



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
CARLA BEATRIZ DE SOUZA ÁVILA

GESTÃO DE PROJETOS DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR
UTILIZANDO FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO BIM

ARACAJU
2023

CARLA BEATRIZ DE SOUZA ÁVILA

GESTÃO DE PROJETOS DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR
UTILIZANDO FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO BIM

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Instituto Federal de Sergipe como pré-
requisito para a obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa

ARACAJU

2023

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Ávila, Carla Beatriz de Souza.

A958g Gestão de projetos de uma edificação residencial unifamiliar
utilizando ferramentas de planejamento BIM. / Carla Beatriz de Souza
Ávila. – Aracaju, 2023.

74 f. ; il.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa. Monografia
(Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de
Sergipe, 2023.

1. Planejamento de obra. 2. Gerenciamento de projeto. 3. Modelagem
de informação da construção. 4. *Navisworks*. 5. *MS Project*. 6.
Cronograma físico. I. Sousa, Pablo Gleydson de. II. Título.

CDU 624.04

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia Nº 243

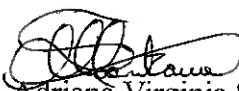
**GESTÃO DE PROJETOS DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR
UTILIZANDO FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO BIM**

CARLA BEATRIZ DE SOUZA ÁVILA

Esta monografia foi apresentada às 09 h 30 do dia 09 de Janeiro de 2023 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHARELA EM ENGENHARIA CIVIL. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados.

Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.


Prof. M.Sc. André Maciel Passos Gabillaud
(IFS – Campus Aracaju)


Profª. Drª. Adriana Virginia Santana Melo
(IFS – Campus Aracaju)


Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa
(IFS – Campus Aracaju)
Orientador


Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa
(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

A todos os professores presentes na
minha vida

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Carlos e Cláudia, e o meu irmão Júlio César, por todo amor e suporte incondicional durante meus anos de graduação. Vocês são a minha maior felicidade!

Aos meus familiares, por sempre darem os melhores conselhos, me incentivando a crescer como pessoa, e aos amigos que fiz ao longo do curso, minha gratidão é imensurável.

Aos professores do Instituto Federal de Sergipe, por todos os ensinamentos que construíram minha formação, em especial, meu orientador Dr. Pablo Sousa, pela dedicação e contribuição neste trabalho.

RESUMO

A tecnologia de Modelagem de Informação da Construção (*Building Information Modeling*) e sua multidisciplinaridade permite uma forma inteligente de elaboração de projetos, agregando informações conforme as necessidades do profissional. A diversidade de instrumentos de modelagem com variadas atribuições possibilitam uma análise de dados aprofundada sobre os mais diferentes tipos de projeto. Dentro dessa análise multidisciplinar, é possível destacar o BIM 4D, onde há vinculação do fator tempo à modelagem paramétrica, com o intuito de planejar e gerenciar o decorrer da obra. Este estudo de caso apresenta como objetivo a análise da utilização de sistemas BIM, voltados para planejamento e gestão, utilizando como ferramenta os *softwares* Revit e Navisworks, bem como o MS Project. O software Revit terá o papel de realizar correções das inconformidades na modelagem 3D dos projetos, constatadas através da função *Clash Detective* do Navisworks, já o MS Project, gerará o cronograma físico da obra tendo como base Estrutura Analítica do Projeto (EAP). E em seguida, os dados obtidos pelos programas serão incorporados no sistema Navisworks, com a função *TimeLiner*, com o intuito de gerar o planejamento 4D, uma simulação virtual da edificação do projeto parametrizado segundo o cronograma da obra, exemplificando seus benefícios.

Palavras-chave: Planejamento de obra. Gerenciamento de projetos. Modelagem de Informação da Construção. Navisworks. MS Project. Cronograma físico.

ABSTRACT

The technology of Building Information Modeling (BIM) and its multidisciplinary allows an intelligent way of elaborating projects, adding information according to the needs of the professional. The diversity of modeling instruments with various attributions, allows for in-depth data analysis on the most different types of projects. Within this multidisciplinary analysis, it is possible to highlight the BIM 4D, where the time factor is linked to parametric modeling, with the purpose of planning and managing the course of the work. This case study targets the analysis of the use of BIM systems, aimed at planning and management, using Revit and Navisworks software as a tool, as well as MS Project. The Revit software will have the role of correcting non-conformities in the 3D modeling of the projects, detected through the Clash Detective function of Navisworks, while MS Project will generate the physical schedule of the work based on the Project Analytical Structure (PAS). And then, the data obtained by the programs will be incorporated into the Navisworks system, with the TimeLiner function, in order to generate the 4D planning, a virtual simulation of the construction of the project parameterized according to the work schedule, exemplifying its benefits.

Keywords: Construction planning. Project management. Building Information Modeling. Navisworks. MS Project. Time schedule.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Processo de modelagem 4D BIM	20
Figura 2– Comparação entre processo de orçamentação tradicional e baseado em BIM	21
Figura 3– Arquitetura do modelo IFC	24
Figura 4– Fluxograma do Processo de Planejamento	27
Figura 5– EAP em formato de árvore.....	28
Figura 6– EAP na forma de mapa mental.....	29
Figura 7– Diagrama de rede: Diagrama de flechas PERT-COM	31
Figura 8– Exemplo de Gráfico de Gantt na plataforma MS Project.....	32
Figura 9– Etapas do estudo.....	33
Figura 10– Vista da fachada sul do projeto.....	35
Figura 11– Coordenadas divergentes.....	38
Figura 12– Projetos integralizados no Revit	39
Figura 13– Projetos integralizados no Navisworks Manage.....	39
Figura 14– Relatório apontando soft clash entre os complementares Estrutural e Hidráulico com tolerância de 0,001 metros	41
Figura 15– Relatório apontando hard clash entre os projetos Estrutural e Esgoto com tolerância de 0,10 metros	41
Figura 16 – Relatório apontando hard clash entre os complementares estrutural e esgoto com tolerância de 0,10 metros	42
Figura 17– Relatório apontando hard clash entre os complementares Hidráulico e Esgoto com tolerância de 0,001 metros.....	42
Figura 18 – Relatório apontando hard clash entre os complementares Esgoto e Elétrico com tolerância de 0,010 metros	43
Figura 19– Relatório apontando interferência entre os projetos Arquitetônico e Esgoto com tolerância de 0,001 metros	44
Figura 20 – Parede associada ao dreno do ar condicionado	44
Figura 21 – Tubulações atravessando as vigas baldrame (azul) da fachada oeste do projeto	45
Figura 22 – Pilar colidindo com a porta do closet	46
Figura 23 – Pilar colidindo com janela da biblioteca	46
Figura 24 – Posicionamento divergente da escada no Arquitetônico e Estrutural.....	47

Figura 25 – Conflito entre o piso do projeto Arquitetônico e a tubulação de bacia sanitária do projeto Esgoto	47
Figura 26 – Disposição da bacia sanitária do lavabo no projeto Arquitetônico	48
Figura 27 – Relatório apontando interferência do projeto de esgoto com tolerância de 0,001 m.....	49
Figura 28 – Projeto Elétrico (azul) corrigido em relação aos Projetos de Esgoto no Navisworks	49
Figura 29 – Projeto Hidráulico corrigido em relação aos Projetos de Esgoto (azul) e Estrutural no Navisworks	50
Figura 30 – Em destaque (azul) projeto corrigido de esgoto no Navisworks.....	50
Figura 31– Em destaque (azul) projeto Estrutural com correção mínima do Arquitetônico no Navisworks.....	51
Figura 32 – Interface do Gráfico de Gantt com tarefas críticas destacadas (vermelho) no MS Project	56
Figura 33 – Interface do TimeLiner com o Gráfico de Gantt no Navisworks	57
Figura 34 – Interface do Sets no Navisworks.....	58
Figura 35 – Dia 19 de 242: Início das escavações das sapatas	59
Figura 36 – Dia 35 de 242: Finalização das instalações de esgoto (azul) enterradas sem isolamento dos níveis dos pavimentos	59
Figura 37 – Dia 63 de 242: Execução das vigas superiores (verde) com alvenaria do térreo apresentando variação de propriedades.....	60
Figura 38 – Dia 94 de 242: Projeção (verde) da execução da alvenaria e dos pilares do pavimento superior	60
Figura 39 – Dia 138 de 242: Projeção (verde) da execução da alvenaria de cobertura e abrigo das caixas d'água bem como o reboco da alvenaria do térreo.....	61
Figura 40 – Dia 214 de 242: Projeção (verde) da instalação das esquadrias	61
Figura 41 – Dia 242 de 242: Projeto finalizado na simulação	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Principais benefícios do planejamento	25
Quadro 2– EAP em formato analítico.....	28
Quadro 3 - Estrutura Analítica de Projeto	51
Quadro 4– Relatório gerado através do MS Project com as definições de precedência	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Conflitos encontrados arbitrando diferentes tolerâncias.....	40
Tabela 2– Conflitos encontrados nos complementares com tolerância de 0,001 m..	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três Dimensões
4D	Quarta Dimensão
5D	Quinta Dimensão
6D	Sexta Dimensão
7D	Sétima Dimensão
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADM	Arrow Diagramming Method
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BDS	Building Description System
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer-Aided Design
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
IFC	Industry Foundation Classes
MS	Microsoft
PDM	Precedence Diagramming Method
RVT	Extensão de arquivo de Revit Architecture (.rvt)
m	Metros
m ²	Metro Quadrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	TECNOLOGIAS DE PROJETO.....	18
2.1.1	Modelagem da Informação da Construção (BIM).....	18
2.1.2	Interoperabilidade.....	22
2.2	PLANEJAMENTO DE OBRA.....	24
2.2.1	Roteiro para Planejamento de Obra.....	24
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	34
3.1.1	Acervo de projetos.....	36
3.2	DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA.....	36
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	38
4.1	COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS.....	38
4.2	MODELAGEM 4D.....	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
	APÊNDICE.....	69
	ANEXO.....	72

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores contratempos na esfera da construção civil se encontra na escassez de qualidade dos projetos, a qual está relacionada a outro grave problema: a falta de um bom planejamento na realização de obras no país. A maioria desses problemas de obras provém de projetos inadequados, tanto de edificações como de infraestrutura, quase sempre contribuindo para o surgimento de patologias construtivas, adicionais de serviços, aumentos dos custos e a ampliação dos prazos de execução das atividades (LUKE, 2012). À vista disso, a introdução de ferramentas computacionais que auxiliam no desenvolvimento de etapas do processo de construção, vem aprimorando a qualidade e suavizando imprecisões de projeto.

O aperfeiçoamento de *softwares* para a elaboração e controle de projetos, lança uma nova forma de competitividade no mercado. As empresas se deram conta de que investir em gestão e controle de processos é inevitável, pois sem essa sistemática gerencial os empreendimentos perdem de vista seus principais indicadores: o prazo, o custo, o lucro, o retorno sobre o investimento e o fluxo de caixa (MATTOS, 2006). Portanto, a concepção e o gerenciamento de projetos por meio de instrumentos tecnológicos é, hoje, um marco de sucesso nas empresas construtoras que estabelecem boas práticas em tais instrumentos.

As repercussões das boas práticas influenciam diretamente na redução do prazo de execução da obra, na otimização dos recursos financeiros e na satisfação do cliente com a qualidade do produto final. O hábito da segregação de informações por especialidades transforma o projeto em fragmentos distintos, gerando incompatibilidades e a inviabilização da elaboração precisa de cronogramas e orçamentos, encontra-se em fase de mudança para uma cadeia produtiva de integração entre profissionais e informação. Essa integração só é possível graças a evolução da modelagem computacional.

É importante elencar, ainda, as plataformas de modelagem mais utilizadas na atualidade e seus papéis na cadeia de criação e gerenciamento dos projetos. A primeira tecnologia computacional de projeto predominante consiste nos programas do tipo *Computer Aided Design*¹ ou CAD. Essa tecnologia é baseada em plantas de

¹ Traduzido livremente pela autora como “Desenho Auxiliado por Computador”

projeto 2D, abrangendo desde o projeto arquitetônico até o projeto executivo, passando pelos projetos da instalação hidráulica, instalação elétrica, estrutural, e demais complementares.

Essa tecnologia, todavia, favorece brechas de procedimento que, entre fragilidades, admite incompatibilidades entre objetos representados em diferentes peças gráficas, por exemplo: mudar uma porta, num projeto representado em CAD, pode significar refazer várias representações, entre vistas e secções do projeto; muitas vezes um projeto de instalações pode entrar em conflito com o projeto estrutural; o orçamento e o planejamento da obra fica a cargo de uma equipe que tem de imaginar o modelo 3D para realização do levantamento dos quantitativos e das etapas da construção; perda de projetos originais quando há uma reforma; e muitas outras inadequações que surgem durante a construção da obra. (BAIA, 2015).

Paralelamente, a tecnologia de modelagem da informação na construção, recorrentemente citada por sua nomenclatura inglesa *Building Information Modeling* ou simplesmente BIM, apresenta-se como uma plataforma onde são “carregadas” informações de distintos projetos complementares, favorecendo, pela facilitada visão de conflitos interprojetuais, uma mais eficiente gestão, seja do projeto, da obra e de toda a vida útil do prédio ou instalação (MATTOS, 2019). No conceito de BIM incluem-se as dimensões de informação, que vão do BIM 3D, que consiste na consolidação de projetos em modelo paramétrico, até o BIM 7D onde é contemplado todo o ciclo de vida da edificação, investigadas posteriormente neste trabalho, dando ênfase no desenvolvimento da dimensão BIM 4D, nas quais são atrelados o tempo. A grande dificuldade de aplicação do conceito, se encontra, no desconhecimento dos recursos dinâmicos incorporados à plataforma pelos profissionais das áreas de engenharia e arquitetura.

Desse modo, fundamentando-se em seu referencial teórico, esse estudo se propõe a investigar a seguinte questão problema: como o cronograma físico, desenvolvido com base em projetos complementares produzidos em software de modelagem parametrizada repercute em uma obra?

Para responder essa questão, a pesquisa tem como objetivo analisar, via estudo de caso, como tecnologias específicas de projeto repercutem no desenrolar do cronograma físico de uma obra. Para alcançar tal objetivo, impuseram-se os

objetivos específicos arrolados abaixo:

- a) Compatibilizar as disciplinas por intermédio do AutoDesk Navisworks Manage;
- b) Elaborar cronograma físico através do MS Project com os dados obtidos dos projetos complementares em modelo paramétrico;
- c) Integrar o modelo com o cronograma físico recorrendo à ferramenta AutoDesk Navisworks Manage;
- d) Analisar informações produzidas no AutoDesk Navisworks Manage;

Logo, apresentar benefícios da execução de uma obra cujo gerenciamento seja potencializado por projetos gestados em BIM, demonstrando que mesmo obras de caráter residencial, é necessário a correta aplicação das ferramentas de planejamento.

A estrutura deste trabalho se dá da seguinte maneira: primeiramente a introdução, expondo a problemática e as justificativas, bem como os objetivos gerais e específicos que esclarecem o tema e sua escolha para o procedimento científico. No segundo capítulo encontra-se a fundamentação teórica sobre as concepções e definições de tecnologias de projetos e planejamento. Logo após, no terceiro capítulo, dispõe a metodologia utilizada para realização da análise de interferências e planejamento. A seguir, no quarto capítulo, as análises e resultados obtidos sobre o material de estudo. E, por fim, o quinto capítulo, registra as considerações finais ensejadas pelo estudo desta monografia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TECNOLOGIAS DE PROJETO

Em meados dos anos 50 a tecnologia computacional passou a ser utilizada para elaboração de projetos. No bojo dessas inovações surgiu, então, a tecnologia CAD, que do termo em inglês, *Computer-Aided Design*, significa desenho auxiliado por computador. (DIETRICH, 2014). Apesar das facilidades e da velocidade de desenvolvimento das plantas, os desenhos gerados pelo CAD não agregavam muitas informações a respeito da execução da obra, necessitando a elaboração de arquivos complementares para melhorar o entendimento do projeto. Visando inserir dados da edificação ao projeto, o conceito BDS - *Building Description System* e posteriormente BIM - *Building Information Modeling*, foi introduzido pela primeira vez durante a década de 1970 pelo arquiteto Chuck Eastman.

2.1.1 Modelagem da Informação da Construção (BIM)

Para Eastman et al. (2014), o BIM é definido como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Do mesmo modo, Pirôpo (2014) define como um modelo inteligente de processos baseado em informações, que fornece uma visão para criação e gerenciamento da construção e de projetos de infraestrutura de forma mais rápida, econômica e com menor impacto ambiental. Em suma, a Modelagem da Informação da Construção tem a proposta de abarcar todos os dados essenciais para a construção de uma obra, e analisá-los de forma conjunta para melhor atender as necessidades dos segmentos envolvidos.

O projeto é a atividade em que a maior parte da informação sobre um empreendimento é inicialmente definida e em que a estrutura documental é organizada para a adição das informações em fases posteriores (EASTMAN et al, 2014). A filosofia da Modelagem da Informação da Construção engloba, além de dados referentes ao gerenciamento do escopo (parâmetros geométricos e especificações), dados referentes aos gerenciamentos do tempo, custo e facilidades e manutenção do edifício (SANTI, 2015). Para ilustrar, de maneira mais didática, formulou-se a multidimensionalidade no BIM, nomeado de *nD Modelling*, classificando os estágios de projeto conforme os níveis de informação.

Os modelos BIM podem assumir “múltiplas dimensões” conforme a finalidade requerida durante o planejamento e o controle de obras. Em geral, existem cinco dimensões principais. A multidimensionalidade, primeiramente, a modelagem paramétrica, é o principal atributo da tecnologia BIM, posto que a visualização de objetos paramétricos é fundamental para sua compreensão, distinguindo-se dos habituais objetos 2D. Na dimensão 3D é realizada a modelagem autoral do projeto, ou seja, a criação e visualização inicial de cada disciplina (EASTMAN et al, 2011). O BIM 3D é um modelo computacional contendo as informações espaciais e informações dos elementos do projeto (pilares, vigas, lajes, paredes, portas, janelas, tubulações etc.). Dele será possível extrair informações sobre a compatibilização espacial do projeto, as especificações de materiais e acabamentos, quantitativo de materiais, geração de pranchas 2D automáticas e passeios virtuais (CAMPESTRINI et al.,2015).

A terceira dimensão consiste em uso de objetos pré-definidos e dados associados a regras, que vão ao modelo 3D. Regras paramétricas modificam automaticamente objetos em geometrias que estão associados. Por exemplo, uma porta se encaixa automaticamente em uma parede, um interruptor de luz automaticamente localizada perto do lado correto da porta, uma parede irá automaticamente redimensionar-se no teto ou telhado, e assim por diante (BAIA, 2015). Outra regra que rege um projeto a ser construído é o fator tempo, e quando essa regra é incorporada ao modelo paramétrico temos um enriquecimento de informações, avançando para a dimensão 4D.

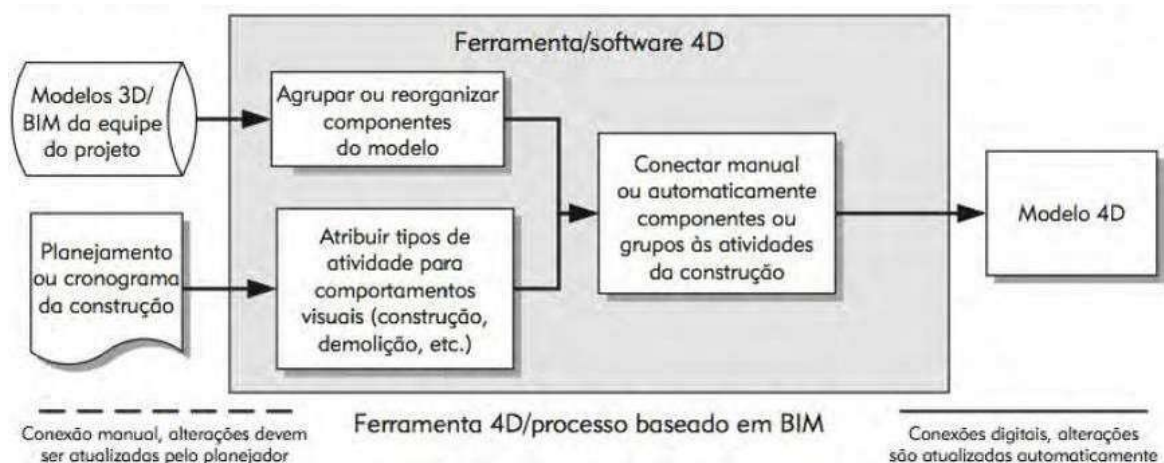
A dimensão 4D é obtida ao incluir no modelo os dados referentes ao cronograma da obra (componente “Tempo”), proporcionando a simulação das etapas construtivas. O planejamento do tempo é um pré-requisito para obtenção do sucesso no gerenciamento de uma obra e, se bem conduzido, pode gerar benefícios como: redução da probabilidade de imprevistos, precisão no planejamento de compras e auxílio na gestão de pessoas e comunicações (MATTOS, 2010). Nessa fase é possível simular a construção da edificação. Com isso, os erros do projeto podem ser descobertos antes da construção como, por exemplo, equipamentos de instalações em mesma posição geométrica elementos estruturais, espaços limitados para mobilização de equipamentos de construção. Além disso, o modelo virtual pode ser associado às ferramentas clássicas de planejamento (redes de precedência, cronogramas, tabelas, entre outros) para

realizar o planejamento em si da construção e para o seu acompanhamento (BAIA, 2015).

Eastman et al. (2014) afirma que a modelagem 4D começou a ser desenvolvida no fim da década de 1980 por grandes empresas que executavam projetos complexos de infraestrutura e energia, onde erros de planejamento geravam um acréscimo extremamente relevante no custo. Entretanto, foi na década de 1990 que a modelagem 4D foi implementada de forma mais efetiva, o que permitiu aos construtores utilizar das simulações para controlar de maneira mais eficiente os prazos de execução de obras, além de reduzir consideravelmente o retrabalho (FLORIO, 2007).

Para Eastman et al. (2014), os principais benefícios na utilização do modelo 4D giram em torno da comunicação, já que através das simulações geradas pode-se verificar a viabilidade e eficiência do planejamento, administrar a logística do canteiro de obras, coordenar fluxo entre trabalhos e disciplinas e comparar cronogramas.

