



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

GUILHERME STEPHEN FIGUEIREDO

**DO BIM 4D E 8D – UMA ABORDAGEM DE PROJETO, PLANEJAMENTO E
SEGURANÇA DA OBRA**

Palhoça

2023

GUILHERME STEPHEN FIGUEIREDO

**DO BIM 4D E 8D – UMA ABORDAGEM DE PROJETO, PLANEJAMENTO E
SEGURANÇA DA OBRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ricardo Moacyr Mafra, Ms.

Palhoça

2023

GUILHERME STEPHEN FIGUEIREDO

**DO BIM 4D E 8D – UMA ABORDAGEM DE PROJETO, PLANEJAMENTO E
SEGURANÇA DA OBRA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 23 de junho de 2023

Professor e orientador Prof. Ricardo Moacyr Mafra, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. José Humberto Dias de Tolêdo, Ms
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. José Gabriel da Silva Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho a Deus, a minha família,
aos professores, e a todos os que me ajudaram
ao longo do curso.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Deus, a minha família e a todos que contribuíram, de alguma forma, ao longo do curso, a todos que participaram, direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho, enriquecendo a minha formação acadêmica.

"Uma mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original"
(Albert Einstein).

RESUMO

O trabalho tem como objetivo analisar o uso do 4D e 8D Plataforma BIM, aplicada na execução de um edifício residencial. Para isso, utilizou-se o software *Autodesk Revit* BIM para modelar o projeto 3D paramétrico, o software *Autodesk Navisworks*, utilizado para realizar a compatibilidade e simulação do projeto e o software *MS Project* utilizado para gerar os cronogramas e sequência do trabalho. No trabalho foi apresentado o passo a passo da simulação 4D sincronizada ao cronograma, e também foram apresentados os cronogramas criados utilizando as tabelas de composição de serviços do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). A conclusão do trabalho foi que utilizando o software foi possível visualizar as etapas da obra alinhadas com um cronograma, e visualizar antecipadamente possíveis interferências, com os dados fornecidos ter a possibilidade de tomar decisões mais assertivas, evitando possíveis retrabalhos, evitando acidentes e reduzindo o custo na execução da obra.

Palavras-chave: 4D. 8D. BIM. Cronograma. Simulação.

ABSTRACT

The work aims to analyze the use of the 4D and 8D BIM platform, applied in the execution of a residential building. For this, the Autodesk Revit BIM software was used to model the parametric 3D design, the Autodesk Navisworks software, used to perform the compatibility and simulation of the project and the MS Project software used to generate the schedules and sequence of the work. In the work was presented the step by step of the 4D simulation synchronized to the schedule, and was also presented the schedules created using the tables of composition of services of SINAPI (National System of Research of costs and indices of civil construction). The conclusion of the work was that using the software it was possible to visualize the stages of the work aligned with a schedule, and in advance visualize possible interferences, with the data provided having the possibility of making more assertive decisions, avoiding possible rework, avoiding accidents and reducing the cost in the execution of the work.

Keywords: 4D. 8D. BIM. Schedule. Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – BIM - Ciclo de vida da edificação.	17
Figura 02 – Tela do software <i>Revit</i>	20
Figura 03 – Tela do software <i>Naviswork</i>	21
Figura 04 – Tela do software <i>MS Project</i>	21
Figura 05 – Exemplo de Planta baixa de locação das instalações no Canteiro de Obras.	23
Figura 06 – Exemplo de Planta baixa sanitários.	24
Figura 07 – Exemplo Lavatórios.	24
Figura 08 – Exemplo Vaso Sanitário.....	25
Figura 09 – Exemplo Chuveiros.....	25
Figura 10 – Exemplo de Planta vestiário.....	26
Figura 11 – Exemplo de Planta refeitório.....	26
Figura 12 - Bandeja primaria e secundaria.	28
Figura 13 – Cabo de segurança.....	28
Figura 14 – Norma: Esforço Característico	31
Figura 15 – Planta Situação e pavimento tipo	33
Figura 16 – Planta cobertura e fachada	33
Figura 17 – Área de influência	34
Figura 18 – Pré-dimensionamento.....	36
Figura 19 – Modelagem no <i>Revit</i>	37
Figura 20 – Botão <i>Append</i>	37
Figura 21 – Botão <i>Selection Tree</i>	38
Figura 22 – Comando <i>Manage Sets</i>	38
Figura 23 – Comando <i>Sets</i>	39
Figura 24 – Comando <i>Auto-Add tasks</i>	39
Figura 25 – Composição analítica de serviço - Tapume	40
Figura 26 – Composição analítica de serviço – Suporte Caixa d’água	41
Figura 27 – Composição analítica de serviço - Locação	41
Figura 28 – Composição analítica de serviço - Sapata	42
Figura 29 – Composição analítica de serviço - Sapata.....	42
Figura 30 – Composição analítica de serviço - Sapata.....	42
Figura 31 – Composição analítica de serviço - Sapata.....	43
Figura 36 – Composição analítica de serviço – Alvenaria	46

Figura 37 – Composição analítica de serviço – Portas	47
Figura 38 – Composição analítica de serviço – Janelas	47
Figura 39 – Composição analítica de serviço – Guarda Corpo	47
Figura 40 – Tela MS Project.....	48
Figura 41 – Comando Rebuild Task Hierarchy.....	48
Figura 42 – Terreno	49
Figura 43 – Tapume.....	49
Figura 44 – Estruturas	50
Figura 45 – Estruturas	50
Figura 46 – Infraestrutura.....	51
Figura 47 – Superestrutura	51
Figura 48 – Superestrutura – vigas, pilares e laje.....	52
Figura 49 – Superestrutura – vigas, pilares e laje.....	52
Figura 50 – Superestrutura	53
Figura 51 – Superestrutura	53
Figura 52 – Superestrutura	54
Figura 53 – Superestrutura	54
Figura 54 – Superestrutura	55
Figura 55 – Superestrutura	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Pré-dimensionamento Pilares	34
Tabela 02 – Pré-dimensionamento Vigas	35
Tabela 03 – Pré-dimensionamento Lajes.....	36
Tabela 04 – Fabricação das Formas	43
Tabela 05 – Montagem e desmontagem das formas	44
Tabela 06 – Fabricação, corte e dobra de aço.....	44
Tabela 07 – Montagem das armações.....	45
Tabela 08 – Concretagem de pilares.....	45
Tabela 09 – Concretagem de lajes e vigas.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
1.3	METODOLOGIA	15
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2	REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA	17
2.1	BIM	17
2.2	CUSTOS	19
2.2.1	SINAPI	19
2.3	SOFTWARE	19
2.4	NORMAS REGULAMENTADORAS (NR).....	21
2.4.1	Áreas de vivência	22
2.4.1.1	Instalações sanitárias	23
2.4.1.2	Vestiário	25
2.4.1.3	Local de refeições	26
2.4.2	Carpintaria e Armações de aço	27
2.4.3	Escadas, Rampas e passarelas	27
2.4.4	Medidas de proteção contra quedas de altura	27
2.4.5	Telhados e coberturas	28
2.4.6	Tapumes	29
2.5	PROJETO ESTRUTURAL.....	29
2.5.1	Elementos de uma estrutura	29
2.5.2	Pré-dimensionamento	29
3	ESTUDO DE CASO	33
3.1	PRÉ-DIMENSIONAMENTO	34
3.1.1	Pré-dimensionamento pilares	34
3.1.2	Pré-dimensionamento vigas	35
3.1.3	Pré-dimensionamento lajes	35
3.2	MODELAGEM 4D E 8D	36
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	56

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
----------	-----------------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos segmentos que mais contribui para a economia do país, segundo o FIBRA em 2017, o segmento respondeu por cerca de 6,2% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional, o segmento da construção civil abrange qualquer atividade relacionada a obras, incluído as etapas de projeto, planejamento, execução, manutenção e gerenciamento. É um dos setores da economia que mais empregam no país, de acordo com o Estadão, em 2019 a construção civil possuía 6,7 milhões de postos de trabalho, que equivale cerca de 7,3% de todos os empregos do Brasil, ou seja, a cada 14 pessoas empregadas uma trabalhava na construção civil. Mesmo sendo um dos segmentos mais importantes ainda é um dos segmentos mais atrasados e artesanais. Além disso, de acordo com o Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho (AEAT), em 2017, ocorreram 549.405 acidentes de trabalho em todo o país, na construção civil, foram 30.025, equivalente a 5,46% do total. Em comparação com os outros segmentos o valor é alto, mas poderia ser evitado se as medidas preventivas fossem adotadas.

A legislação e as Normas Regulamentadoras (NR) auxiliam para garantir a segurança do trabalho na construção civil, elas determinam regras de conduta, uso de equipamentos coletivos e individuais e apresentam medidas de prevenção a acidente de trabalho na construção civil. Outro ponto que contribui para a diminuição desses números é a utilização de novas ferramentas para executar o planejamento das obras, como é o caso de um projeto executado em BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção).

O projeto executado em BIM contribui para a segurança na execução da obra, e a prevenção de acidentes através do estudo e análise do projeto, ou seja, é possível avaliar todos os riscos em cada processo e corrigi-los. Outras vantagens da utilização do BIM são: um prazo e cronograma mais assertivo, redução de custos, desperdícios de materiais e de mão de obra.

A Modelagem da Informação da Construção (BIM), além de gerar uma representação ou modelo virtual em 3D, é possível extrair informações que podem ser utilizados na parte de projeto, planejamento, orçamento, sustentabilidade, operações das edificações, segurança na obra, execução, implantação, manutenção e gerenciamento. Com o uso do modelo em BIM, é possível realizar análises econômicas, urbanística, ambiental e social.

O BIM é separado em camadas, que geralmente são: BIM 2D (Representação ou documentação), BIM 3D (Modelo paramétrico), BIM 4D (Tempo e planejamento de execução da obra), BIM 5D (Orçamento), BIM 6D (Sustentabilidade), BIM 7D (Manutenção e Operação) e BIM 8D (Segurança e prevenção de acidentes). Nesse trabalho será apresentado as camadas BIM 4D e 8D.

O BIM 4D é a etapa que relaciona o cronograma da obra e o planejamento de execução ao projeto 3D, nesta etapa é possível efetuar simulações do arranjo físico e do canteiro de obra, com isso é possível avaliar, visualizar e identificar em tempo real, através de um modelo 3d, quais são as situações críticas e planejar o deslocamento de equipamento, caminhões e materiais.

O BIM 8D corresponde a etapa que relaciona à segurança do trabalho ao projeto em BIM, com o uso do BIM no projeto é possível identificar os problemas relacionados a segurança do trabalho antecipadamente.

Esse trabalho procura mostrar, através de um estudo de caso, as vantagens em utilizar um projeto em BIM, desde vincular o cronograma da obra ao projeto 3D, para gerar uma simulação 4D e conseguir visualizar todas as etapas da obra (BIM 4D). Até utilizar a simulação 4D em BIM para aplicar os conceitos de segurança do trabalho, para prever possíveis riscos na execução relacionados a segurança do trabalho e corrigi-los com antecedência (BIM 8D).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é analisar a utilização da plataforma Bim 4D e 8D, aplicado na execução de um edifício residencial;

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Desenvolver um projeto de simulação 4D de um edifício residencial.
- Realizar o planejamento da obra de um edifício residencial, com o uso das tabelas da SINAPI (Sistema nacional de Pesquisa de custos e índices da construção civil)
- Identificar os conceitos da NR 18, utilizando o software *Navisworks* e *MS Project* no planejamento do canteiro de obra e na execução de um edifício residencial.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem por motivação aplicar os conceitos BIM e mostrar como a utilização da plataforma BIM 4D (planejamento) e 8D (segurança do trabalho), aplicado em um projeto de um edifício residencial, pode melhorar o planejamento, execução e a segurança na obra.

A utilização do BIM e a sua aplicação na Engenharia Civil, é um dos assuntos mais comentados e estudados atualmente na Construção Civil, o ganho em qualidade, tempo e otimização dos recursos são alguns dos benefícios que essa ferramenta consegue proporcionar. Desta forma, buscaram-se através de um estudo de caso apresentar, as vantagens em utilizar um projeto em BIM.

1.3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho será realizado inicialmente uma revisão bibliográfica dos conceitos que serão utilizados no trabalho e depois será realizado um estudo de caso.

Na revisão bibliográfica será apresentado os conceitos sobre BIM, NR18 e pré-dimensionamento, para realizar a revisão será utilizando bibliografias disponíveis e pesquisas realizadas em sites.

No estudo de caso, será mostrado a utilização dos softwares BIM, da Tabela SIMAPI e da NR 18, aplicados em um projeto de uma edificação multifamiliar, com isso será aplicado os conceitos do BIM 4D E BIM 8D, os conceitos serão aplicados na etapa inicial da construção até a etapa de superestrutura.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será desenvolvido em cinco capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução ao tema os objetivos gerais e específicos e a justificativa para a escolha do tema.

O segundo capítulo corresponde à referência bibliográfica, onde serão apresentados os principais conceitos para o entendimento do tema.

O terceiro capítulo corresponde à apresentação e análise do uso das ferramentas BIM.

O quarto capítulo refere-se à análise dos resultados onde serão apresentados os resultados obtidos com o trabalho.

O quinto capítulo corresponde a refere-se as considerações finais, onde será apresentado as considerações finais sobre o tema.

2 REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

2.1 BIM

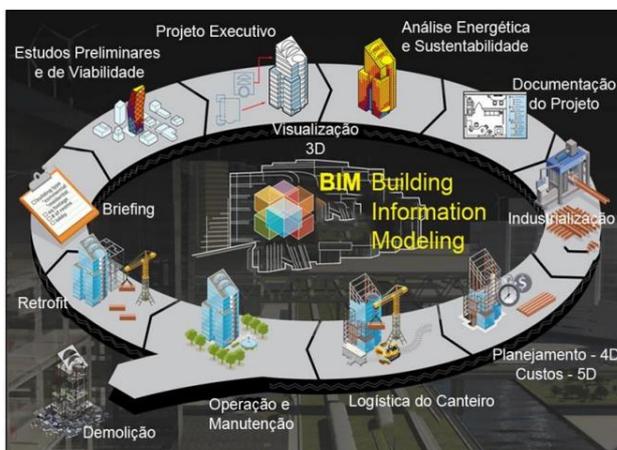
O BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção) segundo Chuck Eastman (2008 p. 490), professor do Instituto de Tecnologia da Geórgia, diz que:

BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, que gera 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.

