possível extrair pelo software alguns relatórios como mostrado na Figura 42.

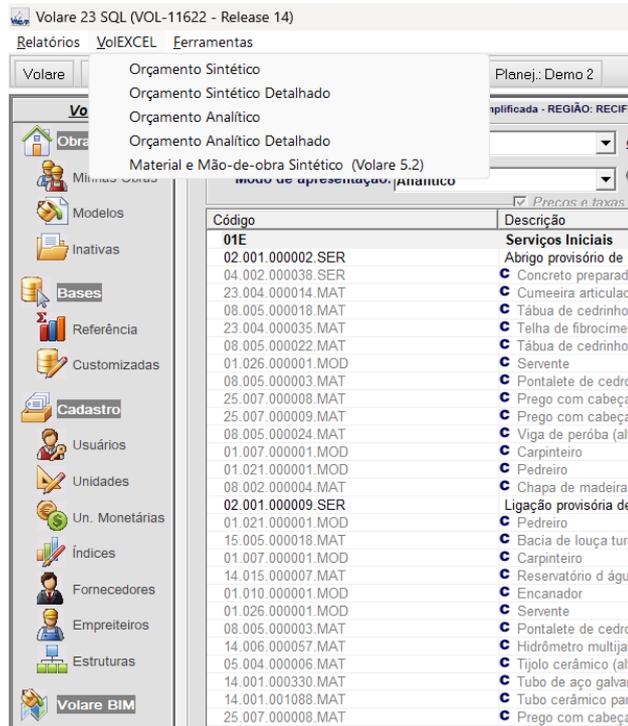
Figura 42 – Relatórios que podem ser extraídos do Volare.



Fonte: O autor (2023).

Também é possível exportar o orçamento para o Excel nas opções indicadas na Figura 43, como mostrado na Figura 44 a exportação do orçamento sintético e na Figura 45 o orçamento analítico, com maior detalhamento dos itens e serviços que foram orçados. A vantagem de exportar para o Excel é a maior liberdade que se tem para fazer qualquer alteração, além de registrar outras informações não suportadas pelo software de gestão. É possível criar um banco de dados próprio da empresa, com os valores pesquisados pelo setor de compras da obra, sendo gerado um mapa de concorrência que pode ser registrado no ERP, e então é possível obter uma média do valor do item em análise, para incorporar na planilha juntamente com os fornecedores. A criação de uma base de dados própria torna a estimativa mais realista já que os preços foram pesquisados diretamente, além de registrar os possíveis fornecedores para obter uma cotação mais rápida numa próxima consulta em obras futuras.

Figura 43 – Tipos de orçamentos que podem ser exportados para o Excel.



Fonte: O autor (2023).

Figura 44 – Arquivo em Excel do orçamento sintético exportado pelo Volare.

NOME DA EMPRESA										Data:31/03/2023
Relatório de Material e Mão-de-obra(Sintético)										
OBRA : ESTRUTURA TCPO10-SERVIÇOS 2003										Taxas:
ORÇAMENTO : Planilha Orçamentária Simplificada										
LOCAL :										
CODIGO	DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO MAT. (UNIT.)(R\$)	PREÇO MAT. (TOT.)(R\$)	PREÇO M.O. (UNIT.)(R\$)	PREÇO M.O. (TOT.)(R\$)	PREÇO FINAL (UNIT.)(R\$)	PREÇO FINAL (TOT.)(R\$)
01E	Serviços Iniciais									
02.001.000002.SER	Abriço provisório de madeira com dois pavimentos para alojamento e/ou depósito de materiais e ferramentas	SER.CG	M2	1,00	755,93	755,93	224,09	224,09	980,02	980,02
02.001.000009.SER	Ligação provisória de água para obra e instalação sanitária provisória, pequenas obras - instalação mínima	SER.CG	UN	1,00	3.367,88	3.367,88	292,04	292,04	3.659,92	3.659,92
02.001.000010.SER	Ligação provisória de luz e força para obra - instalação mínima	SER.CG	UN	1,00	2.533,16	2.533,16	370,80	370,80	2.903,96	2.903,96
02.001.000012.SER	Tapume de chapa de madeira compensada, inclusive montagem - madeira compensada resinada e=6 mm	SER.CG	M2	1,00	56,04	56,04	12,36	12,36	68,40	68,40
02.003.000001.SER	Corte de capoeira fina a foíce	SER.CG	M2	1,00	0,00	0,00	0,51	0,51	0,51	0,51
02.004.000001.SER	Locação da obra, execução de gabarito	SER.CG	M2	1,00	7,84	7,84	2,01	2,01	9,85	9,85
02.006.000002.SER	Sondagem de reconhecimento do subsolo com tubo de revestimento diâmetro 2 1/2"	SER.CG	M	1,00	173,61	173,61	0,00	0,00	173,61	173,61
02E	Movimento de Terra									
02.005.000004.SER	Carga mecanizada de terra em caminho basculante	SER.CG	M3	1,00	2,13	2,13	0,30	0,30	2,43	2,43
02.005.000011.SER	Escoramento contínuo de vala empregando pranchas e longarinas de peroba	SER.CG	M2	1,00	59,25	59,25	30,91	30,91	90,16	90,16
02.005.000049.SER	Escavação manual de vala em solo de 1ª categoria (profundidade: até 2 m)	SER.CG	M3	1,00	0,00	0,00	26,52	26,52	26,52	26,52
02.005.000070.SER	Escavação mecanizada de vala em solo de 1ª categoria, com escoramento, profundidade entre 6 e 8 m	SER.CG	M3	1,00	6,00	6,00	0,31	0,31	6,31	6,31
03E	Fundações e Contensões									
02455.6.5.5	Estaca pré-moldada concreto protendido cravada - seção quadrada (largura da seção: 235,00 mm / comprimento da seção: 235,00 mm / massa linear: 138,00 kg/m / perímetro: 94,00 cm / adensamento: por vibração / área da seção: 552,00 cm² / car	SER.MO	M	1,00	84,00	84,00	0,00	0,00	84,00	84,00
04.002.000006.SER	Concreto estrutural dosado em central, auto-adensável, fck 20 MPa	SER.CG	M3	1,00	671,65	671,65	0,00	0,00	671,65	671,65
04.004.000003.SER	Esgotamento com bomba elétrica de imersão potência 1,2 KW, até 8 m de profundidade	SER.CG	M3	1,00	0,08	0,08	0,24	0,24	0,32	0,32

Fonte: O autor (2023).

Figura 45 – Arquivo em Excel do orçamento analítico exportado pelo Volare.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	COEF.	PREÇO(R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
NOME DA EMPRESA						
						<i>Data:31/03/2023</i>
Orçamento Analítico Detalhado						
OBRA : EDIFÍCIO FICTÍCIO		Taxa:				
ORÇAMENTO : Planilha Orçamentária Simplificada						
LOCAL :						
01E	Serviços Iniciais					
02.001.000002.SER	Abriço provisório de madeira com dois pavimentos para alojamento e/ou depósito de materiais e ferramentas	SER.CG	M2			
01.001.000001.MOD	Ajudante	M.O.	H	0,021420000	6,63	0,14
01.007.000001.MOD	Carpinteiro	M.O.	H	13,400000000	8,82	118,19
01.014.000023.EQA	Betoneira elétrica monofásico (potência: 2 HP / capacidade: 400 l)	EQ.AQ.	UN	0,000004241	2.871,33	0,01
01.021.000001.MOD	Pedreiro	M.O.	H	0,400000000	8,82	3,53
01.026.000001.MOD	Servente	M.O.	H	15,420000000	6,63	102,23
03.001.000008.MAT	Areia lavada tipo média	MAT.	M3	0,062860000	318,56	20,02
03.002.000011.MAT	Pedra britada tipo 1	MAT.	M3	0,058520000	259,39	15,18
04.002.000002.MAT	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	MAT.	KG	19,600000000	0,88	17,25
08.002.000004.MAT	Chapa de madeira compensada (espessura: 12 mm / largura: 1100 mm / comprimento: 2200 mm)	MAT.	M2	2,360000000	56,72	133,86
08.005.000003.MAT	Pontaletes de cedro 3ª construção (seção transversal: 3x3 ")	MAT.	M	7,440000000	5,35	39,80
08.005.000018.MAT	Tábua de cedrinho (seção transversal: 1x6 ")	MAT.	M2	3,430000000	73,14	250,87
08.005.000022.MAT	Tábua de cedrinho 3ª construção (seção transversal: 1x12 ")	MAT.	M2	1,560000000	41,45	64,66
08.005.000024.MAT	Viga de peroba (altura:120,00mm/largura:60,00mm)	MAT.	M	3,370000000	41,44	139,65
23.004.000014.MAT	Cumeeira articulada inferior para telha de fibrocimento tipo vogatex ou fibrotex	MAT.	UN	0,250000000	7,53	1,88
23.004.000035.MAT	Telha de fibrocimento ondulada tipo vogatex e fibrotex (largura útil: 450 mm / vão livre: 1,15 m / espessura: 4 mm / largura nominal: 506 mm / comprimento: 1220 mm)	MAT.	M2	1,200000000	17,14	20,57
25.007.000008.MAT	Prego com cabeça 15 x 15 (comprimento: 34,5 mm / diâmetro: 2,40 mm)	MAT.	KG	0,400000000	31,49	12,60
25.007.000009.MAT	Prego com cabeça 18 x 27 (diâmetro: 3,40 mm / comprimento: 62,1 mm)	MAT.	KG	1,500000000	26,36	39,54
28.002.000001.MAT	Energia elétrica	MAT.	KW	0,032130000	1,03	0,03
					PREÇO (mão-de-obra):	224,09
					PREÇO (material):	755,93
					PREÇO TOTAL (unit.):	980,02
					LS(%):	0,00
					BDI(%):	0,00
					ADM(%):	0,00
					TOTAL TAXA:	0,00
					PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):	980,02
					QUANTIDADE:	1,00
					PREÇO TOTAL (c/ taxa):	980,02
02.001.000009.SER	Ligação provisória de água para obra e instalação sanitária	SER.CG	UN			