Figura 1– Processo de modelagem 4D BIM

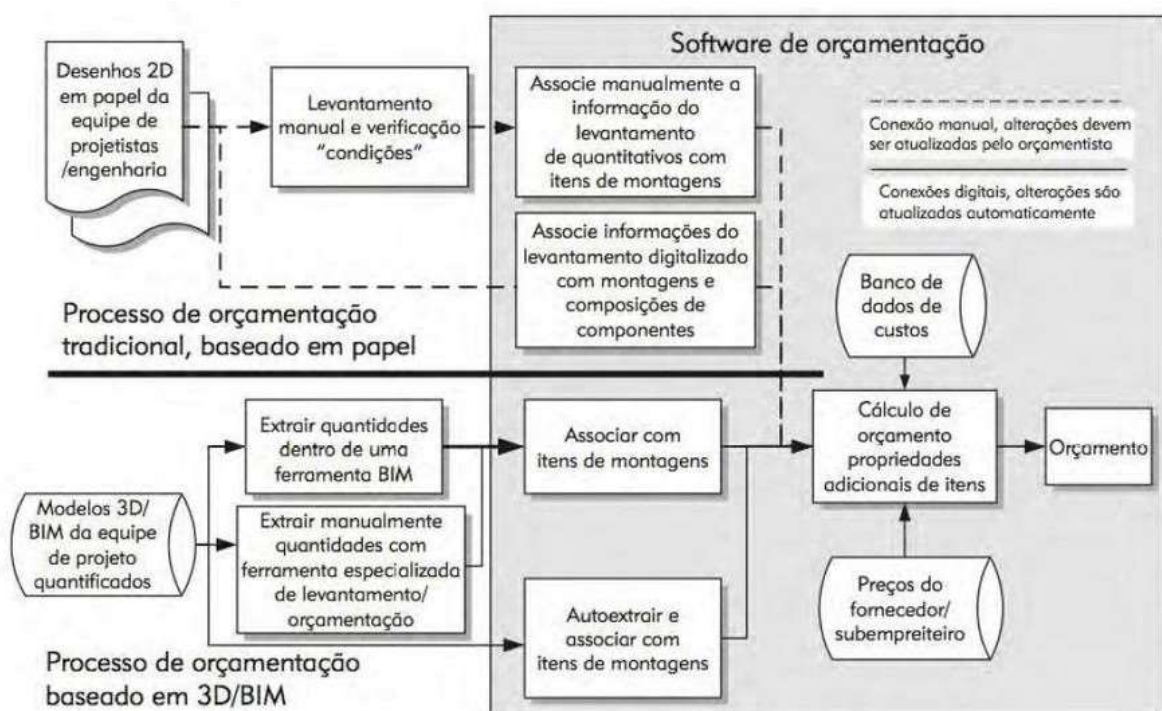


Fonte: EASTMAN (2014)

Associando os dados de custo ao modelo BIM 4D tem-se o BIM 5D, que possibilita a formulação de relatórios dos custos consecutivos em qualquer fase na linha do tempo. A modelagem 5D (modelação + cronograma + custos) consiste na extração de quantitativos, bem como o uso destes dados no cálculo das estimativas de custo e das taxas de produção ao longo de todo o ciclo de vida da obra. Com essas informações agregadas ao modelo, pode-se ver quais elementos já tiveram

seu custo calculado, assim como quais os outros necessitam de mais atenção, além de permitir aos proprietários identificar quais as áreas da construção que mais contribuem para o custo total do edifício (PIRÔPO, 2014). Ao extrair quantidades de modelos BIM com adequado grau de fidelidade, tem-se maior precisão nas medidas concebendo um orçamento mais preciso (EASTMAN, 2014). O autor faz uma comparação entre o processo de orçamentação tradicional e o baseado em BIM (Figura 02):

Figura 2– Comparação entre processo de orçamentação tradicional e baseado em BIM



Fonte: EASTMAN (2014)

A principal vantagem da modelagem 5D para os construtores é o aumento da precisão durante a construção, com menos desperdício de tempo, de materiais e de redução de alterações durante a execução das obras. Podem-se controlar tanto as atividades críticas que se sobrepõem durante a execução, compreender através da imagem virtual o projeto final, existindo uma maior conciliação de especialidades (AZEVEDO, 2009). É relevante assinalar que as ferramentas BIM promovem recursos para retirada de quantitativos e insumos, assim como as informações de área e volume dos espaços e objetos, e a exportação e importação de uma base de dados externa. O que diferencia na modelagem 5D, segundo a organização do *software* Vico, são as seguintes capacidades:

- Mostrar a um proprietário o que acontece com o cronograma e o orçamento quando uma mudança é feita no projeto;
- Organizar seu próprio banco de dados com informações de preço e custo, taxas de mão de obra e dados de composição da equipe;
- Fornecer cronogramas financeiros para o proprietário;
- Fornecer estimativas interativas múltiplas ao proprietário o qual pode ser comparado rapidamente com o custo alvo.

Ainda conforme a multidimensionalidade do BIM, a dimensão 6D visa os processos de adequação do projeto às necessidades ambientais atuais. Com o desenvolvimento sustentável em foco, ao modelo é acrescentado informações que vão desde o fabricante de um determinado componente, até a estimativa de vida útil de todo o empreendimento, assim como vincula análises de eficiência energética. Através da estimativa de vida útil do componente, os projetistas podem planejar as atividades de manutenções futuras e orçar os custos globais em relação ao tempo. Consequentemente, a utilização dessa tecnologia, pode resultar em aferições de consumo de energia mais completas e precisas no início do processo de projeto, como também a medição e a verificação durante a ocupação do edifício.

Agregando as referências do modelo 6D ao processo de gerenciamento ao longo do ciclo de vida do empreendimento, alcançamos a dimensão 7D. Entende-se como 7D, o conjunto de operações relativas à manutenção e ao gerenciamento de todos os aspectos de um edifício existente: das instalações (elétricas, hidráulicas, mecânicas) à vegetação, dos sistemas de segurança e vigilância à limpeza, da conservação dos níveis de desempenho dos componentes do edifício até sua eventual demolição.

2.1.2 Interoperabilidade

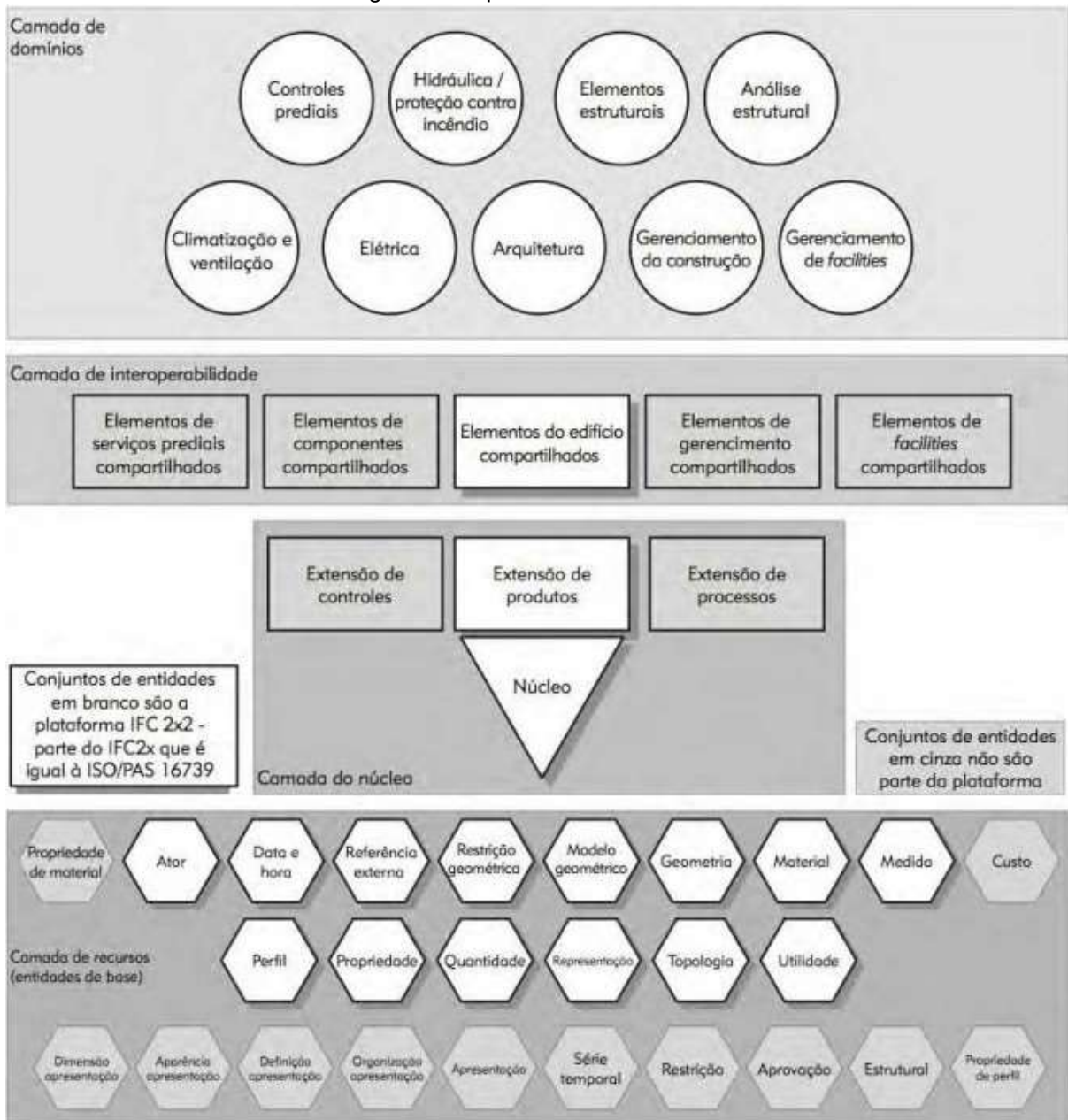
Interoperabilidade é a capacidade que sistemas distintos têm de trocar informações entre si sem perder parâmetros e sem comprometer a funcionalidade do outro sistema, é uma das características principais na Modelagem da Informação da Construção (AZEVEDO, 2009). A interoperabilidade atende a necessidade de comunicação dos dados entre projetistas e as diversas possibilidades de

aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão. Com isso, elimina-se a necessidade de replicar dados de entrada que já foram gerados e facilita o fluxo de trabalho entre os diferentes softwares, durante o processo de projeto (BAIA, 2015). A passagem de dados entre programas é feita pela linguagem IFC.

Segundo Eastman et al (2014), o Industry Foundation Classes (IFC) foi desenvolvido para criar um grande conjunto de representações de dados consistentes de informações da construção para intercâmbio entre aplicações de software de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). O IFC foi projetado com uma estrutura extensível, ou seja, seu desenvolvimento inicial pretendia fornecer definições gerais amplas dos objetos e dados a partir das quais modelos mais detalhados e para tarefas específicas, suportando intercâmbio de fluxos de dados particulares, poderiam ser definidos. Nesse sentido, o IFC foi projetado para tratar todas as informações da construção, sobre todo o seu ciclo de vida, da viabilidade e planejamento, por meio do projeto (incluindo análise e simulação), construção, até a ocupação e a operação (KHEMLANI 2004). O IFC foi desenvolvido com uma arquitetura em diferentes camadas, como pode ser visto na Figura 03.

Para Baia (2015), apesar da capacidade do IFC de representar uma ampla gama de projetos de construção, informações de engenharia e de produção, ainda existem limitações quanto à geometria, relações e propriedades dos objetos representados. Mesmo reconhecendo essas limitações, o formato IFC está sendo adotado com padrão para troca de dados, tanto no setor público quanto privado. O modelo está continuamente em evolução e novas extensões são lançadas a cada dois anos, disponibilizadas as firmas de softwares BIM, que desenvolvem implementações de tradutores das extensões do modelo IFC, os quais são submetidos à certificação. Desta forma, espera-se que essas limitações desapareçam à medida que novas versões do IFC sejam definidas e implementadas.

Figura 3– Arquitetura do modelo IFC



Fonte: EASTMAN et al (2011)

2.2 PLANEJAMENTO DE OBRA

2.2.1 Roteiro para Planejamento de Obra

A construção civil possui características que a diferencia das outras indústrias. Seu grau de complexidade é considerado mais elevado, uma vez que seu produto é fixo enquanto seus recursos são móveis e o fluxo ocorre tanto dentro do canteiro de obras, quanto de fora para dentro e vice-versa. O produto é único, possuindo grandes dimensões e alto nível de detalhamento. Portanto, elementos complexos exigem uma gestão mais elaborada de forma a se adequar ao processo

e fazê-lo se desenvolver da forma mais eficiente possível. Recursos, técnicas e informações devem ser coordenados para que decisões assertivas sejam tomadas (MATSUI, 2017).

Um planejamento bem elaborado permite a estruturação da resolução de problemas e a busca de soluções com eliminação de retrabalhos e desperdícios, resultando na economia de recursos, direcionamento e alocação deles de forma correta e sem desperdícios, além de outros fatores. Assim, as empresas que criam a cultura de planejamento se destacam com empresas de sucesso, voltadas para negócios e para o melhoramento da qualidade e maior controle de processos (BAIA, 2015). A seguir, são expostos diversos benefícios gerados através de um planejamento adequado.

De acordo com Mattos (2010), os principais benefícios do planejamento são:

Quadro 1– Principais benefícios do planejamento

Conhecimento Pleno da Obra	Estudo dos projetos, a análise do método construtivo, identificação das produtividades consideradas no orçamento e a determinação do período trabalhável em cada frente ou tipo de serviço;
Deteção de Situações Desfavoráveis	A previsão oportuna de situações desfavoráveis e de indícios de desconformidade permite ao gerente da obra tomar providencias a tempo, adotar medidas preventivas e corretivas, e tentar minimizar os impactos no custo e no prazo;
Agilidade de Decisões	O planejamento permite uma visão real da obra, servindo de base confiável para decisões gerenciais, como: mobilização e desmobilização de equipamentos, redirecionamento de equipes, aceleração de serviços, aumento da equipe, alteração de métodos construtivos, terceirização dos serviços, substituição de equipes pouco produtivas;
Relação com o Orçamento	Ao usar as premissas de índices, produtividades e dimensionamento de equipes empregadas no orçamento, o engenheiro casa orçamento com planejamento, tornando

	possível avaliar inadequações e identificar oportunidades de melhoria;
Otimização da Alocação de Recursos	Por meio da análise do planejamento, o gerente da obra pode “jogar” com as folgas das atividades e tomar decisões importantes como nivelar recursos, protelar a alocação de determinados equipamentos etc.;
Referência para Acompanhamento	O cronograma desenvolvido no planejamento é uma ferramenta importante para o acompanhamento da obra, pois permite comparar o previsto com o realizado;
Padronização	O planejamento disciplina e unifica o entendimento da equipe, tornando consensual o plano de ataque da obra e melhorando a comunicação;
Referência para Metas	Programas de metas e bônus por cumprimento de prazos podem ser facilmente instituídos porque há um planejamento referencial bem construído, sobre o qual as metas podem ser definidas;
Documentação e Rastreabilidade	Por gerar registros escritos e periódicos, o planejamento propicia a criação de uma história da obra, útil para resolução de pendências, resgate de informações, elaboração de pleitos de outras partes, mediação de conflitos e arbitragem;
Criação de Dados Históricos:	O planejamento de uma obra pode servir de base para o desenvolvimento de cronogramas e planos de ataques para obras similares. A empresa passa a ter memória;
Profissionalismo	O planejamento dá mais seriedade e comprometimento à obra e a empresa. Ele causa boa impressão, inspira confiança nos clientes e ajuda a fechar negócios

Fonte: MATTOS (2010)

Métodos tradicionais de planejamento, no entanto, não capturam adequadamente os componentes espaciais relacionados com essas atividades, nem fazem conexão direta com o projeto ou o modelo da construção. Portanto, a programação é uma tarefa manual intensa, e às vezes permanece fora de sincronia com o projeto e cria dificuldades para que os empreendedores entendam

facilmente a programação e seu impacto na logística do canteiro (EASTMAN et al, 2014).

A programação e o planejamento regularmente são feitos de um jeito informal. Para cada compromisso, são determinados um plano e um cronograma mentalmente, como o que será feito ou como e onde será cumprida uma determinada tarefa. Frequentemente, faz-se necessário dar um passo à frente no nível de detalhamento ao criar uma lista de afazeres. Para se assegurar que nada seja esquecido, é possível documentar escrevendo as informações. Isso é útil também quando se trabalha com outras pessoas (HINZE, 2012).

Ao escrever uma lista de itens, e distribuindo-a, tem-se uma base de acordo documentada. Além disso, é possível priorizar essa lista escrevendo os itens na ordem que eles serão executados. Ao crescer o número de itens e/ou o intervalo de tempo aumentar, torna-se necessário colocar a lista de afazeres relacionada ao tempo. O objetivo é evitar esquecer tarefas, evitar programar várias coisas ao mesmo tempo e assegurar que há tempo suficiente para fazer uma determinada tarefa. Enquanto o planejamento e a programação diariamente se fazem presentes, esse processo é feito mais extensiva e formalmente em construções (HINZE, 2012).

Para ilustrar, de forma clara e sucinta o roteiro de planejamento de obras, elaborou-se um fluxograma dos processos conforme as definições de Mattos (2010) e Baia (2015).

Figura 4– Fluxograma do Processo de Planejamento



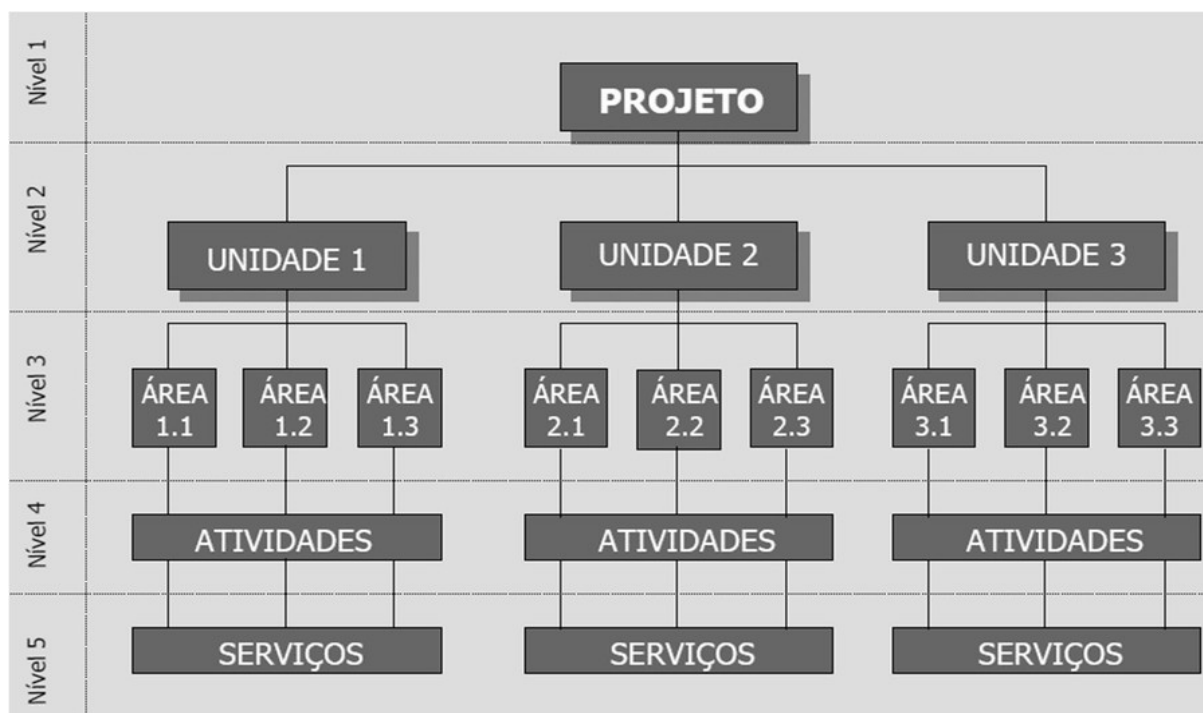
Fonte: A Autora (2022), conforme MATTOS (2010) BAIA (2015)

O planejamento de uma obra segue passos bem definidos. Em cada passo, coletam-se elementos dos passos anteriores e a eles se agrega algo. O trabalho de elaboração progressiva é bastante lógico. Para fazer a reforma de um casarão ou construir uma usina hidrelétrica, obras que têm feições distintas quanto ao tipo de construção, prazos, quantidade de recursos e complexidade, é obedecido o mesmo roteiro (MATTOS, 2010).

Identificação das atividades: Consiste na identificação das atividades que comporão o cronograma da obra. A maneira mais prática de identificar as atividades é por meio da elaboração da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), que é uma estrutura hierárquica, em níveis, mediante a qual se decompõe a totalidade da obra em pacotes de trabalho progressivamente menores. A EAP pode apresentar três tipos de formas de apresentação: formato em árvore, formato analítico e mapa mental. Os tipos citados estão exemplificados nas Figura 5, Quadro 2 e Figura 6, respectivamente.

O formato em árvore, consiste em um fluxograma estruturado nos desdobramentos dos serviços a serem realizados, sendo utilizado conforme as exigências dos projetos a serem realizados.

Figura 5– EAP em formato de árvore



Fonte: BAIA (2015) adaptado de MATTOS (2010)

A EAP em formato analítico organiza-se em lista de tarefas, facilitando a compreensão do gestor e demais colaboradores do projeto, através da hierarquia

simplificada e é o mais comumente usado.

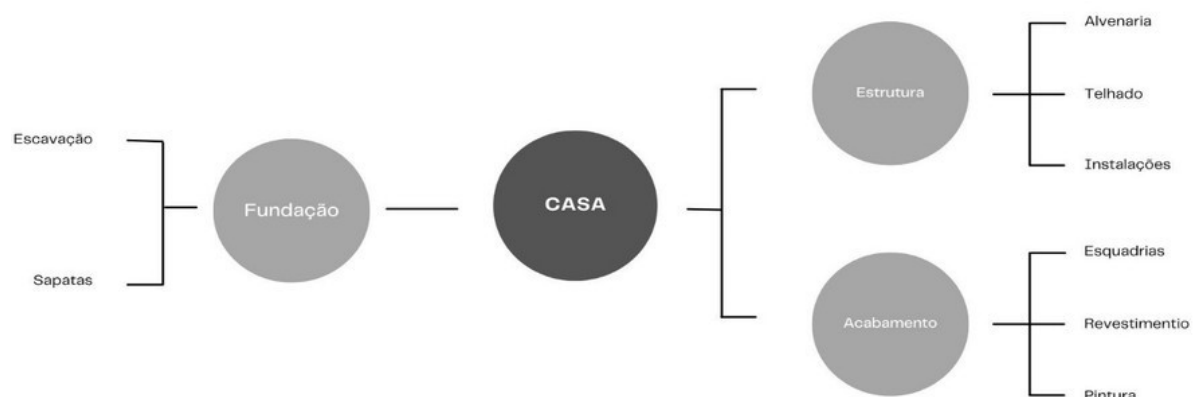
Quadro 2– EAP em formato analítico

Atividade	
0	Casa
1	1 Infraestrutura
2	1.1 Escavação
3	1.2 Sapatas
4	2 Superestrutura
5	2.1 Paredes
6	2.1.1 Alvenaria
7	2.1.2 Revestimento
8	2.1.3 Pintura
9	2.2 Cobertura
10	2.2.1 Madeiramento
11	2.2.2 Telhas
12	2.3 Instalações
13	2.3.1 Instalação Elétrica
14	2.3.2 Instalação Hidráulica

Fonte: Adaptado de MATTOS (2014)

Já o formato mapa mental, considerado menos objetivo, sintetiza a graduação das tarefas, em função disso, é pouco utilizado na esfera do planejamento detalhado.

