

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JÚLIA CIPRIANO MARTINS**

**O USO DA METODOLOGIA BIM NO  
PLANEJAMENTO DE OBRAS:  
Estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar**

**FLORIANÓPOLIS, 2023.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JÚLIA CIPRIANO MARTINS**

**O USO DA METODOLOGIA BIM NO  
PLANEJAMENTO DE OBRAS:  
Estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador:  
Prof. Beatriz Francalacci da Silva, Dra.

**FLORIANÓPOLIS, 2023.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Martins, Júlia Cipriano

O USO DA METODOLOGIA BIM NO PLANEJAMENTO DE OBRAS:

Estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar /  
Júlia Cipriano Martins; orientação de Beatriz Françalacci  
da Silva. - Florianópolis, SC, 2023.

94 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal  
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado  
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico  
de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. BIM. 2. Modelagem 4D. 3. Planejamento. I. Françalacci  
da Silva, Beatriz. II. Instituto Federal de Santa  
Catarina. III. O USO DA METODOLOGIA BIM NO PLANEJAMENTO  
DE OBRAS: Estudo de caso de um edifício residencial  
multifamiliar.

**O USO DA METODOLOGIA BIM NO  
PLANEJAMENTO DE OBRAS:  
Estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar**

**JÚLIA CIPRIANO MARTINS**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 14 de dezembro, 2023.

Banca Examinadora:

---

Prof. Beatriz Francalacci da Silva, Dra.

---

Prof. Juliana Bonacorso Dorneles, M<sup>a</sup>.

---

Prof. Sergio Parizotto Filho, M<sup>o</sup>.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, que deram todo suporte e incentivo necessário ao longo da graduação.

Agradeço ao Vinícius por todo apoio, incentivo e companheirismo durante toda minha jornada na graduação. Aos meus amigos por todos os momentos de estudos, trabalhos em grupo, confraternizações, risadas e por todo suporte ao longo do curso.

Agradeço à minha orientadora Beatriz Francalacci por todo apoio e auxílio durante o desenvolvimento deste trabalho. Aos meus colegas de trabalho por todo o apoio, conhecimento e considerações que ajudaram no desenvolvimento do trabalho. Gostaria de agradecer também aos meus chefes Amanda e João pela confiança e oportunidade de desenvolver este trabalho e pelo apoio ao longo dessa jornada.

## RESUMO

O planejamento constitui uma atividade essencial para concluir um empreendimento de construção civil dentro das especificações definidas de qualidade, custo e prazo. Isso é reforçado ainda mais em tempos de pouca disponibilidade de recursos, instabilidade do mercado e sob influência da incerteza e variabilidade dos processos na construção civil. Neste contexto, o uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) como ferramenta no planejamento de obras constitui um campo promissor de investigação acadêmica no Brasil. Embora essa tecnologia tenha uma excelente taxa de aplicabilidade em nações avançadas, nos países em desenvolvimento sua utilização é recente, mas com tendências à popularização. Este trabalho apresenta um estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar localizado em Santa Catarina. Parte-se da hipótese de que a tecnologia BIM auxilia no planejamento, construção e gerenciamento dos projetos de edificações. O objetivo da pesquisa é aplicar a metodologia BIM no planejamento de um edifício residencial multifamiliar em execução. A partir do método qualitativo, foi desenvolvido o modelo BIM 4D do caso estudado, que permitiu visualizar o cronograma de maneira espacial e temporal, permitindo às partes interessadas interpretar e compreender melhor o cronograma. Os resultados obtidos mostram as possibilidades de aplicação do modelo 4D antes e durante a execução, utilizado como ferramenta para planejar e acompanhar a obra, obtendo clareza sobre como acontece sua evolução no decorrer do tempo. As conclusões da pesquisa contribuíram para a visualização, análise e acompanhamento do cronograma da obra por parte da construtora responsável pelo empreendimento, podendo utilizá-la como recurso visual para apresentação a clientes e futuros investidores.

**Palavras-chave:** BIM; Modelagem 4D; Planejamento.

## **ABSTRACT**

Planning is an essential activity for completing a construction project within the defined specifications of quality, cost and time. This is further reinforced in times of limited availability of resources, market instability and under the influence of uncertainty and variability in construction processes. In this context, the use of Building Information Modeling (BIM) as a tool in construction planning is a promising field of academic research in Brazil. Although this technology has an excellent rate of applicability in advanced nations, its use in developing countries is recent but tending to become more popular. This paper presents a case study of a multi-family residential building located in Santa Catarina. It is based on the hypothesis that BIM technology helps in the planning, construction and management of building projects. The aim of the research is to apply the BIM methodology to the planning of a multi-family residential building under construction. Using the qualitative method, the 4D BIM model of the case study was developed, which allowed the schedule to be visualized in a spatial and temporal way, enabling stakeholders to better interpret and understand the schedule. The results obtained show the possibilities of applying the 4D model before and during execution, used as a tool to plan and monitor the work, obtaining clarity on how it evolves over time. The conclusions of the research have contributed to the visualization, analysis and monitoring of the construction schedule by the construction company responsible for the project, which can be used as a visual resource to present to clients and future investors.

**Keywords:** BIM; 4D modeling; Planning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de Vida BIM.....	20
Figura 2 – Exemplo de diagrama de Gantt.....	30
Figura 3 – Exemplo de diagrama PERT/CPM.....	31
Figura 4 – Exemplo de cronograma integrado Gantt-PERT.....	32
Figura 5 – Exemplo de linha de balanço.....	32
Figura 6 – Fachada Edificação.....	35
Figura 7 – Planta Baixa Pavimento Térreo.....	36
Figura 8 – Planta Baixa Pavimento Tipo.....	36
Figura 9 – Exemplo do Campo do Formulário BIM para adicionar os códigos dos pacotes de trabalho.....	40
Figura 10 – Exemplo de estrutura de um arquivo .csv.....	41
Figura 11 – Etapa 1: Preparação.....	42
Figura 12 – Etapa 2: Construção do Modelo 4D.....	43
Figura 13 – Etapa 3: Simulações.....	44
Figura 14 – Etapa 4: Análise dos Resultados.....	45
Figura 15 – Estrutura de Nomenclatura dos códigos.....	50
Figura 16 – Exemplo de parâmetros utilizados - <i>Revit</i> .....	52
Figura 17 – Exemplo de tabela utilizada para inserir os códigos - <i>Revit</i> .....	53
Figura 18 – Modelo 3D Estrutura - <i>Revit</i> .....	54
Figura 19 – Elementos sem nível de referência definidos - <i>Navisworks</i> .....	55
Figura 20 – Definindo o nível de referência das Vigas de transição - <i>Revit</i> .....	55
Figura 21 – Modelo BIM Arquitetura - <i>Revit</i> .....	56
Figura 22 – Parâmetros auxiliares camada de reboco e pintura - <i>Revit</i> .....	57
Figura 23 – Modelo BIM Elétrico - <i>Revit</i> .....	58
Figura 24 – Modelo BIM Elétrico - <i>Navisworks</i> .....	58
Figura 25 – Modelo BIM Hidráulica - <i>Revit</i> .....	59
Figura 26 – Formulário personalizado para integração - <i>Prevision</i> .....	60
Figura 27 – Formulário BIM para integração - <i>Prevision</i> .....	60
Figura 28 – Menu Funcionalidades - <i>Prevision</i> .....	61
Figura 29 – Atribuição dos parâmetros de Lote - <i>Prevision</i> .....	62
Figura 30 – Atribuição dos parâmetros dos pacotes de trabalho - <i>Prevision</i> .....	62
Figura 31 – Exportação do cronograma para o software BIM 4D - <i>Prevision</i> .....	63
Figura 32 – Configurações de leitura de arquivos <i>Revit</i> - <i>Navisworks</i> .....	64
Figura 33 – Inserindo os arquivos <i>Revit</i> no <i>Navisworks</i> .....	65

Figura 34 – Modelo Federado - <i>Navisworks</i> .....	65
Figura 35 – Modelo Federado Instalações - <i>Navisworks</i> .....	66
Figura 36 – Aba Conjunto de Seleção (Sets) - <i>Navisworks</i> .....	67
Figura 37 – Criação dos Sets - <i>Navisworks</i> .....	68
Figura 38 – Organização do gerenciador de Sets - <i>Navisworks</i> .....	69
Figura 39 – Inserir o Cronograma - <i>Navisworks</i> .....	70
Figura 40 – Associação das informações entre <i>Navisworks</i> e <i>Prevision</i> - <i>Navisworks</i> .....	71
Figura 41 – Carregar o Cronograma para a aba <i>Tasks</i> - <i>Navisworks</i> .....	71
Figura 42 – Cronograma carregado no software - <i>Navisworks</i> .....	72
Figura 43 – Associação dos elementos à tarefas - <i>Navisworks</i> .....	73
Figura 44 – Definição da regra de associação - <i>Navisworks</i> .....	73
Figura 45 – Criação da regra de associação entre tarefas e sets - <i>Navisworks</i> .....	74
Figura 46 – Aplicação da regra de associação - <i>Navisworks</i> .....	75
Figura 47 – Associação entre tarefas e conjuntos de seleção - <i>Navisworks</i> .....	75
Figura 48 – Aparência dos elementos no início da execução da tarefa - <i>Navisworks</i> .....	76
Figura 49 – Configurações da Simulação - <i>Navisworks</i> .....	77
Figura 50 – Simulação da obra em 12/05/2023 - <i>Navisworks</i> .....	78
Figura 51 – Exemplo de previsão do andamento da obra de 16/09/2022 até 30/11/2023 - <i>Navisworks</i> .....	78
Figura 52 – Simulação tarefas/serviços finalizando e iniciando em 01/12/23 - <i>Navisworks</i> .....	79
Figura 53 – Simulação tarefas/serviços finalizando e iniciando em 31/12/23 - <i>Navisworks</i> .....	79
Figura 54 – Simulação da obra em 31/03/24 - <i>Navisworks</i> .....	80
Figura 55 – QR Code das Simulações 4D.....	81
Figura 56 – Adicionando campo no Formulário BIM - <i>Prevision</i> .....	84

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Códigos para identificar os pavimentos nos modelos BIM .....	47
Quadro 2 – Códigos para os Lotes/Níveis dos pavimentos na Plataforma Prevision .....	48
Quadro 3 – Códigos dos serviços para arquitetura .....	49
Quadro 4 – Códigos dos serviços para estrutura .....	50
Quadro 5 – Códigos dos serviços para elétrica .....	51
Quadro 6 – Códigos dos serviços para hidráulica .....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	Desenho Assistido por Computador ( <i>Computer Aided Design</i> )
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1	Justificativa .....	14
1.2	Definição do Problema .....	15
1.3	Objetivo Geral.....	16
1.4	Objetivos Específicos .....	16
1.5	Estrutura do Trabalho.....	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>18</b>
2.1	<b>BIM</b> .....	<b>18</b>
2.1.1	BIM no Brasil.....	21
2.1.1	BIM 3D .....	23
2.1.2	BIM 4D .....	23
2.1.2.1	<i>Planejamento 4D</i> .....	24
2.1.2.2	<i>Vantagens do BIM 4D</i> .....	25
2.1.2.3	<i>Softwares BIM 4D</i> .....	26
2.2	<b>Planejamento</b> .....	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
3.1	<b>Estudo de Caso</b> .....	<b>34</b>
3.2	<b>Softwares</b> .....	<b>37</b>
3.2.1	<i>Revit</i> .....	37
3.3.2	<i>Navisworks Manage</i> .....	38
3.3.3	<i>Prevision</i> .....	38
3.3	<b>Etapas da Modelagem 4D</b> .....	<b>39</b>
3.3.1	Etapa 1: Preparação .....	39
3.3.2	Etapa 2: Construção do Modelo 4D .....	42
3.3.3	Etapa 3: Simulações .....	43
3.3.4	Etapa 4: Análise dos Resultados .....	44
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
4.1	<b>Etapa 1: Preparação</b> .....	<b>47</b>
4.1.1	Sistema de Nomenclatura para codificação dos elementos.....	47
4.1.2	Ajustes dos modelos BIM.....	51
4.1.2.1	<i>Estrutural</i> .....	54
4.1.2.2	<i>Arquitetônico</i> .....	55
4.1.2.3	<i>Elétrico</i> .....	57
4.1.2.4	<i>Hidráulico</i> .....	58
4.1.3	Parametrização BIM no <i>Prevision</i> .....	59
4.2	<b>Etapa 2: Desenvolvimento do modelo 4D</b> .....	<b>63</b>
4.2.1	Importação dos modelos para o software <i>Navisworks</i> .....	63
4.2.2	Criação dos grupos de seleção .....	66
4.2.3	Importação do cronograma e associação dos elementos com as tarefas..	69
4.3	<b>Etapa 3: Simulações</b> .....	<b>76</b>
4.4	<b>Etapa 4: Análises das Simulações</b> .....	<b>81</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>83</b>
5.1	<b>Sistema de Nomenclatura: codificação dos elementos para modelagem 4D</b> .....	<b>83</b>
5.2	<b>Ajustes nos modelos 3D</b> .....	<b>84</b>

5.3	Processo de Modelagem 4D e simulações .....	85
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
6.1	Sugestões para trabalhos futuros .....	89
	REFERÊNCIAS .....	90

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria da construção civil impacta diretamente em fatores sociais e econômicos de um país. Historicamente, este setor se destaca pela contribuição positiva ao Produto Interno Bruto (PIB) e pela geração de emprego e renda. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a construção civil representou mais de 2.200.000 empregos formais em cerca de 147.000 empresas ativas no final de 2021 (IBGE, 2023). Além disso, o relatório da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) sobre o desempenho da Construção Civil em 2022 informa que o setor teve um crescimento de 17,7% entre os anos de 2021 e 2022, sendo o maior crescimento para um biênio desde 2010, com uma projeção de crescimento de 2,5% para 2023.

O mundo do trabalho atual caracteriza-se como um ambiente global e competitivo, que demanda constante aprimoramento nos processos e entregas de serviços voltados à construção civil, sendo necessária a implantação de estratégias e tecnologias que potencializem o crescimento do setor. Para isso, a implementação de soluções inovadoras e tecnológicas contribuem com a melhoria do processo de planejamento, construção e gerenciamento dos projetos de edificações.

Na última década, a Modelagem da Informação da Construção (ou *Building Information Modeling* - BIM) vem ganhando espaço no setor da construção civil como uma nova metodologia e ferramenta no planejamento, construção e gerenciamento dos projetos de edificações. A metodologia BIM tem em sua essência proporcionar o trabalho simultâneo e colaborativo, facilitando acesso de informações para todos os envolvidos no projeto. A partir do uso de ferramentas para modelagem parametrizada de edificações é possível ganhar produtividade nos projetos, acompanhar e manter atualizados os dados da edificação em todas as fases do seu ciclo de vida.

A metodologia BIM e suas ferramentas possui uma variedade de aplicações no projeto de uma edificação, sendo amplamente utilizada para a concepção, documentação e manutenção dos projetos digitalmente, por meio de desenhos criados tridimensionalmente associados com informações relevantes sobre cada elemento do modelo, BIM 3D. Os objetos tridimensionais dos modelos BIM 3D fornecem informações como dimensões e material utilizado, possibilitando o uso dessas informações para o planejamento e visualização das sequências de execução

da obra, chamado de BIM 4D. O BIM 4D consiste em adicionar o fator tempo em um modelo tridimensional, permitindo ordenar as sequências de atividades, criar simulações, visualizar e antecipar possíveis erros no sequenciamento das atividades ou conflitos entre elas, além de avaliar diferentes cenários para a execução de uma mesma edificação. Sendo assim, a utilização do BIM 4D, fornece dados necessários, a partir da materialização do cronograma associados aos modelos BIM 3D, para um eficiente planejamento e cronograma da obra, contribuindo com a interpretação adequada do cronograma por todas as partes envolvidas, acompanhamento da execução de uma construção de maneira mais clara, minimizando os custos e antecipando erros que seriam vistos apenas no canteiro de obra.

Esta pesquisa apresenta como tema a aplicação da metodologia BIM no planejamento da obra de um empreendimento em execução. A justificativa para o estudo do tema está em desenvolver um modelo 4D que contribuirá para auxiliar a interpretação, visualização e acompanhamento do cronograma da obra, em todos os setores responsáveis pelo sucesso da execução do empreendimento. Por meio da aplicação do modelo 4D, é possível realizar análises da sequência de serviços, antecipar erros, que seriam vistos apenas no canteiro de obras, de atividades previstas de maneira visual, utilizar para acompanhar a evolução do cronograma planejado, e obter maior previsibilidade no canteiro.

O trabalho abordará o desenvolvimento do modelo BIM como ferramenta de visualização, controle e análise do cronograma da obra. Ademais, avaliará o potencial de utilização do modelo como recurso visual para apresentação a clientes/investidores e a aplicabilidade da modelagem 4D em futuros empreendimentos da construtora responsável pelo objeto de estudo desta pesquisa. As informações e conhecimentos adquiridos neste trabalho poderão ainda contribuir como subsídio para outros estudos acadêmicos relacionados à aplicação do BIM 4D, haja visto que o uso desta metodologia como ferramenta de planejamento e controle é bastante recente no Brasil.

## **1.1 Justificativa**

Embora a tecnologia BIM tenha uma excelente taxa de uso em nações avançadas, nos países em desenvolvimento sua utilização ainda está nos estágios

iniciais, mas com tendências à popularização (Santana, 2020). Recentemente, o Governo Federal instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, por meio do Decreto nº 9.377/2018 e do Decreto nº 9.983/2019 (Brasil; 2018, 2019). Esses decretos, dentre outros objetivos, pretendem criar condições favoráveis para o investimento público e privado dessa tecnologia e estimular a capacitação dos profissionais da área. Desde então, diversas legislações de incentivo ao uso da tecnologia BIM foram sancionadas, tanto em âmbito nacional quanto estadual.

No Brasil, segundo dados do relatório Cenário Construtivo Brasileiro de 2023, com base nas respostas de 281 empresas (construtoras e incorporadoras), 66 % das empresas do setor de engenharia desenvolvem de 1 a 3 projetos em BIM, 14% das empresas desenvolvem mais de 10 projetos em BIM e apenas 23% das empresas utilizam o BIM para o planejamento (4D) (Otus e Thórus, 2023). Portanto, percebe-se que a implementação da tecnologia BIM nos projetos de edificações não constitui somente um diferencial, mas sim uma exigência, entretanto, o uso da ferramenta no Brasil ainda é recente, existindo uma lacuna entre a aplicação dessa tecnologia atualmente e todo o seu potencial, sugerindo um vasto campo acadêmico ainda a ser investigado.

## **1.2 Definição do Problema**

No setor de gerenciamento de obras, um dos grandes problemas enfrentados pelas empresas está no atraso das atividades do cronograma, que pode por sua vez ocasionar o atraso da entrega da obra. Os atrasos das atividades geram custos adicionais e elevam os custos operacionais, tais como a mão de obra ociosa, realocação de suprimentos em atividades não previstas e suprimentos estagnados no almoxarifado. Um bom planejamento de execução de obra possibilita ter maior previsibilidade no canteiro, minimiza possíveis erros ao longo da execução e pode minimizar altos custos para a empresa, reduzindo problemas que poderiam ter sido antecipadamente solucionados e que acabam sendo resolvidos somente no canteiro de obras.

Este trabalho parte da hipótese de que o uso da metodologia BIM auxilia no planejamento, construção e gerenciamento dos projetos de edificações. Ademais, pretende-se responder à seguinte pergunta: seria possível aplicar a metodologia BIM

4D para o acompanhamento do cronograma planejado de uma obra? Acredita-se que esse problema possa ser discutido mediante a materialização do cronograma em dimensões espaciais, possibilitando aos planejadores visualizar e simular cenários para uma mesma obra, definir o planejamento mais otimizado, identificar seus erros antecipadamente, analisar cenários diferentes para o planejamento e tomar decisões sobre o planejamento e cronograma baseado nas análises dos modelos 4D, e visualizando os possíveis impactos ou melhorias na alteração do cronograma.

### **1.3 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é aplicar a metodologia BIM no planejamento de um edifício residencial multifamiliar em execução.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- a) Desenvolver a modelagem BIM 4D de um edifício residencial multifamiliar
- b) Avaliar o fluxo de trabalho para o desenvolvimento da modelagem BIM 4D do caso estudado;
- c) Avaliar as possibilidades de utilização e aplicação da modelagem BIM 4D em empreendimentos da construção civil.

### **1.5 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está estruturado em seis capítulos: Introdução, Fundamentação Teórica, Metodologia, Apresentação dos Resultados, Análise dos Resultados e Considerações Finais.

O capítulo 1 demonstra a introdução, definição do problema, justificativa, objetivo geral e objetivos específicos. O segundo capítulo apresenta o embasamento teórico utilizado para o desenvolvimento do trabalho, abordando temas como a conceituação da metodologia BIM, os métodos para o planejamento de obras e a integração desses dois assuntos fundamentais - associando o planejamento aos modelos BIM, tendo como resultado o denominado BIM 4D.

No capítulo 3 foi definida a metodologia de pesquisa, introduzindo o estudo de caso, os softwares utilizados e as etapas para o desenvolvimento do trabalho. Em seguida, no quarto capítulo, é apresentado o fluxo de trabalho desenvolvido para a construção do modelo BIM 4D, utilizando como base os modelos BIM 3D e o cronograma planejado do empreendimento, fornecidos pela construtora responsável.

O penúltimo e quinto capítulo apresenta as análises dos resultados encontrados no capítulo anterior, juntamente com a percepção das partes interessadas na implementação e utilização do modelo 4D na construtora (engenheiro da obra, setor de planejamento, sócios do escritório e construtora). Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as considerações finais deste estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta o embasamento teórico para o desenvolvimento do presente trabalho, segundo suas principais linhas de pesquisa. Os tópicos abordados estão associados a dois temas: a metodologia BIM (*Building Information Modeling*), desde sua conceituação até suas vantagens, passando pelas dimensões tratadas nesta pesquisa; e o planejamento e controle de obras, com enfoque nos métodos de planejamento tradicional. Como último tópico, é realizada a integração entre os dois assuntos fundamentais, com abordagem do planejamento e modelagem 4D, tendo como resultado o denominado BIM 4D.

### 2.1 BIM

A conclusão bem-sucedida dos projetos de edificações exige o planejamento das suas etapas de desenho, construção e gerenciamento, de maneira a reduzir possíveis erros de concepção e execução, adquirindo a máxima eficiência e sustentabilidade desses processos. Desde a etapa de projeto, é de suma importância realizá-los de forma a reduzir desperdícios, antecipar erros de concepção e execução, para garantir maior produtividade e eficiência ao longo do processo produtivo de um empreendimento.

Até o final da década de 1970, os projetos da construção civil eram desenvolvidos principalmente por meio de técnicas tradicionais de desenho e visualização – como croquis, perspectivas e desenhos bidimensionais a mão – que muitas vezes resultavam em falhas de representação e informação. O início da digitalização de projetos ocorreu com o surgimento de softwares de Desenho Auxiliado por Computador (*CAD – Computer Aided Design*) que permitiram a produção dos projetos em 2D e a documentação digital dos mesmos. Apesar dos diversos avanços em relação às técnicas tradicionais, essas ferramentas ainda não solucionavam todas as dificuldades de planejamento, construção e gerenciamento dos projetos de edificações (Eastman *et al.*, 2021; Baia, 2015).

Como meio de mitigação desses problemas, algumas tecnologias tridimensionais foram desenvolvidas desde então, dentre as quais pode-se destacar a Modelagem da Informação da Construção (BIM). O BIM tem suas raízes nas

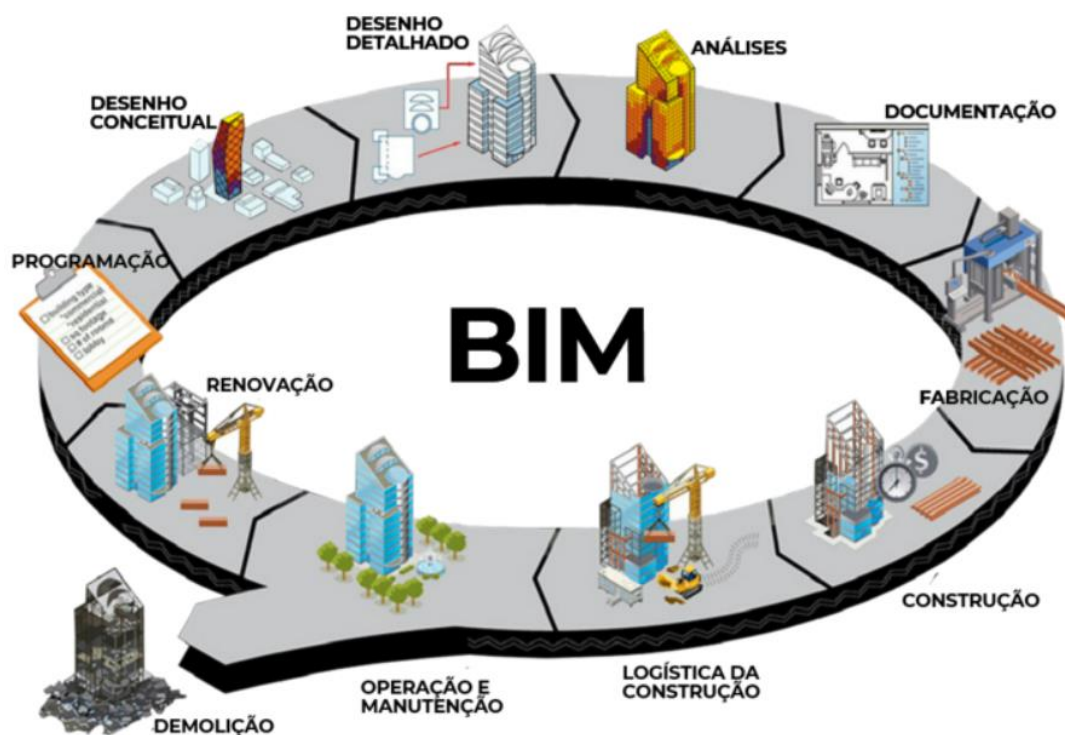
pesquisas sobre projeto auxiliado por computador, e ainda não possui uma definição única e amplamente aceita. As primeiras definições de BIM foram sugeridas pelo professor do Instituto de Tecnologia da Georgia, Charles M. Eastman (Baia, 2015; Matsui, 2017), que conceitua o BIM como “uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso, por meio de uma base de dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão de insumos e ações em todas as fases da construção” (Eastman *et al.*, 2021).

