

## 4D E 5D: INTEGRANDO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO EM PROJETOS

BRANDÃO, Lucas E. R.<sup>1</sup>  
FERRAGUT, Pedro H. C.<sup>2</sup>  
JUNIOR, Helio F.<sup>3</sup>

Universidade São Francisco  
[lucasrbrandao00@gmail.com](mailto:lucasrbrandao00@gmail.com)

<sup>1</sup>Lucas Eduardo Ramires Brandão, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Itatiba - SP;

<sup>2</sup>Pedro Henrique Couto Ferragut, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Itatiba - SP;

<sup>3</sup>Orientador Professor Mestre Helio Françaço Junior, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba - SP.

**Resumo:** Este trabalho busca fornecer uma análise aprofundada sobre as aplicações e a relevância do *Building Information Modeling* (BIM) no contexto da construção civil, apresentando uma visão clara e acessível sobre o BIM 4D, que se concentra na dimensão temporal, permitindo a criação de modelos virtuais que incorporam o elemento do tempo. Além disso, os autores discutem a dimensão 5D do BIM que adiciona ao modelo informações de custos, proporcionando uma estimativa precisa do orçamento ao longo do ciclo de vida do projeto. Utilizando uma abordagem qualitativa, o artigo reforça a importância do BIM 4D e 5D na construção civil moderna, destacando como essas tecnologias permitem uma gestão mais eficaz do tempo e dos recursos financeiros, resultando em projetos mais eficientes e econômicos. Ao compartilhar informações detalhadas sobre o que é o BIM 4D e 5D, bem como como aplicá-los de maneira prática, o trabalho oferece um recurso valioso para profissionais da construção e estudantes que buscam aprimorar suas habilidades e conhecimentos nessa área essencial.

**Palavras-chave:** BIM, 4D, 5D, Tempo, Orçamento, Precisão, Tecnologia, Projeto.

### Introdução

Nos meandros da indústria da construção civil, a constante busca por otimização de processos, redução de custos e aprimoramento da qualidade tem sido um desafio incessante. Tradicionalmente, os projetos de construção eram concebidos em desenhos bidimensionais e planilhas de custos estáticos, muitas vezes resultando em atrasos, erros e custos excessivos. No entanto, à medida que as demandas por construções mais sustentáveis e eficientes aumentaram, novas abordagens e tecnologias surgiram para superar esses desafios e facilitar os processos da indústria.

Nesse contexto, emergem com destaque os conceitos revolucionários do *Building Information Modeling* (BIM), que segundo Eastman et al. (2021, p.1) “O BIM tornou-se um valiosíssimo facilitador de processos [...]. Com a tecnologia BIM modelos virtuais precisos de uma edificação são construídos de forma digital”. Esses modelos já foram um grande avanço em relação aos projetos bidimensionais apresentados anteriormente, mas ainda eram predominantemente estáticos, limitando-se apenas a aspectos espaciais e geométricos. No entanto, à medida que a indústria continua sua evolução, surge a necessidade de incorporar mais informações a este modelo. É neste ponto que entram os conceitos de BIM 4D e 5D, que representa um paradigma inovador, impulsiona a criação de modelos digitais tridimensionais a um novo patamar e a um novo modelo de informações para construção.

No âmbito do BIM 4D, a dimensão temporal é habilmente integrada, possibilitando a simulação precisa dos desdobramentos cronológicos de um projeto. Com essa visão prospectiva, torna-se viável antecipar gargalos, planejar recursos e evitar possíveis conflitos na execução das etapas construtivas. Além disso, o BIM 5D acrescenta à equação a dimensão financeira, efetivamente conectando informações orçamentárias ao modelo digital. Com isso, a gestão de custos se torna mais controlada e transparente, minimizando riscos de estouro orçamentário e maximizando a eficiência financeira.

A construção civil, como um dos pilares fundamentais de desenvolvimento e infraestrutura de uma sociedade, molda o ambiente em que vivemos e trabalhamos. Atrasos e problemas em projetos podem resultar em transtornos generalizados para comunidades, além de gerar desperdício de recursos valiosos. A incorporação inteligente do BIM 4D e 5D na construção civil pode potencialmente mitigar esses desafios, promovendo uma execução mais eficaz e eficiente dos projetos. Dessa forma, as tecnologias BIM 4D e 5D transcendem os benefícios meramente operacionais, reverberando positivamente em esferas sociais mais amplas, ao promoverem o uso responsável de recursos, o cumprimento de prazos e a concretização de empreendimentos construtivos que atendam às demandas da sociedade contemporânea.

Neste artigo, exploraremos em detalhes o mundo do BIM 4D e 5D, examinando como essas dimensões adicionais revolucionaram a forma de como os projetos de construção são gerenciados e executados. À medida que avançamos na era da construção digital, o BIM 4D e 5D se tornam ferramentas essenciais para alcançar projetos mais eficientes, econômicos e sustentáveis, tornando-se, assim, uma parte indispensável do arsenal de qualquer profissional envolvido na indústria da construção.

## **Contextualização**

### *O que é: BIM*

O *Building Information Modeling* (BIM) é uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir e analisar modelos de construção (EASTMAN ET AL., 2021, p.14) . Ou seja, é uma evolução das tecnologias que são utilizadas no desenvolvimento de um projeto. Onde na realidade, o objetivo principal é alcançar uma prática de projeto integrada, na qual todos os participantes da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) coordenam seus esforços para criar um "modelo único" de edifício. A adoção de uma abordagem baseada em BIM pode desempenhar um papel crucial na melhoria das fases de projeto, ajudando na geração de propostas alinhadas com as necessidades dos clientes, na integração dos diferentes projetos e na redução do tempo e dos custos da construção. Ainda de acordo com Eastman et al. (2021, p.16),

O BIM está levando o setor da construção do nível atual - a automação de tarefas de processos de projeto, [...] a um fluxo de trabalho integrado e interoperável, no qual essas tarefas são reunidas em um processo coordenado e colaborativo que aproveita ao máximo os recursos de computação, a comunicação *web* e a agregação de dados na captura de informações e conhecimentos. [...] A fim de gerenciar o ambiente construído dentro de um processo de decisão replicável e verificável que reduz o risco e melhora a qualidade das ações e produtos em todo o setor da construção.

A metodologia BIM possui duas características marcantes que a torna diferente dos métodos tradicionais: a modelagem paramétrica e a interoperabilidade.

## *Modelos Paramétricos*

Os modelos paramétricos são representações digitais de um projeto de construção que incorporam parâmetros e regras específicas. Em outras palavras, esses modelos não são apenas objetos estáticos em 3D, mas também incluem informações sobre como esses objetos interagem e se comportam com base em variáveis específicas.

Para Eastman et al. (2021, p.17), objetos paramétricos consistem em definições geométricas com dados e regras associadas onde modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas em um modelo de construção ou quando as modificações são feitas nos objetos. As regras dos objetos podem identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto no que diz respeito a tamanho ou construtibilidade. Ou seja, ao invés de apenas desenhar uma parede estática, pode-se criar um modelo paramétrico da parede. Nesse modelo, são atribuídos parâmetros ao objeto (parede), tais como: a altura, a largura, o tipo de material, a espessura e outros detalhes relacionados.

Com isso, tem-se grandes vantagens, como por exemplo, a flexibilidade, pois modelos paramétricos são facilmente ajustados no projeto, como mudar a altura da parede ou o tipo de material, e o modelo se ajusta automaticamente (plantas, cortes, elevações, quantitativo, etc.) de acordo com as regras definidas. Economizando tempo e reduzindo erros.

Os modelos paramétricos podem ser usados para análises avançadas, como simulações de desempenho energético, detecção de conflitos e estimativas de custos, pois todas as informações necessárias estão incorporadas ao modelo. E por último, ajudam a manter a consistência em todo o projeto, uma vez que qualquer alteração feita em um componente afeta automaticamente todos os outros relacionados, garantindo que todas as partes do projeto estejam sempre alinhadas.

## *Interoperabilidade*

A interoperabilidade é um conceito fundamental no BIM e se refere à capacidade dos diferentes softwares, sistemas e disciplinas trabalharem juntos de forma eficaz, compartilhando informações de maneira precisa e consistente em todo o ciclo de vida de um projeto de construção. Para Eastman et al. (2021, p.85) em outras palavras, é a capacidade de troca de dados entre aplicações, o que estabiliza os fluxos de trabalho e, por sua vez, facilita sua automação, onde diferentes partes envolvidas em um projeto de construção (arquitetura, estrutura, hidráulica, elétrica, paisagismo) se comunicam e colaboram sem problemas, independentemente das ferramentas ou plataformas que estão usando.

Um dos principais desafios da interoperabilidade é o uso de padrões e formatos de dados diferentes utilizados por cada software e sistema. Cada disciplina de engenharia pode usar softwares específicos, o que torna a integração desses sistemas um desafio adicional. A evolução constante da tecnologia e dos softwares também pode afetar a interoperabilidade, exigindo atualizações e adaptações.