Figura 6– EAP na forma de mapa mental



Fonte: Adaptação de MATTOS (2010)

Definições da duração: A duração é a quantidade de tempo em horas, dias,

semanas ou meses que a atividade leva para ser executada. A duração depende, portanto, da quantidade de serviço, da produtividade e da quantidade de recursos alocados. Essas três grandezas estão matematicamente relacionadas entre si pela seguinte fórmula apresentada na Equação:

Equação 1– Fórmula para cálculo da duração

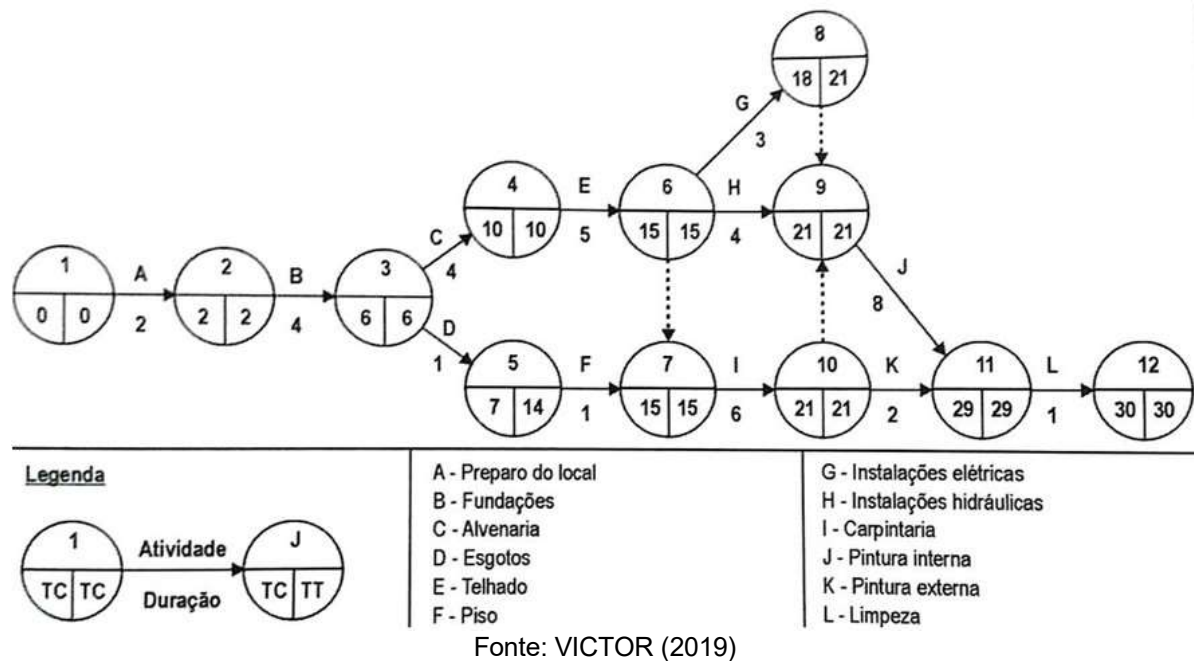
$$DURAÇÃO = \frac{\text{Quantidade de serviço a ser executado na atividade}}{\text{Produtividade da mão de obra que executa}}$$

Fonte: MATTOS (2010)

Definição de Precedência: Consiste na sequenciação das atividades. A precedência é a dependência entre as atividades (“quem vem antes de quem”), com base na metodologia construtiva da obra. Analisando-se a particularidade dos serviços e a sequência executiva das operações, o planejador define o inter-relacionamento entre as atividades, criando a espinha dorsal lógica do cronograma. As relações de dependência entre atividades podem ser dos tipos: término-início, início-início, término-término ou início-término;

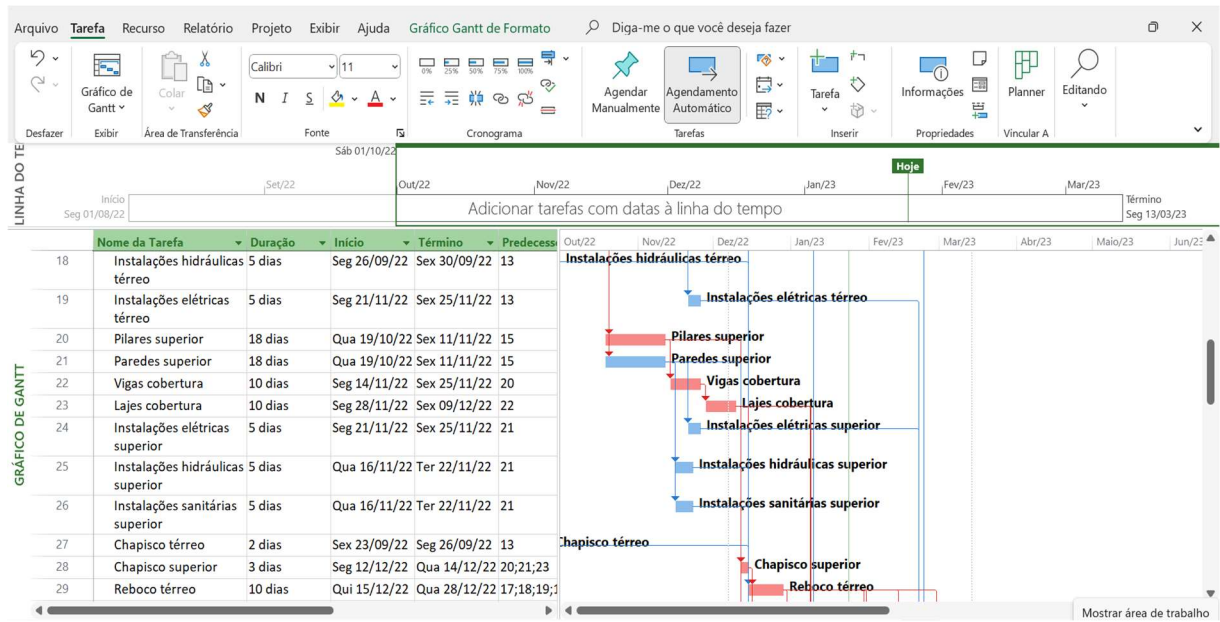
Montagem do Diagrama de Rede: O diagrama de rede permite a visualização clara do inter-relacionamento entre as atividades e serve de matriz para o cálculo do caminho crítico e das folgas pela técnica PERT/CPM. Dois são os métodos mais empregados para a montagem do diagrama de rede: o das flechas e o dos blocos. Os dois processos são muito similares, ambos identificam o caminho crítico e indicam a folga de cada atividade do planejamento. No método das flechas (ou ADM - *Arrow Diagramming Method*), as atividades são representadas por flechas (setas) orientadas entre dois eventos, que são pontos de convergência e divergência de atividades. Toda seta parte de um evento e termina em outro e não pode haver duas atividades com o mesmo par de eventos de começo e de término. No método dos blocos (ou PDM - *Precedence Diagramming Method*), as atividades são representadas por blocos ligados entre si por flechas que mostram a relação de dependência, representados na Figura 7, onde TC significa a data mais cedo de início e o TT a data mais tarde de início.

Figura 7– Diagrama de rede: Diagrama de flechas PERT-COM



Geração do cronograma (Gantt) e cálculo de folgas: O cronograma de Gantt (Figura 08) é um gráfico simples: à esquerda figuram as atividades e, à direita, as suas respectivas barras desenhadas em uma escala de tempo. O comprimento da barra representa a duração da atividade, cujas datas de início e fim podem ser lidas nas subdivisões da escala de tempo. Atividades que não fazem parte do caminho crítico apresentam folgas. As datas de início e fim da atividade podem variar conforme o que foi planejado, se deslocando dentro do prazo total necessário para aquela atividade. Normalmente, ao se construir o cronograma, todas as atividades são alocadas se iniciando em sua data mais cedo. Este acúmulo de atividades pode gerar picos de recursos, ou má distribuição (irregular) ao longo do período de realização. No entanto, como as atividades possuem folga, isto significa que algumas delas podem ser deslocadas ao longo de suas folgas, sem impactar o prazo final, e permitindo uma melhor e mais regular distribuição dos recursos ao longo do prazo.

Figura 8– Exemplo de Gráfico de Gantt na plataforma MS Project



Fonte: A Autora (2022)

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos assumidos nesse estudo de caso, a metodologia utilizada progrediu conforme as etapas de estudos estipuladas abaixo na Figura 9 e detalhadas posteriormente.

Figura 9– Etapas do estudo



Fonte: A Autora (2022) em adaptação a AZEVEDO (2022)

- a) Estudo Bibliográfico: No estudo bibliográfico foram utilizados livros, artigos científicos, monografias de graduação e dissertações de mestrado e doutorado, com a pretensão de compreender os principais conceitos e temas acerca do que foi proposto nos objetivos estipulados;
- b) Recebimento dos projetos: os projetos Arquitetônico, Estrutural, Elétrico, Hidráulico e Esgoto foram obtidos na extensão IFC, com exceção do Arquitetônico, cuja extensão foi o RVT;
- c) Compatibilização dos projetos: realizada através da análise visual das plantas no Revit e a detecção de conflitos entre as disciplinas com o auxílio do *software* Navisworks, desenvolvidos pela Autodesk, escolhido por apresentar versão educacional gratuita. Essas análises permitiram verificar as inconformidades entre as disciplinas e corrigi-las;
- d) Elaboração da Estrutura Analítica de Projeto: consistiu na identificação e organização da hierarquia das atividades conforme o método construtivo, que integraram o cronograma da obra através da modelagem parametrizada;
- e) Tempo de execução dos serviços: recorreu-se a construtora responsável pela obra, para obter as informações sobre o período de execução dos serviços e a data de início da construção;
- f) Cronograma físico: desenvolvido no *software* MS Project, aliando as precedências das atividades e o tempo de execução dos serviços, e de maneira automatizada e rápida criar o cronograma físico da obra com o gráfico de Gantt;
- g) Modelagem 4D: com o programa Navisworks, vinculando as informações do cronograma físico gerado no MS Project ao modelo parametrizado visando simular sua execução conforme o planejado no cronograma.

3.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto utilizado para esse estudo está em fase de construção, e trata-se de uma residência unifamiliar com 2 pavimentos implantada em um terreno de 272,82 m², e área total construída de 214,15 m², no município da Barra dos Coqueiros no estado de Sergipe, seu programa compreende no pavimento térreo: garagem, área livre, sala de jantar, cozinha, área de serviço, área de lazer, banheiro social e quarto e, no pavimento superior, distribuem-se biblioteca, dois quartos, banheiro social, área livre, sala de estar e suíte com varanda. O sistema estrutural

foi concebido em concreto usinado e moldado in loco, sendo a fundação em sapatas e laje pré-fabricada treliçada, com alvenaria de vedação em bloco cerâmico e acabamentos de médio padrão.

O projeto foi inicialmente desenvolvido usando a ferramenta Revit (AutoDesk), com o propósito da elaboração do modelo paramétrico. O modelo reuniu detalhes importantes para a visualização das características do empreendimento durante a concepção dos projetos complementares (Estrutural, Elétrico, Hidráulico e Esgoto).

Figura 10– Vista da fachada sul do projeto



Fonte: A Autora (2022)

3.1.1 Acervo de projetos

Os projetos, base de pesquisa para este estudo, foram enviados à autora em um arquivo digital dispondo de 5 pranchas, sendo:

- 1 prancha arquitetônica em RVT;
- 1 prancha estrutural em IFC;
- 1 prancha do projeto elétrico em IFC;
- 1 prancha do projeto hidráulico em IFC;
- 1 prancha do projeto sanitário em IFC;

3.2 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

O arcabouço dessa metodologia visou embasar melhor compreensão acerca do BIM, do correto aproveitamento de suas aplicações (à luz da bibliografia), bem como seu emprego para elaboração de modelagens virtuais através dessa tecnologia para o planejamento de obras. Os *softwares* utilizados para a modelagem 4D do empreendimento, foram o Revit (2022), Navisworks Manage (2022) e MS Project.

Nesse estudo o Autodesk Revit teve por função auxiliar na visualização dos modelos paramétricos e correção de colisões expressivas documentadas no Navisworks. Já o Navisworks Manage (2022), também da Autodesk, foi empregado para combinar modelos 3D e analisar projetos direcionados a detecção de inconformidades, no primeiro momento de uso, e no segundo, à modelagem de tempo. Para isso, foi preciso idealizar, com base nas disciplinas, a Estrutura Analítica de Projeto (EAP), e conciliar o tempo de execução dos serviços, o cronograma físico com o programa MS Project, que por sua vez desempenha a tarefa de gerir as informações obtidas nos projetos.

Os modelos em IFC de cada disciplina foram inseridos no software Navisworks, permitindo apurar incompatibilidades com a ferramenta “*Clash Detective*”², não constatadas nos estágios anteriores. O relatório gerado foi analisado e se procedeu os ajustes pertinentes com o auxílio do Revit.

² Traduzido livremente pela autora como “Detector de Colisões”

Elaborou-se então a EAP (Estrutura Analítica do Projeto) da obra, e com a duração de cada serviço, foi formatada no MS Project, concebendo o cronograma de evolução da obra. Concluído o cronograma no MS Project, o arquivo foi importado por intermédio da função “*TimeLiner*³” para o modelo do Navisworks, o qual continha todas as disciplinas. Cada serviço do cronograma foi incorporado aos dados do modelo 3D, resultando, assim, no modelo 4D que possibilitou a simulação do avanço da construção virtualmente ao longo do tempo.

³ Traduzido livremente pela autora como “*Delineador de Tempo*”

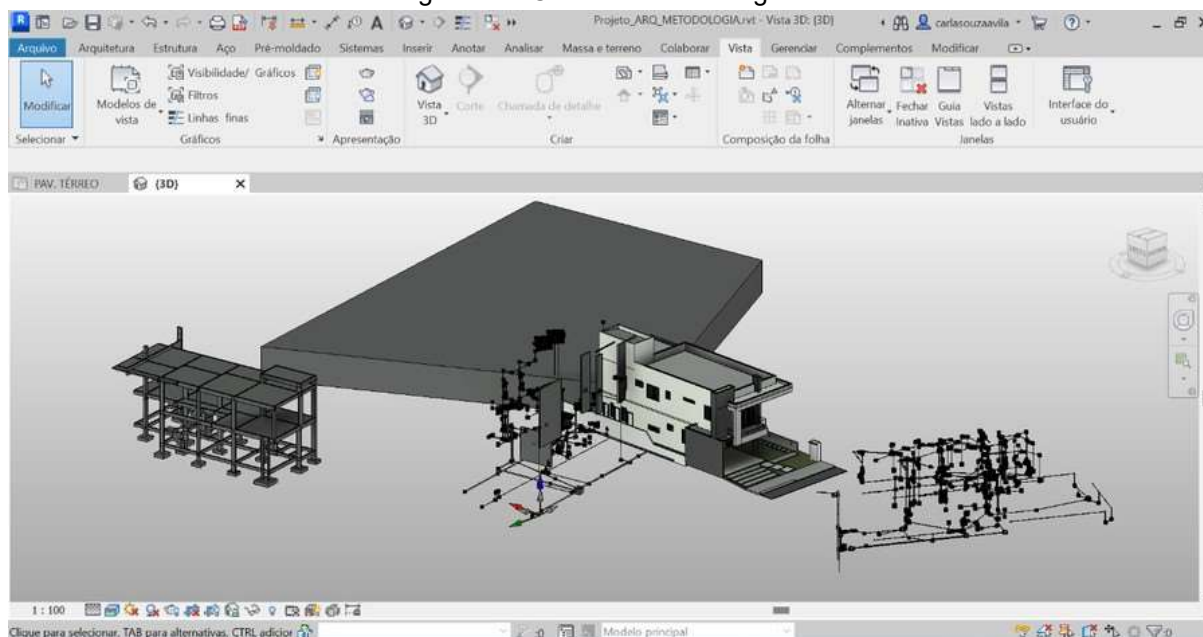
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados o processo de compatibilização no Navisworks, assim como a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) e o agrupamento das informações do cronograma físico da obra, tendo em vista a análise de como tecnologias específicas repercutem no desenrolar desse cronograma.

4.1 COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS

Para distinguir interferências e falhas de projetos no Navisworks, o estudo das pranchas no *software* Revit foi fundamental. Primeiramente, ao analisar os complementares, observou-se que as plantas foram desenvolvidas em coordenadas distintas (Figura 11), acarretando o desencontro de informações projetuais, afastando-se da metodologia BIM.

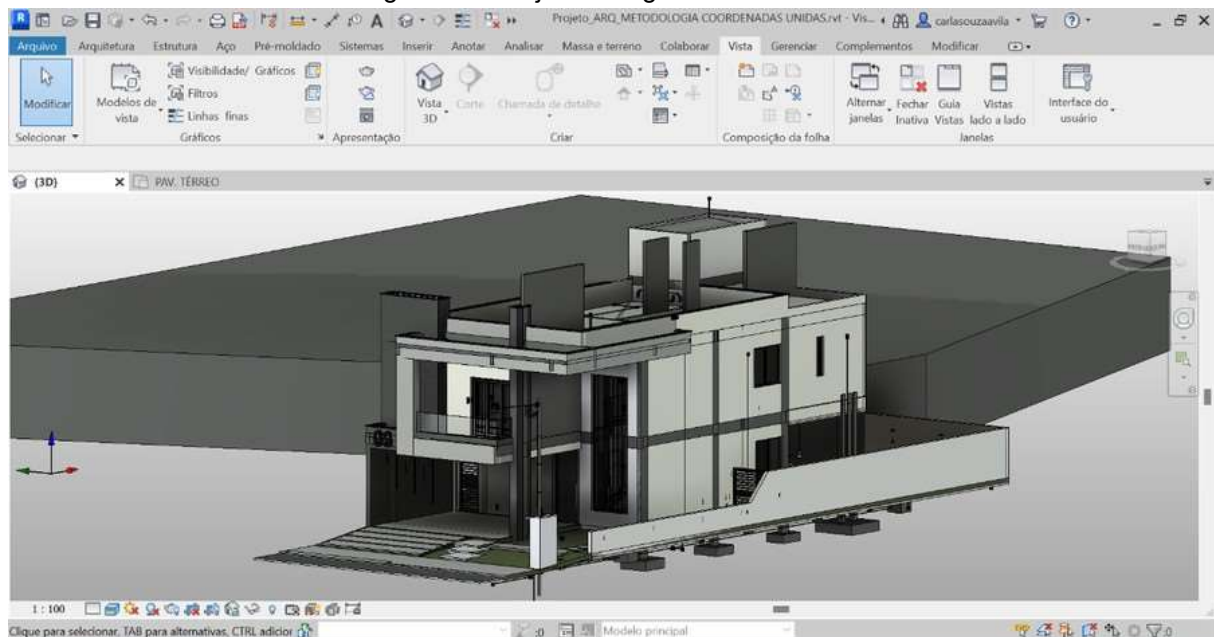
Figura 11– Coordenadas divergentes



Fonte: A Autora (2022)

Ainda no Revit, foi iniciado o processo de correção das divergências de posicionamento, coligando os vínculos em IFC ao ponto de origem da arquitetura (Figura 12). Como resultado, temos uma melhor visualização da modelagem e a percepção de algumas irregularidades.

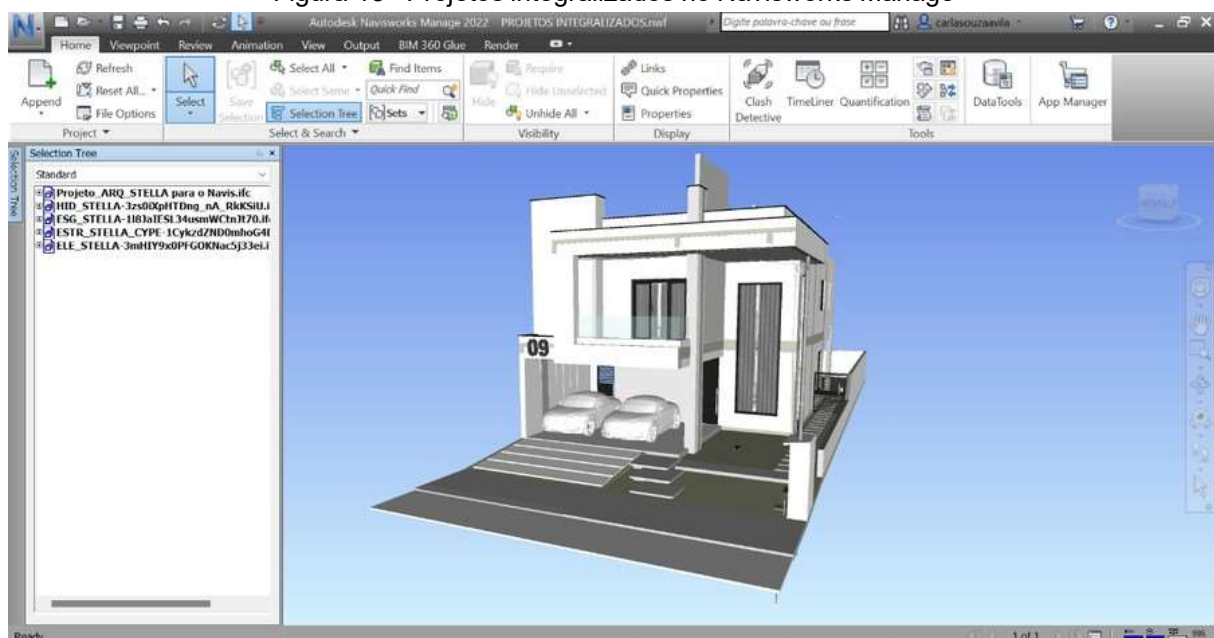
Figura 12– Projetos integralizados no Revit



Fonte: A Autora (2022)

Para a análise aprofundada dessas irregularidades de projeto, os arquivos em IFC foram inseridos e integralizados no programa Navisworks Manage como mostra a Figura 13.

Figura 13– Projetos integralizados no Navisworks Manage



Fonte: A Autora (2022)

Através da função *Clash Detective* foi possível conferir todos os projetos, somando-se 10 confrontos. Dentro da organização da função, existem definições como o tipo de procura de colisões e a tolerância. Arbitrando três níveis de

tolerância e o tipo de procura *Hard*⁴: foram constatados pontos de interferência de natureza *Hard Clash*⁵ e *Soft Clash*⁶, que indica colisão física e proximidade excessiva entre dois objetos do modelo respectivamente, cujo relatório foi gerado a tabela abaixo:

Tabela 1– Conflitos encontrados arbitrando diferentes tolerâncias

Confronto	Tolerância (m)	Quantidade de Conflitos
Arquitetônico x Elétrico	0,001	1912
	0,01	1378
	0,10	42
Arquitetônico x Esgoto	0,001	467
	0,01	361
	0,10	115
Arquitetônico x Estrutural	0,001	722
	0,01	703
	0,10	384
Arquitetônico x Hidráulico	0,001	259
	0,01	209
	0,10	24
Estrutural x Elétrico	0,001	529
	0,01	504
	0,10	55
Estrutural x Esgoto	0,001	105
	0,01	88
	0,10	49
Estrutural x Hidráulico	0,001	30
	0,01	19
	0,10	4
Hidráulico x Elétrico	0,001	3
	0,01	2
	0,10	0
Hidráulico x Esgoto	0,001	29
	0,01	21
	0,10	1
Esgoto x Elétrico	0,001	44
	0,01	40
	0,10	7

Fonte: A Autora (2022)

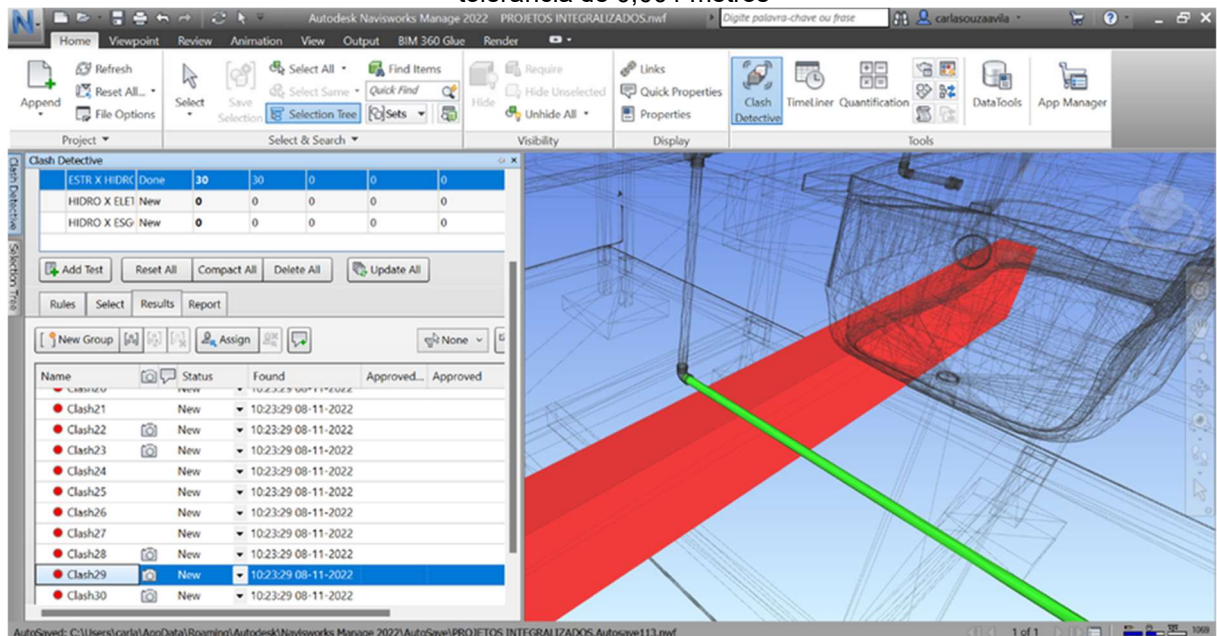
As tolerâncias foram arbitradas para conferir os reais impactos dos conflitos. Conforme a diminuição das casas decimais, o número de ‘*clashes*’ decresce, revelando que em certos projetos, o rigor adotado pode ser mais flexível que outros como, por exemplo, uma tubulação hidráulica encostando na face de uma viga pode ser considerado um conflito, caso a tolerância seja definida como 0,001m (Figura 14) ou, da mesma forma, ser ignorada pelo software quando assumimos 0,01 metros.

