

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ARMANDO MARCOS DE SOUZA PEREIRA  
VALMOR SANTOS DA COSTA NETO

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO COMERCIAL INFINITY**

Florianópolis

2024

ARMANDO MARCOS DE SOUZA PEREIRA  
VALMOR SANTOS DA COSTA NETO

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO COMERCIAL INFINITY**

Projeto integrador do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil  
Orientadores: Prof. Lourenço Panosso Perlin, Dr. e Prof. Wellington Longuini Repette, Dr.

Florianópolis

2024

MARCOS DE SOUZA PEREIRA , ARMANDO  
MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL DO  
EDIFÍCIO COMERCIAL INFINITY / ARMANDO MARCOS DE SOUZA  
PEREIRA , VALMOR SANTOS DA COSTA NETO ; orientadores,  
Lourenço Panosso Perlin e Wellington Longuini Repette, 2024.  
122 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Construção. 3. Projeto  
estrutural. 4. Eberick. 5. Edifício . I. SANTOS DA COSTA  
NETO, VALMOR . II. Panosso Perlin, Lourenço . III. Longuini  
Repette, Wellington IV. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Graduação em Engenharia Civil. V. Título.

ARMANDO MARCOS DE SOUZA PEREIRA  
VALMOR SANTOS DA COSTA NETO

**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO COMERCIAL INFINITY**

Este Projeto Integrador foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 03 de Dezembro de 2024

---

Liane Ramos da Silva, Dr.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Roberto Caldas de A. Pinto, PhD.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Jano Coelho D'Áraújo, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Fernando Pelisser, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Gilberto Scafuro, Eng.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Assis Arantes Júnior, Me.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Lourenço Panosso Perlin, Dr  
Orientador

---

Prof. Wellington Longuini Repette, Dr.  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso não seria possível sem o apoio e a colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais expressamos a nossa sincera gratidão.

Agradecemos aos nossos orientadores, prof. Lourenço e prof. Wellington, por sua orientação neste trabalho. Agradecemos a empresa AltoQI por disponibilizar os softwares Eberick, Qbuilder e Visus e o eng. Rodrigo Koerich por disponibilizar o projeto base para o desenvolvimento desse trabalho.

À nossa família, especialmente aos nossos pais e irmãos, pelo amor, apoio incondicional e pela compreensão demonstrada em todos os momentos difíceis. Sem vocês, este sonho não seria possível.

Aos nossos colegas de curso, pela parceria, amizade e pelas valiosas trocas de conhecimentos e experiências, que tanto contribuíram para a construção deste trabalho.

Às nossas namoradas, por estarem ao nosso lado nos momentos desafiadores, oferecendo suporte, carinho e incentivo ao longo de toda essa jornada.

## RESUMO

Este Projeto Integrador teve como objetivo desenvolver o projeto básico estrutural, incluindo orçamento e planejamento, para a superestrutura do edifício comercial Infinity. Utilizou-se o software Eberick para modelar e dimensionar a estrutura, assegurando conformidade com as normas técnicas vigentes e realizando uma análise econômica dos custos diretos e indiretos da superestrutura na região de Florianópolis.

Foi realizada, ainda, uma pesquisa de custo-benefício para a definição da resistência característica à compressão do concreto. Os resultados indicaram que o aumento dessa resistência proporcionou uma economia significativa na estrutura, evidenciando a importância da análise preliminar dos elementos estruturais para assegurar eficiência e economia.

Além da concepção estrutural e do orçamento, foi elaborado o planejamento da execução da superestrutura, considerando um prazo de 28 dias para a conclusão de cada pavimento. O planejamento adotou os coeficientes de produtividade do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil e levou em conta a disponibilidade de materiais fornecidos por empresas da região de Florianópolis.

**Palavras-chave:** Projeto estrutural; Construção; Eberick; Edifícios;

## **ABSTRACT**

This Integrative Project aimed to develop the basic structural design, including budgeting and planning, for the superstructure of the Infinity commercial building. The Eberick software was used to model and size the structure, ensuring compliance with current technical standards and conducting an economic analysis of both direct and indirect costs of the superstructure in the Florianópolis region.

Additionally, a cost-benefit analysis was carried out to define the characteristic compressive strength of the concrete. The results indicated that increasing this strength led to significant cost savings in the structure, highlighting the importance of preliminary analysis of structural elements to ensure efficiency and economy.

In addition to the structural design and budget, the execution planning of the superstructure was developed, considering a 28-day timeframe for completing each floor. The planning adopted productivity coefficients from the National System of Prices and Indices for Civil Construction and accounted for the availability of materials supplied by companies in the Florianópolis region.

**Keywords:** Structural design; Construction; Eberick; Buildings.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Cronograma P.I. fase de anteprojeto .....	3
Figura 2 - Cronograma P.I. fase de projeto básico .....	4

## **LISTA DE AVREVIATURAS E SIGLAS**

BIM – Building Information Modeling

fck – Resistência característica do concreto à compressão



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>CRONOGRAMA DO PROJETO.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DECISÕES DE PROJETO.....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÃO FINAL .....</b>	<b>4</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>6</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades mais significativas para o desenvolvimento econômico e social de qualquer região. Este setor desempenha um papel crucial na criação de infraestrutura, habitações, edifícios comerciais e outros elementos essenciais para o progresso urbano. Nesse contexto, torna-se fundamental o desenvolvimento de projetos estruturais que assegurem segurança, eficiência e viabilidade econômica. O presente trabalho refere-se ao projeto básico estrutural, orçamento e planejamento da superestrutura do edifício comercial Infinity, localizado na Rodovia José Carlos Daux, Saco Grande, Florianópolis - SC.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver um projeto básico estrutural, um orçamento e um planejamento para a superestrutura do edifício comercial Infinity, visando a otimização da estrutural, avaliação econômica da construção e seu planejamento no tempo determinado. Este objetivo está alinhado com os requisitos da disciplina ECV2002 – TCC: Projeto Integrador II.

### 2.1.2 Objetivos Específicos

- **Adequar o projeto arquitetônico:** Configurar os layouts dos pavimentos do projeto de maneira a garantir a conformidade com as disposições estabelecidas pela Instrução Normativa IN 009/DAT/CBMSC de 2019, que regula os sistemas de saídas de emergência.

- **Dimensionamento da Estrutura:** Realizar o dimensionamento da superestrutura do edifício, incluindo lajes, vigas e pilares, de acordo com as especificações técnicas e normativas aplicáveis, visando garantir a segurança e a integridade estrutural da edificação.

- **Conformidade com Normas Técnicas:** Assegurar que todos os aspectos do anteprojeto estrutural estejam em conformidade com as normas técnicas relevantes, incluindo as normas NBR 6118, NBR 6120, NBR 7211, NBR 7215, NBR 8681, NBR 6123 e NBR 7480, entre outras aplicáveis ao projeto.

- **Avaliação Econômica Preliminar:** Conduzir uma avaliação econômica prévia através de uma pesquisa de mercado sobre os preços do concreto e do aço na região da Grande

Florianópolis. Isso visa estudar a viabilidade econômica dos pavimentos-tipo ao aumentar o fck do concreto, buscando soluções estruturais que aliem segurança, eficiência e economia.

- **Análise e Otimização da Eficiência Estrutural:** Utilizar ferramentas avançadas de modelagem estrutural, como o software Eberick, para analisar e otimizar a eficiência estrutural do edifício comercial Infinity. Isso inclui garantir precisão no lançamento e na verificação das flechas das lajes e vigas, assegurando a conformidade com as normas vigentes.

- **Orçamento da super estrutura:** O orçamento da superestrutura foi elaborado com o objetivo de garantir eficiência econômica, considerando a otimização dos recursos disponíveis e a minimização de desperdícios. Para isso, foram utilizados parâmetros de mercado atualizados, composições de custos confiáveis e práticas construtivas que priorizam a relação custo-benefício.

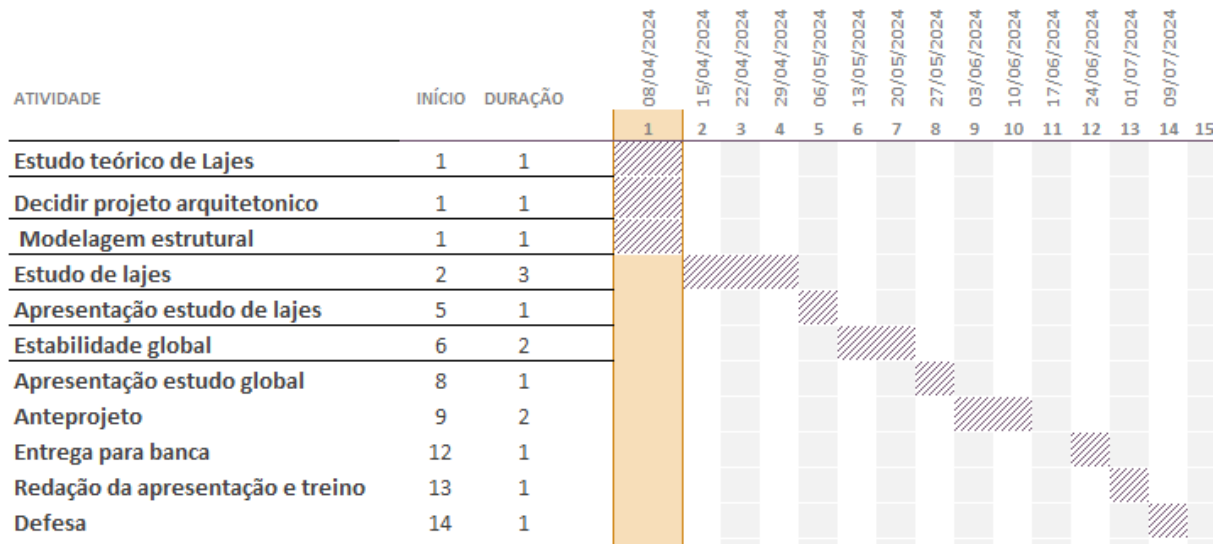
- **Planejamento da obra:** O planejamento da superestrutura foi desenvolvido com foco na eficiência organizacional, utilizando a metodologia da curva ABC para priorizar os itens de maior impacto financeiro e operacional no projeto. Essa análise permitiu a identificação e o controle rigoroso dos insumos e atividades mais relevantes, otimizando o uso dos recursos. Paralelamente, foi elaborado um gráfico de Gantt detalhado, que estruturou o cronograma de execução em etapas bem definidas, promovendo o acompanhamento do progresso das atividades e assegurando o cumprimento dos prazos estipulados

### 3 CRONOGRAMA DO PROJETO

O Projeto Integrador I, referente à fase de anteprojeto estrutural da edificação comercial Infinity, foi planejado para um período de 18 semanas, com início em 12 de março e término em 9 de julho de 2024. O cronograma dessa etapa, apresentado na Figura 1, detalha as metas e entregas previstas pela equipe.

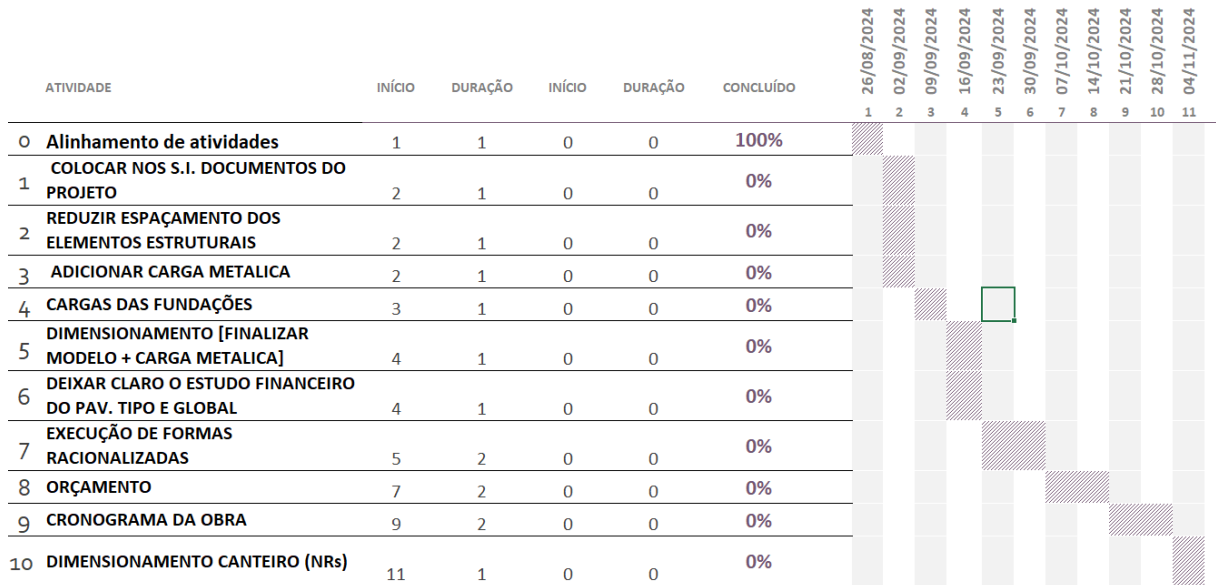
Na sequência, o Projeto Integrador II, dedicado ao desenvolvimento do projeto básico estrutural da edificação, foi executado em 11 semanas, com início em 26 de agosto e conclusão em 4 de novembro de 2024. A Figura 2 também apresenta o cronograma dessa fase, delimitando as metas e entregas planejadas pela equipe.

Figura 1 - Cronograma P.I. fase de anteprojeto



Fonte: Autor (2024)

Figura 2 - Cronograma P.I. fase de projeto básico



Fonte: Autor (2024)

#### 4 DECISÕES DE PROJETO

No Apêndice A, apresenta-se o memorial descritivo do projeto básico do Edifício Comercial Infinity, o qual contempla as decisões técnicas relativas ao projeto e à execução, bem como a descrição detalhada das etapas de orçamento e planejamento. Adicionalmente, o documento inclui um estudo teórico e uma revisão abrangente dos diferentes tipos de lajes disponibilizados pelo software Eberick, além das pranchas arquitetônicas, das pranchas referentes ao projeto básico estrutural, do orçamento da obra e do cronograma no formato de gráfico de Gantt.

#### 5 CONSIDERAÇÃO FINAL

O Projeto Integrador teve como principal objetivo a elaboração do projeto básico estrutural, do orçamento e do planejamento da superestrutura do edifício comercial Infinity. Os resultados evidenciaram que o aumento da resistência característica do concreto ( $f_{ck}$ ) para esse arranjo estrutural contribuiu para a redução de custos na estrutura. Adicionalmente, o prazo estipulado de 28 dias para a execução de cada pavimento demonstrou viabilidade, enquanto o orçamento desenvolvido apresentou composições baseadas em dados confiáveis de mercado, assegurando precisão e aplicabilidade.

Ao longo do desenvolvimento deste projeto, o grupo aprofundou seus conhecimentos e aprimorou competências na área de estruturas. Entre as habilidades adquiridas destacam-se: o desenvolvimento do projeto arquitetônico em BIM, a adequação da estrutura às legislações de incêndio, a modelagem de estruturas no Eberick, e o refinamento de técnicas de planejamento e orçamento.