Para melhorar a interoperabilidade, algumas estratégias incluem o uso de padrões de dados abertos, como o IFC (*Industry Foundation Classes*) que é um esquema desenvolvido para definir um conjunto extensivo de representações de dados consistentes de informações da construção para intercâmbio entre aplicações de *softwares* de AEC (EASTMAN ET AL., 2021, p.100), que permitem que diferentes sistemas compreendam e compartilhem informações de maneira mais eficaz. Segundo Khemlani (2004), o IFC foi projetado para tratar todas as informações da construção, ao longo de todo seu ciclo de vida, desde a viabilidade e planejamento, até a operação.

O uso de plataformas BIM colaborativas que centralizam todas as informações e permitem a colaboração de várias disciplinas também pode melhorar a interoperabilidade.

Além disso, a capacitação das equipes envolvidas no projeto para usar as ferramentas e sistemas BIM adequadamente é fundamental.

Os benefícios da interoperabilidade são significativos, incluindo economia de tempo e dinheiro devido à redução da duplicação de esforços, maior qualidade do projeto devido à prevenção de erros e discrepâncias e uma melhor capacidade de gerenciar e manter o edifício durante sua fase de operação.

### *Nível de Detalhamento (LOD)*

O nível de detalhamento ou *Level Of Development (LOD)*, é uma referência que possibilita que os agentes atuantes na indústria da construção civil especifiquem e articulem, com clareza, os conteúdos e níveis de confiabilidade de modelos BIM, nos vários estágios do processo de projeto e construção (CBIC, 2016). Essa abordagem permite que todas as partes envolvidas compreendam o que esperar em termos de informações e precisão em cada estágio do projeto.

Segundo a CBIC (2016) os principais objetivos do LOD, é ser utilizado como referência para que as equipes, até mesmo o proprietário, possa especificar o que deve ser incluído nos entregáveis. Além disso, podem servir como padrão para serem referenciados em contratos e planejamentos de trabalhos.

Cada LOD tem um papel específico no ciclo de vida do projeto, desde a concepção até a operação e manutenção do edifício. É importante que as partes envolvidas definam claramente qual LOD é necessário em cada fase do projeto, para que as equipes possam direcionar os esforços de modelagem e a garantir que os objetivos do projeto sejam atendidos de forma eficaz. Aqui estão os principais níveis de detalhamento:

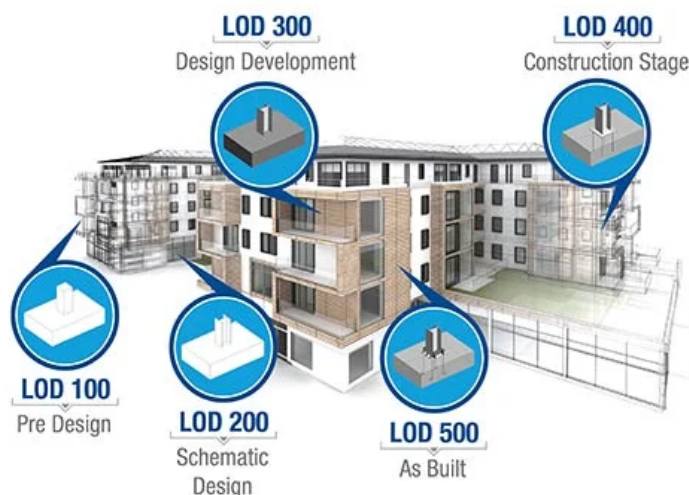


Figura 1: LOD demonstrado em uma edificação  
Fonte: True Cadd (2023)

- **LOD 100 | Conceitual:** Neste nível, o modelo BIM é bastante simplificado e geralmente consiste em representações geométricas muito básicas dos elementos, como blocos ou volumes simples. É usado nas fases iniciais do projeto para comunicação de ideias gerais e conceitos.
- **LOD 200 | Esquemático:** O modelo BIM começa a se tornar mais detalhado. Os elementos são representados com maior precisão, embora ainda possam ser simplificados. O LOD 200 é usado para desenvolver o design conceitual em um design esquemático mais específico.

- **LOD 300 | Design:** Bastante detalhado e preciso. Elementos como paredes, portas, janelas e sistemas são modelados com informações precisas sobre dimensões, materiais e localização. O LOD 300 é usado para o desenvolvimento completo do projeto de construção.
- **LOD 400 | Construção:** O modelo BIM inclui informações detalhadas para a construção física. Isso pode incluir detalhes de fabricação, informações sobre como os elementos se encaixam e até mesmo informações para a fabricação de componentes. Este nível é usado durante a fase de construção real do projeto.
- **LOD 500 | As-Built:** Representa o modelo BIM conforme construído, ou seja, ele reflete com precisão a condição física real do edifício após a conclusão. É usado para documentar o estado final do projeto e serve como base para a operação, manutenção e reformas futuras.

Em suma, ao fornecer uma referência clara para especificar entregáveis BIM, estabelecer padrões contratuais e garantir a confiança nas informações incorporadas nos modelos, o LOD promove uma comunicação mais eficaz entre todas as partes envolvidas. Além disso, a distinção entre os diferentes níveis de detalhamento, desde o conceitual até o as-built, assegura que a modelagem e o desenvolvimento do projeto sejam direcionados de maneira a atender aos objetivos do projeto de forma eficiente e precisa. Portanto, compreender e aplicar adequadamente os LOD's é essencial para o sucesso e a qualidade de um projeto BIM, desde sua concepção até a fase de operação e manutenção.

### **Fundamentação teórica:**

#### *Integração de Planejamento no Contexto do BIM 4D*

Segundo Eastman et al. (2021, p.228), “a utilização da tecnologia BIM na construção traz grandes vantagens, que poupam tempo e dinheiro. Um modelo preciso da edificação beneficia a todos os membros da equipe do empreendimento. O BIM permite um melhor planejamento dos processos construtivos e reduz as chances de erros e conflitos”. O BIM em seu contexto de planejamento (4D) engloba diversas funcionalidades essenciais para abranger todo o ciclo de vida de um projeto, estabelecendo os fundamentos para uma abordagem inovadora na concepção, construção e gerenciamento. Quando implementado de maneira adequada, ele promove uma integração mais eficiente no processo de projeto e construção, resultando em empreendimentos de qualidade superior, ao mesmo tempo em que reduz custos e prazos.

Enquanto o BIM tradicional se concentra apenas na criação de modelos digitais tridimensionais que representam informações detalhadas sobre elementos de construção, como geometria, materiais e propriedades. O BIM 4D faz uma adição da dimensão tempo ao modelo. Em um modelo 4D, o cronograma de construção é vinculado aos objetos BIM, representados em 3D, permitindo a visualização da construção sequencial da edificação (EASTMAN ET AL., 2021, p.247).

A principal vantagem das ferramentas BIM 4D é a capacidade de visualizar o projeto e seu progresso ao longo do tempo. Isso pode ser feito por meio de animações ou gráficos que mostram como o projeto se desenvolverá desde o início até a conclusão. Como Eastman et al. (2021, p.228) explica, “essas 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, [...] a identificação 4D pode detectar conflitos entre objetos permanentes e temporários, sejam eles estáticos ou móveis (como guias e caminhões)”, como podemos ver na figura 2.

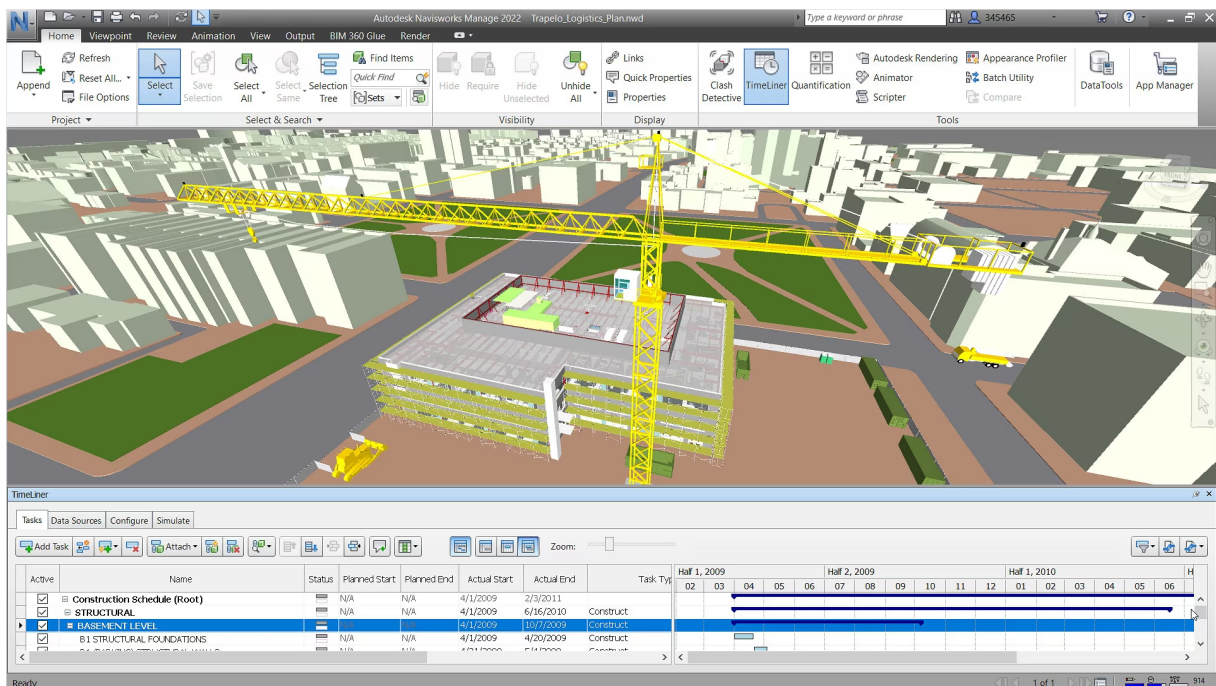


Figura 2: Simulação do projeto - utilização da grua para transporte de material na obra  
Fonte: Autodesk (2023)