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) gera uma representação ou modelo virtual em 3D, que integra as disciplinas envolvidas no desenvolvimento do projeto, o projeto em BIM, apresenta diversas camadas de informação, organizadas de forma que podem ser utilizados na parte de projeto, planejamento, orçamento, sustentabilidade, operações das edificações, segurança na obra, execução, implantação, manutenção e gerenciamento. Com o uso do modelo em BIM, é possível realizar análises econômicas, urbanística, ambiental e social, com isso é possível perceber os impactos, interferências e ganhos sociais da edificação em todo o seu ciclo de vida.

O BIM pode ser utilizado por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto de um empreendimento, inclusive os envolvidos na fase de planejamento, execução e gerenciamento, investidores. Conforme apresentado na figura 01:

Figura 01 – BIM - Ciclo de vida da edificação.



Fonte: Utilizando Bim, 2023.

Em Santa Catarina algumas licitações exigem que o projeto seja elaborado no conceito BIM, inclusive produziu em 2015 o “Caderno de apresentação de Projetos em BIM” orienta uso da tecnologia em obras públicas, mostra como deve ser um projeto em BIM.

Algumas vantagens da utilização do BIM:

- Participação de várias disciplinas no mesmo projeto, totalmente integrado.
- Projetos que apresentam várias informações, que podem ser utilizadas para o planejamento, orçamento e simulações.
- Cálculos automatizados e integrados ao projeto 3D.
- Atualização dos desenhos e detalhamento automáticos, integrados com os cálculos, além disso, é possível gerar simulação.
- Extrair quantitativos automáticos.
- Execução mais precisa, é possível representar todas as instalações permanentes e temporárias associado com o cronograma de atividades da obra, recursos de trabalho, materiais e localização de equipamentos.
- Cronograma mais certo.

O BIM é separado em camadas, que geralmente são:

- BIM 2D (Representação ou documentação) é o detalhamento realizado em duas dimensões em pranchas com detalhes.
- BIM 3D (Modelo paramétrico) é o projeto executado em 3D, e os objetos representados possuem informações que podem ser utilizados nas etapas de: planejamento, orçamento, gestão, operações, entre outros. Nessa etapa é possível realizar o “*Clash Detection*” que é a análise de interferência entre os elementos das diferentes disciplinas inseridas no projeto.
- BIM 4D (Tempo e planejamento de execução da obra), é a etapa que relaciona o cronograma da obra e o planejamento de execução ao projeto 3D, nesta etapa é possível efetuar simulações do arranjo físico e do canteiro de obra, com isso é possível avaliar, visualizar e identificar em tempo real, através de um modelo 3d, quais são as situações críticas e planejar o deslocamento de equipamento, caminhões e materiais.
- BIM 5D (Orçamento) com os quantitativos extraídos nos modelos anteriores é possível gerar informações de custos (Orçamento).
- BIM 6D (Sustentabilidade) é a etapa que é possível realizar a análise de eficiência energética da edificação, é possível simular vários cenários e avaliar.

- BIM 7D (Manutenção e Operação) nessa etapa é possível utilizar as informações da obra gerado nas etapas anteriores, para realizar um plano de manutenção, identificar problema e encaminhar as informações necessárias para solução do mesmo.
- BIM 8D (Segurança e prevenção de acidentes) corresponde a etapa que relaciona à segurança do trabalho ao projeto em BIM, com o uso do BIM no projeto é possível identificar os problemas relacionados a segurança do trabalho antecipadamente.

2.2 CUSTOS

2.2.1 SINAPI

O SINAPI é a sigla do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, são tabelas de referências com as composições, preços de serviços e atividades de obras públicas e privadas no Brasil., utilizadas para gerar orçamentos de serviços e obras. A tabela é mantida pela Caixa Econômica Federal, abrange todo o país, com referência em todos os estados, através da pesquisa de preço realizada pelo IBGE. Ela é gratuita e pode ser acessado pelo site da Caixa Econômica Federal.

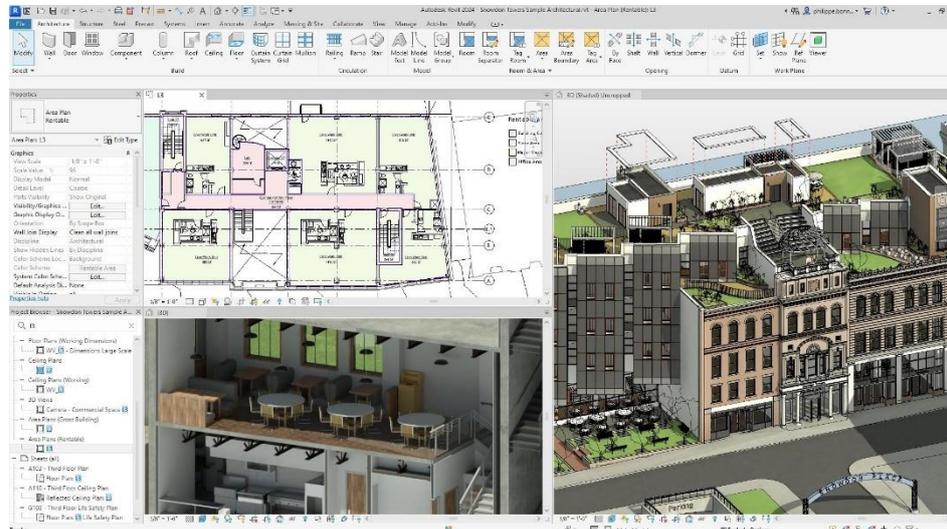
2.3 SOFTWARE

Os softwares BIM utilizados para nesse trabalho são o *Autodesk Revit*, *Autodesk Navisworks* e o *Ms Project*. Eles se complementam, ou seja, para gerar os desenhos 3D paramétricos é utilizado o *Revit*, para gerar as análises e o estudo do BIM 4D e 8D, é utilizado o *Navisworks* e para gerar os cronogramas e a sequência de etapas da obra foi utilizado o software MS Project.

O Autodesk Revit é um software da *Autodesk*, utilizado na arquitetura, urbanismo, engenharia e design, com ele é possível desenvolver todas as etapas de um projeto, desde o projeto estrutural, arquitetônico até os projetos complementares (hidráulico e elétrico). A partir de projetos em 2D o programa cria automático um modelo 3D, com parâmetros, informações e especificações dos elementos inseridos. O software permite o desenvolvimento simultâneo das diferentes disciplinas, é possível fazer a modelagem dos componentes, análise e simulação. Com o *Revit* é possível gerar quantitativos que materiais de forma automática. As alterações

realizadas no projeto são aplicadas em todos os modelos. Na Figura 02, é apresentado a área de trabalho do Revit.

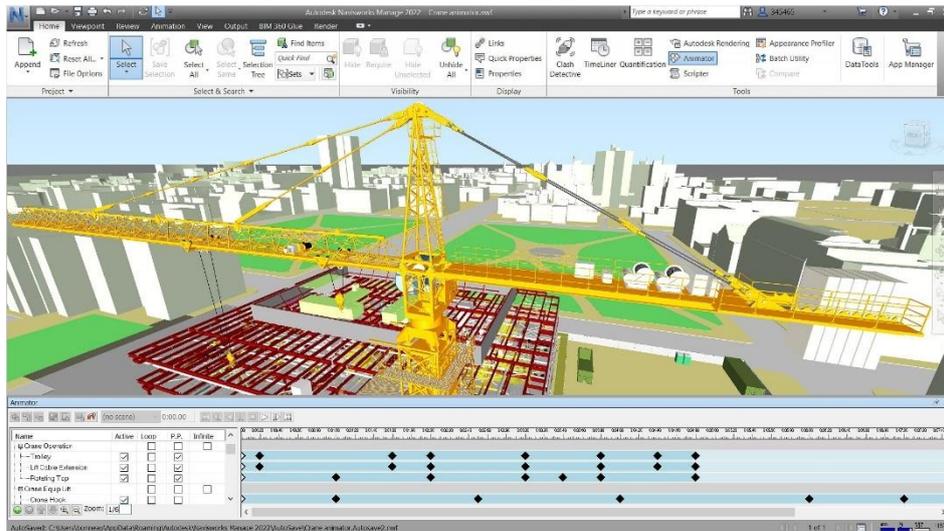
Figura 02 – Tela do software *Revit*.



Fonte: Autodesk, 2023.

O *Autodesk Naviswork* é um software da *Autodesk*, utilizado para a gestão e compatibilização de projetos desenvolvidos em BIM, o software permite combinar modelos, navegar e revisar um projeto em BIM. Com a análise dos modelos é possível antecipar problemas antes da construção. Com o software possível integrar as diferentes camadas do BIM como: (BIM 3D), planejamento (BIM 4D), e análise de custos (BIM 5D). Além disso, é possível fazer a análise do “*Clash Detection*”, que é a verificação de interferências no modelo; simular a sequência da construção; a análise do cronograma da obra e é possível gerar listas medições/custos.

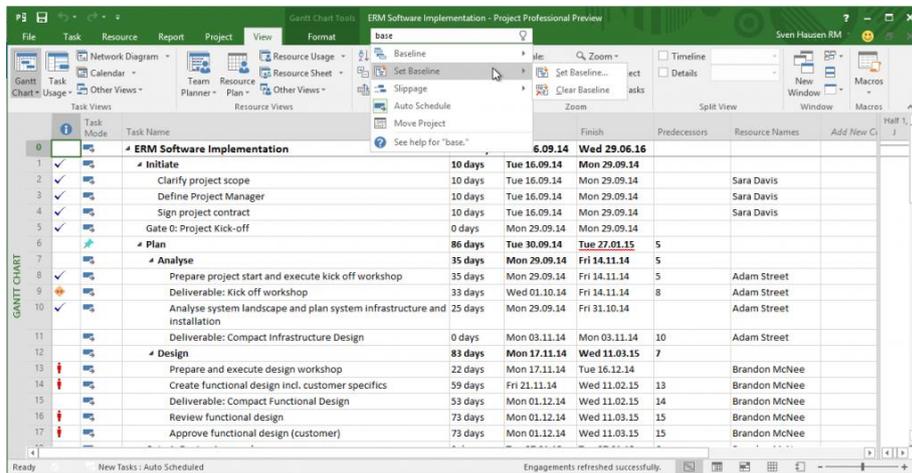
Figura 03 – Tela do software Naviswork



Fonte: Autodesk, 2023.

O *MS Project* é um software de gerenciamento de projetos, fácil e versátil possui calendários detalhados, distribuição de tarefas e visualização de dados. O software permite o planejamento, execução ou controle de uma série de atividades que se relacionam, com o software é possível gerenciar a utilização de recursos, custos, cronograma.

Figura 04 – Tela do software MS Project



Fonte: Microsoft, 2023.

2.4 NORMAS REGULAMENTADORAS (NR)

As normas regulamentadoras são obrigações, direitos e deveres que devem ser cumpridos por empregadores e trabalhadores com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio,

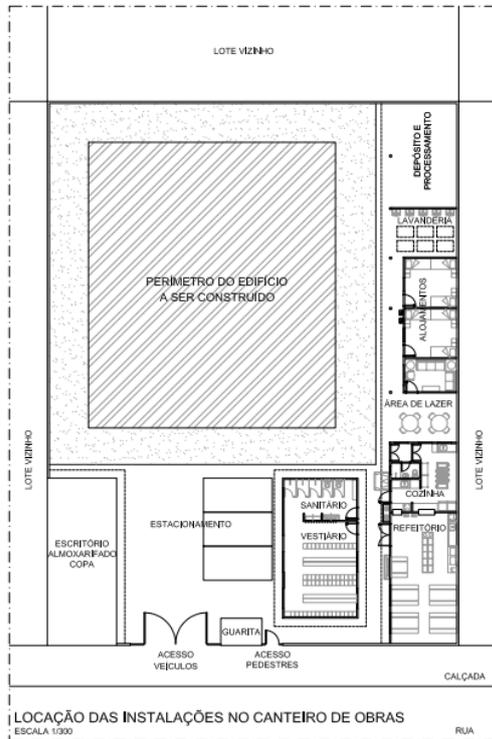
prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho. Atualmente está dividida em 38 normas.

A NR 18 (Segurança e saúde no trabalho na indústria da construção) trata dos canteiros de obra na indústria da construção civil, a norma estabelece diretrizes que possuem como objetivo de implementar medidas de controle e sistemas de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção. Na NR 4 estabelece que a indústria da construção civil são: Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho e as atividades e serviços de demolição, reparo, pintura, limpeza e manutenção de edifícios em geral, de qualquer número de pavimentos ou tipo de construção, inclusive manutenção de obras de urbanização e paisagismo. Abaixo serão apresentadas de forma breve as principais exigências descritas na NR18 para a o tipo de edificação analisada.

2.4.1 Áreas de vivência

Os canteiros de obras devem dispor de: instalações sanitárias, vestiários, local para refeições, Carpintaria, Armações de aço. Dependendo do tipo de obra e número de trabalhadores na obra a necessidade de outras instalações pode ser necessário conforme descritos nas NR.

Figura 05 – Exemplo de Planta baixa de locação das instalações no Canteiro de Obras.



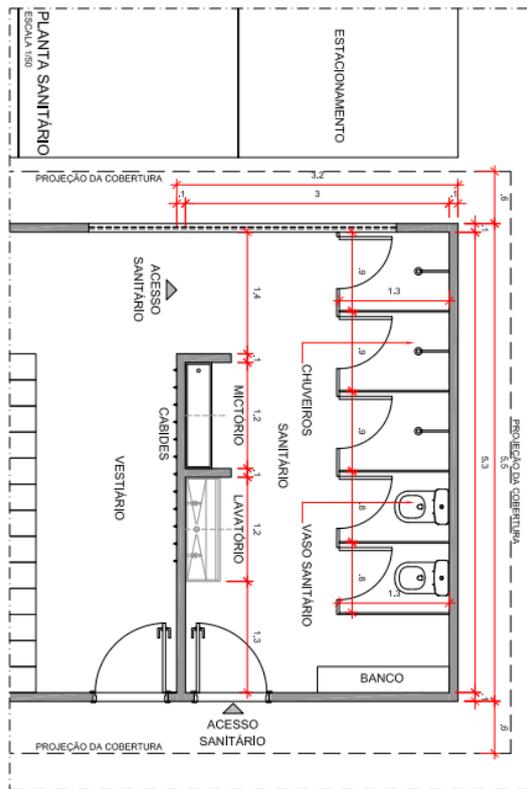
Fonte: Áreas de vivência, 2022, p.18.