Apesar dos avanços, algumas limitações foram identificadas. O projeto poderia ter explorado o dimensionamento da estrutura com elementos protendidos, além de um orçamento e planejamento mais integrados a metodologia BIM por meio de ferramentas avançadas, como o software Visus.

Em síntese, o Projeto Integrador apresentou uma abordagem prática e bem fundamentada, permitindo a elaboração do projeto estrutural e o desenvolvimento de competências técnicas indispensáveis para a atuação na área de engenharia. O trabalho ressaltou a importância da análise preliminar na busca por eficiência econômica e destacou a integração de ferramentas avançadas de modelagem como um recurso essencial para otimizar o custo-benefício da estrutura, alinhando aspectos de orçamento e planejamento. Dessa forma, o projeto não apenas contribuiu para o aprimoramento técnico dos participantes, mas também estabeleceu uma base sólida para as demandas do setor.

**APÊNDICE A**



**MEMORIAL DESCRITIVO**  
**PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO COMERCIAL INFINITY**

FLORIANÓPOLIS, 03 DE DEZEMBRO DE 2024

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS:  
ARMANDO MARCOS DE SOUZA PEREIRA  
VALMOR SANTOS DA COSTA NETO



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>NORMAS UTILIZADAS.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>SIMBOLOGIAS .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>PROJETO ARQUITETÔNICO E INFORMAÇÕES TÉCNICAS.....</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>DECISÕES TÉCNICAS DE PROJETO .....</b>	<b>12</b>
6.1	CLASSE DE AGRESSIVIDADE E ESPESSURA DE COBRIMENTO.....	12
6.2	CARGAS CONSIDERADAS .....	14
6.2.1	<i>PESO PRÓPRIO DOS ELEMENTOS .....</i>	<i>14</i>
6.2.2	<i>CARGAS DE PAREDE .....</i>	<i>14</i>
6.2.3	<i>CARGAS DO PAVIMENTO TIPO.....</i>	<i>15</i>
6.2.4	<i>CARGAS DO PAVIMENTO TÉRREO.....</i>	<i>16</i>
6.2.5	<i>CARGAS DO PAVIMENTO TÉCNICO.....</i>	<i>16</i>
6.2.6	<i>CARGAS DE ELEVADORES .....</i>	<i>17</i>
6.2.7	<i>CARGAS DE VENTO .....</i>	<i>18</i>
6.2.8	<i>CARGAS DA FACHADA ENVIDRAÇADA.....</i>	<i>18</i>
6.2.9	<i>TEMPERATURA.....</i>	<i>24</i>
<b>7</b>	<b>CONCEPÇÃO ESTRUTURAL .....</b>	<b>24</b>
7.1	FLECHAS .....	25
7.1.1	<i>FLECHA x FLUÊNCIA x TEMPO DE ESCORAMENTO .....</i>	<i>25</i>
7.2	GAMA Z ( $\gamma_z$ ) .....	27
7.3	P-Delta .....	28
7.4	PILARES .....	29
7.4.1	<i>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS PILARES .....</i>	<i>30</i>
7.5	VIGAS .....	30

7.5.1	<i>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DAS VIGAS</i> .....	30
7.6	LAJES.....	30
7.6.1	<i>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DAS LAJES</i> .....	31
7.7	PRANCHAS DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL .....	31
7.8	ESTUDO DA RESISTENCIA CARACTERISTICA DO CONCRETO.....	32
7.8.1	<i>ESTIMATIVA PRELIMINAR DE CUSTO DE AÇO E CONCRETO DO PAVIMENTO TIPO</i> .....	32
7.8.2	<i>QUANTITATIVO DA MODELAGEM ESTRUTURAL</i> .....	32
7.9	PESQUISA DE MERCADO .....	34
7.9.1	<i>PREÇO DO AÇO</i> .....	34
7.9.2	<i>PREÇO DO CONCRETO</i> .....	35
7.9.3	<i>RESULTADOS</i> .....	35
<b>8</b>	<b>DECISÕES TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO .....</b>	<b>36</b>
8.1	COMPARATIVO DE AÇO .....	36
8.2	TEMPO DE ESCORAMENTO .....	39
8.3	DEFORMAS .....	42
<b>9</b>	<b>ORÇAMENTO .....</b>	<b>43</b>
9.1	COMPOSIÇÕES CRIADAS.....	43
9.2	BENEFÍCIOS E DESPESAS INDIRETAS (BDI) .....	46
9.3	CURVA ABC DE INSUMOS.....	46
9.4	CUSTO TOTAL .....	49
<b>10</b>	<b>PLANEJAMENTO.....</b>	<b>49</b>
10.1	CONCRETAGEM DOS PAVIMENTOS .....	49
<b>11</b>	<b>RECOMENDAÇÕES CONSTRUTIVAS.....</b>	<b>50</b>
11.1	PLACA DE OBRA.....	50
11.2	INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS .....	50
11.3	LOCAÇÃO DA OBRA .....	50

11.4	SUPERESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO.....	51
11.4.1	<i>PILARES</i> .....	53
11.4.2	<i>VIGAS</i> .....	54
11.4.3	<i>LAJES</i> .....	55
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>58</b>
	<b>APÊNDICE B</b> .....	<b>94</b>
	<b>APÊNDICE C</b> .....	<b>98</b>
	<b>APÊNDICE D</b> .....	<b>103</b>
	<b>APÊNDICE E</b> .....	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE F</b> .....	<b>108</b>



AV  
ENGENHARIA

## **1 APRESENTAÇÃO**

O presente memorial refere-se ao projeto básico estrutural, orçamento e o planejamento da superestrutura do condomínio empresarial Infinity, situado na Rodovia José Carlos Daux, Saco Grande, Florianópolis - SC, n.º 4400. Este documento aborda os parâmetros normativos, os estudos dos elementos estruturais, decisões de projeto, decisões construtivas, orçamento, planejamento e as recomendações a serem seguidas para a execução da estrutura de concreto armado.

## **2 NORMAS UTILIZADAS**

O presente anteprojeto seguiu as recomendações das normas:

- NBR 6118:2023 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento;
- NBR 6120:2019 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações;
- NBR 7211:2022 – Agregados para Concreto – Especificação;
- NBR 7215:2019 – Resistência a Compressão do Cimento Portland;
- NBR 8681:2003 – Ações e Segurança nas Estruturas;
- NBR 6123:2023 - Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 7480:2024 – Aço Destinado a Armaduras para Estruturas de Concreto Armado;
- NBR 15696:2009 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos;
- NBR 8224:2012 - Concreto endurecido – Determinação da fluência – Método de ensaio.
- NBR 7678:1983 - Segurança na execução de obras e serviços de construção.
- NBR 12655:2022 - Concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.

## **3 OBJETIVOS**

O objetivo deste projeto básico é analisar e otimizar a eficiência estrutural do edifício comercial Infinity, utilizando ferramentas de modelagem estrutural e análise econômica por meio do software Eberick. Busca-se garantir a precisão no lançamento e na verificação das flechas das lajes e vigas, assegurando a conformidade com as normas, bem como realizar o dimensionamento da estrutura a nível de projeto básico.

Além disso, este projeto visa realizar o orçamento e o planejamento da superestrutura dimensionada, por meio de orçamentos de mercado e composições do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil do estado de Santa Catarina, garantindo a precisão dos custos estimados e a viabilidade econômica da execução. O planejamento inclui a definição

detalhada das etapas construtivas, a alocação de recursos e o estabelecimento de um cronograma alinhado às melhores práticas do setor, buscando eficiência e cumprimento de prazos.

#### 4 SIMBOLOGIAS

$f_{ck}$  – Resistência característica do concreto à compressão.

$e_c$  - Espessura da capa de concreto em cima das cubetas.

$e_e$  - Altura da cubeta.

$e_{nx}$  - Largura da nervura na direção X.

$e_{ny}$  - Largura da nervura na direção Y.

$V_0$  - Velocidade básica do vento.

$S_1$  - Fator topográfico.

$S_2$  - Fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação ou parte da edificação em estudo, e de sua altura sobre o terreno.

$S_3$  - Fator estatístico.

$V_k$  - Velocidade característica do vento.

$q$  - Pressão dinâmica do vento.

$C_a$  – Coeficiente de arrasto.

$f_v$  - Fator de vizinhança.

$F_a$  – força de arrasto.

SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

EAP - Estrutura Analítica do Projeto

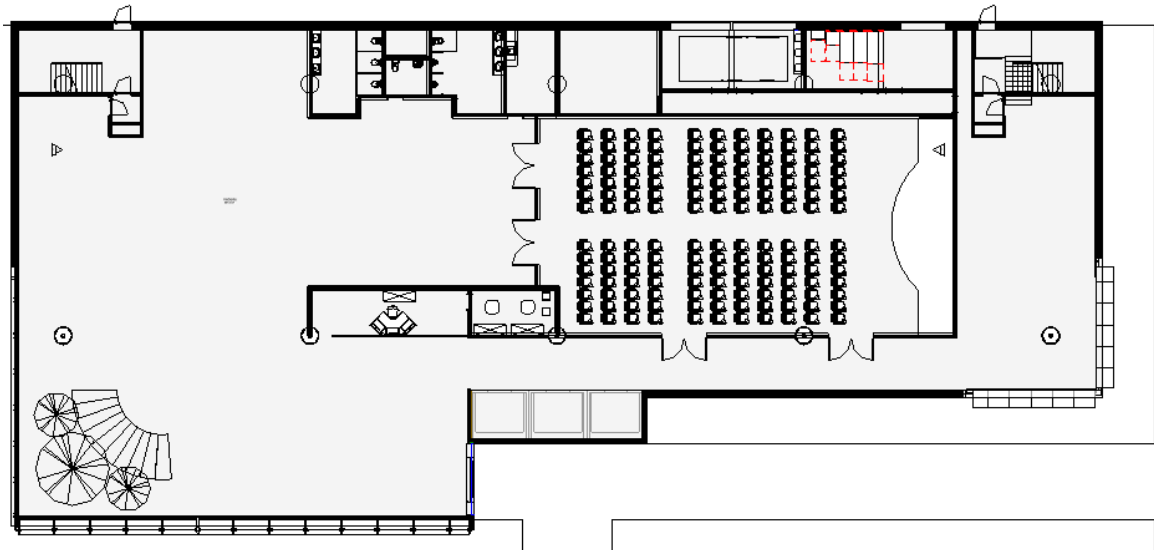
EPS - Poliestireno Expandido

#### 5 PROJETO ARQUITETÔNICO E INFORMAÇÕES TÉCNICAS

O projeto arquitetônico, de autoria do escritório LW Arquitetura, concebe um edifício empresarial de alto padrão, com 5 pavimentos-tipo, com uma área de 1.151,58 m<sup>2</sup> cada, um pavimento térreo com uma área de 1.455,58 m<sup>2</sup>, além de um pavimento técnico, onde se encontram as caixas d'água, com uma área útil de 716,93 m<sup>2</sup>. A altura do pé-direito estrutural é de 3,70 metros, totalizando uma altura de 26,90 metros. Ao todo, serão 7.930,41 m<sup>2</sup> de área construída.

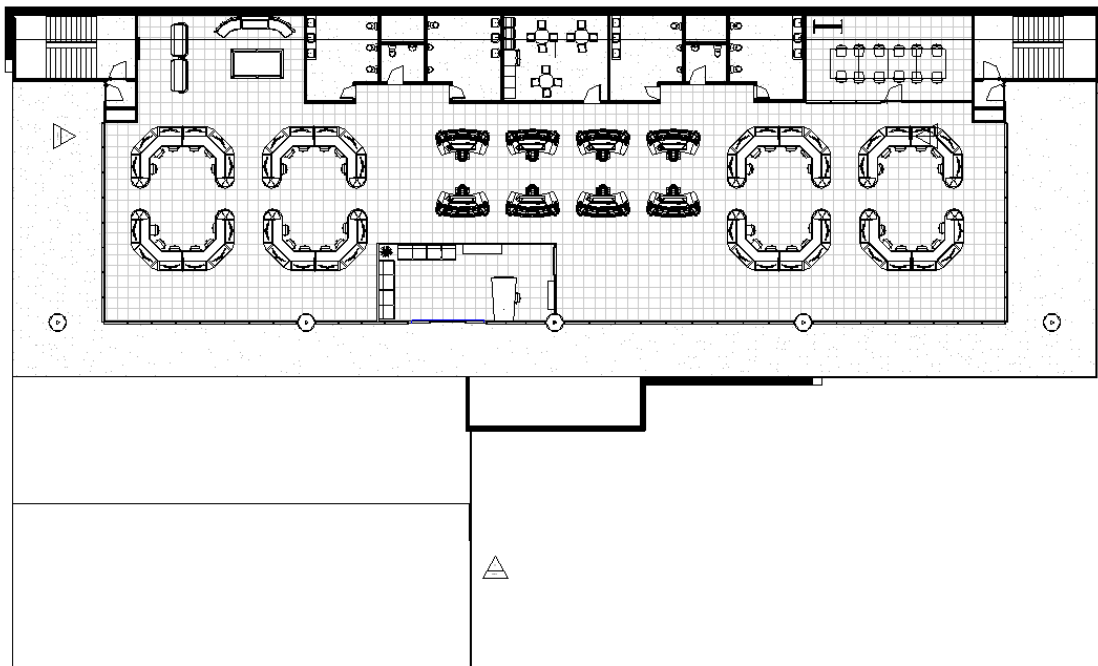
As medidas em projeção são de aproximadamente 28,06 x 60,80 metros, localizado em um terreno de 21.949,91 m<sup>2</sup>. Uma versão básica das plantas pode ser visualizada Figura 1, Figura 2 e Figura 3, enquanto os renders da edificação estão nas Figura 4 e Figura 5. As pranchas do projeto arquitetônico estão no apêndice B.