Além disso, o BIM 4D permite o acompanhamento em tempo real do progresso do projeto em relação ao cronograma original. Isso ajuda a identificar desvios no cronograma e tomar medidas corretivas oportunas. A colaboração entre as partes envolvidas no projeto é aprimorada, pois todos têm acesso a uma visão compartilhável do cronograma de construção. Pensando nos gerentes do empreendimento podem facilmente comparar diferentes programações e identificar rapidamente se o projeto está em dia ou atrasado (EASTMAN ET AL., 2021, p.250), mesmo sem o conhecimento total sobre o assunto.

A modelagem 4D potencializa a visão geral do plano proposto devido à sua representação espacial, a qual consegue simular o real andamento das atividades e sequências, o que é inviável através das técnicas tradicionais (BRITTO, 2014). Assim, dando uma ampla visão sobre o projeto para estudo do melhor método construtivo, melhor forma de montar e estruturar o canteiro e recebimento de materiais, entre outros.

De acordo com Mattos (2010), alguns dos benefícios do planejamento em BIM 4D, é a detecção de situações desfavoráveis, permitindo que o gerente da obra tome as devidas providências a tempo com uma certa agilidade. Ter o cronograma desenvolvido se transforma numa ferramenta de acompanhamento tanto de prazos quanto de metas. Por gerar registros escritos a periódicos, a documentação e rastreabilidade propicia uma história da obra podendo se transformar em estudo para futuras melhorias.

Ao iniciar o planejamento de uma construção, deve-se seguir um fluxo para o mapeamento e planejamento das tarefas que serão necessárias no decorrer da obra. Segundo Mattos (2010), os seguintes passos do roteiro para a elaboração do planejamento são: Identificação das atividades; definição das durações; definição da precedência; montagem do diagrama de rede; e a geração do cronograma (Gantt) e cálculo de folgas. A seguir veremos o significado de cada etapa e o processo de criação de um planejamento.

- **Identificação das tarefas:** Envolve a identificação das tarefas que serão incluídas no cronograma da obra. Uma maneira prática de identificar essas tarefas é através da elaboração da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), que é uma estrutura



hierárquica em níveis, usada para decompor a obra em pacotes de trabalho progressivamente menores. A EAP pode ser apresentada de três maneiras diferentes: no formato de árvore, no formato analítico e como um mapa mental.

- **Definição das durações:** A duração é a quantidade de tempo em horas, dias, semanas ou meses necessária para concluir a atividade. A duração está diretamente relacionada com a quantidade de trabalho, a produtividade e a alocação de recursos.
- **Definição da precedência:** Também chamado de precedência, é a ordem em que as atividades são realizadas. A sequência é a relação de dependência entre as atividades, determinando a ordem em que elas ocorrem com base na metodologia de construção da obra. Ao analisar as especificidades dos serviços e a ordem das operações, o planejador define como as atividades se relacionam umas com as outras, estabelecendo a estrutura lógica do cronograma. As relações de dependência entre as atividades podem ser de quatro tipos: término-início, início-início, término-término ou início-término.
- **Montagem do diagrama de rede:** O diagrama de rede oferece uma representação clara do relacionamento entre as atividades e serve como base para o cálculo do caminho crítico e das margens de tempo, utilizando a técnica PERT/CPM. Existem dois métodos amplamente utilizados para a construção do diagrama de rede: o método das setas e o método dos nós. Ambos os procedimentos são bastante semelhantes, ambos identificam o caminho crítico e fornecem informações sobre as margens de tempo de cada atividade do planejamento.
- **Geração do cronograma (Gantt) e cálculo de folga:** O gráfico de Gantt é uma representação simples onde as atividades estão listadas à esquerda, enquanto suas respectivas barras são desenhadas à direita em uma escala de tempo. O comprimento da barra representa a duração da atividade, e as datas de início e término podem ser lidas nas subdivisões da escala de tempo. Atividades que não estão no caminho crítico têm margens de tempo. As datas de início e término das atividades podem variar dentro do prazo total alocado para cada uma, de acordo com o planejado.

O processo de planejamento de uma obra é uma etapa crucial para o sucesso do empreendimento. Seguindo os passos delineados por Mattos (2010) a utilização da Estrutura Analítica do Projeto (EAP) facilita a identificação das tarefas, enquanto a definição das durações e precedências estabelece um plano temporal claro. O diagrama de rede, por sua vez, proporciona uma melhor visualização das relações entre as atividades, permitindo a identificação do caminho crítico. Por fim, o cronograma Gantt e o cálculo de folgas fornecem uma representação clara do andamento do projeto, possibilitando ajustes e otimizações conforme necessário. Ao seguir esse roteiro de planejamento, os gestores de obras podem aumentar a eficiência, reduzir os riscos e assegurar a conclusão bem-sucedida do empreendimento.

### *Integração Orçamentária no Contexto do BIM 5D*

A quinta dimensão, ou BIM 5D, incorpora a gestão de custos e cronogramas diretamente aos modelos BIM. Isso significa que, além de visualizar e analisar a geometria e as características dos elementos de construção em um ambiente digital, o BIM 5D permite que as equipes de projeto e construção integrem informações de custo e prazo em tempo real, promovendo uma abordagem mais holística e eficaz para a construção e gerenciamento de projetos.

De acordo com Limmer (1997), o orçamento é caracterizado como a estimativa dos custos necessários para a execução de um projeto. A elaboração de um orçamento é fundamental para um planejamento eficaz, pois é com base nele que o êxito de qualquer empreendimento na construção de edifícios é alcançado.

Os orçamentos para obras de construção civil atinam ao levantamento da quantidade de serviços, insumos e seus respectivos preços unitários e os preços globais do investimento, que devem ser apresentados em planilhas onde demonstra a descrição dos serviços com suas respectivas unidades de medidas e quantidades, composição dos preços unitários envolvendo materiais, equipamentos e mão-de-obra, preço unitário de cada serviço e, preferencialmente, o valor total por item e o valor global da obra (COELHO, 2001).

O método utilizado para determinar o custo da construção está associado ao nível de detalhamento do projeto, ao prazo disponível para análise e à finalidade pretendida. No entanto, esses métodos geralmente se baseiam em dados históricos de projetos anteriores, que incluem as estruturas de custos, as quantidades de materiais e as correlações entre as variáveis geométricas (PARISOTTO, 2003).

A importância da estimativa da quantidade de serviços no projeto proporciona a base para a avaliação abrangente da função da gestão de custos dentro de uma equipe de projeto (MATIPA, 2008). O cálculo da quantidade de serviços pode ser realizado tanto manualmente quanto digitalmente, dependendo da preferência e das ferramentas disponíveis para o estimador. As abordagens convencionais para calcular a quantidade de serviços incluem a medição de todos os elementos de uma construção, geralmente usando uma escala. Esse método pode ser bastante trabalhoso, especialmente ao transferir as medições para um arquivo, e é fundamental verificar com precisão para garantir a exatidão (ALDER, 2006). Os modelos BIM contêm elementos que podem ser facilmente contabilizados, e suas áreas e volumes podem ser calculados quase que imediatamente.