Fonte: O autor (2023).

Um modelo de EAP em até cinco níveis (Etapa mais geral => Etapa mais específica => Etapa mais específica que anterior => Atividade => Serviço/Insumo) será adotado para a importação pelo interpretador BIM para realizar a montagem do orçamento. A Figura 46 exibe a estrutura básica deste modelo no Excel que pode ser importado dentro do software.

Figura 46 – Modelo de EAP para servir como base no Volare.

1. Serviços iniciais
2. Instalações provisórias
3. Serviços gerais
4. Movimentação de terra
5. Fundações
6. Estrutura
7. Alvenaria
8. Instalações
9. Cobertura
10. Esquadria
11. Revestimento
12. Piso e pavimentação
13. Pintura
14. Aparelhos
15. Limpeza

Fonte: O autor (2023).

4.4.3 Planejamento

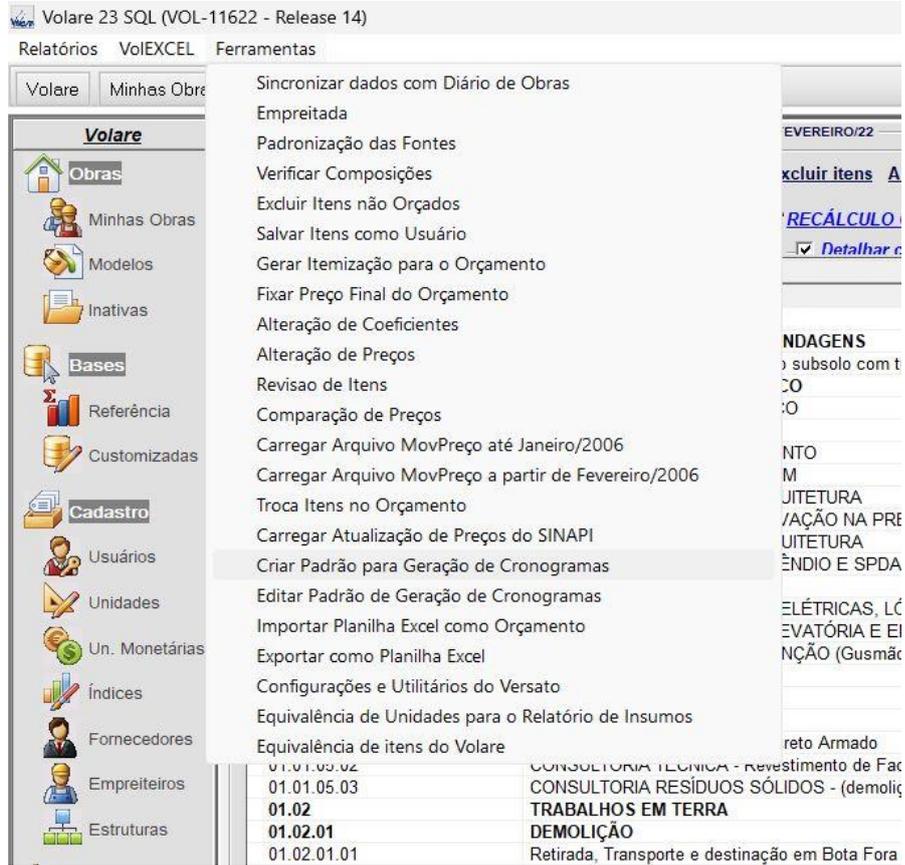
A realização do planejamento de um empreendimento é de suma importância para definir metas e ter a linha de base como referência, que contém o planejamento inicial concluído. Sendo assim possível acompanhar durante a execução da obra se o que foi planejado está sendo realizado dentro do prazo estipulado.

Apesar de não realizar um planejamento formal, a empresa em estudo tomava decisões com certa antecedência de acordo com as condições do local e de projeto. Para a colocação de cerâmica nas fachadas de uma edificação por exemplo, o lado inicial já foi escolhido por questões meteorológicas, onde havia maior incidência de chuva e vento no período de sua execução, e em outra oportunidade por questões de marketing, onde a fachada mais vista da rua foi a primeira a ser feita para dar a impressão de um estágio mais avançado da obra.

Para o novo processo realizado pela incorporadora, a montagem do cronograma será realizada inicialmente através do software Volare utilizado para a realização do orçamento. E a partir de funções que aproveitam a EAP montada para o orçamento, é possível importar para o Microsoft Project para os ajustes finais do cronograma com a definição dos prazos e recursos alocados em cada atividade.

A Figura 47 mostra no Volare a etapa para criar o padrão da EAP utilizada na geração do cronograma. A EAP a ser guardada é a mostrada na Figura 48.

Figura 47 – Ferramenta para criação do padrão da EAP realizada no orçamento.



Fonte: O autor (2023).

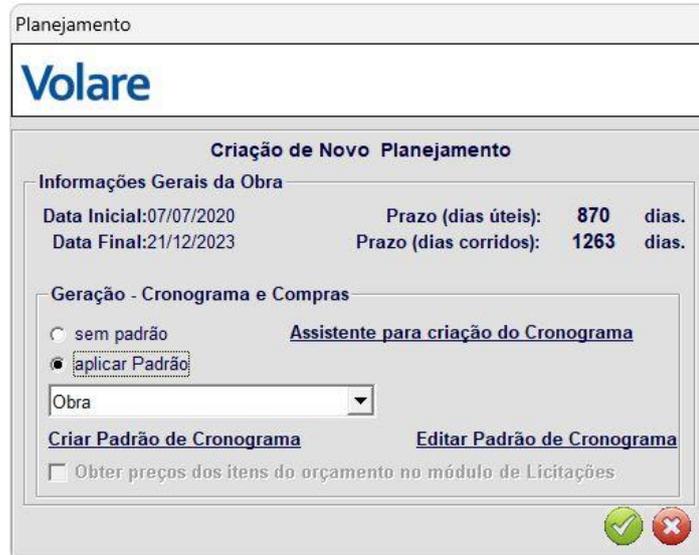
Figura 48 – Modelo de EAP a ser criado a partir do orçamento.



Fonte: O autor (2023).

Em seguida como se pode ver na Figura 49 é possível criar o planejamento na obra criada anteriormente no software e aplicar o padrão de EAP salvo no orçamento para a criação do cronograma no Volare como pode ser visto na Figura 50.

Figura 49 – Tela de para criação do planejamento com o padrão de EAP criado.



Fonte: O autor (2023).