2.4.1.1 Instalações sanitárias

Conforme a norma as instalações sanitárias devem ser:

- Parede de material resistente e lavável (podendo ser de madeira).
- Pisos impermeáveis, lavável e que seja antiderrapante.
- Possui porta de acesso, e não ter acesso direto a locais de refeições.
- Ser mantido limpo e conservado e possuir ventilação e iluminação adequada.
- Pé direito mínimo de 2,50m
- Para o dimensionamento:
 - Corresponde a instalação sanitária o conjunto: lavatório, vaso sanitário e mictório. Um conjunto para cada 20 trabalhadores ou fração. Chuveiro: um para cada 10 trabalhadores ou fração.
 - Chuveiro área mínima de 0,80m², com altura de 210 cm do piso.

Figura 06 – Exemplo de Planta baixa sanitários.



Fonte: Áreas de vivência, 2022, p.22.



Figura 07 – Exemplo Lavatórios.



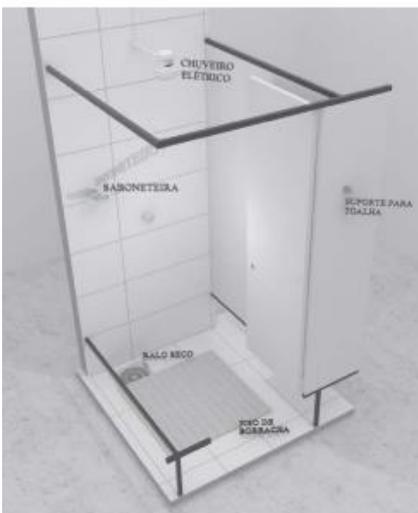
Fonte: Áreas de vivência, 2022, p.23.

Figura 08 – Exemplo Vaso Sanitário.



Fonte: Áreas de vivência, 2022, p.24.

Figura 09 – Exemplo Chuveiros.



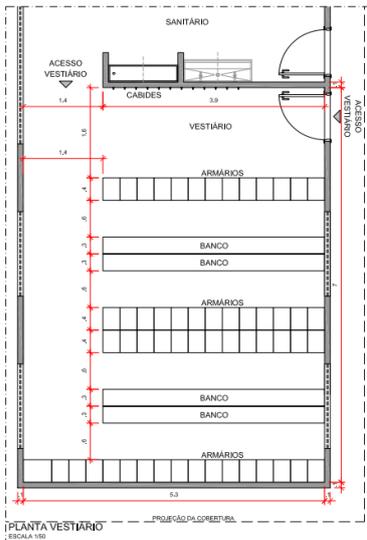
Fonte: Áreas de vivência, 2022, p.26.

2.4.1.2 vestiário

Conforme a norma o canteiro de obra deve possuir um vestiário para troca de roupa, que deve ser próxima a entrada da obra sem ligação direta com o refeitório. Para o dimensionamento:

- Ter armários individuais com chave ou cadeado.
- Pé direito de 2,50 m.
- Possuir bancos com largura mínima de 30 cm.

Figura 10 – Exemplo de Planta vestiário.



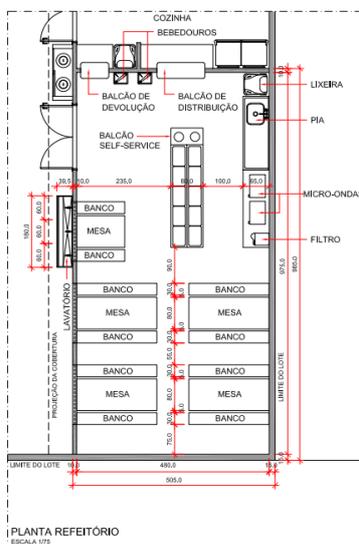
Fonte: Áreas de vivência, 2022, p.28.

2.4.1.3 local de refeições

Conforme a norma é obrigatória a existência de local destinado para as refeições, que deve possuir:

- Ter capacidade para atender todos os trabalhadores
- Ter pé direito mínimo de 280 cm.
- Possuir um local para aquecer refeições.
- Fornecer água potável através de bebedouro, ou outro dispositivo equivalente.

Figura 11 – Exemplo de Planta refeitório.



Fonte: Áreas de vivência, 2022, p.33.

2.4.2 Carpintaria e Armações de aço

Conforme a norma a carpintaria e armações de aço devem possuir espaços com piso nivelado, resistente, e antiderrapante, com cobertura capaz de proteger os trabalhadores.

2.4.3 Escadas, Rampas e passarelas

Conforme a norma deve possuir:

- As escadas, rampas e passarelas devem possuir corrimão e rodapé.
- A passagem entre níveis que apresentam uma diferença superior a 40 cm deve ser realizada por meio de escadas ou rampas.
- Escadas: largura mínima de 80 cm e a cada 290 cm de altura um patamar.
- Rampas: fixadas no piso inferior e superior e não pode ultrapassar 30° de inclinação.

2.4.4 Medidas de proteção contra quedas de altura

Conforme a norma as principais medidas são:

- Aberturas em piso devem ter fechamento provisório, e quando utilizadas para o transporte vertical devem ser protegidas por guarda-corpo fixo, e na entrada e saída fechamento com cancela ou similar.
- Vão de acesso ao elevador deve ter fechamento com no mínimo 120 cm de altura até a colocação das portas definitivas.
- A proteção contra quedas deve possuir um sistema de guarda-corpo e rodapé, sendo que deve possuir altura de 120 cm, 70 entre o travessão superior e o intermediário, possuir rodapé de 20 cm de altura e possuir os vão preenchidos com tela ou material similar.
- Essa proteção é obrigatória a partir do início da concretagem da primeira laje.
- Em edificações com mais de 4 pavimentos ou altura equivalente, e necessário a instalação de uma plataforma de proteção (instalada na altura da primeira laje), instalada em todo o perímetro da edificação. A plataforma deve possuir no mínimo 250 cm de projeção horizontal e mais 80 cm de extensão com inclinação de 45°. A plataforma deve ser instalada após a concretagem da laje e retirada somente após a conclusão da fachada externa.

- Deve ser instalado plataformas secundarias de proteção, acima da plataforma principal, em balanço de 3 em 3 lajes. Deve possuir 140 cm no mínimo e mais 80 cm de extensão com inclinação de 45°. A plataforma deve ser instalada após a concretagem da laje e retirada somente após a conclusão da fachada externa.
- Deve ser instalado um sistema limitador de quedas de altura, que deve ser composto por: rede de segurança, cordas de sustentação, conjunto de sustentação, fixação e ancoragem e acessórios de rede.

Figura 12 - Bandeja primaria e secundaria.



Fonte: Metroform. (2023).

2.4.5 Telhados e coberturas

Para o trabalho em telhados e coberturas é obrigatório a instalação de cabo guia ou cabo de segurança.

Figura 13 – Cabo de segurança.



Fonte: Metroform. (2023).

2.4.6 Tapumes

Conforme a norma é obrigatória:

- A Colocação de tapumes ou barreiras que impeçam o acesso de pessoas estranhas.
- Os tapumes devem possuir altura de 220 cm do piso
- Para construção alinhada no terreno, a obra deve ser protegida por tela.

2.5 PROJETO ESTRUTURAL

O Projeto estrutural é um dos projetos mais importante, e segundo Anjos (2017), projeto estrutural é:

É um projeto complementar ao arquitetônico cujo foco é o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais (pilares, vigas, lajes). Hoje em dia, já observamos em alguns projetos um pré-lançamento dos pilares por parte dos arquitetos, o que facilita muito o trabalho do engenheiro, que pode partir logo para a fase de dimensionamento e detalhamento dos elementos. Nessa fase de dimensionamento, o engenheiro, auxiliado por normas (NBR- 6118/2014 e NBR6120/1980) e por softwares.

Conforme segundo Kimura (2018), o projeto estrutura pode ser subdividido em quatro etapas, concepção estrutural, análise da estrutura, dimensionamento e detalhamento e por fim emissão das plantas finais.

2.5.1 Elementos de uma estrutura

É um conjunto de elementos que possuem uma função específica, pode ser dividido em: superestrutura, subestruturas e complementares. As superestruturas, é o que está acima do solo, ou seja, pilares, vigas, lajes, entre outros, são elementos que possuem a função de transmitir as cargas para as fundações. As subestruturas também chamadas de fundação, geralmente o que está abaixo do solo, possuem a função de transmitir as cargas existentes na estrutura para o solo.

2.5.2 Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento estrutural é uma estimativa inicial das dimensões das seções transversais dos elementos estruturais, para isso é utilizado formulas simplificadas, mas que

consideram vários fatores relevantes para o cálculo estrutural como: área de influência, Resistência Característica do Concreto à Compressão (f_{ck}), posição do elemento estrutural, números de pavimentos da edificação, concepção estrutural, vão e condições de apoio de vigas e lajes. O Sistema estrutural que será apresentado o pré-dimensionamento será o do concreto armado. As metodologias utilizadas serão descritas a seguir.

2.5.2.1 Pilares

Conforme a NBR 6118:2014 os pilares são: elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes.

O pré-dimensionamento dos pilares iniciar-se pela determinação da carga, através do processo das áreas de influência, o processo consiste em dividir a área total do pavimento em áreas menores (áreas de influência), de cada pilar, a partir disso é estimado a carga que cada pilar vai absorver. Para obter a área de influência é dividido as distâncias em intervalos que variam de acordo com o tipo de pilar e concepção estrutural.

Após a determinação da carga, será utilizado o método apresentado por Moura (2018) para realizar o pré-dimensionamento. O método iniciar-se pela determinação do tipo de pilar para determinar qual o coeficiente de majoração será utilizado, os coeficientes são:

$\alpha = 1,3 \rightarrow$ pilares internos ou de extremidade, na direção da maior dimensão;

$\alpha = 1,6 \rightarrow$ pilares de extremidade, na direção da menor dimensão;

$\alpha = 1,8 \rightarrow$ pilares de canto

Após a determinação dos coeficientes, é calculado as forças atuantes no pilar N_k , equação 1, para o calcular foi considerado $q = 12 \text{ kN/m}^2$ (carga usual), e uma proporção em que 1 representa a proporção de 100% para pavimento tipo, 0,3 representa a proporção de 30% da carga para o pavimento térreo e 0,7 representa 70% da carga para a cobertura.

$$N_k = 12 \cdot A_i \cdot (1 + 0,3 + 0,7) \quad (1)$$

Depois é calculado a força normal de cálculo N_d , conforme a equação 2. Para o obter o valor é multiplicado pelo fator de segurança, de acordo com a NBR 6118:2014 o γ_f é 1,4, o γ_n é calculado de acordo com a menor dimensão adotada do pilar utilizando a tabela abaixo que está presente na norma (Figura 14).

Figura 14 – Norma: Esforço Característico

h cm	≥ 19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45

onde
 $\gamma_n = 1,95 - 0,05 h$;
 h é a altura da laje, expressa em centímetros (cm).

NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo nas lajes em balanço, quando de seu dimensionamento.

Fonte: NBR 6118, 2014.

$$Nd = \gamma_f \gamma_n \alpha N_k \quad (2)$$

Determinada a força de área, calcula-se o A_c (Área de concreto no pilar), A área de concreto deverá ser maior ou igual a 360 cm², que é o mínimo exigido pela norma NBR 6118:2014.

$$A_c = Nd (0,85f_{cd} + 0,84) \quad (3)$$

f_{cd} → Resistência de cálculo do concreto (KN/cm²), 1 MPa = 0,1 kN/cm².

2.5.2.2 Vigas

As vigas tem finalidade de servir de apoio para lajes, suportar as paredes ou ações de outras vigas. Além disso, as vigas podem formar pórticos rígidos juntamente com os pilares, garantindo a segurança contra a ação do vento, assegurando assim a estabilidade global (CUNHA, 2014).

Conforme a NBR 6118:2014 as vigas devem apresentar seção transversal com largura que seja superior ou igual a 12 cm e das vigas-parede, inferior a 15 cm. A altura da viga não deve ser inferior a 20 cm.

O método utilizado para o pré-dimensionamento será o método de Araújo (2009), que determina a altura da viga a partir das distancias dos vãos e o tipo de viga, pode ser:

- Vigas bi apoiadas e sem balanços em suas extremidades, altura é calculada dividindo o vão (L), por 10, arredondando para múltiplo de 5.

- Vigas contínuas, a altura é calculada dividindo o maior vão ($L_1, L_2, L_3 \dots L_n$) por 12, arredondando para múltiplo de 5. Altura obtida pode ser utilizada em toda a viga, mesmo nos vãos menores.
- Vigas em balanço, altura é calculada dividindo o comprimento do balanço por 5.

2.5.2.3 Lajes

As lajes possuem a finalidade de suportar os carregamentos que estão posicionados na vertical dos pavimentos. A NBR 6118:2014, determina algumas espessuras mínimas de lajes maciças, que são:

- 7 cm para cobertura sem balanço;
- 8 cm para lajes de piso sem balanço;
- 10 cm para lajes que estejam em balanço;
- 10 cm para lajes que resistam à veículos de peso que sejam menores ou iguais a 30KN;
- 12 cm para lajes que resistam à veículos de peso que sejam maiores que 30KN.

O método utilizado para o pré-dimensionamento será o método de Araújo (2009), inicialmente é determinado os vãos da laje sendo: l_x = menor distância e l_y 0,7 maior distância, a altura é obtida pela equação:

$$h = \frac{l_0}{40} \quad (4)$$

Sendo l o menor vão entre l_x e l_y , representado na Equação 22.

$$l_0 \leq \begin{cases} l_x \\ 0,7 l_y \end{cases} \quad (5)$$

3 ESTUDO DE CASO

O projeto de simulação 4D foi desenvolvido a partir de um projeto arquitetônico de uma edificação multifamiliar, disponível no livro “*Edificações de pequeno porte estruturados em aço*”. A edificação possui quatro pavimentos, sendo:

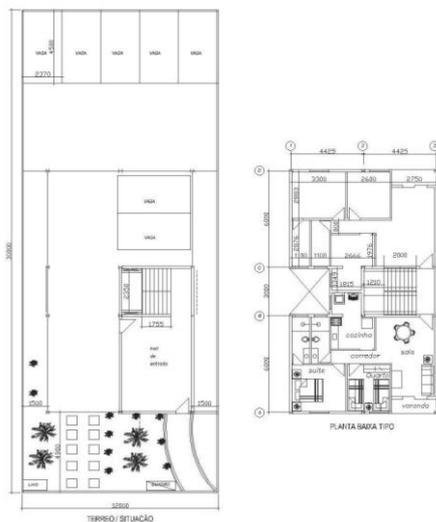
Pavimento térreo: garagem e hall de entrada, conforme Figura 15.