Dentre vários aspectos em que a utilização do BIM facilita para extrair o quantitativo, é válido destacar alguns pontos, sendo eles: visão tridimensional que facilita a compreensão. A lista de materiais ou lista paramétrica estão disponíveis e associadas aos objetos no modelo, podendo ser ajustadas para exibir automaticamente os parâmetros dos objetos no modelo, incluindo quantidades e dimensões atualizadas. E com a visualização instantânea da estrutura de custos é possível avaliar áreas onde são possíveis grandes melhorias;

Conforme o PMI - Project Management Institute, o gerenciamento dos custos do projeto inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativas, orçamentos, financiamentos, gerenciamento e controle dos custos, de modo que o projeto possa ser terminado dentro do orçamento aprovado. A seguir podemos ver as definições dos processos descritos pelo PMI:

- **Planejar o gerenciamento dos custos** é o processo de estabelecer as políticas, os procedimentos e a documentação para o planejamento, gestão, despesas e controle dos custos do projeto.
- **Estimar os custos** é o processo de desenvolvimento de uma estimativa de custos dos recursos monetários necessários para terminar as atividades do projeto.
- **Determinar o orçamento** é o processo de agregação dos custos estimados de atividades individuais ou pacotes de trabalho para estabelecer uma linha de base dos custos autorizada.
- **Controlar os custos** é o processo de monitoramento do andamento do projeto para atualização no seu orçamento e gerenciamento das mudanças feitas na linha de base de custos.

Segundo (Andrade, 1996; Araújo, 2003), é possível destacar alguns tipos de orçamento, dentre eles, o *Convencional*, feito a partir de composições de custo, dividindo os serviços em partes e orçado por unidade de serviço. O *Executivo*, como o próprio nome já diz, preocupa-se com os detalhes de como a obra será executada. Voltado para áreas de estudos de possibilidade, existe o orçamento *Paramétrico*, baseado na determinação de constantes de consumo dos insumos por unidade de serviço. E por último, o *Método pelas características de geometria*, onde baseia-se na análise de custos por elementos do edifício relacionando com alguma semelhança relativa de edifícios do mesmo tipo.

O mais comum e utilizado na construção civil é o convencional. Cabral (1988) define esse tipo de orçamento como:

“[...] um orçamento por partes, detalhado, definitivo, preciso, elaborado por quantificação direta podendo atender a várias finalidades, como por exemplo, para apresentação de propostas ou licitações, para análise de alternativas e tomada de decisão e para elaboração de projetos e execução.”

Primeiro, deve-se listar todos os serviços que serão necessários na obra para então elaborar o orçamento baseado em três variáveis que serão aplicadas aos serviços: quantitativo dos serviços, composição unitária dos serviços e preço dos insumos. De acordo com (Pini, 1999)

O quantitativo consiste no “levantamento das quantidades (áreas, volumes, perímetros, unidades) de serviços que compõem os projetos executivos, vinculados às respectivas especificações técnicas e critérios de medição.”

Uma composição unitária “é constituída pela definição da especificação do serviço a ser executado, sua unidade de medida e a identificação dos componentes a serem utilizados, ou seja, insumos (materiais, mão-de-obra e equipamentos) necessários à sua execução, associados às respectivas unidades e coeficientes de consumo para executar uma quantidade unitária do serviço.”

O preço dos insumos, por sua vez, é obtido através da elaboração de orçamentos com os preços do mercado, através de pesquisa com os fornecedores.

Contudo, a integração da quinta dimensão (BIM 5D) na gestão de projetos de construção representa um avanço significativo ao incorporar a administração de custos e cronogramas diretamente aos modelos BIM.

A utilização do BIM para estimativas de custos e planejamento de cronogramas oferece benefícios notáveis, desde a visualização tridimensional até a facilidade na extração de quantitativos, promovendo uma gestão mais eficaz dos recursos e uma maior precisão na execução das atividades. Além disso, a definição dos processos de gerenciamento de custos conforme as diretrizes do PMI e a consideração dos diferentes tipos de orçamentos oferecem um embasamento sólido para o planejamento e execução de projetos de construção bem-sucedidos. Ao integrar o BIM 5D nesse processo, os profissionais da construção civil podem não apenas visualizar e projetar, mas também gerenciar de forma eficiente os aspectos financeiros e temporais de seus projetos, resultando em empreendimentos mais eficazes e bem-sucedidos.

## **Aplicação do BIM 4D e 5D em Projetos**

### *Utilização dos Métodos BIM 4D e 5D*

A aplicação dos métodos 4D e 5D no contexto do BIM desempenha um papel integral em todas as fases de um projeto de construção, desde o projeto conceitual até as revisões de projeto. Segundo Eastman et al. (2021, p.186), a execução de um projeto utilizando a

metodologia BIM começa pela fase do **projeto conceitual**, onde a simulação de cronogramas e a estimativa de custos são fundamentais para estabelecer metas realistas e viáveis para o projeto. A capacidade do BIM 4D de criar uma representação visual do cronograma de construção permite uma compreensão clara das fases de execução e possíveis sobreposições de atividades, facilitando a identificação de possíveis atrasos e conflitos de agendamento. Ao mesmo tempo, o BIM 5D fornece uma estimativa inicial de custos que considera os materiais, mão de obra e outros recursos necessários para a execução do projeto.

Na fase de **análise, simulação e otimização**, o uso do BIM 4D permite a visualização do desenvolvimento do projeto ao longo do tempo, ajudando os *stakeholders* a compreender a evolução dos conceitos arquitetônicos e identificar possíveis desafios de implementação. A capacidade de simular a construção antes do início físico do projeto fornece insights valiosos sobre as sequências de trabalho e os requisitos de recursos, permitindo ajustes precisos no planejamento para otimizar a eficiência. Simultaneamente, o BIM 5D desempenha um papel crucial ao oferecer uma análise contínua de custos à medida que os conceitos de design são refinados, garantindo que as decisões de design levem em consideração os impactos financeiros e os requisitos orçamentários.

Durante a fase dos **modelos de edificação no nível da construção**, o BIM 4D possibilita a simulação precisa do progresso da construção, levando em consideração os detalhes técnicos e construtivos que podem afetar a execução do projeto. A capacidade de visualizar as diferentes etapas de construção em relação ao tempo facilita a detecção de conflitos de espaço, sobreposições de atividades e possíveis atrasos. Além disso, o BIM 5D contribui para a precisão das estimativas de custos, pois incorpora informações detalhadas sobre os materiais específicos, sistemas mecânicos e elétricos, bem como outros componentes do projeto. Isso permite uma análise detalhada dos custos envolvidos em cada fase do projeto, garantindo que o orçamento seja cuidadosamente gerenciado e os recursos sejam alocados de forma eficiente.

Durante a fase de **integração projeto e construção**, a integração do BIM 4D no acompanhamento do progresso da construção oferece uma visão clara das atividades em andamento e ajuda a identificar quaisquer desvios em relação ao cronograma planejado. A capacidade de simular a construção em tempo real permite uma resposta ágil a mudanças no campo, garantindo que o projeto avance de acordo com o planejado. Ao mesmo tempo, o BIM 5D desempenha um papel crucial no controle contínuo dos custos, permitindo que os gestores de projeto monitorem os gastos e façam ajustes conforme necessário para garantir que o projeto permaneça dentro do orçamento estabelecido.

Durante as fases de **revisão de projeto**, a implementação do BIM 4D é fundamental para o planejamento da manutenção preventiva e a gestão eficiente das instalações. A capacidade de simular as atividades de manutenção ao longo do tempo permite a programação eficaz das inspeções e reparos, garantindo o funcionamento suave e contínuo das instalações. Ao mesmo tempo, o BIM 5D fornece informações cruciais sobre os custos contínuos de operação e manutenção, permitindo que os proprietários e gerentes de instalações implementem estratégias de manutenção baseadas em dados para maximizar a vida útil dos ativos e minimizar os custos operacionais a longo prazo.

A integração desses métodos ao longo de todas as fases de um projeto em BIM resulta em um processo de construção mais eficiente, melhor controle de custos e uma gestão mais eficaz do ciclo de vida do projeto. O uso simultâneo do BIM 4D e 5D não apenas otimiza a eficiência operacional, mas também promove uma abordagem mais abrangente e integrada para a gestão de projetos de construção, garantindo a entrega de projetos de alta qualidade dentro dos prazos e orçamentos estabelecidos. Assim tendo um melhor desempenho e entrega ao cliente final.

## *Softwares e Ferramentas Utilizadas na Integração*

A seleção do software ideal para a integração de modelos BIM geralmente depende de uma série de fatores que podem variar de acordo com as necessidades específicas do projeto, a complexidade da estrutura e as preferências das equipes de projeto e construção.

Na arquitetura os softwares mais utilizados são o Revit da Autodesk e Archicad da Graphisoft. Permitem um rico detalhamento arquitetônico e diversos recursos de visualização 3D.

Na área estrutural, os dois softwares referência no mercado brasileiro são o TQS e o Eberick. Utilizados para dimensionamento e detalhamento, principalmente de concreto armado. Para os projetos de estruturas metálicas, o Tekla Structures é o predileto do mercado.

O AutoQI Builder é o favorito do mercado, no que diz respeito à disciplina de instalações. Nele pode-se dimensionar e detalhar projetos hidrossanitário, elétrico, fotovoltaico, preventivo de incêndio, SPDA, gás, cabeamento estruturado, climatização e alvenaria estrutural.

Como mencionado anteriormente, o ponto principal para se escolher o software se dá pela possibilidade de exportar os arquivos em IFC, para se compatibilizar em um único modelo.