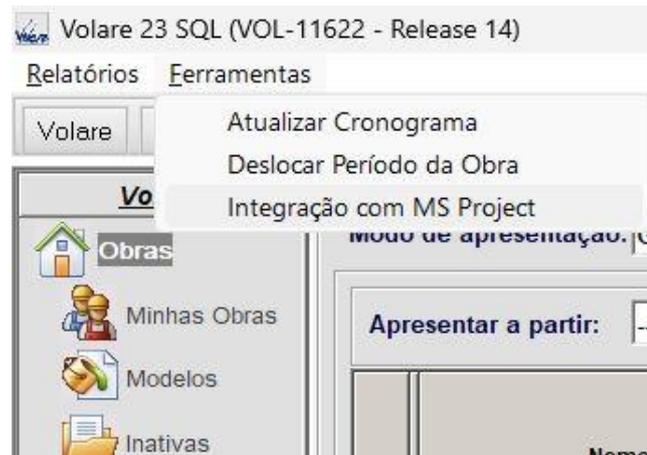
Figura 50 – Cronograma montado a partir dos dados do orçamento.

	Nome das tarefas	Início	Prazo	Até
1	01 - SERVIÇOS INICIAIS	07/07/2021	1	07/07/2020
2	01.01 - SERVIÇOS TÉCNICOS	07/07/2021	1	07/07/2020
3	01.01.01 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS / SONDA	07/07/2021	1	07/07/2020
4	02.106.000005.SER - Sondagem de reconhecimento de	07/07/2020	1	07/07/2020
5	01.01.02 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	07/07/2021	1	07/07/2020
6	01.01.02.01 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO - (2.0	07/07/2020	1	07/07/2020
7	01.01.03 - PROJETOS	07/07/2021	1	07/07/2020
8	01.01.03.01 - PROJETO DE DESMEMBRAMENTO - (1	07/07/2020	1	07/07/2020
9	01.01.03.02 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM - (1.0	07/07/2020	1	07/07/2020
10	01.01.03.03 - ESTUDO PRELIMINAR DE ARQUITETL	07/07/2020	1	07/07/2020
11	01.01.03.04 - PROJETO LEGAL PARA APROVAÇÃO M	07/07/2020	1	07/07/2020
12	01.01.03.05 - PROJETO EXECUTIVO DE ARQUITETL	07/07/2020	1	07/07/2020
13	01.01.03.06 - PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO E	07/07/2020	1	07/07/2020
14	01.01.03.07 - PROJETO DE ESTRUTURA - (1.000000	07/07/2020	1	07/07/2020
15	01.01.03.08 - PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRIK	07/07/2020	1	07/07/2020
16	01.01.03.09 - PROJETOS ETE, ESTAÇÃO ELEVATOR	07/07/2020	1	07/07/2020
17	01.01.03.10 - PROJETO CORTINA DE CONTENÇÃO #	07/07/2020	1	07/07/2020
18	01.01.04 - ORÇAMENTO DA OBRA	07/07/2021	1	07/07/2020
19	01.01.04.01 - ORÇAMENTO DA OBRA - (0.000000000	07/07/2020	1	07/07/2020
20	01.01.05 - CONSULTORIA TÉCNICA	07/07/2021	1	07/07/2020
21	01.01.05.01 - CONSULTORIA TÉCNICA - Concreto Am	07/07/2020	1	07/07/2020
22	01.01.05.02 - CONSULTORIA TÉCNICA - Revestimentr	07/07/2020	1	07/07/2020
23	01.01.05.03 - CONSULTORIA RESÍDUOS SÓLIDOS -	07/07/2020	1	07/07/2020
24	01.02 - TRABALHOS EM TERRA	07/07/2021	1	07/07/2020
25	01.02.01 - DEMOLIÇÃO	07/07/2021	1	07/07/2020

Fonte: O autor (2023).

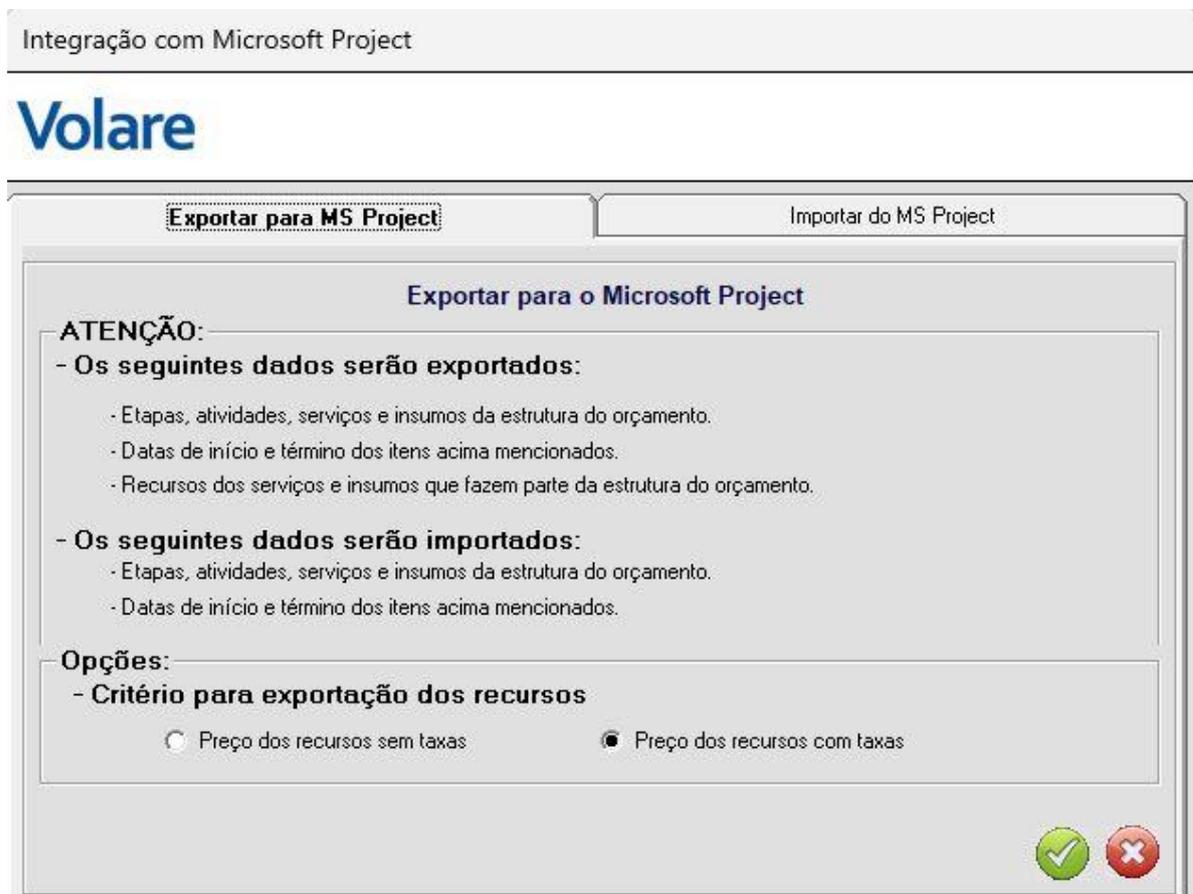
E outra função utilizada do Volare como mostrada na Figura 51 e em seguida na Figura 52 é a exportação do cronograma criado para o Microsoft Project, que é um software mais completo para a realização dessa atividade, e onde será finalizada a realização do cronograma com a alocação de recursos e definição dos prazos.

Figura 51 – Função de exportação do cronograma para o MS Project.



Fonte: O autor (2023).

Figura 52 – Tela de confirmação de exportação do cronograma para o Microsoft Project.



Fonte: O autor (2023).

Por fim, após a exportação do cronograma, o arquivo exportado é aberto no Microsoft Project como exibido na Figura 53 para a realização dos ajustes finais.

Figura 53 – Exportação das atividades a serem realizadas no MS Project.

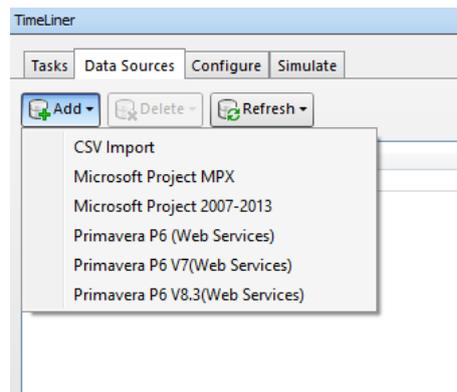
	i	Modo da	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		★	▾ SERVIÇOS INICIAIS	1 dia?	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
2		★	▾ SERVIÇOS TÉCNICOS	1 dia?	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
3		★	▾ ESTUDOS GEOTÉCNICOS / SONDAGENS	1 dia?	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
4		★	Sondagem de reconhecimento do subsolo com tubo de revestimento Ø 2	1 dia	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
5		★	▾ LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	1 dia?	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
6		★	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	1 dia	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
7		★	▾ PROJETOS	1 dia?	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
8		★	PROJETO DE DESMEMBRAMEN	0 dias	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
9		★	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	1 dia	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
10		★	ESTUDO PRELIMINAR DE ARQUITETURA	1 dia	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
11		★	PROJETO LEGAL PARA APROVAÇÃO NA PREFEITURA	1 dia	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20
12		★	PROJETO EXECUTIVO DE ARQUITETURA	1 dia	Ter 07/07/20	Ter 07/07/20

Fonte: O autor (2023).