⁴ Traduzido livremente pela autora como “Intensa”

⁵ Traduzido livremente pela autora como “Colisão Intensa”

⁶ Traduzido livremente pela autora como “Colisão Branda”

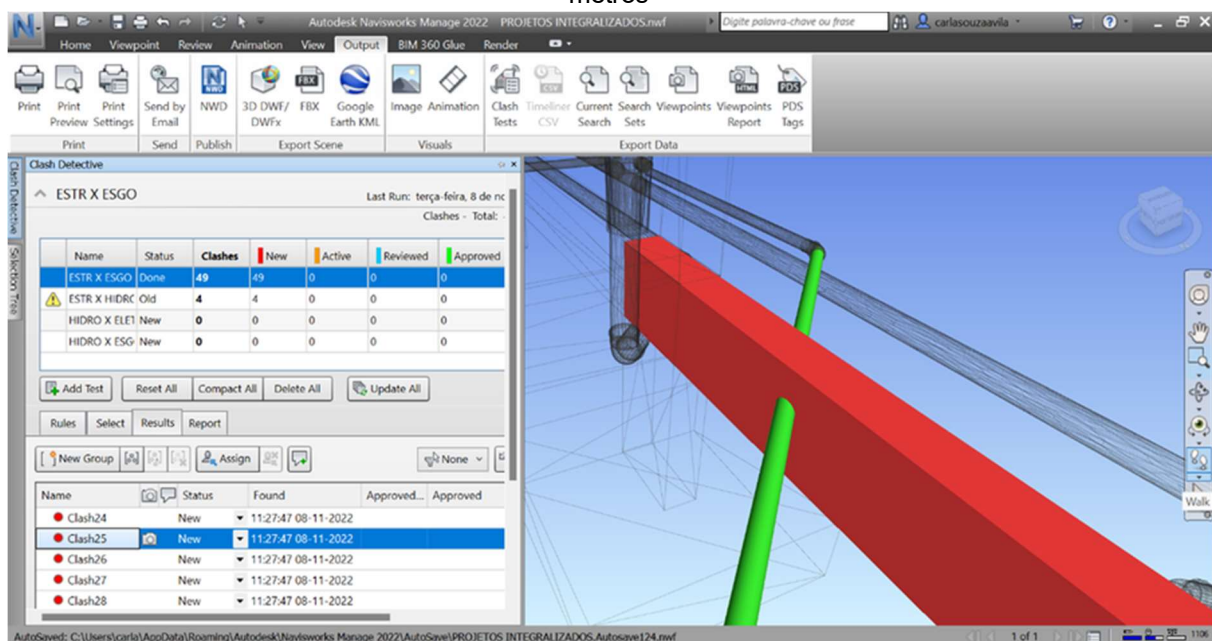
Figura 14– Relatório apontando soft clash entre os complementares Estrutural e Hidráulico com tolerância de 0,001 metros



Fonte: A Autora (2022)

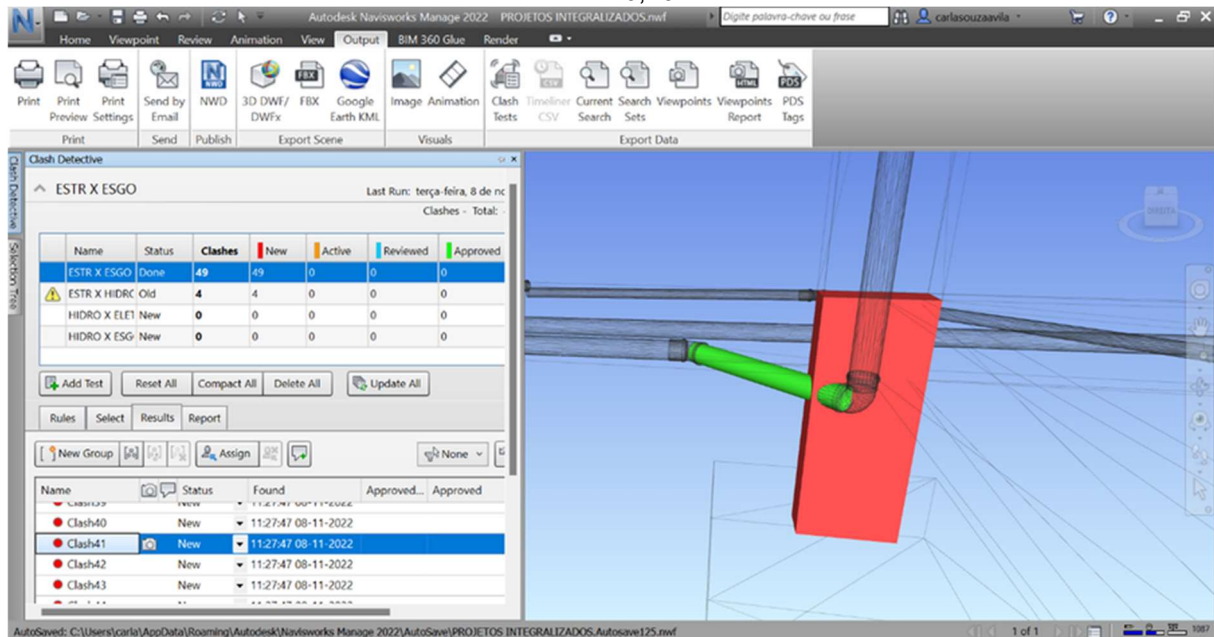
Quando a tolerância assumida é de 0,001m, são encontrados 30 conflitos entre o Estrutural e o Hidráulico, já com 0,01m o número cai para 19, e filtrando para 0,10m o valor corresponde a 4 conflitos. Analisando esses relatórios é notável que quanto maior a tolerância, maior será a magnitude da colisão encontrada, ou seja, as colisões terão maior repercussão na execução da obra, como nas Figuras 15 e 16.

Figura 15– Relatório apontando hard clash entre os projetos Estrutural e Esgoto com tolerância de 0,10 metros



Fonte: A Autora (2022)

Figura 16 – Relatório apontando hard clash entre os complementares estrutural e esgoto com tolerância de 0,10 metros

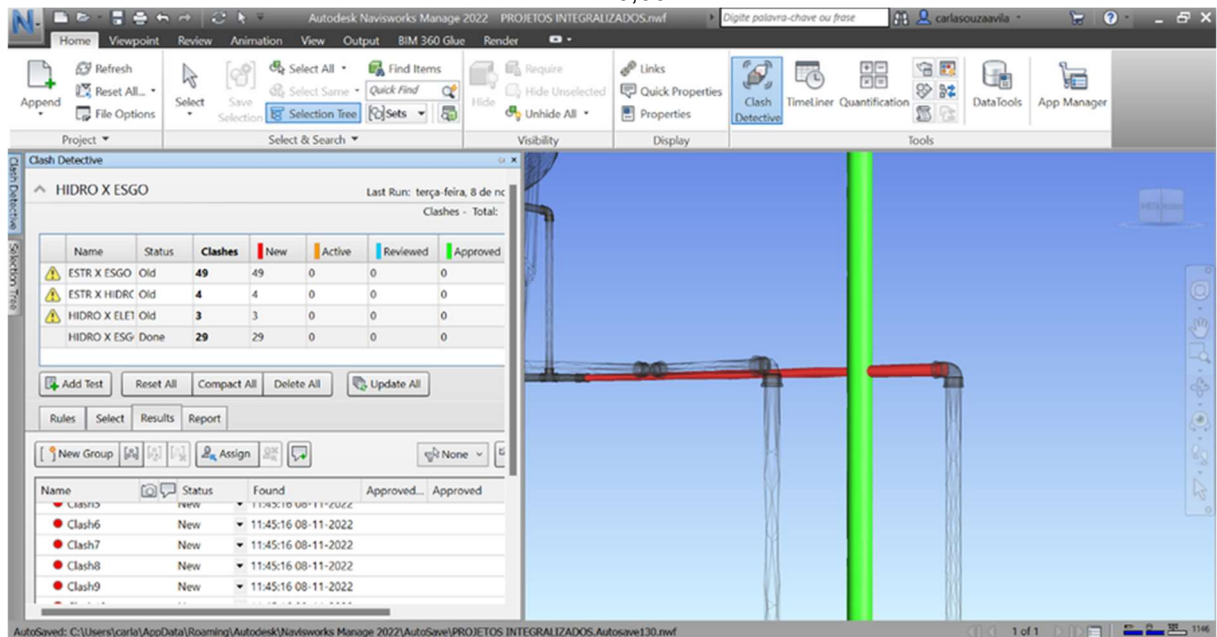


Fonte: A Autora (2022)

Mesmo assim, é necessário relativizar os dados obtidos. Há de se supor que uma tolerância de 0,01m (1 centímetros), a depender do contexto, especificidade e consequente rigor projetual a se observar, jamais seria desprezível. Logo, a afirmação se aplicaria em confrontos específicos, naquelas de precisão mais minuciosa, em casos de cotejamentos como entre Hidráulico e Elétrico, ou Hidráulico e Esgoto, Esgoto e Elétrico, ou noutros em que uma menor flexibilidade fosse desejável, situações como as ilustradas nas Figuras 17 e 18.

Na Figura 17, uma tubulação de ventilação do esgoto pertencente ao lavabo, colide com um barrilete de distribuição hidráulica próximo ao reservatório de água elevado, indicando *Hard Clash*.

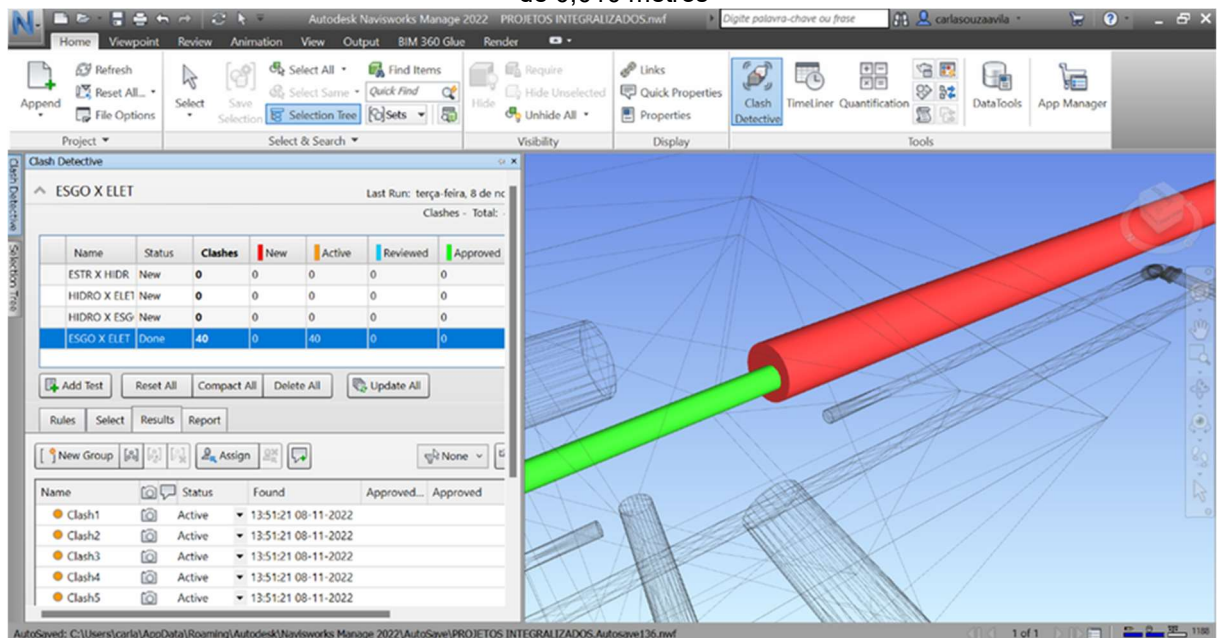
Figura 17– Relatório apontando hard clash entre os complementares Hidráulico e Esgoto com tolerância de 0,001 metros



Fonte: A Autora (2022)

A Figura 18 retrata o *Hard Clash* entre uma tubulação do escoamento de uma caixa de inspeção pluvial e o eletroduto rígido.

Figura 18 – Relatório apontando hard clash entre os complementares Esgoto e Elétrico com tolerância de 0,010 metros



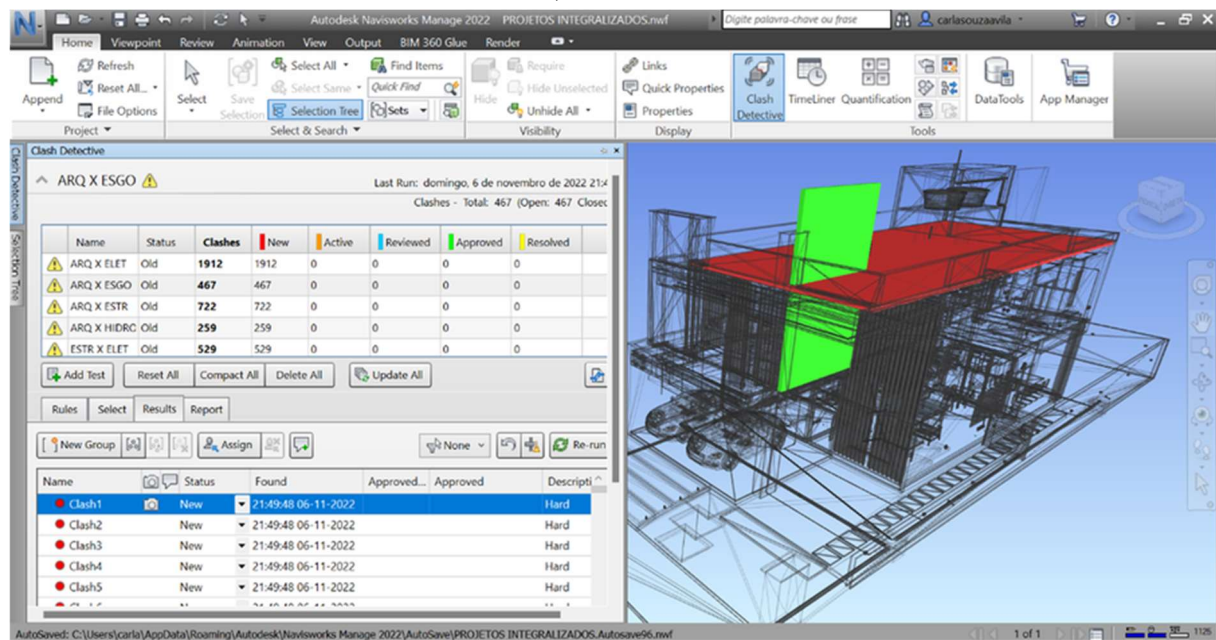
Fonte: A Autora (2022)

Após a investigação da influência da tolerância do *Clash Detective*, procedeu-se o estudo das demais interferências entre as disciplinas. Conforme as Figuras 19 e 20, nota-se a presença de um componente de parede relacionado ao dreno do ar-

condicionado pertencente ao projeto de esgoto, tal ocorrência foi considerada um equívoco de modelagem, tendo em vista que o elemento de parede não se associa a nenhuma condição específica do projeto de esgoto ou do arquitetônico.

A Figura 19 expõe uma parede no projeto de Esgoto que ultrapassa a laje de cobertura, nela localiza-se o ar condicionado, cujo dreno está introduzido.

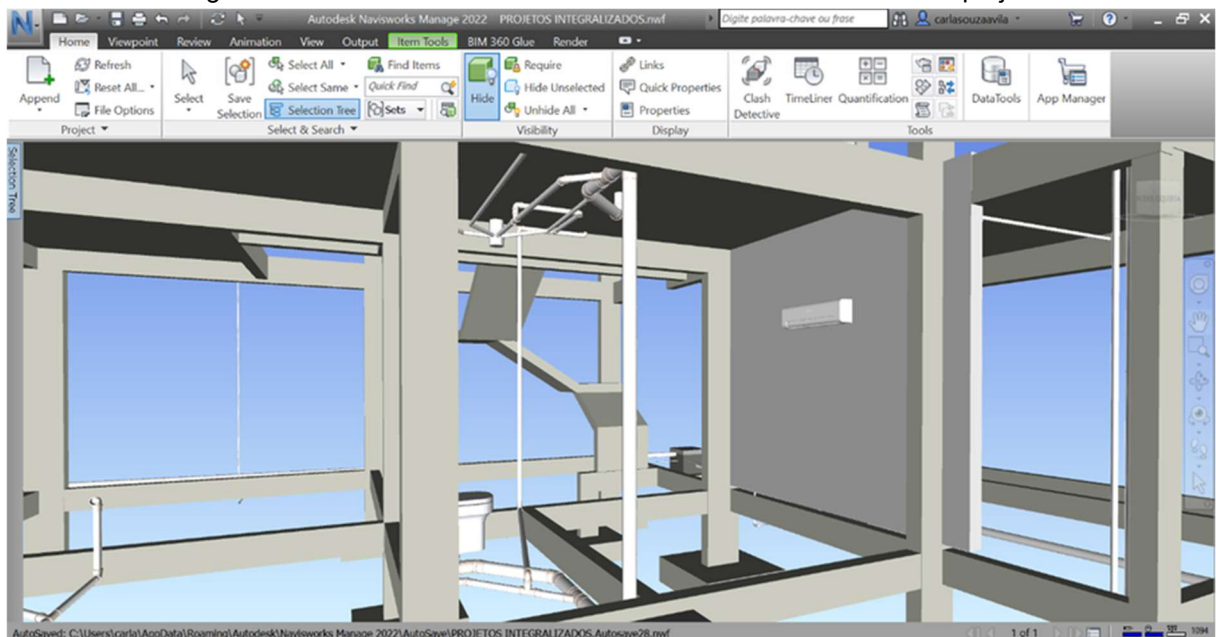
Figura 19– Relatório apontando interferência entre os projetos Arquitetônico e Esgoto com tolerância de 0,001 metros



Fonte: A Autora (2022)

Já a Figura 20, ocultando os projetos Arquitetônico, Hidráulico e Elétrico, a parede está correlacionada ao projeto de Esgoto no quarto do pavimento térreo, não desempenhando papel de vedação, apenas vinculada ao dreno do ar condicionado.

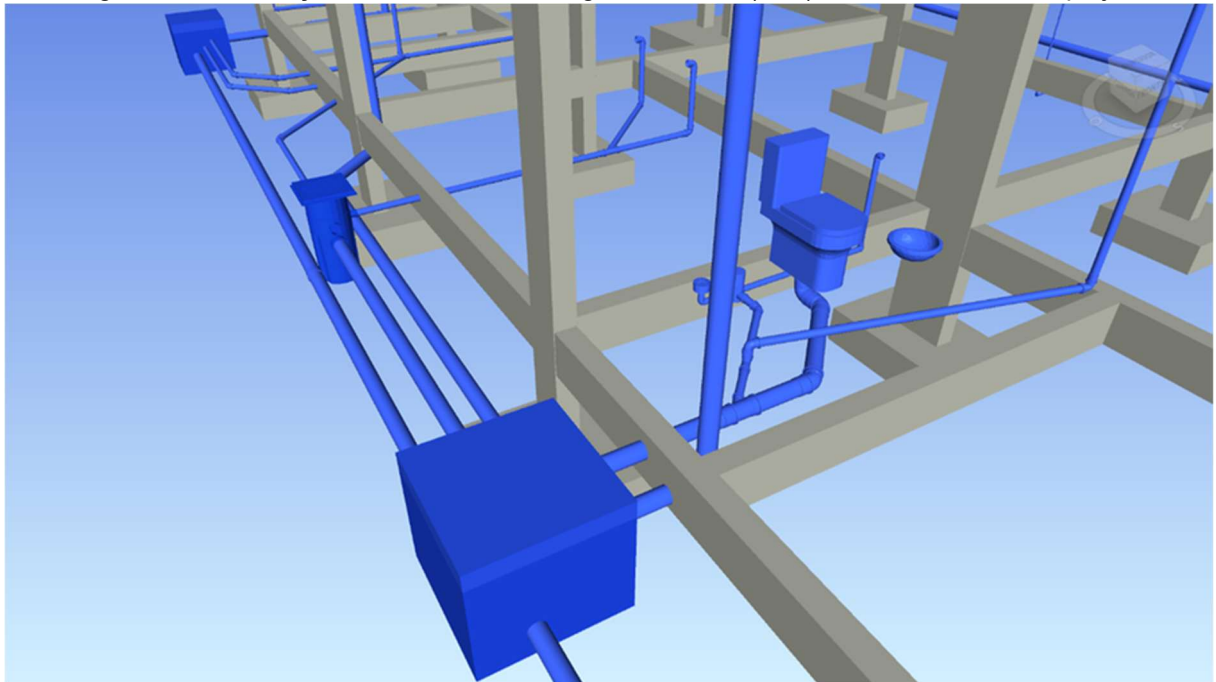
Figura 20 – Parede associada ao dreno do ar condicionado com o projeto



Fonte: A Autora (2022)

Outro ponto observado é a quantidade de travessias das tubulações de esgoto em elementos estruturais, o que pode comprometer a execução e a segurança. Sendo as vigas baldrame as mais afetadas pelas passagens, a Figura 21 demonstra o segmento de fundação contendo as perfurações:

Figura 21 – Tubulações atravessando as vigas baldrame (azul) da fachada oeste do projeto