Na etapa do BIM 4D, vários softwares e ferramentas específicas são utilizados para facilitar a simulação e o gerenciamento eficaz do cronograma de construção. Alguns dos softwares e ferramentas comumente utilizados nesta fase incluem:

1. **Navisworks Manage:** O Navisworks Manage é uma ferramenta poderosa que permite a visualização, revisão e coordenação de modelos BIM de várias disciplinas. Ele é frequentemente utilizado na etapa do BIM 4D para integrar informações de tempo e simular o progresso da construção, facilitando a identificação de conflitos de agendamento e sobreposições de atividades.
2. **Synchro PRO:** Software específico para o BIM 4D que permite a integração do modelo 3D com o cronograma de construção, proporcionando uma representação visual interativa do progresso da construção ao longo do tempo. Ele facilita a simulação precisa das atividades de construção e o sequenciamento de tarefas, permitindo uma melhor gestão e controle do cronograma.
3. **Ferramentas de Simulação BIM 4D:** Essas ferramentas são projetadas para integrar informações de tempo aos modelos BIM, permitindo a simulação dinâmica do progresso da construção em um ambiente virtual.
4. **Software de Gerenciamento de Projetos Integrados (IPM):** Alguns softwares de gerenciamento de projetos integrados oferecem recursos para a integração do BIM 4D, permitindo que os gerentes de projeto coordenem o progresso da construção com o planejamento e a execução das tarefas. Eles fornecem uma visão abrangente do cronograma de construção e facilitam a colaboração entre as equipes multidisciplinares.

Essas ferramentas e softwares desempenham um papel crucial na etapa do BIM 4D, permitindo a simulação e o gerenciamento eficaz do cronograma de construção. Ao integrar informações de tempo aos modelos BIM, essas ferramentas ajudam as equipes de projeto e construção a otimizar o planejamento, identificar possíveis problemas com antecedência e garantir a execução eficiente do projeto dentro dos prazos estabelecidos.

Durante a etapa do BIM 5D, que envolve a adição de informações de custo e orçamento, alguns dos softwares e ferramentas utilizados para facilitar a estimativa de custos e o gerenciamento eficaz do orçamento do projeto são:

1. **CostX**: Software de estimativa de custos que permite aos usuários extrair quantidades de materiais e realizar análises de custos com base nos modelos BIM 3D.
2. **Ferramentas de Estimativa de Custos do Revit**: Algumas extensões e complementos para o Revit oferecem recursos para a adição de informações de custo aos modelos BIM, permitindo a criação de estimativas preliminares de custos com base em elementos de construção específicos.
3. **Software de Estimativa de Custos BIM 5D**: Esses softwares são projetados para integrar informações de custo aos modelos BIM, permitindo a análise detalhada de custos ao longo de todo o ciclo de vida do projeto.

Além das ferramentas mencionadas acima, temos uma ferramenta que contempla os temporais (4D) e de gerenciamento de custos (5D), o AltoQi Visus é uma plataforma idealizada e desenvolvida para a gestão digital do empreendimento. Possui recursos que automatizam a orçamentação e planejamento de obras em BIM e promovem a colaboração. (ALTOQI, 2023)

A escolha do software no contexto da metodologia BIM é um aspecto crucial que varia de acordo com as necessidades específicas do projeto e as preferências das equipes envolvidas. No cenário atual, a tecnologia BIM desempenha um papel essencial na melhoria da eficiência e na otimização de recursos na indústria da construção, tornando a escolha do software apropriado um fator determinante para o sucesso de um projeto. Portanto, a seleção criteriosa de ferramentas e softwares é uma parte fundamental da implementação bem-sucedida do BIM em projetos de construção.

## Metodologia de pesquisa

A metodologia adotada enfatiza a aplicação prática de conceitos teóricos, visando a criação de um fluxograma que otimize a utilização das ferramentas BIM 4D e 5D. Para atingir esse objetivo, conduziu-se um estudo em torno de um projeto fictício, detalhando cada etapa desde a concepção do modelo 3D até a obtenção do resultado final relacionado ao tema central do artigo.

Na primeira etapa do estudo, tivemos uma ampliação do referencial teórico por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), centrada na temática do planejamento BIM 4D e 5D. Para consulta, considerou-se artigos completos disponíveis, abrangendo textos em português e inglês, com publicações até 2022. As bases de dados consultadas foram Scopus, ScienceDirect e SciELO, utilizando os termos "BIM 4D", "BIM 5D" e seus sinônimos como critérios de busca.

Na segunda etapa do estudo, após a revisão sistemática da literatura, o foco foi concentrado na concepção do fluxograma. Este foi dividido em três fases principais para proporcionar uma compreensão clara e progressiva do processo de aplicação das ferramentas BIM 4D e 5D.

A primeira fase do fluxograma abrange a criação do modelo 3D, destacando a importância de uma representação tridimensional precisa do projeto. Nessa etapa, explorou-se as práticas recomendadas e os desafios associados à construção do modelo, considerando elementos como geometria, estrutura e informações associadas.

Na segunda fase, foi abordado a dimensão 4D, incorporando a variável temporal ao modelo. Discutiu-se estratégias para a integração de dados temporais, tais como cronogramas de construção, para aprimorar a visualização e o planejamento do projeto ao longo do tempo.

A terceira fase do fluxograma expande-se para a dimensão 5D, incorporando dados de custos ao modelo. Foi ressaltado a importância de integrar informações de custos desde as

fases iniciais do projeto, explorando como essa abordagem pode otimizar a gestão financeira e facilitar tomadas de decisão mais informadas ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Essa abordagem prática e sequencial do fluxograma visa não apenas apresentar as ferramentas BIM 4D e 5D, mas também fornecer uma estrutura clara para a implementação eficaz dessas ferramentas em projetos reais. Ao dividir o processo em etapas distintas, o objetivo foi facilitar a compreensão e a aplicação prática desses conceitos no contexto da engenharia e construção.

### *1ª Fase: BIM 3D*

Para utilizar a metodologia 4D e 5D, é necessário que todas as etapas de projeto antecedentes estejam com as informações corretamente preenchidas, sem lacunas de informação. Sendo assim o fluxo de trabalho se inicia com a modelagem 3D, onde são criados modelos tridimensionais de cada disciplina, considerou-se que para poder continuar o ciclo e chegar no tema deste trabalho, os modelos 3D devem ter a representação adequada dos elementos e a precisão de dados que são fundamentais para as próximas dimensões do BIM.

Por conta disso, cada disciplina utiliza um software específico para suas necessidades. Na Topografia, utiliza-se o Civil 3D da Autodesk, que permite modelagem precisa do terreno e análise de volumes de terra. Assim, conseguimos determinar os cortes e aterros necessários para a construção. Na Arquitetura, o Revit da Autodesk é comumente utilizado, proporcionando ferramentas completas para projetar, analisar e documentar projetos arquitetônicos de maneira eficaz. Para a Estrutura, as opções incluem o TQS, útil na coordenação de informações entre disciplinas e em análises estruturais, e o Eberick, amplamente usado para análise e dimensionamento de estruturas de concreto. Profissionais de instalações podem optar pelo Revit MEP da Autodesk, projetado especificamente para sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos em projetos de construção. Cada profissional tem a liberdade de escolher o software que melhor se adequa às suas habilidades.

Para partir para a próxima etapa de validação de dados, é necessário que todas as disciplinas e softwares citados acima entreguem o arquivo final em formato “.ifc”, pois ao usar a extensão IFC para exportar modelos a partir de softwares como Revit, TQS e Eberick, é possível fazer uma abordagem que favorece a colaboração, a interoperabilidade e a consistência de dados em projetos de construção complexos.

Feito isso, o próximo passo é a interoperabilidade, onde é feito uma validação dos dados, através da compatibilização dos projetos. O processo tem como objetivo garantir a consistência, integração e ausência de conflitos entre os diversos modelos criados por diferentes disciplinas durante o desenvolvimento de um projeto de construção.

Seguindo essa linha, o *clash detection*, ou detecção de conflitos, é uma prática essencial na metodologia BIM (Building Information Modeling) que visa identificar e corrigir potenciais conflitos ou colisões entre os diversos elementos de um modelo tridimensional. Esses elementos podem incluir componentes arquitetônicos, estruturais, mecânicos, elétricos, hidráulicos, entre outros, que são modelados e integrados em um ambiente virtual durante o processo de modelagem BIM.

O objetivo central do *clash detection* é antecipar e resolver problemas antes que eles se manifestem no canteiro de obras, economizando tempo e recursos. Ao realizar uma análise rigorosa do modelo tridimensional, o software BIM identifica automaticamente áreas onde elementos se sobrepõem, colidem ou têm interferências, gerando relatórios detalhados dessas inconsistências.

Caso haja alguma interferência, é comunicado para as disciplinas responsáveis e retorna para a modelagem 3D para que seja corrigido. Feito isso, repete-se o processo de interoperabilidade até que seja aprovado.

