

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

BRENDA DE SOUZA NEIVA

**GESTÃO DE OBRAS COM FERRAMENTA BIM: um estudo de caso
em edificação multifamiliar em Florianópolis.**

FLORIANÓPOLIS, 2022.

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

BRENDA DE SOUZA NEIVA

**GESTÃO DE OBRAS COM FERRAMENTA BIM: um estudo de caso
em edificação multifamiliar em Florianópolis.**

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

Orientador:
Prof. Miguel Correia de Moraes

FLORIANÓPOLIS, 2022.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Souza Neiva, Brenda

GESTÃO DE OBRAS COM FERRAMENTA BIM: um estudo de caso em edificação multifamiliar em Florianópolis / Brenda Souza Neiva; orientação de Miguel Correia de Moraes.

- Florianópolis, SC, 2022.

87 p.

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

Inclui Referências.

1. BIM (Building Information Modeling). 2. Acompanhamento. 3. Obra. 4. Planejamento. I. Correia de Moraes, Miguel. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. **GESTÃO DE OBRAS COM FERRAMENTA BIM: um estudo de caso em edificação multifamiliar em Florianópolis.**

GESTÃO DE OBRAS COM FERRAMENTA BIM: um estudo de caso em edificação multifamiliar em Florianópolis.

BRENDA DE SOUZA NEIVA

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

Florianópolis, 21 de dezembro, 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Miguel Correia de Moraes, Mestre
Orientador

Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC

Luciana da Rosa Espíndola, Doutora
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC

Samuel João da Silveira, Doutor
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Agradeço a minha mãe Regina Vitor, que nunca poupou esforços para proporcionar à suas filhas o melhor que ela podia nos dar no momento, e graças a ela que me tornei a mulher que sou hoje. Agradeço por todos os conselhos, ensinamentos, apoio nos meus sonhos e por sempre segurar a minha mão e me dar força nos momentos que eu já não tinha mais. Minha inspiração de mulher, força, determinação e amor.

A minhas irmãs, Poliana e Luisa, por toda paciência nesses anos de faculdade, por sempre estar ao meu lado dando apoio, segurança e amor.

A minha família, especialmente a tia Fabiola, tia Regiane, tia Rosilda e tia Ronilda, tio João e tio Aldair por todos os ensinamentos e suporte.

Ao meu noivo Manuel por aguentar as minhas oscilações de humor, pelos conselhos, apoio, companheirismo, aprendizados profissionais e por todo suporte em casa nesse período de término da faculdade.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, dando ótimas risadas e deixando essa fase da vida mais leve, além de dar apoio nesse percurso.

A todos os professores do Instituto Federal de Educação de Santa Catarina, pelos ótimos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

A todos, o meu mais sincero muito obrigado!

“Não podemos prever o futuro, mas podemos criá-lo.”
Peter Drucker

RESUMO

O mercado da construção civil passa por mudanças significativas e o uso de tecnologias está se tornando cada vez mais comum nas obras. A gestão de obra é um processo crítico para o sucesso de um projeto, que envolve o monitoramento contínuo e detalhado da construção. Isso inclui verificações regulares para garantir que o trabalho concorde com o projeto, programação e orçamento estabelecidos. O objetivo é assegurar que o projeto seja concluído no prazo, orçamento e qualidade desejados, através da colaboração entre engenheiros, contratantes, fornecedores e outros envolvidos na construção. A tecnologia BIM 4D é uma ferramenta valiosa para a gestão de obra, pois adiciona a dimensão do tempo ao modelo de informações de construção. Isso permite a simulação da construção no tempo, incluindo a programação e a sequência de atividades, assim melhorando a colaboração, a tomada de decisões e a resolução de problemas. Nesse contexto, o presente estudo utilizou a tecnologia BIM 4D para realizar a modelagem 4D e a gestão de obra de um empreendimento multifamiliar. Foi proposto um fluxo de trabalho de controle de documentações e gerenciamento do processo executivo, onde foi descrita as principais etapas para a utilização eficaz do BIM no acompanhamento das etapas de fundação e contenção da obra. Foram utilizados softwares de modelagem BIM 3D, BIM 4D, controle, gerenciamento e organização de informações.

Palavras-chave: BIM (Building Information Modeling). Acompanhamento. Obra. Planejamento.

ABSTRACT

The construction industry is undergoing significant changes and the use of technology is becoming increasingly common in construction projects. Construction management is a critical process for project success, involving continuous and detailed monitoring of construction. This includes regular checks to ensure that work complies with established project, schedule and budget. The goal is to ensure that the project is completed on time, budget, and desired quality through collaboration between engineers, contractors, suppliers, and other stakeholders. The BIM 4D technology is a valuable tool for construction management as it adds the dimension of time to the construction information model. This allows for simulation of construction over time, including scheduling and activity sequencing, thus improving collaboration, decision making, and problem solving. In this context, this study used BIM 4D technology to perform 4D modeling and construction management of a multi-family development. A workflow was proposed for document control and executive process management, where the main steps for effective use of BIM in monitoring foundation and containment stages were described. BIM 3D modeling, BIM 4D, control, management and information organization software were used.

Keywords: First keyword. Second keyword. Third keyword. Fourth keyword (optional). Fifth keyword (optional).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de gerenciamento	20
Figura 2 – Os fundamentos do BIM	25
Figura 3 – Aplicação do BIM, nas fases do ciclo de vida de um empreendimento... ..	27
Figura 4 – As sete dimensões do BIM.	28
Figura 5 – Relatório Sondagem Mista.....	39
Figura 6 – Técnica da eletrorresistividade (ER).....	40
Figura 7 - Detalhe tirante.....	41
Figura 8 - Diagrama das etapas de execução estaca raiz	42
Figura 9 - Detalhe das estacas raiz.....	43
Figura 10 – Localização do edifício A	45
Figura 11 – Edição das fases.....	47
Figura 12 - Inserir modelo do AutoCad 2D para o Revit	47
Figura 13 – Fazer elementos estruturais.....	48
Figura 14 – Estruturação etapas	49
Figura 15 – Projeto de Contenção	50
Figura 16 – Plataforma Dalux.....	51
Figura 17 – Drive obra.....	52
Figura 18 – Modelagem da fundação e contenção.....	53
Figura 19 – Modelagem terreno	53
Figura 20 – Níveis terreno	54
Figura 21 – Modelagem terreno	54
Figura 22 – Modelagem terreno	56
Figura 23 – Projeto de fundação e contenção no software Dalux.....	57
Figura 24 – Limpeza do terreno	58
Figura 25 – Execução taludes.....	59
Figura 26 – Execução das estacas raiz	59
Figura 27 – Verificação execução das estacas raiz no Dalux.....	60
Figura 28 – Execução das estacas raiz	60
Figura 29 – Projeto da contenção e fundação	61
Figura 30 - Projeto inicial (R01) Contenção – fundos	61
Figura 31 - Simulação no Revit dos tirantes	62
Figura 32 – Projecção dos tirantes no modelo arquitetônico.....	62
Figura 33 – Novo modelo 3D	63

Figura 34 – Novo modelo 4D	63
Figura 35 - Projeto da estronca e tirantes	64
Figura 36 - Execução da estronca e tirantes.....	64
Figura 37 - Projeto inicial (R01) Contenção – Lateral direita	65
Figura 38 - Simulação tirantes – Lateral direita.....	65
Figura 39 - Projeto anterior estronca – Lateral direita.....	66
Figura 40 – Novo projeto estronca – Lateral direita	66
Figura 41 - Execução estronca – Lateral direita.....	66
Figura 42 - Projeto inicial (R01) Contenção – Cisterna.....	67
Figura 43 - Simulação tirantes – Cisterna	67
Figura 44 – Modelagem do projeto de fundação.....	68
Figura 45 – Modelagem 4D da projeção do canteiro	69
Figura 46 – Frontal do empreendimento	70
Figura 47 – Visão geral do executado.....	70
Figura 48 – Vantagens e dificuldades com a utilização da ferramenta BIM.	72
Figura 49 - Planta de localização dos caminhamentos desenvolvidos	78
Figura 50 – Sobreposição do levantamento Geofísico	79
Figura 51 - Seção de resistividade e cargabilidade da Linha C1 – ajustado	79
Figura 52 - Seção de resistividade e cargabilidade da Linha C1 – interpretado.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fases, Etapas e Níveis de desenvolvimento de projetos e representação gráfica	31
Tabela 2 - Quadro de áreas edifício A	45
Tabela 3 – Quantitativo de materiais projetos de contenção e fundação	49
Tabela 4 – Cálculo de equipes e duração das atividades.....	55
Tabela 5 – Desenvolvimento do planejamento no MS Project.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina ⁹
LOD	Level of Development
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
4D	Tempo
5D	Custo
6D	Sustentabilidade
7D	Gestão de Ativos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	15
1.2	Definição do Problema	17
1.3	Objetivo Geral	18
1.4	Objetivos Específicos	18
1.5	Estrutura do Trabalho	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Gestão de obras	19
2.1.1	Planejamento	20
2.1.2	Execução	23
2.1.2.1	<i>Comunicação e organização</i>	23
2.2	Building Information Modeling (BIM)	24
2.2.1	Dimensões BIM.....	27
2.2.2	BIM 4D	28
2.2.3	Interpolaridade e formato IFC	29
2.2.4	Níveis de Desenvolvimento LOD	30
2.3	Softwares e Ferramentas	31
2.3.1	Ferramenta de concepção/ edição de modelo BIM	32
2.3.1.1	<i>Revit</i>	32
2.3.1.2	<i>Navisworks Manage</i>	32
2.3.1.3	<i>Vico Office</i>	33
2.3.1.4	<i>Bexel Manager</i>	33
2.3.2	Ferramenta de Visualização 3D.....	33
2.3.2.1	<i>Dalux</i>	33
2.3.2.2	<i>BIM Collab Zoom</i>	33
2.3.3	Armazenamento de Arquivos.....	34
2.3.3.1	<i>Google Drive</i>	34
2.3.3.2	<i>Dropbox</i>	34
2.3.4	Registros e Controle	34
2.3.4.1	<i>Microsoft Excel</i>	34
2.3.4.2	<i>Google Sheets</i>	35
2.3.5	Ferramentas de Planejamento.....	35
2.3.5.1	<i>Microsoft Project</i>	35
2.4	Infraestrutura	36
2.4.1	Fundação	36
2.4.2	Investigação Geotécnica.....	38
2.4.2.1	<i>Método de eletrorresistividade (ER)</i>	40
2.4.3	Contenção.....	41
3	MÉTODO DE PESQUISA	44
3.1	Objeto de Estudo	44
3.2	Softwares	46
3.3	BIM 3D	46
3.4	Planejamento	48
3.5	BIM 4D	50
3.6	Acompanhamento da obra	51
3.6.1.1	<i>Visualizador</i>	51

3.6.1.2	<i>Comunicação e armazenamento de arquivos</i>	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1	BIM 3D	52
4.2	Panejamento	55
4.3	BIM 4D	56
4.4	Acompanhamento da obra	56
4.4.1	Visualizador	57
4.4.2	Contenção	58
4.4.3	Tirantes	61
4.4.3.1	<i>Tirantes fundos</i>	61
4.4.3.2	<i>Tirantes laterais</i>	64
4.4.3.3	<i>Tirantes cisterna</i>	67
4.4.4	Fundação	68
5	ANÁLISES DOS RESULTADOS	71
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
	REFERÊNCIAS	74
	APÊNDICES	78
	APÊNDICE A – Investigação geotécnica	78
	APÊNDICE B – Qr code projeto de fundação	81
	APÊNDICE C – Qr code projeto de contenção	82
	APÊNDICE D – Qr code BIM 4D	83
	APÊNDICE E – Qr code visualizador do projeto na plataforma Dalux	84
	APÊNDICE F – Qr code modelagem BIM 3D	85
	APÊNDICE G – Planejamento elaborado no Ms Project	86

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é complexa e dinâmica, e envolve muitos processos e decisões. A gestão de obras é uma das etapas mais críticas e desafiadoras da construção civil, pois requer a integração de muitas informações e a colaboração de várias equipes. Com o advento da tecnologia e o aumento da complexidade das obras, torna-se cada vez mais importante encontrar soluções eficientes e eficazes para acompanhar e gerenciar as obras de forma prática e eficaz.

A gestão de obra é o processo de monitoramento e controle do projeto de construção, do início até a conclusão. Envolve a verificação de todos os aspectos do projeto, incluindo a qualidade dos materiais, o cumprimento dos prazos e orçamentos, a segurança e a conformidade com as normas, envolvendo a verificação de todos os documentos relacionados ao projeto, como contratos, planos de trabalho e relatórios (SLAUGHTER, 1998). É uma atividade contínua que requer a verificação constante do progresso, da qualidade do trabalho e do uso dos recursos, mantendo as informações atualizadas sobre o andamento da obra, cronograma, orçamento e desvios, para que se possa tomar decisões informadas e ajustar o plano de ação, se necessário.

Antigamente, a gestão de obras era realizada manualmente, com os profissionais envolvidos na construção tendo que se reunir presencialmente munidos de várias pranchas físicas para discutir e compartilhar informações sobre o projeto. Esta forma de trabalho era muito demorada e ineficiente, pois não permitia que os profissionais compartilhassem informações de forma rápida e precisa.

Neste contexto, a ferramenta BIM (Building Information Modeling) tem se destacado como uma das soluções mais promissoras e inovadoras para a gestão de obras. O BIM permite a criação de modelos tridimensionais detalhados da edificação, a integração de todos os dados relevantes do projeto, a colaboração entre todos os envolvidos no projeto, a análise de impactos antes da construção, e o controle constante dos prazos e orçamentos do projeto (CATELANI, 2016).

O BIM, surgiu na década de 70, com a união de pesquisas científicas de países tecnologicamente desenvolvidos na construção civil, com o intuito de melhorar a tomada de decisão com o grande volume de informações disponíveis. O BIM surge

como uma ferramenta que propõe analisar e facilitar o acesso a informações, com a aplicação de soluções, métodos, processos, ferramentas, e conceitos na área da construção civil (CAPESTRINI,2015).

Diante de um cenário fomentado pela evolução tecnológica na indústria da construção, houve avanço no desenvolvimento e coordenação de projetos, onde o BIM se aplica como uma metodologia que gera informação, clareza no desenvolvimento dos projetos e a interação das disciplinas em cada evolução das etapas (EASTMAN et al., 2021).

Segundo Eastman et al. (2021) “BIM não é software, mas um sistema sociotecnológico que, em última análise, envolve mudanças profundas nos processos de projeto, construção e gestão de edificações.” O intuito da utilização do BIM é elevar o nível de segurança das informações elaboradas nos projetos, obtendo um melhor planejamento e controle de obras, além de gerar um aumento de produtividade, bem como a diminuição de custos e riscos relacionados à construção civil.

O BIM trabalha com variadas dimensões, uma delas é a 4D, que abrange planejamento e gestão da edificação. Essa dimensão é aplicada no canteiro de obras, pois engloba o cronograma de obras ou o sequenciamento das atividades, definindo seu tempo e duração (CAPESTRINI, 2015).

Diante disso, este trabalho realizou um estudo de caso sobre a utilização da ferramenta BIM na gestão de obras de uma edificação multifamiliar em Florianópolis/SC. Foram apresentadas a importância e os desafios da gestão de obras, bem como as principais técnicas e ferramentas utilizadas para garantir o sucesso da execução das etapas de contenção e fundação do empreendimento.

1.1 Justificativa

A gestão de obras requer a integração de muitos dados, a colaboração de várias equipes e a tomada de decisões precisas e oportunas. Além disso, a construção de edificações multifamiliares envolve ainda mais desafios, como a gestão de muitos fornecedores, equipes e projetos simultaneamente. Sem a utilização da ferramenta BIM, a gestão de obras enfrenta vários problemas e lacunas que afetam a eficiência,

qualidade e rentabilidade do projeto. Alguns desses problemas incluem (Kymmell, 2008):

- a) Falta de integração de dados: sem o BIM, as informações dos projetos são geralmente armazenadas em formatos diferentes, o que dificulta a integração e o acesso a informações precisas e atualizadas.
- b) Colaboração limitada: a falta de integração de informações e de colaboração entre equipes pode levar a erros, atrasos e custos adicionais.
- c) Análise limitada: sem o BIM, é difícil visualizar e analisar o impacto das decisões e mudanças no projeto antes da construção, o que pode resultar em erros e atrasos.
- d) Controle de prazos e orçamentos precário: sem o acompanhamento preciso e eficiente, é difícil manter o controle dos prazos e orçamentos, o que pode resultar em atrasos e custos adicionais.
- e) Falta de previsibilidade: sem o BIM, é difícil prever e gerenciar riscos e problemas, o que pode afetar negativamente a qualidade e segurança da obra.

De acordo com Kymmell (2008) um dos maiores problemas na construção é a dificuldade de comunicação, e a visualização equivocada dos projetos, que conseqüentemente dificultam no acerto, no planejamento, na estimativa dos custos e na execução da obra. Com a metodologia BIM essas ações se tornam mais controladas e premeditadas.

Santa Catarina é um dos primeiros estados a adotar a metodologia BIM para editais de contratação, contemplando um caderno de especificação que possui diretrizes e padrões da metodologia BIM para a elaboração de projetos de edificações públicas no Estado, incluindo o acompanhamento do progresso da obra (PRADA, 2021). Nesse contexto foi publicado o Decreto no 1.370 de 2021 o qual institui a estratégia estadual de implantação e disseminação do BIM em Santa Catarina (BIM SC, 2022) e o Comitê Técnico da Estratégia BIM SC (BIM SC, 2022).

A autora do presente trabalho é coordenadora de projetos de uma administradora de obras em Florianópolis, que começou a utilizar a metodologia BIM para a elaboração de projetos. Ao acompanhar as obras verificou-se uma série de pontos a serem aperfeiçoados para um melhor resultado, como a necessidade de ter

uma organização do canteiro de obras, planejar o fluxo de trabalho da obra, melhorar o processo executivo e o acompanhamento na execução dos projetos. Assim como estabelecer uma melhor comunicação entre a obra e o escritório, possibilitando o desenvolvimento de soluções para problemas não previstos no projeto modelado.

Serão expostos a seguir os problemas identificados no canteiro de obras que motivaram este trabalho:

- a) Organização das informações para gerenciamento das atividades corriqueiras do canteiro de obras: Ao iniciar uma construção há um volume de documentação, projetos e planejamento que é necessário realizar previamente, com a evolução das etapas algumas informações acabam se perdendo pela falta de organização, outro ponto é a comunicação do escritório com o canteiro de obras, que necessita de uma plataforma para realizar essa comunicação simultânea das documentações;
- b) Visualização virtual do modelo no canteiro: No canteiro é disponibilizado as pranchas com as plantas e os cortes, mas a visualização tridimensional com as disciplinas compatibilizadas não é possível visualizar em um papel com o nível de detalhe que é possível conseguir com os softwares.
- c) Planejamento do canteiro de obras: Mapeamento das atividades de canteiro, criando uma programação dos serviços a serem executados e seus prazos de desenvolvimento.