Figura 1 - Planta do pavimento Térreo



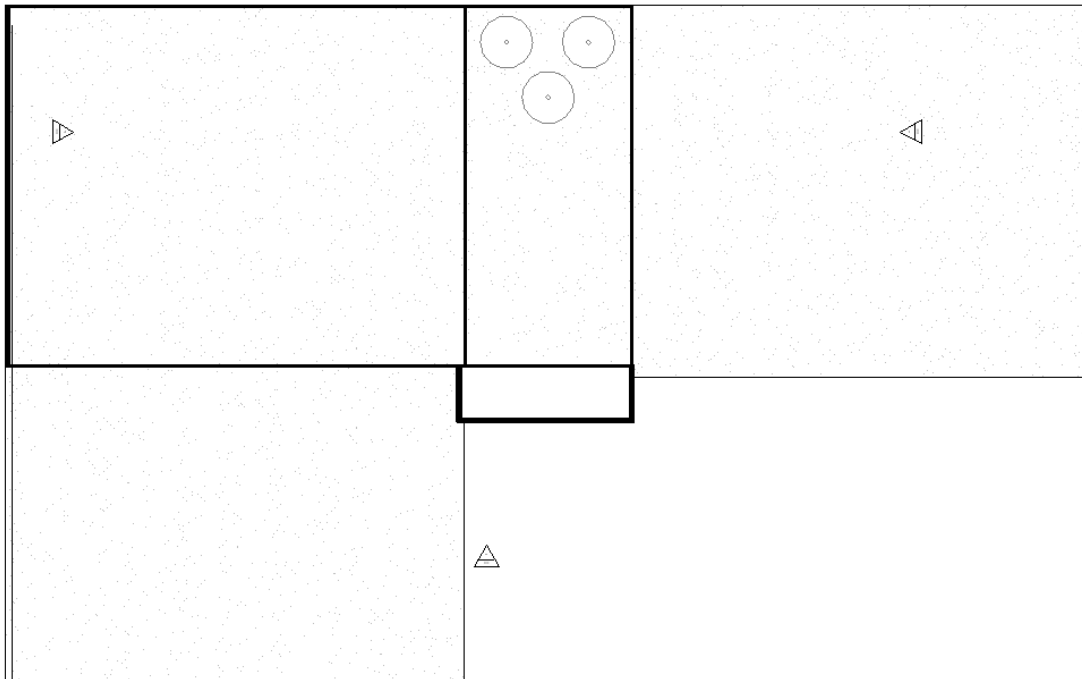
Fonte: Autor (2024)

Figura 2 - Planta do pavimento Tipo



Fonte: Autor (2024)

Figura 3 - Planta do pavimento técnico



Fonte: Autor (2024)

Figura 4 - Render isométrico lado esquerdo



Fonte: Autor (2024)

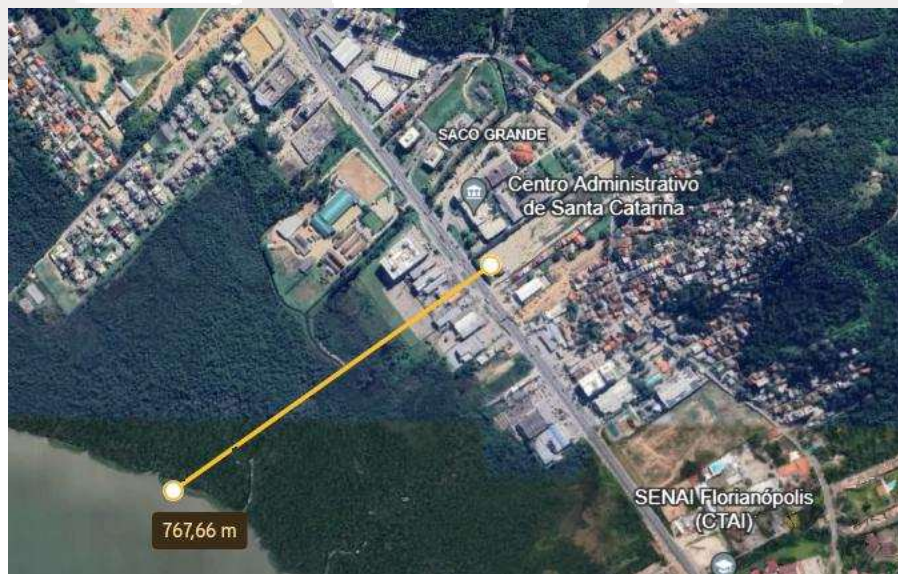
Figura 5 - Render isométrico lado direito



Fonte: Autor (2024)

O edifício está localizado na Rodovia José Carlos Daux, Saco Grande, Florianópolis - SC, n.º 4400, a cerca de 768 metros do mar, conforme ilustrado na Figura 6. Os arredores do terreno são cercados por edificações baixas ao sul, norte e oeste, enquanto a Leste há um morro com aproximadamente 200 metros de altura, como demonstrado nas Figura 6, Figura 7 e Figura 8.

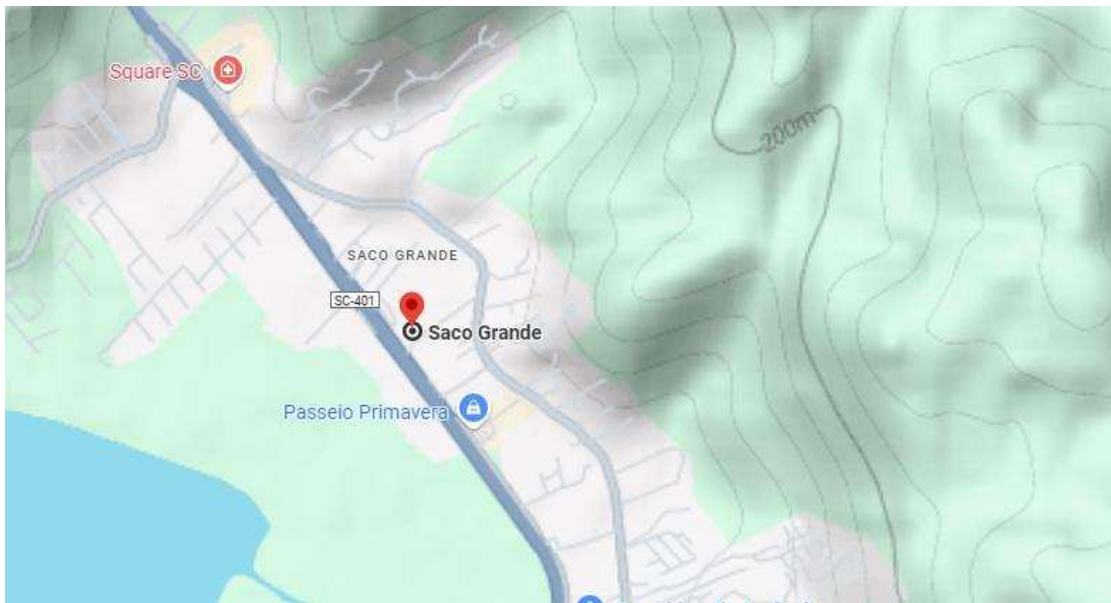
Figura 6 - Distância do terreno ao mar



Fonte: Google Earth (2024)



Figura 7 - Cota altimétrica



Fonte: Google Earth (2024)

Figura 8 - Vista do relevo do redor do terreno



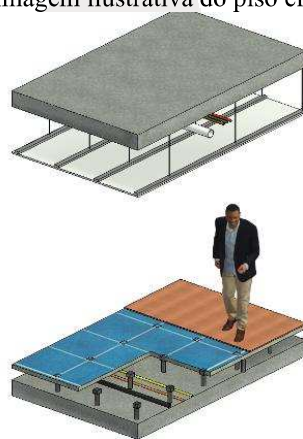
Fonte: Google Earth (2024)

Para o deslocamento vertical dos usuários, o prédio contará com 3 elevadores sociais com capacidade para 18 pessoas (1350 kg) cada. Também contará com duas escadas enclausuradas dispostas nas laterais ao fundo da edificação, com acabamento em concreto aparente alisado com pintura, seguindo a instrução normativa IN 009/DAT/CBMSC de 2018.

A espessura do contrapiso será de 5 cm, sendo aplicada nas áreas molhadas e nos corredores. Na região designada como escritório, conforme indicado no projeto arquitetônico, será utilizado um contrapiso elevado. Para compatibilizar os sistemas estrutural e de contrapiso, as lajes dessa área serão rebaixadas em 15 cm.

O piso elevado é uma solução técnica utilizada em ambientes corporativos ou onde há necessidade de grandes instalações e mudanças de layout. Caracteriza-se por ser um sistema modular instalado sobre pedestais ajustáveis, criando um espaço vazio entre o piso estrutural e o piso acabado. Tal espaço é ideal para acomodar cabos elétricos, de dados, tubulações e outros serviços, facilitando a manutenção e a reorganização do layout do escritório, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 - Imagem ilustrativa do piso elevado



Fonte: Autor (2024)

Os revestimentos cerâmicos serão aplicados nas áreas molhadas da estrutura, sendo utilizados porcelanatos de 60x60 cm nas paredes e porcelanato antiderrapante de 60x60 cm no piso.

Toda a estrutura contará com forro modular para facilitar a manutenção das instalações elétricas, hidráulicas e de climatização.

As paredes externas do projeto terão uma espessura acabada de 15 cm, composta por blocos cerâmicos de 12 cm com 1,5 cm de espessura.

As paredes internas serão de drywall com 15 cm de espessura, contando com isolamento acústico de lã de rocha. Para as áreas molhadas, serão utilizadas placas de gesso resistentes à umidade.

As escadas enclausuradas serão compostas de blocos de concreto vazados de 12 cm de largura com 1,5 cm de revestimento de reboco de cada lado, respeitando a instrução normativa IN 009/DAT/CBMSC de 2018.

## 6 DECISÕES TÉCNICAS DE PROJETO

### 6.1 CLASSE DE AGRESSIVIDADE E ESPESSURA DE COBRIMENTO

Os parâmetros estruturais do anteprojeto foram definidos com base nas recomendações da NBR 6118:2023. Devido à localização da edificação, em Florianópolis, estar situada a aproximadamente 764 metros do mar, onde há grande influência marinha. Dessa forma, foi classificada na classe de agressividade III (Forte), conforme a Tabela 1, indicando um grande risco de deterioração da estrutura. Essa circunstância influencia diretamente nas dimensões da estrutura, devido aos cobrimentos necessários e à exigência de um concreto com fck igual ou superior a 30 MPa.

Tabela 1 - Classe de Agressividade Ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: (ABNT NBR 6118:2023)

Com a classe de agressividade estabelecida, consultou-se a Tabela 2 para determinar a medida do cobrimento a ser adotada. Sendo assim, para a classe de agressividade III foi admitido um cobrimento de 35 mm para lajes, 40 mm para pilares e 45 mm para pilares em contato com o solo. Dessa forma, o software será configurado conforme exigido.

Tabela 2 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal para  $\Delta=10\text{mm}$ .

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>3)</sup>
		Cobertura nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>2)</sup>	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido <sup>1)</sup>	Todos	30	35	45	55

<sup>1)</sup> Cobertura nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

<sup>2)</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobertura nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>3)</sup> Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobertura nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte: (ABNT NBR 6118:2023)

Para determinar a qualidade do concreto, utilizou-se como referência a Tabela 3. Portanto, foi definido que a relação água/cimento deve ser menor ou igual a 0,55, e a classe do concreto tem que ser superior a 30 MPa, sendo está a resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias.

Tabela 3 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq \text{C20}$	$\geq \text{C25}$	$\geq \text{C30}$	$\geq \text{C40}$
	CP	$\geq \text{C25}$	$\geq \text{C30}$	$\geq \text{C35}$	$\geq \text{C40}$

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

<sup>b</sup> CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

<sup>c</sup> CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: (ABNT NBR 6118:2023)

A NBR 6118:2023, diz que concretos com  $f_{ck}$  maior que o  $f_{ck}$  mínimo requerido para a classe de agressividade ambiental, pode-se adotar uma redução de 0,5 cm para o cobertura mínimo.

Ao realizar as simulações, com e sem redução de cobrimento, verificou-se que essa redução de cobrimento, não apresentou resultados significativos, portanto, optou-se por adotar os cobrimentos sem redução, sendo essa uma decisão mais focada na vida útil.

O agregado usado no concreto será granítico com dimensão máxima de 19 mm, e a agulha do vibrador deverá ter uma dimensão de 20 mm.

## 6.2 CARGAS CONSIDERADAS

Para determinação das cargas, será seguido o disposto na NBR 6120:2019 e NBR 6118:2023.

### 6.2.1 PESO PRÓPRIO DOS ELEMENTOS

Considerando que a estrutura é composta por concreto armado, foi adotada uma massa específica de  $2500 \text{ kg/m}^3$ . Dessa forma, a carga proveniente do peso próprio dos elementos estruturais, como vigas, pilares e lajes maciças, é de  $24,52 \text{ kN/m}^2$  ( $2500 \text{ kgf/m}^2$ ). Já as lajes nervuradas do anteprojeto apresentam uma variação no peso próprio, que pode variar entre  $2,80 \text{ kN/m}^2$  ( $285,13 \text{ kgf/m}^2$ ) e  $5,13 \text{ kN/m}^2$  ( $523,23 \text{ kgf/m}^2$ ), dependendo do tipo de cubeta e da espessura do concreto utilizados, os quais são dimensionados para resistir aos esforços a que estão submetidos. Essas cargas de peso próprio da estrutura são calculadas automaticamente pelo software.

### 6.2.2 CARGAS DE PAREDE

As paredes de alvenaria que serão aplicadas na parte externa da estrutura e nas escadas de incêndio têm um peso de  $15,69 \text{ kN/m}^3$  ( $1600 \text{ kgf/m}^3$ ) e altura de 3,7 m, resultando em uma carga de  $3,77 \text{ kN/m}$  ( $384,80 \text{ kgf/m}$ ).

As paredes de drywall que serão aplicadas na parte interna da estrutura têm um peso de  $2,88 \text{ kN/m}^3$  ( $294,12 \text{ kgf/m}^3$ ) e altura de 3 m, resultando em uma carga de  $1,47 \text{ kN/m}$  ( $150 \text{ kgf/m}$ ).

As divisórias de vidro que serão aplicadas na parte interna da estrutura têm um peso de  $9,81 \text{ kN/m}^3$  ( $1000 \text{ kgf/m}^3$ ) e altura de 3 m, resultando em uma carga de  $2,36 \text{ kN/m}$  ( $240 \text{ kgf/m}$ ).

### 6.2.3 CARGAS DO PAVIMENTO TIPO

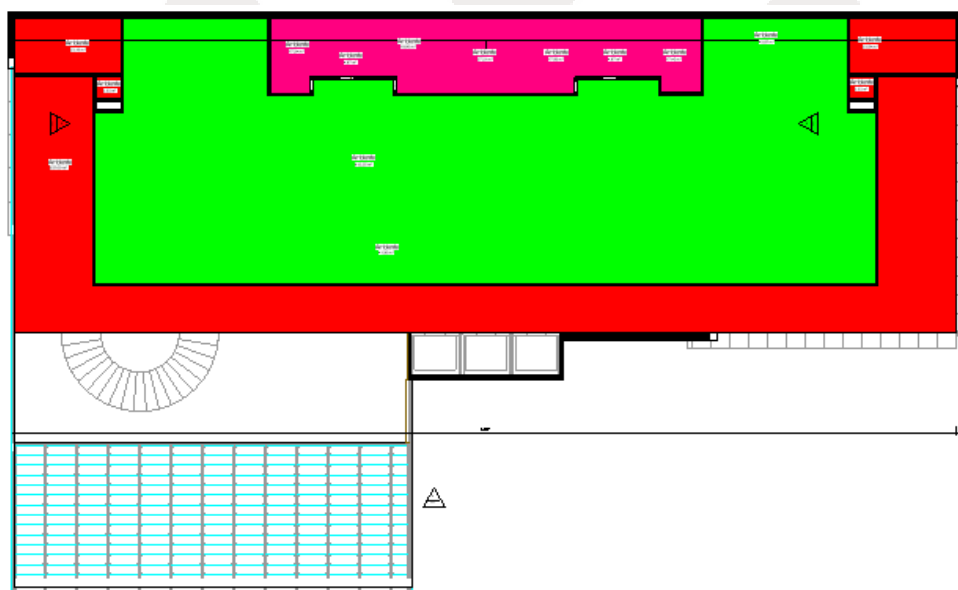
As cargas acidentais utilizadas nas lajes do anteprojeto foram obtidas com base na NBR 6120:2019, em sua Tabela 10, e as cargas de revestimento estão presentes na mesma norma, que estabelece valores para a determinação do peso específico dos materiais empregados na construção, conforme sua Tabela 1.