As etapas mostradas acima consistem no planejamento tradicional, sem aplicação do BIM. O planejamento 4D realizado pela incorporadora consistirá no cruzamento do cronograma de obra com os modelos 3D onde será possível visualizar num determinado instante como a obra deveria estar de acordo com o planejado e poder comparar com o realizado até o momento, para ter noção do andamento da obra se está dentro do cronograma. A visualização 3D permite um melhor entendimento das etapas de obra a serem executadas e a exportação em vídeo do sequenciamento das atividades é possível de ser realizado que também podem servir para uso publicitário.

O software utilizado para a criação do modelo 4D será o Navisworks, o mesmo utilizado para a compatibilização dos projetos. Com o cronograma do projeto realizado no MS Project em mãos, é possível importar o arquivo criado pela função Timeliner como mostrado na Figura 54.

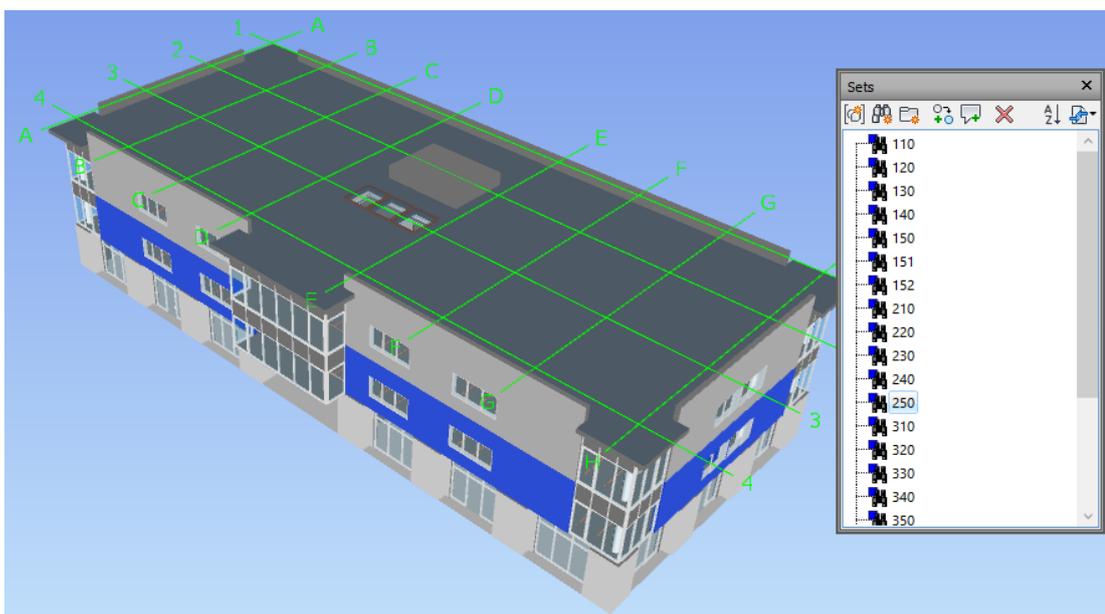
Figura 54 – Opção de importação de cronograma do Navisworks.



Fonte: O autor (2023).

Após a inserção do cronograma no Timeliner, o passo seguinte fundamental é associar os elementos do modelo às atividades em que se encaixam. No Navisworks a melhor maneira de realizar este procedimento é através dos Sets ou conjuntos que podem ser criados a partir de elementos do modelo através de busca ou seleção. A Figura 55 mostra um exemplo de Set que se trata da alvenaria externa do segundo pavimento da edificação.

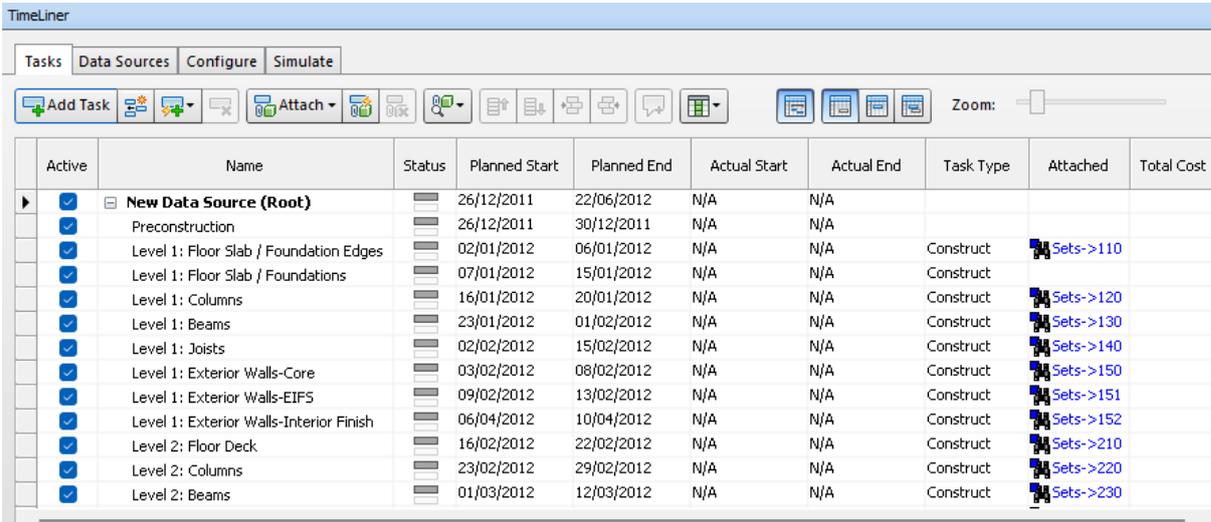
Figura 55 – Seleção de um Set que representa a alvenaria externa do segundo pavimento.



Fonte: O autor (2023).

Então através da criação de Sets para os diversos componentes do modelo, é possível vinculá-los ao cronograma de acordo com a atividade correspondente a eles. E o processo pode ficar cada vez mais refinado, à medida que, por exemplo, podem ser realizadas subdivisões dos elementos num mesmo pavimento, como a realização da alvenaria externa em que uma parte de cada parede é executada ao longo do tempo, então ao invés de selecionar toda a alvenaria do pavimento é possível subdividi-la em quantas partes for necessário para corresponder à realidade. Tornando o processo de sequenciamento das atividades mais fidedigno. Na Figura 56 é possível ver o cronograma da obra e os Sets de elementos vinculados às atividades seguindo a ordem planejada de construção.

Figura 56 – Cronograma de obra no Timeliner com elementos vinculados às atividades.