Quando aprovado, obtém-se o Modelo Federado, que no contexto BIM refere-se à integração de vários modelos individuais provenientes de diferentes disciplinas, como arquitetura, estrutura, instalações MEP (mecânica, elétrica e hidráulica), paisagismo, entre outras. Um conceito central na metodologia BIM, representando a integração de modelos individuais de diferentes disciplinas em um único ambiente colaborativo.

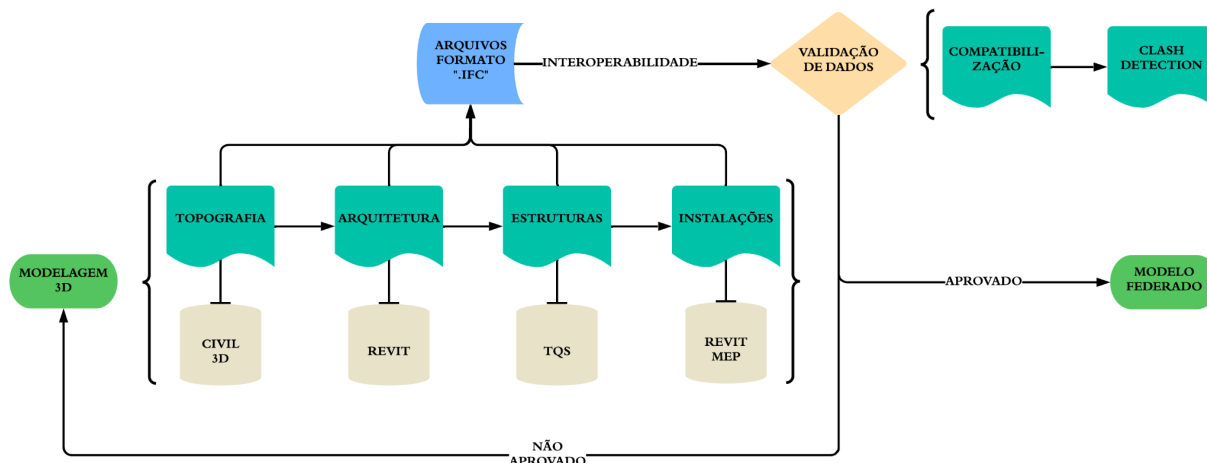


Figura 3: Fluxograma dos processos BIM 3D

Fonte: Autor (2023)

## 2ª Fase: BIM 4D

Após a validação dos dados e a obtenção do modelo federado, é possível entrar no primeiro assunto principal deste artigo, o BIM 4D. Antes de aprofundar neste tópico, é necessário entender que para chegar no objetivo final que é a simulação do modelo 4D e um novo modelo federado atualizado (que neste artigo adotou-se a nomenclatura “modelo federado 4D”) é preciso passar por algumas etapas que preparam, validam e dão a afirmativa que esses arquivos entregáveis saíam com uma confiabilidade de informações altíssima.

A primeira etapa para a geração de um modelo 4D é a criação do cronograma. Para essa etapa utilizou-se um dos principais softwares do mercado que é o MS Project, uma ferramenta de gerenciamento de projetos desenvolvida pela Microsoft. Amplamente empregado em diversos setores, não apenas da construção civil. Esse software oferece funcionalidades abrangentes para o planejamento, monitoramento e controle de projetos de diferentes complexidades.

Uma de suas principais características é a capacidade de criar uma estrutura detalhada do projeto, delineando tarefas, estabelecendo dependências entre elas e estimando suas durações. Essa funcionalidade é fundamental para a formulação de um cronograma claro e realista. Além disso, a ferramenta possibilita a alocação eficiente de recursos ao permitir que os usuários atribuam membros da equipe, equipamentos e outros recursos específicos a tarefas designadas. Isso contribui para otimizar a carga de trabalho da equipe.

Com o planejamento pronto, é possível fazer a integração do cronograma ao modelo federado, dentre os softwares utilizados no mercado nacional, o mais utilizado é o Navisworks, da Autodesk, uma ferramenta avançada de gerenciamento de projetos, especialmente projetada para apoiar a metodologia BIM. Sua principal função é coordenar e integrar modelos de informações de construção em um ambiente unificado. Nesta etapa é inserido a dimensão temporal no modelo 3D, assim o tornando um modelo 4D.

O próximo passo, dentro do software de gerenciamento, é a associação de atividades. Na fase de "associação de atividades", ocorre a integração crucial entre o cronograma de

construção e o modelo 3D no contexto da simulação 4D. Essa etapa envolve a conexão direta entre as atividades planejadas e os elementos específicos representados no modelo tridimensional. Cada atividade, previamente sequenciada e programada no cronograma desenvolvido no MS Project, é meticulosamente vinculada aos elementos tangíveis do modelo federado, como paredes, colunas, lajes e instalações.

A abordagem implica em identificar os elementos críticos no modelo 3D que serão afetados durante a execução de tarefas específicas. Em seguida, estabelecem-se vínculos entre as atividades do cronograma e esses elementos, indicando quando devem ser criados, modificados ou removidos. Essa associação não apenas sincroniza as atividades com os elementos do modelo, mas também considera o fator tempo, especificando o período exato em que uma atividade influenciará um elemento específico.

Assim como na primeira etapa, temos uma validação de dados. Uma das funções do Navisworks é criar uma simulação virtual das etapas do projeto, desde a terraplenagem, passando pela fundação, até chegar ao fim da obra. Essa simulação funciona como um clash detection. Identifica automaticamente interferências e colisões entre os elementos dos diferentes modelos, ajudando a prever e resolver problemas de coordenação antes da fase de construção. Caso haja uma incompatibilidade, é possível retornar ao cronograma do MS Project, ajustar o conflito e refazer a simulação. Quando aprovado, sem erros, temos o modelo federado atualizado.

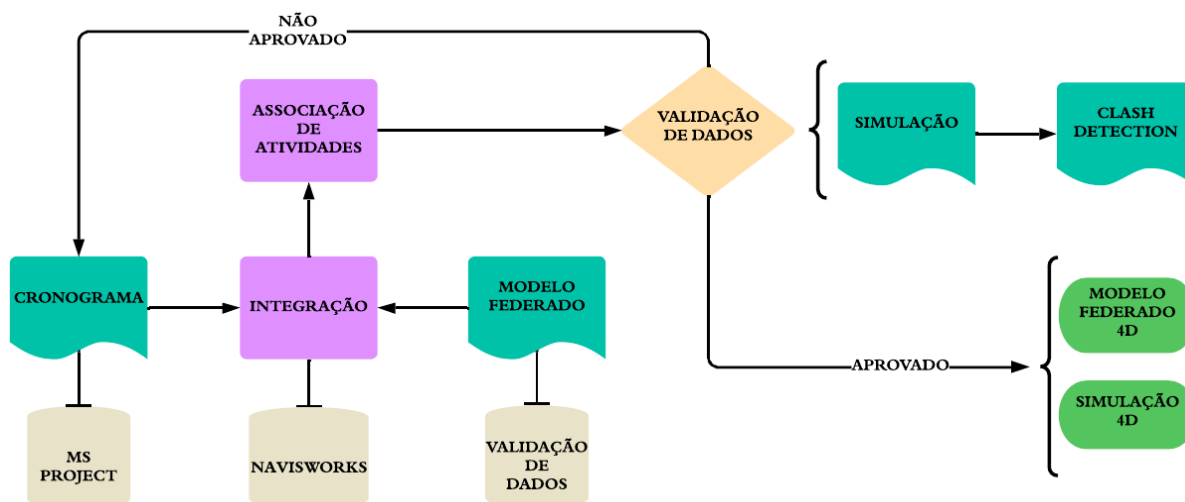


Figura 4: Fluxograma dos processos BIM 4D

Fonte: Autor (2023)

### Etapa 3 - BIM 5D

A implementação do BIM 5D representa uma evolução significativa na gestão de projetos de construção, integrando as dimensões espacial (3D), temporal (4D) e de custo (5D) em um modelo de informação da construção abrangente. O fluxo de trabalho começa com o modelo federado 4D, que serve como a representação digital do projeto e já contém informações de tempo, planejamento das atividades e ordem dos serviços a serem executados.

Na transição para a dimensão 5D, a ênfase recai na associação de custos ao modelo, a quantificação automática de materiais e recursos, baseada no modelo 3D, fornece dados precisos sobre a quantidade de insumos necessários em cada fase do projeto. A atribuição de preços e custos, que leva como base as composições disponíveis no software, composições autorais e a atribuição de valores a itens específicos de mercado a esses elementos, proporciona uma visão detalhada do impacto financeiro de cada atividade ao longo do tempo.

Neste tópico, compreendeu-se que a ferramenta mais adequada no mercado, considerando composições brasileiras e o mercado atual da construção é o AltoQI Visus, onde através dele, é possível extrair os quantitativos detalhados (utilizando o modelo federado) e por se tratar de um software que foi desenvolvido com esse intuito, o mesmo já associa os itens do modelo com as composições necessárias para realizar o orçamento, unindo esses dois itens dentro do mesmo software, é obtido a atribuição de preços e custos ao modelo federado, assim o atualizando e gerando uma nova versão “modelo federado 5D”.