Quatro pavimentos tipo. Cada pavimento tipo possui duas unidades por andar, cada apartamento possui dois dormitórios sendo um suíte. Conforme Figura 15.

Pavimento Cobertura (Reservatório), conforme Figura 16.

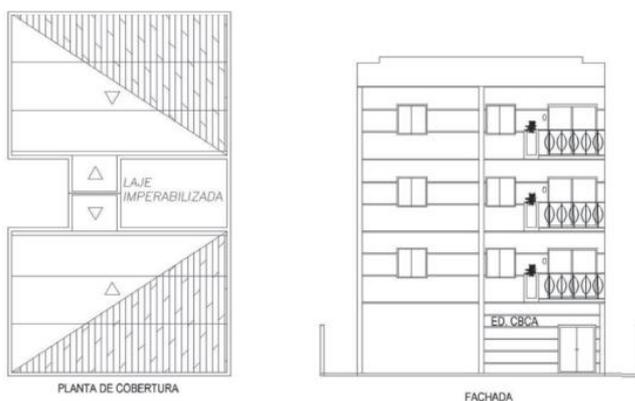
O Sistema estrutural utilizado será o do concreto armado. Concreto com $f_{ck} = 30$ Mpa.

Figura 15 – Planta Situação e pavimento tipo



Fonte: Edifícios de Pequeno Porte estruturado em aço, 2011, p.54.

Figura 16 – Planta cobertura e fachada



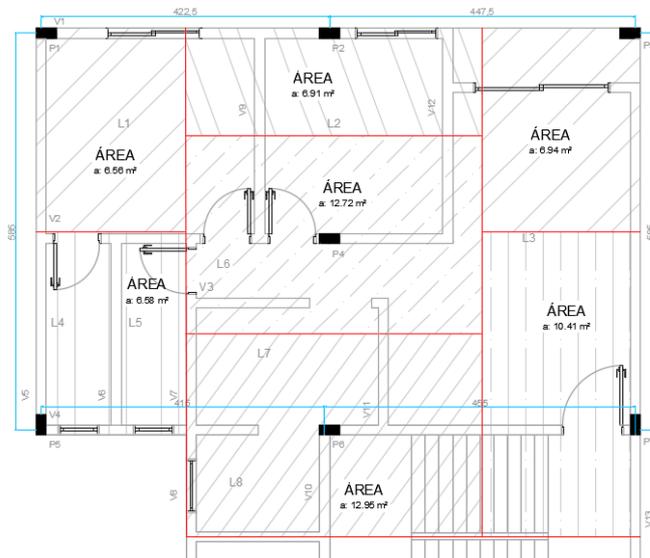
Fonte: Edifícios de Pequeno Porte estruturado em aço, 2011, p.55.

3.1 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

3.1.1 Pré-dimensionamento pilares

Para a determinação das cargas foi inicialmente realizado o processo das áreas de influência de cada pilar, conforme figura 17, após isso foi determinado o coeficiente de majoração de acordo com cada tipo de pilar, em seguida foi calculado as forças atuantes no pilar, depois calculado a força normal de cálculo e pôr fim a área de concreto do pilar, com os resultados foi comparado com mínimo presente na norma e realizado o ajuste quando necessários. Conforme apresenta na tabela 01:

Figura 17 – Área de influência



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 01 – Pré-dimensionamento Pilares

Pilares	α	Área (m ²)	Nk (KN)	Nd (KN)	Ac (cm ³)	AC (adotado)	X	X adotado	Dimensão pilar (cm)
P1	1,8	6,56	157,44	495,94	458,74	459	32,8	33	14x33
P2	1,3	6,91	165,84	377,29	348,99	360	25,7	26	14x26
P3	1,8	6,94	166,56	524,66	485,31	485,5	34,7	35	14x35
P4	1,3	12,72	305,28	694,51	642,42	642,5	45,9	47	14x47
P5	1,8	6,58	157,92	497,45	460,14	460,5	32,9	33	14x33
P6	1,3	12,95	310,8	707,07	654,04	654,5	46,7	47	14x47
P7	1,6	10,41	249,84	699,55	647,09	647,5	46,2	47	14x47

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.1.2 Pré-dimensionamento vigas

Para o pré-dimensionamento das vigas será utilizado o método de Araújo (2009), que determina a altura da viga a partir das distâncias dos vãos, inicialmente foi identificado quais tipos os vãos e assim determinados a altura da viga, já que foi pré-estabelecido que o base da viga (bw) será de 14 cm. Conforme apresentado na tabela 02:

Tabela 02 – Pré-dimensionamento Vigas

Vigas	Tipo de Vigas	Maior vão	Base (cm)	H (cm)	H adotado	Dimensão viga
V1	Biapoiada	447,5	14	44,75	45	14x45
V2	Biapoiada	447,5	14	44,75	45	14x45
V3	Biapoiada	281	14	28,1	30	14x30
V4	Biapoiada	455	14	45,5	45	14x45
V5	Biapoiada	195	14	19,5	20	14x20
V6	Biapoiada	585	14	58,5	60	14x60
V7	Biapoiada	282	14	28,2	30	14x30
V8	Biapoiada	282	14	28,2	30	14x30
V9	Biapoiada	157,5	14	15,75	20	14x20
V10	Biapoiada	282	14	28,2	30	14x30
V11	Biapoiada	303	14	30,3	32	14x32
V12	Biapoiada	315	14	31,5	32	14x32

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.1.3 Pré-dimensionamento lajes

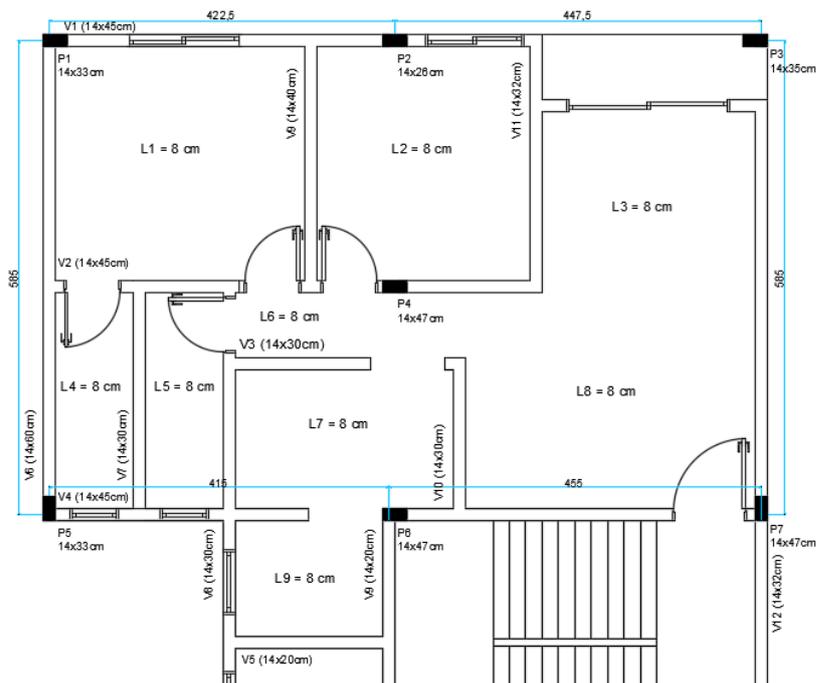
Para o pré-dimensionamento das lajes será utilizado o método de Araújo (2009), inicialmente é determinado os vão da laje sendo: l_x = menor distância e $l_y = 0,7$ maior distância, assim obtido a espessura da laje, comparando o resultado com os mínimos presente na norma e ajustando. Conforme apresentado na tabela 03:

Tabela 03 – Pré-dimensionamento Lajes

Lajes	Tipo de laje	lx	ly	$0,7 l_y$	l0	H (cm)	H adotado (cm)
L1	laje maciça	303	320	224	224	5,60	8
L2	laje maciça	275	302	211,4	211,4	5,29	8
L3	laje maciça	275	303	212,1	212,1	5,30	8
L4	laje maciça	110	282	197,4	110	2,75	8
L5	laje maciça	110	282	197,4	110	2,75	8
L6	laje maciça	95	281	196,7	95	2,38	8
L7	laje maciça	187	281	196,7	187	4,68	8
L8	laje maciça	282	369	258,3	258,3	6,46	8
L9	laje maciça	157,5	195	136,5	136,5	3,41	8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 18 – Pré-dimensionamento

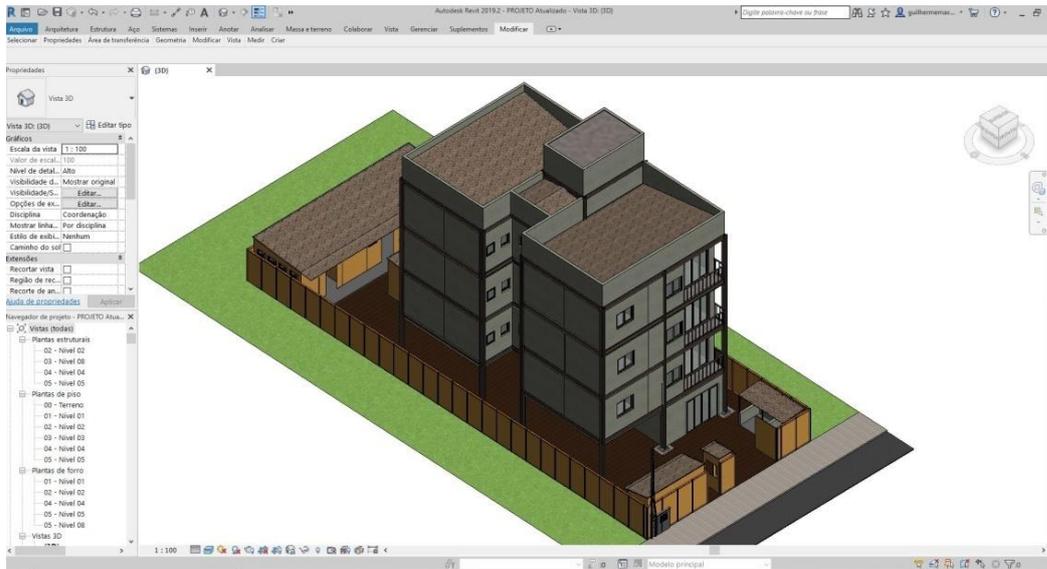


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.2 MODELAGEM 4D E 8D

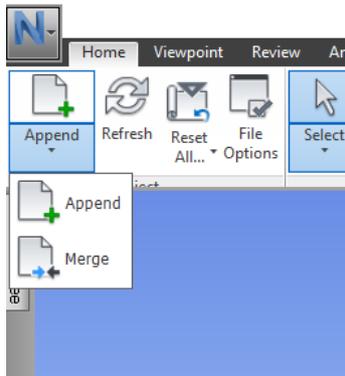
O projeto inicialmente foi modelado no software *Revit*, conforme figura 19, após a modelagem o arquivo foi exportado no formato de arquivo NWC, em seguida no *Navisworks* os arquivos foram importados para o projeto, utilizando o botão *Append* (figura 20).

Figura 19 – Modelagem no Revit



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

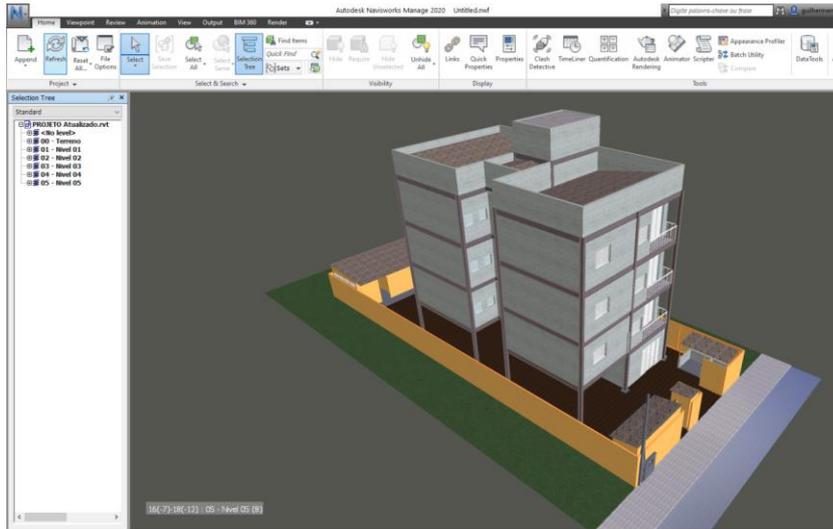
Figura 20 – Botão *Append*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após a importação foi utilizado o botão *Selection Tree* foi possível observar os arquivos importados para o *Navisworks*, conforme apresentado na figura 21.

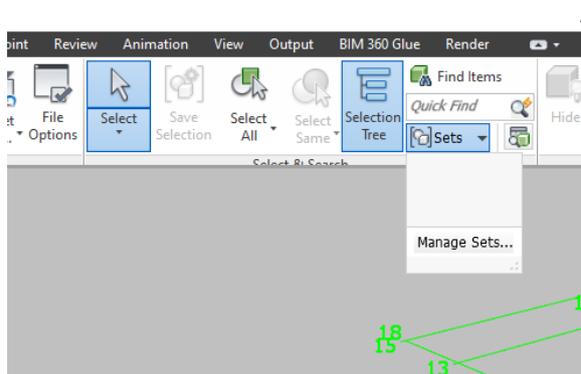
Figura 21 – Botão *Selection Tree*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

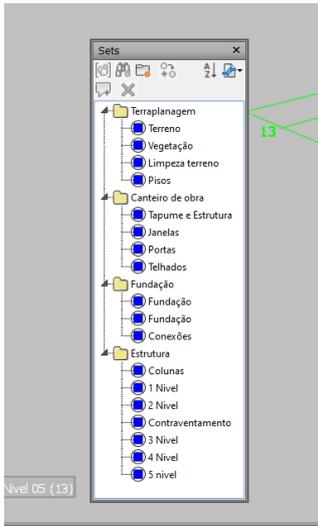
Para o planejamento e sequência de execução da obra, foram criados os *Sets*, que são as etapas que serão desenvolvidas durante a obra, essas tarefas foram adicionadas em pastas para melhor organização, através do comando *Manage Sets*. Conforme figura 22 e 23. Para a visualização do que já foi adicionado é possível utilizar o botão *Hide*, que permite ocultar os itens que já foram selecionados.