Nesse viés, o presente trabalho visa propor e atestar a eficácia de um fluxo de trabalho para uso da metodologia BIM no canteiro de obras, analisando sua implementação, mapeando as vantagens e desvantagens.

1.2 Definição do Problema

Como a aplicação de ferramentas BIM pode auxiliar na gestão da execução de uma obra da construção civil? A análise dessa pergunta será delimitada aos casos da execução da contenção e fundação de uma obra em Florianópolis.

1.3 Objetivo Geral

Analisar a aplicação de ferramentas BIM para execução da contenção e fundação de um edifício multifamiliar em Florianópolis.

1.4 Objetivos Específicos

A fim de alcançar o objetivo geral exposto acima, elaboraram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Realizar a modelagem BIM 4D do objeto de estudo;
- b) Acompanhar a execução da fundação e contenção do empreendimento com ferramentas BIM;
- c) Analisar os resultados gerados avaliando os prós e contras da utilização das ferramentas no acompanhamento de obras.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho divide-se em cinco capítulos. No Capítulo 1 é realizada uma introdução ao tema, problemática tratada, objetivos do estudo de caso.

No capítulo 2 trata-se da fundamentação teórica contemplando os temas acompanhamento de obras, BIM, Software, ferramentas e Atividades da obra.

Para o capítulo 3, informa a método de pesquisa adotado com o detalhamento do estudo de caso.

No capítulo 4, são os resultados e discussões do estudo.

No capítulo 5, aborda as análises dos resultados encontrados.

Para o capítulo 6, trata-se das considerações finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gestão de obras

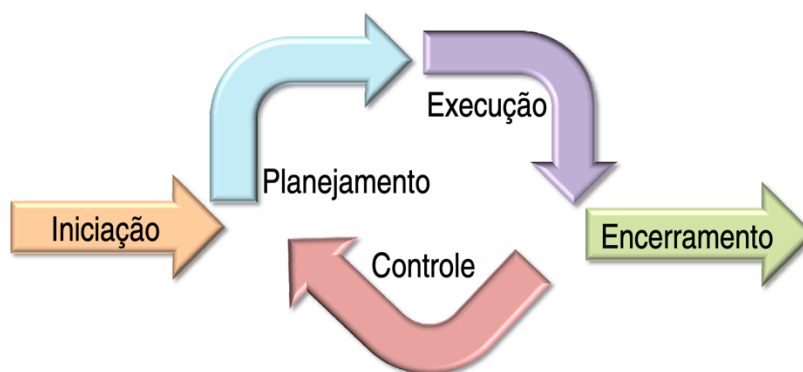
O Gestão de obra é o processo de planejamento, organização, controle e monitoramento de todas as atividades relacionadas à execução de uma obra. Ela envolve a coordenação de todos os envolvidos na obra, desde a contratação de profissionais e fornecedores até a entrega do projeto final. É fundamental para garantir que o projeto seja concluído no prazo e orçamento estabelecidos, além de assegurar que todas as etapas sejam executadas conforme os padrões de qualidade exigidos (SLAUGHTER, 1998).

Para garantir o sucesso de uma obra, é necessário que a gestão seja realizada eficientemente. Isso significa que todos os envolvidos na obra devem estar cientes de seus papéis e responsabilidades, além de ter acesso às informações necessárias para o bom andamento do projeto. Além disso, é importante que haja um planejamento detalhado de todas as etapas da obra, incluindo o cronograma de execução, orçamento e controle de qualidade, mantendo um acompanhamento constante do andamento da obra, para que possíveis problemas sejam identificados e solucionados rapidamente (AVILA, 2013).

Para garantir o bom andamento da obra, é fundamental o acompanhamento do cronograma. Assim, é possível controlar os prazos e as etapas de execução, garantindo o cumprimento dos objetivos estabelecidos (MATTOS, 2010).

Se o planejamento fosse uma ciência exata, o cronograma inicial seria preciso o bastante para gerenciar a obra, dispensando a tarefa de monitoramento e controle. No entanto, sendo dinâmico por natureza e possuindo uma dose de imprevisibilidade, o planejamento impõe ao planejador o acompanhamento da obra. (MATTOS, 2010).

Deste modo, para o planejamento eficaz é importante definir objetivos claros e realistas, estabelecer metas e desenvolver estratégias para alcançar esses objetivos. O planejamento também envolve a identificação de recursos necessários, a definição de prazos e os possíveis riscos (MATTOS, 2010).

Figura 1 – Processo de gerenciamento

Fonte: PMI (2014)

O controle de obras deve incluir a verificação de todos os requisitos regulamentares e de segurança, bem como a supervisão do progresso do projeto, a identificação e o tratamento de problemas que possam ocorrer. Neste viés, a preparação de documentação, a formação de contratos, a prestação de assistência ao cliente e a garantia de que todos os pagamentos são feitos a tempo também faz parte desse controle (MATTOS, 2010).

Ao observar discrepâncias entre o processo “planejado e executado”, ações de controle apropriadas podem ser aplicadas. Assim, a forma de representar essas discrepâncias é uma das chaves para apoiar o processo de tomada de decisão para as ações de controle (LEE e PEÑAMORA, 2006).

2.1.1 Planejamento

P Planejamento é um processo que utilizando técnicas científicas, tem por objetivo aumentar a eficiência, a racionalidade e a segurança dos projetos através de previsões, programação, execução, coordenação e controle dos resultados, necessários a atingir o objetivo desejado (AVILA, 2013).

Para Limmer (2013), planejamento é o processo por meio do qual se estabelecem objetivos, discutem-se expectativas de ocorrências de situações previstas, veiculam-se informações e comunicam-se resultados pretendidos entre os responsáveis por uma obra. O planejamento permite que todos os envolvidos tenham uma visão clara do que deve ser feito, quando e como. Além disso, ajuda a identificar

possíveis problemas e riscos antes que eles aconteçam, permitindo que sejam tomadas medidas preventivas para minimizar ou evitar esses problemas.

Segundo Mattos (2010) e Limmer (1997) o planejamento, no âmbito da construção civil, pode ser subdividido em três fases: planejamento de longo prazo, planejamento de médio prazo e planejamento de curto prazo. O planejamento de longo prazo corresponde ao nível estratégico e seu horizonte é o período total do projeto, tendo assim, um grande grau de incertezas. O planejamento de médio prazo constitui o primeiro nível de detalhamento do planejamento que inclui itens genéricos, geralmente apresentados em meses, tais como os serviços preliminares, as fundações, a estrutura, a alvenaria e o revestimento. E para o planejamento a curto prazo, se trata de avaliar a pertinência da programação e propondo soluções para interferências, conflitos e restrições no campo. As decisões neste nível geram ações operacionais, do dia a dia do canteiro de obras.

De acordo com Mattos (2010) o índice é a incidência de cada insumo na execução de uma unidade do serviço, expresso como unidade de tempo por unidade de trabalho. Inversamente ocorre para a produtividade, que no qual é definida como a taxa de produção de uma pessoa, equipe ou equipamento, no qual se refere a uma quantidade de unidade de trabalho produzida em um intervalo de tempo especificado. Na prática é atribuir a duração às atividades do cronograma e assim calcular a equipe necessária. Cálculos da duração em função à equipe conforme indica na equação 1:

$$Duração = \frac{Quantidade \times Índice}{Quantidade Recursos \times Jornada} \quad (1)$$

O planejamento é uma etapa importante do processo de construção e pode ser feito de diversas maneiras, dependendo do projeto e da equipe de construção. Algumas dicas gerais incluem (MATTOS, 2010):

- a) Definição de objetivos e requisitos: Estabelecer claramente os objetivos e requisitos do projeto antes de iniciar o planejamento.
- b) Seleção de equipe: Escolher uma equipe qualificada e experiente para o planejamento e a construção do projeto.

- c) Desenvolvimento de um cronograma detalhado: Desenvolver um cronograma detalhado para gestão da obra, incluindo as etapas de planejamento, construção e pós-construção.
- d) Definição de responsabilidades: Cada membro da equipe de acompanhamento para garantir que todos saibam o que esperar.
- e) Planejamento de recursos: Planejar os recursos necessários para a gestão da obra, incluindo tempo, mão de obra, equipamentos e ferramentas.
- f) Criação de um sistema de monitoramento: Criar um sistema de monitoramento eficaz para a gestão da obra, incluindo a coleta de dados, a avaliação de desempenho e a identificação de problemas e soluções.
- g) Comunicação clara: Estabelecer uma comunicação clara e eficaz entre a equipe de acompanhamento, a equipe de construção para garantir o sucesso da obra.

O planejamento é uma etapa crítica do processo de construção e requer uma abordagem metódica, clara e colaborativa para garantir o sucesso do projeto (LIMMER,1997).

Para otimizar os recursos, reduzir o tempo de resposta ao cliente, prever riscos e impactos e aumentar a precisão de todas as operações de desenvolvimento do planejamento de obra, são utilizadas algumas ferramentas para obter esses resultados (MATTOS, 2010):

- h) Gráfico de Gantt: permite visualizar o cronograma da obra e o progresso dos trabalhos em relação ao prazo estabelecido.
- i) Lista de atividades: permite identificar todas as tarefas necessárias para concluir a obra, incluindo sua sequência, duração e responsáveis.
- j) Orçamento: permite estimar os custos da obra e acompanhar o gasto real ao longo do tempo.
- k) Mapa de recursos: permite identificar e gerenciar os recursos necessários para a realização da obra, incluindo mão de obra, equipamentos e materiais.

- l) Planilha de risco: permite identificar e avaliar os riscos associados à obra e estabelecer medidas de prevenção e contingência.
- m) Software de gestão de projetos: permite gerenciar de forma eficiente todos os aspectos do projeto, incluindo o planejamento, o orçamento e a execução.
- n) Reuniões regulares com a equipe: permite manter todos os envolvidos informados sobre o progresso da obra e discutir questões importantes.

2.1.2 Execução

Segundo Limmer (2013) e Mattos (2010), a execução de obras é o processo de desenvolvimento de um projeto desde a concepção, planejamento e organização até a conclusão das tarefas. Envolve a gestão eficiente de recursos, planejamento de materiais, tempo e finanças, além da execução da obra com qualidade. É necessário estabelecer e monitorar metas para garantir o uso eficiente dos recursos disponíveis, além da execução de tarefas conforme as especificações técnicas e de qualidade.

Execução de obras, segundo Avila (2013), é o processo de planejamento, supervisão, coordenação e execução de todas as atividades relacionadas à construção, incluindo a realização de testes e inspeções, bem como a correção de eventuais problemas encontrados. É necessário garantir que as atividades sejam executadas segundo as especificações do projeto e dentro do orçamento e prazo previstos.

2.1.2.1 Comunicação e organização

Ao longo da execução de uma obra, muitas informações precisam ser repassadas, dúvidas são geradas e decisões devem ser tomadas. Dessa forma, os gestores têm que focar em garantir que a comunicação entre os colaboradores seja eficiente e unificada, avaliando se está sendo respeitado o planejamento de obras, a fim de minimizar atrasos e problemas (WANG, 2007).

Em todo ciclo de vida da construção de um empreendimento, a comunicação durante o processo construtivo interfere diretamente na produtividade, segurança, qualidade e nos custos dos projetos (EASTMAN et al., 2021).

Antes da aplicação do estudo, as documentações ficavam centralizadas no servidor geral da empresa, sendo necessário a impressão de todas as documentações para que a obra tenha acesso. Desta maneira muitas informações se perdiam pela falta de atualização desses arquivos impressos.

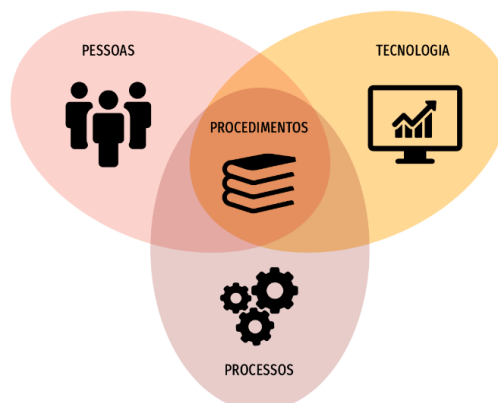
Para melhorar a comunicação entre as equipes envolvidas no desenvolvimento da execução do empreendimento, é importante que as informações/documentações esteja com livre acesso para os executores do empreendimento. Desta forma focando em uma organização e comunicação mais eficaz, foi realizado uma proposta de aplicação dessa organização.

2.2 Building Information Modeling (BIM)

BIM é uma metodologia composta por um conjunto de procedimentos e práticas que devem ser seguidos para a execução de projetos de construção. Esta metodologia envolve o uso de softwares 3D e tecnologias de informação para projetar, construir e gerenciar edifícios. Além disso, requer que as partes envolvidas no empreendimento, trabalhem em conjunto para otimizar o processo de projeto e construção. Permite o compartilhamento e integração de informações e o trabalho colaborativo. Seu uso aumenta a produtividade na indústria da construção ao fornecer informações mais precisas e acessíveis para todas as partes interessadas, desde a concepção até a construção, manutenção e operação, desta forma podendo atuar em todo o ciclo de vida da edificação (EASTMAN et al., 2021).

Segundo a ABDI, "é possível afirmar que a efetiva implantação da metodologia BIM se baseia em três dimensões fundamentais: tecnologia, pessoas e processos, conectadas entre si por procedimentos, normas e boas práticas" (2017, p.12), como mostra a figura 2:

Figura 2 – Os fundamentos do BIM



Fonte: Adaptado de SUCCAR, Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC – GUIA 01).

- a) **Pessoas:** envolve capacitação dos colaboradores, habilitando-os a trabalhar tanto com as equipes internas quanto com as externas, sendo flexíveis a mudanças e se mantendo constantemente atualizados.
- b) **Processos:** envolve definição de planos e fluxos de trabalho, métodos de comunicação, funções, responsabilidade, nível de detalhe e especificação do uso dos modelos, entre outros; e
- c) **Tecnologia:** envolve a infraestrutura necessária para a operação, os programas, equipamentos, computadores, internet, rede interna, segurança, armazenamento de arquivos, entre outros.

O BIM fornece as bases para uma nova forma de conceber e promover mudanças nos papéis e nas relações entre os envolvidos. Quando adotado corretamente, facilita os processos do projeto e uma construção mais integrada, gerando empreendimentos de maior qualidade com menores custos e prazos. (EASTMAN et al., 2021).

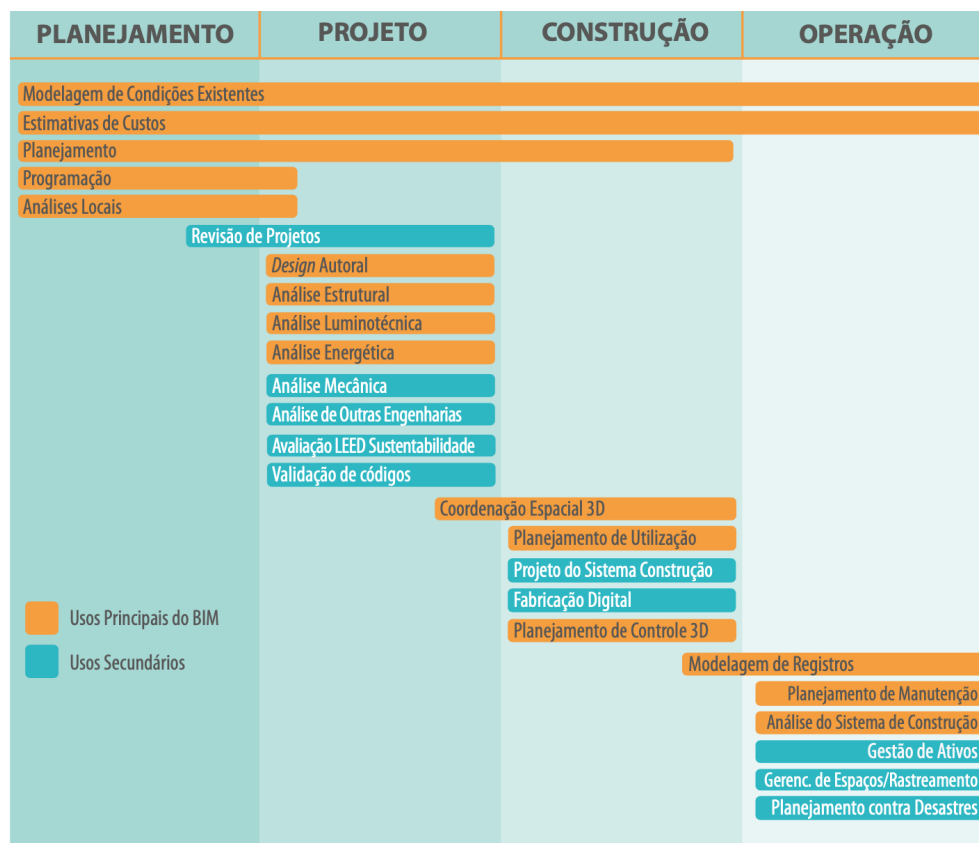
O BIM adota modelos paramétricos, no qual os elementos/objetos construtivos de uma edificação podem obter cores, textos e dimensões diferentes a depender das decisões do projetista, e ainda assim o elemento continuará sendo o mesmo, apenas modificou suas características físicas (exemplo: porta, janelas etc.). Isto permite o desenvolvimento de alterações dinâmicas/ simultânea em todas as vistas do modelo gráfico, facilitando a identificação de inconsistências e possibilitando a discussão da solução com mais assertividade (COELHO, 2008). Assim como, a melhoria na precisão de detalhamentos e maior assertividade nos dados quantitativos,

resultando em redução de custos nos orçamentos, com uma média de 10% (CATELANI, 2016).