Para a região em vermelho da Figura 10, foi utilizada a carga 042 - *Comercial - Corredores de uso comum*, com uma carga acidental estipulada de  $2,94 \text{ kN/m}^2$  ( $300 \text{ kgf/m}^2$ ) e uma carga permanente de revestimento de  $1,51 \text{ kN/m}^2$  ( $154,5 \text{ kgf/m}^2$ ).

Para a mesma região em verde da Figura 10, foi utilizada a carga 041 - *Comercial - Call Center*, com uma carga acidental estipulada de  $2,94 \text{ kN/m}^2$  ( $300 \text{ kgf/m}^2$ ) e uma carga permanente de revestimento de  $1,51 \text{ kN/m}^2$  ( $154,5 \text{ kgf/m}^2$ ).

Para a região em magenta da Figura 10, foi utilizada a carga 046 - *Comercial - Sanitário*, com uma carga acidental estipulada de  $2,46 \text{ kN/m}^2$  ( $250 \text{ kgf/m}^2$ ) e uma carga permanente de revestimento de  $1,781,51 \text{ kN/m}^2$  ( $181,5 \text{ kgf/m}^2$ ).

Figura 10 - Lançamento das cargas acidentais do pavimento tipo



Fonte: Autor (2024)

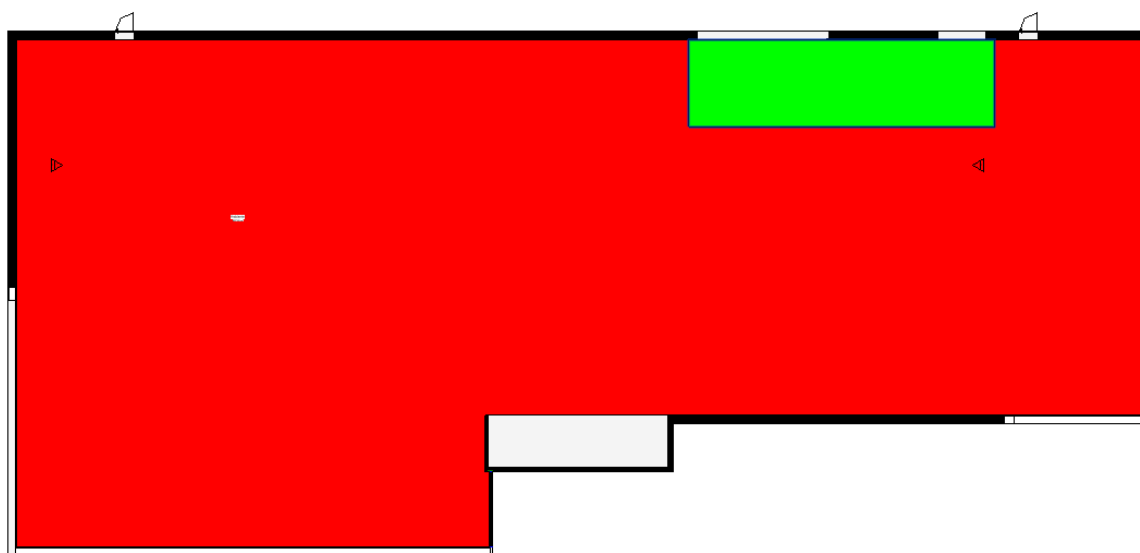
#### 6.2.4 CARGAS DO PAVIMENTO TÉRREO

Como mencionado anteriormente, as cargas acidentais e de revestimento foram baseadas na NBR6120:2019.

Para a região destacada em verde na Figura 11, foi utilizada carga 034 - *Áreas técnicas - Sala de gerador e transformador (sem layout)*, com uma carga acidental estipulada de 9,80 kN/m<sup>2</sup> (1000 kgf/m<sup>2</sup>) e uma carga permanente de revestimento de 1,34 kN/m<sup>2</sup> (136,5 kgf/m<sup>2</sup>).

Para a região destacada em vermelho na Figura 11, foi utilizada a carga 118 - *Centro de convenções e local de reunião de pessoas - Plateia com assentos móveis*, com uma carga acidental estipulada de 4,90 kN/m<sup>2</sup> (500 kgf/m<sup>2</sup>) e uma carga permanente de revestimento de 1,51 kN/m<sup>2</sup> (154,5 kgf/m<sup>2</sup>).

Figura 11 - Lançamento das cargas acidentais do pavimento térreo



Fonte: Autor (2024)

#### 6.2.5 CARGAS DO PAVIMENTO TÉCNICO

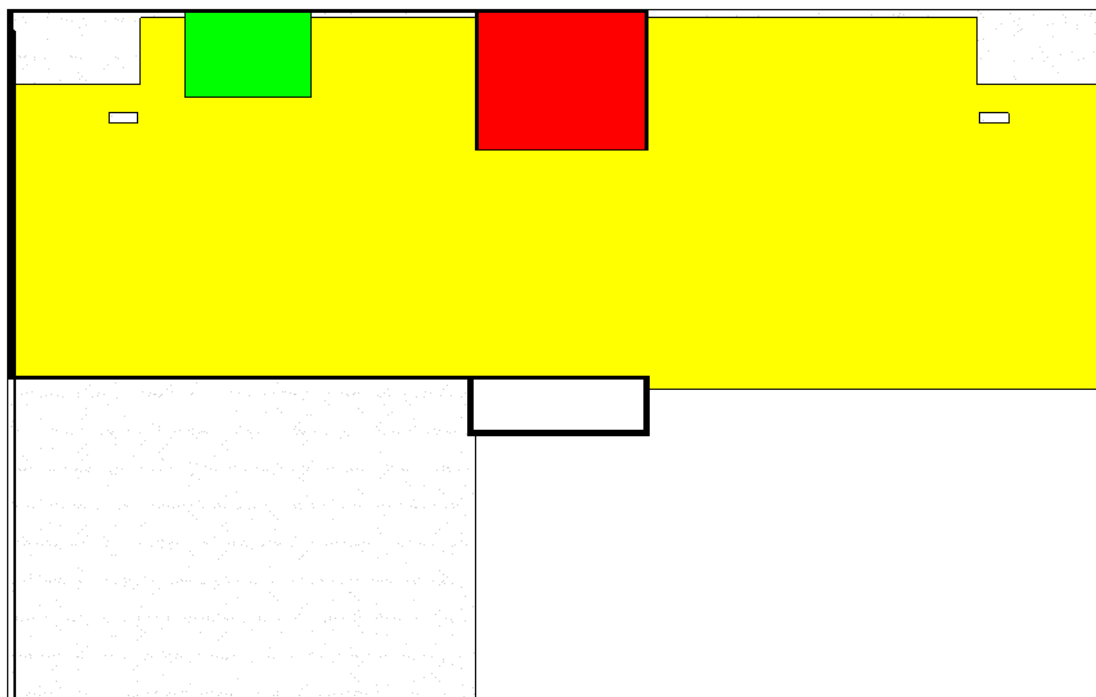
Foi utilizada a carga 024 - *Áreas técnicas - Áreas técnicas em geral* para a região em amarelo da Figura 12, sendo a carga acidental estipulada de 2,94 kN/m<sup>2</sup> (300 kgf/m<sup>2</sup>) e uma carga permanente de revestimento de 1,34 kN/m<sup>2</sup> (136,5 kgf/m<sup>2</sup>).

Conforme o projeto de climatização, está prevista a instalação de um equipamento condicionador de ar sobre a laje do pavimento técnico, indicado pela cor verde na Figura 12. Portanto, deve-se considerar uma carga permanente sobre essa laje, resultante do peso da máquina. O equipamento possui uma carga de 43,15 kN (4.400 kgf), distribuída sobre a de

12,15 m<sup>2</sup>. Dessa forma, a carga resultante sobre a laje será de aproximadamente 3,58 kN/m<sup>2</sup> (365 kgf/m<sup>2</sup>) na área de apoio.

Conforme o projeto hidrossanitário, está prevista a instalação de três caixas d'água, cada uma com volume de 10.000 litros, sobre a laje do pavimento técnico. Assim, deve-se considerar uma carga permanente sobre essa laje resultante do peso do reservatório. Cada reservatório possui uma carga de 98,07 kN (10.000 kgf), que será distribuída sobre o fundo do reservatório com uma área de 6,70 m<sup>2</sup>. Dessa forma, a carga resultante sobre a laje será de 14,64 kN/m<sup>2</sup> (1.492,54 kgf/m<sup>2</sup>) na área onde o reservatório está localizado, conforme indicado pela cor vermelha na Figura 12.

Figura 12 - Lançamento das cargas acidentais do pavimento técnico.



Fonte: Autor (2024)

ENGENHARIA

## 6.2.6 CARGAS DE ELEVADORES

O catálogo do fabricante forneceu o peso total de cada elevador e sua estrutura como sendo 39,23 kN (4000 kg).



### 6.2.7 CARGAS DE VENTO

Segundo a norma NBR 6123:2023, é necessário considerar os esforços solicitantes devido ao vento. Para o cálculo desses esforços, é essencial determinar a velocidade básica do vento, que é obtida por meio da interpolação do mapa das isopletras presente na norma, no qual a velocidade básica obtida foi de 45 m/s.

Outros fatores devem ser considerados no cálculo conforme definido pela norma. Estes incluem condições de ajuste que levam em consideração a altura da edificação, a rugosidade do terreno ao redor e o grau de ocupação. A velocidade básica do vento é ajustada para refletir essas condições específicas. As configurações utilizadas no software para seguir a norma de vento estão detalhadas na Figura 13.

Figura 13 - Input para o vento do software.

Vento	
<b>Velocidade básica</b>	
Velocidade	42 m/s
	Mapa...
<b>Aplicação do vento</b>	
Ângulo	0°
Casos	4
	Forças médias...
<b>Tipo de análise</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Vento estático
<input type="radio"/>	Vento dinâmico
<b>Edificação</b>	
Fator S1 (topográfico)	1.00
Rugosidade do terreno	Categoria II
Maior dimensão horizontal ou vertical	Maior que 50 m
Fator S3 (estatístico)	1.00
Razão de amortecimento crítico	0.02
<b>Verificação de conforto</b>	
Probabilidade de ocorrência	0.75
Período de recorrência em anos	10
OK Cancelar Ajuda	

Fonte: Autor (2024)

### 6.2.8 CARGAS DA FACHADA ENVIDRAÇADA

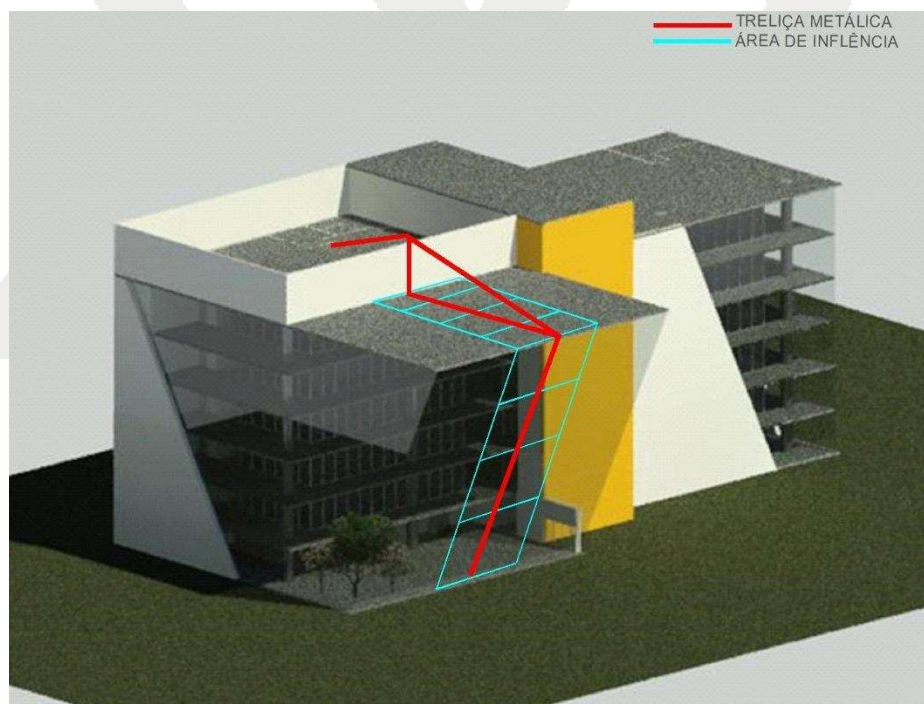
A sustentação das cargas das fachadas envidraçadas será realizada por meio de uma estrutura metálica. Este projeto estrutural está sendo desenvolvido por um escritório especializado, contratado pelo proprietário do empreendimento, que realizará os cálculos necessários para garantir a segurança e estabilidade das fachadas. Portanto, para o projeto básico as cargas provenientes das fachadas foram estimadas para continuar com o andamento do projeto. Durante a fase de projeto executivo, esse projeto executivo de fachada será entregue e o modelo estrutural poderá ser completamente finalizado.

Isso assegura que os cálculos realizados até o momento são aproximados e não retratam completamente a realidade.

#### 6.2.8.1 METODOLOGIA PARA ESTIMAR ESTRUTURA DA FACHADA ENVIDRAÇADA

No projeto arquitetônico do edifício em questão, foi concebida uma fachada envidraçada na face frontal, a qual é suportada por uma estrutura metálica composta por treliças. Essas treliças, dispostas a cada 3 metros, são fundamentais para garantir a integridade estrutural e a estética da fachada. As barras de aço utilizadas nas treliças possuem o perfil W610x174, que são adequadas para suportar os esforços, segundo o anteprojeto de fachada, decorrentes do peso próprio do aço e do vidro, assim como os esforços induzidos pelo vento, os quais são transmitidos tanto no térreo quanto no pavimento técnico da edificação, como demonstrado na figura Figura 14.

Figura 14 – Esboço treliça metálica



Fonte: Autores (2024)

A modelagem desses esforços no software, amplamente utilizado para análises estruturais, adota algumas simplificações. Entre elas, está a consideração do vento como atuante

de forma uniforme em toda a fachada, assumindo que ela é completamente reta e regular. Embora essa abordagem simplifique o cálculo, pode haver diferenças em relação às características reais da fachada projetada.

Esta suposição pode levar a uma interpretação menos precisa dos efeitos do vento sobre a estrutura, especialmente em casos em que a fachada apresenta características únicas que alteram o perfil da carga de vento.

#### 6.2.8.2 CÁLCULO DA FORÇA DO VENTO

A NBR6123:2023 determina a maneira em que se deve prosseguir com o cálculo do vento na fachada.