Succar (2009) caracteriza o BIM como sendo uma metodologia que permite gerenciar informações essenciais dos projetos de maneira digitalizada e centralizada. Sendo assim, todas as pessoas com interesse e parte da cadeia produtiva do projeto terão acesso às informações. Já o *National Institute of Building Standards – NIBS* (2007) caracteriza como um processo de melhoria para o projeto, planejamento, construção, manutenção e operação por meio de um modelo centralizado e parametrizado que contempla informações de todas as fases do ciclo de vida da edificação.

Ainda em relação à conceituação, o Decreto Federal nº 10.306, de 2 de abril de 2020, define BIM como um “conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, que sirva a todos os participantes do empreendimento, em qualquer etapa do ciclo de vida da construção” (Brasil, 2020).

Pode-se verificar que, em todas as definições, o BIM é referenciado como representação ou modelo digital. Porém, diferente da modelagem tridimensional que prioriza formas e volumes, o BIM consiste em uma tecnologia capaz de aperfeiçoar significativamente os processos de desenho, construção e gerenciamento de uma edificação, por meio de recursos de interoperabilidade e modelagem paramétrica, agregando valor ao ciclo de vida do projeto (Eastman, 2014; Matějka; Tomek, 2017; Brito, 2017). A Figura 1 exemplifica a utilização do BIM, abrangendo todo o ciclo de vida de uma edificação, desde a concepção do projeto até a operação e manutenção da construção.

Figura 1 – Ciclo de Vida BIM



Fonte: CRASA Infraestrutura (2020).

Estudos de caso na indústria da construção iraniana, por exemplo, confirmam que 80% de todo o conteúdo do processo construtivo pode ser aperfeiçoado por meio do BIM, que fornece melhor embasamento para as decisões, em comparação com planos concebidos por métodos tradicionais (Fazli *et al.*, 2014).

Em resumo, a Modelagem da Informação da Construção consiste em um conjunto de subsídios gerados e mantidos em todo o ciclo de vida de um edifício. Os sistemas BIM mais avançados incluem um banco de dados inteligentes com todas as informações relacionadas com a edificação, incluindo o sequenciamento construtivo e a gestão de custos, que permite o gerenciamento de documentos, a colaboração e a simulação em todo o ciclo de vida do projeto.

Para tanto, a metodologia BIM abrange desde a dimensão 3D dos projetos até a denominada dimensão 7D. Os projetos 3D trabalham com as três dimensões coordenadas X, Y e Z (planos horizontal, vertical e profundidade). No BIM, é possível incorporar também as dimensões 4D (que adiciona a gestão do tempo e o cronograma da obra), 5D (que adiciona o orçamento e o custo da obra), 6D (que adiciona a sustentabilidade incorporada ao processo do projeto) e 7D (que adiciona o processo

de manutenção do empreendimento no pós-obra). Dessa maneira, é possível obter a união de diversos conceitos utilizados na gestão de projetos, possibilitando que todas as disciplinas sejam desenvolvidas de forma colaborativa e participativa.

As dimensões do BIM estão associadas às informações do modelo e a como essas informações são utilizadas para desenvolver o projeto, execução e pós-obra. Vale ressaltar que essas dimensões não definem a utilização na ordem cronológica do processo; é possível, por exemplo, inserir e utilizar as informações para orçamento (BIM 5D) nas fases iniciais do modelo 3D (Otus, [s.d]). Além disso, conforme o avanço no desenvolvimento de ferramentas digitais, - capazes de suprir necessidades de processos gerenciais e administrativos - o BIM vem sendo utilizado para além do BIM 7D, como o 8D com aplicação na segurança operacional e prevenção de acidentes, o 9D para redução de desperdícios e excessos (construção enxuta) e o 10D aplicado na construção industrializada para gerenciar dados (físicos, ambientais e comerciais) (IBEC, 2021).

### 2.1.1 BIM no Brasil

No Brasil, os estudos e as normativas sobre BIM são recentes - foi apenas na última década que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) desenvolveu uma regulamentação específica sobre o tema, que abrange a terminologia e estrutura aplicada, as características dos objetos da construção, os processos construtivos, a classificação e organização de informações, dentre outros fatores indispensáveis na elaboração de projetos (ABNT NBR 15965-1, 2011; NBR 15965-2, 2012; NBR 15965-3, 2014; NBR 15965-7, 2015; NBR ISO 120006-2, 2010).

Além das normas técnicas, o Governo Federal instituiu a Estratégia Nacional do BIM (BIM-BR), por meio do Decreto nº 9.377/2018 e do Decreto nº 9.983/2019, com o objetivo de difundir a adoção do BIM no país, criar condições favoráveis para o investimento público e privado nessa tecnologia e estimular a capacitação dos profissionais da área. Posteriormente, em abril de 2020, o Governo Federal publicou o Decreto nº 10.306, estabelecendo a utilização do BIM em execução de obras ou serviços de engenharia realizadas, direta ou indiretamente, por órgãos e entidades da administração pública federal (Brasil, 2018, 2019, 2020). Juntamente com os decretos de utilização do BIM de obras públicas, foi incorporada a Lei nº 14.133/2021, que

determina a utilização do BIM como critério para licitações de obras ou serviços de engenharia e arquitetura (Brasil, Lei nº 14.133/2021).

Em âmbito estadual, Santa Catarina foi um dos primeiros estados brasileiros a contribuir com a disseminação do BIM. Lançando em 2015, o Caderno de Apresentação de Projetos em BIM, dando início ao processo de implementação do BIM no estado, objetivando que até 2018 todas as obras públicas estariam utilizando o BIM. Com isso, ocorreu uma iniciativa para padronizar as entregas em BIM nos estados do Sul do Brasil, conhecido como o movimento Rede BIM Gov. Sul (Biblus, 2020).

Além disso, em 2018 também foi disponibilizado o primeiro Caderno de Especificação de Projetos em BIM do Brasil. E, impulsionado pelo Decreto Federal, o Governo Catarinense em 2021 instituiu o Decreto nº 1370/2021, assim, oficializando o processo de implementação do BIM para projetos e obras públicas do estado, visando a contribuir para a inovação e melhorias do setor por meio da utilização do BIM (Santa Catarina, Decreto 1370/2021; BIMSC, 2023).

Em Santa Catarina, uma das ações para implementar a tecnologia BIM foi a criação do Laboratório BIM de Santa Catarina (LaBIM-SC), responsável pela elaboração de um caderno com referências e padronizações de informações para projetos de edificações em BIM, a serem adotados pelos prestadores de serviços ao Estado, por exemplo, em editais de licitação. Em 2014, o Governo Estadual lançou o primeiro edital para a elaboração de projetos exclusivamente em BIM, voltado para a construção do novo Instituto de Cardiologia - em São José, e do anexo do Hospital Regional Hans Dieter Schmidt - em Joinville (Santa Catarina, 2018).

Outras instituições brasileiras também vêm empregando esforços para disseminação do BIM, como a Câmara Brasileira da Indústria da Construção em parceria com o SENAI Nacional que elaborou uma coletânea de manuais sobre implementação da tecnologia para construtoras e incorporadoras a fim de democratizar o acesso à informação da utilização e aplicação do BIM em construtoras e incorporadoras (CBIC, 2016).

### 2.1.1 BIM 3D

Conforme já visto, o BIM se define como um conjunto de processos, fluxos de trabalhos e plataformas tecnológicas de modelagem que permitem criar, comunicar e analisar os modelos de construção. Um modelo de construção é caracterizado pelo conjunto de informações inseridas em um elemento tridimensional dentro de um software BIM, tais como: características gráficas, quantidade, especificação de material, fabricante, dimensões do elemento. Além disso, os modelos de construção produzem objetos parametrizados, permitindo a sua fácil edição para as características desejadas do projeto (Eastman *et al.*, 2021).

Segundo Eastman (2021, p.17) objetos parametrizados são definidos pela sua geometria e pelo conjunto de dados e regras associadas a eles; isso significa que um objeto criado em uma vista 2D será automaticamente criado também em uma vista 3D, e qualquer modificação realizada nele posteriormente será atualizada em todas as outras vistas, sejam elas em planta baixa, cortes ou elevações. Portanto, em um processo de criação ou revisão de projeto, ganha-se produtividade em relações aos projetos 2D tradicionais, ao precisar modificar um objeto apenas uma vez dentro de um modelo BIM e ter essas informações atualizadas em todo o projeto.

Em nível de projeto, um dos benefícios do BIM 3D é a colaboração, coordenação e compatibilização entre múltiplas disciplinas, permitindo que projetistas de diferentes disciplinas trabalhem simultaneamente. Esse diferencial resulta em uma redução de erros, omissões e incompatibilidades entre as disciplinas (Eastman *et al.*, 2021).

### 2.1.2 BIM 4D

O método tradicional de planejamento e programação da construção está baseado apenas no sequenciamento de atividades aplicado a um gráfico de barras, que permite estabelecer essas atividades no espaço e no tempo, atribuindo a elas datas, localização e descrição dos serviços - considerando recursos, restrições e outras informações do processo. Porém, esse método não possibilita otimizar completamente as soluções no canteiro de obras com informações, por exemplo, de

como ocorre ou qual a razão da conexão entre as atividades e o caminho crítico (Eastman *et al.*, 2021).

Nesse contexto é que surgiu o BIM 4D, que objetiva aprimorar o planejamento dos tempos de execução dos serviços – de maneira a reorganizá-los, editá-los e até mesmo reduzi-los (Eastman *et al.*, 2021). Este tópico aborda a fundamentação teórica sobre o BIM 4D, iniciando com as teorias de planejamento e finalizando com sua aplicação associada à metodologia BIM.

### 2.1.2.1 Planejamento 4D

Na década de 1980, com o avanço da tecnologia e o surgimento das primeiras ferramentas de modelos tridimensionais em CAD, que permitiam compilar e sobrepor os modelos tradicionais de planejamento, surgiu um dos primeiros modelos 4D, o denominado CAD 4D. Os primeiros modelos 4D, consistiam na compilação de modelos geométricos 3D, e surgiram como uma solução para os atrasos e erros ocorridos no canteiro de obras com os métodos tradicionais de planejamento, e que geralmente resultavam no aumento dos custos da construção (Eastman *et al.*, 2021).

As ferramentas CAD 4D evoluíram ao longo do tempo, permitindo o processo de conectar os objetos tridimensionais às respectivas atividades no cronograma. Posteriormente essas ferramentas foram implementadas aos modelos BIM, viabilizando a construção de um cronograma vinculado aos modelos BIM 3D tendo como resultado uma visualização completa do cronograma e o sequenciamento de todas as atividades. Essas ferramentas permitiam simular e avaliar as sequencias de atividades planejadas para a construção, facilitava a comunicação entre as partes interessadas do projeto e detectar conflitos entre as atividades envolvidas da construção, inclusive entre atividades da construção permanente e provisórias (Eastman *et al.*, 2021).

As ferramentas CAD 4D surgiram então como um novo método para suprir uma demanda que as ferramentas tradicionais de planejamento não conseguiam suprir, dando uma visualização tridimensional ao cronograma e possibilitando a identificação de problemas no cronograma antes mesmo de iniciarem as obras. A indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) da época passou a adotar

ferramentas para melhoria do processo de visualização dos cronogramas, através da junção de ferramentas 3D e das informações dos cronogramas, resultando nas visualizações 4D do projeto, desenvolvidas manualmente a partir de imagens dos modelos apenas de fases críticas ou de um período específico da construção (Eastman *et al.*, 2021).

Portando, o BIM 4D pode ser definido como a união entre metodologia e softwares BIM com as ferramentas dos modelos 4D, vinculando cada atividade do cronograma ao seu respectivo objeto no modelo BIM, juntamente com as informações dos objetos geométricos dos modelos BIM, facilitando aos planejadores criar, revisar e alterar os modelos 4D com mais praticidade e periodicidade. Com revisões mais frequentes do cronograma, o BIM 4D possibilita aos gestores da obra anteciparem problemas na execução, contribuindo para tomadas de decisões mais embasadas e assertivas (Eastman *et al.*, 2021).

Pesquisas sugerem que a Metodologia BIM 4D, quando usada adequadamente, traz benefícios associados à redução de custos e tempo da obra, assim como o controle de todas as etapas do projeto e a execução física do cronograma. Um estudo de caso de um empreendimento de uma residência estudantil em Cingapura, por exemplo, obteve um planejamento mais efetivo no posicionamento e operações da grua no canteiro e uma análise detalhada do modelo permitiu reduzir o tempo de execução do piso convencional de aproximadamente 20 dias para 4 dias, utilizando módulos pré-fabricados (Eastman *et al.*, 2021).

#### 2.1.2.2 *Vantagens do BIM 4D*

As atividades tradicionais de planejamento nem sempre fornecem informações precisas - como, por exemplo, os índices de produtividade de uma determinada construção - resultando muitas vezes na desorganização do canteiro de obras. O BIM 4D consiste em um novo processo de gestão que possibilita a otimização do desempenho físico e a melhoria da gestão financeira das atividades desenvolvidas no canteiro de obras.

Pesquisas sugerem que o BIM 4D resulta em benefícios principalmente associados à redução de custos e economia significativa de tempo, bem como o controle durante todas as etapas do projeto (Bryde *et al.*, 2013).

A possibilidade de compatibilização dos projetos arquitetônicos e complementares é apontada também como outra vantagem do BIM, permitindo a avaliação de interferências e aumentando a coordenação e qualidade do planejamento (Balem, 2015; Carezzato *et al.*, 2017). Eastman *et al.* (2021) complementa que as simulações do modelo 4D são uma tecnologia importante de comunicação, visualização de potenciais problemas e um processo de melhoria de colaboração, destacando as principais vantagens de seu uso:

- d) **Comunicação e colaboração integrada:** por meio dos modelos 4D os planejadores conseguem comunicar visualmente todas as etapas da construção do empreendimento, permitindo que qualquer parte interessada na construção (leiga ou não) tenha acesso às informações e contribuam para o processo de melhoria da obra.
- e) **Logística do canteiro:** facilita aos planejadores definir o fluxo do canteiro de obra mais otimizado e seguro, administrando as áreas de armazenamento, acessos, locação de equipamentos.
- f) **Coordenação:** permite administrar o fluxo das disciplinas no canteiro, controlando quando, como e onde serão realizadas.
- g) **Comparação de cronogramas e acompanhamento da execução do cronograma:** por meio das simulações, ou animações virtuais, os gestores podem facilmente comparar os cronogramas planejados com a execução física, e identificar se a construção está seguindo o planejado ou se está em atraso.

### 2.1.2.3 Softwares BIM 4D

Antes de iniciar a modelagem 4D é necessário definir qual software será utilizado, e para a escolha da ferramenta é importante considerar as necessidades do projeto e as informações que se espera encontrar com a modelagem 4D.

Considerando isso, Eastman *et al.* (2021) destaca algumas questões a serem consideradas na escolha das ferramentas:

- h) **Capacidade de importação de dados dos modelos BIM:** deve-se considerar como é realizada a importação dos dados geométricos e não geométricos do modelo para a ferramenta. E avaliar se esses dados são suficientes para os propósitos da modelagem 4D. Para algumas modelagens pode ser necessário a capacidade de filtrar ou consultar informações, como propriedades dos objetos.
- a) **Capacidade de importar o cronograma:** Se o formato de arquivo de cronograma que será utilizado pode ser importado para a plataforma. A ferramenta deve poder importar diferentes formatos de arquivos de cronograma ou no mínimo importar o formato a ser utilizado no cronograma.
- i) **Capacidade de unir e atualizar diferentes modelos BIM 3D:** a ferramenta deve permitir a importação e vínculo de múltiplos arquivos em um mesmo modelo. Para empreendimentos que possuem muitos projetos desenvolvidos em diferentes ferramentas BIM, é necessário que todos os modelos estejam em um arquivo único para a modelagem 4D.
- j) **Possibilidade de reorganização dos dados:** Se é possível editar ou organizar os dados, do cronograma, após a importação dos dados. Este recurso auxilia na agilidade do processo de modelagem.
- k) **Capacidade de incluir componentes temporários:** a ferramenta possibilita adicionar componentes temporários (andaimes, guias, áreas de escavação) no modelo 4D? A ferramenta possui uma biblioteca que facilitaria a criação desses componentes? O ideal é que a ferramenta possua uma biblioteca para auxiliar os usuários a inserir os componentes com mais facilidade e rapidez.
- l) **Criação de animações:** o tipo de modelagem 4D necessário para o empreendimento ou objetivos da construtora necessitam visualizar a movimentação de equipamentos, como guias, em períodos específicos? Algumas ferramentas 4D permitem que os usuários

visualizem a movimentação de equipamentos por meio de animações, possibilitando o comportamento desses equipamentos no canteiro de obras.

- m) **Suporte para análises:** a ferramenta deve proporcionar ao usuário realizar análises do fluxo de atividade, permitindo identificar conflito entre as atividades que ocorrem ao mesmo tempo.
- n) **Tipos de extração de dados:** se a ferramenta possibilita a criação de imagens do modelo para períodos específicos, apresentando um cenário de como a obra estaria em um determinado ponto do cronograma. Deve-se considerar se a ferramenta permite a criação de filmes e vistas de determinados períodos, pois esse recurso facilita no compartilhamento do modelo com a equipe responsável pelo empreendimento.
- o) **Capacidade de conexão automática:** a ferramenta possui algum campo que permite conectar automaticamente os objetos do modelo BIM com seus respectivos itens do cronograma? Este recurso é interessante para empreendimentos que possuem codificação padronizada para os itens do cronograma, de modo a ganhar produtividade nesta etapa.

Após o entendimento das informações e capacidades a que uma ferramenta BIM 4D pode nos oferecer, utiliza-se dessas análises para uma escolha mais assertiva do software para modelagem 4D. Existem diversas empresas com softwares com capacidade 4D, porém alguns softwares possuem mais recursos para modelagem 4D. Os programas mais conhecidos são: *Autodesk Navisworks Manage* e *Synchro PRO* da *Bentley* (Baia, 2015; BORGES, 2019; Eastman *et al.*, 2021).

O *Synchro PRO* é um dos softwares que possui ferramentas mais específicas para BIM 4D, uma vez que possui um nível de detalhamento superior aos outros softwares, permitindo ao planejador escolher o modo de visualização dos elementos - como a construção de uma parede por partes, simulando a elevação da alvenaria, por exemplo. Embora o *Synchro* tenha um nível de detalhamento superior aos demais softwares e uma interface de fácil usabilidade, ele exige que os usuários

tenham um conhecimento de cronograma e gerenciamento de projetos mais aprofundado (Eastman et al., 2021; Borges, 2019).

A *Autodesk* é a empresa líder no mercado de softwares da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e o software *Revit* o mais utilizado para desenvolvimento de projetos em BIM. Por conseguinte, o *Navisworks* tornou-se uma das ferramentas mais utilizadas para compatibilização de projetos e modelagem 4D, por ter boa interoperabilidade entre os softwares *Autodesk* (Eastman et al., 2021; Borges, 2019).

## 2.2 Planejamento

Segundo Limmer (2003) planejamento pode-se definir como “um processo por meio do qual se estabelecem objetivos, discutem-se expectativas de ocorrências de situações previstas, veiculam-se informações e comunicam-se resultados pretendidos...”. Sendo assim, o planejamento é um processo de definir e organizar todas as etapas necessárias para a execução de atividades que envolvam uma construção, como a elaboração de projetos, orçamentos e programação de obras (Baia, 2015).

Mattos (2019) pontua que o planejamento é uma ferramenta importante para realizar o gerenciamento da obra, permitindo acompanhar a execução dos serviços, comparar o andamento da construção com a programação de referência e ter embasamento para tomada de decisão mais rápida caso identificado algum imprevisto. Além disso, um planejamento bem elaborado contribui para um cronograma otimizado, resultando na redução de tempo de execução e economia para o custo da obra.

Após estabelecido o fluxo do planejamento, determinando a sequência lógica das atividades, e determinando as datas de início e fim das atividades, temos como resultado um cronograma das atividades necessárias para a materialização do projeto no canteiro de obras, trazendo informações de qual atividade, quando será executada e em quanto tempo levará para executar. As técnicas convencionais de apresentação do planejamento são o diagrama de Gantt (cronograma de barras), o gráfico das linhas de balanço e o diagrama de rede (Mattos, 2019).

Ao longo dos anos, diversos métodos de planejamento e programação de obras foram desenvolvidos, como o Método do Caminho Crítico (CPM), o Sistema *Last Planner* (LPS) e o Planejamento Baseado em Localização (LBS) ou Linha de Balanço. O Método do Caminho Crítico, consiste em determinar pela sequência de atividades com maior tempo de etapas dependentes, determinando o prazo total para realização do projeto (Varalla, 2003). Criado em 1950, o Método do Caminho Crítico (CPM) se tornou a metodologia mais utilizada na elaboração de cronogramas de empreendimentos, tendo sua implementação em softwares como: *Microsoft Project*, *Primavera Sure Tak* ou *Primavera P6*, que possibilitam aos planejadores criar, comunicar, atualizar, visualizar os cronogramas e gerar relatórios. Esses softwares utilizam o diagrama de Gantt (Figura 2) como representação visual do cronograma, mostrando como as atividades estão conectadas, os cálculos de folgas e o caminho crítico entre os serviços, permitindo melhorar a programação da construção (Eastman *et al.*, 2021).

O diagrama de Gantt (Figura 2) é uma ferramenta utilizada para o controle e de fácil visualização das atividades, sendo caracterizado por um gráfico de barras, no qual, as atividades representadas ficam à esquerda, e à direita indicam uma linha do tempo e barras desenhadas com tamanhos específicos representando a duração de cada atividade. Esta ferramenta é muito utilizada e de fácil compreensão, porém representa apenas as atividades e suas durações em barras, e não permite visualizar a ligação entre as atividades, determinar o caminho crítico ou identificar as folgas (Mattos, 2019).

**Figura 2 – Exemplo de diagrama de Gantt**

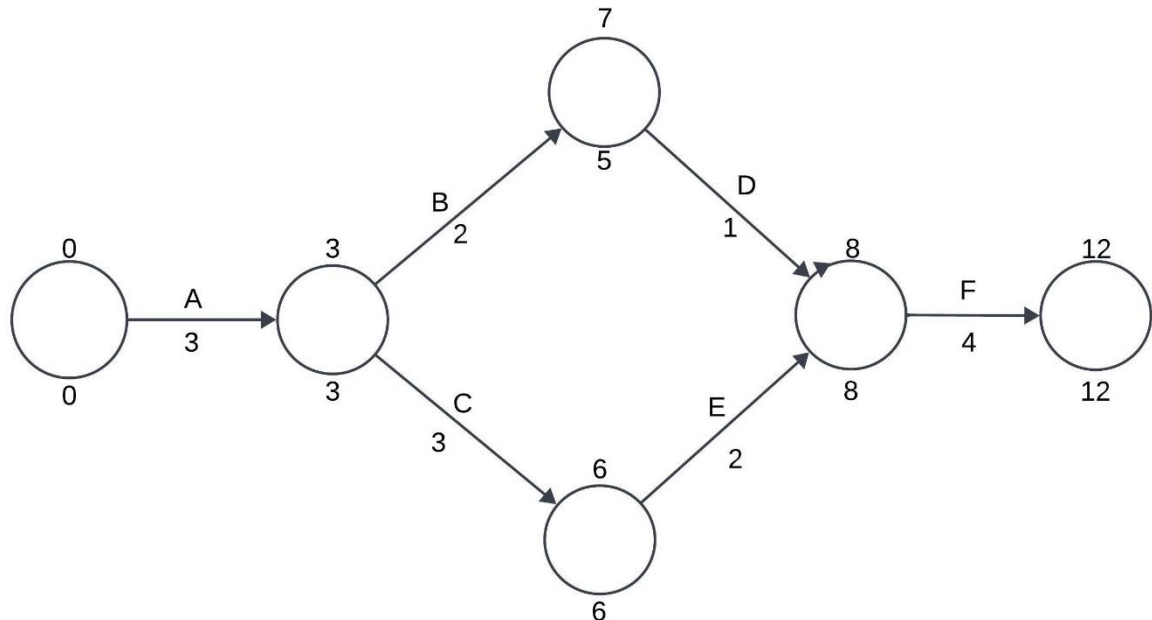
CÓDIGO	ATIVIDADE	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
A	Fundação	■	■	■																			
B	Supraestrutura				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
C	Alvenaria											■	■	■	■	■	■	■	■	■			
D	Pisos																	■	■	■	■	■	
E	Revestimentos																				■	■	

Fonte: Adaptado de Mattos (2019).

Diagrama de rede ou diagrama PERT/CPM (Figura 3) é a representação gráfica do cronograma, no qual, por meio de setas indicam a ligação entre as atividades e suas precedências, permitindo determinar o caminho crítico identificando

as folgas entre tarefas, as sequências de atividades que podem afetar o cronograma caso sofram algum atraso (Mattos, 2019).

**Figura 3 – Exemplo de diagrama PERT/CPM**



Fonte: Adaptado de Mattos (2019).

Frente às limitações do gráfico de Gantt, planejadores aprimoraram o diagrama ao incorporar os dados da rede PERT/CPM para suprir as demandas de um cronograma mais completo e visual, dando origem ao cronograma integrado Gantt-PERT/CPM, que pode ser visualizado na Figura 4 (Mattos, 2019).

Com o cronograma integrado é possível adicionar ao cronograma Gantt diversas informações, tais como: numeração das atividades, folgas, atividades críticas, sequenciamento das atividades por meio de setas. Além disso, no cronograma integrado é considerada a data real de início prevista, assim como os dias úteis de trabalho (Mattos, 2019). A Figura 4 apresenta um exemplo de cronograma integrado, separando os dias de trabalho apenas nos dias da semana.