Figura 22 – Comando *Manage Sets*



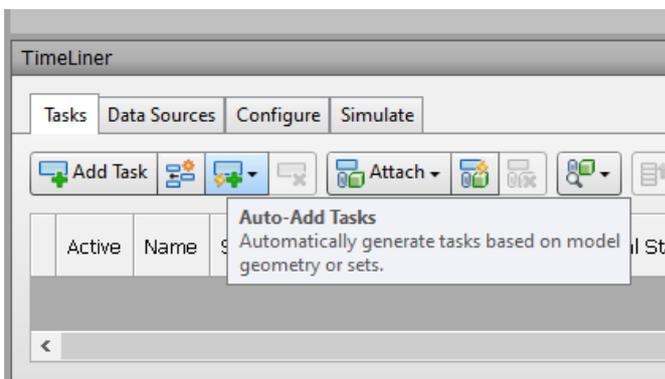
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 23 – Comando Sets



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após a criação dos *Sets*, foi iniciado o comando *TimeLiner*, que é o comando que permite atribuir um planejamento e visualizar uma simulação do processo de construção, essa ferramenta permite a comparação de datas, apresenta a sequência da construção através de um gráfico de Gantt. Para que as tarefas apareçam na tela da *Timeliner*, foi utilizado o comando *Auto-Add tasks*, e o comando *For Every Set*, conforme figura 24, após isso a seqüência foi exportada para o *MSPProject*, através do botão *Export the Schedule* e depois *MS Project XML*. O arquivo gerado foi aberto do *MS Project*, através do botão *Arquivo, Abrir*, e depois criar um novo projeto.

Figura 24 – Comando *Auto-Add tasks*

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na tela do *MSPProject* foi desenvolvida a sequência das atividades e o cronograma. Para realizar o cronograma foram utilizadas as composições de serviço das tabelas SINAPI,

conforme será descrito abaixo. Para simulação 4D, a simulação foi desenvolvida da limpeza do terreno até a finalização da alvenaria, portas, janelas e telhados.

A etapa inicial projetada para a obra será a limpeza do terreno, para a limpeza do terreno foi estipulado, 02 dias de serviço de 02 profissionais.

Depois de realizada a limpeza do terreno foi planejado o início do fechamento do terreno com tapume de madeira, foi utilizado a composição da tabela SINAPI, 01.CANT.CANT.018/01, (figura 25), que descreve a composição da execução do Tapume com compensado de madeira.

Figura 25 – Composição analítica de serviço - Tapume

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade		
01.CANT.CANT.018/01	TAPUME COM COMPENSADO DE MADEIRA. AF_05/2018	M2		
Código SIPC 98458				
Vigência: 05/2018		Última Atualização: 06/2020		
COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unid.	Coef.
C	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,612700
C	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,204200

Fonte: Cadernos Técnicos de serviço – Instalações para canteiros de Obras, 2020, p.50

Conforme apresentado na tabela para a realização do serviço, a cada m², necessita de 0,61 horas de um carpinteiro e 0,20 horas de um ajudante. No projeto possui cerca de 185 m² de Tapume, será necessário 112 horas para concluir o serviço, para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, serão necessários 14 dias. Para que o serviço será executado na metade do tempo foi dimensionado para a utilização de duas equipes.

Para o dimensionamento do prazo para a construção das estruturas necessárias para a obra como escritórios, refeitórios, almoxarifados, sanitários e vestiários, reservatório de água, central de armaduras, central de formas, produção de argamassas ou concreto, depósito e guarita, foram utilizados as composições e modelos presentes no caderno técnico da SINAPI, foi estimado que para a execução desses serviços serão necessários aproximadamente 20 dias.

Para o dimensionamento da execução do reservatório de água que será utilizado no canteiro de obra, foi utilizado a composição da tabela SINAPI 01.CANT.CANT.021/01, que descreve a execução da estrutura de madeira que suporta a caixa d'água elevada de 1000 litros, conforme figura abaixo.

Figura 26 – Composição analítica de serviço – Suporte Caixa d'água

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.CANT.CANT.021/01	ESTRUTURA DE MADEIRA PROVISÓRIA PARA SUPORTE DE CAIXA D'ÁGUA ELEVADA DE 1000 LITROS. AF_05/2018_P	UN
Código SIPC		
98461		
Vigência: 05/2018		Última Atualização: 06/2020

COMPOSIÇÃO						
Item	Código	Descrição			Unid.	Coef.
C	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES			H	7,029600

Fonte: Cadernos Técnicos de composição para Locação da Obra, 2020, p.56

Após a construção do canteiro da obra, foi realizada a execução do serviço de delimitação do espaço da obra, para isso foi utilizado a composição da tabela SINAPI, 03. SERT.LOCA.024/11, conforme figura 27, que trata da locação convencional de obra, utilizando gabarito de tábuas corridas pontaleadas a cada 2 metros.

Figura 27 – Composição analítica de serviço - Locação

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
03.SERT.LOCA.024/01	LOCAÇÃO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M – 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018	M
Código SIPC		
99059		
Vigência: 10/2018		Última atualização: 10/2018

COMPOSIÇÃO				
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID	COEFICIENTE AFERIDO
C	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7125
C	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3563

Fonte: Cadernos Técnicos de composição para Locação da Obra, 2020, p.06

Conforme apresentado na tabela para a realização do serviço, a cada metro, necessita de 0,71 horas de um carpinteiro e 0,35 horas de um ajudante. No projeto possui cerca de 50 metros, serão necessárias 36 horas para concluir o serviço, para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, serão necessários 4,5 dias. Para que o serviço será executado na metade do tempo foi dimensionado para a utilização de duas equipes.

Para o projeto da infraestrutura foi utilizado a fundação rasa por sapata, para a execução optou-se pela confecção em madeira serrada, sendo uma utilização, conforme apresentado na composição analítica de serviços 01.FUES.FSUP.010/01 , Fabricação e montagem e desmontagem de formas para sapata, em madeira serrada. (Figura 28)

Figura 28 – Composição analítica de serviço - Sapata

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.FUES.FSUP.010/01	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	M2
Código SIPC		
96529		
Vigência: 06/2017 Última Atualização: 12/2019		

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unid.	Coef.
C	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	4,371000
C	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,407000

Fonte: Cadernos Técnicos do serviço – Fundações rasas, 2021, p.11

Para a realização da armação da sapata, foi utilizado a composição 01.FUES.FSUP.026/01, Armação de bloco, viga baldrame ou sapata, utilizando CA-50 de 8 mm – Montagem. (Figura 29)

Figura 29 – Composição analítica de serviço - Sapata

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.FUES.FSUP.026/01	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG
Código SIPC		
96545		
Vigência: 06/2017 Última Atualização: 01/2018		

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unid.	Coef.
C	92793	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,000000
C	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,115500
C	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,037500

Fonte: Cadernos Técnicos do serviço – Fundações rasas, 2021, p.57

Para a realização da escavação para sapata, optou-se pela escavação mecanizada, para isso foi utilizado a composição 01.MOVT.FSUP.002/01, Escavação mecanizada para bloco de coroamento ou sapata com retroscavadeira. (Figura 30).

Figura 30 – Composição analítica de serviço - Sapata

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.MOVT.FSUP.002/01	ESCAVAÇÃO MECANIZADA PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA COM RETROSCAVADEIRA (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF_06/2017	M3
Código SIPC		
96521		
Vigência: 06/2017 Última Atualização: 10/2021		

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unid.	Coef.
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,225000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,161000

Fonte: Cadernos Técnicos do serviço – Fundações rasas, 2021, p.79

Para a realização da concretagem da sapata, optou-se pela concretagem bombeada, para isso foi utilizado a composição 01.FUES.FSUP.043/01 , Concretagem de sapatas, FCK 30MPA, com uso de bomba, lançamento, adensamento e Acabamento. (Figura 31)

Figura 31 – Composição analítica de serviço - Sapata

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.FUES.FSUP.043/01	CONCRETAGEM DE SAPATAS, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_11/2016	M3
Código SIPC		
96558		
Vigência: 11/2016 Última Atualização: 12/2019		

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unid.	Coef.
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,493000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,740000

Fonte: Cadernos Técnicos do serviço – Fundações rasas, 2021, p.75

Utilizados as composições e modelos presentes no caderno técnico da SINAPI, foi estimado que para a execução desses serviços serão necessários aproximadamente 8 dias.

Para a fabricação das formas para das lajes, vigas e pilares, de acordo com a SINAPI, foram utilizadas as composições que utilizam as formas em compensado plastificado ou resinado para sua fabricação. Foi considerando um desempenho mediano de trabalho, de acordo com a composição, o tempo necessário para executar as formas, será apresentado abaixo:

Tabela 04 – Fabricação das Formas

Descrição	Ajudante (H.h/m ²)	Carpinteiro (H.h/m ²)	Área (m ²)	Ajudante. (Total)	Carpinteiro (Total)	Total (horas)
Pilares	0,276	1,656	145,6	40,2	241,1	281,3
Vigas	0,222	1.333	469,6	104,3	625,9	730,3
Lajes	0.006	0,034	431,5	2,6	14,7	17,3

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para a montagem e desmontagem das formas foram utilizadas as seguintes composições:

- Para os pilares foi considerado a área de seção menor que 0,25 m² com o pé direito simples realizadas em compensado plastificado com 4 usos. Para a fabricação das formas serão necessários um ajudante (0,311 H.h/m²) e um Carpinteiro (1,695 H.h/m²).

- Para vigas foi considerado um pé direito simples utilizando Escoramento com pontalete de madeira fabricado em madeira serrada com 4 usos. Para a fabricação das formas serão necessários um ajudante (0,309 H.h/m²) e um Carpinteiro (1,686 H.h/m²).
- Para lajes foi considerado uma área maior que 0,20 m² maciça com pé direito simples fabricadas em compensado resinado. Para a fabricação das formas serão necessários um ajudante (0,180H.h/m²) e um Carpinteiro (0,981 H.h/m²).

Tabela 05 – Montagem e desmontagem das formas

Descrição	Ajudante (H.h/m ²)	Carpinteiro (H.h/m ²)	Área (m ²)	Ajudante. (Total)	Carpinteiro (Total)	Total (horas)
Pilares	0,311	1,695	145,6	45,3	246,8	292,1
Vigas	0,309	1,686	469,6	145,1	791,7	936,9
Lajes	0,180	0,981	431,5	77,7	423,3	501,0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Considerando que um funcionário cumpra uma jornada de 44 horas semanais, ou seja, 176 horas no mês, de acordo com os dados da tabela 05, será utilizado uma equipe de: 2 carpinteiros e 1 ajudante. Previsão de conclusão de 2 meses e 11 dias.

De acordo com a SINAPI para a fabricação, corte e dobra de aço para as lajes foi utilizado a composição que utiliza Aço CA-50 com diâmetro de 10 mm. Para a fabricação, corte e dobra de aço para as lajes serão necessários um ajudante (0,0030 H.h/m²) e um Armador (0,0215 H.h/m²). Para os outros componentes da estrutura foi utilizado Aço CA-50 com diâmetro de 10 mm. Para a fabricação, corte e dobra de aço para a fabricação das outras estruturas serão necessários um ajudante (0,0151 H.h/m²) e um Armador (0,1074 H.h/m²).

Tabela 06 – Fabricação, corte e dobra de aço

Descrição	Ajudante (H.h/m ²)	Armador (H.h/m ²)	Área (m ²)	Ajudante. (Total)	Armador (Total)	Total (horas)
Lajes	0,0030	0,0215	431,5	1,3	9,3	10,6
Outros	0,0151	0,1074	615,2	9,3	66,1	75,4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para a montagem das armações foi utilizado a composição para estrutura convencional para edificações de múltiplos pavimentos para pilar ou viga utilizado aço CA-50 com diâmetro de 12,5. Para a fabricação serão necessários um ajudante (0,0063 H.h/m²) e um Armador (0,0386 H.h/m²). Para as lajes foi utilizado a composição para estrutura convencional para edificações de múltiplos pavimentos para laje utilizado aço CA-50 com diâmetro de 12,5. Para a montagem serão necessários um ajudante (0,0040 H.h/m²) e um Armador (0,0247 H.h/m²).

Tabela 07 – Montagem das armações

Descrição	Ajudante (H.h/m ²)	Armador (H.h/m ²)	Área (m ²)	Ajudante. (Total)	Armador (Total)	Total (horas)
Pilar / Viga	0,0063	0,0386	615,2	3,9	23,7	27,6
Outros	0,0040	0,0247	431,5	1,7	10,7	12,4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para realizar a concretagem de pilares acordo com a tabela SINAPI, foi utilizado a composição para pilares com Fck = 25 Mpa, com o uso de bomba com área maior e igual 0,25 m². Para a concretagem serão necessários um ajudante (1,192 H.h/m²) um Carpinteiro (0,199.h/m²) e um Pedreiro (0,199.h/m²).

Tabela 08 – Concretagem de pilares

Descrição	Ajud. (H.h/m ²)	Carp. (H.h/m ²)	Pedreiro (H.h/m ²)	Área (m ²)	Ajud. (Total)	Carp. (Total)	Pedreiro (Total)	Total (horas)
Pilares	1,192	0,199	0,199	145,6	173,6	29,0	29,0	231,5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Considerando que um funcionário cumpra uma jornada de 44 horas semanais, ou seja, 176 horas no mês, de acordo com os dados da tabela 08, será utilizado uma equipe de: 1 carpinteiros, 2 ajudantes e 1 pedreiro. Previsão de conclusão de 2 meses.

Para realizar a concretagem de vigas e lajes acordo com a tabela SINAPI, foi utilizado a composição para lajes maciças e vigas, com o uso de bomba para edificações de qualquer altura com áreas medias das lajes menor que 20m². Para a concretagem serão necessários um ajudante (0,6380 H.h/m²) um Carpinteiro (0,0940 H.h/m²) e um Pedreiro (0,5650.h/m²).