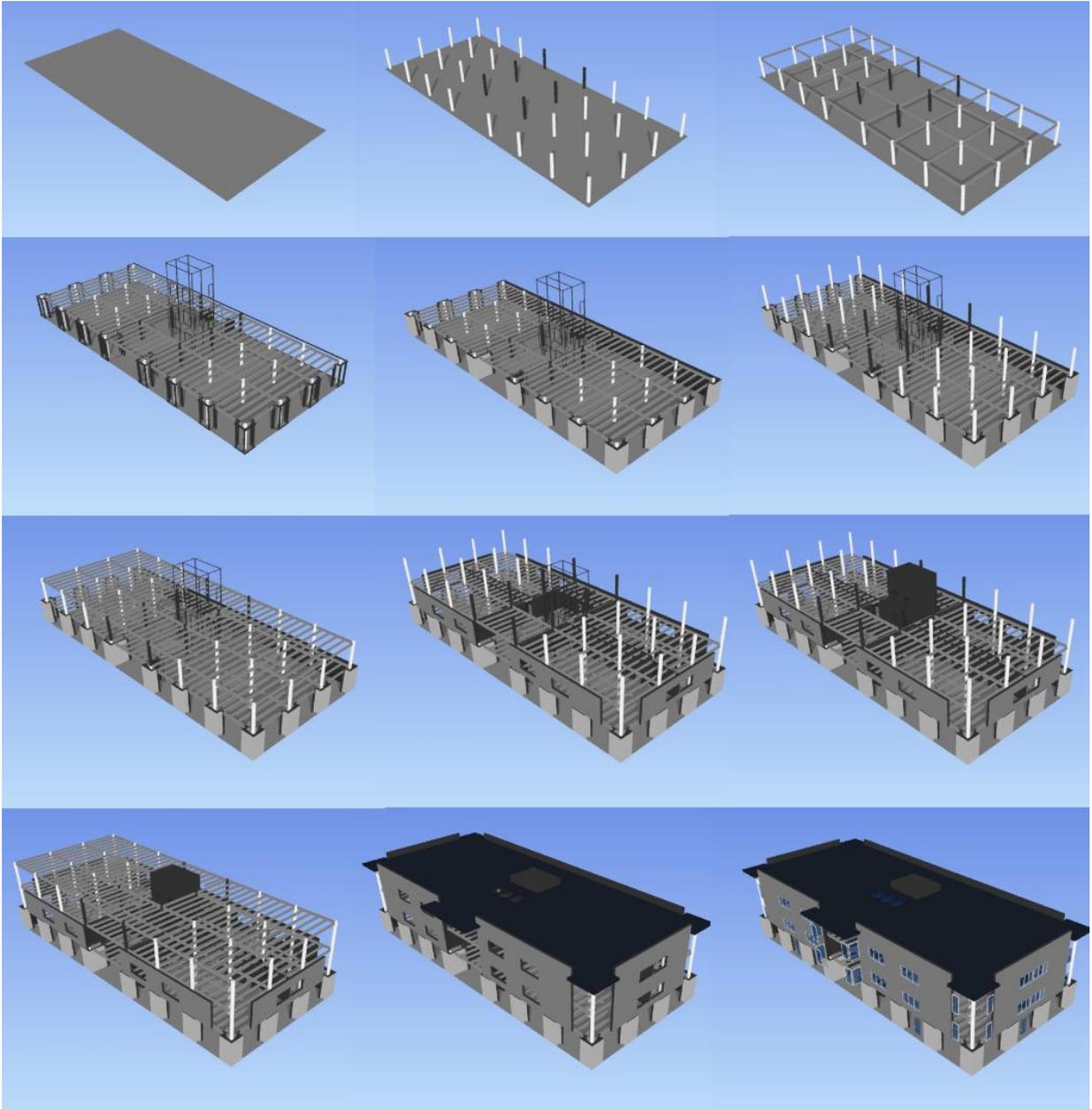


Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type	Attached	Total Cost
<input checked="" type="checkbox"/>	New Data Source (Root)		26/12/2011	22/06/2012	N/A	N/A			
<input checked="" type="checkbox"/>	Preconstruction		26/12/2011	30/12/2011	N/A	N/A			
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Floor Slab / Foundation Edges		02/01/2012	06/01/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->110	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Floor Slab / Foundations		07/01/2012	15/01/2012	N/A	N/A	Construct		
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Columns		16/01/2012	20/01/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->120	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Beams		23/01/2012	01/02/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->130	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Joists		02/02/2012	15/02/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->140	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Exterior Walls-Core		03/02/2012	08/02/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->150	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Exterior Walls-EIFS		09/02/2012	13/02/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->151	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Exterior Walls-Interior Finish		06/04/2012	10/04/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->152	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 2: Floor Deck		16/02/2012	22/02/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->210	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 2: Columns		23/02/2012	29/02/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->220	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 2: Beams		01/03/2012	12/03/2012	N/A	N/A	Construct	Sets->230	

Fonte: O autor (2023).

Com a finalização da associação de cada componente da construção a uma atividade, o modelo 4D está feito e através dele é possível visualizar o status da obra em um instante qualquer. Há ainda a possibilidade da realização de uma animação para análise da simulação da construção. Isso pode ser extremamente útil numa situação em que há dificuldades na execução de certas tarefas e a sua simulação e informação aos envolvidos possa ser feita através da análise do modelo ao longo do tempo exibidas na animação. Na Figura 57 é possível ver uma sequência de imagens que fazem parte de uma animação da edificação em questão.

Figura 57 – Imagens retiradas de animação da simulação da construção do modelo 4D.



Fonte: O autor (2023).

4.4.4 Monitoramento e controle

Para assegurar que o andamento da obra siga como o planejado, é necessário realizar o monitoramento e controle da execução dos serviços. Sendo assim possível comparar com a linha de base e ter a referência se está como o planejado, adiantada ou atrasada.

É necessário a realização da medição do serviço executado para lançar no sistema a evolução da obra e comparar com o planejamento inicial. O Volare possui a ferramenta de controle que fica atrelada ao planejamento e orçamento e será utilizado novamente pela incorporadora para realizar as medições e gerar os relatórios de Planejado X Realizado e Orçado X Realizado. Esta atividade será realizada com o auxílio de estagiário que estará em campo realizando as medições e alimentando no software.

A Figura 58 mostra a tela de medição da parte de controle do Volare, com a EAP de acordo com o que foi utilizado no orçamento e planejamento, onde é possível selecionar o serviço a ser realizado a medição e então realizar a configuração para colocar a quantidade de serviço que foi realizado e a data em que foi feito como mostrado na Figura 59.

Figura 58 – Tela de medição de obra do Volare.

↑	Código	Descrição	Class	Unidade	Quant.	Valor Unit.	Total
01		SERVIÇOS INICIAIS					
01.01		SERVIÇOS TÉCNICOS					
01.01.01		ESTUDOS GEOTÉCNICOS / SONDAJENS					
02.106.000005.SER		Sondagem de reconhecimento do subsolo com tubo de revestimento....	SER.CG	M	49,00	154,38	7.564,62
01.01.02		LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO					
01.01.02.01		LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	VERBA	VB	1,00	1.100,00	1.100,00
01.01.03		PROJETOS					
01.01.03.01		PROJETO DE DESMEMBRAMENTO	VERBA	VB	0,00	2.000,00	0,00
01.01.03.02		PROJETO DE TERRAPLENAGEM	VERBA	VB	0,00	6.000,00	0,00
01.01.03.03		ESTUDO PRELIMINAR DE ARQUITETURA	VERBA	VB	0,00	24.000,00	0,00
01.01.03.04		PROJETO LEGAL PARA APROVAÇÃO NA PREFEITURA	VERBA	VB	0,00	16.000,00	0,00
01.01.03.05		PROJETO EXECUTIVO DE ARQUITETURA	VERBA	VB	0,00	40.000,00	0,00
01.01.03.06		PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO E SPDA	VERBA	VB	0,00	9.000,00	0,00
01.01.03.07		PROJETO DE ESTRUTURA	VERBA	VB	0,00	55.000,00	0,00
01.01.03.08		PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, LÓGICA, TELEFONIA ...	VERBA	VB	0,00	55.300,00	0,00
01.01.03.09		PROJETOS ETE, ESTAÇÃO ELEVATÓRIA E EMISSÁRIO	VERBA	VB	0,00	10.000,00	0,00

Fonte: O autor (2023).

Figura 61 – Tela de configuração do relatório de Planejado X Realizado do Volare.

Configuração dos Relatórios

Emitir Relatório sem Inativos
 Emitir Relatório com Inativos

Tipo de Insumos (classificação)
 Global (todos os tipos)

Empreitada
 Verba
 Material
 Equipamento (Custo)
 Equipamento (Aquisição)
 Serviço (Simple)
 Equipamento (Locação)
 Mão-de-obra

Ordem de apresentação
 Código
 Itemização

Taxas
 Sem Taxas
 Com taxas

Intervalo
 Data Inicial: 07/07/2020 15
 Data Final: 07/09/2020 15

Sub-totais
 exibir sub-totais

Ok Cancelar

Fonte: O autor (2023).