**Figura 4 – Exemplo de cronograma integrado Gantt-PERT**

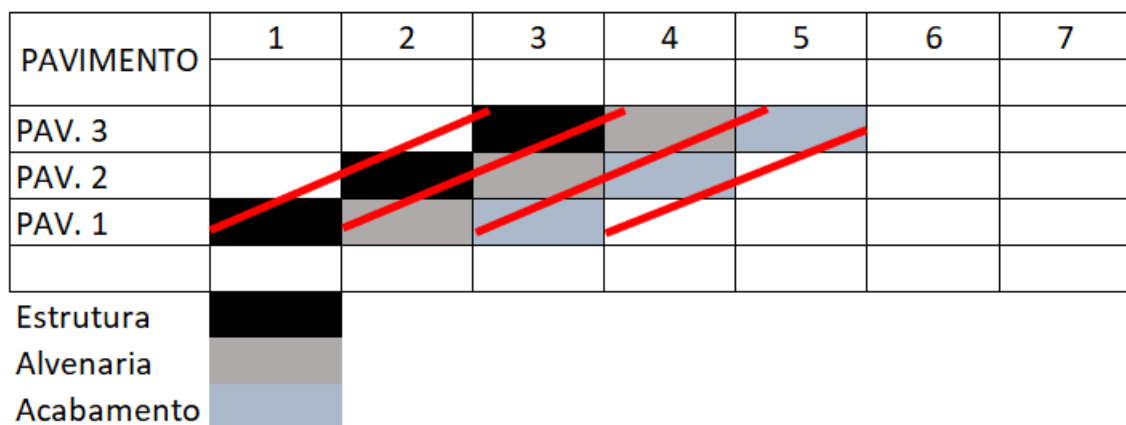
ATIVIDADE	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A	■	■	■																		
B				■	■																
C				■	■				■												
D									■												
E									■	■	■										
F											■	■	■			■	■	■			

Fonte: Adaptado de Mattos (2019).

Além das ferramentas mencionadas, outra forma muito conhecida e tradicional de representação gráfica é a linha de balanço ou diagrama tempo-caminho. Essa técnica de planejamento foi criada, inicialmente, para obras com serviços repetitivos em que ocorrem ciclos de produção parecidos, como as obras de infraestruturas ou conjuntos habitacionais (Mattos, 2019).

A representação gráfica da linha de balanço é dada por uma reta, com direção ascendente, indicando o fluxo e ritmo das atividades. O gráfico é produzido com as informações das atividades no eixo Y e a indicação de tempo no eixo X, e fornece um indicativo de produtividade através da reta - quanto mais íngreme for, maior será a produtividade (Mattos, 2019), como exemplificado na Figura 5.

**Figura 5 – Exemplo de linha de balanço**



Fonte: Adaptado de Mattos (2019).

Como citado anteriormente, softwares como o *Microsoft Project* utilizam o método do caminho crítico juntamente com o diagrama de Gantt. Já para a técnica da linha de balanço tem-se o software de planejamento de obras *Prevision*, que permite criar cronogramas mais visuais, facilidade para observar a relação de dependência

entre as atividades de maneira mais ágil e manter o cronograma da obra atualizado (Bedin,2021). O software trabalha com o conceito de Pacotes de trabalho, que correspondem à divisão das atividades do projeto realizada na Estrutura Analítica do Projeto (EAP). Por meio dos Pacotes de trabalho é possível estabelecer uma estrutura clara para a realização de todas as atividades do cronograma (Ribeiro, 2023).

Os métodos tradicionais de planejamento e programação da construção são elaborados realizando o sequenciamento das atividades com base em atividades recorrentes no canteiro de obras. Em função disso, muitas vezes os planejamentos não permanecem em sincronia com os projetos e acabam não considerando as particularidades da construção, resultando em revisões do cronograma ao longo da execução. Além disso, restringem a compreensão e acompanhamento por aqueles que participam e conhecem profundamente o processo de planejamento (Eastman *et al.*, 2021).

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada, que objetiva gerar conhecimentos para utilização prática, dirigidos à solução de problemas específicos. A abordagem adotada é qualitativa, com enfoque na interpretação e importância do objeto e contexto pesquisado, considerando também a proximidade da autora do trabalho com a temática estudada. Trata-se de uma pesquisa exploratória, que visa proporcionar familiaridade e entendimento do problema. A pesquisa envolve procedimentos de levantamento bibliográfico e documental, análise de exemplos existentes que estimulem a compreensão do problema e estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica e documental objetiva levantar referências teóricas já analisadas e publicadas, e permite obter conhecimentos prévios sobre o assunto. Neste trabalho, a pesquisa bibliográfica e documental inclui artigos e trabalhos acadêmicos dos últimos 10 anos, cujos temas são pertinentes às possibilidades e aplicação do BIM 4D.

A análise dos exemplos existentes visa a obtenção de uma base de dados para a aplicação do estudo de caso. Essa etapa foi realizada a partir das fontes bibliográficas de trabalhos acadêmicos com estudos com foco na modelagem 4D e diferentes aplicações do BIM 4D, tais como a aplicação para o planejamento e controle de obra (Brito, 2014); métodos de implementação da modelagem 4D (Borges, 2019), aplicação do BIM 4D para otimização do cronograma físico da obra (Matsui, 2017); aplicação do BIM 4D no setor da infraestrutura (Azevedo e Stein, 2021). As fontes bibliográficas consultadas servirão como referência para definição dos fluxos de trabalho, metodologia de implementação para o desenvolvimento da modelagem 4D (Borges, 2019) e contribuindo como roteiro de utilização dos softwares (Borges, 2019; Matsui, 2017), visto que alguns trabalhos tiveram como considerações as boas práticas no processo de modelagem 4D (Matsui, 2017).

#### **3.1 Estudo de Caso**

O estudo de caso consiste em implementar e desenvolver a modelagem 4D de um empreendimento por meio das ferramentas e conceitos do BIM. O objeto estudado nesta pesquisa consiste em uma edificação residencial multifamiliar com

área total de 7.464,85 m<sup>2</sup> (Figura 6), integrante de um complexo residencial localizado no estado de Santa Catarina. O empreendimento de referência do estudo de caso é de autoria de uma construtora local, e seus dados completos de identificação e localização serão preservados por solicitação da empresa.

**Figura 6 – Fachada Edificação**



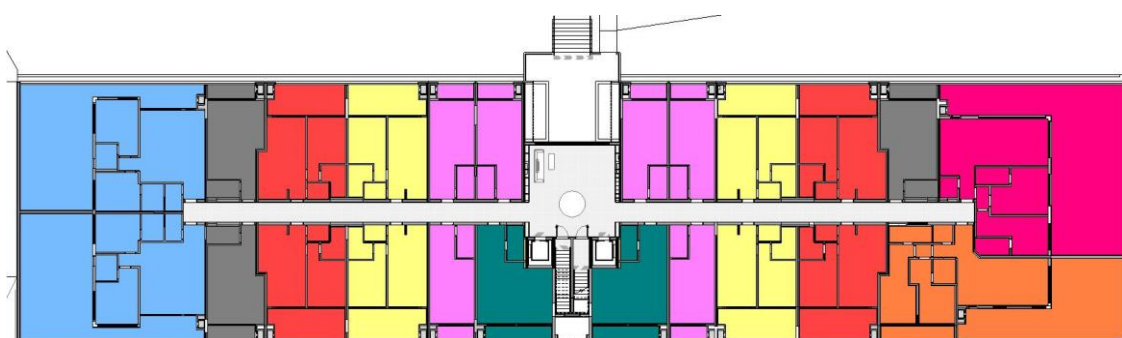
Fonte: Empresa responsável pelos projetos (2020).

O estudo de caso foi definido com base na experiência da autora deste trabalho com o empreendimento, durante o período de um ano e três meses em que foi estagiária de uma construtora local. Nessa oportunidade, a autora da pesquisa colaborou com as transcrições dos projetos, a partir dos arquivos CAD 2D para o *Revit* das disciplinas de elétrico, telecomunicações, hidrossanitário e preventivo contra incêndio, e com as compatibilizações dos modelos 3D do empreendimento, ainda na etapa de projeto. Além disso, havia o interesse da construtora em implementar a modelagem 4D em um empreendimento recente, possuindo todas as informações necessárias para começar tal implementação, tais como os modelos 3D desenvolvidos no *Revit*, os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações; assim como o cronograma para execução do empreendimento.

Como já mencionado, o empreendimento do estudo de caso está localizado no município de Imbituba – SC, e trata-se de um condomínio residencial de alto padrão com quatro torres. Embora o empreendimento possua quatro torres, este estudo será aplicado apenas na primeira delas, cujas obras foram iniciadas em junho de 2022. A

torre, objeto de estudo, é composto por um subsolo de estacionamento e serviços, um pavimento térreo de 23 apartamentos (Figura 7), dois pavimentos tipo de 25 apartamentos cada, (Figura 8), totalizando 73 apartamentos, ático com piscina e áreas de lazer exclusivas para a torre.

**Figura 7 – Planta Baixa Pavimento Térreo**

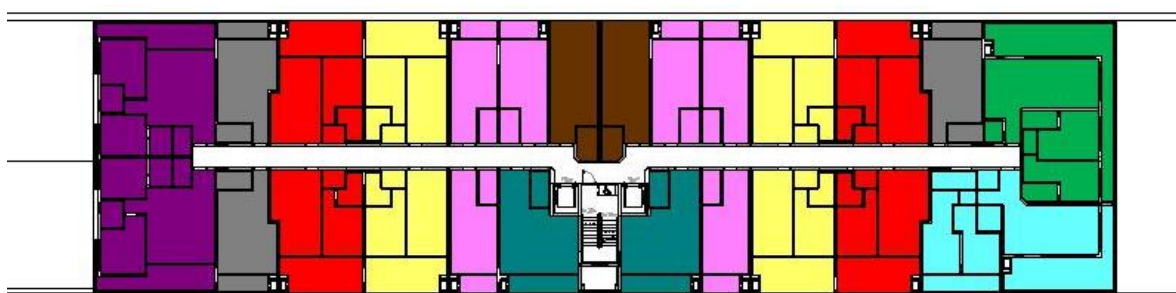


Legenda (Pavimento Térreo – total de 23 apartamentos):

Cor – Tipologia (nº unidades)	Cor – Tipologia (nº unidades)
<span style="color: #FF0000;">■</span> Apartamento Garden Duas suítes A (1 unidade)	<span style="color: #FFFF00;">■</span> Apartamento Uma Suíte B (4 unidades)
<span style="color: #FFA500;">■</span> Apartamento Garden Duas suítes B (1 unidade)	<span style="color: #808080;">■</span> Apartamento Studio A (3 unidades)
<span style="color: #00BFFF;">■</span> Apartamento Garden Duas suítes C (2 unidades)	<span style="color: #FF00FF;">■</span> Apartamento Studio B (6 unidades)
<span style="color: #FF0000;">■</span> Apartamento Uma Suíte A (4 unidades)	<span style="color: #008080;">■</span> Apartamento Studio C (2 unidades)

Fonte: Empresa responsável pelos projetos (2020).

**Figura 8 – Planta Baixa Pavimento Tipo**



Legenda (Pavimento Tipo – total de 25 apartamentos):

Cor – Tipologia (nº unidades)	Cor – Tipologia (nº unidades)
<span style="color: #008000;">■</span> Apartamento Duas suítes A (1 unidade)	<span style="color: #FFFF00;">■</span> Apartamento Uma Suíte B (4 unidades)
<span style="color: #00FFFF;">■</span> Apartamento Duas suítes B (1 unidade)	<span style="color: #808080;">■</span> Apartamento Studio A (3 unidades)
<span style="color: #800080;">■</span> Apartamento Duas suítes C (2 unidades)	<span style="color: #FF00FF;">■</span> Apartamento Studio B (6 unidades)
<span style="color: #FF0000;">■</span> Apartamento Uma Suíte A (4 unidades)	<span style="color: #008080;">■</span> Apartamento Studio C (2 unidades)
	<span style="color: #8B4513;">■</span> Apartamento Studio D (2 unidades)

Fonte: Empresa responsável pelos projetos (2020).

As 73 unidades do empreendimento compreendem um total de 12 tipologias de apartamentos, sendo 4 unidades dos tipos Garden com duas suítes A, B

e C; 8 unidades dos tipos com duas suítes A, B e C; 24 unidades dos tipos com uma suíte A e B) e 37 unidades dos tipos Studio A, B, C e D. Os apartamentos Garden possuem área de até 180 m<sup>2</sup>, os apartamentos de uma suíte a partir de 56,69 m<sup>2</sup> e os Studios a partir de 32,83 m<sup>2</sup>. O projeto prevê ainda a possibilidade de alterações em planta baixa, com a junção de dois apartamentos de uma suíte ou de um apartamento e um Studio.

As áreas de lazer de cada torre são independentes, e a edificação do estudo de caso possui áreas de lazer como piscina, salão gourmet, salão de festas, grill e terraço localizadas no ático. Outras instalações de área comum como lixeira, lavanderia, *hobby box*, *wet place* (vestiário para banhistas pós praia), bicicletário, oficina de Bike ficam localizadas no subsolo, junto com a garagem.

## 3.2 Softwares

No desenvolvimento deste trabalho serão utilizados os softwares *Autodesk Revit* e *Navisworks Manage 2022* para o gerenciamento dos modelos 3D e construção do modelo 4D, respectivamente, e a plataforma *Prevision* para realizar a integração do cronograma disponível com o *Navisworks*, da obra do estudo de caso.

A escolha dos softwares se deu em função de a construtora já possuir a modelagem dos projetos executivos no *Revit 2022* e realizar a compatibilização No *Navisworks 2022*, e em virtude de a autora possuir conhecimentos prévios das ferramentas e, por ser estudante, ter acesso as licenças gratuitas dos softwares da Autodesk. A plataforma *Prevision* foi escolhida devido a construtora ter realizado o planejamento do empreendimento na plataforma e ter o recurso de integração com softwares BIM 4D. Além disso, a autora também já havia utilizado a plataforma para realizar o cronograma da unidade curricular de programação de obras, após um treinamento realizado pela *Prevision* com os alunos da unidade curricular.

### 3.2.1 Revit

O *Autodesk Revit* é um software BIM desenvolvido para a elaboração de modelos 3D, muito utilizado para a modelagem de projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações. O software permite que todos os envolvidos na cadeia produtiva

tenham acesso às informações dos elementos contidos no projeto, ou seja, é possível retirar características e especificações dos elementos como o tipo de material, espessura, aparência, dimensões, custo. Além disso, por trabalhar com informações parametrizadas, sempre que for realizada uma alteração ou revisão no modelo, em qualquer vista (planta baixa, corte, 3D, fachada) ou tabela que contenha o elemento modificado, ocorrerá a atualização automática dessas informações (CBIC, 2016).

Optou-se por trabalhar com o *Revit* porque todos os projetos do empreendimento (arquitetura, estrutura e instalações) foram criados no software e devido à experiência prévia da autora das modelagens dos projetos do empreendimento e experiência de modelagem no *Revit* adquiridas na graduação, cursos online e estágio realizado no escritório de projetos da construtora), facilitando no processo de adequação dos modelos para a modelagem 4D no *Navisworks*.

### 3.3.2 *Navisworks Manage*

O *Navisworks Manage* é um software desenvolvido pela *Autodesk* utilizado para análise e coordenação de projetos. Por ele é possível realizar a compatibilização dos projetos (detecção de interferências entre elementos e disciplinas), gerar relatórios das interferências; controlar cronograma e custos por meio de simulações 4D e 5D (Autodesk, 2023).

O *Navisworks* foi escolhido para o desenvolvimento da modelagem 4D deste trabalho em função de a construtora autora do empreendimento já trabalhar com o software para a compatibilização dos projetos e devido aos conhecimentos prévios da autora acerca da ferramenta.

### 3.3.3 *Prevision*

A *Prevision* é uma plataforma de planejamento e gestão para obras, que utiliza a metodologia da linha de balanço para realizar a apresentação do processo de planejamento, por meio do sequenciamento de atividades/serviço. Dessa maneira, a ferramenta permite desenvolver cronogramas de obras visuais com fácil usabilidade, permitindo revisar o cronograma com agilidade, identificar com facilidade os impactos de suas alterações, aumentar a previsibilidade da obra e reduzindo o tempo investido

na elaboração do planejamento e cronograma. Além disso, a plataforma possui integração com softwares BIM que permite ampliar a capacidade do BIM 4D, resultando maior capacidade de monitoramento, permitindo realizar ajustes na rotina do canteiro com previsibilidade e agilidade, tanto para o projeto quanto para a equipe (Bedin, 2020).

A empresa responsável pelos projetos e modelagem 4D optou pela plataforma *Prevision* para desenvolver e gerenciar o planejamento, o cronograma e realizar o acompanhamento físico da obra, por meio de medições.

### **3.3 Etapas da Modelagem 4D**

A metodologia adotada no estudo de caso consiste no desenvolvimento da modelagem BIM 4D no software *Navisworks*, a partir da modelagem BIM 3D das disciplinas de arquitetura, estrutural, elétrico e hidráulica; e do cronograma da obra, já desenvolvidos nos softwares *Revit* e *Prevision*, respectivamente. Dessa maneira, é possível a integração entre os dados do cronograma com a modelagem 3D, contribuindo para a agilidade da modelagem 4D.

A sequência deste texto apresenta a descrição de cada uma das etapas desenvolvidas para realizar este trabalho, iniciando com a etapa de preparação e levantamento de informações e arquivos necessários para a modelagem 4D (Etapa 1), para posteriormente explicar sobre a construção do Modelo 4D (Etapa 2) e o desenvolvimento das simulações (Etapa 3), e finalizar com explicação das análises das simulações (Etapa 4).

#### **3.3.1 Etapa 1: Preparação**

A etapa de preparação consiste no levantamento e organização de todos os projetos e arquivos necessários para o desenvolvimento da modelagem 4D. Nesta etapa, está incluída a análise dos requisitos do projeto para a escolha dos softwares que irão atender as premissas e objetivos da implementação do BIM 4D.

O primeiro requisito da etapa de preparação foi elaborar os códigos de integração BIM a serem utilizados para identificar os serviços no cronograma e nos

arquivos *Revit* dos modelos 3D do projeto arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulica do empreendimento. Para isso, foi necessário analisar o cronograma, já planejado da obra, e os modelos BIM 3D dos projetos citados a fim de definir adequadamente os códigos e facilitar o processo de conexão dos elementos e serviços no software de modelagem 4D.

Após a definição dos códigos, eles foram atribuídos aos níveis (Lotes) e tarefas (Pacotes de trabalho) na plataforma *Prevision* e aos elementos dos modelos 3D dos projetos executivos já desenvolvidos no *Revit*, simultaneamente. Primeiro foram criados os Formulários Personalizados BIM, criação de Campos para adicionar os códigos de integração, e sem seguida, os códigos foram atribuídos aos seus respectivos Níveis (Lotes) e Tarefas (Pacotes de trabalho) ao cronograma na plataforma, como mostra a Figura 9.

**Figura 9 – Exemplo do Campo do Formulário BIM para adicionar os códigos dos pacotes de trabalho**

A interface de usuário para editar um pacote de trabalho. No topo, há uma barra de navegação com um ícone de seta para trás, o texto 'Editar pacote' e um botão 'SALVAR'. Abaixo, há um menu suspenso com o ícone de um menu e o número '1'. O formulário principal contém o seguinte conteúdo:

- Nome: MOV - Movimentação de Terra
- Serviços: ADICIONAR
- Dependências automáticas:  Dependências automáticas ⓘ
- Dependências entre serviços: ADICIONAR
- Nota: Não há dependências entre serviços cadastrados.
- Formulário personalizado (BIM): Serviço

Fonte: Adaptado de *Prevision* (2023).

A modelagem 4D ocorre através da relação entre um serviço do cronograma com o seu respectivo elemento 3D. Para que seja possível criar essa relação no *Navisworks* foi necessário atribuir os códigos de integração, definidos anteriormente, aos elementos geométricos dentro do *Revit*, por meio da parametrização dos

elementos. A parametrização de elementos no *Revit* será feita por meio da criação de um parâmetro de texto, que aparecerá nas propriedades ao selecionar os elementos no arquivo do projeto. Com a criação de um novo parâmetro para os elementos modelados no *Revit*, foi possível iniciar o processo de inserção dos códigos de integração em todos os elementos tridimensionais que possuem uma atividade no cronograma.

Após realizar a atividade de definição dos códigos e adequação dos modelos 3D, o arquivo do cronograma no formato “.csv” (*Comma-separated values*) foi exportado da plataforma e importado para o software *Navisworks*. Os arquivos “.csv” possuem formato de tabela em texto, onde as colunas são separadas por vírgulas e as linhas pelo parágrafo (Figura 10).

**Figura 10 – Exemplo de estrutura de um arquivo .csv**

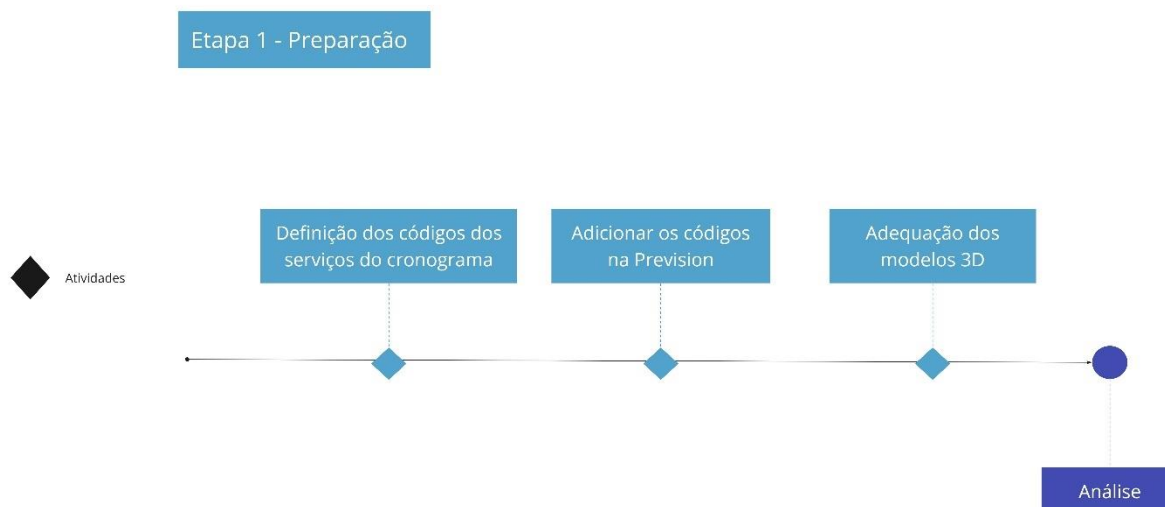
id,name,start_at,end_at,cost,field1,field2,field3,field4,field5,field6,field7,field8,field9,field10,type			
12194972,SUP - Supraestrutura_Térreo,2023-01-25,2023-05-04,"724.554,18",SUP_TER,SUP,,,,,,,"",Construct			
12194973,SUP - Supraestrutura_Tipo 1,2023-04-28,2023-05-31,"448.130,42",SUP_1PAV,SUP,,,,,,,"",Construct			
12194974,SUP - Supraestrutura_Tipo 2,2023-06-01,2023-07-03,"456.985,349994060592",SUP_2PAV,SUP,,,,,,,"",Construct			
12194975,SUP - Supraestrutura_Ático,2023-07-04,2023-08-30,"680.631,2282848",SUP_ATIC,SUP,,,,,,,"",Construct			
12194976,SUP - Supraestrutura_Casa de Máquinas,2023-08-31,2023-09-14,"139.296,48",SUP_BARR,SUP,,,,,,,"",Construct			
12194977,SUP - Supraestrutura_Reservatório Superior,2023-10-02,2023-10-16,"15.277,575",SUP_RSUP,SUP,,,,,,,"",Construct			
12194978,SUP - Supraestrutura_Tampa do Reservatório Superior,2023-11-01,2023-11-09,"20.617,475",SUP_TRS,SUP,,,,,,,"",Construct			
12195021,PCI - SPDA_Subsolo,2023-01-18,2023-01-19,"8.571,428574",SUB,,,,,,,"",Construct			
12195022,PCI - SPDA_Térreo,2023-04-20,2023-04-24,"8.571,428574",TER,,,,,,,"",Construct			
12195023,PCI - SPDA_Tipo 1,2023-05-22,2023-05-23,"8.571,428574",1PAV,,,,,,,"",Construct			
12195024,PCI - SPDA_Tipo 2,2023-06-27,2023-06-28,"8.571,428574",2PAV,,,,,,,"",Construct			
12195025,PCI - SPDA_Ático,2023-08-24,2023-08-25,"8.571,428574",ATIC,,,,,,,"",Construct			

Fonte: *Prevision* (2023).

Os modelos BIM 3D foram revisados para retirar informações não necessárias, (como topografia, pranchas e legendas), para deixar os arquivos mais leves, e então foram importados como para o *Navisworks*, no formato “.rvt” padrão do *Revit*.

A Figura 11 apresenta um resumo para esta primeira etapa de desenvolvimento do trabalho.

**Figura 11 – Etapa 1: Preparação**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Dessa maneira, finaliza-se a etapa de preparação e dá-se início à etapa de construção do modelo 4D, descrita no próximo item.

### 3.3.2 Etapa 2: Construção do Modelo 4D

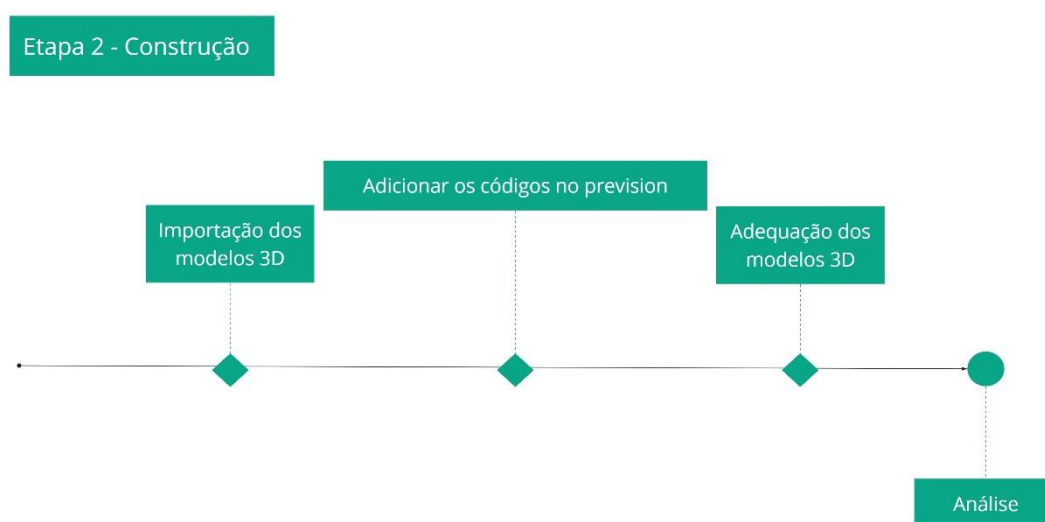
A etapa de construção do Modelo 4D foi realizada no *Navisworks*, e iniciou-se com a importação dos modelos 3D do projeto arquitetônico e estrutural do *Revit* por meio da aba *Append*. A importação dos modelos 3D será realizada a importação dos modelos BIM em formato “.rvt” que possibilitam a atualização dos modelos sem a necessidade de inserir um novo arquivo sempre que houver uma alteração no projeto. Em seguida, realizou-se a importação do cronograma, exportado da plataforma *Prevision*, configurado para a integração entre o software 4D com o cronograma.