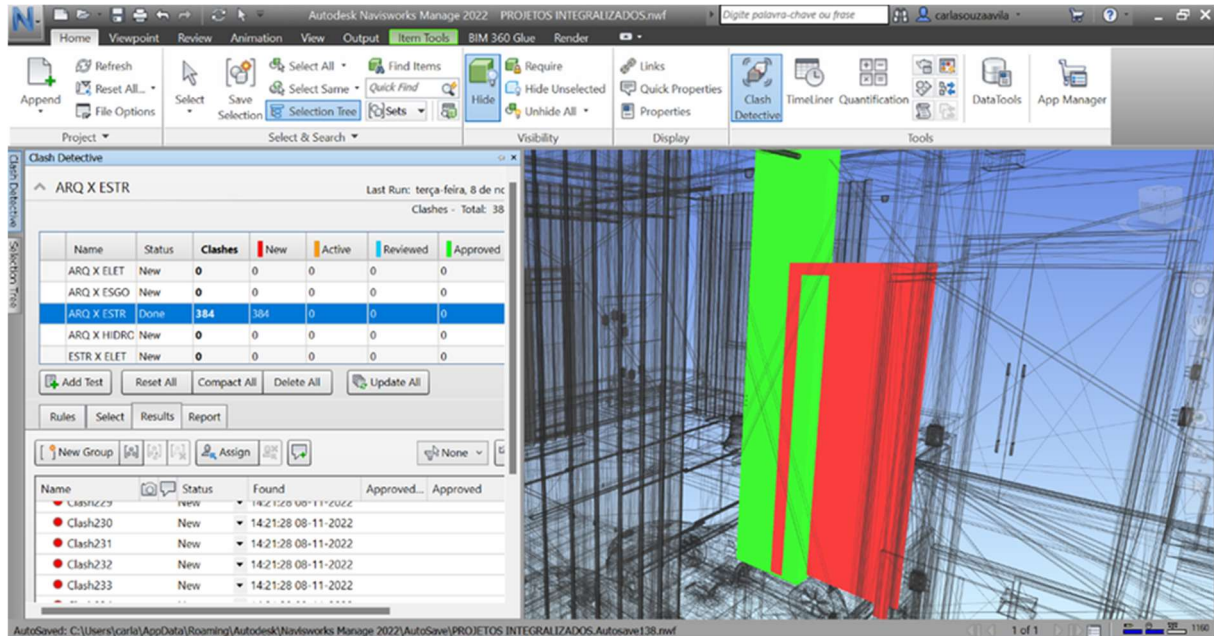


Fonte: A Autora (2022)

No confronto entre o modelo Arquitetônico e o Estrutural foi observado, com tolerância de 0,10m, o embate entre alguns elementos com necessidade de

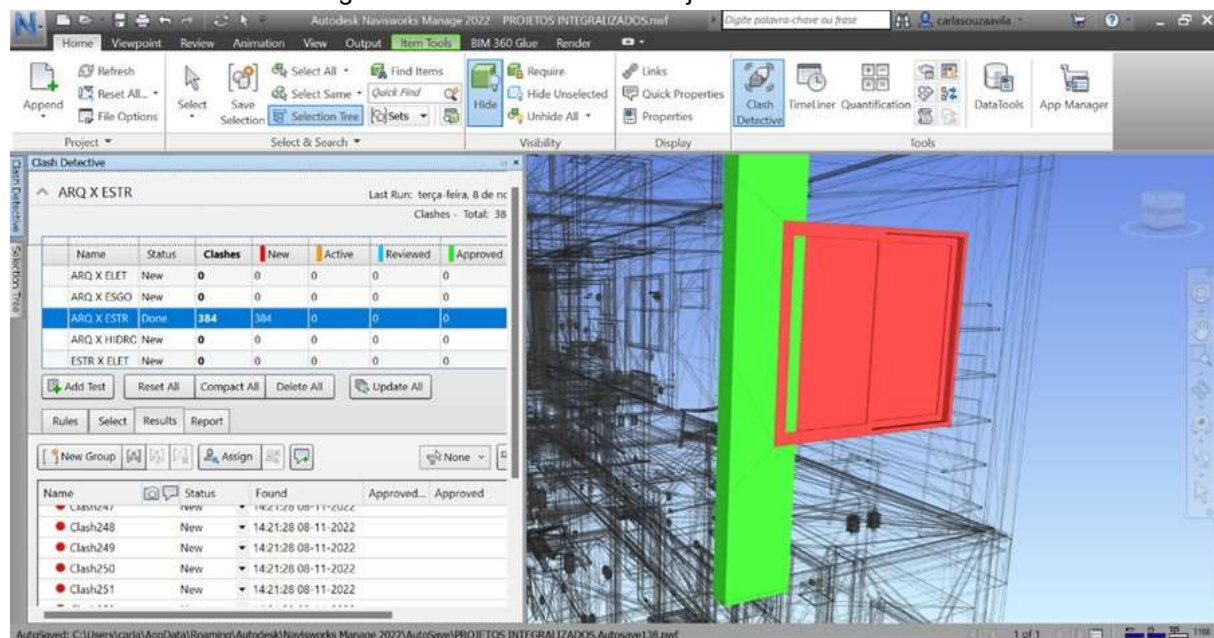
correções mínimas sem descaracterização do arquitetônico, para adequação ao estrutural por questões de segurança, como apresentados nas Figuras 22 e 23..

Figura 22 – Pilar colidindo com a porta do closet



Fonte: A Autora (2022)

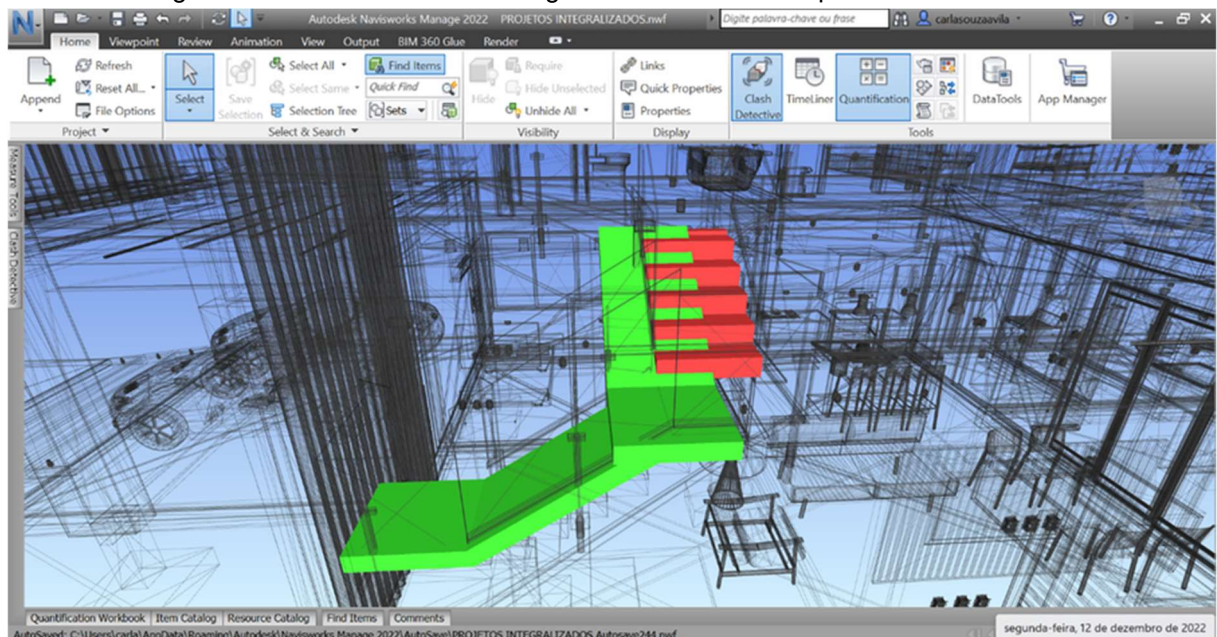
Figura 23 – Pilar colidindo com janela da biblioteca



Fonte: A Autora (2022)

Também com tolerância de 0,10m, o posicionamento da escada exposto na Figura 24, diverge nas duas modelagens, impedindo qualquer tipo de correção, uma vez que a estrutura e modelagem da escada precisam ser redimensionada e reavaliada, respectivamente, para atender as necessidades do Arquitetônico

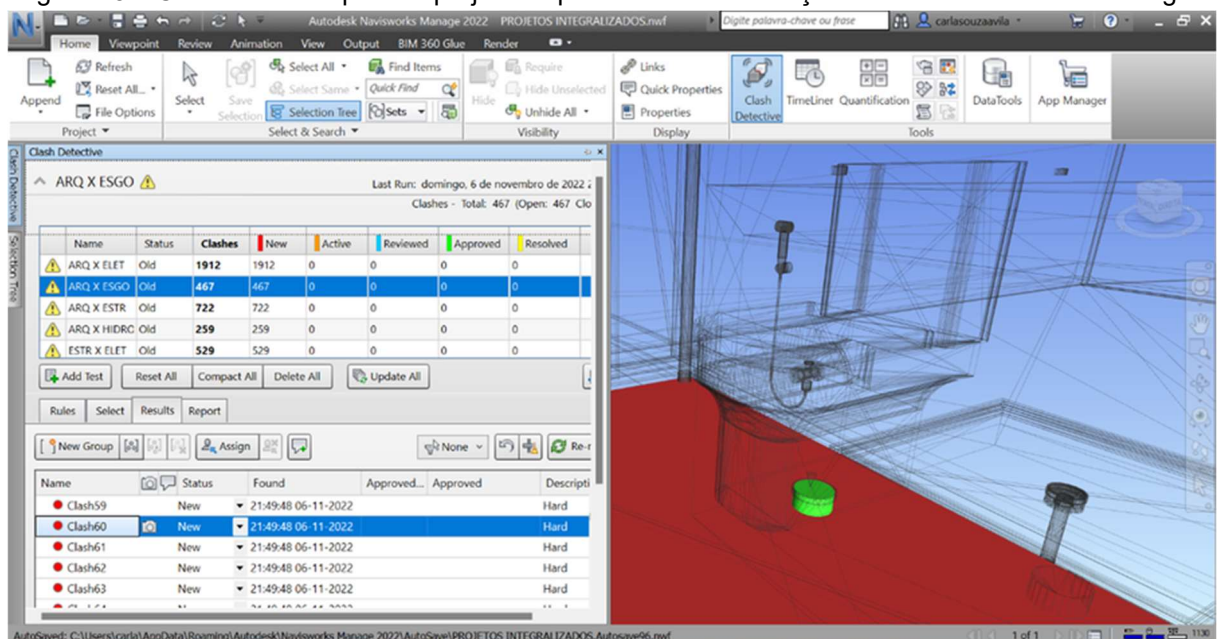
Figura 24 – Posicionamento divergente da escada no Arquitetônico e Estrutural



Fonte: A Autora (2022)

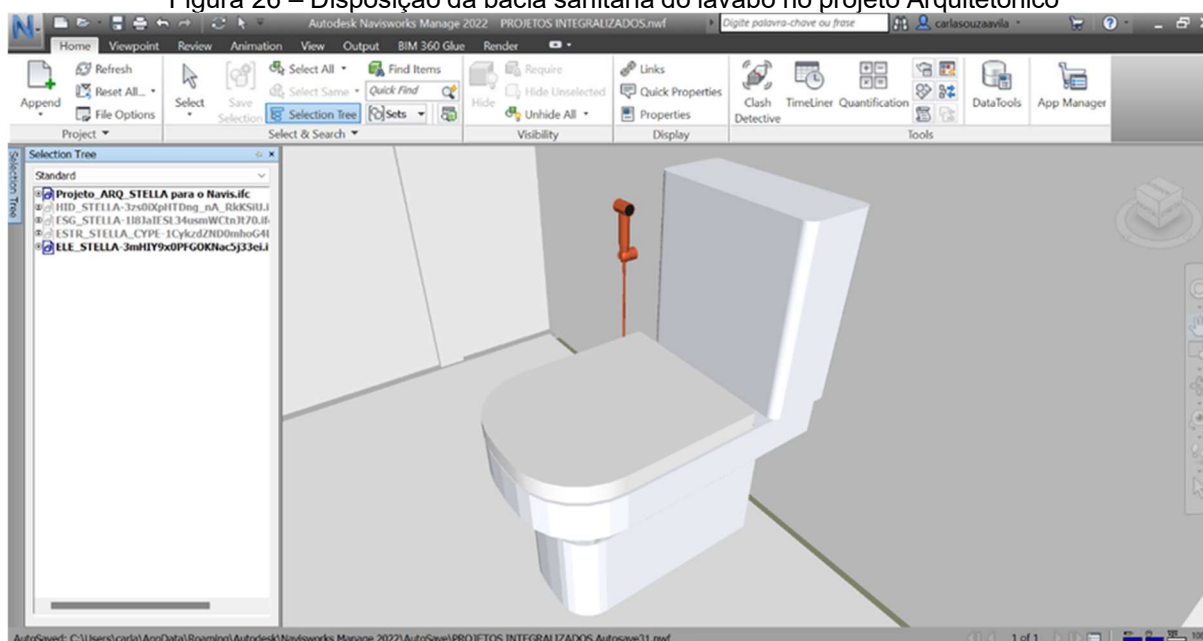
Outro ponto a ser observado são as identificações das falsas colisões, onde o *software* contabiliza algo que faz parte do procedimento executivo como *clashes*. De maneira mais ilustrativa, a Figura 25 demonstra o relatório de colisões entre o Arquitetônico contra o Esgoto, nele a análise preliminar indica conflito entre uma tubulação de esgoto da bacia sanitária e o piso do lavabo da piscina, no entanto, a abertura se faz necessária naquele local conforme projeto Arquitetônico (Figura 26).

Figura 25 – Conflito entre o piso do projeto Arquitetônico e a tubulação de bacia sanitária no de Esgoto



Fonte: A Autora (2022)

Figura 26 – Disposição da bacia sanitária do lavabo no projeto Arquitetônico



Fonte: A Autora (2022)

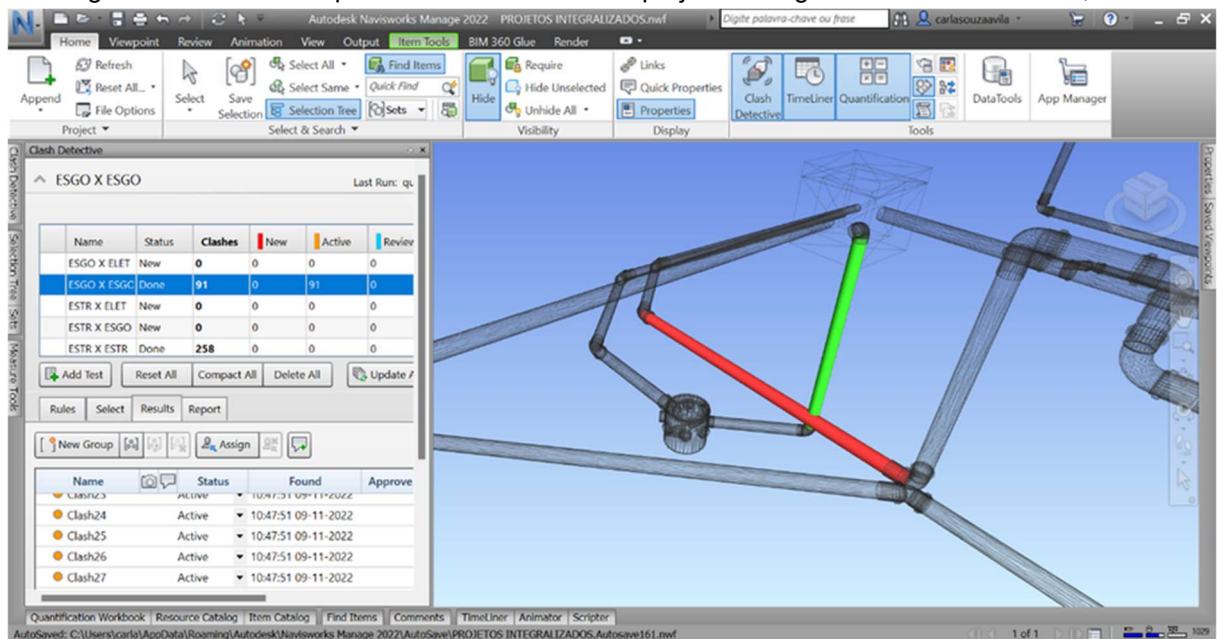
Outra análise feita foi em relação às colisões dentro dos mesmos complementares, adotando a tolerância de 0,001 m, os relatórios gerados não apresentaram encontros intra-projetuais graves para o desenvolvimento do processo construtivo no estrutural, hidráulico e elétrico, mas as verificações do projeto de esgoto demonstraram alguns conflitos pertinentes, resultando o Tabela e a Figura 27 abaixo:

Tabela 2– Conflitos encontrados nos complementares com tolerância de 0,001 m

Confronto	Tolerância	Quantidade de conflitos
Estrutural x Estrutural	0,001	258
Esgoto x Esgoto	0,001	91
Elétrico x Elétrico	0,001	104
Hidráulico x Hidráulico	0,001	29

Fonte: A Autora (2022)

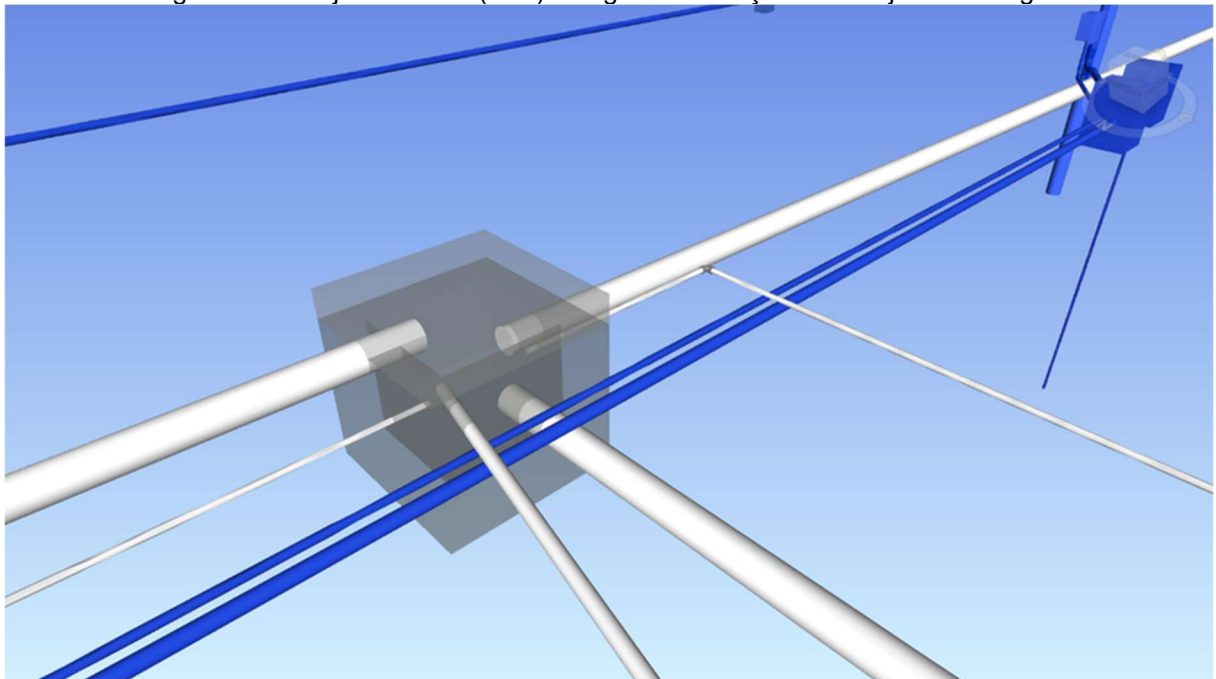
Figura 27 – Relatório apontando interferência do projeto de esgoto com tolerância de 0,001 m



Fonte: A Autora (2022)

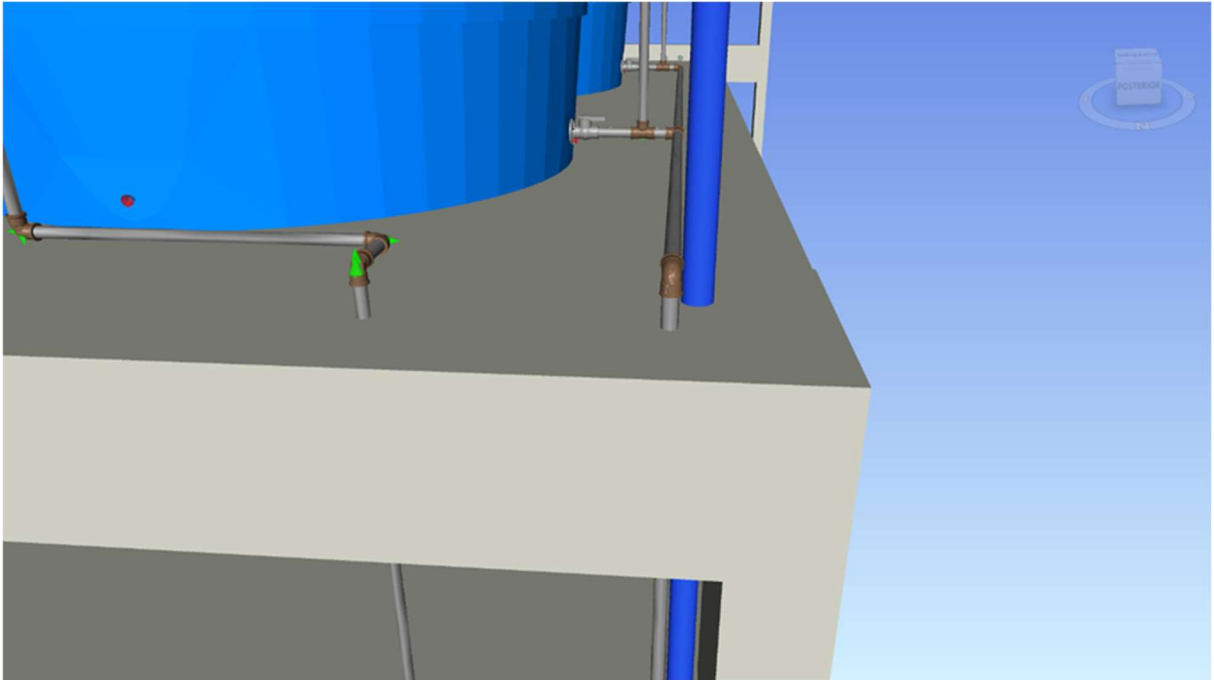
A partir do reconhecimento das imprecisões interprojetuais bem como as intraprojetuais, foi efetuado, por intermédio do Revit, o procedimento de ajuste do projeto arquitetônico e seus decorrentes, com exceção do estrutural por motivos de segurança, satisfazendo da melhor forma os déficits identificados pelo Navisworks.