Tabela 09 – Concretagem de lajes e vigas

Descrição	Ajud. (H.h/m ²)	Carp. (H.h/m ²)	Pedreiro (H.h/m ²)	Área (m ²)	Ajud. (Total)	Carp. (Total)	Pedreiro (Total)	Total (horas)
Lajes/Vigas	0,6380	0,0940	0,5650	222,8	142,1	20,9	125,9	288,9

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Considerando que um funcionário cumpra uma jornada de 44 horas semanais, ou seja, 176 horas no mês, de acordo com os dados da tabela 09, será utilizado uma equipe de: 1 carpinteiro, 1 pedreiro e 1 ajudante. Previsão de conclusão de 2 meses.

Para a confecção da alvenaria, optou-se pela alvenaria de vedação executada em bloco, tabela SIMAPI 01.PARE.ALVE.011/01, conforme dados da tabelas, será necessário 105 dias de um pedreiro e 53 dias de um servente para executar o serviço. No cronograma será considerado uma equipe de 4 pedreiros e 2 serventes.

Figura 36 – Composição analítica de serviço – Alvenaria

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.PARE.ALVE.011/01	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 14X19X39 CM (ESPESSURA 14 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	M2
Código SIMAPI		Situação
103318		ATIVO
Vigência: 12/2021 Última Atualização: 12/2021		

COMPOSIÇÃO					
Item	Código	Descrição	Situação	Unid.	Coef.
I	651	BLOCO DE VEDAÇÃO DE CONCRETO 14 X 19 X 39 CM (CLASSE C - NBR 6136)	ATIVO	UN	13,60000
I	34547	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = 1,20 A 1,70 MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) 50 X 12 CM	ATIVO	M	0,42000
I	37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇAO DIRETA)	ATIVO	CENTO	0,01000
C	87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	ATIVO	M3	0,01020
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	1,00000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,50000

Fonte: Cadernos Técnicos do grupo – Alvenaria de Vedação, 2021, p.19

Para a instalação das portas e janelas foi utilizado as seguintes tabelas SIMAPI, 01.ESQV.PORT.009/01, 01.ESQV.PORT.031/01 e 01.ESQV.JANE.012/01, conforme mostrado nas figuras 37 e 38 Para a execução a instalação das portas será necessário 9 dias de um pedreiro, 5 dias de um servente e 2 horas de um carpinteiro.

Figura 37 – Composição analítica de serviço – Portas

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO		
Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.ESQV.PORT.009/01	KIT DE PORTA-PRONTA DE MADEIRA EM ACABAMENTO MELAMÍNICO BRANCO, FOLHA LEVE OU MÉDIA, E BATENTE METÁLICO, 80X210CM, FIXAÇÃO COM ARGAMASSA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN
Código SIPCI		
90796		
Vigência: 08/2015		Última Atualização: 10/2020

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unid.	Coef.
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,865000
C	88629	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MANUAL. AF_08/2019	M3	0,022600
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,079000
C	88261	CARPINTEIRO DE ESQUADRIA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,294000

Fonte: Cadernos Técnicos do grupo – Esquadrias - Portas, 2021, p.34

Figura 38 – Composição analítica de serviço – Janelas

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO		
Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.ESQV.JANE.012/01	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER COM 2 FOLHAS PARA VIDROS, COM VIDROS, BATENTE, ACABAMENTO COM ACETATO OU BRILHANTE E FERRAGENS. EXCLUSIVE ALIZAR E CONTRAMARCO. FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	M2
Código SIPCI		
94570		
Vigência: 07/2016		Última Atualização: 01/2020

COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unid.	Coef.
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,519000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,259000

Fonte: Cadernos Técnicos do grupo – Esquadrias - Janelas, 2021, p.17

Para o dimensionamento do prazo de instalação dos guarda corpo, foi utilizado a tabela 01.ESQV.GCFE.001/01, figura 39, para realizar o serviço será necessário 10 dias de um auxiliar de serralheiro e 13 dias de um serralheiro.

Figura 39 – Composição analítica de serviço – Guarda Corpo

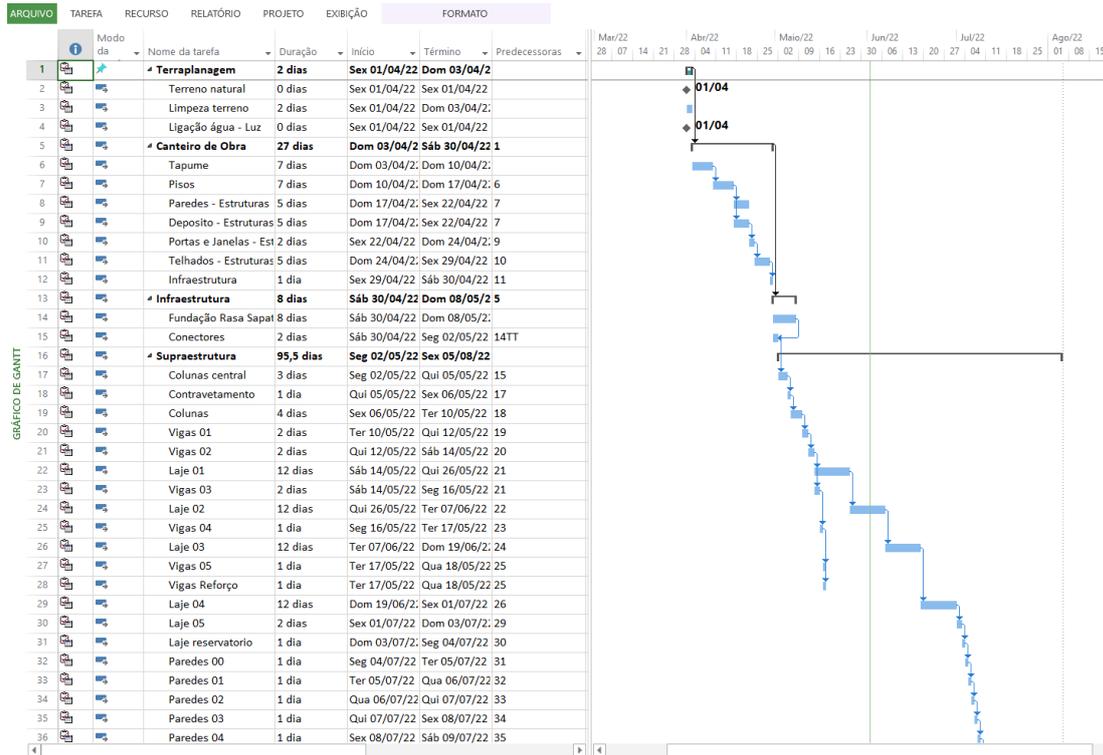
1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO		
Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.ESQV.GCFE.001/01	GUARDA-CORPO DE AÇO GALVANIZADO DE 1,10M, MONTANTES TUBULARES DE 1.1/4" ESPAÇADOS DE 1,20M, TRAVESSA SUPERIOR DE 1.1/2", GRADIL FORMADO POR TUBOS HORIZONTAIS DE 1" E VERTICAIS DE 3/4", FIXADO COM CHUMBADOR MECÂNICO. AF_04/2019_P	M
Código SIPCI		Situação
99837		ATIVO
Vigência: 04/2019		Última Atualização: 05/2019

C	88251	AUXILIAR DE SERRALHEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	4,52600
C	88315	SERRALHEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	5,51000

Fonte: Cadernos Técnicos do grupo – Guarda corpo, grade e corrimão, 2021, p.25

Após a verificação do cronograma com o auxílio das composições da tabela SINAPI, foi atualizado o cronograma, conforme mostrado na figura 40.

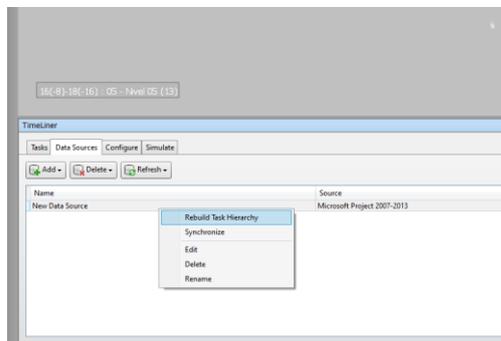
Figura 40 – Tela MS Project



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após a conclusão da estrutura no *MSProject*, (Figura 37) o arquivo foi salvo e importado para o *Navisworks*. No *Navisworks* na tela do *TimeLiner*, na guia *Data Sources*, foi utilizado o comando *Add*, e selecionado a opção *Microsoft Project*. Após a importação, selecionamos *Rebuild Task Hierarchy*, para inserir as atividades no *Navisworks*. (Figura 41)

Figura 41 – Comando Rebuild Task Hierarchy



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

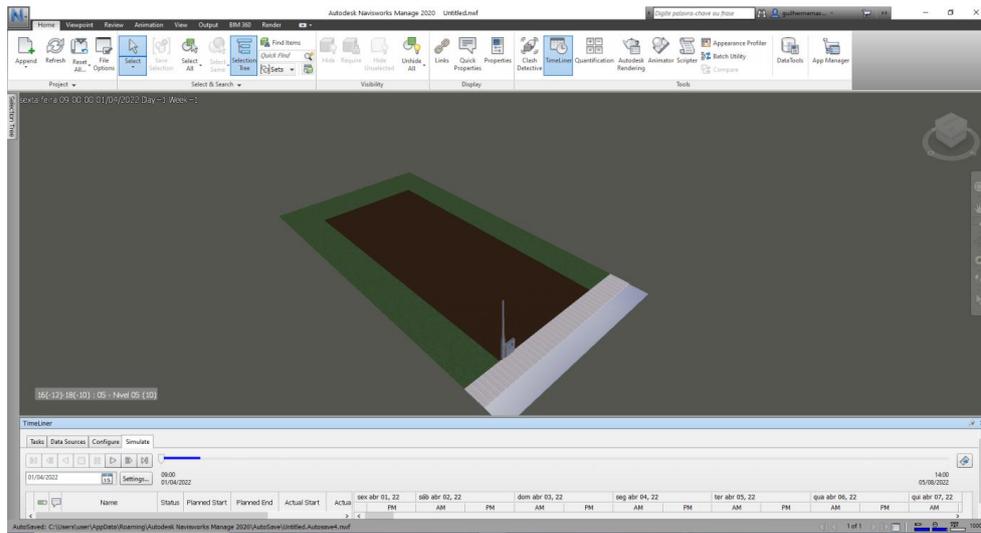
Após a importação as atividades foram configuradas como: *Construct* (construção definitiva, ex: estrutura), *Demolish* (demolição) e *Temporary* (atividades que não serão

permanentes como o canteiro de obra). Configuração realizada na coluna *Task Type* e na guia *Configure*.

Após essas etapas foi possível gerar a simulação da obra sincronizada com o cronograma, e visualizar as possíveis interferências no projeto.

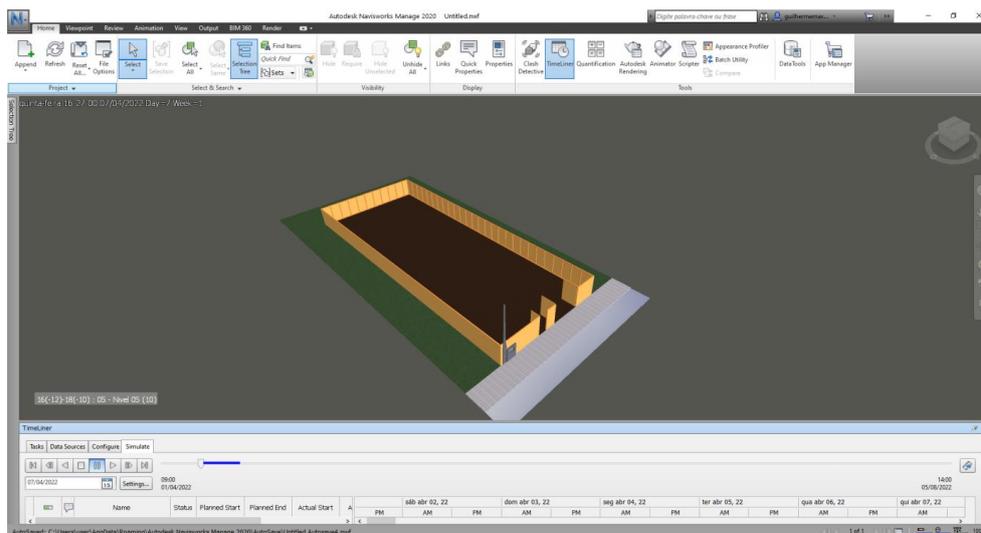
Na figura 42, é apresentado o início do projeto, com o terreno natural, com a limpeza e nivelamento do local da obra. Na figura 43, é a construção do tapume.

Figura 42 – Terreno



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

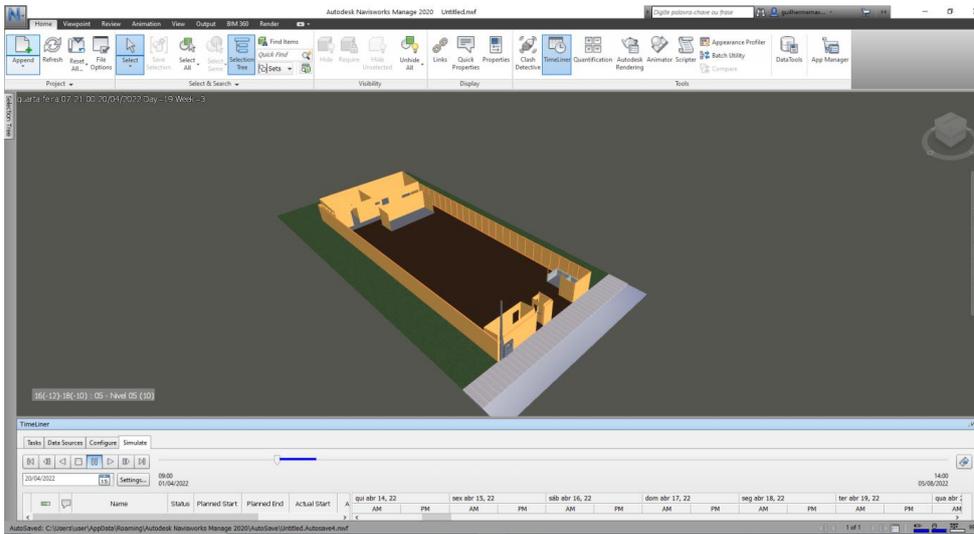
Figura 43 – Tapume



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na figura 44, é apresentada a construção dos das estruturas.