Para a tarefa de integração do *Prevision* com o *Navisworks*, foram utilizadas as instruções de integração disponíveis na própria plataforma. No *Navisworks*, foram importados os arquivos diretamente baixados da plataforma, em formato “.csv”, por meio da aba *Data Sources* na Janela *TimeLiner*. Em seguida, foi realizado o mapeamento das informações entre o *Navisworks* e o *Prevision*, de maneira que o *Navisworks* identifique as informações do *Prevision*, associando os nomes das tarefas, códigos de identificação, tipos de tarefas, datas de início e fim do cronograma

e sincronização dos códigos de identificação, este processo apresentado com mais detalhes no capítulo 4.

O processo de integração visa ganhar produtividade no momento de associação dos serviços do cronograma aos elementos do modelo 3D de forma automática e garantindo associação de todos os elementos a um serviço, evitando possíveis erros e retrabalhos. Sem a parametrização dos modelos com o cronograma, a associação dos elementos com os serviços teria que ser realizada de forma manual, o que implica na necessidade de maior atenção na modelagem 4D e na redução da produtividade. A Figura 12 apresenta um resumo das tarefas a serem desenvolvidas nesta etapa do trabalho.

**Figura 12 – Etapa 2: Construção do Modelo 4D**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

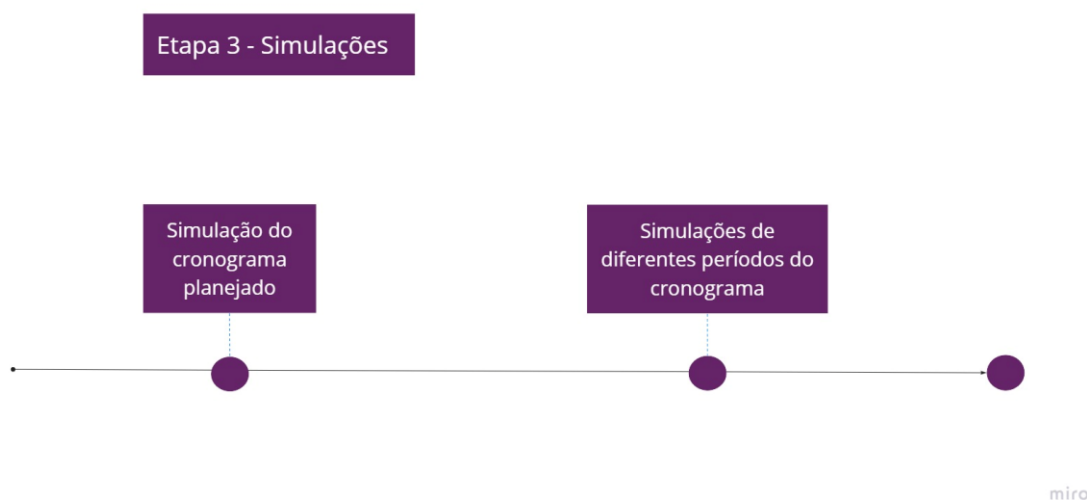
Ao final da etapa de construção teremos como resultado o Modelo 4D pronto para iniciar a etapa de simulações e análise, descritas nos próximos itens respectivamente.

### 3.3.3 Etapa 3: Simulações

Nesta etapa, já com o modelo 4D pronto, foi realizada as simulações do cronograma planejado, através da aba *Simulate* do *Navisworks*. Sendo as simulações o resultado obtido do modelo 4D, a etapa de simulações teve o objetivo de

configuração da representação gráfica das animações virtuais das etapas de execução do objeto de estudo, para compreender como a ferramenta funciona – visualizando o processo de construção desde o início da obra, como também visualizando etapas futuras e previsão de como a obra estaria nos próximos 6 meses, 1 ano ou ao final da obra. A Figura 13 apresenta resumidamente a Etapa 3.

**Figura 13 – Etapa 3: Simulações**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

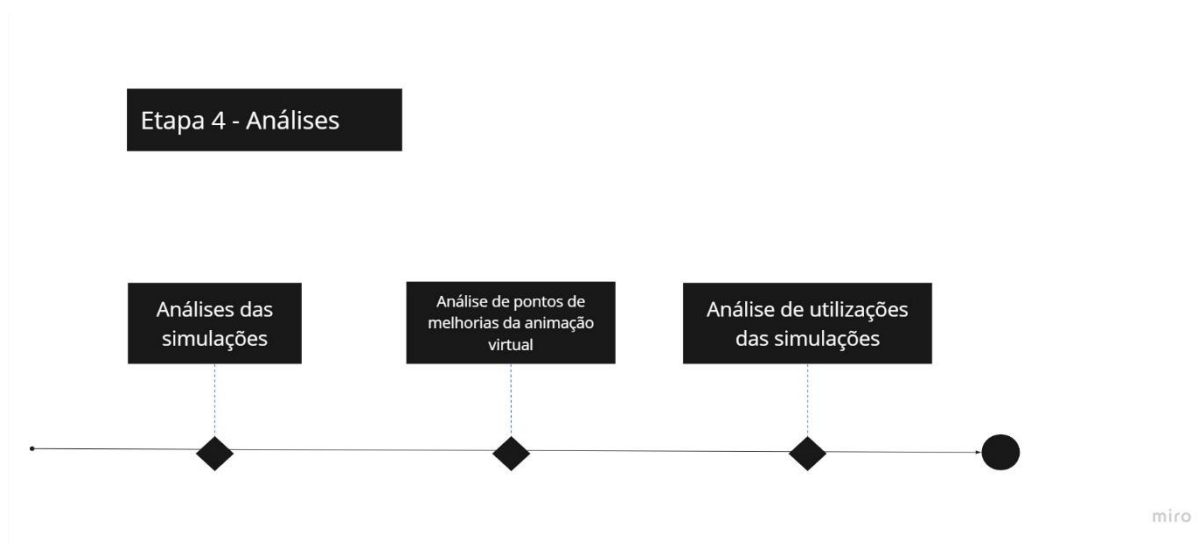
Com as simulações prontas, iniciou-se a etapa de análise, descrita no próximo item. Vale ressaltar que é de suma importância analisar com atenção e olhar crítico as simulações, para identificar pontos de melhorias na visualização do modelo 4D e no planejamento, visando facilitar a compreensão das simulações e a sequência de atividades do cronograma do empreendimento.

#### 3.3.4 Etapa 4: Análise dos Resultados

Nesta etapa foi realizada as análises das simulações, em diferentes datas da linha do tempo do cronograma, visualizando as próximas etapas da obra e uma previsão de como a obra estaria em diferentes períodos do cronograma. Além disso, foram analisadas as melhorias a serem feitas quanto a representação gráfica, tempo de reprodução das atividades e cores das tarefas do cronograma. Com as melhorias gráficas realizadas no modelo, foi realizada a etapa de análises das simulações - nesta

etapa, as simulações foram apresentadas e analisadas pela engenheira de planejamento, pelos diretores/sócios da construtora e pelo engenheiro da obra. A partir das simulações foi possível identificar a potencialidade de uso do modelo 4D para o objeto de estudo e como poderia ser implementado para outras obras da construtora. O processo de modelagem, assim como o planejamento, requer melhorias contínuas, a fim de sempre fornecer informações atualizadas e permitindo a todos os envolvidos estarem cientes desses dados, seja no canteiro de obras ou no escritório. A Figura 14 apresenta um resumo desta etapa, finalizando assim a proposta de fluxo de trabalho para o desenvolvimento do modelo 4D do objeto de estudo.

**Figura 14 – Etapa 4: Análise dos Resultados**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O fluxograma contemplando todas as etapas proposta no trabalho podem ser acessadas através do link disponível em: <http://bit.ly/Fluxograma-Completo-Etapas>

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este tópico apresenta o processo realizado para o desenvolvimento desta monografia, juntamente com o fluxo de trabalho utilizado para a construção do modelo 4D e a integração da plataforma *Prevision* com o software *Navisworks*.

O processo utilizado para a modelagem 4D foi dividido em quatro etapas. A primeira etapa incluiu a preparação e organização de todos os arquivos e informações necessárias, tais como: definição de um sistema de códigos dos elementos dos modelos BIM; ajustes nos modelos BIM das disciplinas arquitetura, estrutura, elétrica e hidráulica; e configurações dos formulários BIM dentro da plataforma *Prevision*.

A segunda etapa correspondeu ao desenvolvimento da modelagem 4D propriamente dita, onde foram realizadas as seguintes ações: configurações de importação dos arquivos de extensão “.rvt” no software *Navisworks*; estruturação do fluxo de trabalho; importação dos modelos BIM; criação de grupos de seleção de elementos para a associação com as respectivas tarefas do cronograma; e importação do cronograma em arquivo do tipo “.csv”, específico para integração entre *Prevision* e *Navisworks*.

Em seguida, a etapa três teve como objetivo criar as simulações com base nas datas de início e fim das tarefas do cronograma, associadas aos elementos dos modelos BIM. Nesta etapa, foi possível visualizar uma imagem de como estará a obra em diferentes datas e visualizar em vídeo a evolução da obra em um período específico, podendo-se definir as datas de início e fim da obra, e visualizar o processo de execução em dias, semanas ou meses específicos.

Por fim, a última etapa consistiu na análise das simulações obtidas na etapa três, avaliando a maneira pela qual as simulações poderiam ser utilizadas em outros empreendimentos pela construtora, as formas de visualização gráfica das simulações, e as melhorias a serem feitas nas configurações de visualização das simulações - como o tempo de vídeo, a velocidade em que as atividades aparecem nas simulações, e a visualização das instalações internas.

## 4.1 Etapa 1: Preparação

A etapa de preparação consistiu em organizar e adequar todas as informações necessária para a modelagem 4D da edificação, iniciando pela definição do escopo das informações necessárias e fluxo de trabalho. As seguintes atividades constituíram parte do escopo: definição de um sistema de códigos para os elementos dos modelos BIM; ajuste dos modelos BIM das disciplinas de arquitetura, estrutura, elétrica e hidráulica para posterior adição dos códigos aos elementos dos modelos; e configuração da exportação do cronograma da plataforma *Prevision* para realizar a integração com o software BIM 4D. Sendo assim, nesta etapa será apresentado o fluxo de trabalho utilizado para preparar as informações e arquivos necessários para realizar a modelagem 4D.

### 4.1.1 Sistema de Nomenclatura para codificação dos elementos

Para realizar a integração entre o software de modelagem 4D (*Navisworks*) e a plataforma *Prevision*, foi necessário estruturar e definir códigos contendo informações a respeito do tipo de serviço e o seu local de execução. Desse modo, para o presente trabalho, adotou-se para os códigos de identificação do local de execução, a abreviação dos pavimentos/níveis utilizados no modelo BIM da arquitetura, conforme mostra o Quadro 1.

**Quadro 1 – Códigos para identificar os pavimentos nos modelos BIM**

Local/Pavimento	Código Local/Pavimento
Reservatório Inferior	RINF
Subsolo	SUB
Térreo	TER
1º Pavimento	1PAV
2º Pavimento	2PAV
Ático	ATIC
Barrilete/Casa de Máquinas	BARR
Reservatório Superior	RSUP

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Em seguida, realizou-se uma análise comparativa entre a identificação dos pavimentos (lotes) no cronograma, para identificar pontos em comum e pontos a

serem considerados para codificar os elementos conforme suas tarefas e local de execução. Para a identificação do pavimento (subsolo, térreo, tipo 1, etc.) ou o local onde serão executados os serviços, no cronograma da plataforma *Prevision* esses locais são chamados de Lotes. Por exemplo, o Lote referente ao Pavimento Térreo identifica os serviços executados neste pavimento, e equivale ao nível criado no modelo BIM do *Revit*. O Quadro 2 apresenta a identificação dos Lotes/Níveis dos pavimentos no cronograma e os códigos atribuídos a eles. O cronograma possui alguns serviços que são executados por fachadas, e não por pavimento, e por isso, serviços como revestimentos externos se encontram no lote de fachadas (laterais, posterior ou frontal). Com isso, foi atribuído um código para os lotes Geral Obra, Fachada Lateral Direita, Fachada Lateral Esquerda, Fachada Posterior e Fachada Frontal. Apesar de o cronograma apresentar a execução de determinados serviços pela orientação da fachada, nos modelos dos projetos a separação dos elementos foi dividida por níveis (subsolo, térreo, 1º pavimento). Em função disso, utilizou-se um código específico para identificar os elementos dos serviços pertencentes aos lotes de execução das fachadas correspondentes no Revit, como no caso das esquadrias metálicas e revestimentos externos (reboco, pingadeira).

**Quadro 2 – Códigos para os Lotes/Níveis dos pavimentos na Plataforma Prevision**

<b>Lotes/Níveis no cronograma</b>	<b>Códigos Lotes</b>
Geral obra	GER
Elevador	ELV
Subsolo	SUB
Térreo	TER
1º Pavimento	1PAV
2º Pavimento	2PAV
Ático	ATIC
Barrilete/Casa de Máquinas	BARR
Reservatório Superior	RSUP
Tampa do Reservatório Superior	TRS
Fachada Lateral Direita	FLD
Fachada Lateral Esquerda	FLE
Fachada Frontal	FRT
Fachada Posterior	POS

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Foram necessárias adaptações na definição dos códigos para os serviços/tarefas da disciplina arquitetura, pois alguns serviços foram separados em

duas ou mais tarefas diferentes, como mostra o Quadro 3. Como solução, foi adotada a abreviação do nome do material (como, por exemplo, no caso da alvenaria e dos forros) ou a abreviação do nome do serviço (como no caso do reboco interno e externo).

**Quadro 3 – Códigos dos serviços para arquitetura**

<b>Serviço</b>	<b>Tarefas</b>	<b>Elementos Revit</b>	<b>Código</b>
Alvenaria	Alvenaria	Bloco Cerâmico	BCE
	Encunhamento Shafts	Bloco cerâmico para fechamento de shafts	BCE(S)
	Churrasqueiras	Bloco Refratário	BRE
Argamassa	Reboco Interno	Reboco Interno	REB(I)
	Reboco Externo	Reboco Externo	REB(E)
	Contrapiso	Contrapiso	CPI
Cerâmica	Azulejos	Revestimentos de parede	AZ
	Pisos/Porcelanatos	Revestimentos de piso	PIS
	Revestimentos Externos	Revestimento Fachada	REV(F)
Forros	Forros de Gesso	Forro  Sanca   Tabica	GES
	Forros de Madeira	Forro de Madeira	MAD
Esquadrias	Corrimãos	Corrimãos	COR
	Esquadrias Metálicas	Janelas e Porta-Janelas	ESQ
	Guarda-corpo	Guarda-corpo	GCP
	Esquadrias de madeira   Rodapés	Portas internas	ESQ(MAD)
Pintura	Pintura Interna	Pintura Interna	PIN(I)
	Pintura Externa	Pintura Externa	PIN(E)
Impermeabilização	Impermeabilização	Camada de Impermeabilização	IMP

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A estrutura de nomenclatura dos códigos foi dada pela fusão das nomenclaturas dos códigos dos serviços e dos códigos do local de execução do serviço, separados pelo caractere *underline* (\_), como apresentado na Figura 15.

**Figura 15 – Estrutura de Nomenclatura dos códigos**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os serviços da disciplina estrutura foram separados em *Supraestrutura*, *Fundação* e *Contenções*. O serviço de Fundação foi separado em quatro tarefas diferentes, tendo um código diferente para cada tarefa. Já na Supraestrutura, como as tarefas de Lajes, Vigas, Pilares e escada foram consideradas um mesmo serviço no cronograma da obra, optou-se em agrupar essas tarefas e elementos do *Revit* em um único código. O serviço de Contenções se refere exclusivamente às Paredes de Contenções localizadas no subsolo, como mostra o Quadro 4.

**Quadro 4 – Códigos dos serviços para estrutura**

Serviço	Tarefas	Elementos Revit	Código
Estrutura	Piso armado	Piso garagem (subsolo)	EST
Supraestrutura	Lajes	Lajes	SUP
	Vigas	Vigas	
	Pilares	Pilares	
	Escadas	Escadas	
Fundação	Bloco de Coroamento	Blocos	BCO
	Vigas Baldrame	Vigas subsolo	VBA
	Poço Elevador	Pilar poço elevador	ELV
	Reservatório Inferior	Lajes, pilares e parede de concreto	RINF
Contenções	Contenções	Paredes de concreto no subsolo	CON

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para a modelagem 4D da instalação elétrica do objeto de estudo, foram definidas apenas as tarefas e elementos do *Revit* equivalentes aos Eletrodutos de parede/ teto e aos Quadros e Disjuntores, Quadro 5. Essa restrição ocorreu devido ao

fato de a modelagem possuir apenas os elementos de eletrodutos, quadros de distribuição, pontos de interruptores e tomadas.

**Quadro 5 – Códigos dos serviços para elétrica**

Serviço	Tarefas	Elementos Revit	Código
Elétrico	Eletrodutos (Teto/paredes)	Eletrodutos	ELE
	Quadros   Disjuntores	Quadros de Distribuição	QDR

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No cronograma da obra, as instalações hidrossanitárias constituem somente os serviços de execução das instalações hidráulicas. O serviço das instalações sanitárias foi colocado junto com o serviço de execução das prumadas de esgoto. Em função disso, e também devido ao limite de tempo para o desenvolvimento deste trabalho, a modelagem 4D das instalações hidrossanitárias incluiu apenas a parte das instalações hidráulicas, que contempla toda a instalação de água fria e água quente do empreendimento, como mostra o Quadro 6.

**Quadro 6 – Códigos dos serviços para hidráulica**

Serviço	Tarefas	Elementos Revit	Código
Hidráulica	Hidrômetros	Hidrômetros	HDR
	Instalações Hidrossanitárias	Tubulações e conexões de água fria e quente	HID
		Registros	
	Monocomandos		

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

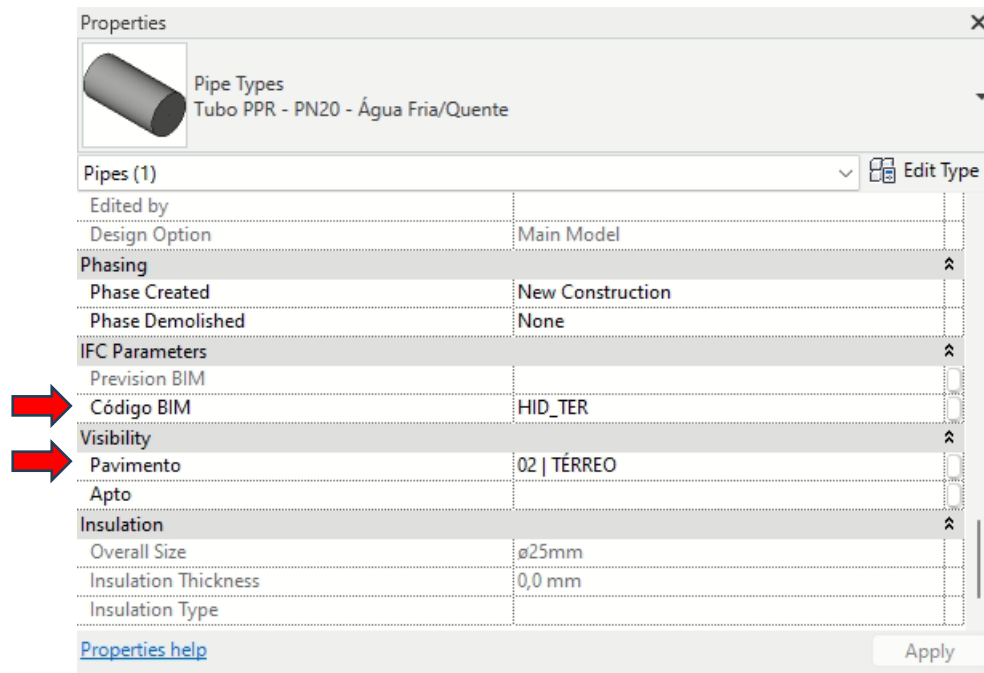
#### 4.1.2 Ajustes dos modelos BIM

Após a definição da nomenclatura dos códigos dos serviços e elementos, foram realizados os ajustes nos modelos BIM, que consistem na criação dos parâmetros de projeto. Para tanto, adotou-se o nome *Código BIM*, com atribuição dos códigos conforme os elementos e sua respectiva ordem construtiva do cronograma de execução da obra.

O fluxo de trabalho adotado iniciou com a limpeza dos arquivos de extensão “.rvt”, com o objetivo de obter arquivos mais leves, retirando informações que não seriam utilizadas na modelagem 4D deste trabalho, tais como: topografia, mobiliário,

pranchas do projeto e objetos não utilizados. Para retirar objetos não utilizados no modelo foi aplicado o comando *Purged Unused*, que remove objetos carregados no arquivo, mas que não foram utilizados nos projetos. Em seguida, criou-se o parâmetro do projeto *Código BIM*, pertencente ao parâmetro de grupo de *Parâmetros IFC*, conforme mostra a Figura 16.

**Figura 16 – Exemplo de parâmetros utilizados - Revit**



Fonte: Fornecido pela construtora (2023).

Para a etapa de atribuição dos códigos, foram utilizadas as tabelas de quantitativos dos materiais separadas por pavimento de cada modelo BIM (Figura 17), exceto o modelo do projeto estrutural. As tabelas de quantitativos dos materiais possuíam a coluna C (Figura 17), com a descrição do pavimento e o agrupamento dos elementos pertencentes a cada pavimento, com a informação do pavimento do cabeçalho da tabela (1), Figura 17. Então, foi adicionado o parâmetro *Código BIM* às tabelas e preenchidos os *Campos* em branco com os códigos de cada material.

Figura 17 – Exemplo de tabela utilizada para inserir os códigos - Revit

<QUANTITATIVO   TORRE D, FORROS>			
A	B	C	D
Material	Área	Pavimento	Código BIM
01   SUBSOLO			
Forro de Gesso da Garagem	253,02 m <sup>2</sup>	01   SUBSOLO	GES_SUB
Forro de Gesso das Áreas Comuns Internas	121,10 m <sup>2</sup>	01   SUBSOLO	GES_SUB
Forro Rebocado Externo 3 cm	19,62 m <sup>2</sup>	01   SUBSOLO	RBE_SUB
Forro Rebocado Interno 2 cm	1,47 m <sup>2</sup>	01   SUBSOLO	RBI_SUB
02   TÉRREO			
Forro de Gesso das Áreas Comuns Externas	30,52 m <sup>2</sup>	02   TÉRREO	GES_TER
Forro de Gesso das Áreas Comuns Internas	125,21 m <sup>2</sup>	02   TÉRREO	GES_TER
Forro de Gesso das Áreas Privativas Externas	213,47 m <sup>2</sup>	02   TÉRREO	GES_TER
Forro de Gesso das Áreas Privativas Internas	738,45 m <sup>2</sup>	02   TÉRREO	GES_TER
Forro de Gesso das Áreas Privativas Internas Molhadas	80,80 m <sup>2</sup>	02   TÉRREO	GES_TER
Forro Rebocado Externo 3 cm	40,02 m <sup>2</sup>	02   TÉRREO	RBE_TER
Forro Rebocado Interno 2 cm	14,96 m <sup>2</sup>	02   TÉRREO	RBI_TER
03   1º PAVIMENTO			
Forro de Gesso das Áreas Comuns Internas	91,61 m <sup>2</sup>	03   1º PAVIMENTO	GES_1PAV
Forro de Gesso das Áreas Privativas Externas	218,94 m <sup>2</sup>	03   1º PAVIMENTO	GES_1PAV
Forro de Gesso das Áreas Privativas Internas	784,53 m <sup>2</sup>	03   1º PAVIMENTO	GES_1PAV
Forro de Gesso das Áreas Privativas Internas Molhadas	87,04 m <sup>2</sup>	03   1º PAVIMENTO	GES_1PAV
Forro Rebocado Externo 3 cm	42,22 m <sup>2</sup>	03   1º PAVIMENTO	RBE_1PAV
Forro Rebocado Interno 2 cm	17,99 m <sup>2</sup>	03   1º PAVIMENTO	RBI_1PAV

Fonte: Fornecido pela construtora (2023).

A atribuição dos parâmetros de projeto *Pavimento* e *Código BIM* foram realizados em etapas diferentes, sendo o parâmetro *Pavimento* utilizado para a etapa de extração de quantitativos de materiais específicos para cada pavimento do empreendimento, e o *Código BIM* para a modelagem 4D, especificamente. Portanto, a utilização das tabelas facilitou o processo de atribuição dos códigos, uma vez que os códigos dos elementos foram atribuídos diretamente na tabela.