- Primeiramente é calculada a velocidade característica do vento, com a seguinte equação:

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

Sendo:

- $V_0 = 45 \text{ m/s}$ ;
- $S_1 = 1,0$ ;
- $S_2 = 0,945$ ;
- $S_3 = 1,00$ .

Portanto,  $V_k = 42,525 \text{ m/s}^2$ .

- Cálculo da pressão dinâmica:

$$q = 0,613 \times V_k^2$$

Portanto,  $q = 1108,53 \text{ N/m}^2$ .

- Força de arrasto em uma placa de vidro  $1,50 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ :

$$Fa = q \times Ca \times Ae \times fv$$

Sendo:

- $Ca = 1,2$
- $Ae = 3,0 \text{ m}^2$
- $fv = 1,3$

Portanto,

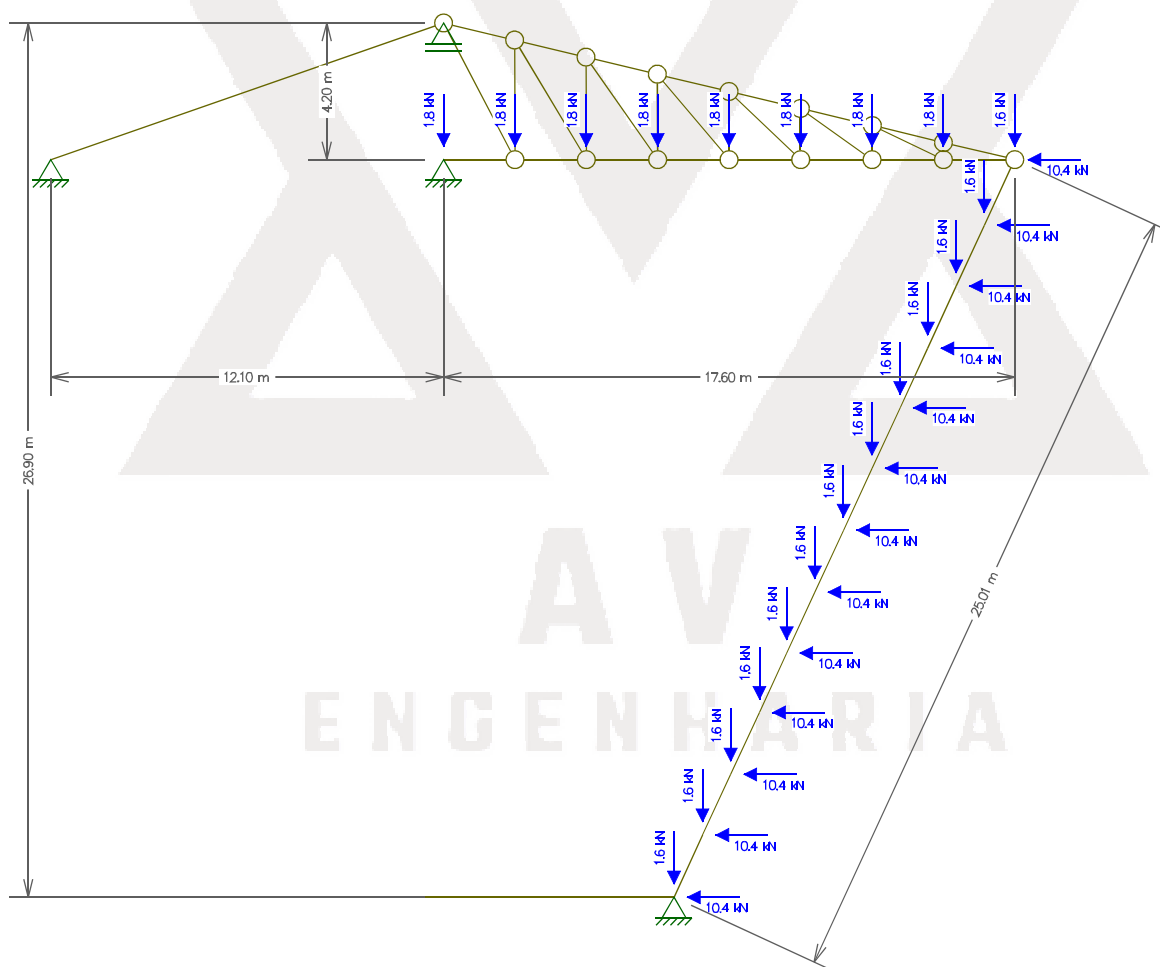
$$Fa = 5184,93 \text{ N}$$

### 6.2.8.3 METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA FORÇA TOTAL DO VENTO E REAÇÕES

Na estrutura do edifício, cada treliça suporta a força de vento aplicada sobre sua área de influência, que compreende uma faixa de 1,5 metros de cada lado da treliça. Isso significa que a força atuante do vento calculada para cada chapa de vidro deve ser multiplicada por dois para abranger a área total de 3 metros de influência.

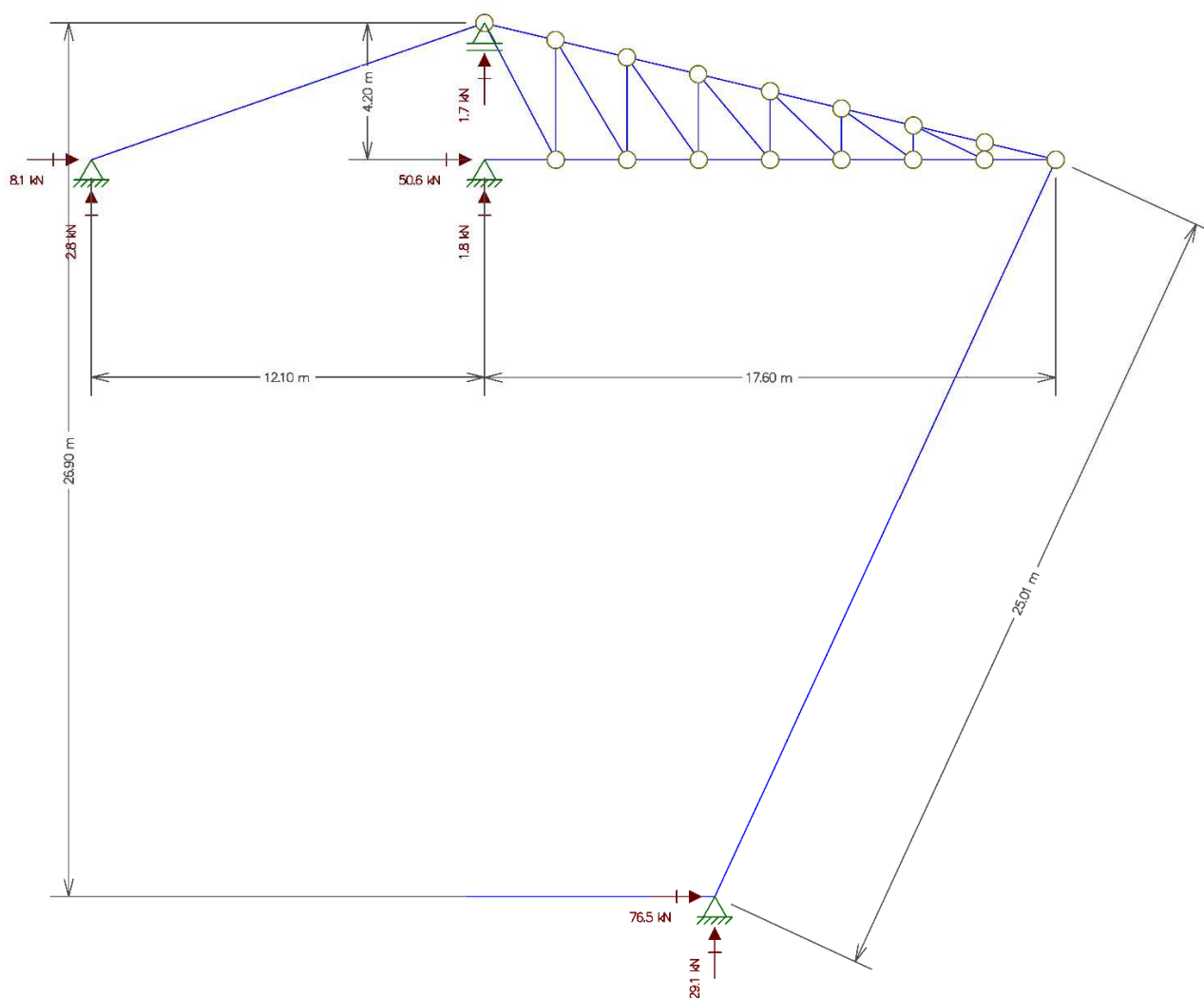
Após o cálculo das forças de vento conforme especificado pela norma NBR 6123:2023, a próxima etapa envolveu a análise do comportamento da distribuição de carga nas treliças que suportam a fachada envidraçada do edifício. Para isso, foi utilizado o software FTool. Com este software, foi possível simular a treliça, Figura 15, e avaliar as reações nos apoios, Figura 16, das cargas aplicadas (vento + peso próprio + peso vidro).

Figura 15 – Representação treliça no FTool



Fonte: autores (2024)

Figura 16 – Reações calculadas FTool

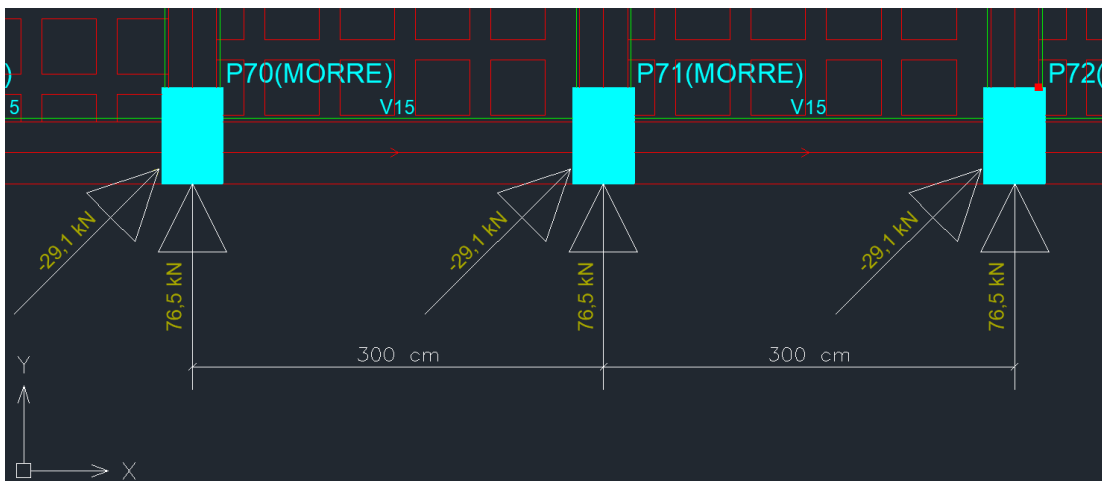


Fonte: autores (2024).

#### 6.2.8.4 LANÇAMENTO DAS CARGAS

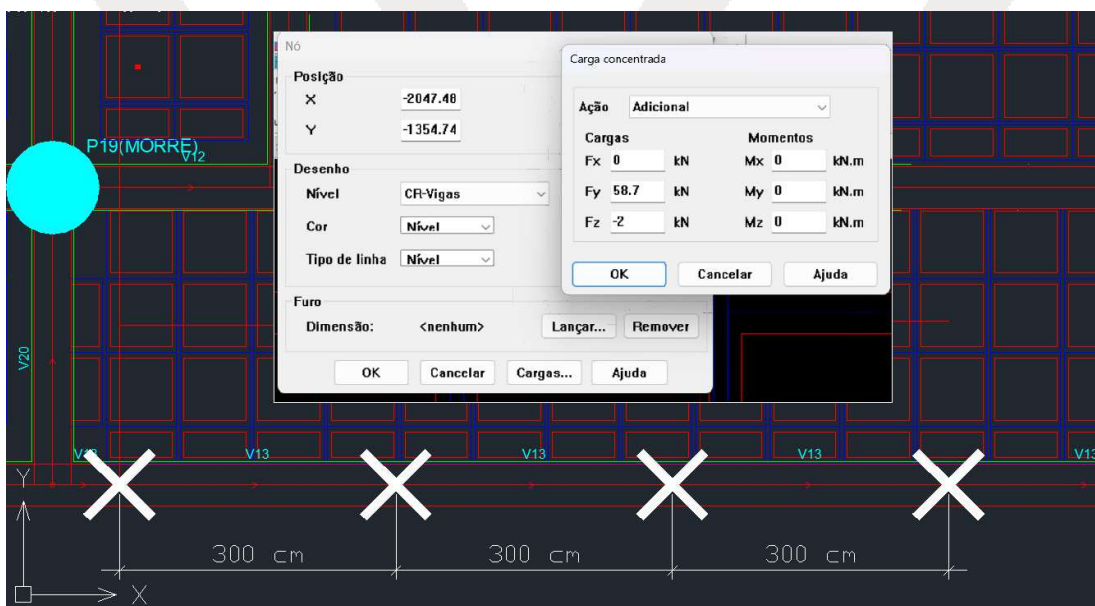
Após a simulação e a obtenção das reações nos apoios, essas reações (indicadas pelas setas na Figura 16) foram consideradas como forças concentradas e inseridas no software (com sentido contrário ao resultado do FTool, como demonstrado na Figura 17 para o pavimento térreo e a Figura 18 para o pavimento técnico) para uma análise mais aprofundada.

Figura 17 - Método de lançamento das cargas – pavimento térreo



Fonte: autores (2024)

Figura 18 - Método de lançamento das cargas – pavimento técnico



Fonte: autores (2024)

Ao integrar as reações obtidas pelo FTool como entradas no software, foi constatada uma sobreposição das ações horizontais do vento nas fachadas. Esse efeito está relacionado à consideração integral do vento em todas as áreas da fachada, resultando em um cálculo que adota uma força de vento ligeiramente superior à real. Essa abordagem, embora conservadora, contribui para a segurança do projeto ao fornecer uma margem adicional de proteção estrutural.

No cálculo das ações de vento a ser executado pela empresa a contratar, o coeficiente **C<sub>a</sub>** deve ser baseado na pressão, e não no arrasto, para garantir a precisão dos resultados. Devido à complexidade da geometria, é recomendado a realização de ensaios em túnel de vento por uma empresa especializada, considerando também o uso de coeficientes específicos para fachadas. Esse procedimento assegurará que os parâmetros empregados estejam alinhados às condições reais de solicitação pelo vento.

#### 6.2.9 TEMPERATURA

De acordo com a caracterização climática realizada pela ELETROBRAS CGT Eletrosul, a média mínima de temperatura no inverno é de 16 °C em julho, enquanto a média máxima é de 24 °C em janeiro. O estudo também informa que a média anual é de 22 °C.

Segundo a NBR 6118:2024, é necessário considerar os esforços decorrentes da variação térmica para avaliar esse fenômeno. O item 11.4.2.1, que aborda as variações uniformes de temperatura, orienta como proceder na consideração das temperaturas nos elementos estruturais.