Eastman et. al. (2021) definiram os benefícios do BIM segundo as etapas do projeto (figura 3):

- a) **Benefícios pré-construção para o proprietário:** É uma análise prévia se os custos previstos para o empreendimento correspondem a expectativa do proprietário, trabalhando com modelo com menos detalhes, mas vinculado com a uma base de dados de custo.
- b) **Benefícios para projetar:** ao modelar em BIM é possível visualizar o empreendimento em todas as etapas de desenvolvimento do projeto, com a dimensão 3D consistente em todas as vistas. Cria-se então uma construção virtual onde é possível visualizar incompatibilidades entre projetos e extrair quantitativos em qualquer etapa do projeto.
- c) **Benefícios à construção e à fabricação:** permite detalhar as camadas de materiais e objetos para fabricação e construção. Ao realizar uma modificação, atualiza automaticamente cada componente solicitado, obtendo assim reações rápidas na gestão da obra ou fabricação. Por conseguinte, com o planejamento é possível simular o processo de construção e mostrar a construção do empreendimento em qualquer ponto no tempo.
- d) **Benefícios pós-construção:** o modelo BIM pode ser retroalimentado (*as-built*) e utilizado para gerenciamento e a operação de manutenções, garantindo o fácil acesso às informações valiosas para operação e manutenção da edificação ou instalação construída.

Figura 3 – Aplicação do BIM, nas fases do ciclo de vida de um empreendimento.



Fonte: CBIC, 2016

2.2.1 Dimensões BIM

Os modelos em BIM são divididos por dimensões, onde se referem aos tipos de informações que serão obtidas do modelo (CAPESTRINI, 2015). Segundo Gonçalves (2018) as dimensões do BIM variam do 3D ao 7D. O autor define as dimensões do BIM conforme os itens abaixo:

- a) **BIM 3D - Modelo Paramétrico:** é o modelo virtual que contém três dimensões que é utilizada para as próximas etapas de concepção da edificação.
- b) **BIM 4D - Planejamento:** é a etapa onde as informações de cronograma da obra, tarefas e tempos são inseridas no modelo, possibilitando gerar um planejamento visual de andamento da obra.

- c) **BIM 5D – Orçamento:** é inserido as informações de custo de serviços, materiais, equipamentos, despesas indiretas, entre outros, podendo ser extraído o custo da obra, além de simular diversos cenários financeiros.
- d) **BIM 6D - Sustentabilidade:** Consiste na etapa de análise de eficiência energética da edificação, auxiliando na tomada de decisão durante o processo de concepção de um edifício.
- e) **BIM 7D – Gestão e Manutenção:** é usado para rastrear dados importantes, como status, manuais de manutenção ou de operação, informações sobre garantia e especificações técnicas, para serem utilizados em um estágio futuro.

Figura 4 – As sete dimensões do BIM.



Fonte: Bárbara Cristina Blank Garibaldi (2020).

2.2.2 BIM 4D

O modelo 4D é o modelo 3D com o planejamento temporal da obra. Isso torna os planejadores capacitados para comunicar as atividades e planejar visualmente no espaço e no tempo (EASTMAN et al., 2021).

Para Baia (2015), o planejamento da obra com a utilização de softwares BIM faz com que situações que seriam apenas abordadas durante a execução da obra agora sejam abordadas durante a elaboração do anteprojeto, fazendo com que o tempo de execução dos serviços possam ser reduzidos.

A utilização da tecnologia BIM 4D pode resultar em um melhor controle sobre a detecção de conflitos ou sobre a complexidade das mudanças que ocorrem durante o curso de um projeto de construção. Seus benefícios são, segundo Eastman et al. (2021) e Wang (2007):

a) Comunicação: os planejadores podem comunicar visualmente o processo construtivo planejado para todas as partes interessadas no projeto. Trabalhando com modelos temporais e espaciais de um cronograma e comunica-o mais efetivamente do que um diagrama de planejamento de Gantt;

b) Logística do canteiro: maior poder para gerenciar áreas de estoque, acessos, aluguel de equipamentos de grande porte, fluxos e identificar conflitos físicos.

c) Assertividade do cronograma: permite verificar e encontrar inconsistências, podendo ser ajustável o nível de detalhamento e verificar a sequência de logística do cronograma.

É possível inserir informações sobre a produtividade das equipes, número de equipes, sequência de construção, entre outros. Desta forma, o BIM 4D permite o levantamento do cronograma de trabalho, informando o início e término das atividades, e a geometria espacial de cada etapa executada. Segundo Gonçalves (2018), com seu uso é possível acompanhar o avanço físico realizando simulações de combinações no canteiro de obras, prevendo situações críticas e minimizando os riscos com relação aos equipamentos e mão de obra.

2.2.3 Interpolaridade e formato IFC

P Para utilizar o processo de modelagem durante todo o ciclo de vida do empreendimento, como no pré-projeto, no projeto, na construção e na operação, deve-se considerar a necessidade de interoperabilidade entre diferentes softwares (RECK, 2013).

A interoperabilidade é a capacidade que sistemas distintos têm de trocar informações entre si sem perder parâmetros e sem comprometer a funcionalidade do outro sistema (AZEVEDO, 2009). Para isso, necessita-se de um formato padrão de arquivo para que as informações possam ser intercambiadas de um software para

outro, permitindo que o uso do BIM se torne eficiente com as trocas de informação entre os modelos oriundos de projetistas distintos. (EASTMAN et al., 2021)

O IFC (Industry Foundation Classes), é um padronizador que permite o livre intercâmbio de dados entre os aplicativos compatíveis destinados à construção civil. O arquivo IFC permite que diferentes projetistas utilizem diferentes plataformas de projeto sem que isso impeça o trabalho conjunto e integrado. Todos os aplicativos certificados podem exportar seus dados no formato IFC e assim compor o arquivo federado para análise e coordenação do projeto (ABDI, 2017).







2.2.4 Níveis de Desenvolvimento LOD

O LOD - *Level of Development*, em português ND - Nível de Desenvolvimento, é uma classificação sugerida pelo Instituto Americano de Arquitetura para organizar as etapas do desenvolvimento de um empreendimento em BIM. É usado para definir o nível de informação e detalhamento que será incluído em um modelo BIM ao longo do tempo, desde a concepção até a entrega da obra. (LEUSIN, 2020).

O conceito LOD é introduzido para permitir que os participantes da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção especifiquem e articulem com um alto nível de clareza de conteúdo, bem como confiabilidade dos modelos BIM em seus vários estágios (OLIVEIRA, 2016). É usado para garantir que as informações incluídas no modelo BIM sejam precisas e detalhadas o suficiente para serem usadas como base para o gerenciamento e acompanhamento da construção.

O Instituto Americano de Arquitetura definiu cinco níveis de LOD, 100, 200, 300, 400 e 500, em um documento chamado "Project Building Information Modeling Protocol" em 2013. Na tabela 1 observa-se 7 níveis de LOD, com a inserção do ND0 e o desdobramento do LOD 300 em ND300 e ND350. Os níveis mais baixos (LOD 0 - 200) são usados para apresentação e geralmente são mais fáceis de criar. Os níveis mais altos (LOD 300 - 500) são usados para análise e geralmente fornecem informações mais detalhadas.

Tabela 1: Fases, Etapas e Níveis de desenvolvimento de projetos e representação gráfica

REPRESENTAÇÃO							Conclusão da obra "As-built"
DESCRIÇÃO	Levantamento de informações; Identificação de necessidades; e Esboço.	Desenhos esquemáticos; Volume, área e metragem quadrada geral.	Desenvolvimento do desenho e modelo; Sistemas genéricos; Análise de desempenho.	Desenvolvimento do modelo; Documentação para análises; Análise dos sistemas; Inclusão de atributos e parâmetros.	Finalização do modelo BIM; Análise detalhada de sistemas; Documentação executiva (obra).	Modelos finais com as informações; Especificações técnicas para execução; Quantitativos precisos.	Conclusão da obra; Registro nos projetos e documentação como construído (As-built); Modelo reajustado e configurado para base de dados para manutenção.
NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO (LOD)	ND 0	ND 100	ND 200	ND 300	ND 350	ND 400	ND 500
ETAPAS	Programa de necessidades e Estudo de viabilidade	Estudo preliminar	Anteprojeto	Projeto Legal	Projeto básico	Projeto executivo	Manutenção (<i>Facilities management</i>)
FASES	Concepção do produto	Definição do produto	Identificação e Soluções de Interfaces			Projeto de Detalhamento de Especialidades	Pós-Entrega do Projeto

Fonte: Adaptado Governo de Santa Catarina, 2018, p17.

Na modelagem BIM 4D, o LOD pode ser usado para garantir que as informações temporais incluídas sejam precisas e confiáveis (MARZIONE, 2013).

2.3 Softwares e Ferramentas

As plataformas BIM possuem variadas formas de utilização na construção civil. Foram selecionados alguns softwares para o desenvolvimento do estudo, segundo a classificação abaixo:

- a) Concepção/ edição de modelo BIM;
- b) Visualizador 3D;
- c) Armazenamento de arquivos;
- d) Registros e controle.

2.3.1 Ferramenta de concepção/ edição de modelo BIM

2.3.1.1 *Revit*

O Revit é uma ferramenta que utiliza o conceito BIM (NETTO,2020), no qual os projetos são elaborados de forma a:

- a) Examinar, testar e analisar o projeto;
- b) Verificar interferências entre as disciplinas;
- c) Quantificar os elementos necessários;
- d) Simular a construção e analisar os custos em cada uma das fases.
- e) Gerar uma documentação vinculada ao modelo que seja fiel ao produto executado.

O Revit possibilita o desenvolvimento simultâneo de um projeto com diversos sistemas diferentes, permitindo a criação de famílias de elementos pelo próprio usuário, de forma que os itens modelados consigam ser parametrizados conforme as necessidades do projetista (AUTODESK, 2017).

2.3.1.2 *Navisworks Manage*

Navisworks é uma ferramenta multiúso de gestão de obra, incluindo ferramentas para revisão de modelos, identificação de conflitos, simulações e animações 4D, extração de quantitativos 5D e renderização. Tornou-se popular originalmente em função de sua capacidade de importar modelos BIM e geometrias 3D em uma ampla variedade de formatos, sendo ainda seu grande diferencial. O Navisworks também consegue importar e visualizar nuvens de pontos oriundas de escaneamentos a laser ou fotogrametria (OLIVEIRA et al., 2020). Há duas versões disponíveis no mercado: *Navisworks Manage* e *Navisworks Freedom*, sendo o primeiro com uma licença adquirida e outro com uma licença gratuita (com a restrição da maioria dos recursos).

2.3.1.3 *Vico Office*

Vico Office é um software de planejamento e gerenciamento de projetos que permite aos usuários criar modelos 3D, programas de obras, orçamentos, cronogramas e relatórios de andamento. Pode ser usado em projetos de construção civil, de engenharia e de arquitetura. Também é possível utilizar a plataforma para a gestão financeira, BIM 5D (VICOOFFICE, 2022).

2.3.1.4 *Bexel Manager*

Bexel Manager é um software de gerenciamento de projetos que oferece recursos para ajudar os usuários a controlar e monitorar seus projetos. É usado para acompanhar orçamentos, cronogramas, recursos e outras variáveis de um projeto. O software oferece recursos de análise de desempenho, além de gráficos e relatórios que permitem aos usuários acompanhar o progresso de seus projetos. Ele também pode ser usado para criar documentação e controle de alterações, bem como definir tarefas e monitorar o progresso das mesmas. Também dispõe de recursos BIM 4D, sendo possível elaborar cronogramas de planejamento de obras, simulações de avanço físico deste cronograma diretamente no modelo, além de possibilitar o acompanhamento do planejado x construído (BEXEL CONSULTING, 2020).

2.3.2 Ferramenta de Visualização 3D

2.3.2.1 *Dalux*

O Dalux é uma ferramenta de realidade aumentada e um visualizador 3D que auxilia principalmente no canteiro de obras, propiciando uma melhor visualização e verificação de itens do projeto executivo. Esta é acessível a todos no modo de visualização 3D e tem aplicações para computadores, tablets e celulares.

2.3.2.2 *BIM Collab Zoom*

BIM Collab ZOOM é um software de colaboração baseado na nuvem para projetos de construção. Ele permite que usuários de toda a equipe colaborem em

projetos comerciais, industriais e residenciais. O software oferece recursos de armazenamento em nuvem para compartilhar documentação, bem como ferramentas de colaboração de equipe em tempo real. Os usuários também podem criar e compartilhar modelos 3D, bem como aplicar marcações, comentários e anotações para discutir e documentar alterações nos projetos

2.3.3 Armazenamento de Arquivos

2.3.3.1 *Google Drive*

O Google Drive é uma plataforma com facilidade de acesso onde se tem disponibilidade de armazenamento na nuvem para anexar documentos com segurança, acesso dos arquivos em qualquer local e acesso com possibilidade de ser compartilhado com a equipe. Por conseguinte, ele possibilita a criação de planilhas, documentos e outros arquivos que permite a edição simultaneamente.

2.3.3.2 *Dropbox*

Dropbox é um serviço de armazenamento de arquivos na nuvem, criado para facilitar o compartilhamento de arquivos entre usuários. Ele permite o armazenamento de arquivos em computadores, celulares e tablets, além do acesso a esses arquivos em qualquer lugar com conexão à internet. O Dropbox também permite que os usuários compartilhem arquivos com outros usuários, bem como sincronizar arquivos entre vários dispositivos.

2.3.4 Registros e Controle

2.3.4.1 *Microsoft Excel*

O Microsoft Excel um software que auxilia na criação de planilhas eletrônicas, para se ter uma organização e controle. Com base nos dados das folhas de cálculo é possível elaborar os mais variados tipos de gráficos, ordenar listas de dados, consultar dados com base na definição de critérios (filtros de dados), entre outras funções. Seus recursos incluem uma interface intuitiva que utiliza tabelas para realização de cálculos

ou apresentação de dados. Cada tabela é formada por uma grade composta de linhas e colunas (PINTO, 2011).

É um programa essencial para diversas áreas profissionais, pois automatiza tarefas e facilita análises de dados com agilidade para profissionais de áreas de marketing, finanças, recursos humanos, logística, vendas, entre outras (MICROSOFT).

2.3.4.2 *Google Sheets*

Google Sheets é uma ferramenta de planilhas da Google que oferece recursos avançados para o trabalho em equipe. É um aplicativo web gratuito que permite criar, editar e compartilhar planilhas on-line. O Google Sheets permite que os usuários criem planilhas complexas, como gráficos, tabelas, fórmulas e gráficos, que podem ser compartilhadas com outros usuários para edição e colaboração. Ele também permite que os usuários façam cálculos, criem gráficos e análises e compartilhem comentários com outros usuários.

2.3.5 Ferramentas de Planejamento

2.3.5.1 *Microsoft Project*

O Microsoft Project é o software de Gerenciamento e planejamento, que atua em diferentes etapas da gestão, possibilitando o gerenciamento de recursos, sequenciamento das atividades da obra e criação de cronogramas. Permitindo ao responsável pelo planejamento, execução ou controle de uma série de atividades que se relacionam, trabalhar alinhado à utilização de recursos, custos, cronograma e as principais áreas do gerenciamento de projetos (ESESP, 2021).

O software em paralelo com o planejamento gera o gráfico de Gant, que é um modelo de visualização de cronograma com barras escaladas de acordo com o tempo de duração das atividades. Com ele é mais intuitivo realizar ações de gerenciamento como alterar o sequenciamento, datas de início e término de tarefas, folgas entre as atividades, preenchimento do físico realizado, entre outras. É uma

ferramenta que possibilita pessoas com pouca instrução manuseá-lo e extrair as informações necessárias facilmente (MATTOS, 2010). Primavera P6

Primavera P6 é um software de gerenciamento de projetos usado para ajudar os gerentes de projetos a planejar, executar e controlar os seus projetos. Ele permite que os usuários criem cronogramas, orçamentos, listas de tarefas, relatórios e gráficos para acompanhar o progresso do projeto. O Primavera P6 também oferece recursos de colaboração para ajudar os membros da equipe a trabalhar juntos.

2.4 Infraestrutura

2.4.1 Fundação

As fundações destinam-se a transferir as cargas da estrutura ao terreno onde ela se apoia. Por essa razão devem ser resistentes para suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes. Esta parte da estrutura é classificada como infraestrutura e, tem como etapa preliminar o estudo do solo e do subsolo que se designa a sondagem. As fundações podem ser reunidas em dois principais grupos, superficiais e profundas (BASTOS, 2019). A escolha da solução de fundação depende de quatro fatores principais (ALVA, 2007):

- a) O tipo de solo, incluindo suas características de resistência e deformabilidade;
- b) As cargas provenientes da superestrutura, que dependem da concepção estrutural adotada pelo engenheiro durante o dimensionamento;
- c) As magnitudes máximas de recalques, deslocamentos e distorções que a estrutura pode sofrer na sua vida útil.
- d) Para escolher a solução mais adequada, além de conhecer os esforços atuantes sobre a edificação e as características dos elementos estruturais que formam as fundações, é preciso estudar as particularidades do solo sobre o qual a obra será executada.

Para a elaboração dos projetos e execução das fundações, é necessário o cumprimento das normas técnicas. Entre as principais destacam-se a NBR 6122 (ABNT, 2019) – Projeto e execução de fundações –, a ABNT NBR 9061 - Segurança

de escavação a céu aberto, e a ABNT NBR 11.682 (ABNT, 2009) Estabilidade de Taludes.

A NBR 6122 (ABNT, 2019), define os tipos de fundações, classificando como rasas, direta ou superficial. Fundações superficiais são aquelas nas quais a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sobre sua base, e onde a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a sua menor dimensão. Ficam incluídas na fundação superficial: a sapata, o bloco, o radier, a sapata associada, a viga de fundação e a sapata corrida.

Destas, destacam-se as sapatas por serem o foco deste trabalho. A sapata é um elemento de fundação de concreto armado utilizada como base ou apoio de uma estrutura, ou edificação. É apoiada no solo e sua função é transferir as cargas da estrutura para o solo, garantindo a estabilidade da construção. As sapatas podem ser retangulares, quadradas, circulares ou de outras formas sendo projetadas conforme as cargas e as condições do solo (PEREIRA,2016).

De acordo com Brito (1987), os tipos de sapatas são definidos da seguinte maneira:

- a) **Sapata isolada:** São aquelas que transmitem para o solo, através de sua base, a carga de uma coluna (pilar) ou um conjunto de colunas;
- b) **Sapata corrida:** São elementos contínuos que acompanham a linha das paredes, as quais lhes transmitem a carga por metro linear;
- c) **Sapata associada:** Um projeto econômico deve ser feito com o maior número possível de sapatas isoladas. No caso em que a proximidade entre dois ou mais pilares seja tal que as sapatas isoladas se superponham, deve-se executar uma sapata associada;
- d) **Sapata alavancada:** No caso de sapatas de pilares de divisa ou próximos a obstáculos onde não seja possível fazer com que o centro de gravidade da sapata coincida com o centro de carga do pilar, cria-se uma viga alavanca ligada entre duas sapatas, de modo que um pilar absorva o momento resultante da excentricidade da posição do outro pilar.