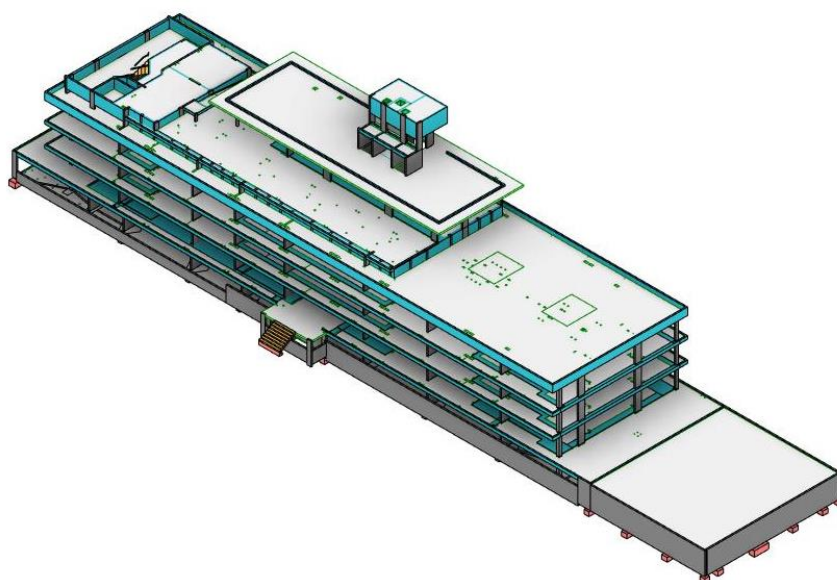
Para atribuição da nomenclatura do parâmetro *Pavimento*, foi utilizado o plugin *OneFilter* (integrante do Plugin *DiRootsOne*), que possibilita encontrar e filtrar elementos dentro do modelo. Assim, o uso desse plugin contribuiu para aumentar a produtividade no processo, que foi realizado pavimento por pavimento: realizando a seleção dos elementos agrupados de cada pavimento e utilizando o *OneFilter* para selecionar todos os elementos dos grupos selecionados. Uma vez selecionados os elementos, foi atribuída a nomenclatura no parâmetro *Pavimento*.

Embora o processo de atribuição dos códigos aos elementos dos modelos BIM tenha sido o mesmo, o ajuste para cada modelo BIM apresentou algumas diferenças e adaptações, pois a concepção da modelagem de cada projeto não foi pensada para realizar a modelagem 4D. As adaptações realizadas nos modelos BIM dos projetos de estrutura, arquitetura, elétrico e hidráulica serão abordadas nos próximos itens.

#### 4.1.2.1 Estrutural

O modelo BIM do projeto estrutural (Figura 18) foi desenvolvido por uma empresa parceira da construtora, que optou por inserir no arquivo *Revit* apenas a modelagem dos elementos estruturais e informações contidas nos elementos. Portanto, os ajustes realizados no modelo da estrutura foram a criação das tabelas - para a definição dos elementos das categorias *Quadro estrutural*, *Pilares estruturais* e *Pisos*; e a criação do parâmetro *Código BIM* - para que os elementos estruturais da tabela reconheçam os seus respectivos níveis de referência.

**Figura 18 – Modelo 3D Estrutura - Revit**

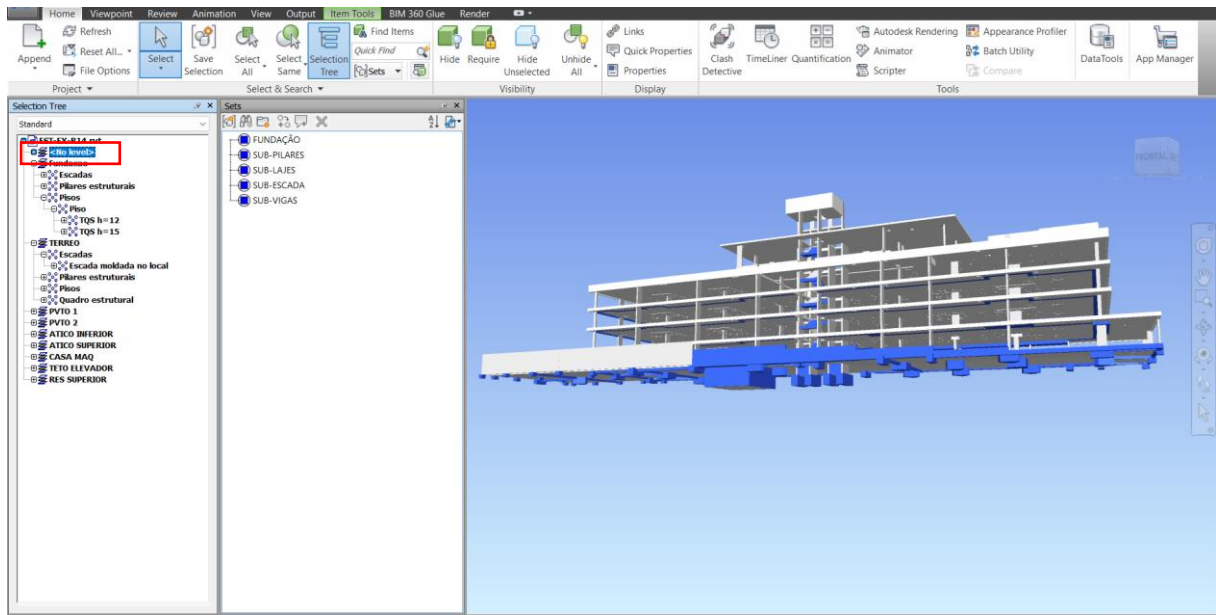


Fonte: Fornecido pela construtora (2023).

Outras adaptações realizadas ocorreram nas paredes de concreto de contenção do subsolo, que foram modeladas na categoria *Pilares estruturais*. Esses elementos fazem parte do serviço de Contenções - possuindo um código diferente dos demais pilares e que era imperceptível na tabela de quantitativos – e, para seu ajuste, foi necessário selecioná-los manualmente na vista 3D do *Revit*.

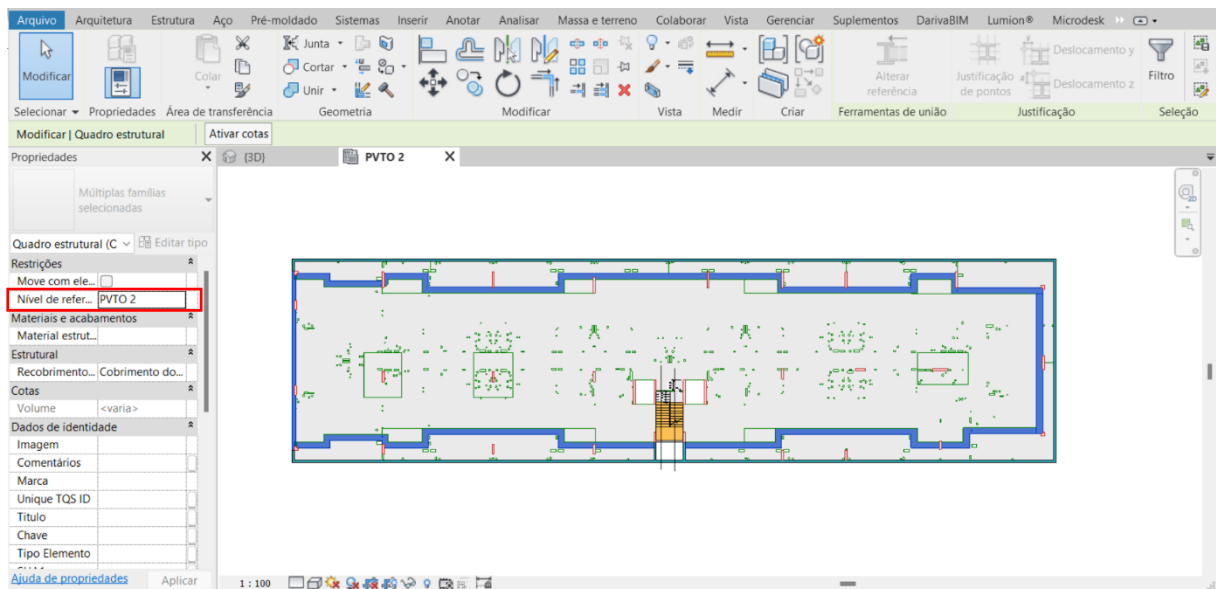
Alguns elementos, como vigas de transição, escadas e fundações, estavam sem atribuição de um nível de referência (Figura 19) ou estavam associados ao nível de referência incorreto, então foi necessário alterá-los para os seus respectivos níveis de referência (Figura 20). Esse processo também foi realizado manualmente, por meio da vista 3D do *Revit*.

**Figura 19 – Elementos sem nível de referência definidos - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

**Figura 20 – Definindo o nível de referência das Vigas de transição - Revit**



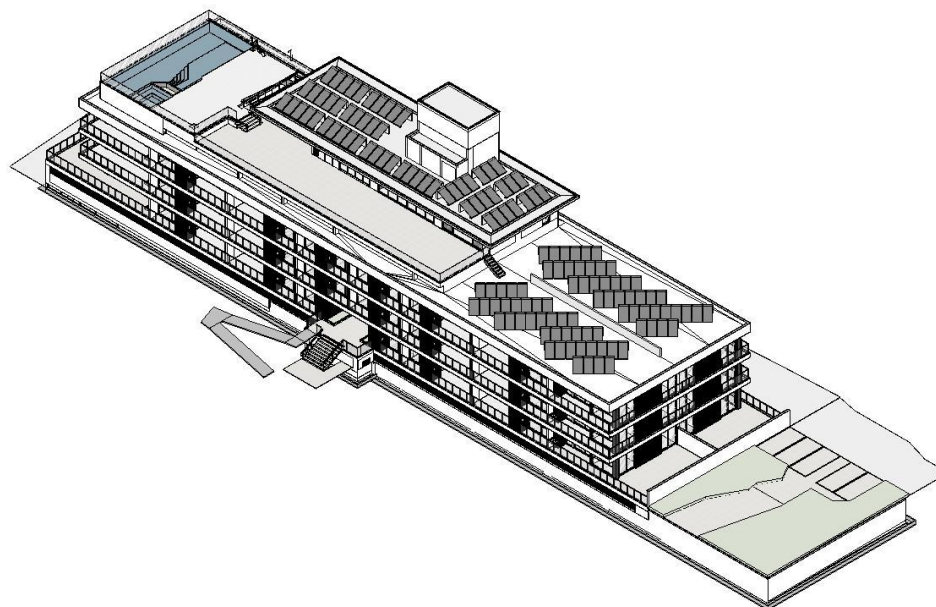
Fonte: Fornecido pela construtora (2023).

#### 4.1.2.2 Arquitetônico

A modelagem do projeto arquitetônico executivo disponibilizado pela construtora (Figura 21) foi realizada internamente pelo setor de projetos. Portanto, o

arquivo já possuía todas as tabelas de quantitativos separadas, auxiliando no processo de atribuição dos códigos, mas ainda assim foi preciso contornar algumas situações particulares do modelo da arquitetura.

**Figura 21 – Modelo BIM Arquitetura - Revit**



Fonte: Fornecido pela construtora (2023).

Embora os elementos de parede tenham sido modelados em camadas de alvenaria e revestimento (reboco e pintura), a camada de pintura ficou na mesma estrutura da camada de reboco. Em função disso, não foi possível utilizar o mesmo parâmetro *Código BIM* para os materiais de pintura e reboco, pois ao inserir a nomenclatura do material de pintura a mesma nomenclatura era atribuída ao material de reboco correspondente. Para contornar a situação, foi necessário criar mais dois parâmetros, *Código BIM 1* e *Código BIM 2*, como mostrado na Figura 22. O *Código BIM* foi utilizado para os elementos de pintura, o *Código BIM 1* para o reboco e *Código BIM 2* para os elementos da alvenaria de vedação (blocos cerâmicos).

**Figura 22 – Parâmetros auxiliares camada de reboco e pintura - Revit**



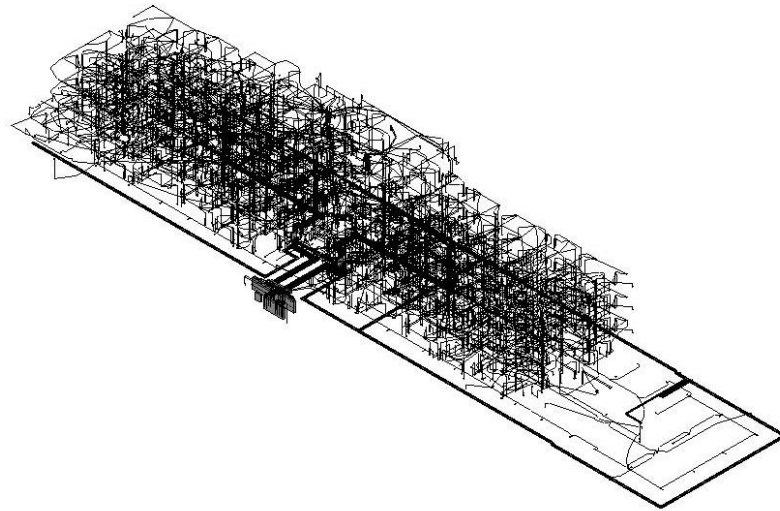
Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

Para alguns elementos, como reboco externo, pingadeira, guarda-corpo e esquadrias metálicas (janelas e porta-janelas), não foi possível inserir os códigos devido ao formato de separação do serviço no cronograma. No cronograma, a execução desses serviços é realizada por fachada, e não por pavimento, e para inserir os códigos nesses elementos foi preciso utilizar a vista 3D do *Revit* e selecionar os elementos de cada fachada manualmente.

#### 4.1.2.3 Elétrico

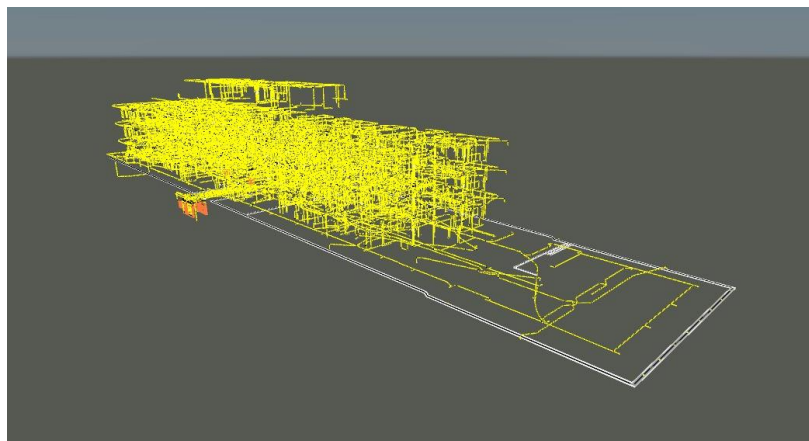
Para a etapa de codificação dos elementos, não foi preciso fazer ajustes nos parâmetros ou modelagem do elétrico. O parâmetro *Código BIM* foi criado e adicionado nas tabelas de quantitativos, que foram utilizadas para inserir os códigos nos elementos. A modelagem do projeto elétrico foi realizada pela autora deste trabalho, juntamente com outro estagiário da construtora, no software *Revit* (Figura 23), tendo como base os arquivos em formato “.dwg” (*AutoCAD*) fornecidos pela empresa parceira responsável pela elaboração e dimensionamento do projeto elétrico.

**Figura 23 – Modelo BIM Elétrico - Revit**



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

**Figura 24 – Modelo BIM Elétrico - Navisworks**



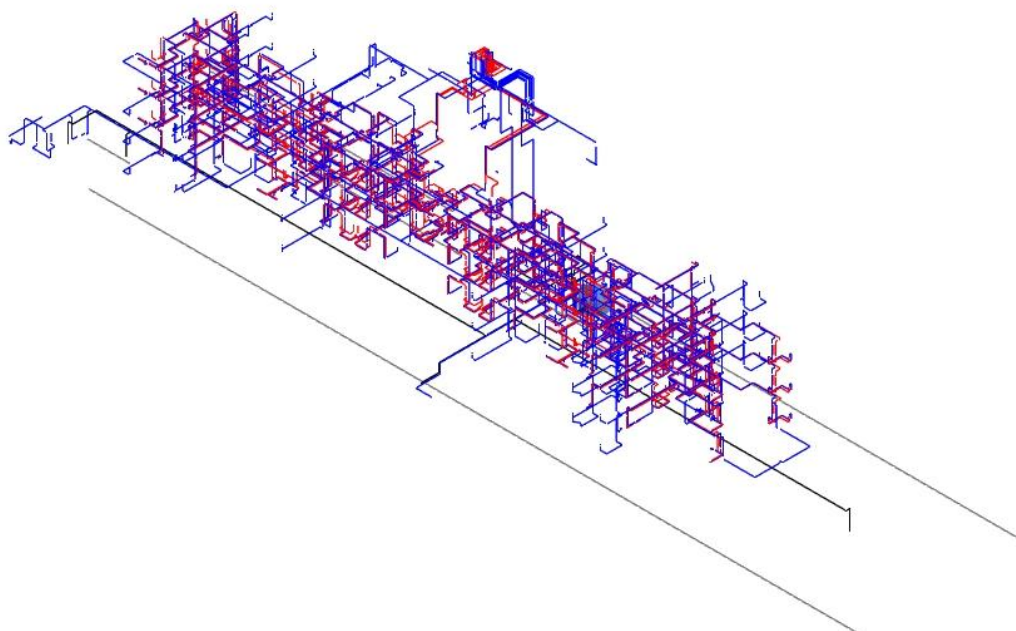
Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

#### 4.1.2.4 Hidráulico

As tabelas de quantitativos separadas por pavimento também foram utilizadas para inserir os códigos dos elementos na modelagem da hidráulica. Na tabela de quantitativos, as tubulações de água do barrilete e reservatório superior estavam separadas para cada um desses dois pavimentos, mas no cronograma essas instalações são as mesmas e, portanto, são executadas juntamente. Por isso, foram atribuídos os mesmos códigos aos materiais do pavimento do barrilete e do reservatório superior (HID\_BARR). A modelagem do projeto hidráulico (Figura 25) foi

realizada pela autora com base nos projetos em formato “.dwg” (*Autocad*) fornecidos pela empresa parceira responsável pela elaboração e dimensionamento do projeto.

**Figura 25 – Modelo BIM Hidráulica - Revit**



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

#### 4.1.3 Parametrização BIM no *Prevision*

A plataforma *Prevision* permite a criação de formulários personalizados para realizar a integração dos dados do cronograma com as ferramentas BIM 4D da *Autodesk Navisworks* e *Bentley Synchro 4D*, de maneira mais ágil e simplificada.

Para realizar a integração, é necessário fazer as configurações de exportação por meio dos formulários BIM, disponíveis na aba *Integrações* do menu *Configurações* da plataforma. Nesta etapa, é preciso configurar dois formulários: o primeiro formulário é para atribuir parâmetros para os *Pacotes de trabalho* e *Lotes*. Os *Pacotes de trabalho* se referem aos serviços a serem executados, como alvenaria e contrapiso; os *Lotes* se referem ao local do serviço, a que são atribuídos os pavimentos - como térreo, subsolo e fachadas, por exemplo. Dessa maneira, adicionou-se um parâmetro para o Pacote de trabalho com nome *serviço* (1) e para o Lote foi adicionado o parâmetro de nome *pavimento* (2) e *fachada* (3), como mostra a Figura 26.

**Figura 26 – Formulário personalizado para integração - *Prevision***

Formulários personalizados

Pacote de trabalho

Nome  
Serviço **1**

ADICIONAR SALVAR

Lote

Nome  
Pavimento **2**

Nome  
Fachada **3**

ADICIONAR SALVAR

Fonte: Elaborado pela autora; Adaptado *Prevision* (2023).

O segundo formulário é o Formulário BIM, utilizado para personalizar os dados dos arquivos que serão exportados para a ferramenta BIM escolhida. Configurou-se o formulário para inserir no *Campo 1* (1) os parâmetros *Serviço* (*Serviço*) e *Pavimento* (*Lote*), utilizando como separador o *subtraço* (2), o que resultou em *Serviço\_Pavimento* (Figura 27).

**Figura 27 – Formulário BIM para integração - *Prevision***

Formulário BIM

Utilize os campos de 1 a 10 para personalizar os arquivos exportados para as ferramentas BIM. Caso uma configuração possua mais de um campo, o valor final será a concatenação dos campos escolhidos e separados pelo separador escolhido.

Campo 1  
Serviço (Serviço) Pavimento (Lote) **1**

Campo 2

Campo 3

Campo 4

Campo 5

Campo 6

Campo 7

Campo 8

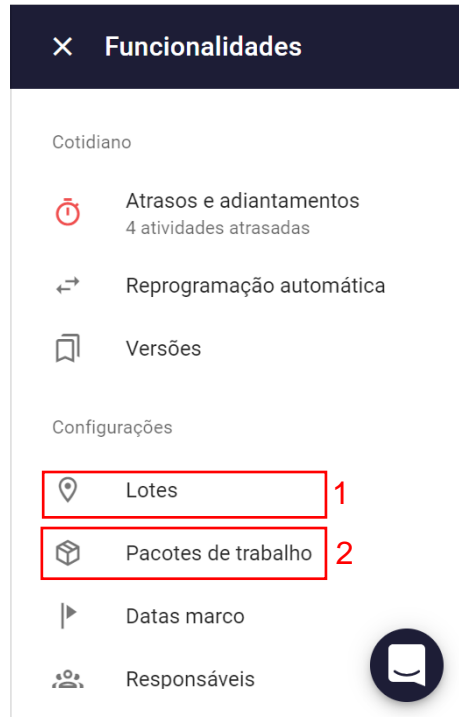
Campo 9

Campo 10  
Separador  
Separar com \_ **2**

Fonte: Elaborado pela autora; Adaptado *Prevision* (2023).

Após criar os parâmetros nos formulários de integração, foram realizados os preenchimentos desses parâmetros diretamente nos Lotes (1) e Pacotes de trabalho (2) localizados no menu funcionalidades da plataforma, Figura 28.

**Figura 28 – Menu Funcionalidades - *Prevision***



Fonte: Adaptado *Prevision* (2023).

Ao selecionar a aba *Lote* atribuiu-se um código para cada pavimento (1), conforme Figura 29.

**Figura 29 – Atribuição dos parâmetros de Lote - Prevision**

← Editar lote SALVAR

Posição no cronograma  
⇅ 11

Nome  
📁 Térreo

Área  
📏 2019,19 m<sup>2</sup>

Grupo de replicação  
📊 Térreo X

📄 Formulário personalizado (BIM)  
Pavimento  
TER

Fonte: Elaborado pela autora; Adaptado *Prevision* (2023).

O mesmo procedimento foi realizado para os Pacotes de trabalho, editando e inserindo os códigos para cada serviço, relacionados com as disciplinas de estrutura, arquitetura, elétrico e hidráulico. Como mostra a Figura 30, foi atribuído o código *BCE* (1) para o serviço de alvenaria.

**Figura 30 – Atribuição dos parâmetros dos pacotes de trabalho - Prevision**

← Editar pacote SALVAR

Nome  
📁 ALV - Alvenaria

📁 Serviços ADICIONAR

Dependências automáticas ⓘ

🔗 Dependências entre serviços ADICIONAR

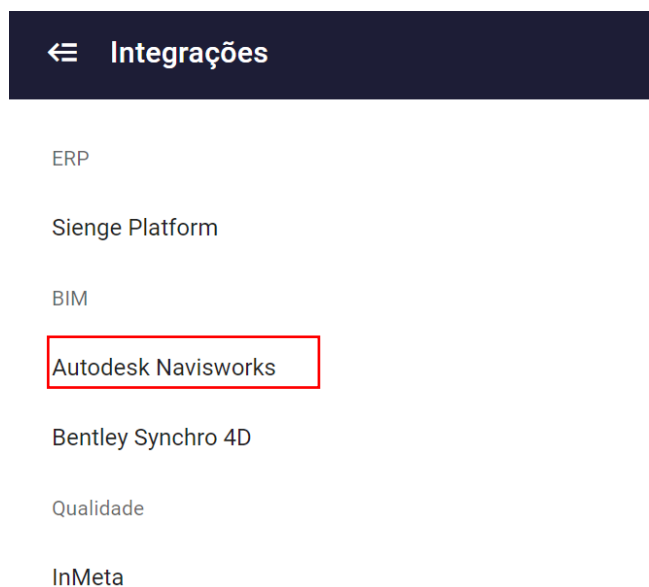
Não há dependências entre serviços cadastrados.

📄 Formulário personalizado (BIM)  
Serviço  
BCE

Fonte: Elaborado pela autora; Adaptado *Prevision* (2023).

Após finalizar a atribuição dos códigos nos parâmetros personalizados, foi realizada a exportação do cronograma em formato “.csv” para o software *Autodesk Navisworks* - na aba *Integrações*, menu *Funcionalidades* (Figura 31).

**Figura 31 – Exportação do cronograma para o software BIM 4D - *Prevision***



Fonte: Adaptado *Prevision* (2023).

## 4.2 Etapa 2: Desenvolvimento do modelo 4D

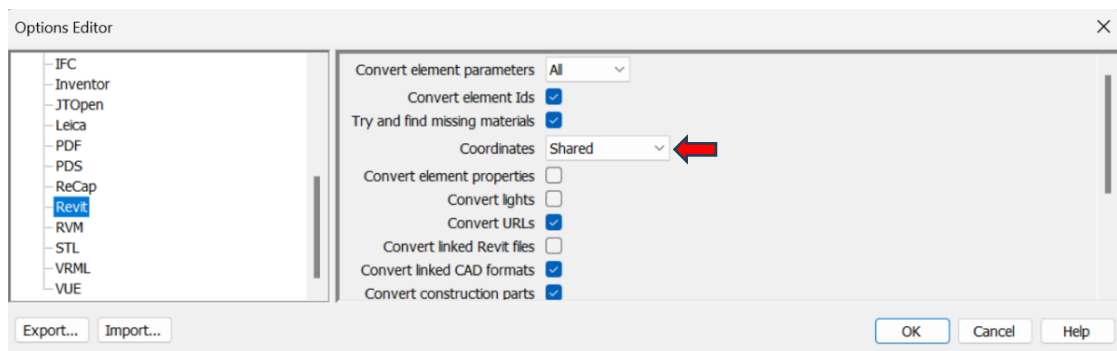
Nesta etapa será apresentado o fluxo de trabalho utilizado para realizar a modelagem 4D da edificação que constitui o estudo de caso no software *Navisworks*, apresentando todo o processo de importação dos modelos BIM, a criação de conjuntos de seleção, a importação do cronograma e a associação dos elementos às suas respectivas tarefas do cronograma.