Figura 28 – Projeto Elétrico (azul) corrigido em relação aos Projetos de Esgoto



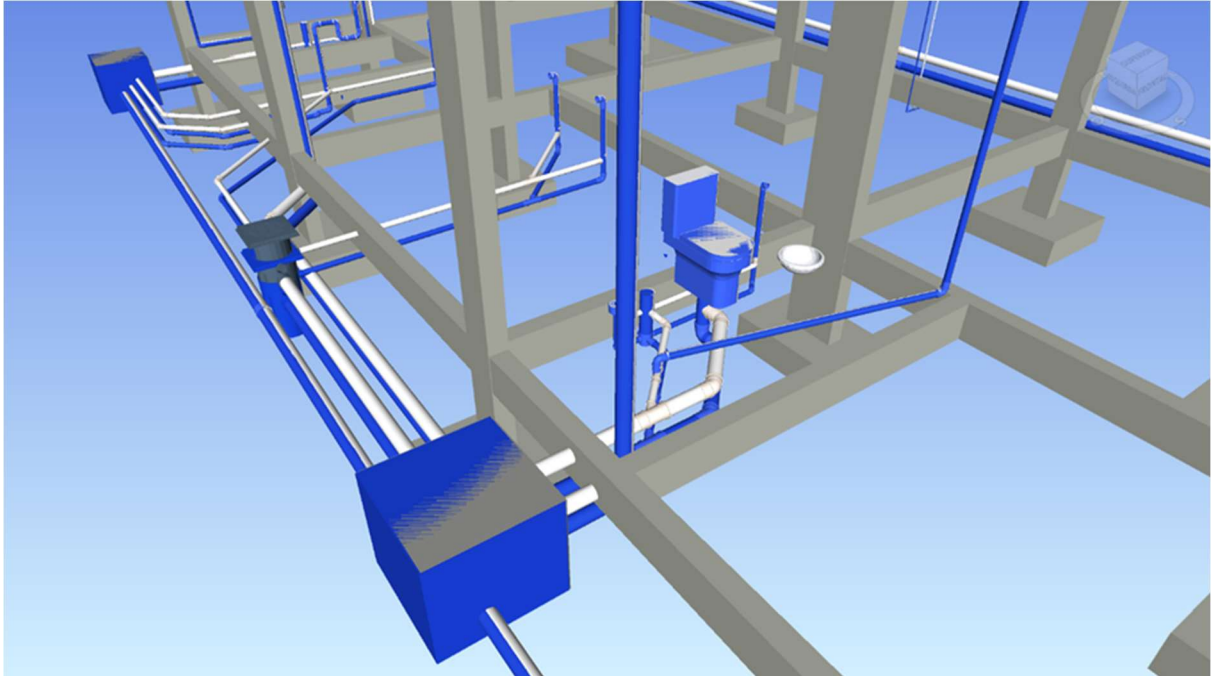
Fonte: A Autora (2022)

Figura 29 – Projeto Hidráulico corrigido em relação aos Projetos de Esgoto (azul) no Navisworks



Fonte: A Autora (2022)

Figura 30 – Em destaque (azul) projeto corrigido de Esgoto (



Fonte: A Autora (2022)

Figura 31– Em destaque (azul) projeto Estrutural com correção mínima do Arquitetônico no Navisworks



Fonte: A Autora (2022)

Feitas as devidas correções das colisões que possivelmente afetariam a modelagem 4D, o papel de compatibilização do Navisworks agora se volta para o seu principal objetivo, a integração do planejamento de obras ao acervo projetual do estudo de caso.

4.2 MODELAGEM 4D

Com os projetos devidamente compatibilizados, e conforme o roteiro elucidado no referencial teórico desse estudo, foi possível identificar com maior clareza as atividades que compuseram o cronograma da obra, organizando de maneira hierárquica, para elaboração da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), apresentado em formato analítico.

Quadro 3 - Estrutura Analítica de Projeto

Número do nível hierárquico	Atividade
1	1. Serviços preliminares
1.1	Serviços iniciais
1.2	Fechamento muro
2	2. Fundação e serviços enterrados
2.1	Sapata
2.2	Viga baldrame

Número do nível hierárquico	Atividade
2.3	Caixas de inspeções, de gordura, de areia e de passagem
2.4	Sanitário e drenagem pluvial térreo
2.5	Aterro da fundação
3	3. Superestrutura, vedação e telhado
3.1	Laje impermeabilizadora
3.2	Pilares térreo
3.3	Paredes térreo
3.4	Vigas superior
3.5	Laje superior
3.6	Escada
3.7	Instalações sanitárias não enterradas térreo
3.8	Instalações hidráulicas térreo
3.9	Instalações elétricas térreo
3.10	Pilares superior
3.11	Paredes superior
3.12	Vigas cobertura
3.13	Lajes cobertura
3.14	Instalações elétricas superior
3.15	Instalações hidráulicas superior
3.16	Instalações sanitárias superior
3.17	Chapisco térreo
3.18	Chapisco superior
3.19	Reboco térreo
3.20	Reboco superior
3.21	Contrapiso térreo
3.22	Contrapiso superior
3.23	Impermeabilização do contrapiso
3.24	Estrutura Caixas d'água
3.25	Alvenaria cobertura
3.26	Chapisco da alvenaria de cobertura
3.27	Instalação de caixa d'água
3.28	Impermeabilização da cobertura
3.29	Drenagem e água pluvial
3.30	Reboco da alvenaria de cobertura
4	4. Acabamentos
4.1	Forro de gesso térreo
4.2	Forro de gesso superior
4.3	selador térreo
4.4	selador superior
4.5	Pisos e calçadas externas
4.6	Pisos e revestimentos térreo
4.7	Pisos e revestimentos superior
4.8	Massa corrida e pintura térreo

Número do nível hierárquico	Atividade
4.9	Massa corrida e pintura superior
4.10	Revestimentos Fachada
4.11	Pintura externa
4.12	Esquadrias térreo
4.13	Esquadria Superior
4.14	Louças e bancadas térreo
4.15	Louças e bancadas superior
4.16	Portas térreo
4.17	Portas superior
4.18	Metais e acabamentos elétricos térreo
4.19	Metais e acabamentos elétricos superior
4.20	Testes, Ajustes finais e limpeza
4.21	Jardim

Fonte: Elaborado pela Autora (2022) em adaptação a AZEVEDO (2022)

Após o delineamento da EAP, tramou-se a precedência de cada atividade com base na metodologia construtiva, tendo em vista as particularidades das tarefas exigidas, com a ferramenta MS Project.

Quadro 4– Relatório gerado através do MS Project com as definições de precedência

Número da tarefa	Atividade	Depende de
1	1. Serviços preliminares	
2	Serviços iniciais	
3	Fechamento muro	2 - Serviços iniciais;
4	2. Fundação e serviços enterrados	
5	Sapata	2 - Serviços iniciais;
6	Viga baldrame	5 – Sapata;
7	Caixas de inspeções, de gordura, de areia e de passagem	3 - Fechamento muro;
8	Sanitário e drenagem pluvial térreo	6 - Viga baldrame;
9	Aterro da fundação	8 - Sanitário e drenagem pluvial térreo; 6 - Viga baldrame;
10	3. Superestrutura, vedação e telhado	
11	Laje impermeabilizadora	9 - Aterro da fundação;
12	Pilares térreo	11 - Laje impermeabilizadora;
13	Paredes térreo	11 - Laje impermeabilizadora;
14	Vigas superior	12 - Pilares térreo;
15	Laje superior	14 - Vigas superior;

Número da tarefa	Atividade	Depende de
16	Escada	15 - Laje superior;
17	Instalações sanitárias não enterradas térreo	13 - Paredes térreo;
18	Instalações hidráulicas térreo	13 - Paredes térreo;
19	Instalações elétricas térreo	13 - Paredes térreo;
20	Pilares superior	15 - Laje superior;
21	Paredes superior	15 - Laje superior;
22	Vigas cobertura	20 - Pilares superior;
23	Lajes cobertura	22 - Vigas cobertura;
24	Instalações elétricas superior	21 - Paredes superior;
25	Instalações hidráulicas superior	21 - Paredes superior;
26	Instalações sanitárias superior	21 - Paredes superior;
27	Chapisco térreo	12 - Pilares térreo; 13 - Paredes térreo;
28	Chapisco superior	20 - Pilares superior; 21 - Paredes superior;
29	Reboco térreo	17 - Instalações sanitárias não enterradas térreo; 18 - Instalações hidráulicas térreo; 19 - Instalações elétricas térreo; 22 - Vigas cobertura; 27 - Chapisco térreo;
30	Reboco superior	22 - Vigas cobertura; 24 - Instalações elétricas superior; 25 - Instalações hidráulicas superior; 26 - Instalações sanitárias superior; 28 - Chapisco superior;
31	Contrapiso térreo	29 - Reboco térreo;
32	Contrapiso superior	30 - Reboco superior;
33	Impermeabilização do contrapiso	31 - Contrapiso térreo; 32 - Contrapiso superior;
34	Estrutura Caixas d'água	23 - Laje cobertura;
35	Alvenaria cobertura	23 - Laje cobertura;
36	Chapisco da alvenaria de cobertura	35 - Alvenaria cobertura;
37	Instalação de caixa d'água	25 - Instalações hidráulicas superior; 18 - Instalações hidráulicas térreo; 34 - Estrutura Caixas d'água;
38	Impermeabilização da cobertura	35 - Alvenaria cobertura;
39	Drenagem e água pluvial	38 - Impermeabilização da cobertura;
40	Reboco da alvenaria de cobertura	38 - Impermeabilização da cobertura;

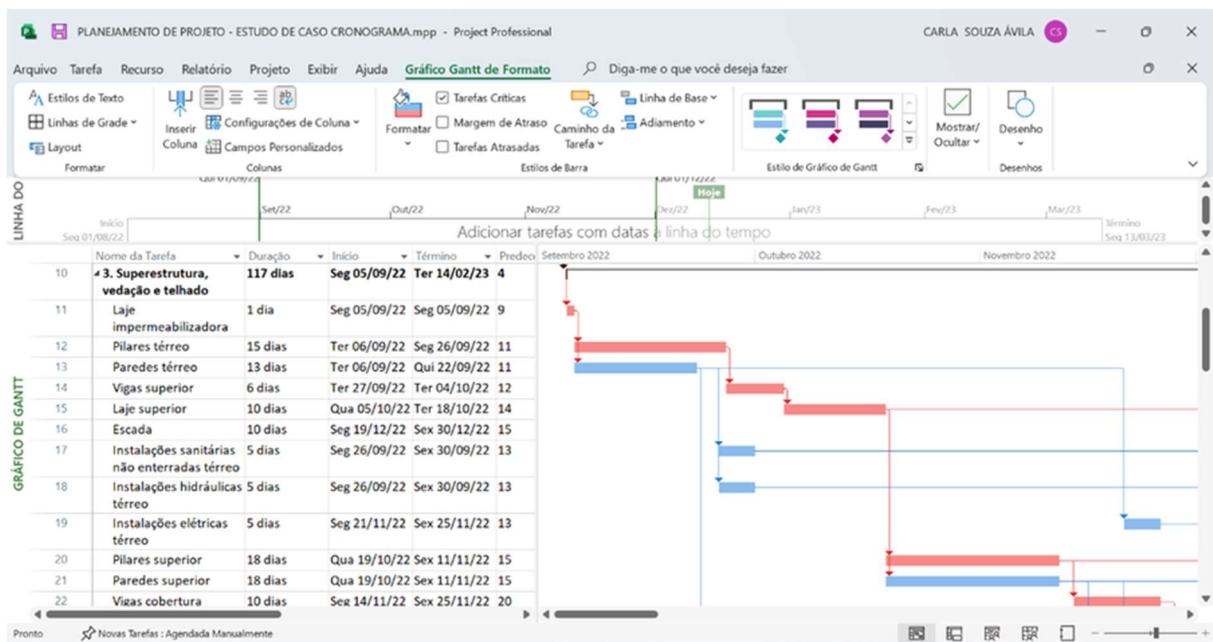
Número da tarefa	Atividade	Depende de
41	4. Acabamentos	
42	Forro de gesso térreo	29 - Reboco térreo;
43	Forro de gesso superior	30 - Reboco superior;
44	selador térreo	42 - Forro de gesso térreo;
45	selador superior	43 - Forro de gesso superior;
46	Pisos e calçadas externas	31 - Contrapiso térreo; 32 - Contrapiso superior;
47	Pisos e revestimentos térreo	31 - Contrapiso térreo; 29 - Reboco térreo; 16 - Escada;
48	Pisos e revestimentos superior	32 - Contrapiso superior; 30 - Reboco superior;
49	Massa corrida e pintura térreo	29 - Reboco térreo;
50	Massa corrida e pintura superior	30 - Reboco superior;
51	Revestimentos Fachada	29 - Reboco térreo; 30 - Reboco superior;
52	Pintura externa	30 - Reboco superior;
53	Esquadrias térreo	29 - Reboco térreo;
54	Esquadria Superior	30 - Reboco superior;
55	Louças e bancadas térreo	47 - Pisos e revestimentos térreo;
56	Louças e bancadas superior	48 - Pisos e revestimentos superior;
57	Portas térreo	29 - Reboco térreo;
58	Portas superior	30 - Reboco superior;
59	Metais e acabamentos elétricos térreo	49 - Massa corrida e pintura térreo; 55 - Louças e bancadas térreo;
60	Metais e acabamentos elétricos superior	50 - Massa corrida e pintura superior; 56 - Louças e bancadas superior;
61	Testes, Ajustes finais e limpeza	59 - Metais e acabamentos elétricos térreo; 60 - Metais e acabamentos elétricos superior;
62	Jardim	46 - Pisos e calçadas externas;

Fonte: A Autora (2022)

A partir das dependências das atividades, a duração das tarefas foi fornecida por intermédio da construtora responsável pela execução da obra, com base na quantidade de serviços e recursos tal como a produtividade da equipe. Os dados foram inseridos na tabela do MS Project, tendo como ponto de partida a data de início da obra gerando o cronograma de Gantt (Apêndice A). O gráfico (Figura 32) primeiramente apresentado encontrava-se em forma rudimentar,

necessitando ajustar algumas datas de início no MS Project para maior fidelidade com a realidade no canteiro de obras. Como, por exemplo, a instalação da caixa d'água não necessariamente seria feita logo após o término da estrutura para o reservatório, já que essa atividade não é considerada crítica, ou seja, apresenta folga para o início da instalação sem comprometer os demais serviços a serem realizados.

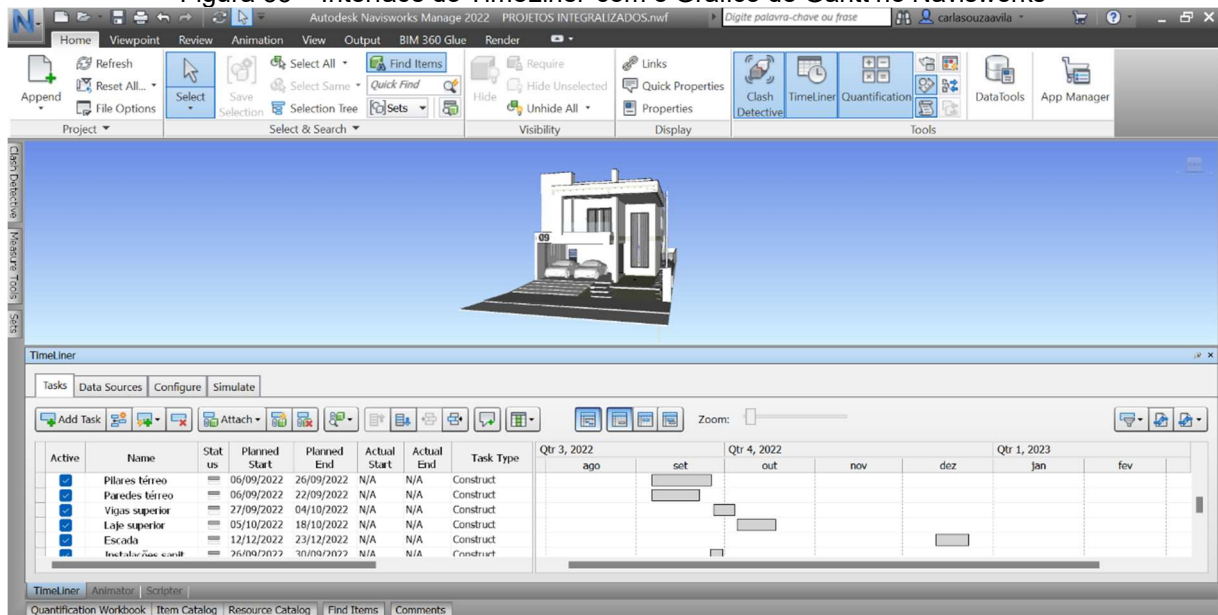
Figura 32 – Interface do Gráfico de Gantt com tarefas críticas destacadas (vermelho) no MS Project



Fonte: A Autora (2022)

Com a finalização dos ajustes temos o cronograma físico da obra, com destaque ao caminho crítico, que proporciona uma melhor visualização das tarefas que podem impactar a data final da entrega do empreendimento. Aproximando-se da metodologia BIM, a exportação do arquivo de planejamento para a *software* de simulação foi feita através da ferramenta *TimeLiner* (Figura 33), um recurso que alia o cronograma físico com a modelagem parametrizada, além de simular a execução das tarefas. Sua interface apresenta assim como o MS Project, uma lista de tarefas com datas de início e término, associadas a um diagrama de Gantt.

Figura 33 – Interface do TimeLiner com o Gráfico de Gantt no Navisworks



Fonte: A Autora (2022)

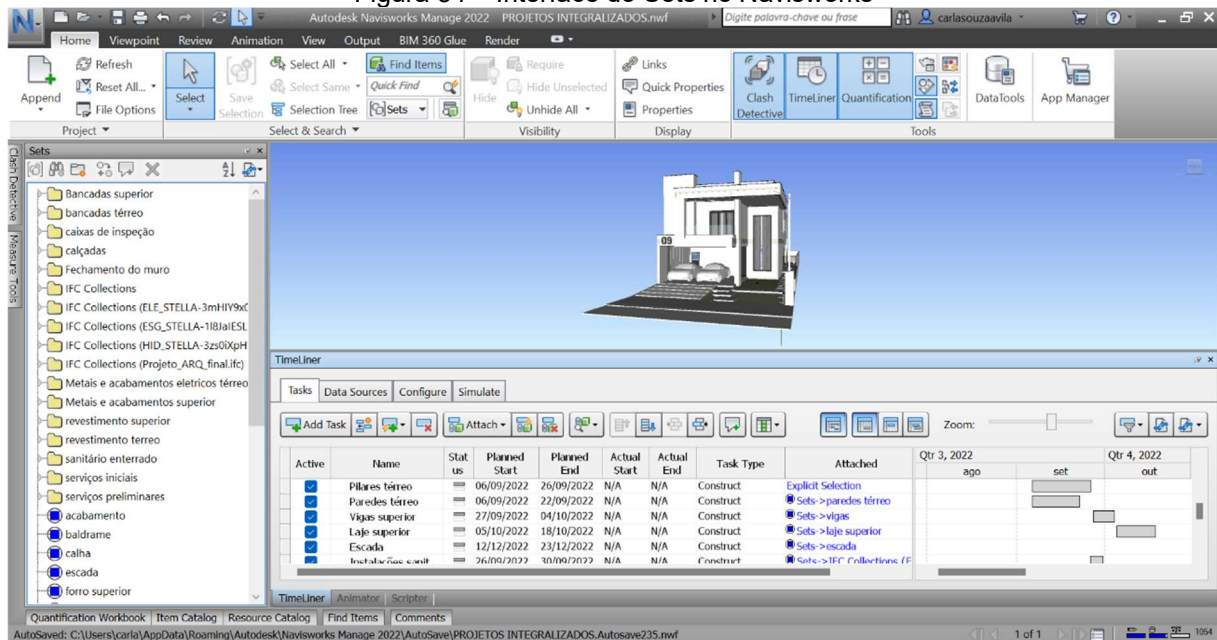
Primeiramente, após o anexo da hierarquia do MS Project ao *TimeLiner* do Navisworks, efetuou-se a incorporação dos elementos modelados as fases estipuladas no cronograma, com suas respectivas datas de início e de término. Tal processo requisitou a organização dos *Sets*⁷ (Figura 34) em pastas que continham um conjunto de materiais e serviços a serem realizados em uma mesma tarefa do cronograma. No decorrer dessa etapa é possível comprovar a eficiência da EAP elaborada nas fases anteriores por meio da inclusão dos *Sets* nas tarefas a serem realizadas.

O procedimento de seleção para composição dos *Sets* requereu a *Selection Tree*⁸, uma função que exibe uma variedade de vistas hierárquicas da estrutura da cena, definidas pelo *software* de origem de cada projeto e reproduzidas no Navisworks para facilitar a navegação do projeto.

⁷ Definido pelo Navisworks como “Lista de todos os conjuntos de seleção e pesquisa salvos no projeto”

⁸ Traduzido pelo Navisworks como “Árvore de Seleção”

Figura 34 – Interface do Sets no Navisworks

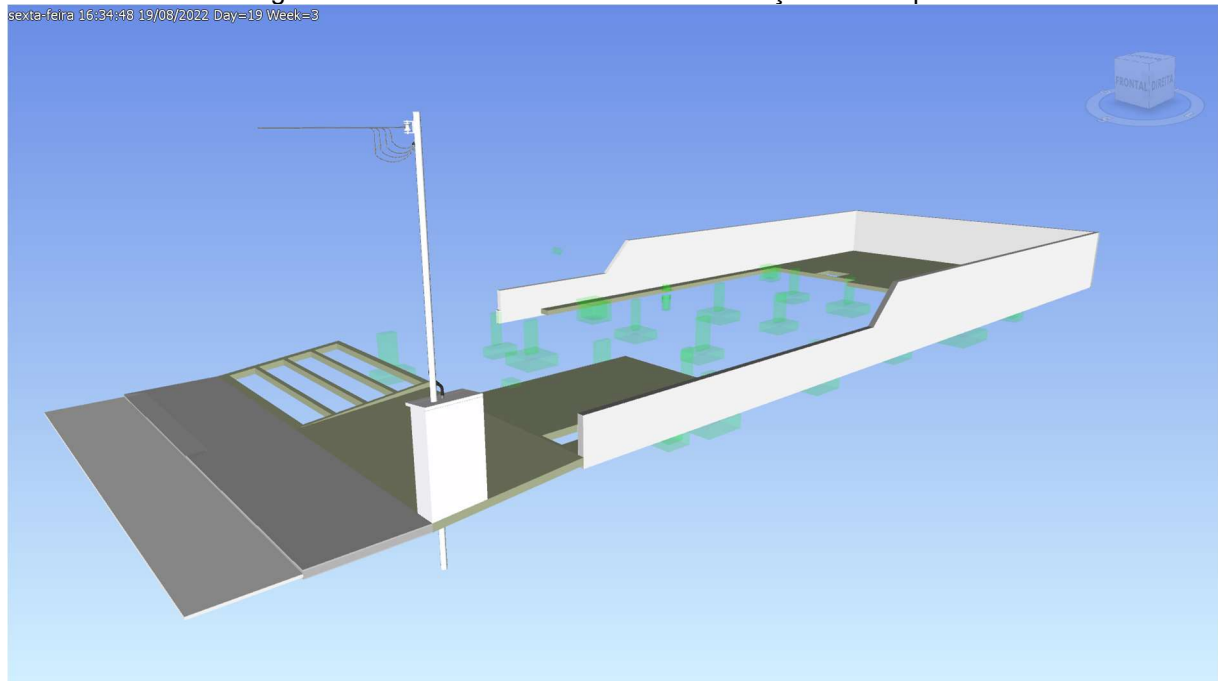


Fonte: A Autora (2022)

Na revisão dessa etapa, lacunas de informações projetuais comprometeram a organização da modelagem: no projeto de esgoto, os elementos construtivos não foram fragmentados pelos níveis dos pavimentos, complicando a ordenação da simulação do processo de edificação, e no projeto arquitetônico algumas paredes não foram vinculadas em camadas construtivas (alvenaria, reboco, pintura e revestimento), impedindo a anexação às suas respectivas tarefas. Entretanto, isso não gera impacto significativo no planejamento da obra, apenas acarretando um desencontro de informações na modelagem 4D, visto que a ferramenta viabiliza a adição dos tempos de início e término na tarefa sem necessariamente associar a um *Set*.