De acordo Yazigi (2021), a execução das sapatas pode ser feita através de algumas etapas, que incluem:

- a) Preparação do terreno: o terreno é limpo, nivelado e compactado para garantir uma superfície firme e uniforme para a fundação.
- b) Escavação: o solo é escavado até a profundidade necessária para a instalação da sapata, levando em consideração as condições do solo e as cargas da estrutura.
- c) Preparação da forma: A forma da sapata é montada e fixada no local da escavação, garantindo as dimensões corretas para a peça.
- d) Compactação: o concreto é compactado com ajuda de uma vibração mecânica ou manual, garantindo a densidade e uniformidade da peça.
- e) Cura: após a compactação, o concreto precisa ser curado, mantendo-o úmido por cerca de 7 a 28 dias, para garantir sua resistência e durabilidade.
- f) Desmoldagem: após a cura, o molde é removido e a sapata está pronta para receber a estrutura.

Estas são etapas gerais da execução de sapatas, que podem variar conforme as especificidades do projeto e das condições do terreno.

A NBR 6122 (ABNT, 2019) define como fundação profunda aquela que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas. Sua ponta ou base deve estar apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta, com no mínimo 3,0 m.

2.4.2 Investigação Geotécnica

Para a identificação e classificação do solo, realiza-se a sondagem, onde é necessário retirar uma amostra do solo onde vai ser realizado a edificação. Os resultados das amostras podem ser analisados em campo ou em laboratórios, em caso de um estudo mais aprofundado (KOSHIMA, A. et al. 1998).

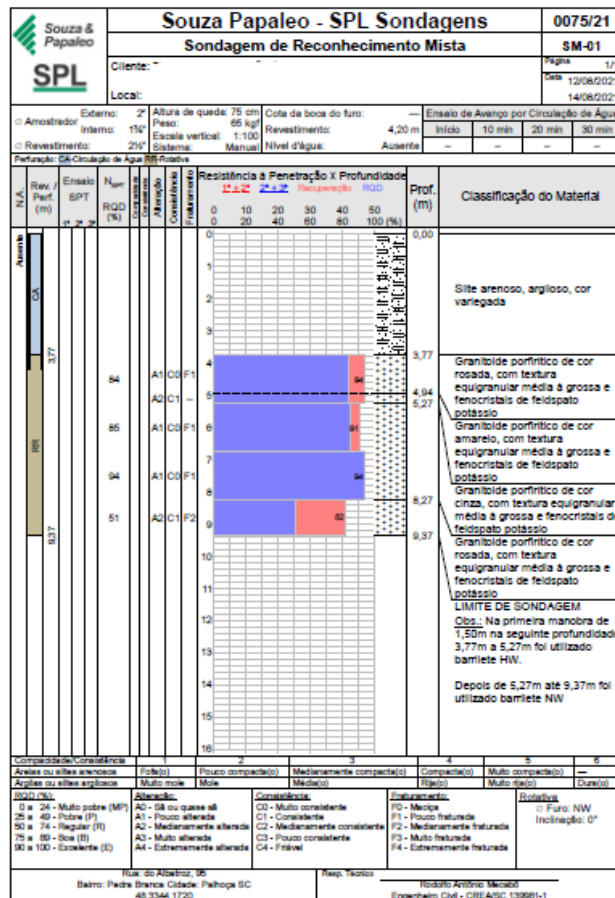
O objetivo da classificação dos solos, do ponto de vista de engenharia, é estimar seu provável comportamento ou, pelo menos, orientar o programa de investigação necessário para permitir a análise adequada de um possível problema.

Os sistemas de classificação se baseiam no tamanho dos grãos e nas características dos argilominerais. O tamanho dos grãos é determinado diretamente pela análise granulométrica. As características dos argilominerais são consideradas indiretamente pelo comportamento do solo na água, medido pelos limites de Atterberg (GUIMARÃES, 2018).

Com variação nos tipos de solo é utilizado a sondagem que forneça as informações mais precisas para a elaboração do projeto. Existem diversas técnicas de sondagens, como sondagem a percussão SPT, sondagens mistas, sondagens rotativas, sondagens geofísicas e sondagens a trado, portanto é necessário que se escolha a técnica certa para a situação.

O ensaio mais utilizado em solos penetráveis é o SPT (Standart Pedetration test), no qual informa a resistência do solo ao longo de uma profundidade, seguindo os padrões normativos da ABNT NBR6484:2001 (GUIMARÃES, 2018).

Figura 5 – Relatório Sondagem Mista



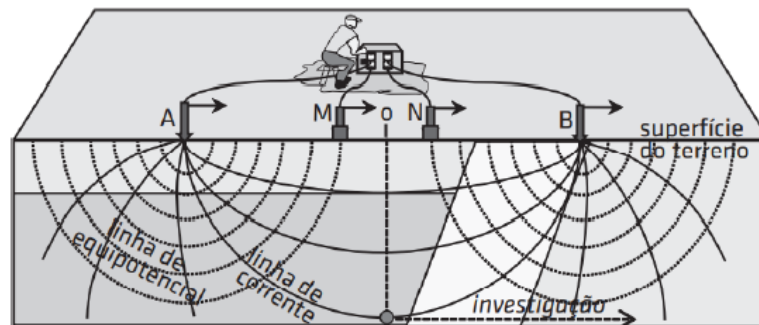
Fonte: Administradora "A" (2022)

As normas para execução da sondagem são a NBR 6484 (ABNT, 2001) - Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento do Solo, NBR 7250 (ABNT, 1982) - Identificação e Descrição de Amostras de Solos Obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos, e NBR 9603 (ABNT, 2015) - Sondagens a Trado.

2.4.2.1 Método de eletrorresistividade (ER)

O método ER emprega uma corrente elétrica artificial que é introduzida no terreno através de dois eletrodos (denominados de A e B), com objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos (denominados M e N) nas proximidades do fluxo de corrente, permitindo assim calcular a resistividade real ou aparente em subsuperfície

Figura 6 – Técnica da eletrorresistividade (ER)



Fonte: Geofísica aplicada, Braga (2016).

De acordo com Braga (2016), a resistividade elétrica relaciona-se aos mecanismos de propagação de corrente elétrica nos materiais. Para o autor, em geral, a propagação de corrente elétrica em solos e rochas se dá devido ao deslocamento de íons dissolvidos na água contida nos poros e fissuras, afetada principalmente pela composição mineralógica, porosidade, teor em água e quantidade e natureza dos sais dissolvidos. As técnicas geofísicas, assim como a eletrorresistividade, permitem a investigação do solo indiretamente, ou seja, sem necessidade de amostragem ou reconhecimento direto, utilizando as escavações.

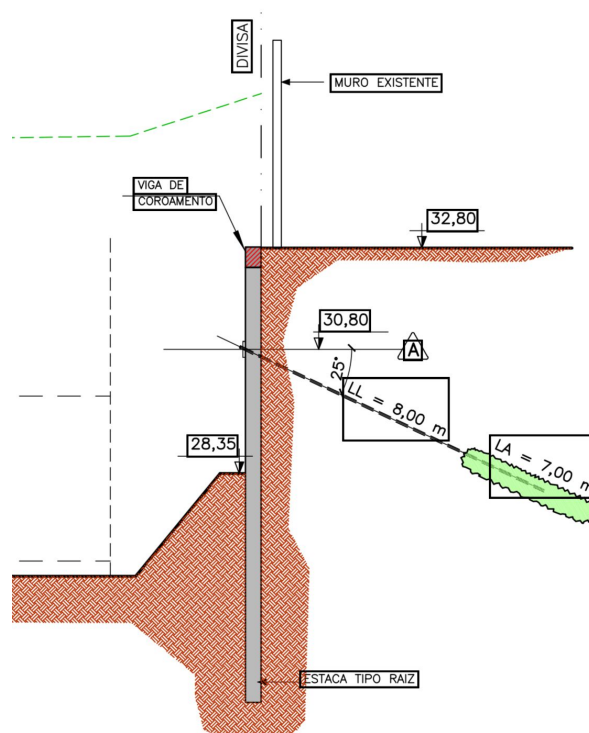
2.4.3 Contenção

Estruturas de contenção são aquelas destinadas a conter massas de terra, água ou mesmo resíduos. Suas dimensões permitem suportar pressões laterais e sobrecargas, evitando rupturas maciças pelo seu próprio peso ou por carregamentos externos (STUCCHI et al., 2014).

Num dos métodos de contenção, empregam-se as estacas raiz que, de acordo com Nunes (1992), “caracterizam-se pela execução no terreno de corpos aproximadamente cilíndricos de concreto, argamassa ou calda, em geral fortemente armados, nos quais o aglutinante é injetado sob pressão”.

A contenção com estaca raiz é uma técnica de contenção estrutural que consiste na instalação de estacas profundas no solo, a fim de proporcionar suporte adicional à estrutura. As estacas raízes são geralmente feitas de concreto, inseridas no solo a uma profundidade que alcance camadas mais resistentes, para que possam suportar as cargas e forças aplicadas. Essa técnica é amplamente utilizada em edificações, pontes, barragens, entre outros tipos de estruturas, que requerem uma contenção mais rigorosa e estável (NUNES, 1992).

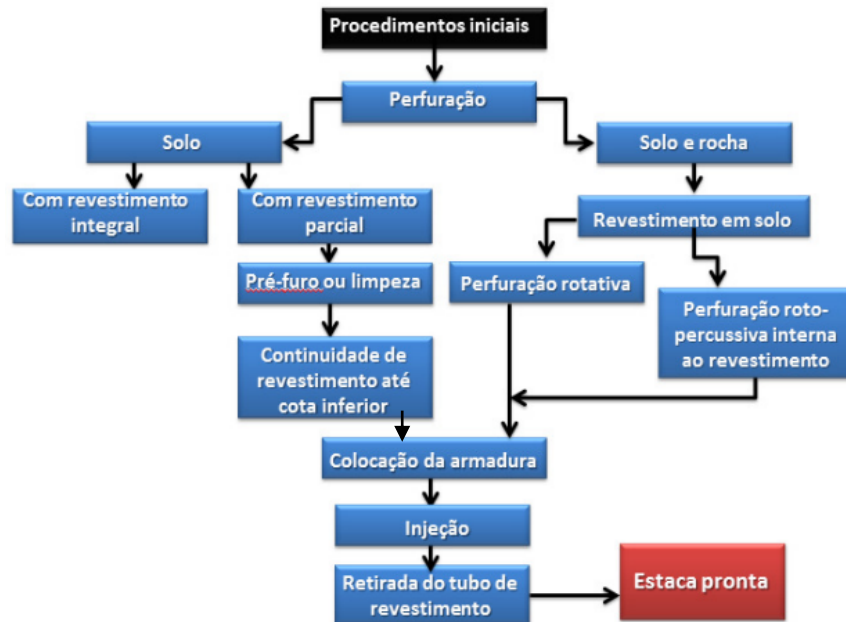
Figura 7 - Detalhe tirante



Fonte: Administradora “A”

O processo executivo desse tipo de estaca e principalmente da estrutura de contenção é composta por várias etapas conforme indicado na figura 8, e envolve diversos setores da construção, necessitando de uma demanda de equipe, equipamentos e materiais disponibilizados durante todo o período dos serviços (STUCCHI et al., 2014).

Figura 8 - Diagrama das etapas de execução estaca raiz



Fonte: adaptado de STUCCHI et al., 2014, p. 76

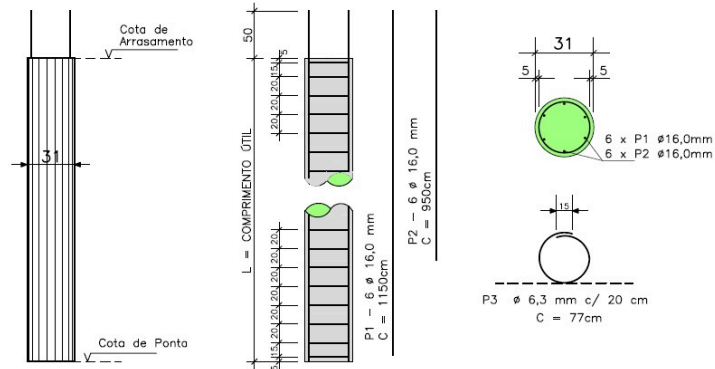
Conforme Yazigi (2021) o método executivo é realizado com a locação das estacas conforme projetado, para direcionamento do local onde será executado a estaca raiz. Para a perfuração do solo ou rocha, utiliza-se uma perfuratriz rotativa dotada de motores hidráulicos, mecânicos ou a ar comprimido. A perfuração segue a profundidade necessária indicada em projeto até chegar em um material resistente.

Após a furação, é feita a colocação da armadura conforme o comprimento previsto em projeto e em seguida, realiza-se a injeção de concreto na estaca, preenchendo-a até a superfície. Posteriormente, seguem-se inspeções para verificar o alinhamento correto da estaca e o correto alinhamento das cargas.

Com as estacas executadas e concretadas conforme as especificações indicadas em projeto, é realizado a verificação da cota de arrasamento referente cada

estaca, para realizar a viga de coroamento, que unirá as estacas, assim dando mais resistência a estrutura (figura 9).

Figura 9 - Detalhe das estacas raiz



Fonte: Administradora "A"

A NBR 6122 (ABNT, 2019) indica que o espaçamento entre as estacas raízes devem ser calculado com base em considerações estruturais e geotécnicas, incluindo características do solo, cargas aplicadas e outros fatores relevantes, não sendo recomendável executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros das mesmas.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho em questão, quanto a sua finalidade, trata-se de uma pesquisa aplicada, uma vez que visa a “aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica” (GIL, 2022, p. 41). Quanto aos seus propósitos, trata-se de uma pesquisa exploratória, pois tem “como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses” (GIL, 2022).

Para a elaboração da respectiva pesquisa, foram utilizados como aparatos metodológicos a pesquisa bibliográfica, que tem por objetivo “fornecer fundamentação teórica ao trabalho, bem como a identificação do estágio atual do conhecimento referente ao tema” (GIL, 2022). Aqui foram abordados os temas: gestão de obras, BIM e fundações e contenções.

Para o estudo de caso, seguiram-se as seguintes etapas:

- a) Definição do objeto de estudo;
- b) Definição dos softwares;
- c) Processo de elaboração do estudo de caso;
- d) Execução da modelagem BIM 3D;
- e) Planejamento da obra;
- f) Execução da modelagem BIM 4D;
- g) Acompanhamento da obra;
- h) Análise dos dados gerados no acompanhamento.

3.1 Objeto de Estudo

O objeto de estudo deste trabalho é um empreendimento multifamiliar, localizado no bairro de Jurerê em Florianópolis, no estado de Santa Catarina (Figura 10).

Figura 10 – Localização do edifício A

Fonte: Google maps

Trata-se de um empreendimento com 6 pavimentos, ver tabela 2, com 40 apartamentos, e áreas comuns. Os projetistas definiram que o projeto de fundação será composto por sapatas isoladas e a contenção será com estaca raiz e cortina de concreto moldada em loco.

Tabela 2 - Quadro de áreas edifício A

PAVIMENTO	ÁREA COBERTA	ÁREA DESCOBERTA	TOTAL
Subsolo 02	602,01 m ²		602,01 m ²
Subsolo 01	813,07 m ²	70,96 m ²	994,26 m ²
Térreo	497,22 m ²	110,23 m ²	610,46 m ²
Mezanino	113,24 m ²		113,24 m ²
Pavimento Tipo x2	810,61 m ²	94,51 m ²	905,12 m ²
Ático	37,75 m ²	231,37 m ²	269,12 m ²
Casa de Máquinas	35,07 m ²		35,07 m ²
Barrilete	35,07 m ²		35,07 m ²
Reservat. Superior	20,91 m ²		20,91 m ²
Central GLP	5,28 m ²		5,28 m ²
Total:	3780,24 m²	507,07 m²	4287,31m²

Fonte: Administradora "A" (2022)

Os Projetos de fundação e contenção foram elaborados em CAD 2D, assim foi necessária à sua modelagem em BIM 3D. Determinou-se o LOD 300 para a elaboração do modelo 3D de fundação e contenção, pois prevê modelos precisos com

informações específicas sobre montagem, escala, tamanho, localização e orientação, sem alto nível de detalhamento como as armaduras e formas.

3.2 Softwares

Com o foco em atender os desejos e requisitos prévios para um melhor desempenho do estudo, foram selecionados softwares do mercado que possuem recursos para o desenvolvimento das atividades.

Para modelagem BIM 3D foi selecionado o software da Autodesk Revit, o mais utilizado no mundo segundo estudo da NBS Enterprises (2020). O Revit também tem compatibilidade em IFC com os demais softwares escolhidos para as outras atividades do estudo.

Para a modelagem BIM 4D, escolheu-se o Navisworks Manage pelos recursos, compatibilidade com o Revit e disponibilidade de versão estudantil.

Para planejamento escolheu-se o software Microsoft Project. É válido frisar que também é possível o planejamento no Navisworks, contudo, pela familiaridade da autora com o MS Project, optou-se por esta ferramenta.

Para o acompanhamento da obra foi selecionado o software Dalux, pois permite a inserção dos projetos em PDF com o modelo 3D, facilitando a visualização e o entendimento do que foi projetado.

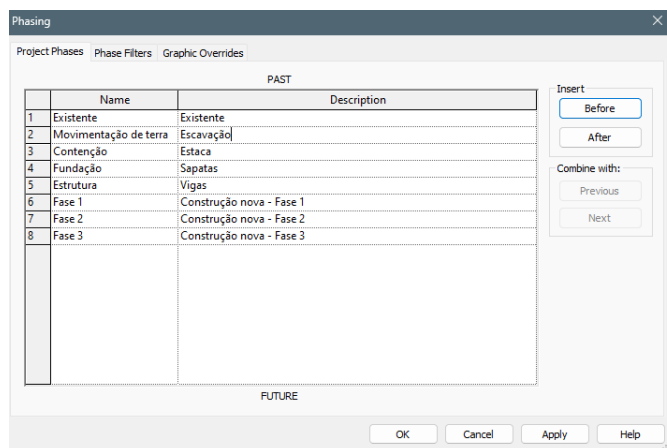
Para o armazenamento das documentações optou-se pelo Google Drive, pois permite outras atividades além do modo nuvem, como o Google Sheets, planilhas eletrônicas, que também auxiliará na atualização das informações das planilhas elaboradas no Microsoft Excel, realizando o registro e controle das documentações da obra.