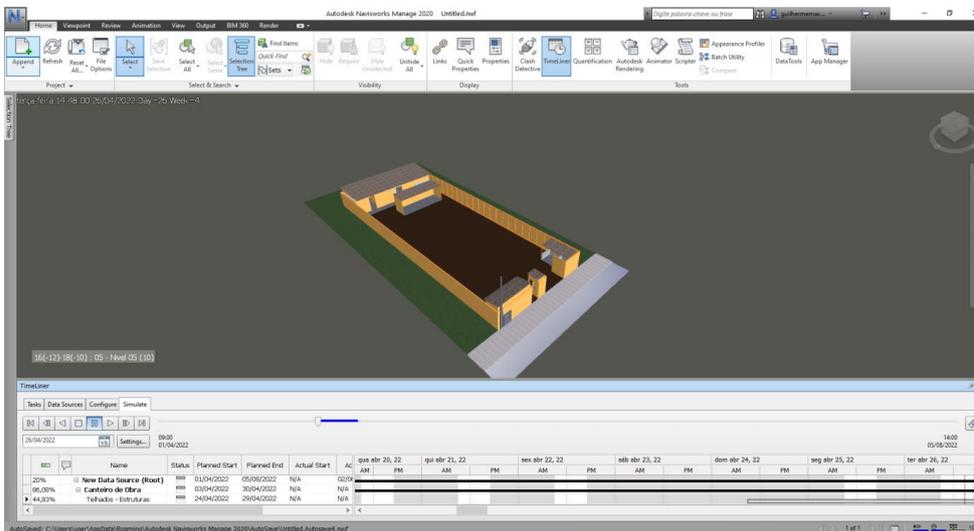
Figura 44 – Estruturas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

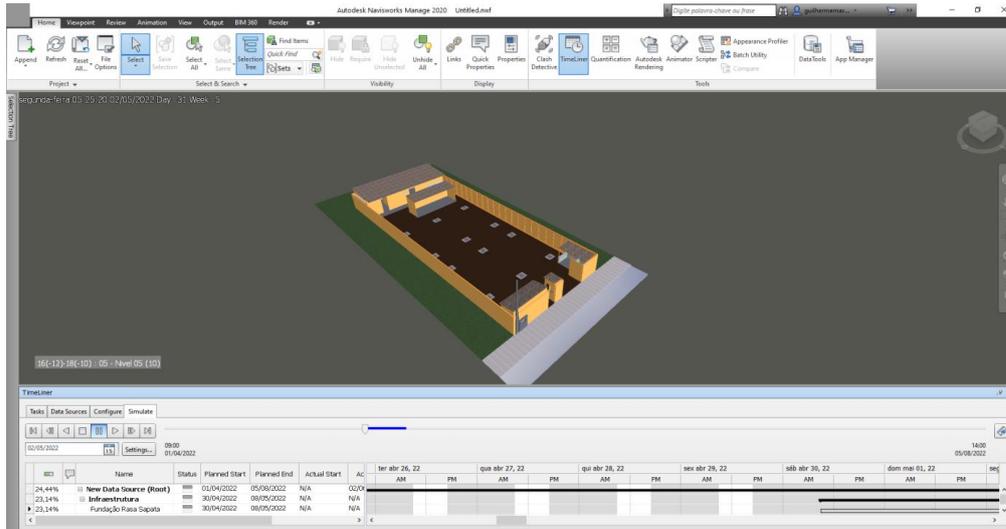
Na figura 45, é mostrada a finalização das estruturas. Na figura 46, é apresentado o início da execução da fundação.

Figura 45 – Estruturas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

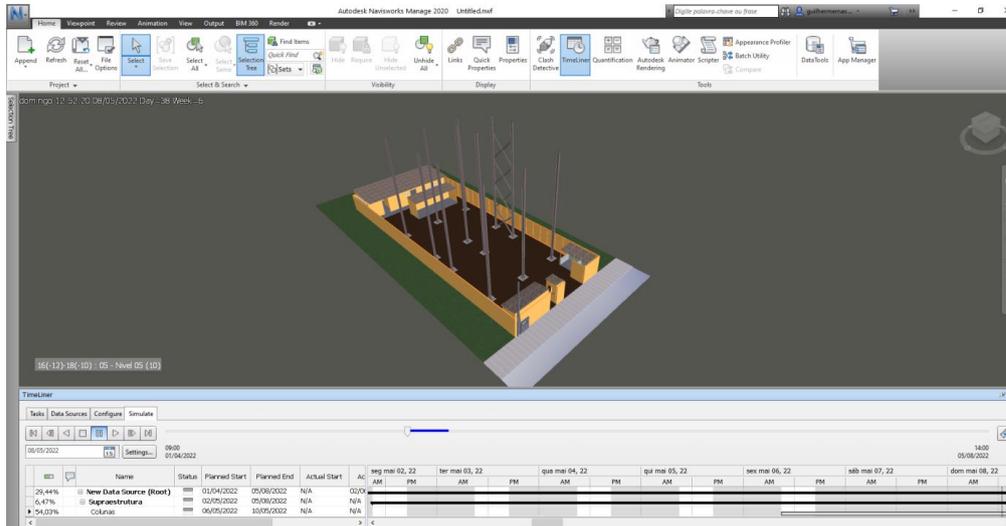
Figura 46 – Infraestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

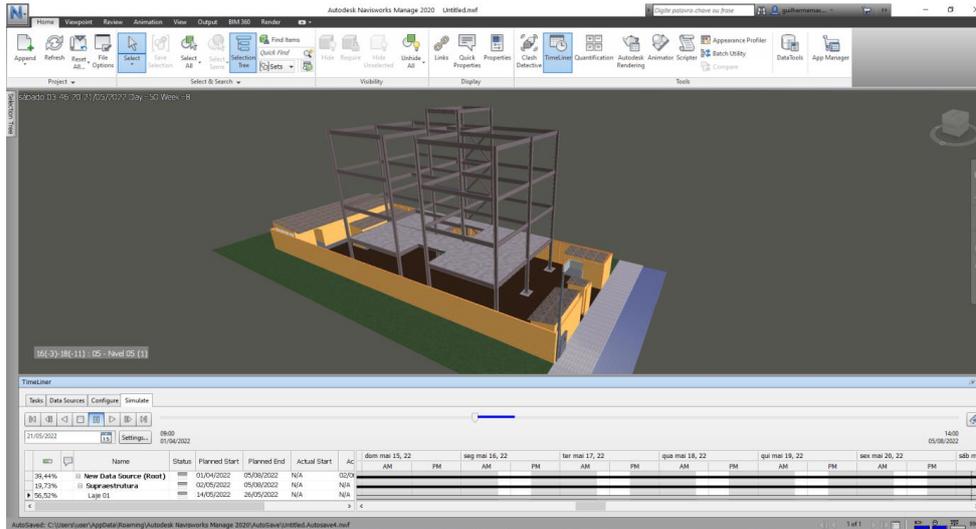
Na figura 47, é mostrado o início da execução da superestrutura, inicialmente pelos pilares. Depois as vigas (figura 48) e na figura 49 é mostrada o início da construção das lajes.

Figura 47 – Superestrutura



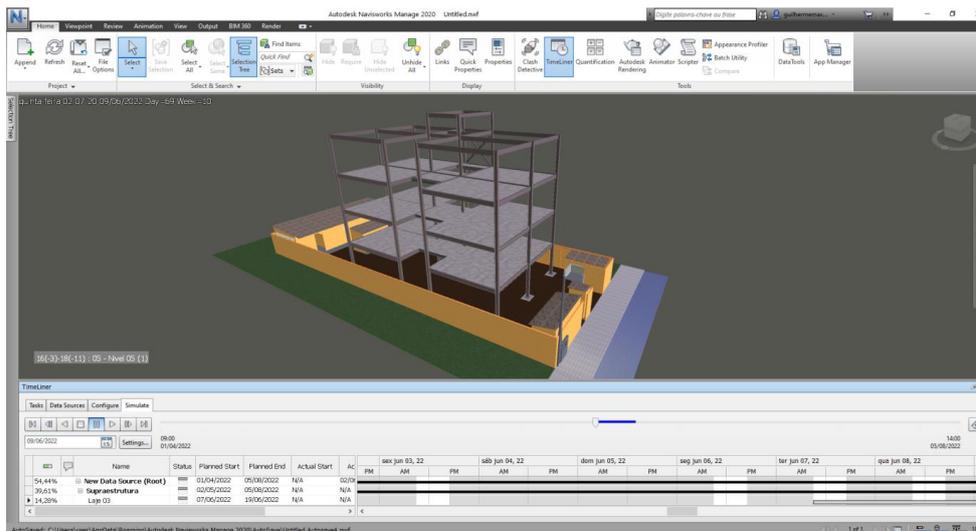
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 48 – Superestrutura – vigas, pilares e laje



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

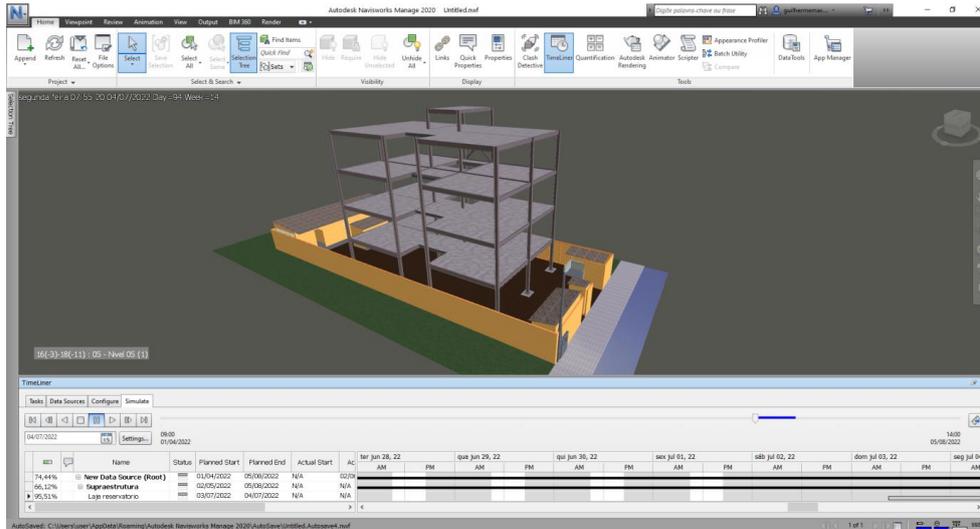
Figura 49 – Superestrutura – vigas, pilares e laje



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na figura 50, é apresentada a superestrutura pronta com as lajes já construídas.

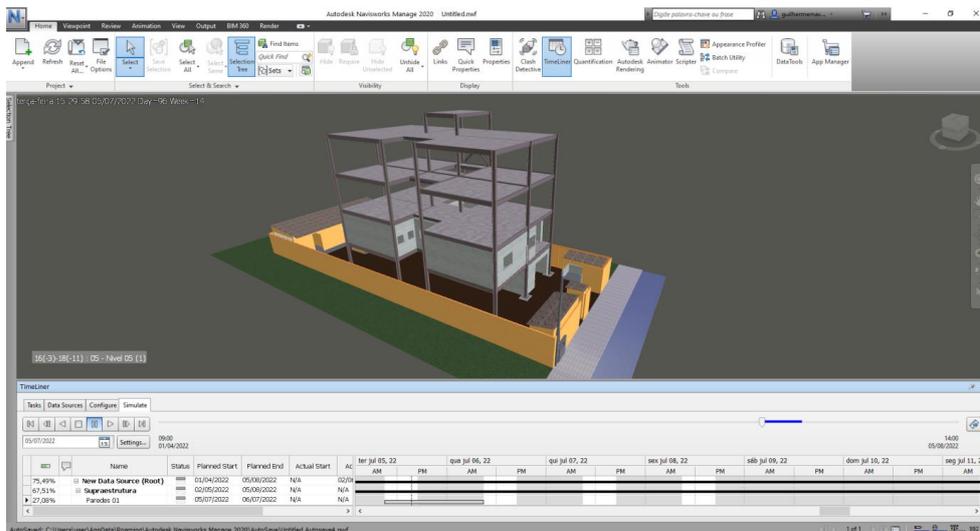
Figura 50 – Superestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na figura 51 é mostrada o início da construção de alvenaria.

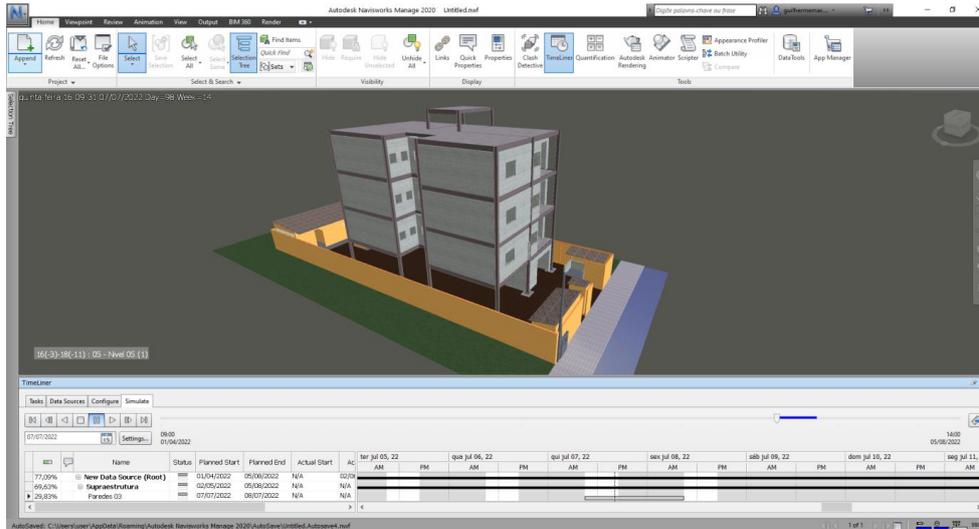
Figura 51 – Superestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na figura 52 é mostrada a continuação da execução da alvenaria.