Figura 62 – Parte do relatório de Planejado X Realizado gerado pelo Volare.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT PLAN	QUANT EXEC	VAL PLAN (R\$)	VAL EXEC (R\$)	DESVIO (%)
01	SERVIÇOS INICIAIS	-	-	-	-	-	-	-
01.01	SERVIÇOS TÉCNICOS	-	-	-	-	-	-	-
01.01.01	ESTUDOS GEOTÉCNICOS / SONDAJENS	-	-	-	-	-	-	-
02.106.000005.SER	Sondagem de reconhecimento do subsolo com tubo de revestimento Ø 2 1/2"	SER.CG	M	49,00	49,00	7.564,62	7.564,62	0,00
-	07/07/2020 a 10/07/2020	-	-	0,00	49,00	-	-	100,00
01.01.02	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	-	-	-	-	-	-	-
01.01.02.01	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	VERBA	VB	2,00	1,00	2.200,00	1.100,00	50,00
-	07/07/2020 a 07/09/2020	-	-	0,00	1,00	-	-	100,00
01.01.03	PROJETOS	-	-	-	-	-	-	-
01.01.03.01	PROJETO DE DESMEMBRAMENTO	VERBA	VB	1,00	1,00	2.000,00	2.000,00	0,00
-	07/07/2020 a 07/09/2020	-	-	0,00	1,00	-	-	100,00
01.01.03.02	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	VERBA	VB	1,00	0,00	6.000,00	0,00	100,00
-	07/07/2020 a 07/09/2020	-	-	1,00	0,00	-	-	-100,00

Fonte: O autor (2023).

A geração desses relatórios pode gerar documentos importantes para o acompanhamento na obra que são os cronogramas físico e financeiro, que mostram as atividades a serem realizadas no período determinado, bem como o custo que está atrelado a elas. Assim é possível acompanhar não somente se a atividade está dentro do prazo previsto, mas se o custo também está.

Com a alimentação dos dados através da medição, a parte de planejamento no Volare exibe a porcentagem executada das atividades, como está ilustrado na Figura 63, sendo então também ser possível acompanhar pelo cronograma do Volare se as atividades estão dentro do prazo ou atrasadas. Há a possibilidade de exportação do novo cronograma com as alterações para o Microsoft Project para que possa ser exportado para outros softwares BIM, como por exemplo o Navisworks, entre outros possíveis para a posterior realização do controle e monitoramento.

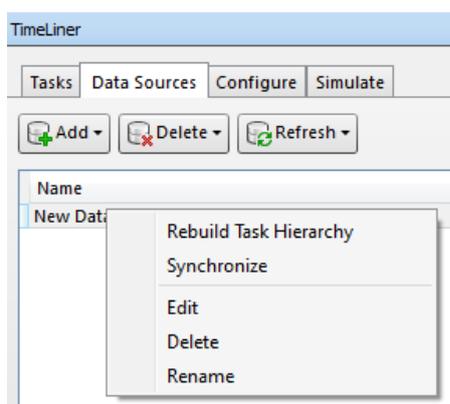
Figura 63 – Cronograma da obra com indicação de porcentagem executada no Volare.

	Nome das tarefas	Início	Prazo	Até	Exec %	3Q 2020	
						julho	agosto
1	01 - SERVIÇOS INICIAIS	07/07/2020	44	07/09/2020	-		
2	01.01 - SERVIÇOS TÉCNICOS	07/07/2020	44	07/09/2020	-		
3	01.01.01 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS / SONDA	07/07/2020	4	10/07/2020	-		
4	02.106.000005.SER - Sondagem de reconhecimento do s	07/07/2020	4	10/07/2020	100%		
5	01.01.02 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	07/07/2020	4	10/07/2020	-		
6	01.01.02.01 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO - (2,000	07/07/2020	4	10/07/2020	50%		
7	01.01.03 - PROJETOS	07/07/2020	44	07/09/2020	-		
8	01.01.03.01 - PROJETO DE DESMEMBRAMENTO - (0,0	07/07/2020	44	07/09/2020	-		
9	01.01.03.02 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM - (1,000	07/07/2020	44	07/09/2020	-		

Fonte: O autor (2023).

A partir da atualização do cronograma com a inclusão das datas reais de início e término da execução dos serviços é possível sincronizar pelo Timeliner no Navisworks, como mostrado na Figura 64, para que esses dados também sejam incorporados ao modelo 4D, como mostrado na Figura 65 na aba Tasks com o preenchimento das colunas Actual Start e Actual End.

Figura 64 – Opção de sincronização com as datas reais do novo cronograma.



Fonte: O autor (2023).

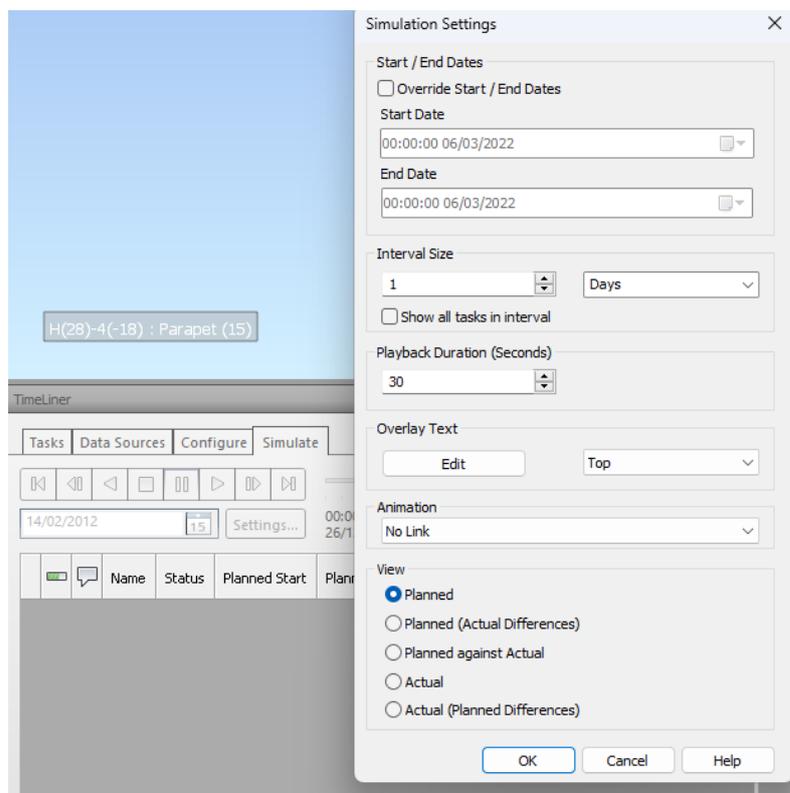
Figura 65 – Atividades no Navisworks com o período planejado e executado.

Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type	Attached
<input checked="" type="checkbox"/>	New Data Source (Root)		26/12/2011	22/06/2012	26/12/2011	22/06/2012		
<input checked="" type="checkbox"/>	Preconstruction		26/12/2011	30/12/2011	26/12/2011	30/12/2011		
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Floor Slab / Foundation Edges		02/01/2012	06/01/2012	02/01/2012	06/01/2012	Construct	Sets->110
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Floor Slab / Foundations		07/01/2012	15/01/2012	07/01/2012	17/01/2012	Construct	
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Columns		16/01/2012	20/01/2012	18/01/2012	21/01/2012	Construct	Sets->120
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Beams		23/01/2012	01/02/2012	23/01/2012	01/02/2012	Construct	Sets->130
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Joists		02/02/2012	15/02/2012	02/02/2012	15/02/2012	Construct	Sets->140
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Exterior Walls-Core		03/02/2012	08/02/2012	03/02/2012	08/02/2012	Construct	Sets->150
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Exterior Walls-EIFS		09/02/2012	13/02/2012	08/02/2012	17/02/2012	Construct	Sets->151
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 1: Exterior Walls-Interior Finish		06/04/2012	10/04/2012	06/04/2012	09/04/2012	Construct	Sets->152
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 2: Floor Deck		16/02/2012	22/02/2012	16/02/2012	22/02/2012	Construct	Sets->210
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 2: Columns		23/02/2012	29/02/2012	23/02/2012	29/02/2012	Construct	Sets->220
<input checked="" type="checkbox"/>	Level 2: Beams		01/03/2012	12/03/2012	01/03/2012	12/03/2012	Construct	Sets->230

Fonte: O autor (2023).

Com as informações do início e término das atividades reais, é possível simular a construção até uma data desejada, assim como comparar através do modelo 3D o Planejado X Realizado. Selecionando as configurações na aba Simulate, como mostrado na Figura 66, é possível escolher a simulação entre as opções do planejado e realizado.