3.3 BIM 3D

Para auxiliar no desenvolvimento das etapas de modelagem, foram criadas fases de construção, ferramenta não só para simular o projeto, mas também para planejar como ele será executado e organizá-lo, proporcionando um melhor

entendimento do que acontece em cada etapa da obra. Foram definidas as fases: existente, movimentação de terra, contenção, fundação e estrutura (ver figura 11).

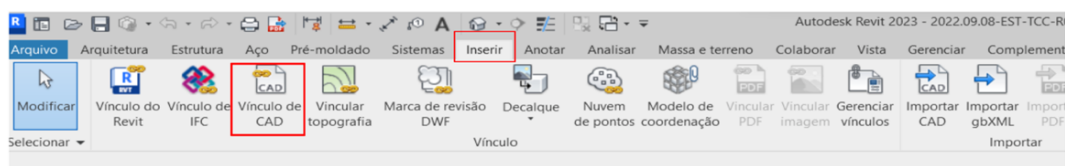
Figura 11 – Edição das fases



Fonte: Elaboração própria (2022).

Como os projetos de contenção e fundação foram elaborados em Cad 2D (Apêndice B, C), estes serão inseridos em um arquivo de Revit, conforme exemplo ilustrado na figura 12. A inserção de um desenho 2D, não é fundamental para a elaboração de um modelo BIM 3D, mas proporciona maior agilidade ao processo.

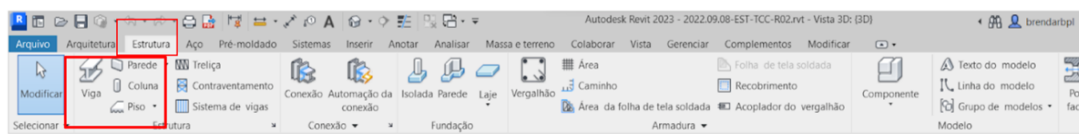
Figura 12 - Inserir modelo do AutoCad 2D para o Revit



Fonte: Elaboração própria (2022).

Após realizada a inserção do 2D, é realizado o lançamento dos elementos construtivos (estacas e sapatas), conforme ilustrado na figura 13. Fundação e contenção são modeladas em arquivo único, visto que pertencem a uma única disciplina: estrutural.

Figura 13 – Fazer elementos estruturais



Fonte: Elaboração própria (2022).

Também foi realizada a modelagem dos tirantes para uma melhor visualização do que estava em campo e para auxílio na simulação das soluções.

O terreno também foi modelado a partir de um arquivo CAD 2D. Utilizaram-se aqui as fases “movimentação de terra” e “existente”. Com a correta utilização das fases é possível quantificar o volume de aterro ou de corte de material no terreno.

No Revit é possível determinar os níveis do empreendimento para a movimentação de terra, possibilitando uma análise volumétrica com mapeamento do volume de material necessário a ser retirado em cada trecho para a execução das contenções e fundações.

3.4 Planejamento

Para essa etapa utilizou-se o software MS Project, desenvolvendo-se os processos de sequenciamento das atividades, estimativa de recursos, estimativa de duração das atividades e desenvolvimento do cronograma.

Como critério comparativo, utilizou-se como data de início do planejamento a data de início da execução. As informações para construção do planejamento foram disponibilizadas pela administradora “A”.

Na estruturação dos serviços preliminares foram contabilizados os trabalhos iniciais no terreno, como movimentações de terra, instalações provisórias e locação da obra, seguindo as etapas de execução mapeadas pela autora, conforme a figura 14.

Figura 14 – Estruturação etapas



Fonte: Elaboração própria (2022).

Para o mapeamento dos serviços, entrou-se em contato com a empresa responsável pela execução das estacas raiz, para mapear a produção diária da equipe.

Paralelamente a execução da estaca raiz, é necessário ter armadores para montagem das armaduras das estacas e sapatas. Também contactou-se a empreiteira para saber quantos trabalhadores seriam disponibilizados para a execução da obra em questão.

Para calcular a produção diária da empreiteira foram utilizados os dados da tabela do SINAP, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. As informações de quantitativo de materiais (tabela 3) foram retiradas dos projetos disponibilizados pela administradora “A”.

Tabela 3 – Quantitativo de materiais projetos de contenção e fundação

QUANTIDADE DE CONCRETO E FORMA			RESUMO AÇO-CA50 ESTACA RAIZ			
PEÇA ESTRUTURAL	CONCRETO (m3)	FORMA (m2)	Ø (mm)	COMP. TOTAL (m)	PESO UNIT. (kg)	PESO TOTAL (kg)
Pilar	19,31	258,99	6.3	5.819,66	0,25	1.454,92
Viga	49,48	467,71	16.0	9.318,00	1,60	14.908,80
Laje	58,69	150,88				
Sapata/ Bloco	73,12	105,39				
Total	200,6	982,97				PESO TOTAL 16363,72

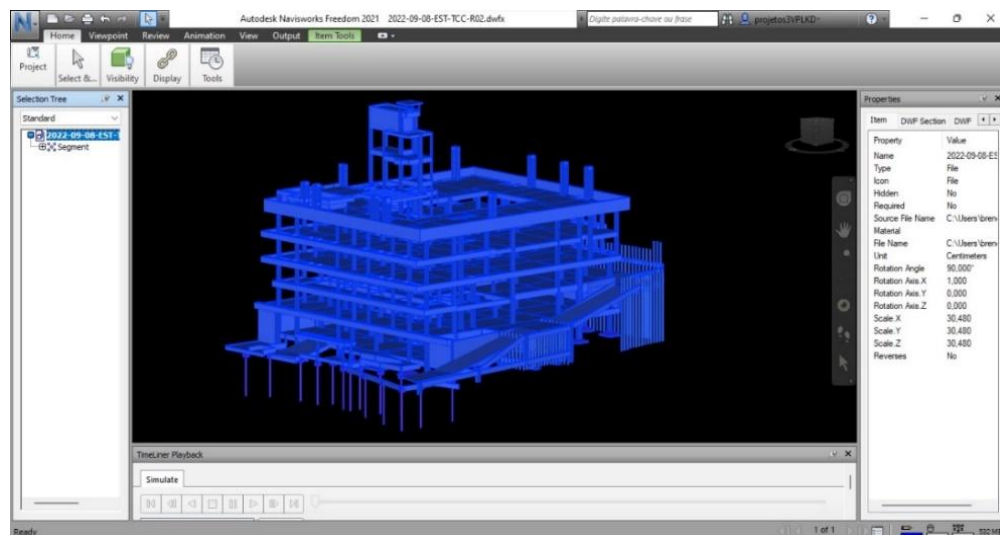
Fonte: Fonte: Administradora “A” (2022)

3.5 BIM 4D

A modelagem 4D é a união da modelagem 3D com o planejamento. Iniciou-se a inserção do modelo 3D na plataforma do Navisworks, realizando a exportação do modelo a partir do Revit, gerando um arquivo com extensão “.nwc”. Utilizou-se esse formato, pois o arquivo “.nwc” tem um tamanho bem menor (828 KB neste estudo, contra 27.420 KB do arquivo “.rvt”), gerando agilidade em todo o processo.

Na figura 15 é possível observar os projetos importados para o Navisworks no formato NWC.

Figura 15 – Projeto de Contenção



Fonte: Elaboração própria (2022).

Realizou-se também a inserção do planejamento desenvolvido no MSPProject ao modelo gerado no Revit, através da importação de ambos para o Navisworks e a posterior vinculação dos elementos modelados com os itens previstos no planejamento. Ao fim pode-se simular o desenvolvimento do projeto ao longo do tempo, incluindo a sequência de construção, as tarefas do cronograma, as interações entre os diferentes sistemas e os recursos humanos envolvidos.

3.6 Acompanhamento da obra

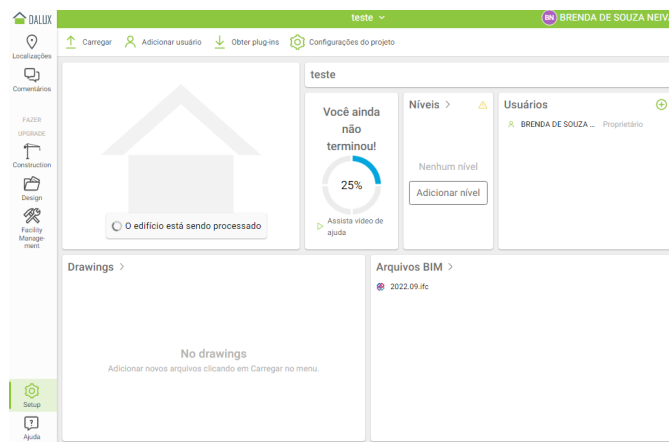
A Este trabalho envolveu a fiscalização dos trabalhos, a avaliação do projetado e executado, identificando e resolvendo os problemas que possam surgir durante o processo de construção e ter o controle das documentações.

3.6.1.1 Visualizador

Foi empregado o software Dalux de visualização de projetos em 3D focado no acompanhamento da obra in loco, com o intuito de obter visualização rápida dos sistemas e esclarecer dúvidas dos projetos.

Nele fez-se o upload do modelo em IFC e das pranchas em PDF do projeto em questão. Após todas as informações inseridas é possível acessá-la pelo computador, tablete ou celular, sendo possível realizar filtros, medidas, visualização do PDF com o modelo BIM 3D, obtendo assim uma melhor visualização de todo o projeto.

Figura 16 – Plataforma Dalux



Fonte: Elaboração própria (2022).

Para a utilização da ferramenta no acompanhamento da obra, foi solicitado ao técnico para baixar o aplicativo no celular. Em primeiro momento foi utilizado para acompanhar as atividades diárias nas obras, incluindo a verificação da qualidade, a realização de inspeções do projetado com o executado, buscando eventuais interferências que não foi observado no desenvolvimento do projeto. Auxiliando

também nas reuniões em obra, possibilitando a verificação do conflito e facilitando a visualização e no melhor entendimento das equipes envolvidas no processo executivo.

3.6.1.2 Comunicação e armazenamento de arquivos

Para acesso das documentações do empreendimento foi criado um e-mail próprio da obra, com o auxílio da plataforma Google, que permite o acesso a diversas ferramentas, uma delas é o Google Drive. Foi escolhido essa plataforma pela facilidade de compartilhamento e acesso fácil e simultâneo por vários usuários.

Foram criadas pastas no drive para anexar todos os arquivos do empreendimento, englobando os projetos, documentos e comunicação da obra. As pastas foram separadas conforme exposto na figura 17.

Figura 17 – Drive obra



Fonte: Elaboração própria (2022).

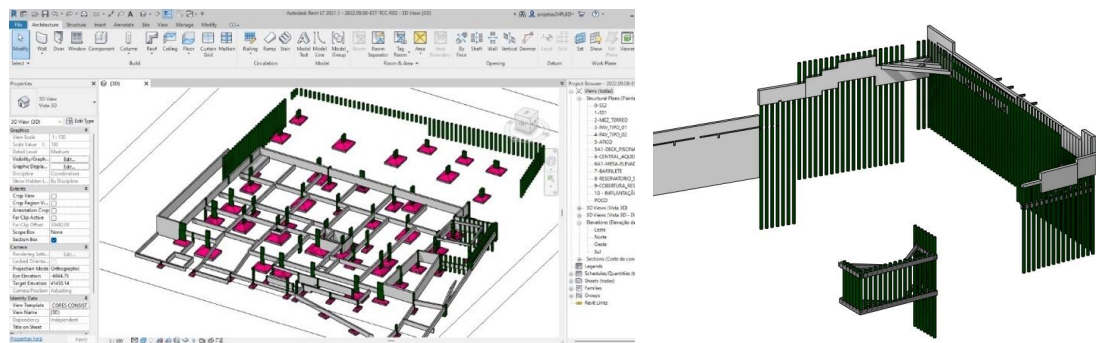
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente tópico apresenta os resultados da gestão da obra do estudo de caso e suas discussões.

4.1 BIM 3D

Para fundação e contenção, foram modelados em BIM 3D: sapatas, estacas, estroncas e tirantes.

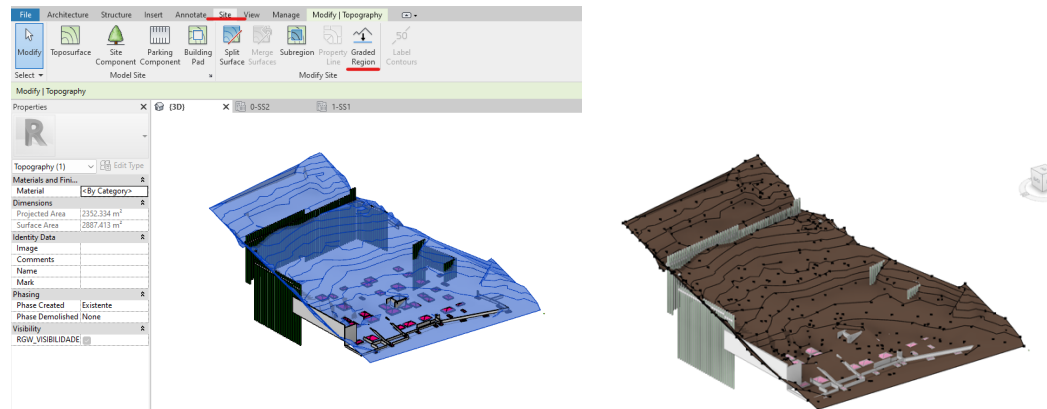
Figura 18 – Modelagem da fundação e contenção



Fonte: Elaboração própria (2022).

O terreno foi modelado utilizando as fases “movimentação de terra” e “existente”.

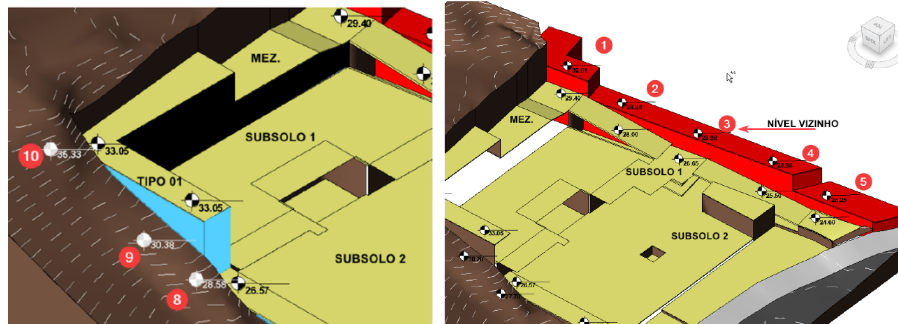
Figura 19 – Modelagem terreno



Fonte: Elaboração própria (2022).

Na modelagem do terreno, foi possível determinar os níveis da movimentação de terra. Assim obteve-se o volume de material necessário a ser retirado em cada trecho para a execução das contenções e fundações (figura 20 e 21). Em conjunto foi analisado os locais que precisariam de contenções mais profundas para a realização da escavação com segurança.

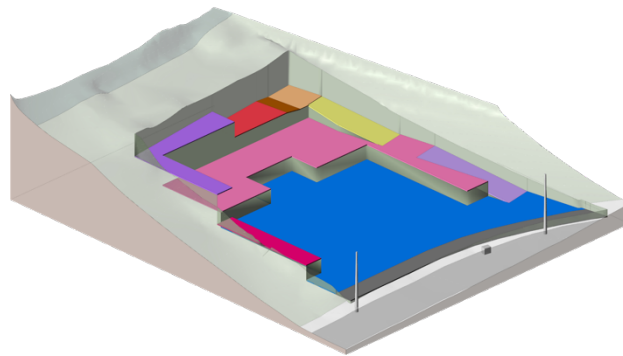
Figura 20 – Níveis terreno



Fonte: Elaboração própria (2022).

A modelagem do terreno também possibilitou a extração de quantitativos, cortes e aterro de material, conforme figura 21.

Figura 21 – Modelagem terreno



CORTES TERRENO

Referência	Cortar (m ³)	Preencher (m ³)	Corte e Preenchimento (m ³)	Área de superfície (m ²)	Área projetada (m ²)
ÁREA APP	0,0	0,0	0,0	853,0	622,0
TERRENO ORIGINAL	0,0	0,0	0,0	5342,0	4940,0
TERRENO NOVO	3,1	1,8	-1,3	2363,0	2132,0
PLATAFORMA PAV TIPO	214,4	43,7	-170,7	104,0	104,0
PLATAFORMA MEZ TÉRREO	325,3	0,0	-325,3	51,0	51,0
RAMPA INTERMEDIÁRIO ATÉ MEZ TÉRREO	95,7	0,0	-95,7	16,0	15,0
PLATAFORMA INTERMEDIARIO SS1/MEZ TÉRREO	196,4	0,0	-196,4	29,0	29,0
RAMPA SS1 ATÉ INTERMEDIÁRIO	263,0	0,0	-263,0	59,0	57,0
PLATAFORMA SS1 JARDINS	49,8	3,9	-45,9	54,0	54,0
PLATAFORMA SS1	1722,1	2,1	-1719,9	378,0	378,0
RAMPA SS2 ATÉ SS1	172,1	0,0	-172,1	73,0	72,0
PLATAFORMA SS2	3260,1	0,0	-3260,1	923,0	923,0
PASSEIO	37,1	3,5	-33,6	209,0	204,0
AJUSTE CALÇADA	176,7	0,4	-176,3	136,0	136,0
TOTAL	6515,8	55,5	-6460,3		

Fonte: Elaboração própria (2022).

4.2 Panejamento

No contato com a empresa responsável pela execução das estacas raiz, constatou-se uma produção diária de 35 m, que no projeto resultaria em uma execução diária de aproximadamente de 4 estacas.

A empreiteira responsável pelos armadores para montagem das armaduras das estacas e sapatas informou que disponibilizaria 2 carpinteiros e 2 armadores.

Com estes dados, mais as do SINAP, obteve como resultado 300 dias para conclusão dos serviços de montagem das armaduras e formas, conforme indica a tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo de equipes e duração das atividades

ATIVIDADE	UN.	QTDE	RECURSO	ÍNDICE DA EQUIPE		JORNADA (h/dia)	DIAS DA EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE TRABALHADORES
FUNDAÇÕES (SAPATAS) - FORMAS	m ²	105	Carpinteiro	1,6	h/m ³	8	168,62	200	1
FUNDAÇÕES (SAPATAS) - ARMAÇÃO	Kg	3.515	Armador	0,24	h/m ²	8	843,60	300	3
FUNDAÇÕES (SAPATAS) - CONCRETAGEM	m ³	73	Operador	0,23	h/kg	8	16,71	30	1
CONTENÇÕES (ESTACAS RAIZ) - ARMAÇÃO	Kg	83	Armador	0,24	h/m ³	8	19,96	20	1
CONTENÇÕES (ESTACAS RAIZ) - INJEÇÃO ARGAMASSA	m	1.512	Operador	0,23	h/m	8	43,19	43	1
CONTENÇÕES (ESTACAS RAIZ) - EXECUÇÃO	m ³	1.404	Operador	0,23	h/m	8	40,11	40	1

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para saber quantas horas são necessárias para a conclusão dos serviços, foi calculado a produção dos trabalhadores, multiplicado o coeficiente e a quantidade pelas suas respectivas unidades, utilizando a equação 1. Realizando o mesmo para o cálculo da hora por dia, para ter como resultado do número de trabalhadores. Obtendo um o planejamento inicial como resultado dos dados obtidos conforme está na tabela 5.