Após a atribuição de preços e custos as etapas antes especificados no BIM 4D, avança-se para a geração do orçamento completo, onde ele soma todos os itens de mesma origem, como aço, concreto, bloco, mão de obra, entre outros e gera o quantitativo total, multiplicada pelo preço unitário de cada item. Assim formando o orçamento da obra e chegando às fases finais de um orçamento.

Nesta temos a engenharia de valores etapa, onde as equipes podem antecipar e avaliar o custo acumulado em diferentes estágios do projeto. Essa abordagem proativa permite a identificação precoce de desvios orçamentários, facilitando a tomada de decisões para otimizar a eficiência e manter o projeto dentro dos parâmetros financeiros estabelecidos ou fazer estudo de outros métodos, assim podendo reduzir os custos e aumentar a viabilidade do projeto. Caso neste ponto houver a percepção que algum valor, quantidade ou item específico está destoando dos demais, retorna-se para quantificação para e é gerado um novo orçamento com esses erros corrigidos. Caso o orçamento esteja conforme o planejado e tenha passado por todos da equipe, é possível gerar o modelo federado 5D e a simulação 4D e 5D, obtendo uma visão mais facilitada da etapa da obra, e os gastos acumulados até aquela fase.

É importante ressaltar que a gestão na dimensão 5D não se limita apenas à alocação de custos, mas também inclui a identificação de tendências e anomalias que possam afetar o orçamento geral. Os relatórios de desempenho gerados oferecem uma visão abrangente do status financeiro do projeto, fornecendo informações valiosas para ajustes estratégicos e decisões informadas. A dinamicidade do modelo BIM 5D permite atualizações contínuas à medida que o projeto avança, garantindo que as mudanças no cronograma, custos e escopo sejam refletidas de maneira precisa e oportuna.

Dessa forma, a transição da dimensão 4D para a 5D representa a evolução natural do fluxo de trabalho BIM, incorporando não apenas a variável temporal, mas também a gestão financeira detalhada. Isso proporciona uma abordagem integrada e eficaz para a execução de projetos de construção, garantindo que o BIM 4D e 5D estejam intrinsecamente ligados ao longo de todo o ciclo de vida do projeto.

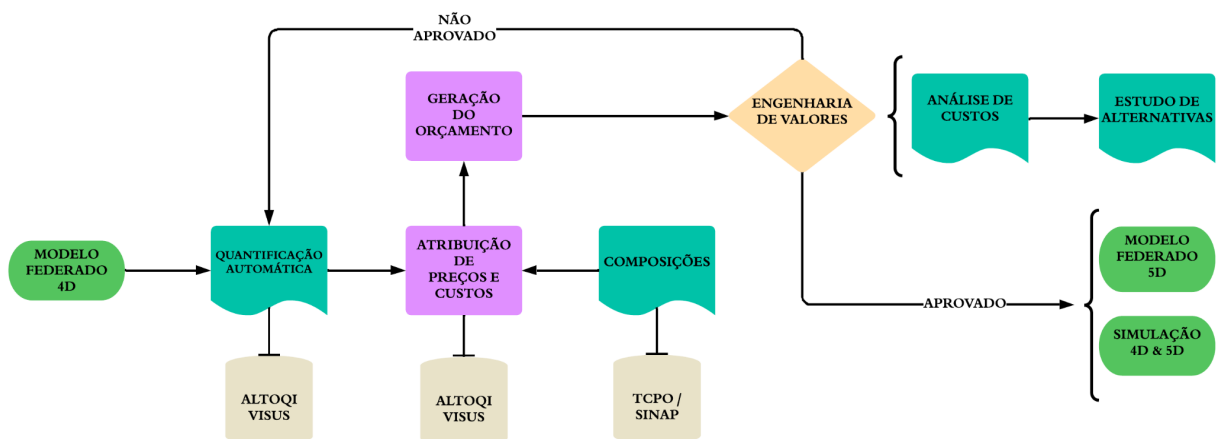


Figura 5: Fluxograma dos processos BIM 5D

Fonte: Autor (2023)

## Resultados e Discussões

O fluxograma obtido mostrou-se um processo útil para nortear o desenvolvimento de projetos utilizando a metodologia BIM 4D e 5D. Os projetos, desde que alimentados com as informações corretas e com uma riqueza de detalhes, tendem a se aproximar com grande precisão ao produto final, a construção executada.

As três etapas divididas durante a metodologia formaram um fluxograma macro, onde é possível ter o acompanhamento desde as etapas iniciais, como desenvolvimento de projetos e modelos, passando pelo cronograma, orçamento até a fase de execução, podendo ser feito um melhor gerenciamento da obra.

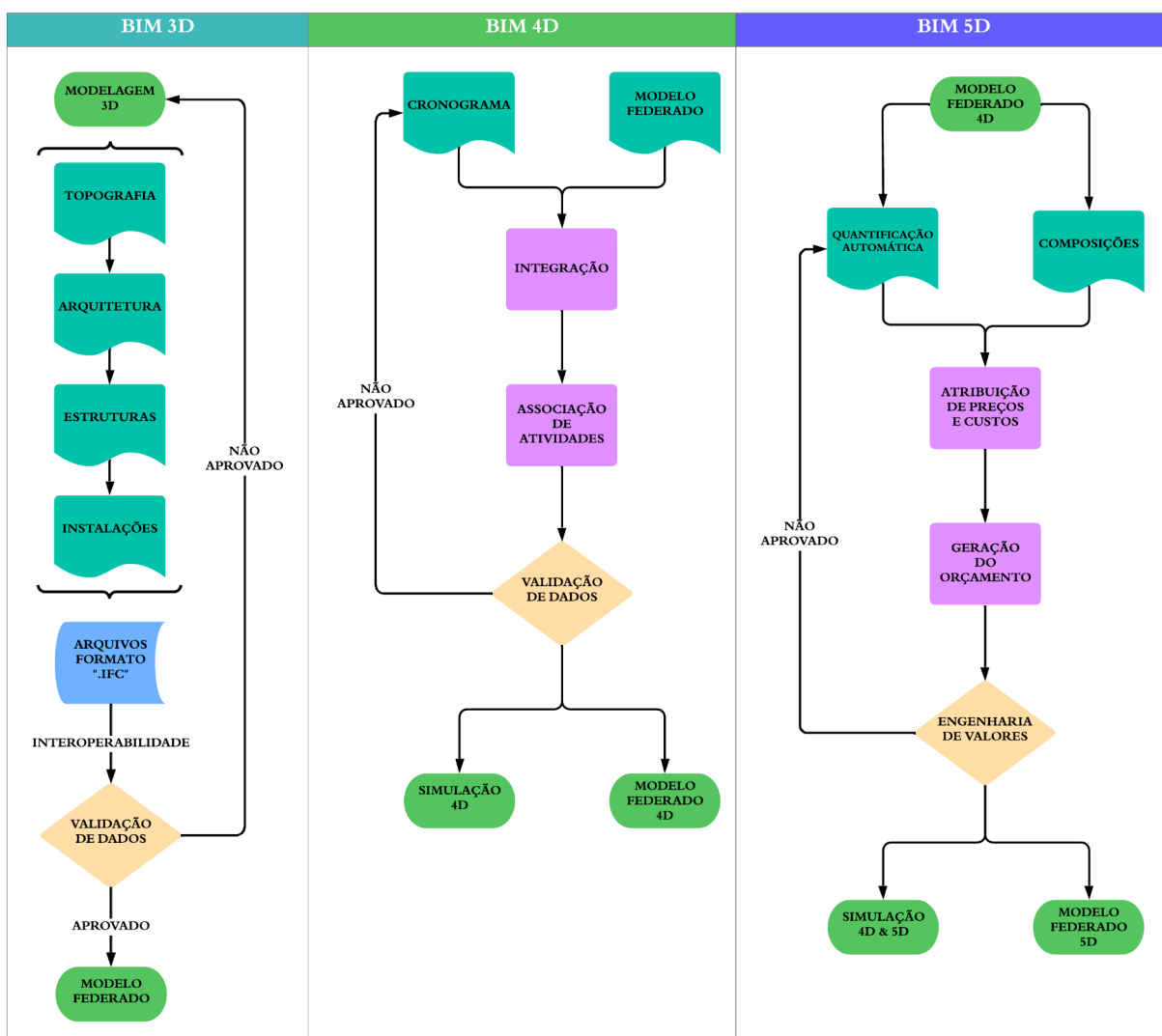


Figura 6: Fluxograma dos processos BIM 4D e 5D completo

Fonte: Autor (2023)

A integração das dimensões 4D e 5D na metodologia BIM traz consigo uma série de vantagens significativas para o gerenciamento de projetos na construção civil. A combinação dessas dimensões oferece uma visão holística do projeto, permitindo que as equipes compreendam não apenas a evolução temporal das atividades, mas também os impactos financeiros associados a cada etapa. Essa compreensão aprimorada facilita a tomada de decisões, pois os gestores podem avaliar o custo e o cronograma simultaneamente.