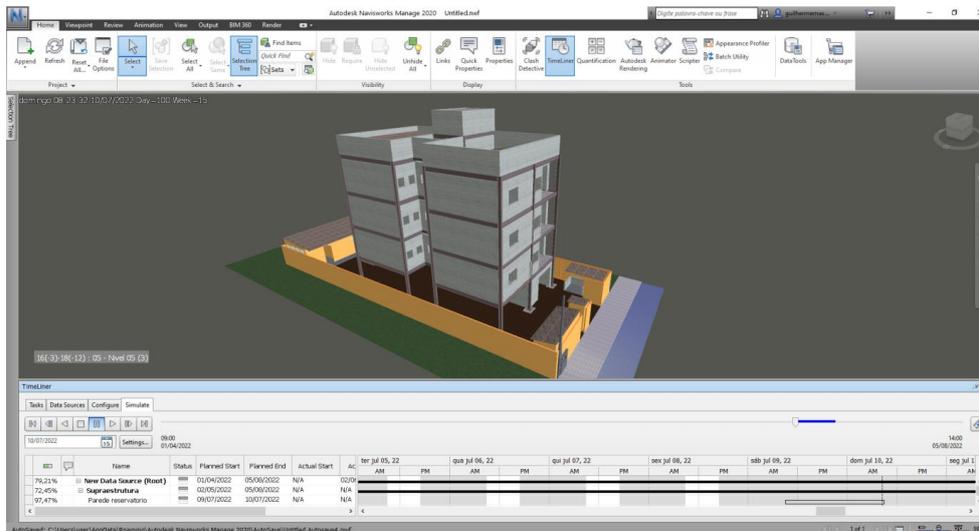
Figura 52 – Superestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na figura 53 é mostrada o início da a finalização da alvenaria.

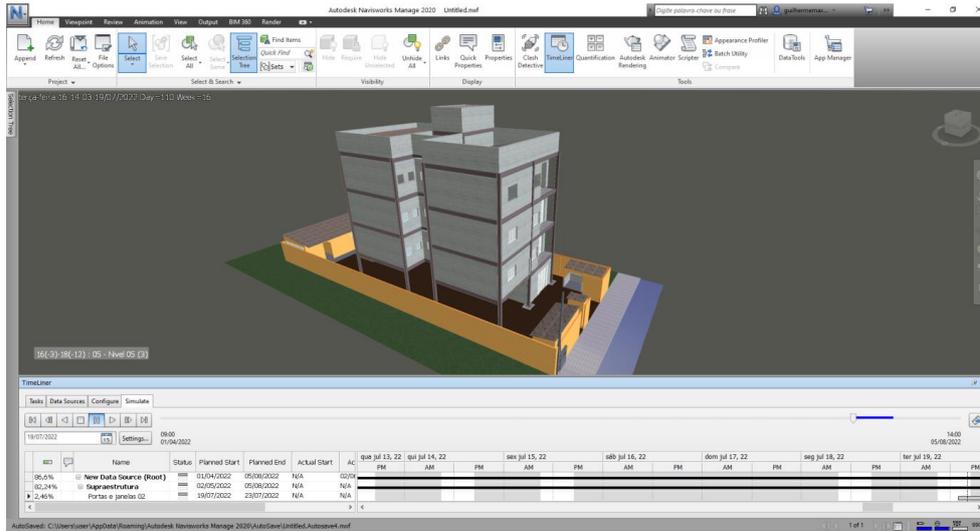
Figura 53 – Superestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

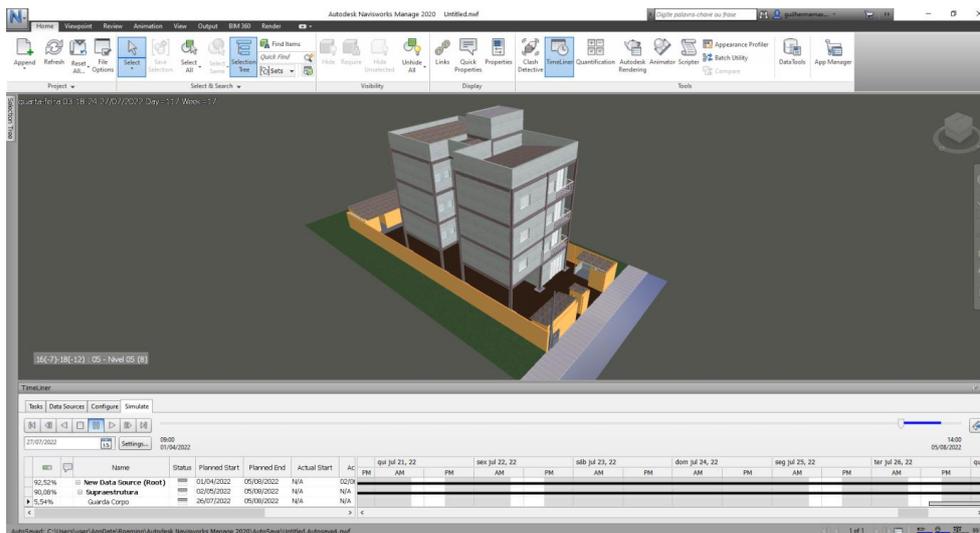
Na figura 54 é mostrada o início da a da colocação de portas e janelas e finalização do telhado. Na figura 55 é mostrado o projeto finalizado.

Figura 54 – Superestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 55 – Superestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A principal vantagem na utilização da simulação 4D e da utilização do software *Naviswork* e *MS Project* foi o de conseguir visualizar as etapas da obra e o andamento da obra de acordo com um cronograma, com isso é possível visualizar com antecedência possíveis interferências, e corrigi-las antes da execução, com isso diminuindo possíveis retrabalhos, evitando acidentes e diminuindo custo na execução da obra. Foi verificado que quanto maior o nível de detalhe e informações contidas no projeto, mais assertivo será o cronograma planejado.

Com as tabelas da SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), foi possível verificar, analisar e planejar, e utilizando o *MS Project* para criar o cronograma de execução da obra. Com as tabelas da SINAPI foi possível extrair dados como as etapas necessárias para a execução do serviço, a composição dos insumos, mão de obra necessária, prazos e custos de um determinado serviço. A tabela SINAPI apresenta um caderno completo sobre a norma NR 18, principalmente das composições dos custos, prazos, mão de obra e insumos necessários para projetar um canteiro de obra, que foram utilizados para o desenvolvimento nesse trabalho.

Com a utilização do software para a execução do canteiro de obra, foi possível visualizar e definir o melhor local para cada instalação, com o software é possível simular diferentes cenários como a entrega de mercadorias, ou a mobilização e demolição das estruturas no decorrer da obra. Com a integração dessa etapa ao projeto e ao cronograma da obra é possível extrair os custos, a mão de obra e insumos necessários de uma forma mais eficiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor da construção civil é um dos setores em que mais emprega, e é um dos setores que mais contribui para a economia, em contrapartida é o setor que apresenta os maiores índices de acidentes de trabalho, além disso, é um dos setores mais atrasados e artesanais, em que as mesmas práticas são realizadas a anos sem evoluir. Porém devido à competitividade, aumento dos custos dos insumos e aumento das exigências de qualidade e desempenho garantidos pelas normas, há a necessidade de mudanças no setor, principalmente no investimento em planejamento e controle dos processos, principalmente nos indicadores de prazo, custo, investimento e fluxo de caixa.

Com a realização do trabalho e os objetivos propostos foi possível através da simulação em 4D desenvolvida simular e visualizar o cronograma proposto e o andamento da obra, com isso foi possível visualizar com antecedência possíveis interferências e com os dados fornecidos ter a possibilidade de tomar decisões mais assertivas com isso diminuindo possíveis retrabalhos, evitando acidentes e diminuindo custo na execução da obra.

Para a realização do cronograma e planejamento foi utilizado às tabelas da SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), com a utilização das tabelas foi possível verificar, analisar e planejar utilizando o *MS Project* para criar o cronograma de execução da obra. Com as tabelas da SINAPI foi possível extrair dados como as etapas necessárias para a execução do serviço, a composição dos insumos, mão de obra necessária, prazos e custos de um determinado serviço. Um ponto verificado foi o de quanto mais detalhado é a coleta de dados para realizar o planejamento mais confiável e assertivo será o ele. A tabela SINAPI apresenta um caderno completo sobre a norma NR 18, principalmente das composições dos custos, prazos, mão de obra e insumos necessários para projetar um canteiro de obra, que foram utilizados para o desenvolvimento nesse trabalho.

Utilizando o software *Navisworks* juntamente com o *MS Project* foi possível visualizar as etapas da obra e serviços que serão realizados com isso é possível simular e visualizar, por exemplo, o recebimento de materiais.

Por fim, conclui-se ao realizar a simulação 4D e agregar junto a essa simulação elementos do nível 8D, é possível analisar, planejar e verificar qual a melhor forma de executar o serviço, quanto tempo será necessário para fazer, quantos funcionários serão necessários, assim evitando possíveis acidentes e planejando todas as etapas da obra desde a montagem do canteiro de obra, descarga de materiais, e assim possibilitando extrair custos dessas etapas que

muitas vezes não são levados em consideração. Com os dados obtidos é aplicando os custos é possível detalhar o fluxo de caixa de acordo com o andamento da obra.

REFERÊNCIAS

- ANVERSA, Giseli Barbosa. SIENGE PLATAFORMA. **Tabela SINAPI – Como aumentar a confiabilidade de seus projetos**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/tabela-sinapi-geral/> . Acesso em: 20 set. 2020.
- Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho: 2017**. Disponível em: <http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/AEAT-2017.pdf> . Acesso em: 20 set. 2020.
- AUTODESK. Revit área de trabalho. 2023. Figura 1920x1080 pixels. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/revit/features> . Acesso em: 15 jun. 2023.
- AUTODESK. Navisworks área de trabalho. 2023. Figura 1920x1080 pixels. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/features> . Acesso em: 15 jun. 2023.
- Construção civil está entre os setores com maior risco de acidentes de trabalho**. 2019. Disponível em: <https://www.anamt.org.br/portal/2019/04/30/construcao-civil-esta-entre-os-setores-com-maior-risco-de-acidentes-de-trabalho/> . Acesso em: 20 set. 2020
- CBIC. **Áreas de vivência: cartilha orientativa com base na novas NR-18**. [2022]. Disponível em: <https://cbic.org.br/relacoestrabalhistas/wp-content/uploads/sites/27/2022/02/cartilha-areas-de-vivencia2022.pdf> . Acesso em: 20 maio. 2023
- Caderno de especificações de Projetos em Bim**. [2014]. https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/labim/Caderno%20de%20Especificacao%20A7%20B5es%20de%20Projetos%20em%20BIM_102018.pdf Disponível em: . Acesso em: 20 maio. 2023
- Caderno de apresentação de Projetos em Bim**. [2014]. <https://www.saude.sc.gov.br/index.php/informacoes-gerais-documentos/projetos-e-obras-orientacoes/cadernos/8986-caderno-apresentacao-projetos-em-bim/file> Disponível em: . Acesso em: 20 maio. 2023
- CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil - volume 1**. Brasília, DF, 2017.
- DARÓS, José. Sequência do projeto Bim. 2019. Figura 900x648 pixels. Disponível em: <https://utilizandobim.com/blog/o-que-e-bim/> . Acesso em: 15 jun. 2023.
- DEGANI, Jonathan. SIENGE PLATAFORMA. **O Impacto e a Importância da Construção Civil no País**. 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-no-pais/> . Acesso em: 18 set. 2020.
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.
- GONÇALVES, Ana Júlia Silva; SILVA, Beatriz Borbas. **Estudo de técnicas de pré-dimensionamento de estruturas e seu impacto na execução de projetos estruturais de edifícios**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 77p. 2020.

GONÇALVES JR, Francisco. ALTOQI. **BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia**. Disponível em: <http://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/#oqueebim> . Acesso em: 18 ago. 2020.

Instituto Aço Brasil. **Edifícios de pequeno porte estruturados em aço**. 4. ed. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2011.

MICROSOFT. MS Project área de trabalho. 2023. Figura 1024x530 pixels. Disponível em: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/blog/2015/09/30/whats-new-in-project-2016/> . Acesso em: 15 jun. 2023.

METROFORM. Bandeja de proteção. 2023. Fotografia 633x460 pixels. Disponível em: <https://metroform.com.br/servicos/suporte-de-bandeja-de-protecao/> . Acesso em: 15 jun. 2023.

METROFORM. Linha de Vida. 2023. Fotografia 633x460 pixels. Disponível em: <https://metroform.com.br/servicos/linha-de-vida-provisoria/> . Acesso em: 15 jun. 2023.

MOURA, José. Pré-dimensionamento de pilares, vigas e lajes de concreto armado. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/pre-dimensionamento-concreto-armado/> . Acesso em: 22, set. 2020.

KIMURA, Alio. *Informática Aplicada a Estruturas de Concreto Armado*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

Normas Regulamentadoras (NR). MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Disponível em: <https://sit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/legislacao-sst/normas-regulamentadoras?view=default> . Acesso em: 20 ago. 2020.

PINHO, Mauro Ottoboni. **Transporte e montagem**. Rio de Janeiro: Aço Brasil / CBCA, 2005.

SINAPI. **Cadernos Técnicos de Composições para Estruturas Metálicas**. [2021]. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-afetadas-lote1-habitacao-fundacoes-estruturas/SINAPI_CT ESTRUTURAS METALICAS_05_2021.pdf. Acesso em: 20 de abril de 2022.

SINAPI. **Cadernos Técnicos de Composições para Fundações Rasas (Blocos, Sapatas, Vigas Baldrame)**. [2021]. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-afetadas-lote1-habitacao-fundacoes-estruturas/SINAPI_CT BLOCO SAPATA VIGA BALDRAME_10_2021.pdf . Acesso em: 20 de abril de 2022.

SINAPI. **Cadernos Técnicos de Composições para Instalações para canteiros de obras**. [2021]. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-afetadas-lote1-habitacao-fundacoes-estruturas/SINAPI_CT INSTALACAO CANTEIRO OBRAS_05_2021.pdf . Acesso em: 20 de abril de 2022.

SINAPI. **Cadernos Técnicos de Composições para Locação de Obra.** [2020]. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-afetadas-lote3-saneamento-infraestrutura-urbana/SINAPI_CT_LOTE3_LOCACAO_DE_OBRA_V001.pdf . Acesso em: 20 de abril de 2022.

THOMÉ, Brenda Bressan. SIENGE PLATAFORMA. **O que é BIM? Entenda agora o conceito e suas aplicações.** 2016. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/voce-sabe-o-que-e-bim-entenda-o-conceito-e-suas-aplicacoes/> . Acesso em: 18 ago. 2020.

Tudo sobre construção civil: um guia para sua obra. 2019. Disponível em: <https://www.mobusconstrucao.com.br/blog/precisa-saber-sobre-construcao-civil/> . Acesso em: 10 nov. 2022.