Tabela 5 – Desenvolvimento do planejamento no MS Project

Nome da Tarefa	Duraçã	Início	Término	Tri 4/2022				Tri 1/2023	
				Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS	40 dias	Qua 16/02/22	Ter 12/04/22						
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA 01	23 dias	Qua 02/02/22	Sex 04/03/22						
CONTENÇÃO MONTAGEM ARMAÇÃO	30 dias	Seg 02/05/22	Sex 10/06/22						
FUNDAÇÃO FORMAS	169 dias	Seg 02/05/22	Qui 22/12/22						
FUNDAÇÃO ARMAÇÃO	250 dias	Sex 01/04/22	Qui 16/03/23						
▶ CONTENÇÃO	40 dias	Sex 20/05/22	Qui 14/07/22						
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA 02	10 dias	Qui 20/10/22	Qua 02/11/22						
▶ FUNDAÇÃO	169 dias	Seg 02/05/22	Qui 22/12/22						

Fonte: Elaboração própria (2022).

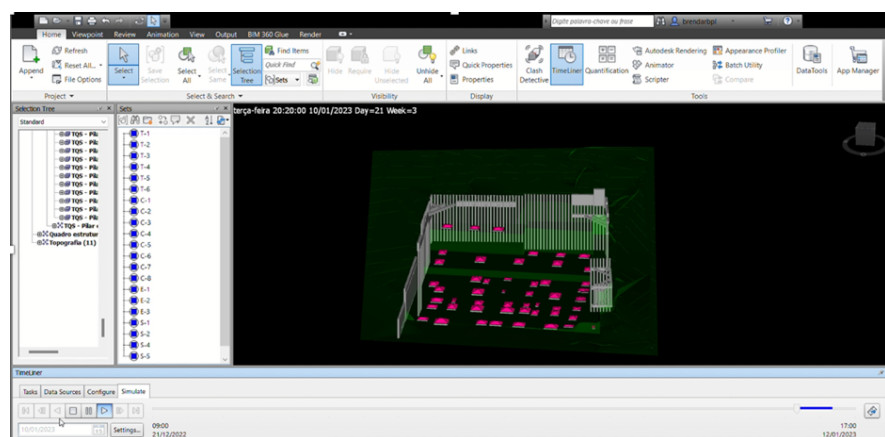
Na tabela 5 podemos observar o cronograma desenvolvido no MS Project, sendo incluso as atividades iniciais instalações provisórias, contenção e fundação. A

contenção teve seu início em, 02 de maio de 2022 com a execução das estacas raiz. Obteve a conclusão das principais atividades para a execução da contenção e fundação em 20 de abril de 2022. Sendo previsto a conclusão da fundação com sapata corrida em 22 de dezembro de 2022.

4.3 BIM 4D

A modelagem 4D ocorreu conforme planejado no método, com a união da modelagem 3D com o planejamento.

Figura 22 – Modelagem terreno



Fonte: Elaboração própria (2022).

Alguns eventos inesperados durante a obra, acarretaram variações nas datas no período de execução. Como, por exemplo, na escavação verificaram-se muitas rochas, não sendo possível realizar a extração sem o uso argamassa expansiva, o que não estava previsto no planejamento. Além disso, a equipe que estava realizando a execução das estacas raiz, não realiza a execução em dias de chuva, com isso as atividades tiveram algumas pausas.

Maiores detalhes da modelagem do BIM 4D encontra-se no apêndice D.

4.4 Acompanhamento da obra

A Com a gestão de obra foi possível monitorar os processo e controle da execução da fundação e contenção, do planejamento, relatado acima, até a

conclusão. O objetivo foi garantir que os trabalhos fossem realizados conforme os projetos e prazos estabelecidos.

A seguir será relatado os resultados obtidos com o acompanhamento da execução da obra

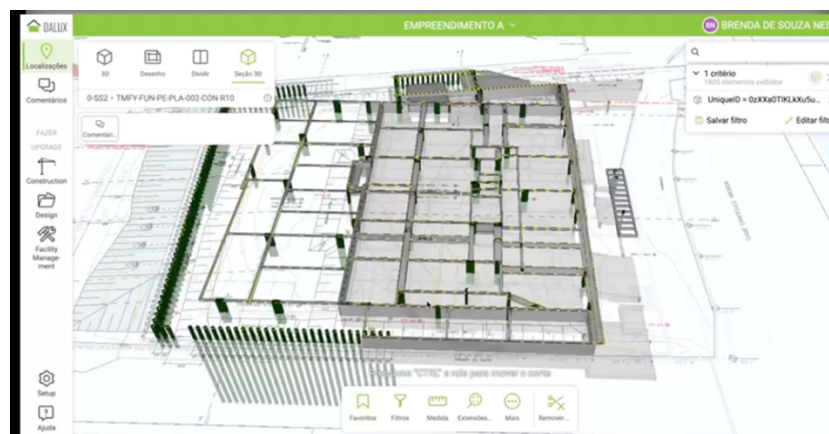
4.4.1 Visualizador

O visualizador Dalux agregou valor ao acompanhamento da obra, pois permitiu a compreensão da evolução do projeto clara e precisamente.

Com o uso da ferramenta pôde-se acessar os PDF's e ao modelo 3D do projeto, sendo possível comparar, in loco, o executado com o projetado, sem necessitar de pranchas físicas. Por isso, a ferramenta também se mostrou útil nas reuniões com a equipe executora.

A utilização de um aplicativo de gestão de projetos no celular proporciona uma eficiência incomparável ao ter o projeto sempre à mão. Com uma resposta mais rápida aos trabalhadores, é possível visualizar o projeto de forma ampla e clara. Além disso, a possibilidade de utilizar a tecnologia 3D juntamente com o projeto em PDF permite uma análise ainda mais detalhada e momentânea do andamento da obra.

Figura 23 – Projeto de fundação e contenção no software Dalux



Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.2 Contenção

Já no início dos trabalhos, com a realização da movimentação de terra prevista em projeto, encontrou-se muitas matacões e rochas, sendo necessária uma equipe especializada para o desmonte desse material com o uso argamassa expansiva, o que não estava previsto no planejamento.

Figura 24 – Limpeza do terreno



Fonte: Elaboração própria (2022).

Desta forma foi necessário a revisão da modelagem 4D para contemplar os serviços citados.

Com a preparação do terreno com taludes para a execução das contenções foram iniciadas as estacas raiz pelo fundo do terreno. O projetista utilizou a contenção de estaca raiz, pois o empreendimento em questão é composto por grandes declividades e escavações, sendo necessário um processo para prevenir o deslizamento de encostas e ladeiras.

Figura 25 – Execução taludes



Fonte: Elaboração própria (2022).

As estacas raízes foram instaladas para criar uma rede de contenção em torno do terreno, onde se localiza as partes de grande escavação do subsolo 02, subsolo 01 e térreo. Para aumentar a resistência à erosão das estacas, foi previsto também tirantes.

Para uma melhor visualização e compreensão do projeto, utilizou-se o Dalux para auxílio em campo (figura 27), contatando algumas incompatibilidades do projetado com o executado.

O projeto de fundação completo encontra-se no apêndice B.

Figura 26 – Execução das estacas raiz



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 27 – Verificação execução das estacas raiz no Dalux

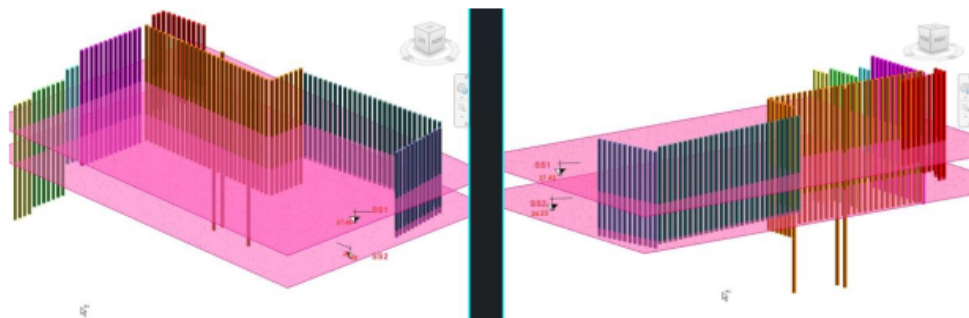


Fonte: Elaboração própria (2022).

Na revisão 01 do projeto estava sendo previsto 201 estacas para a contenção. Foi visto em campo que estava equivocado o que estava previsto em projeto (figura 27). Portanto foi realizado uma análise dos níveis e alterado o projeto inicial, obtendo assim um total de 123 estacas, e atingindo uma redução de 78 estacas do projeto inicial.

Com a análise, resultou em revisão do modelo BIM 3D e 4D, pois os projetos foram modificados. Desta forma foi realizado as novas projeções dos elementos modelados.

Figura 28 – Execução das estacas raiz

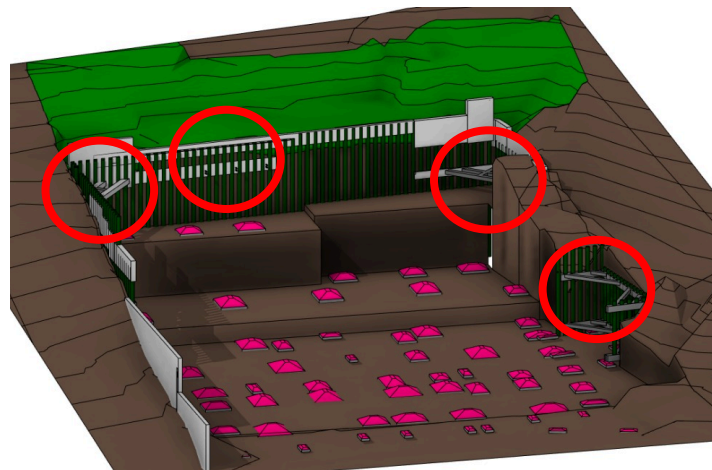


Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.3 Tirantes

A próxima etapa de execução foi a dos tirantes. O projeto inicial previu 23 tirantes, contudo do decorrer da obra foram identificados alguns problemas, indicados na imagem abaixo, que serão melhor explanados a seguir.

Figura 29 – Projeto da contenção e fundação

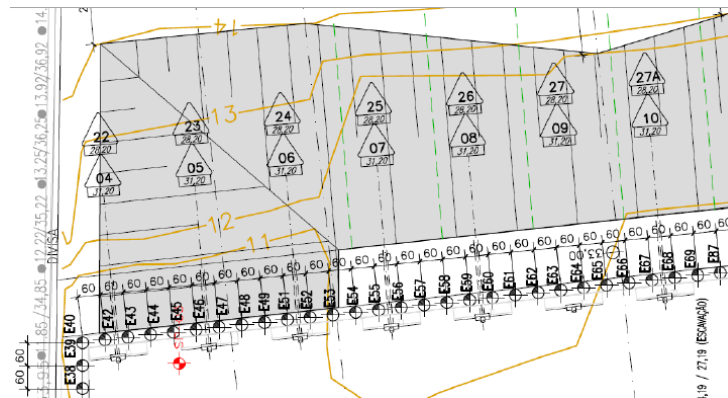


Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.3.1 Tirantes fundos

O projeto estrutural inicial previa 2 linhas de tirantes para os fundos da edificação, totalizando 14 tirantes nessa região.

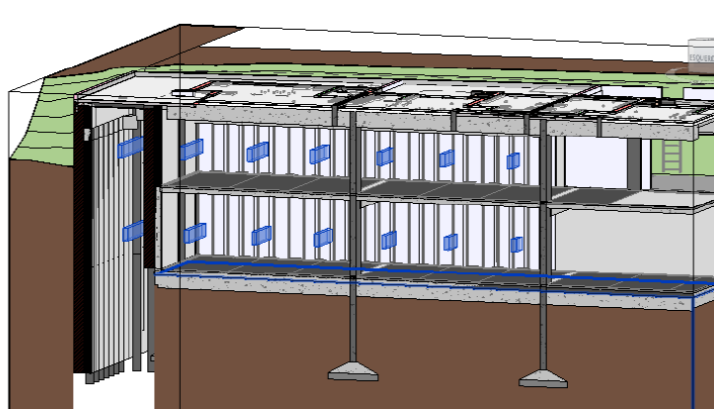
Figura 30 - Projeto inicial (R01) Contenção – fundos



Fonte: Administradora "A" (2022)

Foi projetado dessa maneira, pois ao realizar a escavação para o subsolo 1, verificou-se que as estacas ficariam sem sustentação, necessitando de tirantes para travar a contenção.

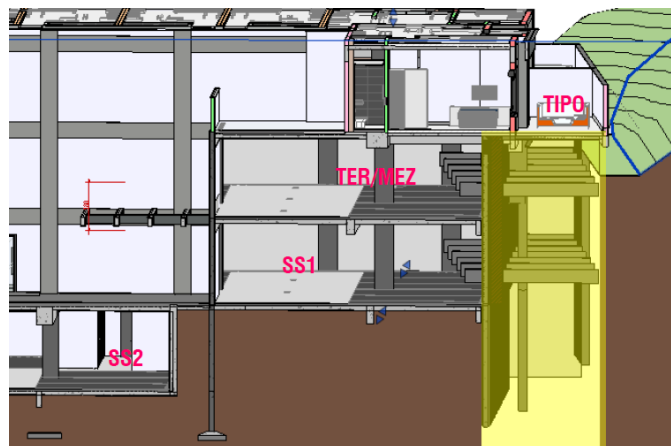
Figura 31 - Simulação no Revit dos tirantes



Fonte: Elaboração própria (2022).

A modelagem 3D auxiliou ao projetista a identificar que não seria necessário ter duas linhas de tirantes nos fundos, pois houve necessidade de escavar o local indicado em amarelo na figura 32.

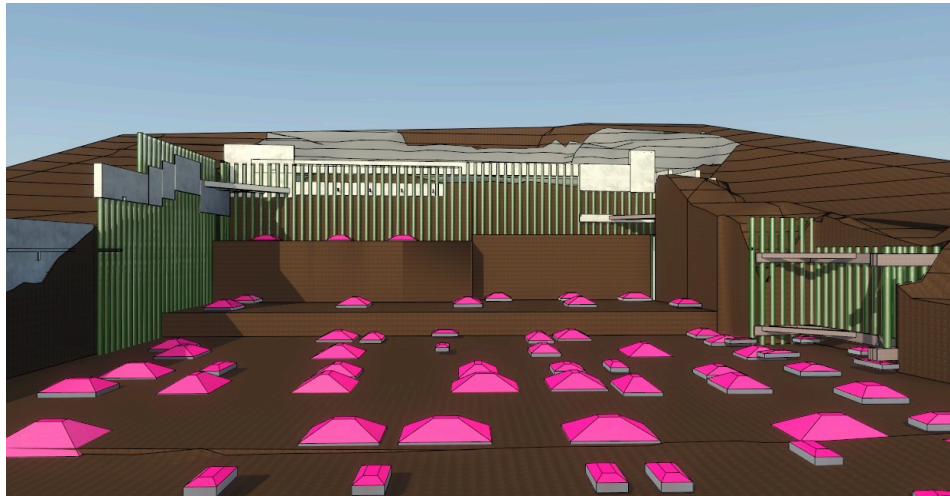
Figura 32 – Projeção dos tirantes no modelo arquitetônico.



Fonte: Elaboração própria (2022).

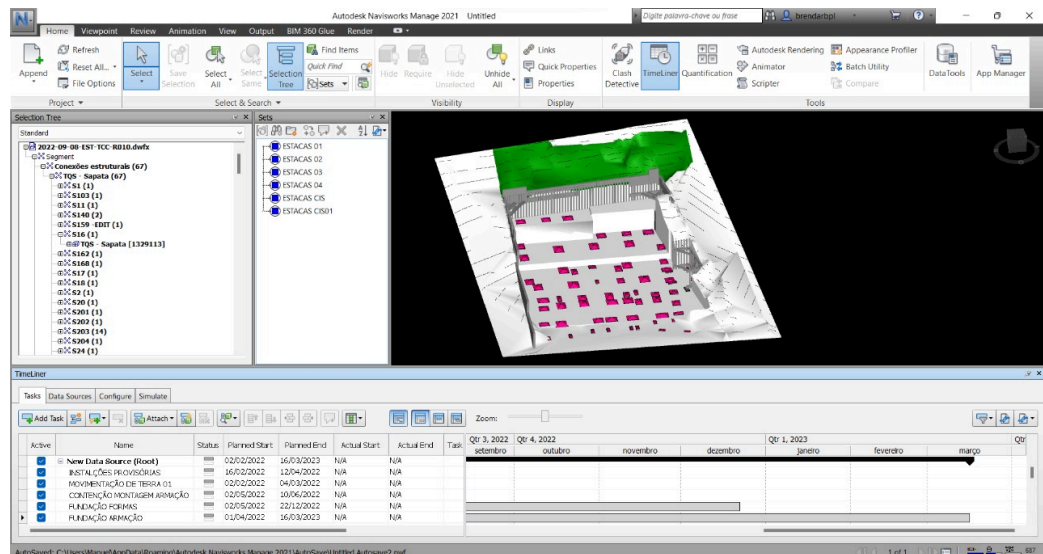
Na reunião com o projetista, foi constatado que era possível reduzir para 4 tirantes em somente um nível. Essa redução se dá pela substituição por estroncas, elementos utilizados para escoramento de estruturas instáveis, fazendo o travamento das estacas. Assim, houve redução de material e mão de obra para esse serviço, sendo necessário nova modelagem 3D e 4D.

Figura 33 – Novo modelo 3D



Fonte: Elaboração própria (2022).