O mesmo item estabelece que, para elementos cuja menor dimensão seja de até 50 cm, deve-se adotar uma variação de 10 °C a 15 °C. Já para elementos com dimensões superiores a 50 cm, a norma permite utilizar uma variação de temperatura menor. Assim, foi adotada a variação de 15 °C em torno da média.

### 7 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

A concepção estrutural teve início com a análise do projeto arquitetônico, que especifica a posição e as dimensões dos pilares circulares presentes na edificação. Esses pilares estão alinhados e possuem diâmetro de 1 m. Para os demais pilares, foi adotada geometria retangular, respeitando a disposição das paredes para o seu lançamento.

Outro fator decisivo foi a necessidade de vigas inclinadas para suportar as cargas advindas das fachadas envidraçadas. Esta etapa de cálculo será feita nos passos subsequentes.

Na concepção inicial referente às demandas arquitetônicas do edifício Infinity, foram identificados vãos de aproximadamente 13,74 m. Conforme estabelecido pela norma NBR 6118:2023, a flecha máxima permitida é calculada utilizando a equação  $L/250$ . Portanto, para

um vão de 13,74 m, a flecha máxima admissível é de 5,50 cm, atendendo aos critérios de aceitabilidade sensorial visual.

Para critérios de aceitabilidade do lançamento, a flecha máxima foi o foco das simulações. Caso a flecha excedesse o valor estipulado pela norma, seria necessária a realização de uma nova simulação.

As simulações realizadas no software seguiram a metodologia de aumentar a altura da seção sempre que possível, visando alcançar um maior momento de inércia. Entretanto, durante a análise das alturas do pé direito estrutural e do pé direito arquitetônico, foi verificado que a altura máxima permitida para vigas e lajes seria de 90 cm, porém como acordado com escritório de arquitetura, em reunião, esse valor poderia ser aumentado em até 5 cm.

## 7.1 FLECHAS

Durante o processo de dimensionamento do edifício Infinity, enfrentou-se um desafio para ajustar as flechas (deformações verticais) dentro dos limites normativos e garantir a estabilidade e o desempenho estrutural adequados. As flechas são uma variável crítica em projetos de edificações, pois afetam o conforto dos ocupantes e a integridade dos acabamentos. A solução inicial para o controle das flechas consistia em adotar vigas de até 90 cm de altura, buscando um equilíbrio entre resistência estrutural e arquitetura. No entanto, após a modelagem e análise, constatou-se que as lajes estavam sobrecarregadas pela deficiência de seção das vigas.

Para resolver essa questão, foi necessário aumentar a rigidez das vigas, o que foi realizado por meio do incremento de sua seção transversal, reduzindo as deformações verticais e trazendo as flechas para valores aceitáveis segundo os requisitos normativos. Após revisões no projeto, a altura das vigas foi aumentada de 90 cm para 95 cm, o que se mostrou eficaz para manter as flechas dentro dos limites estabelecidos. Esse ajuste garantiu que a estrutura apresentasse um desempenho satisfatório em relação às deformações, sem comprometer às exigências de estabilidade e segurança.

### 7.1.1 FLECHA x FLUÊNCIA x TEMPO DE ESCORAMENTO

A fluência do concreto é um fenômeno relevante na engenharia estrutural, caracterizado pelo aumento gradual das deformações ao longo do tempo quando o concreto é submetido a uma carga constante, como cita a NBR 8224:2012. Esse comportamento ocorre devido à natureza viscoelástica do material e é influenciado por diversos fatores, como a



umidade, temperatura e tipo de cimento utilizado. A fluência gera deformações adicionais que precisam ser consideradas no projeto para evitar problemas de desempenho a longo prazo. A norma NBR 6118:2023 estabelece diretrizes para o controle dessas deformações, garantindo que o comportamento estrutural da edificação permaneça dentro dos limites aceitáveis ao longo de sua vida útil.

Para o projeto do edifício Infinity, foram analisados dois cenários de escoramento e retração com o objetivo de estudar a influência do tempo de escoramento e do período de retração nas flechas máximas observadas. No primeiro caso, adotou-se um tempo de escoramento de 60 dias, um período de cura química de 14 dias e o carregamento das paredes aos 90 dias, o que resultou em uma flecha máxima de 4,39 cm. No segundo cenário, adotou-se um tempo de escoramento de 28 dias, cura química de 7 dias e carregamento das paredes também aos 90 dias, e a flecha máxima observada foi de 4,13 cm. A diferença percentual entre as flechas dos dois casos foi de aproximadamente 5,92%, indicando que a redução do tempo de escoramento não gerou um aumento significativo nas deformações, estando dentro dos limites de aceitabilidade segundo os requisitos normativos e de segurança.

A decisão de adotar o tempo de escoramento de 28 dias, ao invés de um escoramento prolongado de 60 dias, foi baseada na necessidade de otimizar o cronograma de obra sem comprometer o desempenho estrutural da edificação. Conforme previsto pela NBR 15696:2009, que aborda as práticas para fôrmas e escoramentos, o escoramento pode ser removido assim que o concreto atinge resistência suficiente para suportar as cargas aplicadas, o que normalmente ocorre em torno dos 28 dias. A liberação das fôrmas e escoras nesse período permite que as etapas subsequentes da construção, como alvenarias e instalações, possam ser realizadas sem atrasos, atendendo assim aos prazos do cronograma de obra e mantendo a eficiência do processo construtivo.

Portanto, a escolha do escoramento de 28 dias para o edifício Infinity é uma solução técnica e economicamente viável, pois reduz o tempo de espera para a execução das próximas fases da construção, garantindo a continuidade do projeto sem comprometer os requisitos de segurança e estabilidade estrutural. A diferença de deformação entre os dois casos analisados foi considerada pequena, o que justificou a opção por um tempo de escoramento menor, uma vez que a estabilidade e o desempenho da estrutura permanecem adequados. Esse ajuste no cronograma de obra representa uma otimização do processo construtivo, alinhando-se com as melhores práticas de engenharia e cumprimento das normas técnicas aplicáveis.

## 7.2 GAMA Z ( $\Gamma_z$ )

Primeiramente, foi realizado um estudo preliminar do coeficiente Gama-Z sem a adição da carga extra de vento, resultando em um valor de 1,15, conforme indicado na Tabela 4. Em um segundo estudo, no qual a carga de vento foi duplicada devido à presença da fachada envidraçada, o coeficiente Gama-Z, apresentado na Tabela 5, alcançou o valor de 1,24.

Tabela 4 - Simulação sem treliça

Combinação: 1.4G1+1.4G2+1.4Q+0.72T1+0.84V2+0.47D2							
Pavimento	Altura relativa (cm)	Carga vertical (kN)	Carga horizontal (kN)	Deslocamento horizontal (cm)	Momento 2a. ordem (kN.m)	Momento tombamento (kN.m)	( $\gamma_z$ )
COBERTURA	2910.00	5994.03	69.63	1.41	84.56	2026.33	1.15 (lim=1.10)
PAV. TÉCNICO	2490.00	25594.27	82.09	1.08	275.84	2044.01	
TIPO 5ºPAV	2070.00	24053.00	74.95	0.88	212.11	1551.52	
TIPO 4ºPAV	1700.00	23894.84	67.49	0.69	163.78	1147.41	
TIPO 3ºPAV	1330.00	21151.90	64.21	0.53	112.66	854.01	
TIPO 2ºPAV	960.00	21263.67	59.77	0.45	96.07	573.75	
TIPO 1ºPAV	590.00	21446.17	52.21	0.43	92.68	308.06	
TÉRREO	220.00	32690.46	6.28	0.23	76.75	13.82	
FOSSO ELEVADOR	110.00	6971.86	0.00	0.19	13.10	0.00	
<b>TOTAL</b>					<b>1127.54</b>	<b>8518.89</b>	

Fonte: Eberick (2024)

AV  
ENGENHARIA

Tabela 5 - Simulação com treliça

Combinação: 1.4G1+1.4G2+1.4Q+0.72T1+0.84V2+0.47D2							
Pavimento	Altura relativa (cm)	Carga vertical (kN)	Carga horizontal (kN)	Deslocamento horizontal (cm)	Momento 2a. ordem (kN.m)	Momento tombamento (kN.m)	Gama-Z
COBERTURA	2910.00	5994.03	69.63	1.67	124.58	2026.33	1.24 (lim=1.10)
PAV. TÉCNICO	2490.00	26492.78	82.09	1.35	357.08	2044.01	
TIPO 5ºPAV	2070.00	24095.90	74.95	1.13	272.79	1551.52	
TIPO 4ºPAV	1700.00	23959.83	67.49	0.96	229.71	1147.41	
TIPO 3ºPAV	1330.00	21450.51	64.21	0.86	183.80	854.01	
TIPO 2ºPAV	960.00	21311.73	59.77	0.79	168.53	573.75	
TIPO 1ºPAV	590.00	21466.95	52.21	0.70	149.64	308.06	
TÉRREO	220.00	31263.41	6.28	0.40	124.08	13.82	
FOSSO ELEVADOR	110.00	6971.86	0.00	0.32	22.49	0.00	
<b>TOTAL</b>					<b>1632.69</b>	<b>8518.89</b>	

Fonte: Eberick (2024)

De acordo com a NBR 6118:2024, para estruturas reticuladas com quatro ou mais pavimentos, valores de  $\gamma_z$  superiores a 1,10 requerem a consideração dos efeitos de segunda ordem por meio de uma análise mais detalhada, como a análise P-Delta. Essa abordagem é fundamental para assegurar que a instabilidade geométrica não comprometa a segurança estrutural.

No caso do edifício Infinity, o valor de  $\gamma_z = 1,24$  encontrado reforça a necessidade de incluir a análise P-Delta no projeto, garantindo a conformidade com os padrões normativos, bem como a estabilidade e a segurança da edificação.

### 7.3 P-DELTA

A análise P-Delta (segunda ordem) para o edifício Infinity foi realizada com base nos deslocamentos horizontais detalhados na Tabela 6, considerando os efeitos estruturais de segunda ordem. Este estudo abrange a não linearidade geométrica em diversas condições de

carregamento, incluindo efeitos acidentais, vento em múltiplas direções, desaprumo e variação de temperatura.

Em cada pavimento, foram analisados os deslocamentos médios e os esforços nos eixos X e Y. A análise comparou os efeitos de primeira ordem (forças diretas) com os de segunda ordem (deslocamentos adicionais devido à instabilidade geométrica). A variação máxima e mínima dos deslocamentos no topo da edificação ficou entre 4,32% e 4,89%, respeitando o limite de  $h/700$  estabelecido pela NBR 6118:2024.

Esses resultados garantem a manutenção da estabilidade global da edificação, assegurando que os deslocamentos adicionais causados pelo efeito P-Delta não comprometem a segurança nem o desempenho estrutural do edifício.

Tabela 6 - Deslocamentos horizontais

<b>Verificações</b>	<b>Vento X+</b>	<b>Vento X-</b>	<b>Vento Y+</b>	<b>Vento Y-</b>
Altura total da edificação (cm)	2910.00			
Deslocamento limite (cm)	1.71			
Deslocamento característico (cm)	0.30	0.30	0.77	0.77
gf2	0.30	0.30	0.30	0.30
Deslocamento combinações frequentes (cm)	0.09	0.09	0.23	0.23

Fonte: Eberick (2024).

#### 7.4 PILARES

Os pilares serão de concreto armado, variando em formato geométrico entre circular e retangular. Para o cálculo de dimensionamento, o software considera o índice de esbeltez de cada pilar, o carregamento e os momentos fletores atuantes sobre o topo e a base, conforme a norma NBR 6118:2023. O detalhamento estrutural e a disposição dos pilares estão demonstrados nas pranchas presentes no Apêndice C.

### 7.4.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS PILARES

Para a execução dos pilares, devem ser seguidos os parâmetros a seguir.

- Concreto Estrutural com resistência característica ( $f_{ck}$ ) maior que 45 MPa;
- Relação água/cimento menor ou igual a 0,55;
- Tipo de cimento recomendado: Cimento Portland II ou IV;
- Cobrimento do aço: 4 cm;
- Cobrimento do aço em contato com o solo: 4,5cm;
- Slump de 16 cm  $\pm$ 2.

### 7.5 VIGAS

As vigas serão de concreto armado, apresentando formato geométrico retangular. Seu lançamento no modelo estrutural tem o objetivo de determinar o momento fletor máximo para o cálculo das armaduras longitudinais e dos esforços cortantes para o cálculo das armaduras transversais, conforme determinado pela NBR 6118:2023. O detalhamento estrutural e a disposição das vigas estão demonstrados nas pranchas presentes no Apêndice C.

#### 7.5.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DAS VIGAS

Para a execução das vigas, devem ser seguidos os parâmetros a seguir.

- Concreto Estrutural com resistência característica ( $f_{ck}$ ) maior que 45 MPa;
- Relação água/cimento menor ou igual a 0,55;
- Tipo de cimento recomendado: Cimento Portland II ou IV;
- Cobrimento do aço: 4 cm;
- Slump de 16 cm.

### 7.6 LAJES

O projeto básico inclui dois tipos de lajes: maciças, nervuradas com cubetas plásticas e nervurada com EPS. A escolha entre esses tipos foi baseada em um estudo comparativo, disponível no apêndice A. O estudo discrimina e analisa todos os tipos de lajes inseridos no software na versão de 2024, trazendo informações sobre os vãos que cada modelo de laje consegue vencer, além de análises econômicas, desempenho acústico e de resistência ao fogo.

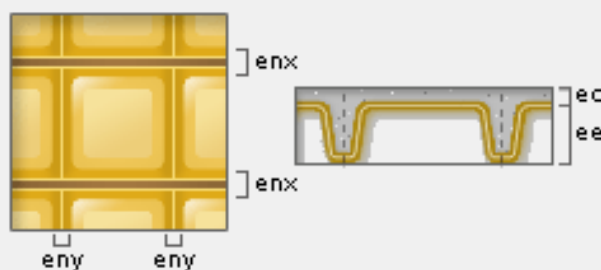
Devido as limitações de posicionamento de colunas impostas pelo projeto arquitetônico, as lajes apresentam vãos superiores a 10 metros. Assim, o estudo comparativo de lajes foi fundamental para a escolha da laje nervurada com cubetas para grandes vãos, laje maciça para a região de escadas e lajes nervuradas com EPS para o térreo.

As lajes maciças estão sendo utilizadas nas áreas das escadas enclausuradas, conforme pode ser verificado nas pranchas presentes no Apêndice C, sendo a espessura de todas elas determinadas nas pranchas do projeto básico.

As lajes nervuradas com cubetas variam em dimensões das cubetas e na espessura da capa de concreto, conforme especificado no projeto básico estrutural e nas pranchas presentes no Apêndice C.

- $ec = 5$  e  $9$  cm.
- $ee = 20$  cm,  $22,5$ cm e  $25$ cm
- $enx = 12,5$
- $eny = 12,5$

Figura 19 - Parâmetros de dimensões das cubetas



Fonte: Eberick (2024)

### 7.6.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DAS LAJES

Para a execução das lajes, devem ser seguidos os parâmetros a seguir.