### 4.2.1 Importação dos modelos para o software *Navisworks*

Por se tratar de software de uma mesma empresa (*Autodesk*), o *Navisworks* e o *Revit* possuem boa interoperabilidade, sendo possível utilizar o próprio arquivo de extensão “.rvt” (*Revit*) e criar um vínculo entre o arquivo “.rvt” e o *Navisworks*. Antes de iniciar a importação dos modelos BIM, foi configurado o modo como o *Navisworks* realiza a leitura do arquivo “.rvt”, para identificar as coordenadas compartilhadas dos modelos BIM, como mostrado na Figura 32. As coordenadas

compartilhadas servem para localizar geograficamente a posição do empreendimento no terreno, sendo possível identificar as coordenadas geográficas dos elementos dentro do modelo 3D no software *Revit*. Optou-se em utilizar as coordenadas compartilhadas por já ser um padrão utilizado pela construtora; além disso, assim é possível utilizar futuramente a modelagem 4D da edificação do estudo de caso com a modelagem 4D das outras edificações do condomínio.

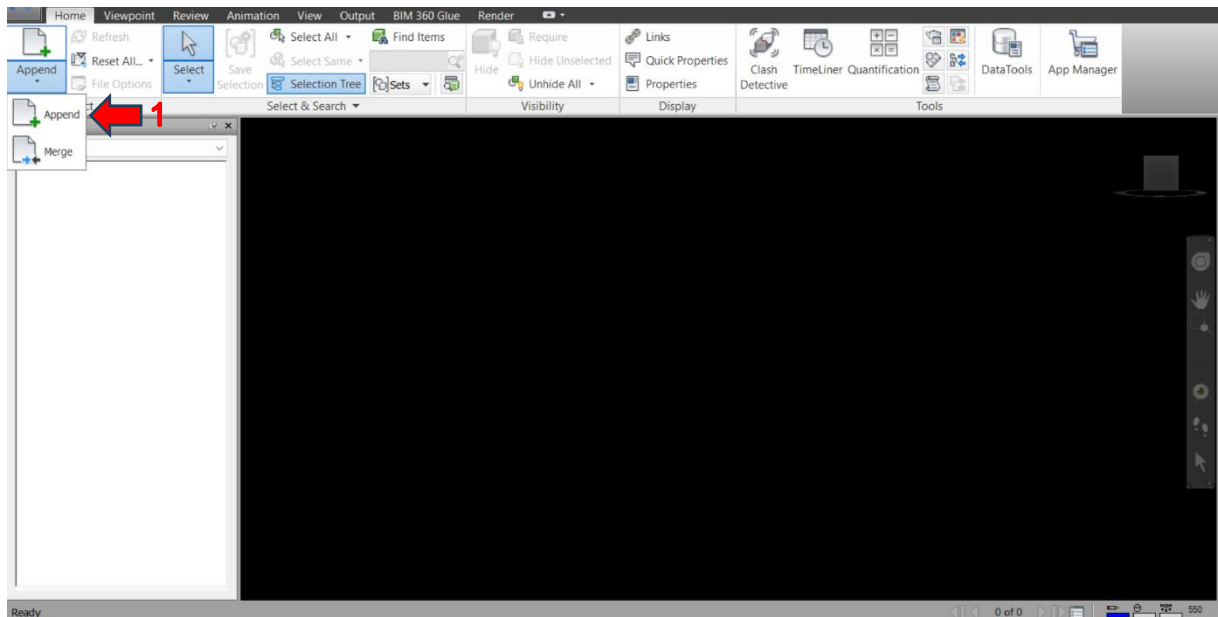
**Figura 32 – Configurações de leitura de arquivos *Revit* - *Navisworks***



Fonte: Adaptado Navisworks (2023).

A importação dos modelos BIM é feita por meio da aba *Append* (1), Figura 33, após selecionar os arquivos *Revit* desejados e aguardar que os mesmos sejam carregados para o software. Ao utilizar os arquivos “.*rvt*”, é criado um vínculo entre os softwares *Navisworks* e *Revit*; sendo assim, ao realizar qualquer alteração no arquivo “.*rvt*” é possível recarregar o arquivo dentro do *Navisworks* e ter acesso às mudanças realizadas no modelo BIM.

**Figura 33 – Inserindo os arquivos *Revit* no *Navisworks***



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

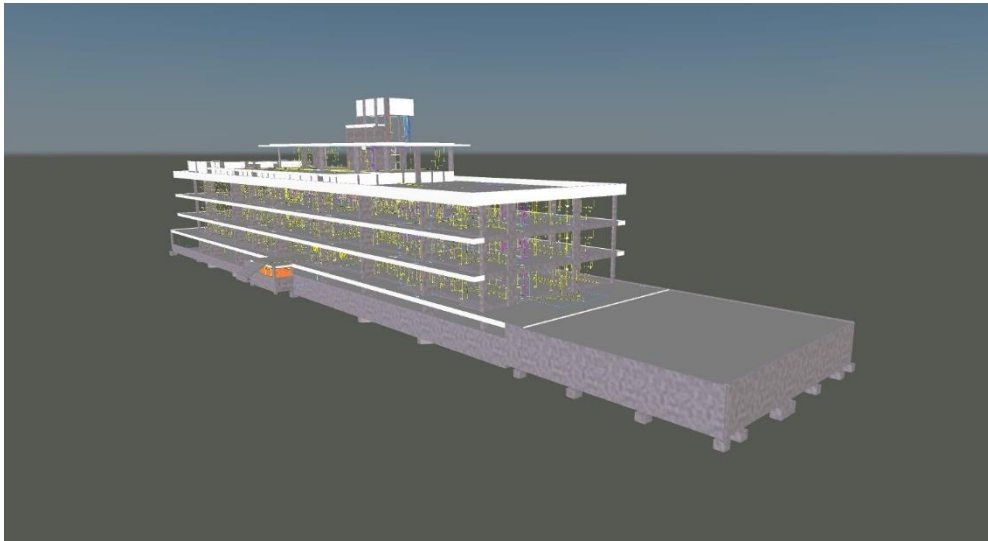
Após inserir todos os arquivos “.rvt” das disciplinas de arquitetura, estrutura, elétrico e hidráulico, obtemos o modelo federado do empreendimento, conforme mostrados na Figura 34. Na Figura 35 temos o modelo federado com a disciplina de arquitetura oculta, para visualizar os modelos BIM da estrutura, elétrico e hidráulica.

**Figura 34 – Modelo Federado - *Navisworks***



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

**Figura 35 – Modelo Federado Instalações - Navisworks**



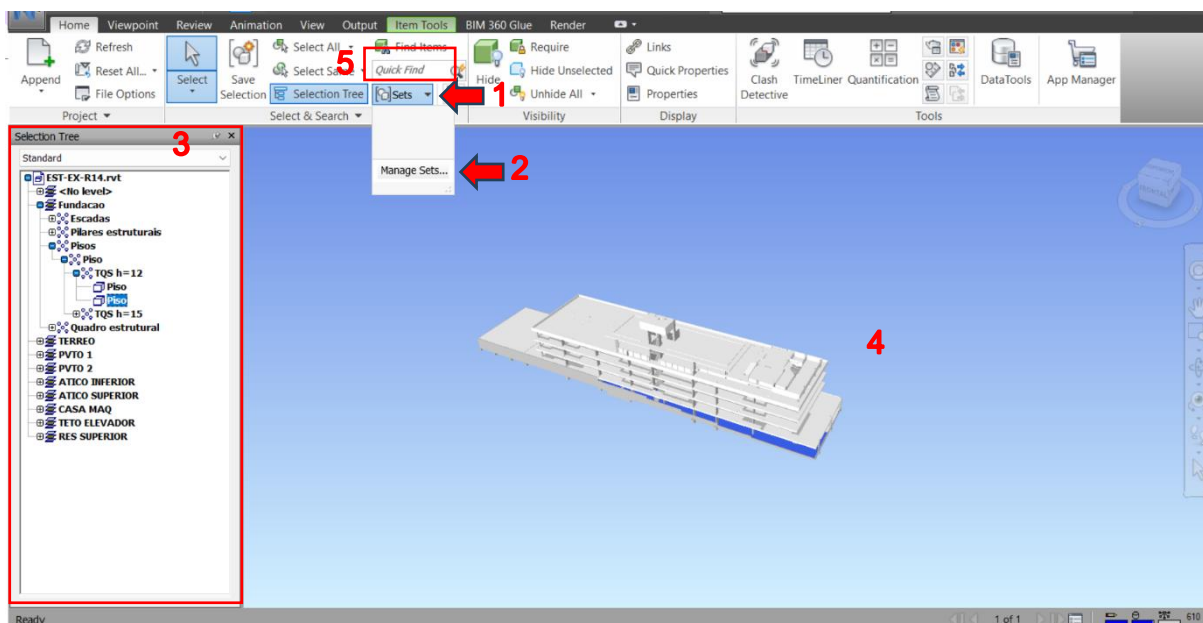
Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

#### 4.2.2 Criação dos grupos de seleção

Após a importação dos modelos BIM, foram criados *sets* para cada grupo de elementos que estão atribuídos em uma mesma tarefa do cronograma. Esse procedimento é feito utilizando os comandos *Sets* (1) e *Manage Sets* (2), na aba *Select & Search*, que abre a janela de navegador de *sets*, como mostra a Figura 36.

Os *sets* são conjuntos de seleção de elementos, utilizados para agrupar elementos do modelo que irão corresponder ao serviço/tarefa do cronograma; este recurso facilita para selecionar todos os elementos de um mesmo pavimento, por exemplo. A criação dos *sets* pode ser feita manualmente, selecionando os elementos na janela *Selection Tree* (3) e através do navegador 3D (4), mas não é a forma mais confiável e que funciona para projetos de médio e grande porte. Uma maneira mais eficiente e rápida de selecionar os elementos é por meio do comando *Find Items* (5), que permite buscar os elementos com base em critérios de busca.

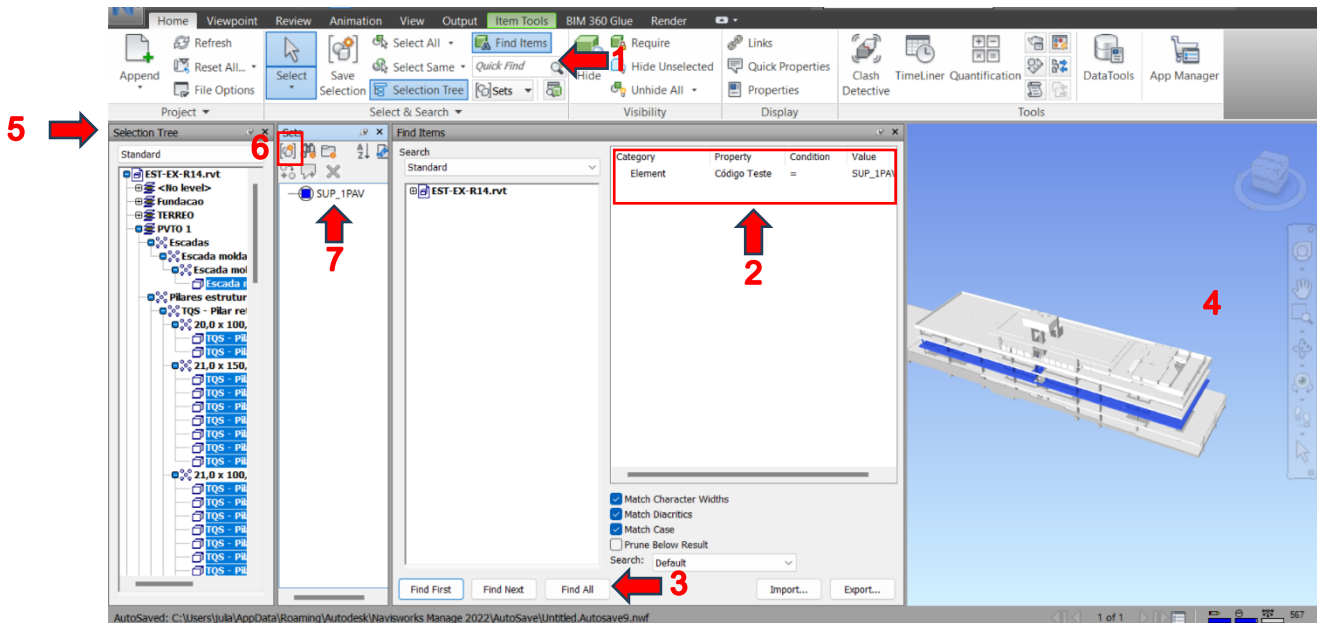
Figura 36 – Aba Conjunto de Seleção (Sets) - Navisworks



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

Então os sets foram criados por meio do comando *Find Items* (1), Figura 37, utilizando como regra de busca os códigos definidos no item 4.1.1, onde foi especificada a categoria, o parâmetro do elemento e o código do elemento (2). Ao especificar as regras de busca utiliza-se o comando *Find All* (3) para selecionar os elementos, podendo visualizar todos os elementos tridimensionais selecionados em azul no visualizador 3D (4) e na *Selection Tree* (5). Então com a seleção dos elementos ativa cria-se o set (6) e define o nome do set (7), com o mesmo nome do código buscado da tarefa no cronograma. A Figura 37 mostra o processo para a criação do set da supraestrutura (lajes, vigas e pilares) do primeiro pavimento definido pelo código SUP\_1PAV; este processo foi aplicado para todos os serviços/tarefas do cronograma referentes às disciplinas de arquitetura, estrutura, elétrica e hidráulica, separados por pavimento.

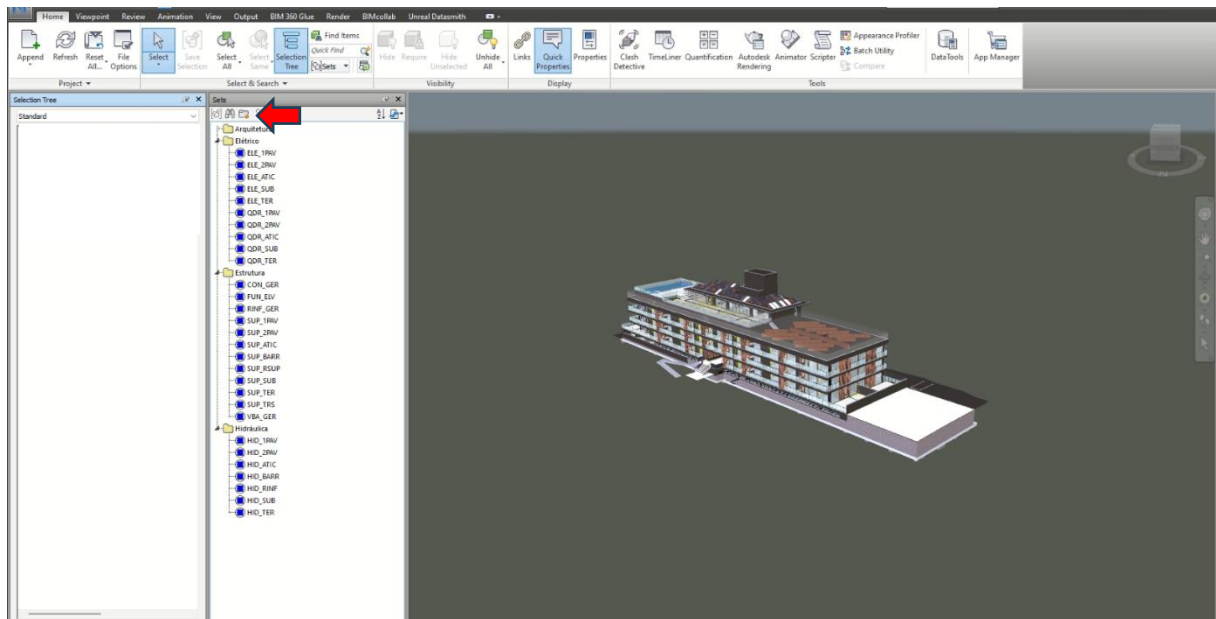
Figura 37 – Criação dos Sets - Navisworks



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

Para uma melhor organização e visualização dos conjuntos de seleção, foram criadas pastas para cada disciplina do modelo (arquitetura, estrutura, elétrico e hidráulica), e adicionados os respectivos conjuntos de seleção de acordo com a sua disciplina. Para criar essas pastas, selecionou-se o ícone de “nova pasta” (*New Folder*), indicado pela seta na Figura 38, para então definir os conjuntos de seleção desejados e arrastá-los para suas respectivas pastas, conforme mostrado na Figura 38.

Figura 38 – Organização do gerenciador de Sets - *Navisworks*

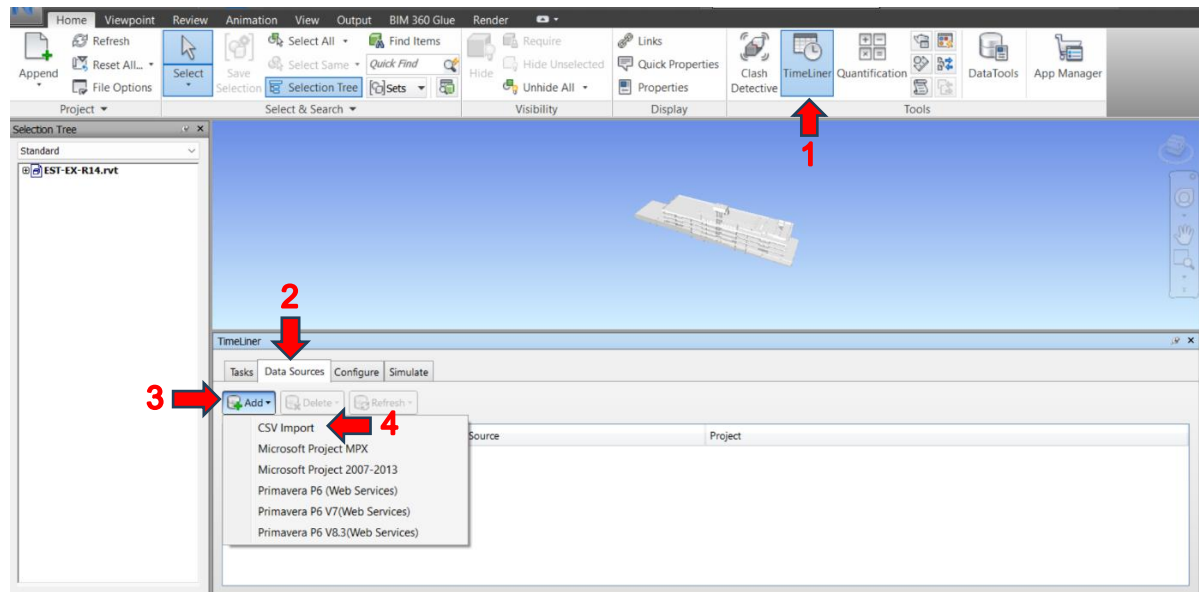


Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

#### 4.2.3 Importação do cronograma e associação dos elementos com as tarefas

Após a criação dos grupos de seleção (*sets*), na aba *TimeLiner* (1) podemos inserir as tarefas manualmente ou importar um cronograma elaborado em outro software. Neste trabalho foi inserido um cronograma exportado da plataforma *Prevision*, por meio da aba *Data Sources* (2), adicionando dados na aba *Add* (3) e em formato *CSV Import* (4), conforme mostra a Figura 39.

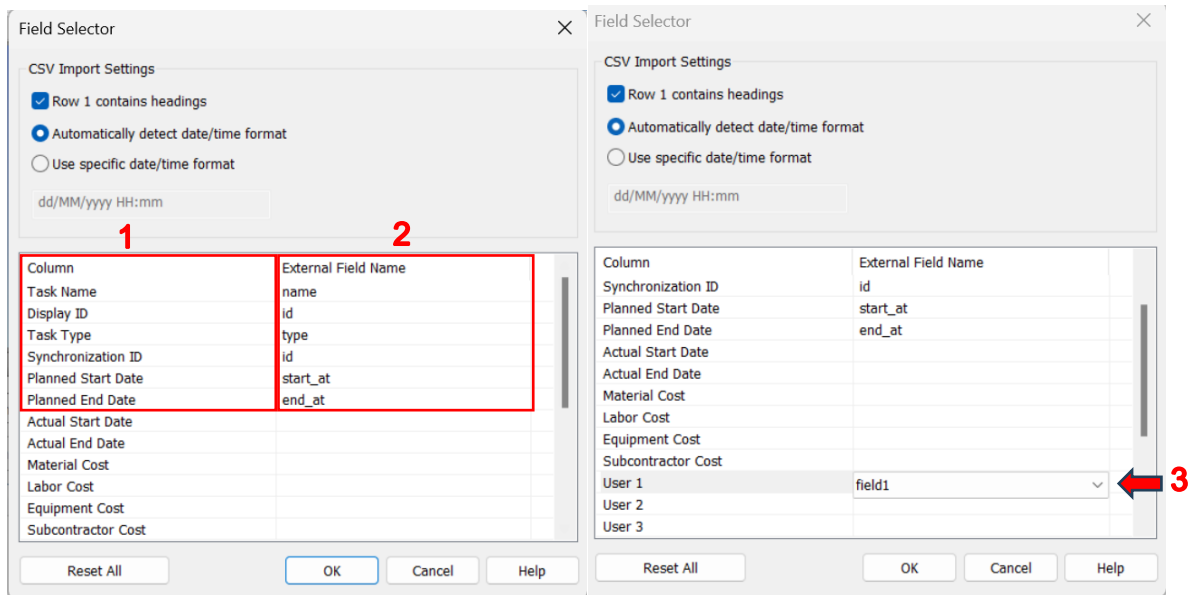
Figura 39 – Inserir o Cronograma - *Navisworks*



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

Ao inserir o cronograma é necessário fazer a correlação entre as informações das colunas com as informações de nome das tarefas, identificação, tipo de tarefa, identificação de sincronização, data de início planejada e data de fim planejada no *Navisworks* (1), Figura 40, com as informações do cronograma importado (2). Além disso, o campo *User 1* no *Navisworks* precisa corresponder ao campo *field1* (3) no cronograma importado, para o *Navisworks* identificar os códigos das tarefas e assim conseguir associar os elementos às tarefas do cronograma de forma automatizada.

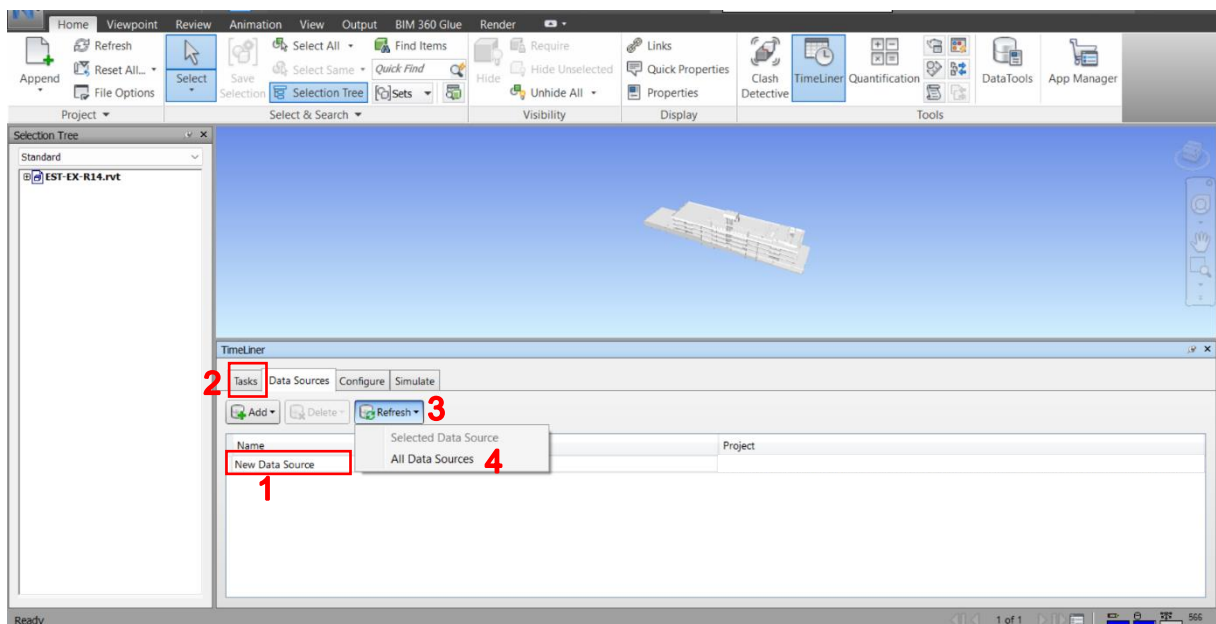
**Figura 40 – Associação das informações entre *Navisworks* e *Prevision - Navisworks***



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Após importar o cronograma *New Data Source* (1), é necessário carregá-lo para a aba *Tasks* (2), utilizando o comando *Refresh* (3) e escolher a fonte de dados. Como neste caso temos apenas um arquivo disponível, seleciona-se a opção *All Data Sources* (4), como mostrado na Figura 41.

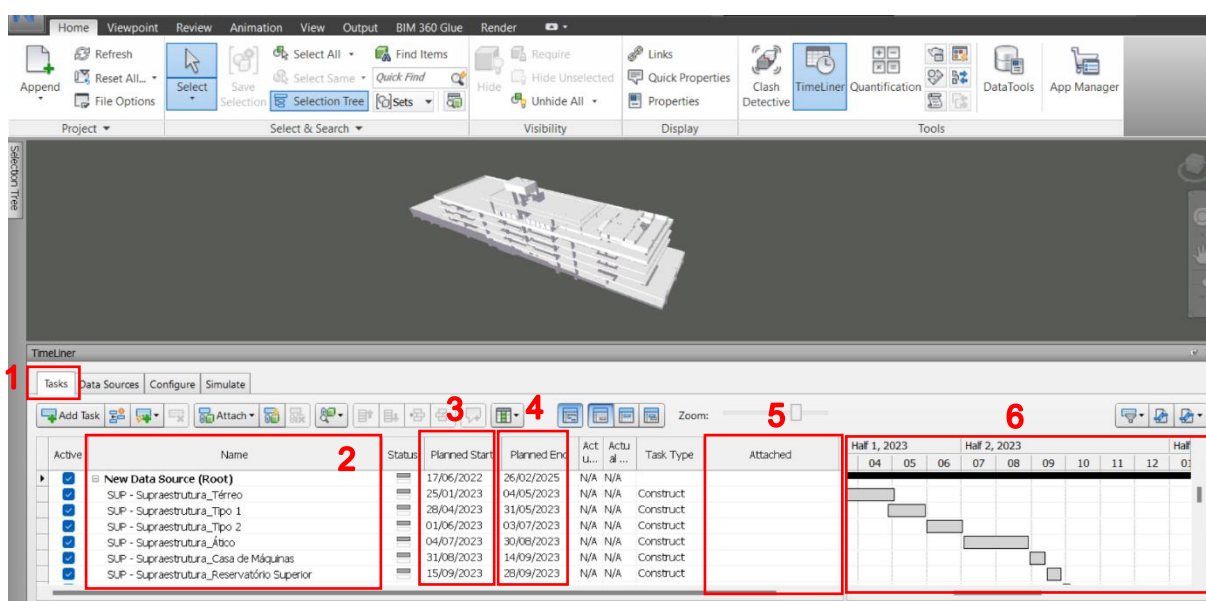
**Figura 41 – Carregar o Cronograma para a aba *Tasks* - *Navisworks***



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

Ao carregar o cronograma para a aba *Tasks* (1), Figura 42, temos todas as tarefas do cronograma na coluna *Name* (2), as datas de início e fim planejado nas colunas *Planned Start* (3) e *Planned End* (4), respectivamente. Na coluna *Attached* (5) é onde se faz a associação dos elementos ou conjuntos de seleção (*sets*) com as tarefas, e na última coluna (6) aparece o cronograma na forma de gráfico de Gantt, como mostra a Figura 42, sendo possível ocultar essa coluna em caso de necessidade.