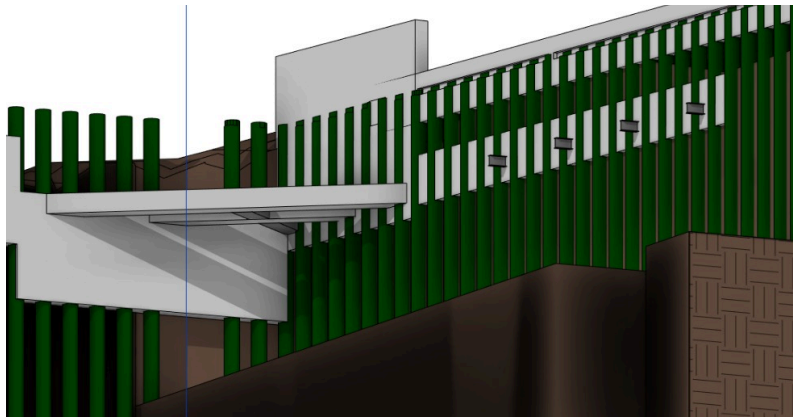
Figura 34 – Novo modelo 4D



Fonte: Elaboração própria (2022).

A figura 34, traz o modelo 3D revisado com o travamento da contenção, e a figura 35 mostra a contenção dos fundos executada conforme modelo.

Figura 35 - Projeto da estronca e tirantes



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 36 - Execução da estronca e tirantes

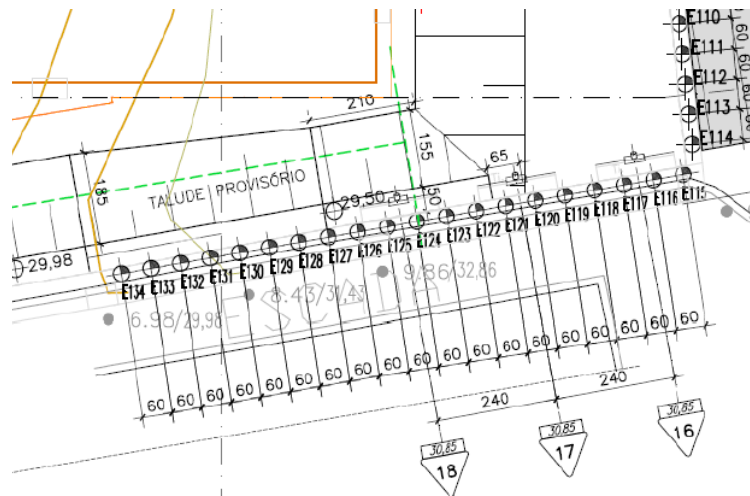


Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.3.2 Tirantes laterais

No terreno ao lado da obra possui um condomínio com 2 edifícios, no qual as contenções estão rente ao muro de divisa. A execução das estacas gerou danos na edificação vizinha, por conta da perfuração no solo contendo rocha. Por conta disto, foi reavaliado o uso dos 3 tirantes inicialmente projetados para o travamento da estrutura (figura 37) nessa região.

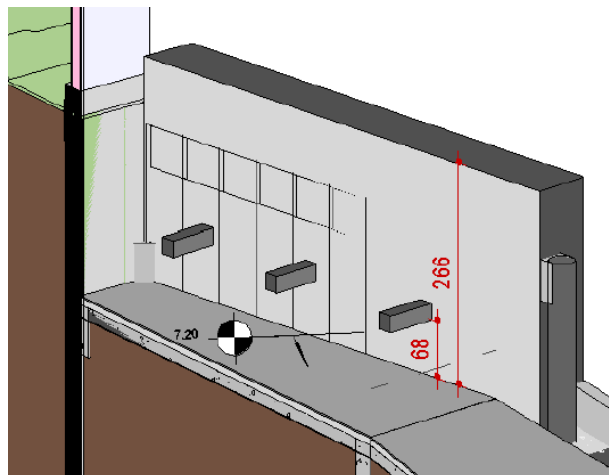
Figura 37 - Projeto inicial (R01) Contenção – Lateral direita



Fonte: Administradora "A" (2022)

O modelo 3D mostrou que os tirantes citados ficariam muito próximos ao terreno vizinho, podendo a sua execução impactar estruturalmente na fundação do mesmo, pois o nível do terreno ao lado é mais alto.

Figura 38 - Simulação tirantes – Lateral direita

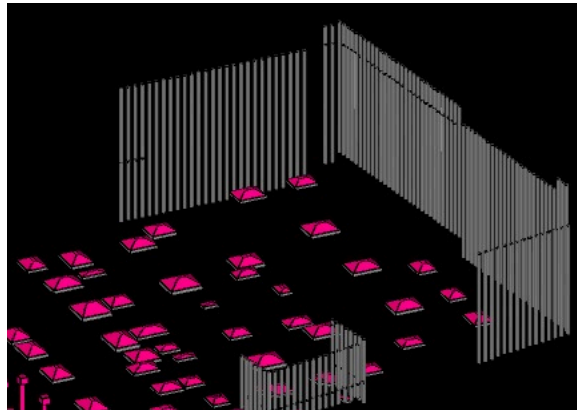


Fonte: Elaboração própria (2022).

Após reunião da equipe executora com os projetistas, foi indicado a substituição dos tirantes por estroncas, efetivando assim o travamento da contenção sem impactar estruturalmente no terreno vizinho.

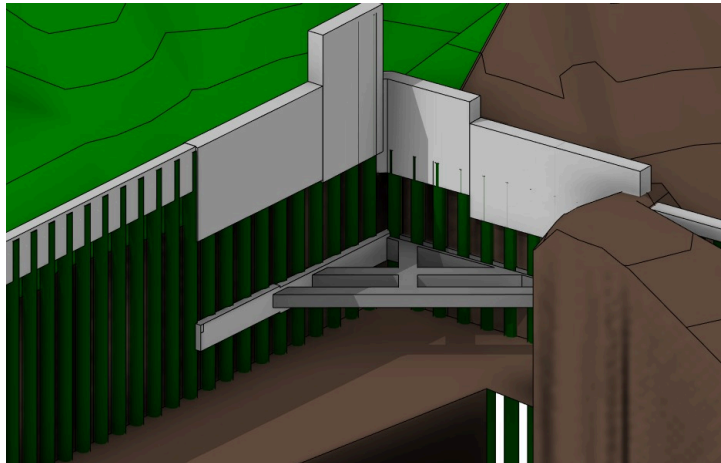
Novamente foi necessária nova modelagem 3D e 4D, estando o resultado visível nas figuras 39, 40, 41.

Figura 39 - Projeto anterior estronca – Lateral direita



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 40 – Novo projeto estronca – Lateral direita



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 41 - Execução estronca – Lateral direita

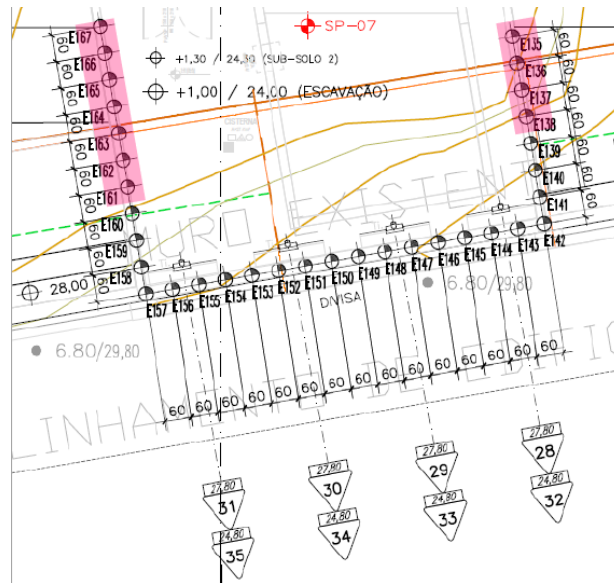


Fonte: Elaboração própria (2022).

4.4.3.3 Tirantes cisterna

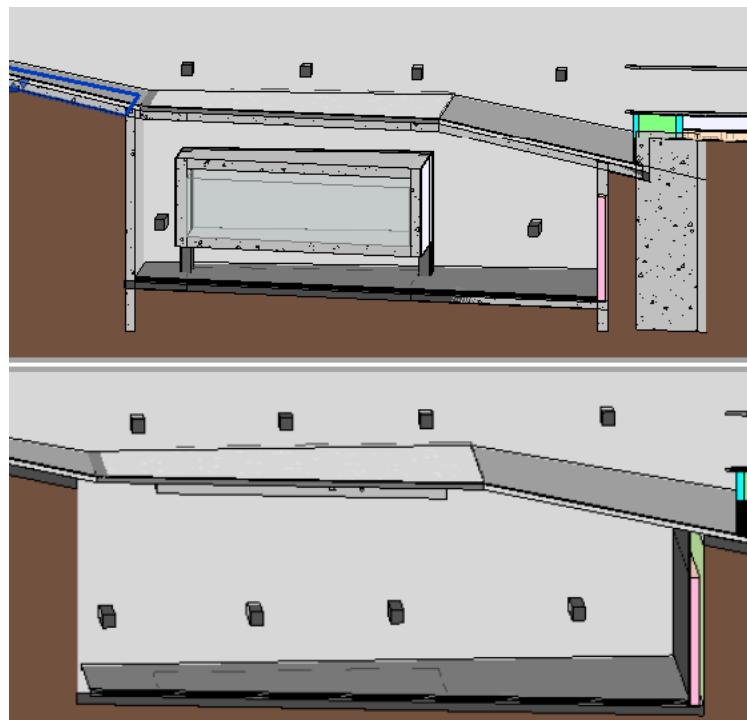
No projeto inicial eram previstos 8 tirantes para a região da cisterna.

Figura 42 - Projeto inicial (R01) Contenção – Cisterna



Fonte: Administradora "A" (2022).

Figura 43 - Simulação tirantes – Cisterna



Fonte: Elaboração própria (2022).

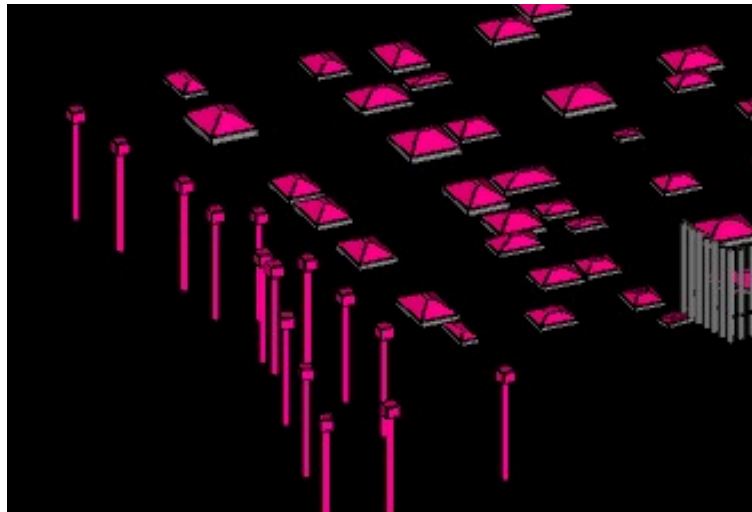
Contudo, aqui também foi adotado o mesmo parâmetro de impacto, visando reduzir ao máximo as interferências no entorno. Assim, foi previsto a execução das estroscas, substituindo os tirantes.

Abaixo observa-se a modelagem 3D revisada e uma imagem da execução da obra do sistema em questão.

4.4.4 Fundação

Foi De maneira geral, a execução das fundações ocorreu dentro do esperado, com sapatas e Estacas.

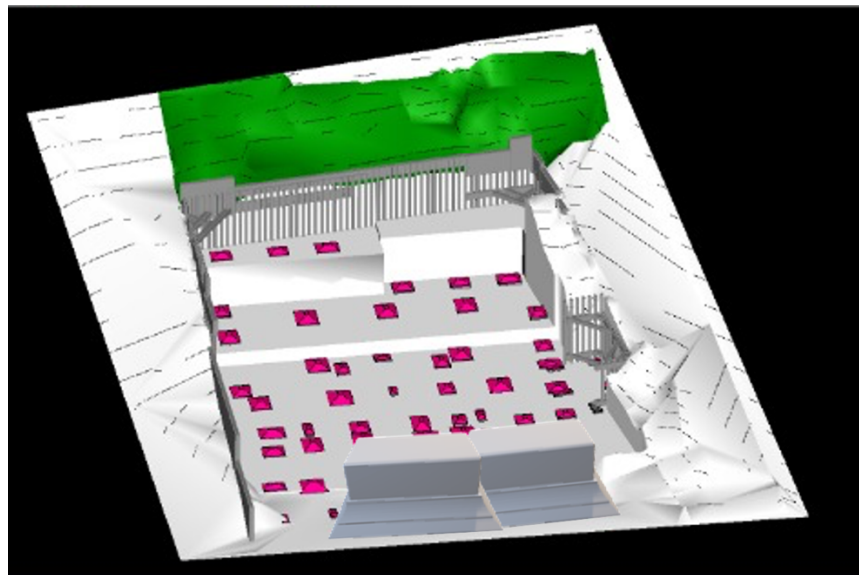
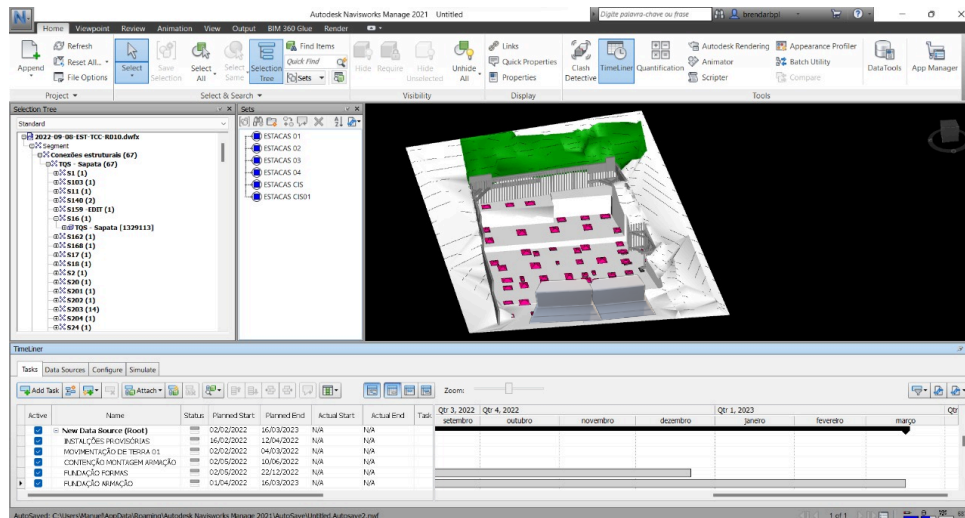
Figura 44 – Modelagem do projeto de fundação



Fonte: Elaboração própria (2022).

A exceção se deu na parte frontal do empreendimento. Observou-se no modelo 4D que a estrutura do subsolo 1 não estaria pronta para fazer o deslocamento do canteiro para o subsolo, a tempo da conclusão das contenções com estacas, nas laterais e fundos do terreno.

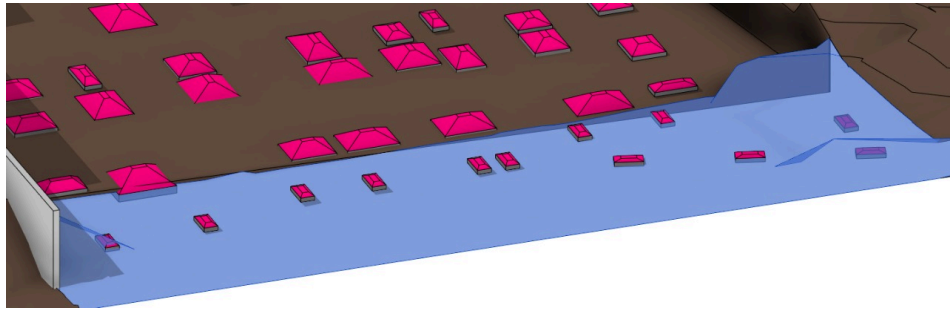
Figura 45 – Modelagem 4D da projeção do canteiro



Fonte: Elaboração própria (2022).

Nova reunião com projetistas realizou-se sendo definida a substituição de 18 estacas, previstas no projeto inicial, por sapatas. Nova modelagem 3D (ver figura 46) e 4D foi realizada.

Figura 46 – Frontal do empreendimento



Fonte: Elaboração própria (2022).

A modificação acabou gerando uma redução no tempo de trabalho e custo, pois foram excluídos os serviços que precisavam de mão de obra e equipamentos especializados como a estaca raiz e tirantes.

Com todas as análises realizadas da fundação e contenção, obteve como resultado do acompanhamento do projeto executivo a figura 47.

Figura 47 – Visão geral do executado



Fonte: Elaboração própria (2022).

5 ANÁLISES DOS RESULTADOS

O presente tópico analisa alguns dos procedimentos e resultados obtidos com o desenvolvimento deste trabalho, apontando dificuldades encontradas durante sua realização, métodos alternativos e outras considerações.

Para o desenvolvimento do estudo, os projetos utilizados não estavam modelados em BIM. Deste modo, para devida aplicação do método, realizou-se a modelagem 3D dos projetos de contenção e fundação. Com a modelagem concluída, obteve maior quantidade de informação para as tomadas de decisões e possíveis problemas foram evidenciados. Foi o caso dos tirantes que poderiam impactar a estrutura do prédio vizinho caso não fosse realizada sua substituição por estroncas.

Tornou-se evidente a importância da equipe envolvida no desenvolvimento do projeto trabalhe em BIM, de forma que a compatibilidade e assertividade do projeto obtenha melhores resultados para o desenvolvimento da execução, aplicando assim as melhores práticas do mercado.

Com a utilização do BIM 4D nas atividades realizadas no canteiro, obteve uma visualização temporal da execução da fundação e contenção do empreendimento, auxiliando a gestão das equipes e materiais em obra. Foi o caso da modificação da fundação na parte frontal do empreendimento. Inicialmente pensou-se que iria gerar atrasos na obra, mas o modelo 4D mostrou que além de não impactar no cronograma, a modificação traria redução de serviços especializados, gerando assim redução de custos.

Com o auxílio dos softwares Google Drive, Dalux e as planilhas eletrônicas desenvolvidas, obteve mais controle dos processos, facilidade na comunicação com a equipe executora, organização e acesso às informações e documentos.