- Concreto Estrutural com resistência característica ( $f_{ck}$ ) maior que  $45$  MPa;
- Relação água/cimento menor ou igual a  $0,55$ ;
- Tipo de cimento recomendado: Cimento Portland II ou IV;
- Cobrimento do aço:  $3,5$  cm;
- Slump de  $16$  cm  $\pm 2$ .

### 7.7 PRANCHAS DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL

As pranchas do projeto básico estrutural, que incluem informações sobre os pilares, vigas e lajes, estão disponíveis no Apêndice C deste memorial.

## 7.8 ESTUDO DA RESISTENCIA CARACTERISTICA DO CONCRETO

### 7.8.1 ESTIMATIVA PRELIMINAR DE CUSTO DE AÇO E CONCRETO DO PAVIMENTO TIPO

O estudo realizado durante a fase de anteprojeto teve como objetivo principal a seleção do fck (resistência característica do concreto) a ser utilizado para o prosseguimento do projeto. É importante notar que os quantitativos de aço e concreto obtidos nessa etapa preliminar estão desatualizados e, portanto, não devem ser utilizados para a elaboração de um orçamento atualizado. Para informações precisas e recentes sobre quantidades e custos, é essencial consultar o item 9 do memorial, onde estão detalhados os orçamentos revisados e atualizados conforme as necessidades e especificações mais recentes do projeto

Para escolher o fck do concreto, foi realizado o lançamento estrutural do pavimento-tipo, processando e redimensionando do até que todas as pendências apresentadas pelo software e inconformidades com a norma fossem resolvidas. Após esse procedimento, foi extraído um quantitativo de concreto e aço necessários para a execução desse pavimento.

Esse procedimento foi repetido para concretos com fck de 35, 40 e 45 MPa, sempre redimensionando os elementos estruturais para alcançar menores dimensões. Inicialmente, foi planejado realizar simulações com agregados basálticos visando obter um maior módulo de elasticidade. Contudo, ao consultar as concreteiras da Grande Florianópolis sobre a disponibilidade desse tipo de agregado, foi constatado que muitas não o possuem.

### 7.8.2 QUANTITATIVO DA MODELAGEM ESTRUTURAL

Na simulação com o concreto de fck = 35 MPa, foram obtidos 30.891,10 kg de aço e um volume de concreto de 351,7 m<sup>3</sup>. Detalhes adicionais podem ser encontrados nas Tabelas 7 e 8 apresentam esses quantitativos de forma mais detalhada.

Tabela 7 - Volume de concreto a ser utilizado em cada elemento estrutural do pavimento tipo com fck= 35 MPa

fck = 35 MPa	Volume de concreto (m <sup>3</sup> )
Vigas	142,4
Pilares	56,7
Lajes	152,6
Total	351,7

Fonte: Autor (2024)

Tabela 8 - Quantitativo de aço a ser utilizado em cada elemento estrutural do pavimento tipo com  $f_{ck} = 35$  MPa

fck = 35 MPa					
Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 10 % (kg)			
		Vigas	Pilares	Lajes	Total
CA50	6,3	1.801,4	440,5	350,4	2.592,3
CA50	8,0	3.286,8	283,5	556,0	4.126,3
CA50	10,0	3.394,0	982,0	1.476,4	5.852,4
CA50	12,5	1.402,3	302,6	1.340,3	3.045,2
CA50	16,0	4.116,3	1.081,3	2.793,0	7.990,6
CA50	20,0	5.299,4	0,0	165,3	5.464,7
CA60	5,0	909,2	717,4	193,0	1.819,6

Fonte: Autor (2024)

Na simulação com o concreto de  $f_{ck} = 40$  MPa, foram obtidos 29.153,60 kg de aço e um volume de concreto de 312,8 m<sup>3</sup>. Os detalhes desses quantitativos são apresentados de forma mais detalhada nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 - Volume de concreto a ser utilizado em cada elemento estrutural do pavimento tipo com  $f_{ck} = 40$  MPa

fck = 40 MPa	Volume de concreto (m <sup>3</sup> )
Vigas	99,1
Pilares	57,3
Lajes	156,4
Total	312,8

Fonte: Autor (2024)

Tabela 10 - Quantitativo de aço a ser utilizado em cada elemento estrutural do pavimento tipo com  $f_{ck} = 40$  MPa

fck = 40 MPa					
Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 10 % (kg)			
		Vigas	Pilares	Lajes	Total
CA50	6,3	571,4	604,2	461,8	1.637,4
CA50	8,0	3.841,4	317,2	772,4	4.931,0
CA50	10,0	1.256,1	1.052,7	1.268,6	3.577,4
CA50	12,5	724,9	342,5	2.880,5	3.947,9
CA50	16,0	2.675,4	711,6	2.164,6	5.551,6
CA50	20,0	7.065,5	230,6	368,5	7.664,6
CA60	5,0	771,3	737,8	334,6	1.843,7

Fonte: Autor (2024)



Na simulação com o concreto de  $f_{ck} = 45$  MPa, foram obtidos 27.535,40 kg de aço e um volume de concreto de 315,1 m<sup>3</sup>. Os detalhes desses quantitativos são apresentados de forma mais detalhada nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 - Volume de concreto a ser utilizado em cada elemento estrutural do pavimento tipo com  $f_{ck} = 45$  MPa

$f_{ck} = 45$ MPa	Volume de concreto (m <sup>3</sup> )
Vigas	113
Pilares	55,3
Lajes	146,8
<b>Total</b>	<b>315,1</b>

Fonte: Autor (2024)

Tabela 12 - Quantitativo de aço a ser utilizado em cada elemento estrutural do pavimento tipo com  $f_{ck} = 45$  MPa

$f_{ck} = 45$ MPa					
Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 10 % (kg)			
		Vigas	Pilares	Lajes	Total
CA50	6,3	1.953,7	302,0	427,7	2.683,4
CA50	8,0	2.243,4	416,5	790,3	3.450,2
CA50	10,0	1.221,9	819,7	939,2	2.980,8
CA50	12,5	1.058,6	264,1	2.548,3	3.871,0
CA50	16,0	4.087,9	906,2	1.314,4	6.308,5
CA50	20,0	5.266,7	228,4	644,4	6.139,5
CA60	5,0	1.192,6	694,5	214,9	2.102,0

Fonte: Autor (2024)

## 7.9 PESQUISA DE MERCADO

### 7.9.1 PREÇO DO AÇO

Para fundamentar decisões importantes na fase de anteprojeto foi realizada uma consulta de mercado com três fornecedores de aço da região da grande Florianópolis e obteve-se os valores da Tabela 13, sendo incluso nesses valores o custo de transporte até o local da obra.

Tabela 13 – Valores da barra de aço

Aço	Bitola	Peso de uma barra (Kg)	Valor (R\$/kg)		
			Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
CA50	6,3	2,94	6,09	4,73	7,96
CA50	8	4,74	6,10	4,98	7,98
CA50	10	7,4	5,80	4,74	7,59
CA50	12,5	11,56	5,79	4,77	7,49
CA50	16	19,31	5,69	4,56	7,53
CA50	20	30,18	5,70	4,69	7,51
CA60	5	1,86	7,16	4,78	9,26

Fonte: Autor (2024)

### 7.9.2 PREÇO DO CONCRETO

Foram consultadas 4 concreteiras que atuam na grande Florianópolis, obtendo-se os valores do metro cúbico dos três tipos de concreto em análise com slump de 16 cm  $\pm$  2, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 - Preços do m<sup>3</sup> de concreto

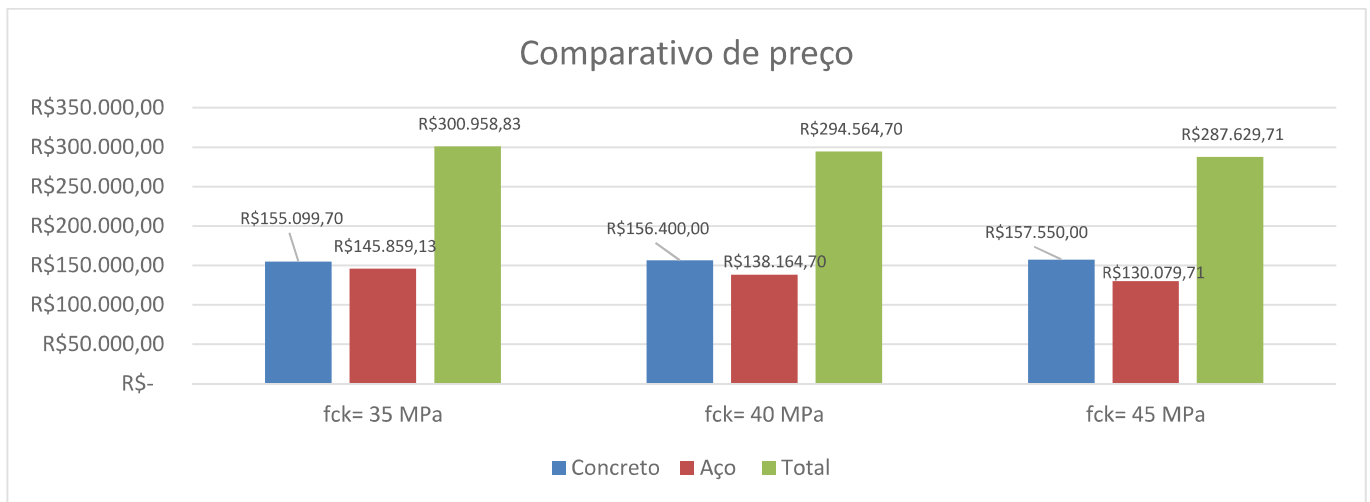
Concreto	Preços (R\$/m <sup>3</sup> )			
	Concreteira A	Concreteira B	Concreteira C	Concreteira D
fck - 35MPa	500	495	441	495
fck - 40MPa	550	500	458	515
fck - 45MPa	600	522	500	540

Fonte: Autor (2024)

### 7.9.3 RESULTADOS

Com base nos valores do levantamento quantitativo e nos resultados das modelagens, foi possível elaborar um orçamento preliminar do pavimento tipo na fase de anteprojeto. Esse orçamento reflete as quantidades e os preços dos materiais, proporcionando uma estimativa financeira preliminar realista para a escolha do tipo de concreto. A Figura 20 foi elaborado utilizando os menores preços orçados com base na quantidade de insumo estabelecida para cada simulação, apresentando também o valor total.

Figura 20 - Gráfico comparativo de preços



Fonte: Autor (2024)

Essa análise demonstra que a alteração do fck da estrutura pode proporcionar uma economia direta de até 4,63% ao comparar fck = 45 MPa com fck = 35 MPa, e uma economia de 2,41% ao comparar fck = 45 MPa com fck = 40 MPa. Considerando o modelo estrutural de forma integral, a adoção de um **fck** elevado pode proporcionar uma economia indireta nas fundações, possibilitando o dimensionamento de elementos mais esbeltos e a redução do volume de concreto utilizado.

## 8 DECISÕES TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

### 8.1 COMPARATIVO DE AÇO

O mercado de aço para construção civil oferece duas modalidades principais de compra, o aço em barras de 12 metros, que necessita de corte, dobra e montagem na obra, e o aço já cortado e dobrado em indústria, o qual exige apenas a montagem no canteiro.

Após a realização de dois orçamentos para ambas as modalidades e a aplicação das composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para quantificar a mão de obra necessária na execução de um pavimento-tipo, verificou-se que a aquisição do aço cortado e dobrado em indústria apresenta o melhor custo-benefício. Esse resultado se deve ao preço final mais vantajoso, à eliminação de uma etapa de processamento no canteiro de obras e à redução da margem de erro na compra de material, evitando excesso.

A Tabela 18 apresenta um comparativo entre os dois tipos de aço, utilizando como base as composições 92768 a 92774 do SINAPI, sem desoneração, referentes ao mês de agosto de 2024. As composições utilizadas possuem insumos bem definidos e equivalentes, diferenciando-se apenas nos coeficientes e nos valores aplicados conforme o diâmetro das barras. Na Tabela 15, é possível visualizar os insumos que compõem a composição 92768. Nesta análise, houve uma modificação no insumo de corte e dobra de aço, que é composto pelos itens aço, ajudante e armador, conforme ilustrado na Tabela 16. A alteração foi realizada para atualizar o preço da barra de aço com valores recentes do mercado, proporcionando maior precisão ao modelo comparativo.

Tabela 15 – Insumos da composição 92768

ID	CÓDIGO	INSUMO	UND	COEF.	CUSTO	TOTAL	CLASSE
1354	39017	ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO	UN	2,11800	0,20	0,42	MAT
1354	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM	KG	0,02500	26,75	0,67	MAT
1354	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,01360	24,93	0,34	MO
1354	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,08360	32,06	2,68	MO
1354	92800	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM. AF_06/2022	KG	1,00000	9,55	9,55	SEDI

Fonte: Autor (2024)

Tabela 16 – Insumos da composição corte e dobra de aço (92800)

ID	CÓDIGO	INSUMO	UND	COEF.	CUSTO	TOTAL	CLASSE
1357	43059	AÇO CA-60, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHÃO	KG	1,07000	6,98	7,47	MAT
1357	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,00950	24,93	0,24	MO
1358	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,05810	32,06	1,86	MO

Fonte: Autor (2024)

Foi desenvolvida uma composição para o corte e dobra de aço em indústria, considerando os insumos presentes nas composições 92768 a 92774. A única modificação realizada foi a atualização do custo de corte e dobra de aço, ajustado de acordo com o valor

fornecido pela indústria. Os insumos aplicados nessa composição podem ser observados na Tabela 17.

Tabela 17 -- Insumos da composição corte e dobra de aço em indústria

ID	CÓDIGO	INSUMO	UND	COEF.	CUSTO	TOTAL	CLASSE
6220	111111	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-60 GERDAU 5MM	KG	1,00000	8,40	8,40	MAT
6221	212121	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES – CORTADO E DOBRADO	H	0,05770	32,06	1,91	MO
6221	222222	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES – CORTADO E DOBRADO	H	0,00980	24,94	0,24	MO
6221	233323	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM	KG	0,02500	26,75	0,67	MAT
6221	242424	ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PAI	UN	1,33300	0,20	0,27	MAT

Fonte: Autor (2024)

Sendo o valor final da análise comparativa demonstrado na Tabela 18

Tabela 18 – Comparativo do orçamento de aço.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDA DE	QUANTIDADE	CUSTO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	MÃO DE OBRA (R\$)	MATERIAL (R\$)
1		MONTAGEM EM OBRA			51,36%	277.778,23	30.273,73	247.504,50
1.1	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	2.683,40	13,66	36.659,58	8.101,89	28.557,68
1.2	92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	3.450,20	12,52	43.209,08	7.446,55	35.762,53
1.3	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	2.980,80	11,52	34.341,52	4.341,70	29.999,81
1.4	92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	3.871,00	10,18	39.388,24	3.619,62	35.768,62
1.5	92772	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO	KG	6.308,50	8,46	53.394,81	3.253,91	50.140,90

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	MÃO DE OBRA (R\$)	MATERIAL (R\$)
		UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022						
1.6	92773	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	6.139,80	8,28	50.816,28	2.687,92	48.128,36
1.7	92774	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	2.102,00	9,50	19.968,73	822,14	19.146,59
2		CORTE E DOBRA EM INDUSTRIA E MONTAGEM EM OBRA			48,63%	263.012,37	31.613,99	231.398,38
2.1	20	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM	KG	2.683,40	11,49	30.842,31	5.791,83	25.050,48
2.2	21	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM	KG	3.450,20	10,84	37.413,09	7.446,89	29.966,19
2.3	22	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM	KG	2.980,80	10,14	30.231,19	4.341,90	25.889,29
2.4	23	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM	KG	3.871,00	10,21	39.535,24	7.269,10	32.266,14
2.5	24	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 12,5MM	KG	6.308,50	8,64	54.512,82	3.254,05	51.258,77
2.6	25	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 16MM	KG	6.139,80	8,56	52.576,07	2.688,04	49.888,02
2.7	26	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 20MM	KG	2.102,00	8,52	17.901,66	822,18	17.079,49

Fonte: Autor (2024)

## 8.2 TEMPO DE ESCORAMENTO

O cálculo do tempo de escoramento é um elemento crucial no planejamento e execução de obras em concreto armado, pois assegura que a estrutura atinja resistência suficiente para suportar as cargas previstas antes da remoção das escoras. Além disso o tempo de escoramento também influencia nas flexas, que está ligado diretamente ao estado limite de serviço de deformação excessiva.