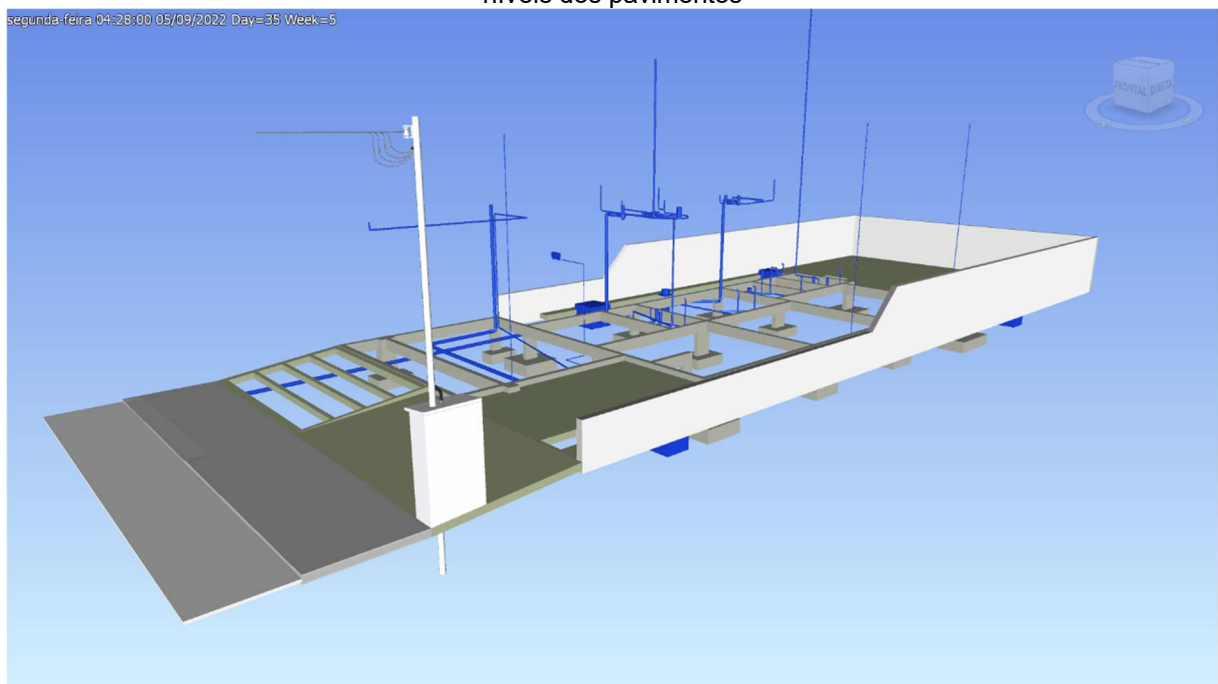
Confeccionado o agrupamento do cronograma físico à parametrização, realizou-se a simulação da execução das atividades da EAP (Figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40 e 41):

Figura 35 – Dia 19 de 242: Início das escavações das sapatas



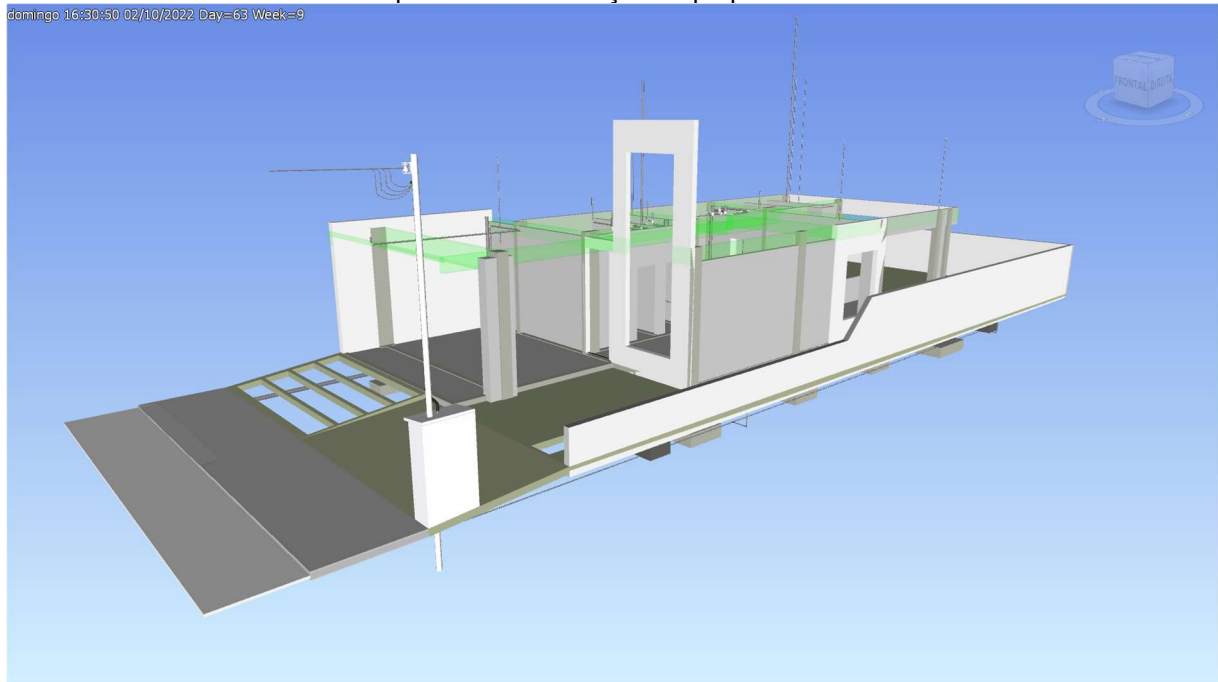
Fonte: A Autora (2022)

Figura 36 – Dia 35 de 242: Finalização das instalações de esgoto (azul) enterradas sem isolamento dos níveis dos pavimentos



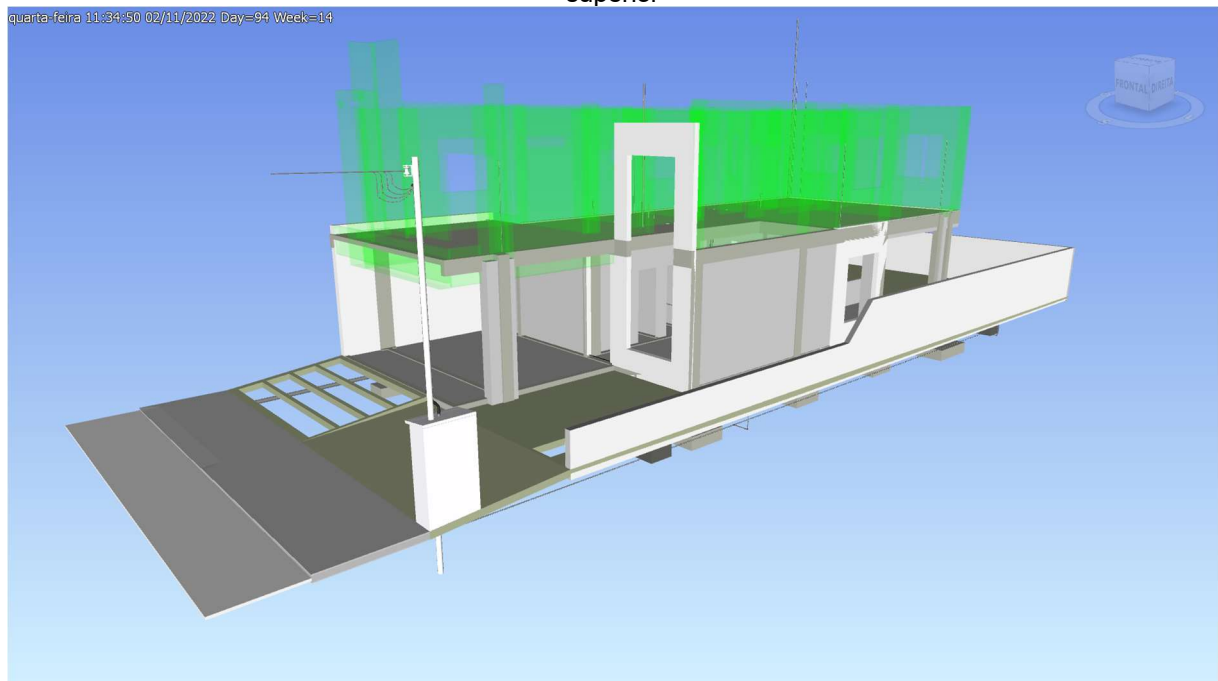
Fonte: A Autora (2022)

Figura 37 – Dia 63 de 242: Execução das vigas superiores (verde) com alvenaria do térreo apresentando variação de propriedades



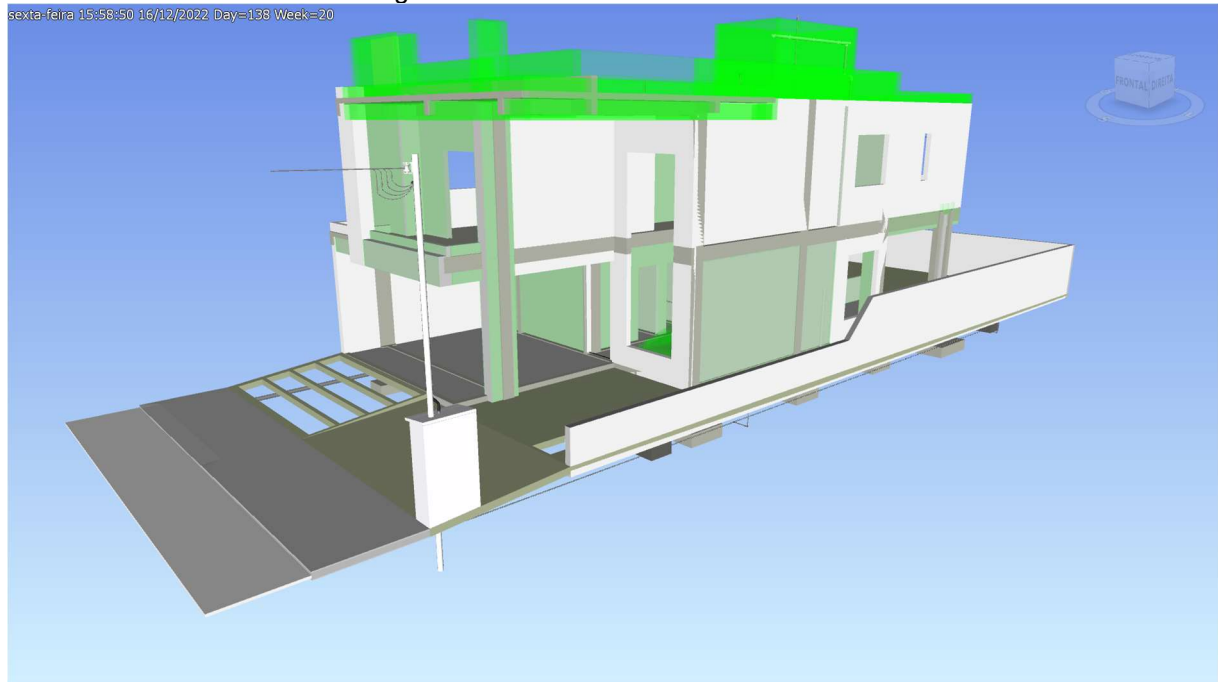
Fonte: A Autora (2022)

Figura 38 – Dia 94 de 242: Projeção (verde) da execução da alvenaria e dos pilares do pavimento superior



Fonte: A Autora (2022)

Figura 39 – Dia 138 de 242: Projeção (verde) da execução da alvenaria de cobertura e abrigo das caixas d'água bem como o reboco da alvenaria do térreo



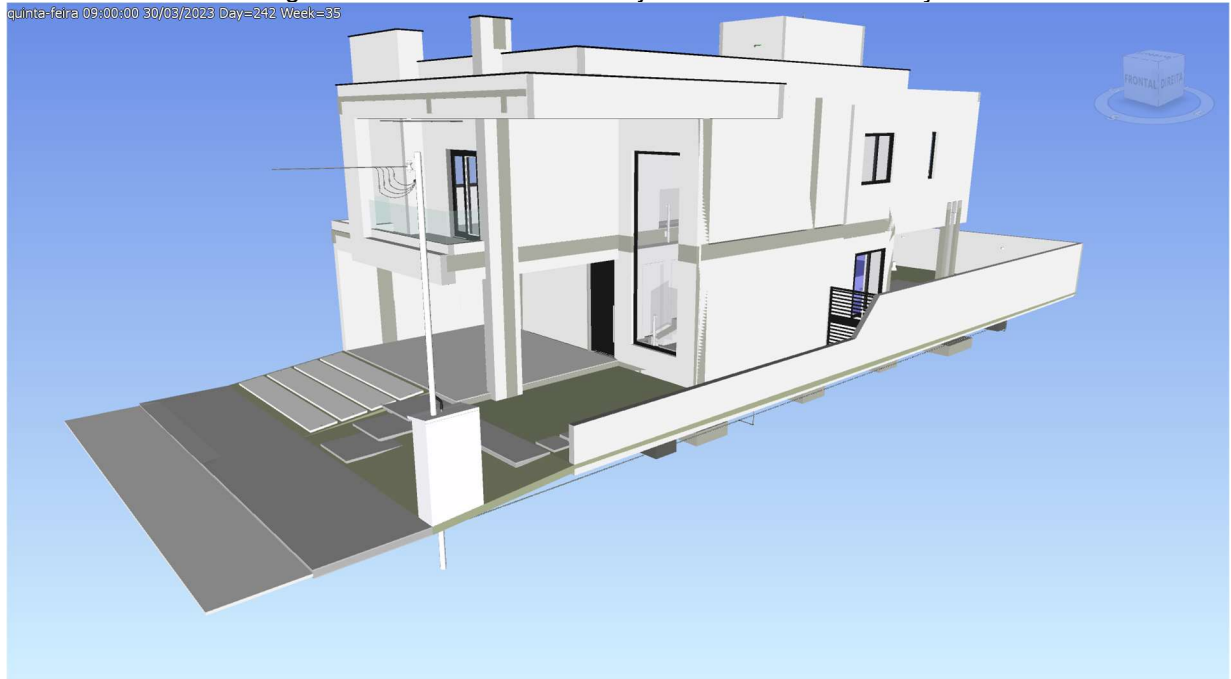
Fonte: A Autora (2022)

Figura 40 – Dia 214 de 242: Projeção (verde) da instalação das esquadrias



Fonte: A Autora (2022)

Figura 41 – Dia 242 de 242: Projeto finalizado na simulação



Fonte: A Autora (2022)

Com o fim da simulação, uma vez que o cronograma físico feito no MS Project foi incorporado ao Navisworks e o modelo associado ao cronograma, o controle das etapas da obra pode ser feito diretamente no Navisworks, além de fazer análises e simulações entre o cronograma previsto e o que foi realizado, assemelhando o modelo BIM a realidade. Todavia, o papel do MS Project não pode ser descartado após o agrupamento das informações, dado que é uma poderosa ferramenta de gestão de projetos e possui recursos mais sofisticados de gerenciamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto é a maior fonte de dados sobre qualquer empreendimento na construção civil, nele reside o acervo de informações e peculiaridades necessárias à execução de uma obra, em razão disso, deve ser idealizado e executado com qualidade e precisão. No contexto analisado, e conforme a metodologia adotada, foi possível tecer considerações, fundamentadas, acerca do modo como tecnologias projetivas específicas repercutem no desenrolar do cronograma físico de uma obra, alvo do estudo de caso.

Revisado o acervo documental de projetos, as peças gráficas constituintes, embora concebidos em plataforma BIM, não englobavam a lógica de procedural BIM rigorosamente, fato que implicou reunir os itens integrantes (peças projetuais) de tal acervo através do Revit e desenvolver, a posterior, análise e compatibilização por meio do Navisworks, *software* voltado ao planejamento e gestão, que permitiu detecção de interferências; a meta foi diminuir eventuais conflitos, e solucionar problemas ainda na fase de projeto, mitigando a probabilidade de intercorrências (inconformidades) na fase de execução do objeto.

Durante esta etapa, o conflito que se julgou de maior relevância a ser vistoriado pelo indivíduo gerenciador, foi o decorrente da discordância formal entre os registros da concepção da escada como integrantes do acervo Estrutural e o de Arquitetura, disparidade, tamanha, que sua correção num dos projetos implicaria descarte do disponível na outra fonte. Essa situação, infere-se, deveu-se à complexidade das informações envolvidas, que impõem o remodelar, completo, do elemento escada.

Destarte, é importante salientar que determinadas interferências ou incongruências entre projetos exigem a experiência do profissional a compatibilizá-las; certamente, a revisão auxiliada pelo *software* para detecção de colisões é de enorme valia, todavia, a capacidade de abstração e os critérios de julgamento entre o que deve ser de fato corrigido, ignorado, ou ponderado é, em ultimíssima instância, competência indissociável do operador que filtra quais as informações por sua relevância, e conforme conhecimento que esse indivíduo detém acerca do processo construtivo, da margem de erro projetual aceitável, e da capacidade de antecipação que esse detém do objeto que se pretende edificar e que se representa graficamente.

Produtiva, a análise de interferências e suas correções possibilitou a idealização da Estrutura Analítica de Projetos (EAP) de forma coerente. A influência do detalhamento dos projetos manifestou-se durante a elaboração do cronograma e sua rede de precedências com base na EAP, e o resultado da organização da hierarquia conduziu vários aspectos envolvendo o MS Project.

A aplicação do programa MS Project, utilizado na confecção do cronograma físico associado com o diagrama de Gantt, contemplou de forma valorosa as atribuições propostas pelo estudo. Pois, apesar de ser exequível apenas mediante o Navisworks, o cronograma físico gerado não apresenta o mesmo refinamento de análises que aquelas desenvolvidas via MS Project, veja-se, por exemplo, o diagnóstico automatizado das tarefas críticas e margens de atraso apontando para o gestor quais atividades não poderão ser postergada a fim de concluir a obra no período desejado, além de compor gráficos pertinentes ao gerenciamento do projeto. Após a consolidação do cronograma, a importação dos dados para o Navisworks aconteceu de forma fluida, como esperado da premissa do BIM 4D.

O Navisworks possui uma interface geral simplificada de uso e fácil navegação com possibilidade de visualização tridimensional imersiva. Contudo, algumas funções apresentadas têm configurações com pouca interatividade dificultando o manuseio, mas não comprometendo suas atribuições, como no caso do *Clash Detective* e o *Sets*, onde há o preenchimento de informações em uma interface austera e a impossibilidade de selecionar múltiplos arquivos respectivamente, retardando os serviços e dificultando na composição das pastas de tarefas. Já o *TimeLiner* ostenta uma fluência no manuseio e um arcabouço de aplicações vantajosas para o planejamento e gerenciamento de projetos.

Com a tentativa do emprego do BIM 4D por intermédio do Navisworks, pode-se notar que algumas escolhas iniciais de formulação de projeto afetaram o desenrolar das atividades durante a simulação, como foi visto no complementar de Esgoto, em que a falta de um bom posicionamento dos níveis dos pavimentos no Revit, acarretou um acúmulo equivocado de materiais e serviços no térreo em apenas uma etapa, poluindo a visualização do planejamento. Outro inconveniente, foi a inexistência de informações em algumas paredes vinculadas ao projeto, comprometendo a separação da ordem dos serviços. Todavia, a simulação através do *TimeLiner*, no que lhe concerne, acrescentou um fator dinâmico e visual ao planejamento, dando dimensão a um gráfico que muitas vezes pode estar alheio a

realidade do projeto a ser executado.

Diante disso, conclui-se que os resultados se demonstraram satisfatórios pelos benefícios verificados no planejamento, entretanto, para uma experiência mais aprofundada acerca do BIM, os projetos em questão deveriam, desde o princípio, serem organizados com o olhar voltado à estrutura documental, contemplando a adição de informações em fases posteriores, espelhando assim, boas práticas do uso de ferramentas de modelagem e gestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, A. C. **Modelagem BIM 4D de uma residência unifamiliar de padrão alto: estudo de caso**. Monografia do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas. Delmiro Gouveia, 2022

AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM – Building Information Modeling na direção técnica de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção). Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2009.

AUTODESK. **Implantação e Difusão na Organização da Informação da Construção (BIM) no Brasil com o uso de Ferramentas Autodesk**. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/adsk/servlet/index?siteID=1003425&id=22164013>> Acesso em 07 de maio de 2022

BAIA, D. 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.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM**. Curitiba, PR, 2015. Disponível em: <<http://www.entendendobim.com.br/>> . Acesso em 27 maio 2022.

DIETRICH, G. L. V. **A História do CAD**. 2014. Disponível em: <<https://blog.render.com.br/cad-e-cae/a-historia-do-cad/>>. Acesso em 02 de junho de 2022.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 634 p.

EASTMAN, C., et al. **Manual de BIM – Um guia de modelagem da construção para arquitetos, gerentes, construtores e incorporadores**. Bookman, 2014, p 503.

FLORIO, W. **Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura**. III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, Universidade Presbiteriana Mackenzie. Porto Alegre, 2007.

HINZE, J.W. **Construction Planning and Scheduling**, 4rd Edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle. River, NJ. (2012).

KHEMLANI, L. **"The IFC Building Model: A Look Under the Hood."**(2004). Disponível em: <<http://home.fa.utl.pt/~franc/2007/mapoio/projdig/lfcmodel.pdf>> Acesso em 08 de setembro de 2022.

LÜKE, W. G. **Gestão da Informação de Infraestrutura e edificações no Setor Público**. Presented at the Autodesk University Brasil, 2012.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Pini, 2014.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 2 ed. São Paulo: Pini, 2019.

MATTOS, A. D. **BIM 3D, 4D, 5D e 6D**. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d3353001.aspx>> Acesso em 25 de maio de 2022.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras** / Aldo Dórea Mattos. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

MATSUI, A. G. **Aplicação do Bim 4D para a Otimização do Cronograma Físico de uma Obra**. 2017. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso), Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, 2017.