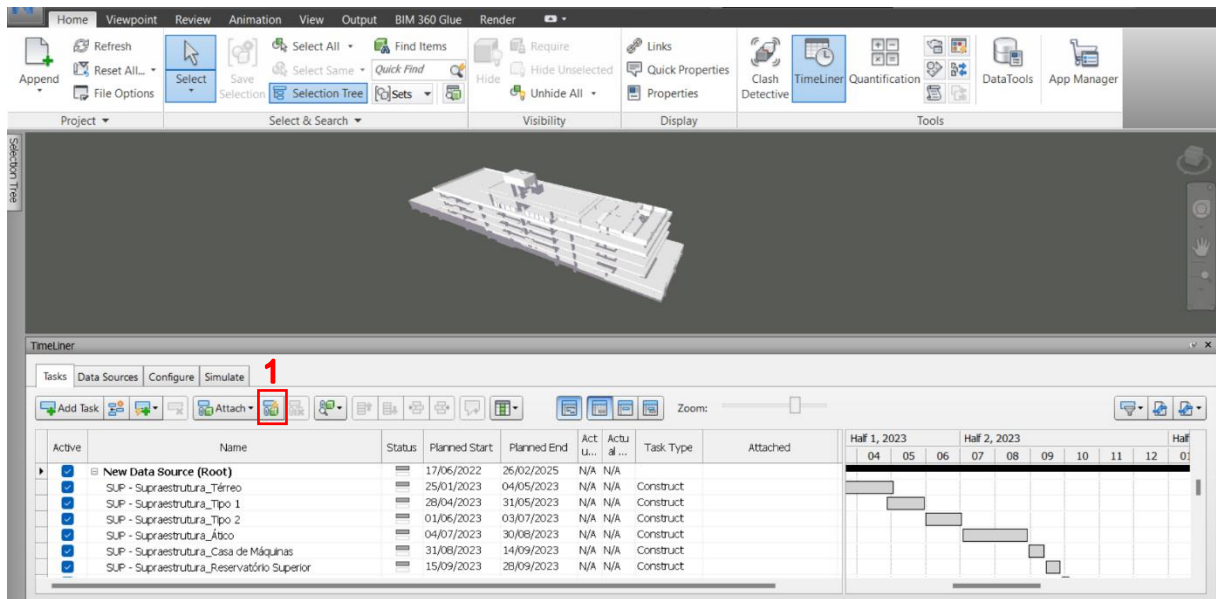
**Figura 42 – Cronograma carregado no software - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

A associação *Attached* (1), Figura 43, de elementos ou *sets* com as tarefas do cronograma pode ser feita manualmente ou utilizando regras de associação. A associação manual é feita arrastando os *sets* para a linha da respectiva tarefa, esse processo se torna mais demorado para o caso de projetos de médio e grande porte e com uma maior possibilidade de acontecer erros de associação. Já a associação usando regras *Auto-Attach using Rules* (1), Figura 43, é uma forma mais produtiva e com menos possibilidade de erros, pois é utilizado um conjunto de regras com base nas tarefas, elementos ou *sets* com o mesmo nome da tarefa.

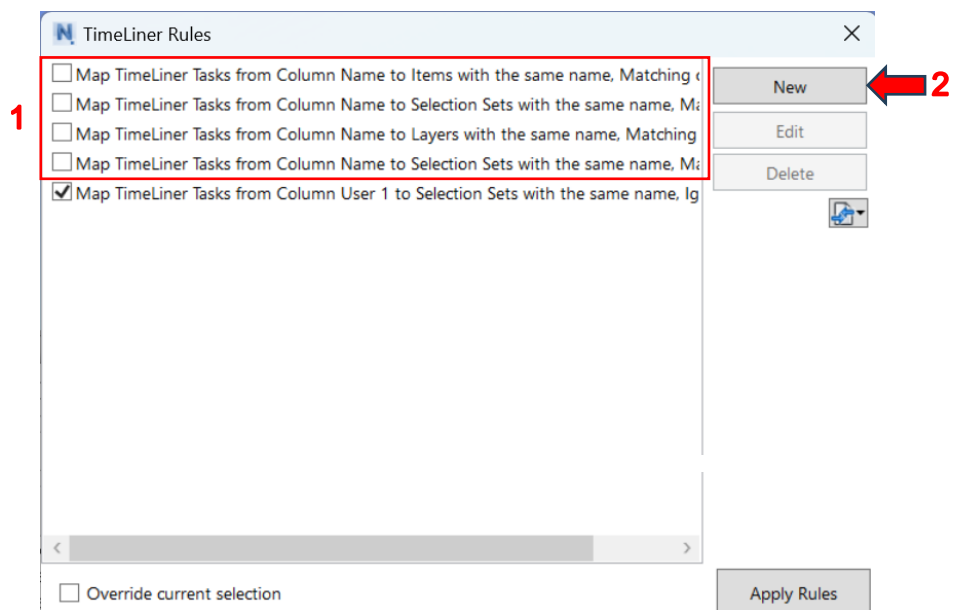
**Figura 43 – Associação dos elementos à tarefas - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

Ao utilizar a associação utilizando regras, o *Navisworks* fornece algumas regras de associação padronizadas (1), mas para este trabalho foi criada uma regra em *New* (2), Figura 44, pois as regras existentes relacionavam informações diferentes das necessárias.

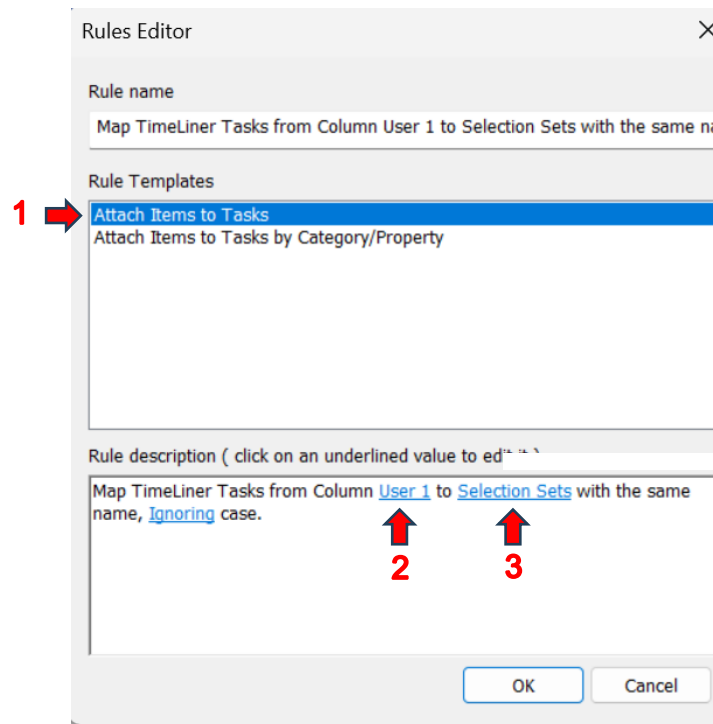
**Figura 44 – Definição da regra de associação - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Então, foi criada uma regra de associação com base nos itens e tarefas do template *Attach Items to Tasks* (1), Figura 45. Na definição da regra, utilizou-se a condição de que as informações da coluna *User 1* (2) e *Selection Sets* (3) possuem o mesmo nome, como mostrado na Figura 45.

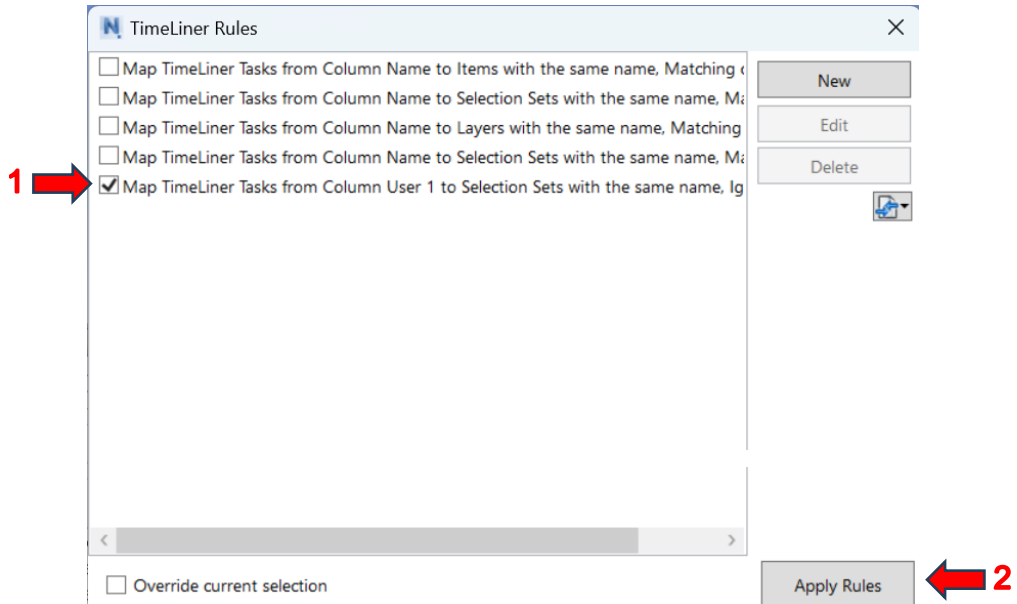
**Figura 45 – Criação da regra de associação entre tarefas e sets - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Quando criada a nova regra, ela irá parecer junto das regras de associação disponibilizadas no software como mais uma opção de regra (1), como mostra a Figura 46. Então, seleciona-se a regra desejada e aplica-se (2) a regra no modelo para fazer a associação automática dos conjuntos de seleção (*sets*) com suas respectivas tarefas, conforme Figura 46

**Figura 46 – Aplicação da regra de associação - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Após aplicar as regras de associação, os conjuntos de seleção aparecem ao lado de suas respectivas tarefas do cronograma na coluna *Attached* (1), como mostra a Figura 47. Com os elementos ou conjuntos de seleção (*sets*) devidamente atribuídos as suas tarefas, inicia-se a etapa de simulações.

**Figura 47 – Associação entre tarefas e conjuntos de seleção - Navisworks**

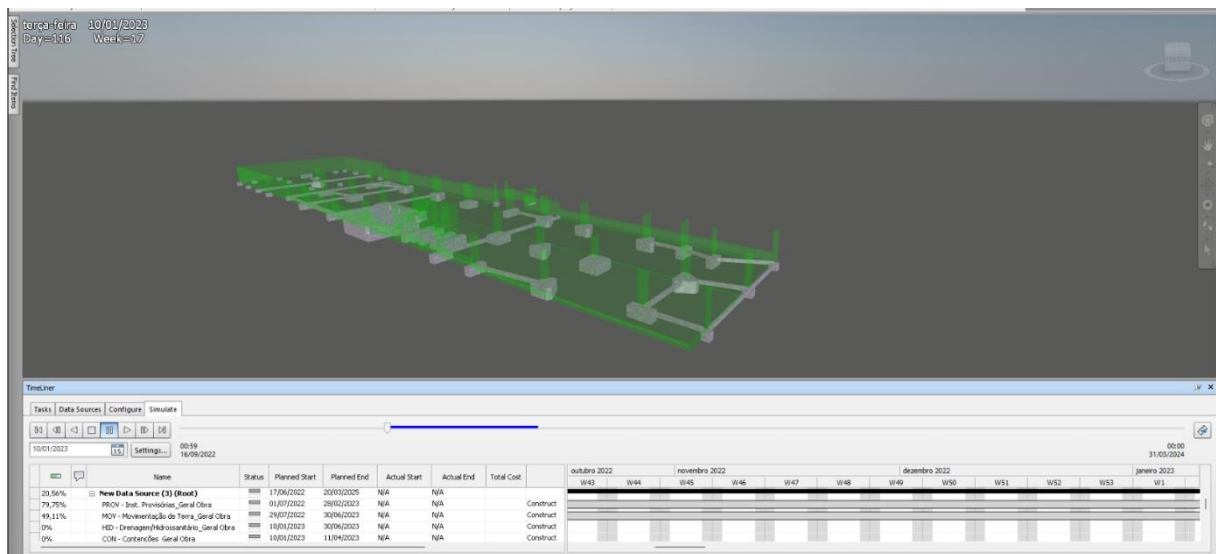


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 4.3 Etapa 3: Simulações

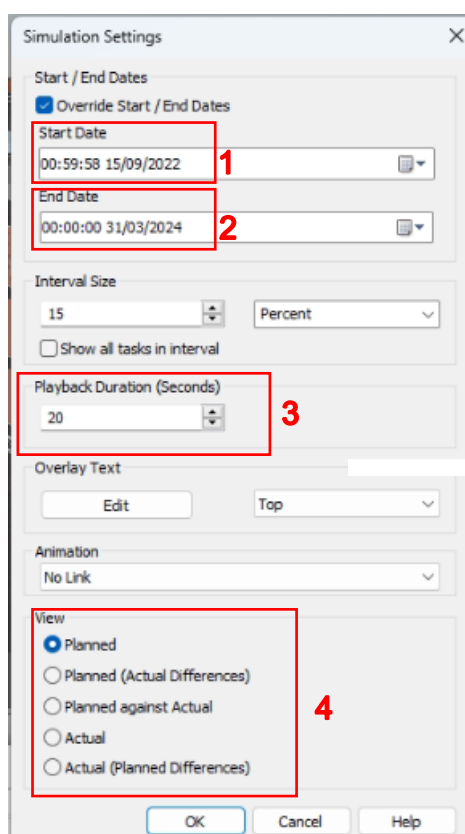
Na etapa de simulações foram realizadas as configurações de visualização e aparência dos elementos para o início e final da execução na simulação. Foi definida a cor verde com transparência para as tarefas que estão sendo iniciadas; já as tarefas finalizadas aparecem conforme definido no modelo, como mostra a Figura 48.

Figura 48 – Aparência dos elementos no início da execução da tarefa - *Navisworks*



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

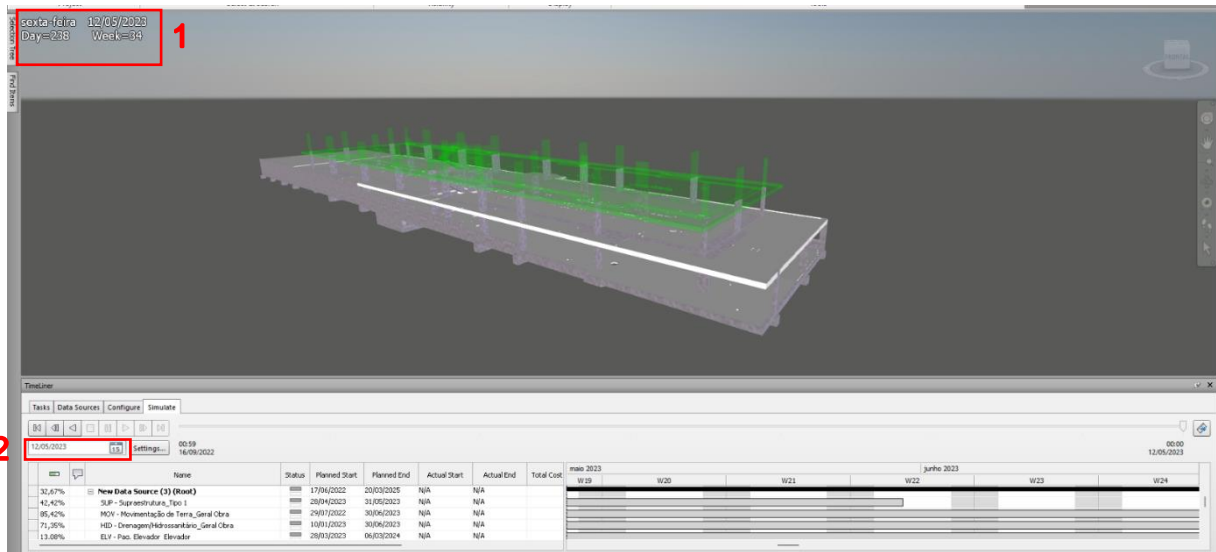
Para realizar as simulações, foram configuradas datas diferentes que simulam o andamento da obra. Por meio da aba *settings*, define-se a data de início (1), data final (2), duração da simulação/vídeo (3), e exibição do planejado (4), como mostra a Figura 49.

Figura 49 – Configurações da Simulação - *Navisworks*

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A partir da aba *Simulation Settings* (Figura 50), definiu-se as datas para visualizar a simulação da obra em um vídeo animado. A primeira simulação realizada, (simulação de teste) foi especificada com data de início no dia 16 de setembro de 2022, quando inicia a execução dos blocos de coroamento, até o dia 12 de maio de 2023, final da execução das Portas internas de madeira e rodapés. Durante a simulação, é possível visualizar as datas das tarefas no canto superior esquerdo (1) conforme passam os dias do cronograma simultaneamente com as tarefas. Também é possível visualizar apenas uma imagem da simulação de uma data específica, escolhendo a data no calendário (2) ao lado do menu *Settings*, conforme mostra a Figura 50. A simulação mostra a evolução da obra até o dia 12/05/2023.

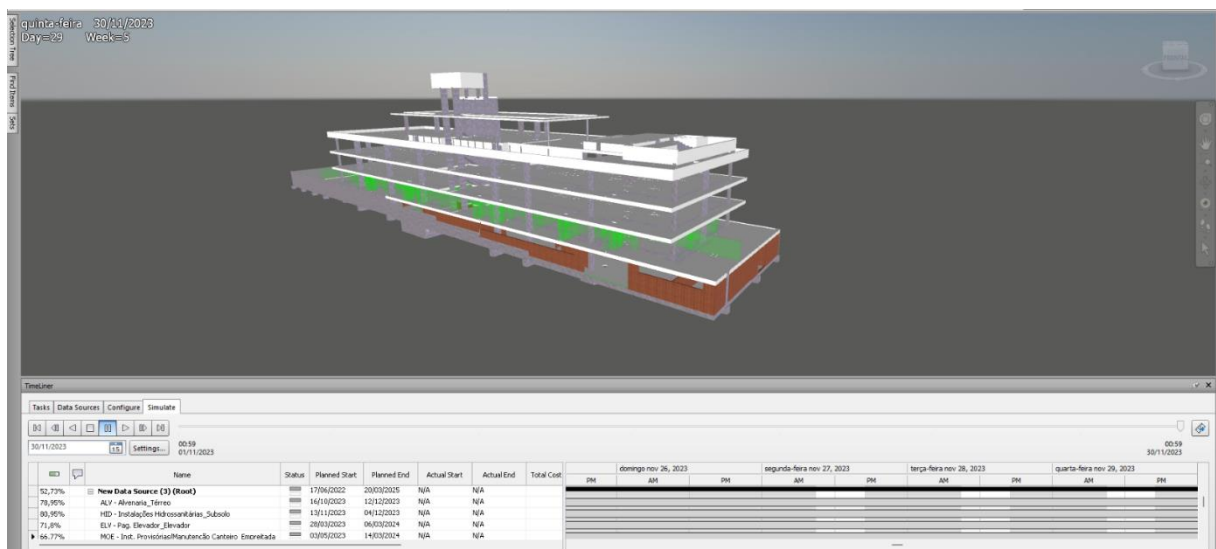
**Figura 50 – Simulação da obra em 12/05/2023 - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

Outra simulação realizada foi a dos serviços/tarefas do dia 16 de setembro de 2022 até o dia 30 de novembro de 2023. A Figura 51 mostra a simulação de como estará o andamento da obra no dia 30/11/2023, de acordo com as modelagens e tarefas associadas para a simulação 4D.

**Figura 51 – Exemplo de previsão do andamento da obra de 16/09/2022 até 30/11/2023 - Navisworks**

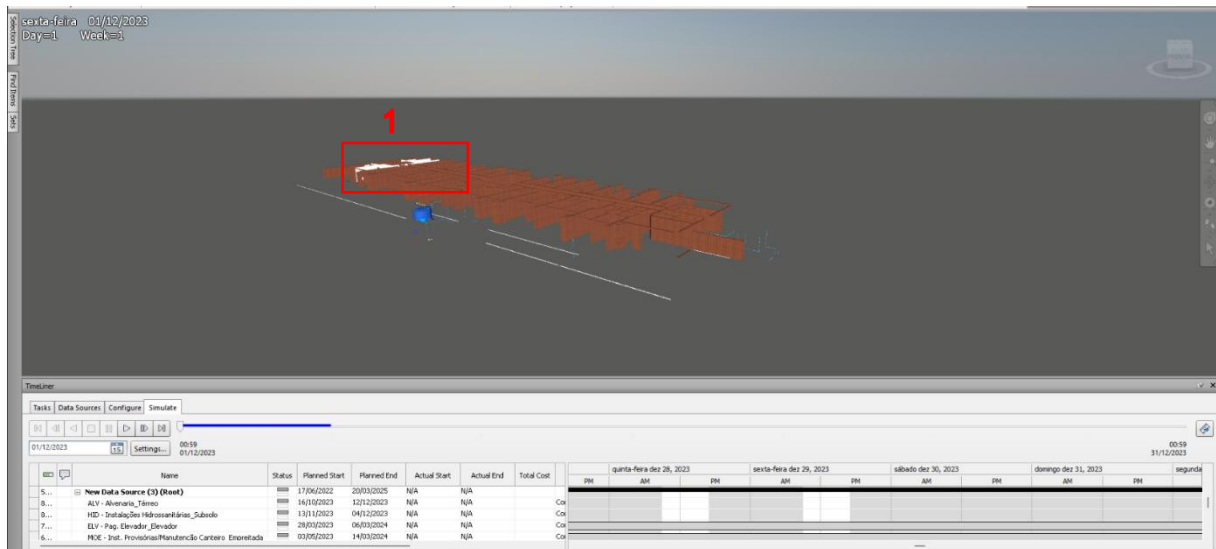


Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

As simulações permitem visualizar os serviços a serem executados em um dia, semana ou mês específico. A Figura 52 mostra os serviços planejados para o mês de dezembro, a serem executados no subsolo e térreo, de acordo com os

modelos 3D disponíveis para a simulação. Com início no dia 01 de dezembro de 2023, a simulação indica que estava sendo finalizada e/ou iniciada a execução dos serviços de hidráulica do subsolo, alvenaria do pavimento térreo e reboco interno dos apartamentos do tipo Garden (1), mostrados na Figura 52.

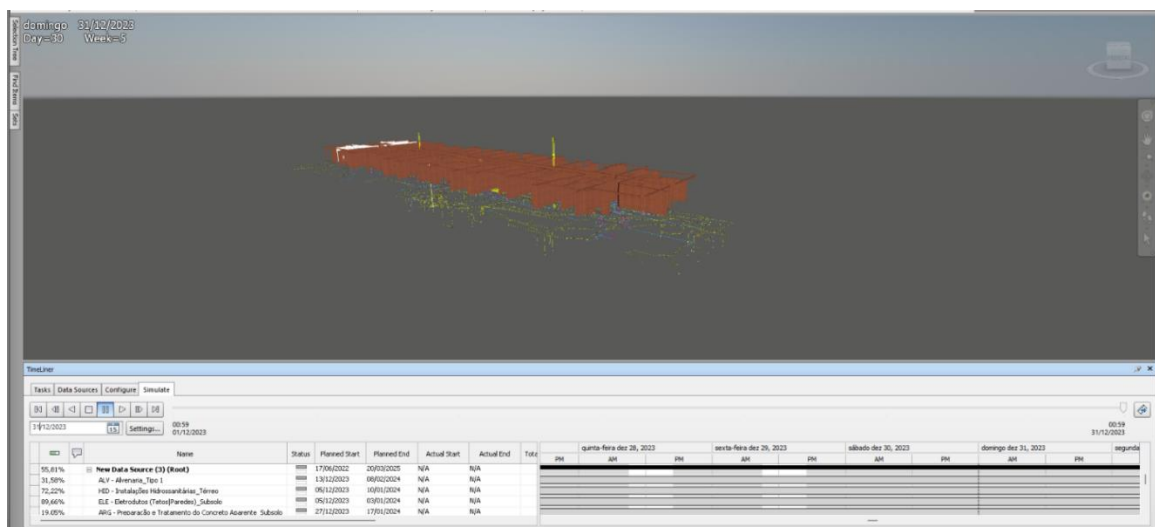
**Figura 52 – Simulação tarefas/serviços finalizando e iniciando em 01/12/23 - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

A Figura 53 mostra os serviços/tarefas de eletrodutos do subsolo, hidráulica do térreo, alvenaria do 1º pavimento, iniciando o reboco interno dos apartamentos do 1º pavimento e prumadas do elétrico sendo executados até o dia 31 de dezembro de 2023.

**Figura 53 – Simulação tarefas/serviços finalizando e iniciando em 31/12/23 - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

A Figura 52 e Figura 53 demonstra a execução do reboco interno dos apartamentos do térreo e do primeiro pavimento, respectivamente. Essas imagens permitem observar erros na modelagem 4D, percebidos a partir da consulta ao cronograma - onde se verifica que a execução do reboco interno deve iniciar apenas em janeiro de 2024, enquanto as simulações informam que esses serviços estão planejados para dezembro de 2023. Isso pode ter ocorrido devido a falha ao inserir os códigos BIM nas tabelas do arquivo “.rvt” da arquitetura.