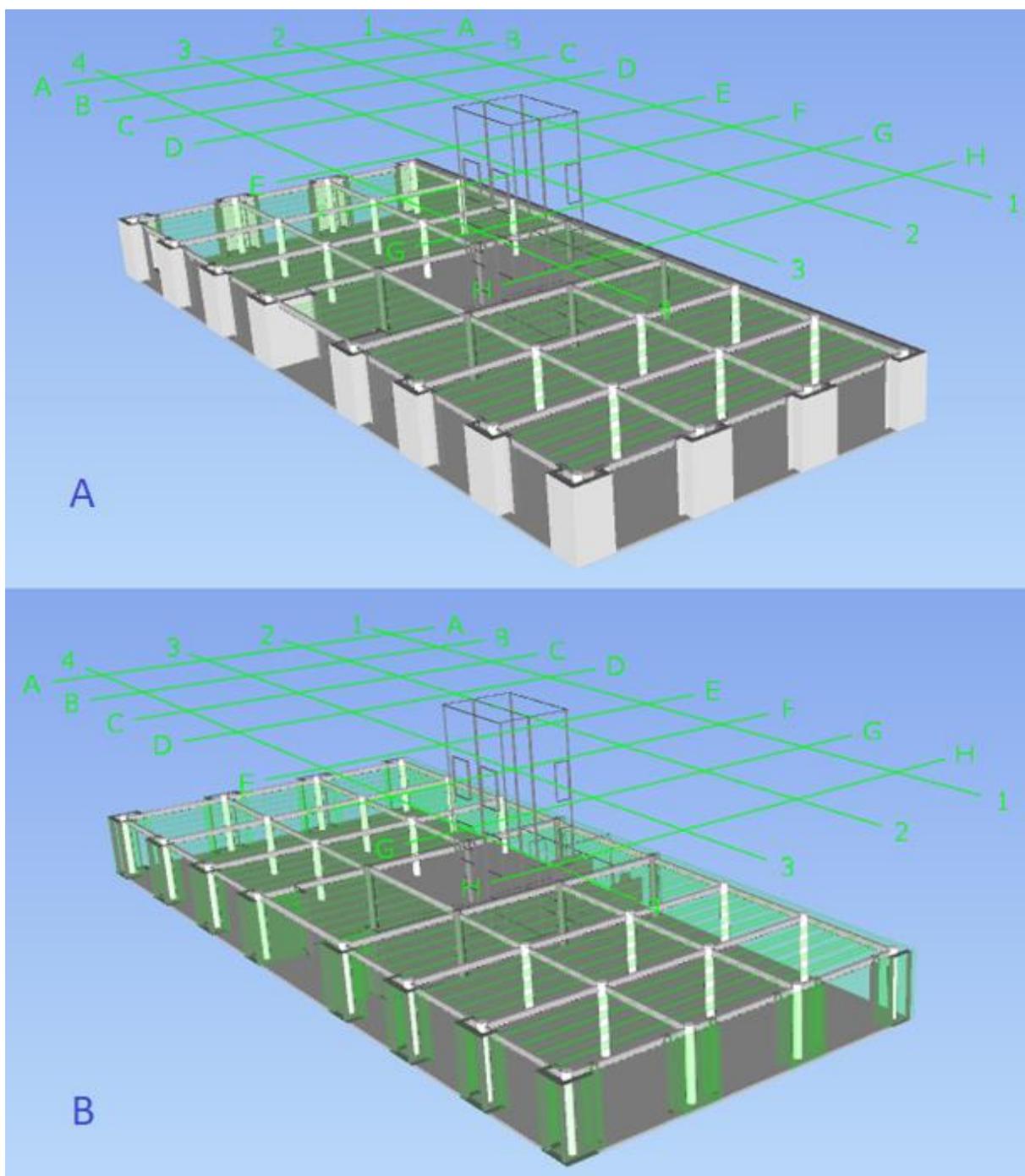
Figura 66 – Configuração da simulação do Timeliner no Navisworks.



Fonte: O autor (2023).

E então selecionando uma data para análise na simulação é possível alternar entre o cronograma desejado para ver o avanço real da obra em comparação com o planejado e poder assim tomar as decisões para a realização dos ajustes em obra para que não haja atrasos no caminho crítico, ocasionando assim o atraso geral da obra. A Figura 67 mostra a simulação de um comparativo do planejado e realizado para uma mesma data, 14/02/2012, em que pelo cronograma planejado terminava no dia 13/02/2012 enquanto o realizado foi terminado no dia 17/02/2012, portanto houve um atraso na execução da alvenaria do primeiro pavimento pelo cronograma real. Há também a possibilidade da criação de animações que mostram as diferenças entre os cronogramas que podem servir para apresentação nas reuniões com as partes interessadas e também subempreiteiros contratados para a realização dos serviços.

Figura 67 – Comparação entre planejado (A) e realizado (B) através do modelo 3D no Navisworks.



Fonte: O autor (2023).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fica evidenciado que com a utilização das ferramentas e métodos recomendados, há uma maior probabilidade de acerto na execução dos serviços realizados pela incorporadora. A falta de um planejamento prévio leva a uma grande carga de retrabalho acarretando custos e atrasos não previstos.

A experiência em obra nem sempre é suficiente para a sua gestão como um todo. Ao se aumentar o grau de complexidade, principalmente para obras de grande porte, os detalhes se tornam muitos, e é comum haver um deslize em algum momento que pode trazer consequências indesejadas. Por isso é importante seguir os relatórios que podem ser extraídos através das boas práticas apresentadas neste trabalho. Eles servirão como guia para a execução das tarefas e seu acompanhamento tanto em relação à custos, como qualidade e prazo, melhorando a entrega do produto final para o cliente.

A geração de documentos traz maior segurança e rastreabilidade das informações, além de poder comunicar melhor com as partes envolvidas. A utilização do BIM é um diferencial que torna este processo simplificado devido à quantidade de informações que é possível extrair dos modelos 3D e após a incorporação do tempo e custo, têm-se os modelos 4D e 5D, em que a velocidade com que o BIM processa suas informações dão apoio a uma melhor tomada de decisão nas horas críticas.

Apesar das dificuldades iniciais da implementação do BIM, os benefícios possíveis, quando bem aplicado, superam essas adversidades e trazem maior tecnologia de gestão para a empresa. A maturidade BIM ganha força com o passar do tempo após sua utilização e traz cada vez mais vantagens. Portanto as empresas que não optarem pela sua implantação estarão defasadas tecnologicamente. Já existem inúmeros dispositivos como drones, óculos de realidade virtual e realidade aumentada que estão integradas com o BIM. A tendência é que essas tecnologias se tornem cada vez mais viáveis para poderem ser utilizadas em grande escala. A diminuição do papel e aumento da automação por esses dispositivos tornarão as atividades ainda menos dispendiosas.

5 CONCLUSÃO

A metodologia BIM não é mais uma tecnologia do futuro. Ela já está presente em todo o mundo, principalmente nos países pioneiros em sua adoção. O Brasil não pode ficar para trás e deve incentivar a sua adoção o mais rápido possível.

A integração do BIM com os outros softwares de gestão proporciona uma maior simplicidade no processo de gestão de uma edificação. Além dos usos apresentados neste trabalho como compatibilização de projetos, orçamento e planejamento de obras, além do monitoramento e controle, existem uma infinidade de possíveis usos da tecnologia. Com o passar do tempo outras possibilidades surgirão. Então é necessário adequar-se, para tomar proveito seus benefícios, por mais que inicialmente se tenha uma mudança de paradigmas nos processos realizados, onde é necessária uma dedicação extra para o seu bom funcionamento.

Enquanto a empresa em estudo apresentava um nível de maturidade BIM praticamente zero, com a utilização de práticas ultrapassadas, através da pesquisa para realização deste trabalho, foram mapeados os processos que deverão ser utilizados pela empresa e que darão suporte para a implantação destes novos processos com a utilização do BIM, trazendo maior assertividade na elaboração do orçamento e planejamento de obra. A eliminação de incompatibilidades antes do início das obras traz a segurança maior, além do acompanhamento do modelo 3D durante a obra, que facilita a visualização do que está a ser realizado. Portanto, após um planejamento inicial bem elaborado, que é a etapa onde deve ser gasta a maior quantidade de energia, só restará o controle e monitoramento para ter certeza de que tudo saia como foi ensaiado.

Todo esse esforço traz frutos que as empresas sempre estão atrás, diminuição do retrabalho, diminuindo custos e prazos. Além da real possibilidade de cumprir as metas de custos e prazos definidos inicialmente. Tudo isso, claro, sempre visando a qualidade dos processos e produto, com o aperfeiçoamento contínuo, através da análise de tudo que é realizado, tentando identificar possíveis erros e agindo para sua correção, e também saber onde está acertando, para que se propague nas demais atividades. Ganha todas as partes envolvidas, além da satisfação do cliente, que com certeza terá um produto com maior qualidade e tecnologia que o restante do mercado.