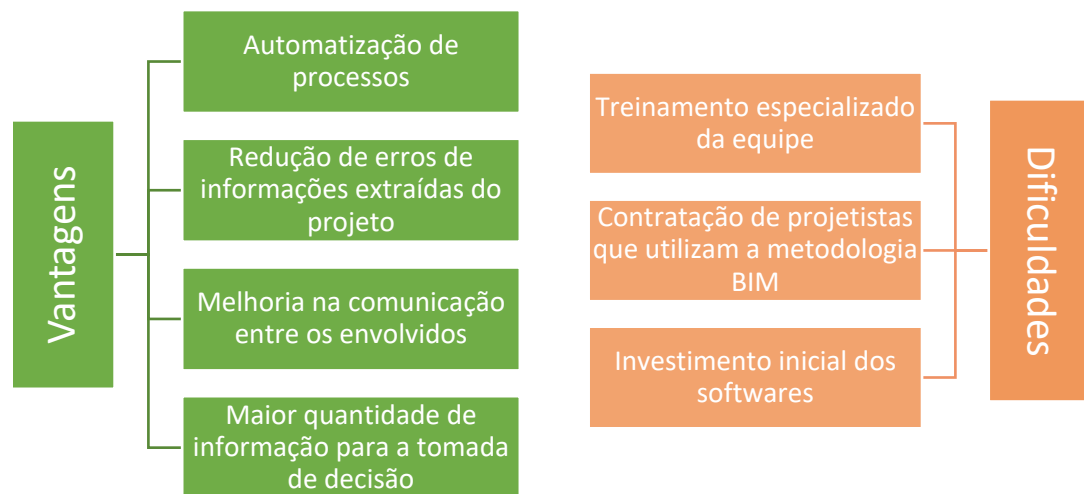
No desenvolvimento do estudo, a obra teve a fiscalização do CREA-SC que solicitou as documentações da obra, ART's dos projetos e execução. Para cumprimento do que foi solicitado, encaminhou-se a planilha de controle das ART's da obra e as documentações. Percebeu-se assim os ganhos com o controle e a organização das documentações. Nos processos de gestão de obras anteriores, as informações de projeto eram limitadas e a documentação na obra ficava

frequentemente desatualizada, o que gerava retrabalhos por erros executivos e atrasos.

O processo de acompanhamento executado, resultou em agilidade, qualidade de informação e confiabilidade do projetado com o executado.

Com todas as análises realizadas, constataram-se vantagens e dificuldades da utilização das ferramentas BIM na gestão de obra, conforme mostra na figura 48.

Figura 48 – Vantagens e dificuldades com a utilização da ferramenta BIM.



Fonte: Elaboração própria (2022).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Ao fim deste trabalho, ficam as seguintes considerações:

- a) As experiências reais junto ao acompanhamento no canteiro de obras e nas tomadas de decisões no escritório, são desafiadoras e carecem de tecnologia que as assista;
- b) Durante o trabalho, pôde-se observar a importância da gestão de obras, garantindo o padrão de qualidade na execução das técnicas de construção;
- c) Ao decorrer do processo observou as vantagens em gerir a obra com ferramentas BIM, principalmente as 3D e 4D;
- d) Acredita-se que a contratação de profissionais que conhecem e utilizam a metodologia BIM, traz importantes benefícios ao empreendimento;
- e) Acredita-se que os resultados deste trabalho responderam satisfatoriamente ao questionamento inicial de como a aplicação de ferramentas BIM podem auxiliar na gestão da execução de uma obra da construção civil.

Por fim, sugere-se para trabalhos futuros aplicar a dimensão 4D em outro escopo de serviços e disciplinas, analisando o desempenho em outras atividades, como a etapa de execução das instalações hidráulicas, onde ocorrem vários debates e complicações na execução.

REFERÊNCIAS

ABDI. Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **O Processo de Projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: [s. n.], 2017. vol. 1, . Available at: <https://www.abdi.com.br/projetos/bim>. Acesso em: 29 junho de 2022.

ALVES, Celestino Maia Fradique, Francisco Miguel Sarmiento Trigueiros Rodrigues de Carvalho, João Miguel Guimarães Fidalgo Roque, João Pedro Marques Teixeira, João Pedro Soares Pereira, Luís Filipe da Silva Devesa. **O que são os BIM?**

Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia Da Universidade Do Porto, 2012. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_12MC08_03.PDF. Acesso em: 02 de maio. 2022

ASBEA. **Boas Práticas em BIM-** Fascículo II, agosto, 2015. 24 p.

AVILA, Antonio Victorino; Jungles, Antônio Edésio. **Gestão do Controle e Planejamento de Empreendimento**. Florianópolis: Autores, 2013. 512 p

BAIA, Denize Valéria Santos. Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil. Distrito Federal: 2015. 117 p. Dissertação (mestrado em estruturas e construção civil) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.,

BEXEL CONSULTING, 2022. Disponível em: <https://bexelconsulting.com/>. Acesso em em 10 nov. 2022.

BIM SC, **Estratégia BIM SC**. Secretaria de Estado da Infraestrutura e mobilidade – SIE, Santa Catarina, 2022. 28p.

BRAGA, A. C. O. **Geofísica Aplicada: métodos geoeletricos em hidrogeologia**. Oficina de Textos, 2016.

BRASIL. Decreto no 9.983, de 22 de agosto de 2019. **Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling**. Decreto No 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília, 23 ago. 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm#art15> Acesso em: 29 junho de 2022.

CAPESTRINI, Tiago Francisco. **Entendimento BIM; uma Visão do Projeto de Construção sob o foco da informação** - Curitiba, 2015. 115p.

CATELANI, Wilton Silva (Brasil). Cbic - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras: **Fundamentos BIM - Volume 1**. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016. 124p.

CATELANI, Wilton Silva (Brasil). Cbic - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras: **Implementação BIM - Volume 2**. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016. 132p.

CATELANI, Wilton Silva (Brasil). Cbic - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras: **Colaboração E Integração BIM - Volume 3**. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016. 132p.

COELHO, Sérgio. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. Pelotas, 2008. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo) - Instituto Federal Sul-riograndense. EASTMAN et al., Rafael Sacks; Charles Eastman; Paul Teicholz; Ghang Lee. **Manual do BIM – 3ª Edição**, Porto Alegre, 2021. 285p

ESESP, Ms Project Eixo: **Comunicação em Rede**, Espírito Santo, 2021. 63 p
<https://esesp.es.gov.br/Media/esesp/Apostilas/Demandas%202021/MS%20Project%202021.pdf>

GARIBALDI, Barbara Cristina Blanck. Softplan / Sienge. **Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM**. Florianópolis, 2020. Disponível em:
<https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 05 maio. 2022.

geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP. Revista Brasileira de Geofísica. Vol.24 nº.3. São Paulo Julho/Setembro. 2006.

Geotécnicas, São Paulo, a. 5, n. 48, p. 74-86, Set. 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7edição. Rio de Janeiro. 2022. 186p.

GONÇALVES, Francisco. **BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia**. Florianópolis: Autoqi, 2018. 71 p.

GOOGLE DRIVE - **Google Drive**, Disponível em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/drive/>> Acesso em: 05 junho. 2022.

JONATAS, Ribeiro de Carvalho. **Vantagens do Sistema BIM nos Ambientes de Projeto e Gestão da Construção Civil** - Universidade de Taubaté, São Paulo, 2019. Disponível em:
<<http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/3632/1/246545.pdf>>. Acesso em: 02 de maio. 2022

KAMARDEEN, Imriyas. **Association of Researchers in Construction Management**. In: [S. l.: s. n.], 2010. p. 281–289. E-book. Disponível em:
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.8274&rep=rep1&type=pdf>. Acesso at: 28 junho. 2022.

KYMMELL, Willem. **Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations** - California, 2008, 270p.

LEE, S.; PEÑA-MORA, F. **Visualization of construction progress monitoring**. Proc. of joint int. Conf. On Computing and Decision Making in Civil & Building Engrg. 2006.
LEUSIN, Sergio Roberto. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM** – Rio de Janeiro, 2020. 153p.

LIMA, Claudia Campos; BRASIEL, Marco. **Planejamento 4D com Navisworks a partir do modelo criado no Revit**. Autodesk University Brasil 2012

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. reimp. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2013. 225p.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 343 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MATTOS, Aldo D. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo - Editora Pini, 2010.

MDIC. **Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM**. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2018. 33 p. Disponível em: <<https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>> Acesso em: 29 junho de 2022.

MICROSOFT, **Análise de dados no Excel**. Disponível em:
NETTO, Claudia Campos. **Autodesk Revit Architecture 2020: Conceitos e Aplicações** - São Paulo, 2020. 408p.

NBS ENTERPRISES. **10th Annual BIM Report 2020**NBS Enterprises Ltd. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2020>.

OLIVEIRA et al., Adriano, Claudia Campos Netto. **Autodesk Navisworks 2017 - Conceitos e aplicações** – São Paulo, 2017. 177p.

PINTO, Mário Paulo. **Microsoft Excel 2010**. 11p, 2011

PRADA, Rodrigo. **Anuário BIM**. Santa Catarina Infraestrutura, 2021

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. 4 ed. Atlanta: PMI, 2014. 337 p.

RANZINI, S. M. T.; NEGRO JÚNIOR, A. **Obras de Contenções: tipos, métodos construtivos, dificuldades executivas**. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S. (Ed.). *Fundações: teoria e prática*. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 497-515.

RECK, R. H. **Proposta de método para integração da simulação de eventos discretos e visualização BIM 4D no projeto do sistema de produção**. Tese (mestrado em engenharia civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013.

RICOTTA, Tiago Marçal. **Comparativo Entre o Processo Tradicional e o Processo em BIM Para Desenvolvimento de Projetos de Edificações**. 2016. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Habitação: Planejamento e Tecnologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, - São Paulo, 2016.

SANTA CATARINA, **Governo do Estado: Caderno de especificações de Projetos em BIM: 2018**. Disponível em: https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-technicos/labim/Caderno%20de%20Especificaca%C3%A7%C3%B5es%20de%20Projetos%20em%20BIM_102018.pdf. Acesso em: 04 nov. 2022.

SLAUGHTER, S. (1998). **Models of Construction Innovation**. J. of Construction Engrg. and Management, ASCE.

STUCCHI, F. R.; CEPOLLINA, M.; MOTA, N. M. B.; ROECKER, R. B. Estacas raiz: surgimento e desenvolvimento da estaca raiz (Pali Radice). **Fundações & Obras VICO OFFICE**.2022. Disponível em: <https://vicooffice.dk/en/> Acesso em 10 nov. 2022.

WANG, L. Using 4D **Modeling to Advance Construction Visualization In Engineering Education**. Technical Report No. 51. Computer Integrated Construction Research Program, Penn State. 2007.

YAZIGI, Walid - / **A técnica de edificar** – 18. ed. – São Paulo, 2021. 894 p.

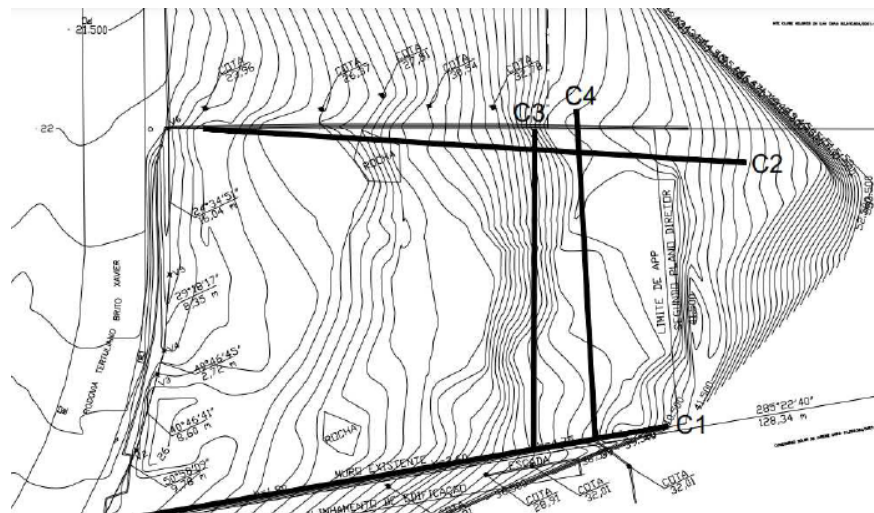
APÊNDICES

APÊNDICE A – Investigação geotécnica

O estudo Geológico Geofísico, foi realizado pelo método de eletrorresistividade (ER), visando à determinação de um perfil do solo, contato solo rocha, falhas e/ou fraturas e nível d'água.

Foram realizados quatro caminhamentos C1, C2, C3 e C4, (figura 49) com profundidade de análise 15,00; 15,00; 10,00 e 8,00 metros, respectivamente, obtendo um comprimento das linhas de 60 metros e 36 metros.

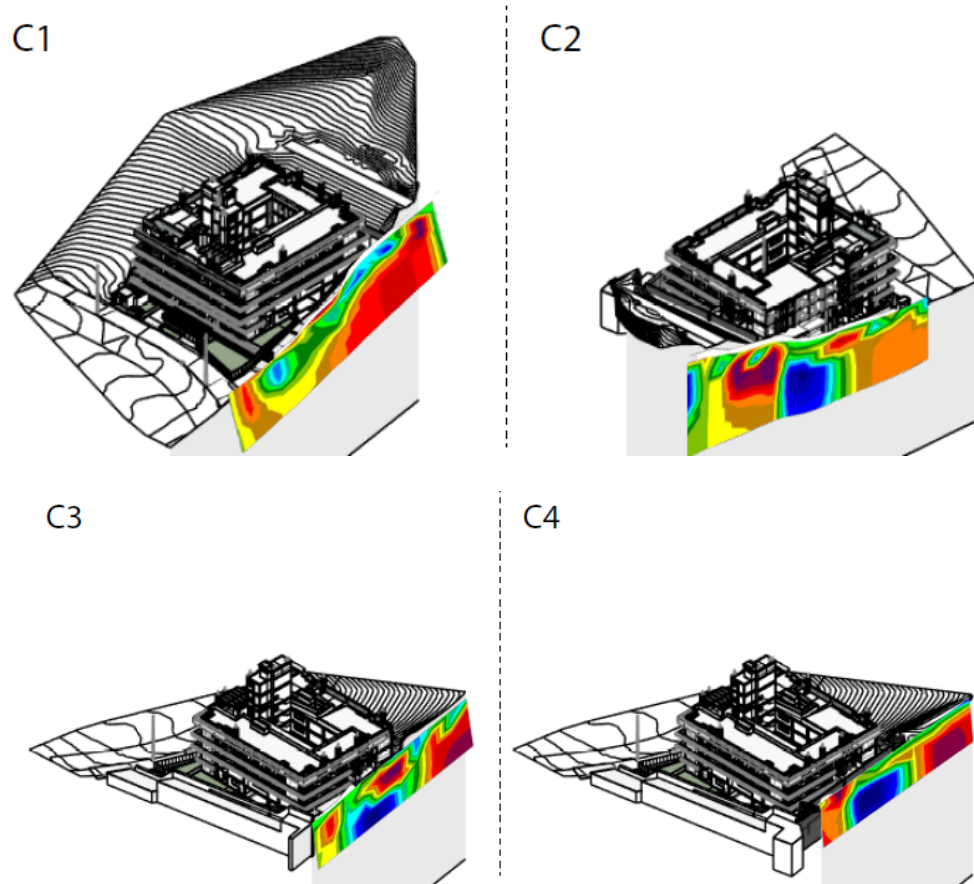
Figura 49 - Planta de localização dos caminhamentos desenvolvidos



Fonte: Administradora "A" (2022)

Na figura 50, está ilustrado os imageamentos obtidos através do processamento dos dados coletados em campo. Os resultados foram transferidos para o Revit, no qual se fez a sobreposição para entender onde os locais de análise pelo estudo, e assim verificar os impactos que temos com os elementos encontrados.

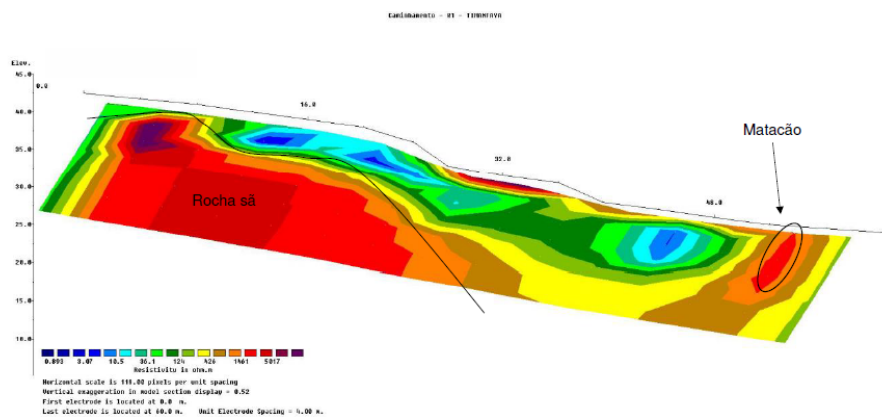
Figura 50 – Sobreposição do levantamento Geofísico



Fonte: Administradora "A" (2022)

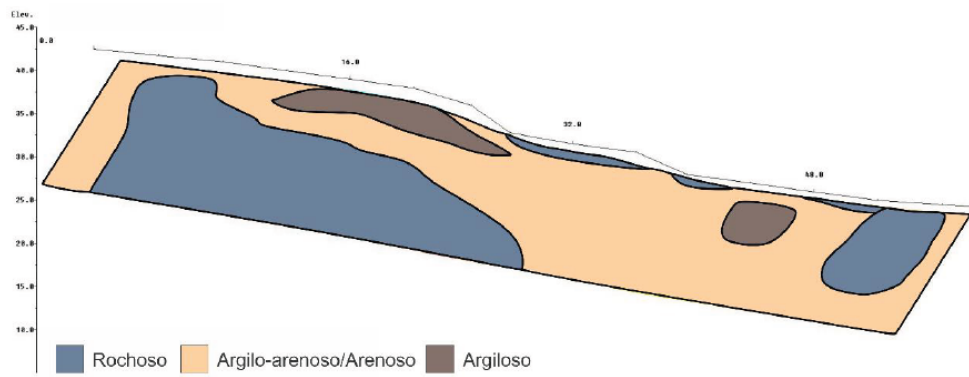
O imageamento Figura 51 apresenta o resultado do caminhamento geofísico C1 (ajustado), incluindo a topografia local. Com o resultado do laudo identificou que os locais com concentração vermelha indicam solo rochoso.

Figura 51 - Seção de resistividade e cargabilidade da Linha C1 – ajustado



Fonte: Administradora "A" (2022)

Figura 52 - Seção de resistividade e cargabilidade da Linha C1 – interpretado



Fonte: Administradora "A" (2022)

APÊNDICE B – Qr code projeto de fundação



APÊNDICE C – Qr code projeto de contenção



APÉNDICE D – Qr code BIM 4D



APÊNDICE E – Qr code visualizador do projeto na plataforma Dalux



APÊNDICE F – Qr code modelagem BIM 3D



APÊNDICE G – Planejamento elaborado no Ms Project