A Figura 54 mostra a previsão da obra para o dia 31 de março de 2024, com alvenaria do 2º pavimento sendo finalizada (verde com transparência). Para cada uma das simulações obtidas, foi exportado o vídeo da simulação da aba *Simulate* (1), no comando exportar (2), como mostra a Figura 54.

**Figura 54 – Simulação da obra em 31/03/24 - Navisworks**



Fonte: Elaborado pela autora; fornecido pela construtora (2023).

As simulações 4D obtidas na etapa 3 podem ser acessadas através do QR Code da Figura 55.

**Figura 55 – QR Code das Simulações 4D**

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### **4.4 Etapa 4: Análises das Simulações**

Por se tratar de uma obra já em execução, com os projetos executivos e cronograma realizados, a etapa de análises teve como objetivo avaliar a potencialidade do uso da modelagem 4D para a construtora, em seus setores de marketing, planejamento e obra. Além disso, esta etapa permitiu a visualização da simulação, como: representação gráfica das atividades iniciadas e finalizadas, cores das disciplinas e velocidade da sequência das atividades na simulação.

Primeiramente, a autora realizou a modelagem 4D e simulações teste apenas com as disciplinas de estrutura e arquitetura, para observar o funcionamento das ferramentas de associação dos elementos dos modelos BIM com as suas respectivas tarefas do cronograma e o funcionamento da integração do cronograma exportado da plataforma *Prevision* com o *Navisworks*.

Após realizar a modelagem 4D das disciplinas arquitetura, estrutura, elétrico e hidráulico, a autora realizou as simulações específicas e observou, por meio da reprodução do vídeo, a velocidade em que as tarefas apareciam na simulação e as cores das tarefas iniciadas e finalizadas. Antes de apresentar as simulações para a engenheira de planejamento da construtora, foram realizados os ajustes nas configurações gráficas das simulações, definidos com base nas observações iniciais da autora. Dentre esses ajustes, pode-se destacar o modo de aparência das atividades, a velocidade da simulação, a alteração da aparência do modelo elétrico para a cor amarela – que possibilita mais fácil visualização de seus elementos, e o

modo de visualização de renderização dos modelos BIM - para resultar em texturas de materiais mais próximas da realidade.

Em seguida, as simulações foram apresentadas para a engenheira de planejamento da empresa, que levantou as seguintes considerações para a utilização da modelagem 4D em nível de planejamento: as simulações permitem visualizar e mapear as atividades a serem executadas mês a mês, simular a evolução da obra física, utilizar as simulações de meses específicos como ferramenta complementar para a gestão da obra. Outro apontamento importante diz respeito ao uso das simulações para realizar um vídeo comparativo entre a modelagem 4D com a evolução física da obra, por meio da gravação da câmera da obra, para utilizar também como material de marketing.

Com base nessa última ideia, o setor de marketing realizou um teste com a gravação da obra e a simulação 4D, que contemplou as atividades de concretagem da laje do térreo até a concretagem do reservatório superior, resultando nas simulações da Figura 52 e Figura 53. Posteriormente, o setor de marketing produziu um vídeo comparativo da simulação 4D com a evolução física da obra, contemplando o serviço de supraestrutura do térreo com início no dia 25/01/23 até o dia 24/10/23.

Além da engenheira de planejamento, as simulações também foram apresentadas para os sócios da construtora. Após a análise, os sócios consideraram utilizar o BIM 4D para as seguintes finalidades: realizar simulações que visualizem a execução das 4 torres que compõem o empreendimento simultaneamente, acompanhar o cronograma da obra objeto de estudo e das próximas edificações do empreendimento, estudar as mudanças dentro do canteiro de obras, utilizar esse material como ferramenta de marketing.

O processo da modelagem 4D e as simulações também foram apresentadas para dois consultores da *Prevision*, que oferecem suporte sobre a plataforma para a construtora, para tirar dúvidas acerca da integração. Os consultores deram um retorno positivo com relação ao processo de modelagem 4D, e sugeriram utilizar a simulação 4D para gerar relatórios mensais da obra e comparar o planejamento com a execução, haja vista que as medições dos serviços executados na obra também são registradas na plataforma *Prevision*.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este tópico tem como objetivo apresentar os resultados obtidos do estudo de caso, e analisar alguns procedimentos do fluxo de trabalho para a realização da modelagem 4D, incluindo as dificuldades encontradas, as soluções adotadas e a implementação do BIM 4D no objeto de estudo.

### 5.1 Sistema de Nomenclatura: codificação dos elementos para modelagem 4D

Este trabalho utilizou um sistema de codificação dos elementos do modelo para a integração do cronograma com o software BIM 4D. Esse procedimento contribui para o desenvolvimento do modelo BIM 4D, oferecendo as seguintes facilidades: proporcionar mais agilidade na etapa de criação dos conjuntos de seleção (*sets*); permitir localizar todos os elementos com o mesmo código atribuído ao elemento (comando *Find Itens*); e facilitar a criação das regras de associação dos elementos com as tarefas do cronograma posteriormente.

O processo de criação dos formulários BIM na plataforma *Prevision* é rápido e simples, permitindo adicionar o número de campos de informações fundamentais ao projeto. No caso da inserção dos serviços das fachadas, por exemplo, foi necessário criar os campos referentes à fachada no formulário (Figura 26), além de criar o campo associando a tarefa com sua respectiva fachada (1), Figura 56. Outra atividade rápida e de fácil execução é a atribuição dos códigos de integração aos pacotes de trabalhos (serviços/tarefas) e lotes (local de execução) no *Prevision*. Esse processo não interfere nos serviços já lançados na linha de balanço previamente realizada na plataforma, podendo-se editar esses códigos sempre que for preciso. Entretanto, para isso é necessário realizar uma nova exportação do cronograma e atualizá-lo no *Navisworks* sempre que ocorrer mudanças nas datas de início e fim dos serviços ou mudanças nos códigos de integração definidos nos formulários BIM. Também é possível realizar alterações nas datas do cronograma diretamente no *Navisworks*, para simular cenários diferentes e exportar um arquivo “.csv” com as informações das datas alteradas no cronograma.

**Figura 56 – Adicionando campo no Formulário BIM - *Prevision***

Formulário BIM

Utilize os campos de 1 a 10 para personalizar os arquivos exportados para as ferramentas BIM. Caso uma configuração possua mais de um campo, o valor final será a concatenação dos campos escolhidos e separados pelo separador escolhido.

Campo 1  
Serviço (Serviço) Pavimento (Lote) X ▾

Campo 2  
Serviço (Serviço) Fachada (Lote) **1** X ▾

Campo 3 ▾

Campo 4 ▾

Campo 5 ▾

Campo 6 ▾

Campo 7 ▾

Campo 8 ▾

Campo 9 ▾

Campo 10 ▾

Separador  
Separar com \_

Fonte: Elaborado pela autora; adaptado Prevision (2023).

O sistema de codificação alcançou seu objetivo com êxito, configurando uma boa ferramenta para desenvolver o modelo BIM 4D e com possível aplicação em outros projetos. Contudo, para utilizar o sistema de códigos em outros projetos, torna-se necessário, primeiramente, avaliar se os códigos definidos atendem às necessidades do novo projeto – uma vez que neste trabalho os códigos foram criados com base nas modelagens dos projetos escolhidos e adaptados para correlacionar com as tarefas do cronograma já existente do empreendimento.

## 5.2 Ajustes nos modelos 3D

Uma grande dificuldade encontrada no momento dos ajustes no modelo arquitetônico foi a atribuição dos códigos dos serviços que são executados por fachada - como a instalação das esquadrias metálicas (janelas e porta-janelas), os revestimentos externos (reboco e pintura), as pingadeiras e o guarda-corpo. Na forma de atribuição dos códigos, por meio das tabelas de quantitativos, não era possível identificar a fachada em que os serviços estavam localizados. No primeiro ajuste do modelo, esses elementos foram separados e identificados conforme o seu pavimento/nível de referência. Sem a identificação correta dos serviços separados por fachadas, a associação por regras dos elementos às tarefas não funcionou para este caso. Para solucionar essa dificuldade, uma das possibilidades seria selecionar os

elementos diretamente na visualização 3D do *Navisworks* e associá-los manualmente às suas respectivas tarefas. Outra opção era realizar a seleção manual dos elementos na vista 3D do *Revit* e atribuir os códigos, correspondentes da fachada, diretamente na janela de propriedades - solução testada para este objeto de estudo. Porém, devido ao tamanho do projeto, não foi possível contemplar esses serviços nas simulações - de maneira que essa solução também não se mostrou eficiente, dando margem para a ocorrência de falhas durante o processo de seleção e consequente retrabalho.

Na etapa de ajustes nos modelos e de atribuição do sistema de códigos foi observado que é possível realizar a seleção manual dos elementos sem muitos prejuízos com a produtividade nas modelagens com nível de detalhamento menor ou com menos elementos modelados - como no caso da modelagem da estrutura. Isso vale também para o processo de criação dos conjuntos de seleção (*Sets*) no *Navisworks*, porque nesses casos é necessário criar menos conjuntos de seleção (*Sets*) por meio da seleção manual na Árvore de Seleção (*Selection Tree*). Em testes iniciais realizados com o modelo da estrutura, foram necessárias aproximadamente quatro horas para executar as ações de atribuir os códigos manualmente na vista 3D do modelo do *Revit*, criar os conjuntos de seleção (*Sets*) manualmente por meio da seleção dos elementos de cada nível na aba Árvore de Seleção (*Selection Tree*) e associar os elementos às suas tarefas do cronograma no *Navisworks* por meio de regras para automatização.

Entretanto, em modelagens com um nível de detalhamento muito alto, como no caso da modelagem da arquitetura, observou-se que a atribuição manual dos códigos se torna um processo demorado, pouco produtivo, e com chances maiores de retrabalhos. Uma possível solução para atribuir os códigos de elementos/serviços executados por fachada, seria criar algum parâmetro dentro da família dos elementos que permitisse inserir um nome de identificação da fachada na qual o elemento se encontra.

### **5.3 Processo de Modelagem 4D e simulações**

Uma vez que os modelos BIM 3D e o cronograma foram perfeitamente adequados com o sistema de codificação, o fluxo de trabalho estabelecido para a modelagem 4D no software *Navisworks* funcionou de maneira rápida e simples. O

sistema de códigos possibilitou criar os conjuntos de seleção (*Sets*) e associá-los ao cronograma, definindo um fluxo de trabalho que resultou na conclusão da modelagem 4D no período de uma semana.

A análise comparativa das simulações da modelagem 4D com o vídeo da execução física da obra permitiu identificar uma limitação do software com relação ao sequenciamento das tarefas. Enquanto na obra os serviços de montagem das formas, colocação das armaduras e concretagem foram executados em separado, nas simulações esses mesmos serviços aparecem como uma única etapa.

Outra limitação identificada no processo está relacionada com a exportação do arquivo de integração do cronograma. Na plataforma *Prevision*, o pacote de trabalho *Supraestrutura* (pilares, vigas e lajes) possui os serviços de formas, armaduras e concretagem separados, com datas específicas para cada um; mas a exportação considera apenas a data de início e final do pacote de trabalho (tarefas). Uma sugestão dada pelo setor de suporte da plataforma *Prevision* para contornar essa situação seria criar um pacote de trabalho (tarefas) para pilar, viga e laje; ou criar um pacote de trabalho (tarefas) para formas, armaduras e concretagem, separadamente, para a *Supraestrutura*.

Uma terceira restrição que se pode apontar no software BIM 4D está na maneira como as atividades aparecem na simulação. Os elementos das tarefas do cronograma aparecem todos juntos como um bloco na cor estabelecida (neste trabalho, a cor adotada foi a verde com transparência) e, conforme a atividade vai sendo finalizada, a cor fica um pouco mais sólida. Entretanto, em alguns serviços esse resultado não aparece por completo - na alvenaria, por exemplo, não é possível visualizar as subidas das fiadas de tijolos na simulação.

Outra dificuldade encontrada no processo de criação do modelo BIM 4D foi a de associar os elementos 3D de maneira a que correspondessem ao serviço ou tarefa específica no cronograma disponibilizado. Isso se deve porque tanto a modelagem 3D quanto o cronograma não foram feitos com o objetivo de definir posteriormente um fluxo de trabalho para o BIM 4D, então havia incoerências entre a forma como os elementos foram modelados no 3D e como eles apareciam executados no cronograma. Em função disso, foi necessário utilizar as tabelas de quantitativos (que identificam os materiais de cada pavimento) para atribuir os códigos

manualmente aos elementos 3D, o que resultou em um processo demorado e mais suscetível a erros e retrabalhos.

Ao apresentar as simulações do modelo 4D para o engenheiro da obra, inclusive com a demonstração das futuras etapas da execução, o engenheiro demonstrou um forte interesse em utilizar a ferramenta no canteiro de obras. Essa aplicação permitirá analisar o cronograma e obter mais clareza acerca do andamento da obra - se está atrasada, em dia ou adiantada – ou ter uma previsão de como a obra estará no futuro, alterando as datas na guia *Simulate Settings*.

Diante das possibilidades de utilização da modelagem 4D e das simulações, os diretores/sócios da construtora e o escritório de projetos mostraram interesse em iniciar a implementação do BIM 4D ao planejamento das próximas torres do empreendimento. Uma dessas implementações seria para o estudo do sequenciamento da execução das fundações e contenções das duas últimas torres, devido à complexidade e logística para realizar a escavação e execução do muro de contenção, dos blocos de coroamento, das paredes de contenção do subsolo das duas últimas torres, e execução da rampa de acesso ao subsolo das torres.

Vale ressaltar que, ainda que a modelagem 4D desenvolvida neste trabalho tenha iniciado já com os modelos BIM 3D dos projetos executivos e com o cronograma finalizados, e também com a obra em andamento, seus resultados terão aplicação imediata no empreendimento. O engenheiro da obra, o setor de planejamento e os sócios envolvidos demonstraram interesse em utilizar o modelo BIM 4D para realizar o acompanhamento do cronograma planejado e ter clareza de como está o andamento da obra, haja vista que a construção da torre objeto de estudo está prevista para terminar em 2025.

Além disso, os resultados obtidos neste trabalho também podem contribuir para melhorar o processo de desenvolvimento do modelo BIM 4D no planejamento das próximas torres do empreendimento. No geral, o modelo BIM 4D teve uma boa aceitação por todas as partes envolvidas da construtora (sócios, obra e setor de planejamento), sendo sua implementação principalmente indicada para acompanhar o andamento da obra que constitui o objeto de estudo e para o planejamento das próximas edificações do empreendimento.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral aplicar a metodologia BIM no planejamento de um edifício residencial multifamiliar. Com base nesse escopo, foi desenvolvido um modelo 4D para a simulação da execução a partir do cronograma planejado disponibilizado pela construtora do empreendimento.

A integração realizada entre o software BIM 4D (*Navisworks*) e a plataforma *Prevision* visou aplicar os conceitos de colaboração e integração da informação que caracterizam a metodologia BIM. Nesse processo, primeiramente foi desenvolvido um sistema de códigos base para os elementos geométricos dos modelos 3D e para os serviços no cronograma planejado, para estabelecer a associação do cronograma com os modelos 3D do objeto de estudo, dentro do software *Navisworks*. Uma vez definidos os códigos, a tarefa seguinte foi definir a atribuição desses códigos no cronograma planejado e nos modelos BIM 3D selecionados (arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico). A partir dos modelos BIM 3D e do cronograma planejado com as mesmas informações (códigos de integração), foi realizada a construção do modelo 4D no *Navisworks*, e as análises das simulações obtidas.

O modelo 4D apresenta como um dos produtos a animação virtual das etapas de construção do projeto. Dessa maneira, foi possível visualizar em dimensões espaciais o cronograma do empreendimento, e ter mais clareza sobre o andamento da execução, sem a necessidade de interpretar e imaginar a ordem de execução das tarefas fornecidas pelo cronograma elaborado.

Um das limitações deste trabalho foi explorar pouco as configurações de visualização das tarefas - como a definição de cores para as tarefas executadas no interior do empreendimento (instalação hidráulica, elétrico, piso, contrapiso, reboco e pintura interna). O recurso de cor para as tarefas internas oferece mais facilidade para identificar os serviços que aparecem nas simulações, no interior do modelo, ou quando existe mais de um serviço acontecendo ao mesmo tempo.

É possível constatar que a metodologia utilizada neste trabalho pode ser aplicada em um empreendimento cuja obra esteja em execução. Entretanto, para o objeto de estudo, a utilização do modelo BIM 4D servirá mais como uma ferramenta

auxiliar no acompanhamento do cronograma de forma mais visual, permitindo aos envolvidos terem mais clareza da evolução do cronograma

Os principais resultados obtidos com a pesquisa foram o desenvolvimento de um fluxo de trabalho para produzir os modelos BIM 4D e a integração entre o software BIM 4D (*Navisworks*) com a plataforma *Prevision*. Essas soluções possibilitam à construtora aplicar o mesmo fluxo de trabalho para outros empreendimentos e utilizar as limitações e dificuldades encontradas para melhorar o processo de construção dos modelos 4D.

### **6.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Sugere-se para trabalhos futuros adotar o fluxo de trabalho dos ajustes dos modelos 3D utilizando rotinas no *Dynamo* para automatizar o processo de atribuição dos códigos para os elementos tridimensionais no *Revit*. O *Dynamo* é uma ferramenta de programação visual de código aberto, gratuito e desenvolvido para estender as funcionalidades do *Autodesk Revit*. Além disso, sugere-se aplicar o fluxo de trabalho em um projeto similar, ou menor, mas utilizando o *Navisworks* e outro software BIM 4D, como o *Synchro*, fazendo um comparativo entre os dois softwares.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-1**: Sistema de Classificação da Informação da Construção Parte 1: Terminologia e Estrutura. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-2**: Sistema de Classificação da Informação da Construção Parte 2: Características dos Objetos da Construção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-3**: Sistema de Classificação da Informação da Construção Parte 3: Processos da Construção. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-7**: Sistema de Classificação da Informação da Construção Parte 7: Informação da Construção. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12006-2**: Construção de Edificação – Organização de Informação da Construção Parte 2: Estrutura para Classificação. Rio de Janeiro, 2010.

AUTODESK. **Portal Eletrônico**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

AZEVEDO, L. G de; STEIN, J. A. **Análise qualitativa da aplicação do BIM 4D desenvolvido no Navisworks para o planejamento de obra de infraestrutura**. 118f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, UFES, Vitória, 2021. Disponível em: [https://engenhariacivil.ufes.br/sites/engenhariacivil.ufes.br/files/field/anexo/projeto\\_de\\_graduacao\\_-\\_julia\\_andrade\\_stein\\_e\\_livia\\_gomes\\_de\\_azevedo.pdf](https://engenhariacivil.ufes.br/sites/engenhariacivil.ufes.br/files/field/anexo/projeto_de_graduacao_-_julia_andrade_stein_e_livia_gomes_de_azevedo.pdf). Acesso em: 06 fev. 2023

BAIA, Denize V. S. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil**. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/22996>. Acesso em: 15 mar. 2023

BALEM, A. F. **Vantagens da compatibilização de projetos na engenharia civil aliada ao uso da metodologia BIM**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

BEDIN, Yan. **Software de planejamento de obras: saiba como funciona a tecnologia da Prevision**. 2021. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/software-de-planejamento-de-obras/>. Acesso em: 19 mai. 2023.

BEDIN, Yan. **BIM 4D para planejamento e controle de obras**. 2020. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/software-de-planejamento-de-obras/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

BIBLUS. **BIM em Santa Catarina: o estado da metodologia**. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/bim-em-santa-catarina-o-estado-da-metodologia/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BIMSC. **Portal Eletrônico**. Disponível em: <https://www.bim.sc.gov.br/cadernos-bim>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BORGES, Maria Luiza A. E. **Método para implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras**. 2019. 181 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/27283/1/M%C3%A9todoimplementa%C3%A7%C3%A3omodelagem\\_Borges\\_2019.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/27283/1/M%C3%A9todoimplementa%C3%A7%C3%A3omodelagem_Borges_2019.pdf). Acesso em: 15 mar. 2023

BRASIL. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018**. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/d9377.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%209.377%2C%20DE%2017%20DE%20MAIO%20DE%202018&text=Institui%20a%20Estrat%C3%A9gia%20Nacional%20de,que%20lhe%20confere%20o%20art](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9377.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%209.377%2C%20DE%2017%20DE%20MAIO%20DE%202018&text=Institui%20a%20Estrat%C3%A9gia%20Nacional%20de,que%20lhe%20confere%20o%20art). Acesso em: 25 mai. 2023

BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019**. Dispõe sobre a Estratégia de Disseminação do Building Information Modeling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modeling. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm#art15](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm#art15). Acesso em: 25 mai. 2023

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do Building Information Modeling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm). Acesso em: 25 mai. 2023

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm). Acesso em: 02 jun. 2023

BRITO, Douglas M. de. **Modelagem 4D aplicada ao planejamento e controle de obra**. 83f. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, UFBA, Salvador, 2014. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/BIM%204D%20PCP.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023

BRITO, Luís Paulo L. **Planejamento em projetos da construção civil com a tecnologia BIM**. 2017. Monografia (MBA em Gerenciamento de Projetos). Fundação Getúlio Vargas. 2017. Disponível em: <https://www15.fgv.br/network/tcchandler.axd?tccid=7049>. Acesso em: 20 mai. 2023

BRYDE, D.; BROQUETAS, M.; VOLM, J. M. The Project benefits of Building information modeling (BIM). **International Journal of Project Management**, v.31, n. 7, p. 971–980, 2013. Elsevier Ltd and IPMA. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>. Acesso em: 25 mai. 2023.

CAREZZATO, G. G.; FARIA, D. R. G.; MLEHADO, S. B.; SANTOS, E. T. Processos de Gerenciamento de Projetos BIM. **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, Ceará, nov. 2017.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. (2016). Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras Building Information Modeling.

CRASA INFRAESTRUTURA. **Entendendo a Modelagem de Informação da Construção (BIM)**. 2020. Disponível em: <https://www.crasainfra.com/post/entendendo-a-modelagem-de-informa%C3%A7%C3%A3o-da-constru%C3%A7%C3%A3o-bim>. Acesso em: 25 mai. 2023.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção...** Revisão técnica: Eduardo Toledo Santos. Porto Alegre: Bookman, 2021.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção...** Revisão técnica: Eduardo Toledo Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FAZLI, A.; FATHI, S.; ENFERADI, M. H.; FAZLI, M.; FATHI, B. Appraising Effectiveness of Building Information Management (BIM) in Project Management. **Procedia Technology**, v.16, p. 1116–1125, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.126>. Acesso em: 25 mai. 2023.

IBGE. Portal Eletrônico. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 mai. 2023.

IBEC – Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos. **Entenda o que é BIM 10D e como é feita sua implementação em projetos**. 2021. Disponível em: Acesso em: <https://ibecensino.org.br/entenda-o-que-e-bim-10d-e-como-e-feita-sua-implementacao-em-projetos/>. 08 fev. 2024.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Obras**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1196.

MATSUI, Amanda G. **Aplicação do BIM para otimização do cronograma físico de uma obra**. 69f. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso II (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil e Ambiental, UFG, Goiás, 2017. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/AGUARDAR\\_2019\\_1\\_-\\_APLICA%C3%87%C3%83O\\_DO\\_BIM\\_4D\\_PARA\\_A\\_OTIMIZA%C3%87%C3%83O\\_DO\\_CRONOGRAMA\\_F%C3%8DSICO\\_DE\\_UMA\\_OBRA.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/AGUARDAR_2019_1_-_APLICA%C3%87%C3%83O_DO_BIM_4D_PARA_A_OTIMIZA%C3%87%C3%83O_DO_CRONOGRAMA_F%C3%8DSICO_DE_UMA_OBRA.pdf). Acesso em: 02 fev. 2023

MATTOS, Aldo D. **Planejamento e Controle de Obras**. 2. Ed. São Paulo: PINI, 2019.

MATĚJKA, P.; TOMEK, A. Ontology of BIM in a Construction Project Life Cycle. **Procedia Engineering**, v.196, n. June, p. 1080–1087, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.065>. Acesso em: 25 mai. 2023.

NIBS – National Institute of Building Science. (2007). National BIM Standard-United States Version 1 – Part 1: Overview, Principles, and Methodologies.

OTUS E THÓRUS. **Cenário Construtivo Brasileiro - Edição 2023**. 2023. Disponível em: <https://materiais.thorusengenharia.com.br/download-ccb23>. Acesso em: 24 nov. 2023.

OTUS. **Os usos ou dimensões do BIM: do 3D ao 7D**. Disponível em: <https://otusengenharia.com/os-usos-ou-dimensoes-do-bim-do-3d-ao-7d/>. Acesso em: 08 fev. 2024.

RIBEIRO, Nina. **Pacotes de Trabalho: o que é e como utilizar**. 2023. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/pacotes-de-trabalho/>. Acesso em: 03 fev. 2024.

SANTANA, Leonardo. **BIM no mundo: a revolução mundial da construção inteligente**. 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/bim-no-mundo/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 1.370, de 13 de julho de 2021**. Institui a Estratégia Estadual de Implantação e Disseminação do Building Information Modelling em Santa Catarina e o Comitê Técnico da Estratégia BIM SC. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/sc/decreto-n-1370-2021-santa-catarina-institui-a-estrategia-estadual-de-implantacao-e-disseminacao-do-building-information-modelling-em-santa-catarina-estrategia-bim-sc-e-o-comite-tecnico-da-estrategia-bim-sc-ct-bim-sc>. Acesso em: 25 mai. 2023

SANTA CATARINA. **Saúde lança editais para projetos desenvolvidos em BIM em hospitais de Joinville e da Grande Florianópolis**. Disponível em: <http://www.saude.sc.gov.br>. Acesso em: 20 mai. 2023.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v.18, n. 3, p.

357-375, mai. 2009. Elsevier BV. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>. Acesso em: 25 mai. 2023.

VARALLA, Ruy. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003. (Coleção Primeiros Passos da Qualidade no Canteiro de Obras).