REFERÊNCIAS

- AECWEB. **AECweb**. 2021. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-o-bim-4d-transforma-o-planejamento-de-construtoras-e-incorporadoras/21205>. Acesso em: 01 mai. 2023.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **A Implantação de Processos BIM**: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2017.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção**: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2017.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Processo de Projeto BIM**: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2017.
- ALBERTIN, M. R. e PONTES, H. L. J. **Gestão de processos e técnicas de produção enxuta**. 1ª Ed. Curitiba : InterSaberes, 2016.
- ALTOQI. **AltoQI**. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/os-processos-de-compatibilizacao-de-projetos-na-construcao-civil/>. Acesso em: 11 mai. 2023.
- AMORIM, S. R. L. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. 1ª Ed. Rio de Janeiro : LTC, 2021.
- AMORIM, S. R. L. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro : LTC, 2023.
- ASBEA. Associação brasileira dos escritórios de arquitetura. **Guia BIM Fascículos 1 e 2**, 2015. Disponível em: <https://www.asbea.org.br/downloads/>. Acesso em: 01 mai. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 19650-1: Organização da informação acerca de trabalhos da construção — Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção Parte 1: Conceitos e princípios**. Rio de Janeiro, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 21500: Gerenciamento de projeto, programa e portfólio - Contexto e conceitos**. Rio de Janeiro, 2021.
- BIBLUS. **Biblus**. 2022. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/lod-e-loin-no-bim-o-que-sao-e-para-que-servem/>. Acesso em: 01 mai. 2023.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. 2ª Ed. Rio de Janeiro : LTC, 2021.

BIM DICTIONARY. **BIM Dictionary**. 2023. Disponível em: <https://bimdictionary.com/>. Acesso em: 01 mai. 2023.

BIM FORUM. **BIM Forum**. 2022. Disponível em: <https://bimforum.org/survey001/>. Acesso em: 01 mai. 2023.

BIM FORUM. **BIM Forum**. 2020. Disponível em: https://bimforum.org/wp-content/uploads/2022/06/BIMForum_LOD-Spec-2020.zip. Acesso em: 01 mai. 2023.

BIM FRAMEWORK. **BIM Framework**. 2016. Disponível em: <https://www.bimframework.info/2016/03/model-uses-taxonomy.html>. Acesso em: 01 mai. 2023.

BIM THINKSPACE. **BIM Thinkspace**. 2015. Disponível em: <https://www.bimthinkspace.com/2015/09/episode-24-understanding-model-uses.html>. Acesso em: 01 mai. 2023.

BPM CBOK. **Guia para o gerenciamento de processo de negócio corpo comum de conhecimento ABPMP BPM CBOK V3.0**. 1ª Ed. Brasil, 2013.

BRASIL. **Estratégia BIM BR**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2023.

BRASIL. **Ministério da Economia**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/mdic/competitividade-industrial/comite-estrategico-de-implementacao-do-bim-ce-bim>. Acesso em: 01 mai. 2023.

CALÔBA, G. e KLAES, M. **Gerenciamento de projetos com PDCA – Conceitos e técnicas para planejamento, monitoramento e avaliação do desempenho de projetos e portfólios**. 1ª Ed. Rio de Janeiro : Alta Books, 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras / Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. – Brasília: CBIC, 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Implementação BIM - Parte 2: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras / Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. - Brasília: CBIC, 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Colaboração e integração BIM - Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras / Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. - Brasília: CBIC, 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fluxos de trabalho BIM - Parte 4: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras / Câmara Brasileira da Indústria da Construção.** - Brasília: CBIC, 2016.

CARVALHO, M. T. e MARCHIORI, F. **Conhecendo o orçamento de obras – Como tornar seu orçamento mais real.** 1ª Ed. Rio de Janeiro : LTC, 2019.

CENÁRIO CONSTRUTIVO BRASILEIRO. **Cenário Construtivo Brasileiro.** 2021. Disponível em: <https://www.cenarioconstrutivo.com.br/>. Acesso em: 01 mai. 2023.

CRUZ, C. e RIBEIRO, U. **Metodologia científica.** 2ª ed. Rio de Janeiro : Axcel Books do Brasil Editora, 2004.

DESKGRAPHICS. **DeskGraphics.** 2021. Disponível em: <https://blog.deskgraphics.com.br/do-3d-ao-8d-conheca-as-dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 11 mai. 2023.

EXPERT SYSTEM. **Expert System.** 2023. Disponível em: <https://www.expertsystem.com.br/solucoes/volare>. Acesso em: 01 mai. 2023.

FIA. **Fia.** 2020. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/tecnologia-na-construcao-civil/>. Acesso em: 11 mai. 2023.

GASPAR, J. A. M. **O significado atribuído a BIM ao longo do tempo.** Campinas, SP : [s.n.], 2019.

GASPAR, J. A. M. e RUSCHEL, R. C. **A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo**, p. 423-430. São Paulo : Blucher, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª Ed. São Paulo : Atlas, 2002.

GONÇALVES, J. E. L. e GOMES, C. A. **A tecnologia e a realização do trabalho.** Revista de Administração de Empresas. v. 33, n. 1, p. 106-121. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/vpBmThDT7Prh657SzxmKxNb/?format=pdf>. Acesso em 01 mai. 2023.

GRAU DE MATURIDADE BIM NO BRASIL. **Grau de maturidade BIM no Brasil.** 2022. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/resultado-da-pesquisa-de-maturidade-bim-no-brasil/>. Acesso em: 01 mai. 2023.

LEITE, F. L. **BIM for design coordination: a virtual design and construction guide for designers, general contractors, and subcontractors.** First edition. Hoboken : Wiley, 2019.

LUDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: Abordagens quantitativas.** 1ª Ed. São Paulo : EPU, 1986.

MANZIONE, L.; MELHADO, S. e JÚNIOR, C. L. N. **BIM e inovação em gestão de projetos de acordo com a Norma ISO 19650.** 1ª Ed. – Rio de Janeiro : LTC, 2021.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**. 2ª Ed. São Paulo : Oficina de Textos, 2019.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. 2ª Ed. São Paulo : Oficina de Textos, 2019.

MESSNER, J.; ANUMBA, C.; DUBLER, C.; GOODMAN, S.; KASPRZAK, C.; KREIDER, R.; LEICHT, R.; SALUJA, C. e ZIKIC, N. (2019). **BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.2. Computer Integrated Construction Research Program**, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, August, Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em: 01 mai. 2023.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; LIMA, E. P.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; SOUSA, R.; COSTA, S. E. G. e PUREZA, V. **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. 1ª Ed. Rio de Janeiro : Elsevier, ABEPRO, 2012.

NBS. **National Building Specification**. 2014. Disponível em: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>. Acesso em: 01 mai. 2023.

PMI. Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. 6ª Ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.

PRADELLA, S.; FURTADO, J. C. e KIPPER, L. M. **Gestão de processos – Da teoria à prática**. 1ª Ed. São Paulo : Atlas, 2016.

PSU. **PennState College of Engineering**. Disponível em: <https://bim.psu.edu/downloads/>. Acesso em: 11 mai. 2023.

SACKS, R.; EASTMAN, C.; LEE, G. e TEICHOLZ, P. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 3ª Ed. – Porto Alegre : Bookman, 2021.

SANTOS, E. T. **BIM – Building Information Modeling: um salto para a modernidade na aplicação da Tecnologia da Informação à Construção Civil**, 2012.

SILVA, L. C. **Gestão e melhoria de processos – Conceitos, técnicas e ferramentas**. 1ª Ed. Rio de Janeiro : Brasport, 2015.

SUCCAR, B. e KASSEM, M. **Building Information Modelling: Point of Adoption**, 2016.

SUZUKI, R. T. e SANTOS, E. T. Planejamento 4D no brasil: levantamento orientado à percepção de resultados pelos diversos “stakeholders” da construção. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais do VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção - TIC2015 [=ANTAC e Blucher Engineering Proceedings]**. Porto Alegre: ANTAC, 2015.

VALENTE, A. C. C. e AIRES, V. M. **Gestão de projetos e lean construction – Uma abordagem prática e integrada**. 1ª Ed. Curitiba : Appris, 2017.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 2ª ed. São Paulo : Atlas, 1998.

XAVIER, C. M. S.; XAVIER, L. F. S. e MELO, M. **Gerenciamento de projetos de construção civil – Uma adaptação da metodologia basic Methodware**. 1ª Ed. Rio de Janeiro : Brasport, 2014.