Ao incorporar a dimensão temporal e informações de custo em modelos de construção, a metodologia 4D oferece uma representação visual dinâmica do progresso do projeto ao longo do tempo. Isso proporciona uma compreensão aprofundada das sequências de trabalho e permite a identificação antecipada de possíveis conflitos e atrasos, contribuindo para uma gestão mais eficiente do cronograma e dos recursos.

A dimensão 5D oferece um controle financeiro mais preciso, permitindo o monitoramento em tempo real dos custos do projeto. Isso reduz a probabilidade de desvios orçamentários, proporcionando uma gestão financeira mais eficaz e transparente.

A comunicação é aprimorada através da visualização conjunta do cronograma e dos custos. Relatórios claros e gráficos compreensíveis facilitam a comunicação entre as partes interessadas, promovendo uma compreensão compartilhada do projeto.

A adoção das metodologias 4D e 5D na indústria da construção mostra-se uma estratégia promissora para a redução de custos ao longo do ciclo de vida de um projeto. Além disso, a integração das dimensões contribui para a otimização do sequenciamento de tarefas, as equipes podem ajustar o cronograma levando em consideração os custos associados, garantindo uma alocação eficiente de recursos. Podendo estudar diversas possibilidades.

Em suma, a implementação eficaz das metodologias 4D e 5D na construção civil pode levar a uma redução de custos significativa, otimizando o planejamento, a execução e a gestão de projetos, o que, por sua vez, promove a eficiência operacional e a maximização do retorno sobre o investimento para os empreendimentos de construção.

### *Desafios enfrentados durante a implementação*

Dentre as dificuldades encontradas para desenvolver o estudo, a falta de familiaridade e conhecimento do tema abordado, gerou um desgaste inicial. Tema pouco abordado durante a graduação, mesmo tendo um potencial incrível para gerar melhores resultados. Ao se aprofundar nos estudos, conceitos até então desconhecidos foram encontrados.

Ao analisar a razão para isso, chegou-se à conclusão de que o mercado como um todo da construção civil nacional tem uma certa resistência com o novo, uma certa resistência a novos métodos, novos processos, novos estudos. Começando desde a grade curricular até o principal método utilizado para construção no Brasil, que é o mesmo a mais de 100 anos.

Além do desgaste inicial, durante a metodologia, o principal desafio foi saber como utilizar e manusear os softwares, entender quais suas funções e até onde podem ir. Entende-se que se foi uma dificuldade para se produzir um estudo sobre o tema, a barreira a se ultrapassar para utilizar no mercado é ainda maior. A falta de preparação e atualização dos profissionais impede que tecnologias que podem facilitar o dia a dia dos colaboradores e melhorar o produto final sejam utilizadas. A modelagem 3D é uma parte fundamental do BIM, mas adicionar a dimensão de tempo (4D) e custos (5D) exige um conhecimento aprofundado de software específico e práticas de modelagem. A curva de aprendizado pode ser íngreme, e muitas equipes de projeto precisam investir tempo e recursos na formação para aproveitar ao máximo essas capacidades.

Outro desafio significativo observado, caso feito por equipes diferentes, é a colaboração entre os setores de planejamento, orçamento e projetos. Muitas vezes, esses departamentos operam de forma isolada, resultando em lacunas de comunicação e coordenação. Há uma necessidade de uma maior integração entre os elementos modelados, os serviços planejados e os itens orçados. Essa coordenação mais estreita pode evitar surpresas desagradáveis durante a execução do projeto, garantindo que o tempo e os recursos sejam gerenciados de maneira eficaz.

Pensando no mercado atual, muitos projetos ainda são fornecidos em formato 2D, com a modelagem 3D ocorrendo posteriormente. Isso pode resultar em perda de informações

críticas durante a transição, prejudicando a precisão do modelo 4D e 5D. É essencial incentivar a entrega de projetos em formato BIM desde o início, para garantir a integridade dos dados ao longo do ciclo de vida do projeto.

Por fim, embora o BIM 4D e 5D ofereça a promessa de automação avançada, muitas vezes, a transmissão de dados entre os softwares ainda é manual. Embora essa transmissão possa ser rápida, ela pode ser suscetível a erros humanos e representar um obstáculo para a eficiência total. A integração completa e a automação entre as dimensões do BIM ainda são desafios a serem enfrentados.

### **Considerações Finais**

A incorporação das dimensões 4D e 5D na metodologia BIM representa um avanço significativo no gerenciamento de projetos na construção civil. A visualização temporal (4D) e a integração de informações de custo (5D) proporcionam uma compreensão mais abrangente e holística dos empreendimentos, permitindo uma tomada de decisão mais assertiva ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. Apesar dos benefícios substanciais, a implementação bem-sucedida dessas dimensões não está isenta de desafios. A complexidade de dados, a precisão nas estimativas, a integração de softwares e a necessidade de envolver diversas partes interessadas são desafios que exigem abordagens estratégicas e colaborativas.

Contudo, os esforços para superar esses desafios são justificados pelos impactos positivos na eficiência operacional, na transparência do projeto, na redução de conflitos e na otimização dos recursos financeiros. A transformação digital na construção civil, através do BIM 4D e 5D, não apenas reconfigura a maneira como projetos são concebidos e gerenciados, mas também estabelece as bases para uma abordagem mais inteligente, sustentável e eficiente na construção do futuro.

Diante desse cenário, a capacidade de incorporar e aprimorar continuamente as práticas do BIM 4D e 5D torna-se imperativa para profissionais e organizações que buscam se destacar em um ambiente cada vez mais dinâmico e competitivo. Ao fazê-lo, não apenas atende às demandas atuais do setor, mas também contribui para a evolução e inovação contínuas na gestão de projetos na construção civil. Essa abordagem não só promove a excelência técnica, mas também impulsiona a indústria em direção a padrões mais elevados de eficiência, sustentabilidade e resiliência.

### *Sugestões para pesquisas futuras*

Como sugestões para pesquisas futuras sobre o tema do BIM 4D e 5D, foram identificadas algumas possíveis extensões:

- Desenvolvimento de metodologias de implementação do método;
- Sustentabilidade na Construção Civil com BIM;
- BIM 6D e 7D;
- Análises de casos de sucesso;
- Treinamento e Desenvolvimento de Habilidades;
- Desenvolvimento de Ferramentas e Softwares Específicos;
- Implantação de novas ferramentas inteligentes na construção civil;
- Estudo do scanner a laser na construção civil, para elaboração de as built.

## Referências Bibliográficas

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

ALTOQI. **Plataforma OpenBIM para orçamento, planejamento e colaboração**. Disponível em: <https://www.altoqi.com.br/visus>. Acesso em: 29 de outubro de 2023.

ANDRADE, A. C., SOUZA U. E. L. **Diferentes abordagens quanto ao orçamento de obras habitacionais: aplicação ao caso do assentamento da alvenaria**. In: Anais... do IX Encontro Nacional de Tecnologia do Meio Ambiente Construído – Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.

AUTODESK. **Recursos do Navisworks 2023**. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/features>. Acesso em: 29 de outubro de 2023.

BAIA, D. V. S. **Uso de Ferramentas BIM para o Planejamento de Obras da Construção Civil**. 2015. 117f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

BRITO, D. M. **Modelagem 4D Aplicada ao Planejamento e Controle de Obras**. 2014. 84f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2014.

CABRAL, Eduardo C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação**. 1988. 106 f. Tese (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). **Fundamentos BIM – Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016.

CARVALHO, E. L. **Gestão de tempo e custo em projetos de construção civil com a aplicação de ferramentas BIM**. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

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

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM - um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2021

KHEMLANI, Lachmi. **The IFC Building Model: A Look Under the Hood**. 2004. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFC>. Acesso em: 28 de outubro de 2023.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC. 1997.

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

MATSUI, A. G. **Aplicação do bim 4d para a otimização do cronograma físico de uma obra**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia civil) - Universidade Federal De Goiás Escola De Engenharia Civil E Ambiental, [S. l.], 2017.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2010. 426 p.

PARISOTTO, J. A. **Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais - Estudo de Caso para uma Empresa Construtora**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.

PINI. **TCPO 2000: Tabela de composições de preços para orçamento**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1999.

PMI, Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)**. — Quinta edição. Newton Square: Project Management Institute, 2013.

SANTOS, G. C. S. **Aplicação da tecnologia bim 5d na integração do modelo com o orçamento e planejamento**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia civil) - Universidade Federal Da Bahia Escola Politécnica, Salvador, 2015.

TRUE CADD. **Level of Development (LOD)**. 2020. Disponível em: <https://www.truecadd.com/level-of-development-lod.php>. Acesso em: 28 de outubro de 2023.