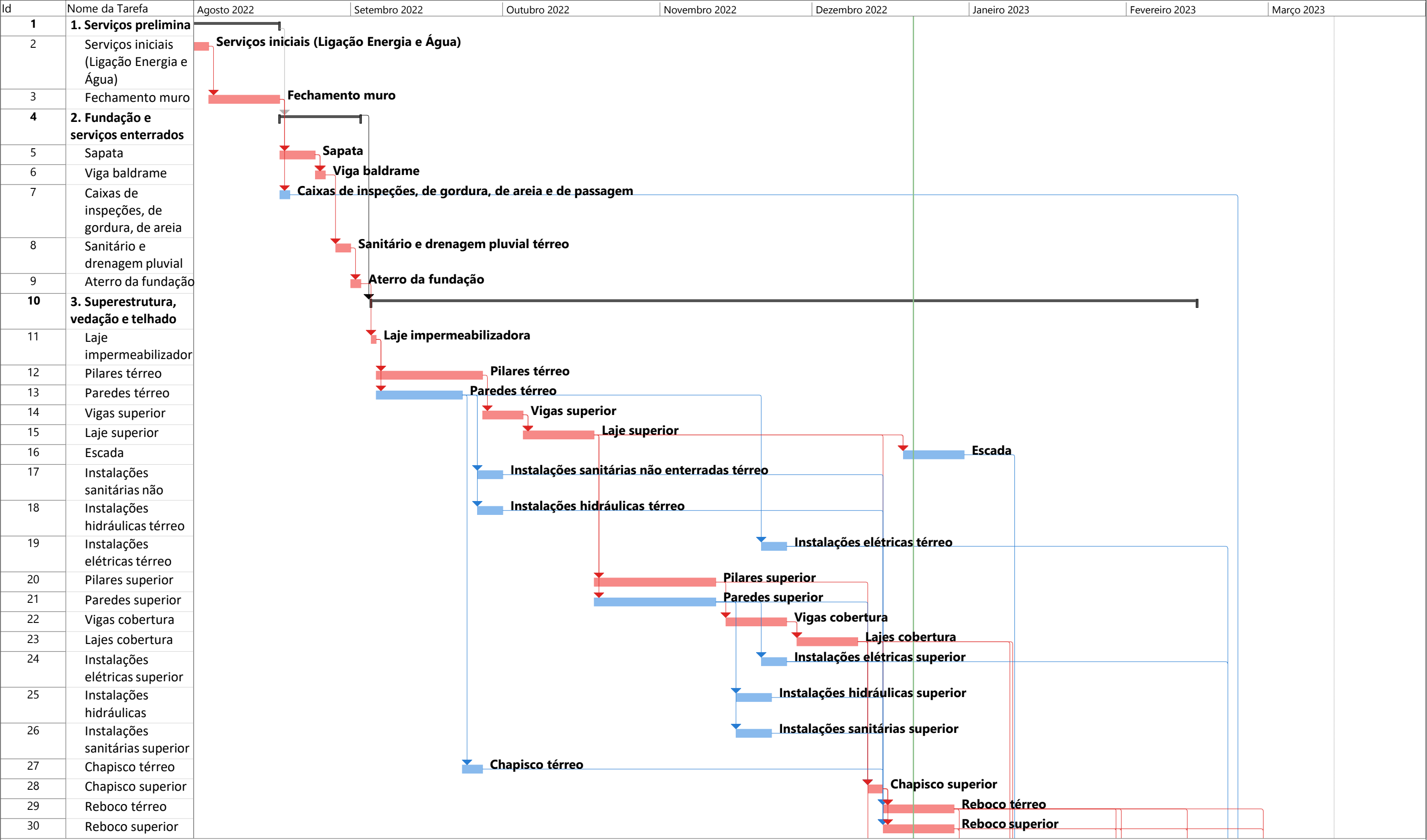
PIRÔPO, G. P.. **Aplicação da Modelagem 5D na Elaboração e Acompanhamento de Orçamento Executivo**. 128 f. il. 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

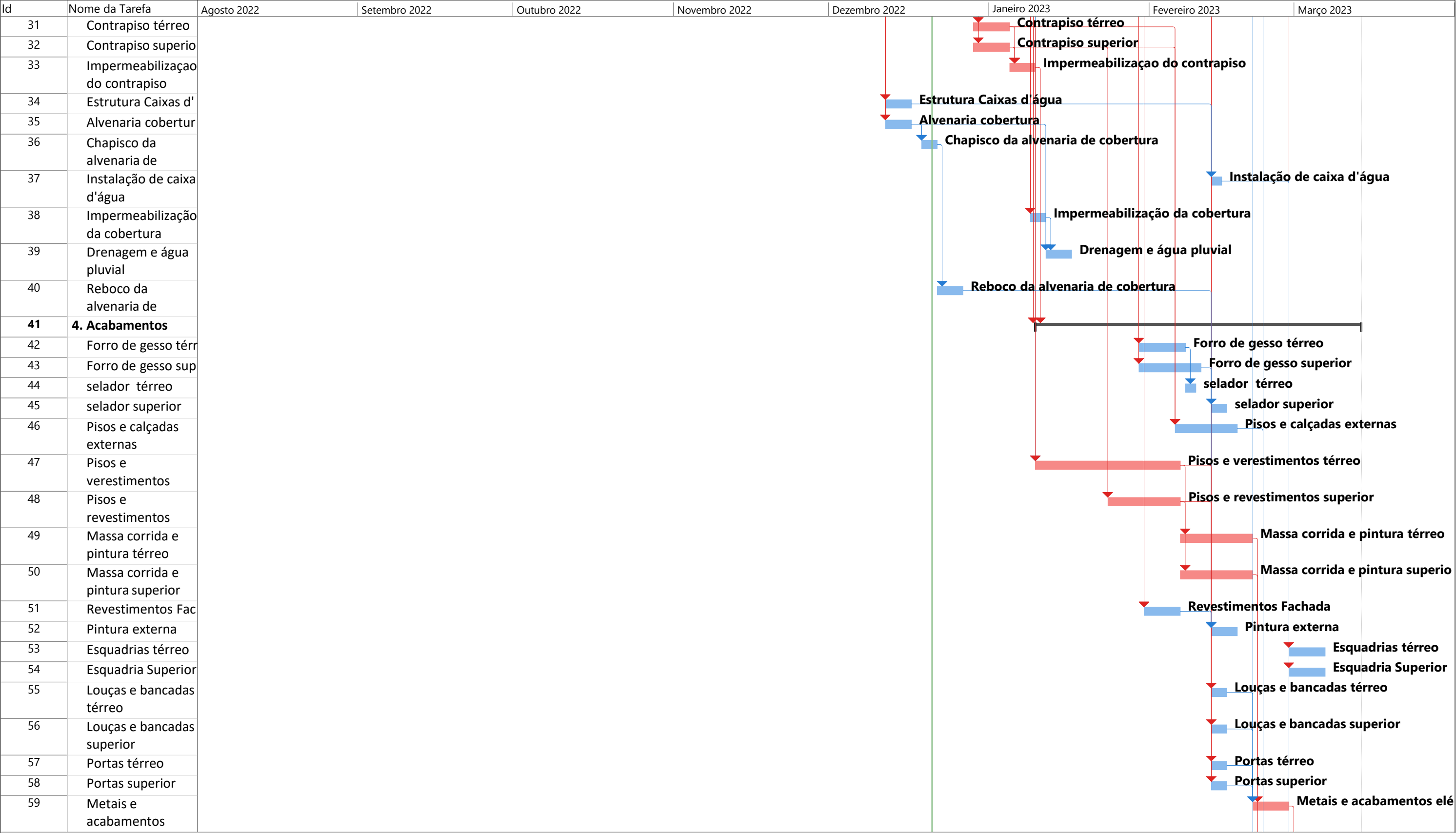
SANTI, N. V. **Desenvolvimento de orçamento de custos via BIM 5D integrado com a elaboração de projetos e cronograma em BIM 3D e 4D: um estudo de caso**. 2015. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento de Obras) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

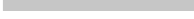
VICO. **VICO Software**. Disponível em: < <http://www.vicosoftware.com/>>. Acesso em:

28 de maio de 2022.

VICTOR, J. **Entendendo o diagrama de redes do seu projeto**. Disponível:
<<https://www.guia daengenharia.com/diagramas-redes-elementos/>>. Acesso em: 30
de maio de 2022



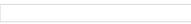
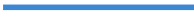


Apêndice A – Cronograma Físico produzido pelo MS Project	Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo		Progresso manual	
	Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite			
	Marco		Resumo Inativo		Somente início		Crítica			
	Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Divisão crítica			
	Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas		Andamento			

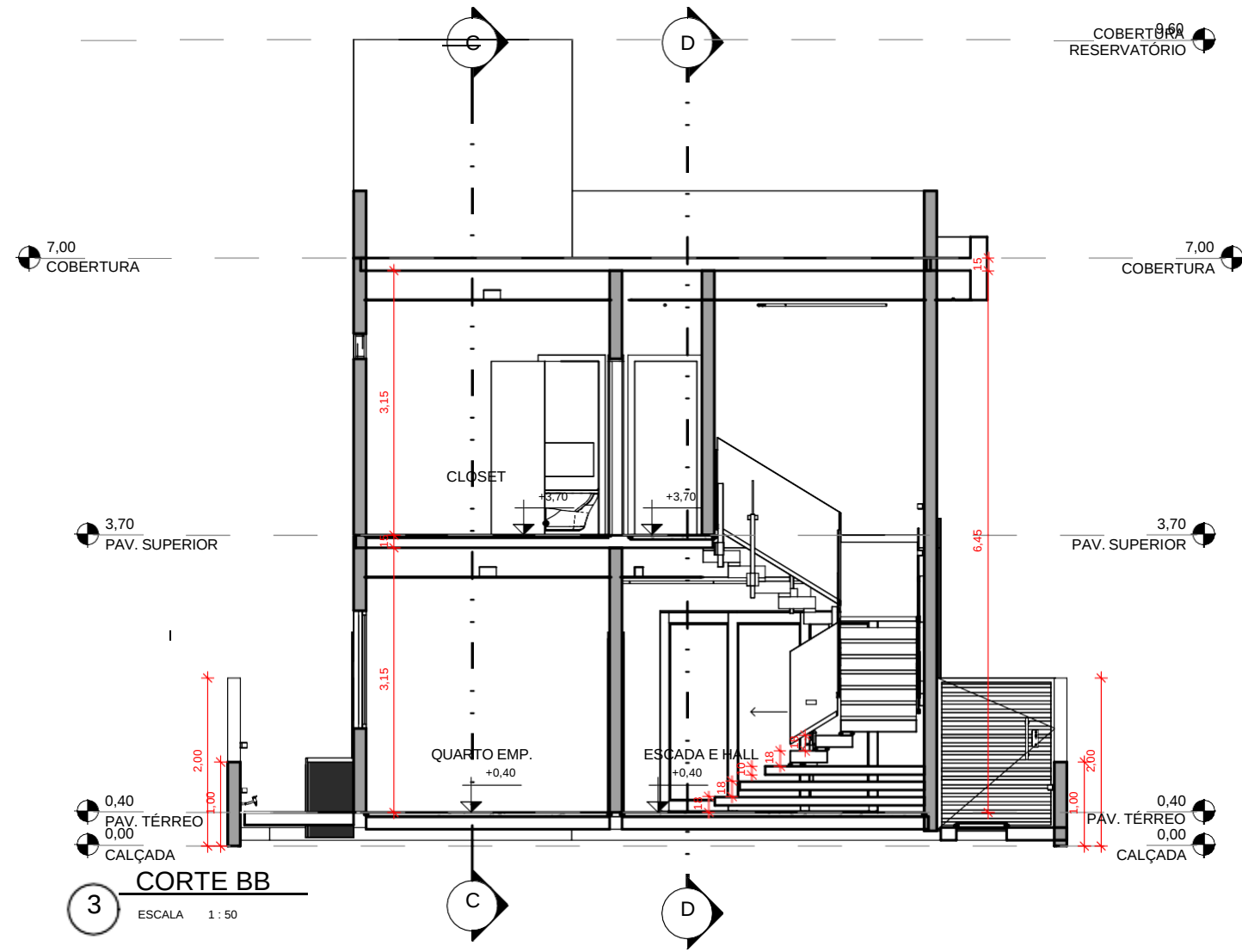
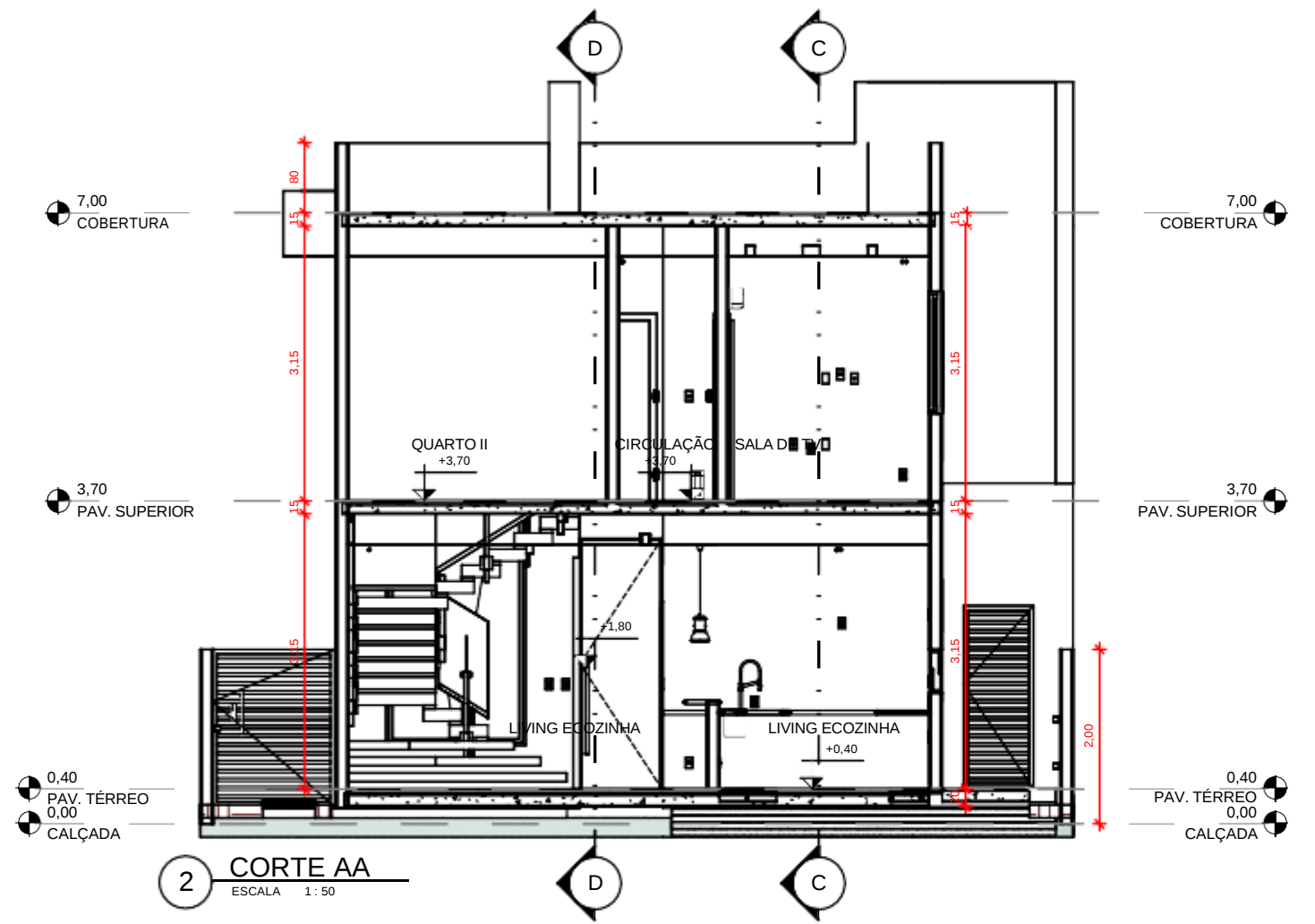
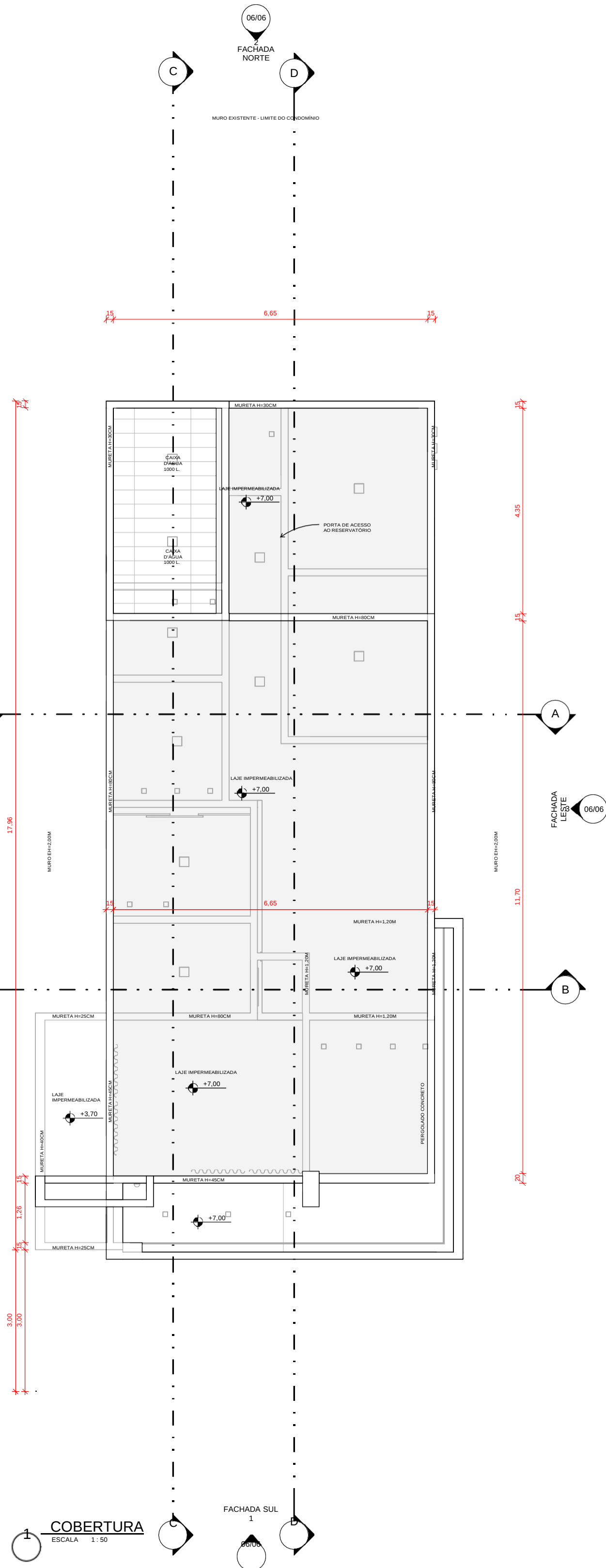
Id	Nome da Tarefa	Agosto 2022	Setembro 2022	Outubro 2022	Novembro 2022	Dezembro 2022	Janeiro 2023	Fevereiro 2023	Março 2023
60	Metais e acabamentos								Metais e acabamentos elétricos
61	Testes, Ajustes finais e limpeza								Testes, Ajuste
62	Jardim								Jardim



Apêndice A –
Cronograma Físico
produzido pelo MS
Project

Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo		Progresso manual	
Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite			
Marco		Resumo Inativo		Somente início		Crítica			
Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Divisão crítica			
Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas		Andamento			

Página 3



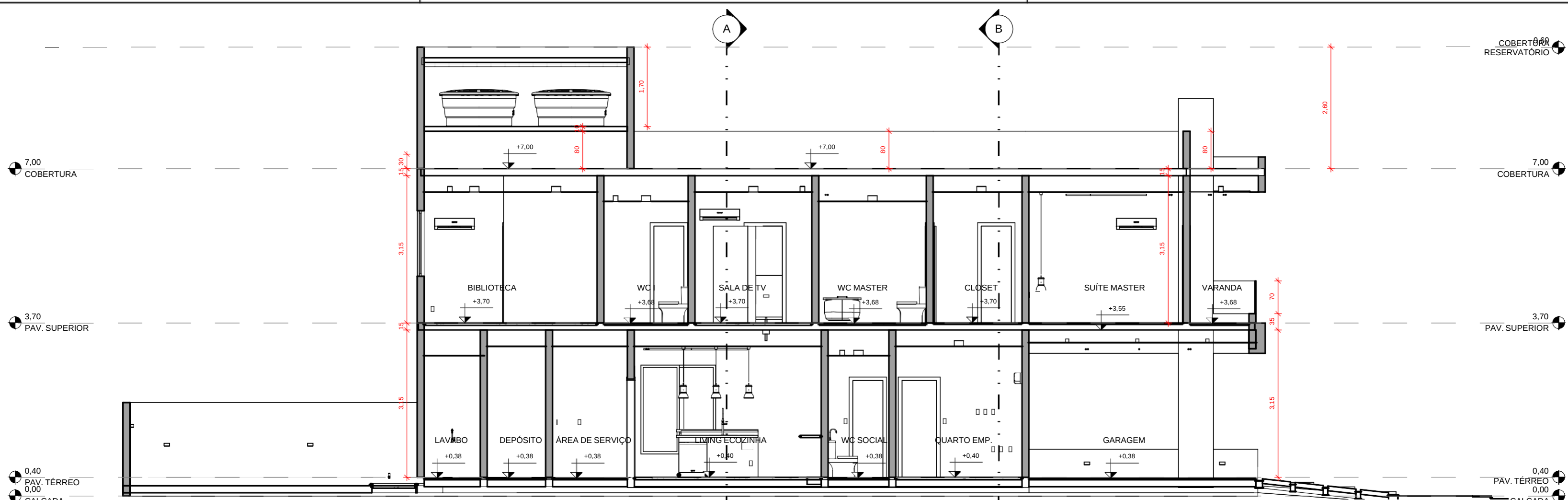
CONTRATADA:

Anexo A – Projeto no Revit

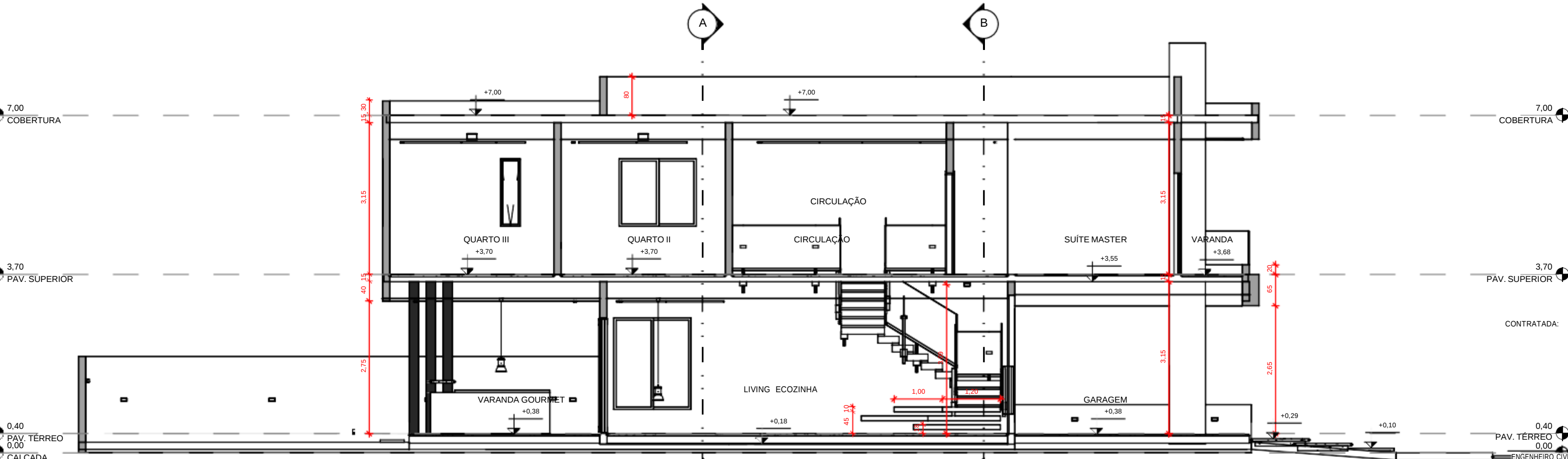
ENGENHEIRO CIVIL:	CREA:	VISTO:
	0	
PROPRIETÁRIO:	CPF/CNPJ:	
TIPO DE PROJETO:	PROJETO DE ARQUITETURA	
CONTEÚDO DA PRANCHA:	PLANTA DE COBERTURA E CORTES AA,BB	
NOME DO EMPREENDIMENTO:	RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR	
ENDEREÇO DO EMPREENDIMENTO:	BARRA DOS COQUEIROS/SE	
APROVADO:	FASE:	DATA DE EMISSÃO:
EXECUTIVO	03/02/2022	07/09/2022 09:01:23
DESENHO:	NOME DO ARQUIVO	

ESCALA:	1/50	
---------	------	--

04/06



1 CORTE CC
ESCALA 1:50



2 CORTE DD
ESCALA 1:50

Anexo A – Projeto no Revit

CONTRATADA:		CREA:		VISTO:	
		0			
PROPRIETÁRIO:		CPF/CNPJ:			
TIPO DE PROJETO:		PROJETO DE ARQUITETURA			
CONTEÚDO DA PRANCHA:		CORTE - CC,DD			
NOME DO EMPREENDIMENTO:		RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR			
ENDEREÇO DO EMPREENDIMENTO:		BARRA DOS COQUEIROS/SE			
APROVADO:	FASE:	DATA DE EMISSÃO:	DATA REVISÃO:	REVISÃO:	CLASSE:
	EXECUTIVO	03/02/2022	07/09/2022 09:01:25		EDF
DESENHO:		NOME DO ARQUIVO			
ESCALA:		1/50			