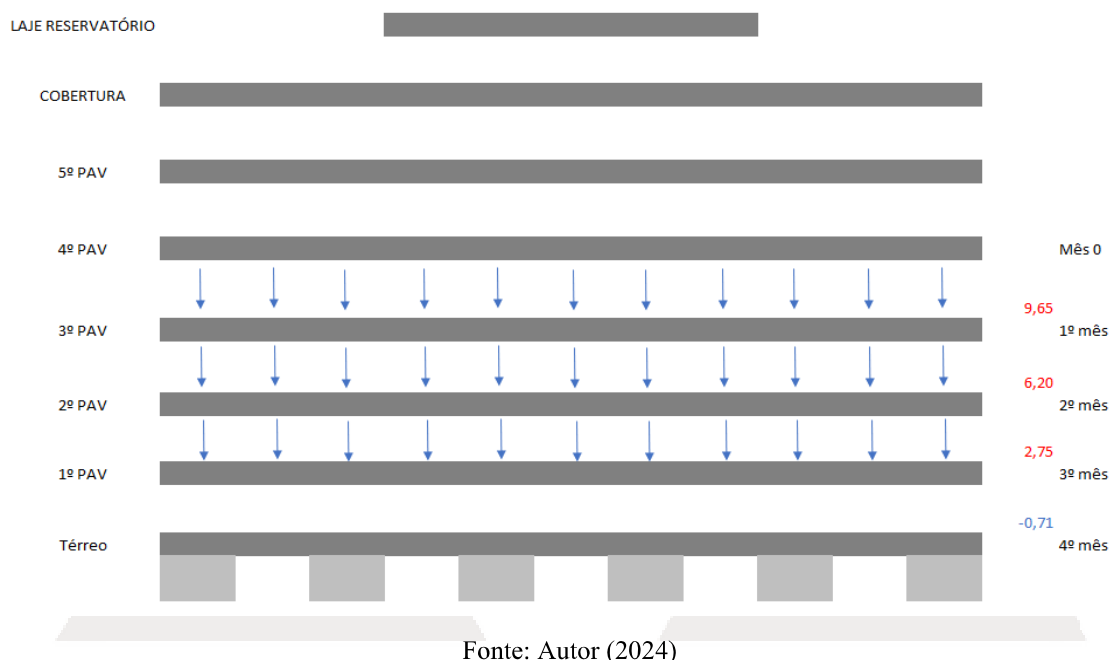
Para determinar esse tempo, foi realizada uma sequência de cálculos baseada nos esforços solicitantes das lajes do modelo estrutural, onde, por simplificação, foi considerada a laje mais carregada. Sendo as cargas utilizadas, o peso próprio da laje, de 7,15 kN/m<sup>2</sup>, uma sobrecarga de concretagem de 2 kN/m<sup>2</sup>, o peso das formas e escoramentos de 0,5 kN/m<sup>2</sup>, sendo

totalizados  $9,65 \text{ kN/m}^2$  de carga de construção. Após a concretagem vai ser adicionado uma carga acidental de tráfego de objetos de  $1 \text{ kN/m}^2$ .

As cargas acidentais para as quais a laje foi dimensionada, após 28 dias de concretagem, incluem seu peso próprio, uma carga acidental de  $2,94 \text{ kN/m}^2$  e uma carga de  $1,47 \text{ kN/m}^2$  correspondente aos pisos e revestimentos, resultando em uma carga total suportável de  $11,60 \text{ kN/m}^2$ .

A Figura 21 esquematiza a distribuição de cargas dos cálculos realizados.

Figura 21 - Esquema de distribuição de cargas



A laje recém concretada, no primeiro mês (mês zero), ainda não possui capacidade para resistir a esforços significativos, transferindo, portanto, uma carga de  $9,65 \text{ kN/m}^2$  para a laje imediatamente inferior. Essa laje inferior, por sua vez, deve suportar não apenas os  $9,65 \text{ kN/m}^2$  transferidos, mas também a carga acidental de tráfego de  $1 \text{ kN/m}^2$  e seu próprio peso, o que resulta em uma carga total de  $17,80 \text{ kN/m}^2$ . Como essa laje já completou 28 dias de cura, atingindo a resistência projetada, possui capacidade para suportar até  $11,60 \text{ kN/m}^2$ , resultando em uma sobrecarga de  $6,20 \text{ kN/m}^2$ . Assim, é necessário manter o escoramento para garantir a segurança estrutural do pavimento nesse estágio

A terceira laje precisa suportar a sobrecarga de  $6,20 \text{ kN/m}^2$  proveniente da segunda laje, somada ao seu próprio peso e à carga de tráfego, totalizando uma carga de  $14,35 \text{ kN/m}^2$ . Considerando que a capacidade de resistência de projeto da laje é de  $11,60 \text{ kN/m}^2$ , essa situação implica uma sobrecarga de  $2,75 \text{ kN/m}^2$ , tornando necessário manter o escoramento. Na quarta laje, a sobrecarga é de  $10,9 \text{ kN/m}^2$ , enquanto a resistência projetada para o peso próprio, carga de revestimento e sobrecarga de uso é de  $11,60 \text{ kN/m}^2$ , resultando em uma carga líquida de  $-0,71 \text{ kN/m}^2$ . Dessa forma, o escoramento do quarto pavimento é dispensável, pois ele é capaz de suportar a carga atuante sem necessidade de suporte adicional.

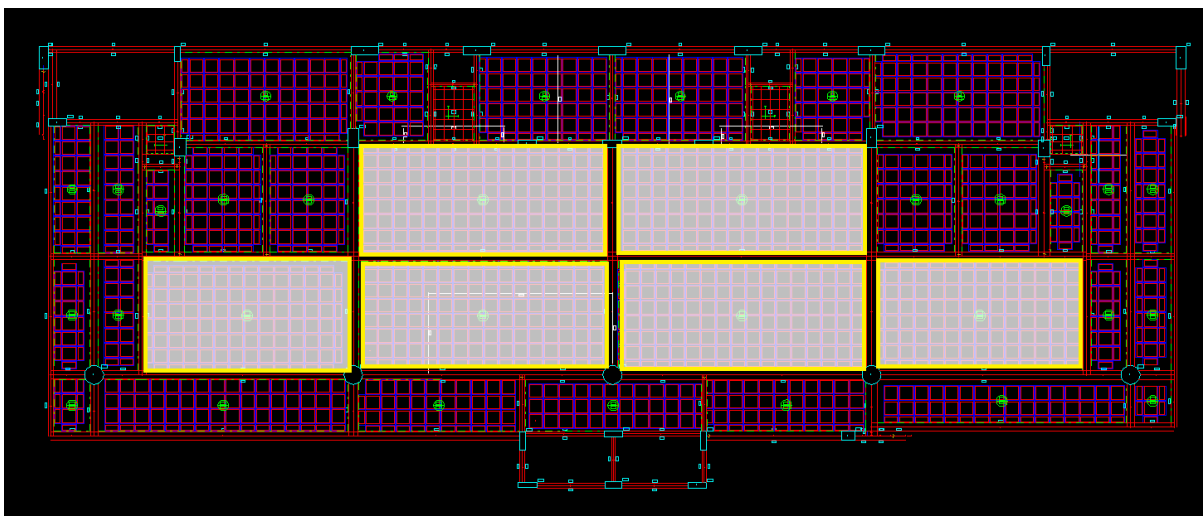
A análise do tempo de escoramento para uma única laje permite uma avaliação preliminar da resistência em diferentes estágios de cura. No entanto, para o nível de projeto executivo, recomenda-se uma avaliação abrangente de todo o pavimento. Esse procedimento é fundamental para determinar com precisão quais lajes podem ter suas escoras removidas antes do prazo de quatro meses e quais tipos específicos de escoramento devem ser utilizados para garantir a estabilidade estrutural.

O estudo de cargas realizado teve como objetivo fornecer dados detalhados que subsidiem a elaboração do orçamento e o planejamento da obra. Um dos resultados obtidos indica que as lajes de maior vão, destacadas na Figura 22, apresentam uma carga média de  $17,8 \text{ kN/m}^2$ . Ao consultar catálogos técnicos de escoras metálicas, foi constatado que uma escora com altura de  $3,7$  metros (correspondente ao pé-direito) possui uma capacidade de carga de  $14,71 \text{ kN/m}^2$ . Dessa forma, o uso exclusivo de escoras metálicas para o escoramento dessas lajes é inviável, pois resultaria em deslocamentos excessivos do sistema formado pela estrutura e pelas escoras, comprometendo a funcionalidade nos estados limites de serviço e surgimento de possíveis patologias estruturais como fissuras.

AV  
ENGENHARIA



Figura 22 – Identificação de lajes com cargas elevadas



Fonte: Autor (2024)

Para atender às exigências dessas lajes com altas cargas de construção, foi adotada na Estrutura Analítica do Projeto (EAP) a composição “Montagem e Desmontagem de Fôrma de Laje Nervurada com Cubeta e Assoalho, Pé-Direito Duplo, em Chapa de Madeira Compensada Resinada, 8 Utilizações. AF\_09/2020.” Um dos insumos dessa composição é a “Locação de Torre Metálica Completa para uma Carga de 8 tf (80 kN) e Pé-Direito de 6 m, Incluindo Módulos, Diagonais, Sapatas e Forcados,” conforme o código SINAPI 40291.

Embora a composição se refira a pé-direito duplo, no presente caso será mantido o pé-direito de 3,7 metros. Essa solução permite suportar cargas de trabalho de até 80 kN, sendo plenamente satisfatória para o escoramento das lajes em questão, garantindo segurança e eficiência no processo construtivo.

### 8.3 DESFORMAS

Os prazos para a execução da desforma foram estabelecidos com base na norma técnica NBR 7678:1983 – Segurança na execução de obras e serviços de construção e nas diretrizes de 2014 do Tribunal de Contas da União (TCU). Esses referenciais garantem a segurança da estrutura e o respeito aos parâmetros técnicos necessários para a cura adequada do concreto.

Para os pilares e as faces laterais das vigas, foi adotado um prazo de três dias de cura antes da retirada das formas. Esse mesmo período de três dias foi estabelecido para a retirada

do jogo de cubetas, assegurando que o escoramento da laje seja mantido para evitar deformações ou comprometimento estrutural durante o processo de cura.

No caso específico dos pilares circulares, a desforma será realizada como a última etapa da execução da superestrutura. Essa decisão estratégica tem como objetivo preservar a integridade e o acabamento do concreto aparente, que demanda maior cuidado para evitar danos durante a construção.

Essas medidas refletem o compromisso com a qualidade e a durabilidade da estrutura, garantindo que o concreto alcance suas propriedades finais de resistência e estabilidade antes da remoção completa das formas e escoramentos.

## **9 ORÇAMENTO**

### **9.1 COMPOSIÇÕES CRIADAS**

Foram desenvolvidas 19 composições analíticas, elaboradas com base na SINAPI, respeitando integralmente seus valores e coeficientes. A única alteração realizada foi no valor orçado para o principal material da composição, ajustado conforme os valores obtidos dos orçamentos.

Esse procedimento visa assegurar a precisão das estimativas de custo e melhor execução do planejamento, mantendo a consistência com os padrões estabelecidos pela SINAPI e adaptando o orçamento de acordo com os valores dos materiais orçados.

As composições criadas podem ser verificadas na Tabela 19.

AV  
ENGENHARIA

Tabela 19 – Composições criadas

Tipo	Código	Descrição	Unidade	Valor Unitário
Composição	11	Montagem e desmontagem de forma de pilares circulares, com área média das seções maior que 0,28m <sup>2</sup> , pé-direito duplo em papelão	M	578,33
Composição	12	Concretagem de pilares, FCK=45MPA e auto adensável, com uso de bomba	M3	797,88
Composição	13	Concretagem de vigas e lajes, FCK=45MPA, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento	M3	599,34
Composição	14	Cubeta Astra, dimensão 20/80/80	UN	187,15
Composição	15	Cubeta Astra, dimensão 20/40/80	UN	96,75
Composição	16	Cubeta Astra, dimensão 25/80/80	UN	225,17
Composição	17	Cubeta Astra, dimensão 25/40/80	UN	135,08
Composição	18	Cubeta Astra, dimensão 30/80/80	UN	239,71
Composição	19	Cubeta Astra, dimensão 30/40/80	UN	141,60
Composição	20	Aço cortado e dobrado CA-60 5mm	KG	11,47
Composição	21	Aço cortado e dobrado CA-50 6,3mm	KG	10,83
Composição	22	Aço cortado e dobrado CA-50 8mm	KG	10,13
Composição	23	Aço cortado e dobrado CA-50 10mm	KG	10,19
Composição	24	Aço cortado e dobrado CA-50 12,5mm	KG	8,61
Composição	25	Aço cortado e dobrado CA-50 16mm	KG	8,53
Composição	26	Aço cortado e dobrado CA-50 20mm	KG	8,49
Composição	27	Terraplenagem e fundação	UN	0,00
Composição	28	Montagem e desmontagem de laje nervurada do pavimento térreo em EPS	M2	591,40
Composição	29	Aço cortado e dobrado CA-50 25mm	KG	8,49

Fonte: Autor (2024)

A abertura da composição analítica 11 dará uma exemplificação dos insumos incluídos, bem como os respectivos códigos da tabela SINAPI e dos materiais orçados, proporcionando uma visão completa e organizada dos elementos constituintes. Essas informações podem ser verificadas na Tabela 20.

Tabela 20 – Exemplificação dos insumos das composições construídas.

Classe	Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Custo	Tipo	Total
Composição	11	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES CIRCULARES, COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,28M², PÉ-DIREITO DUPLO EM PAPELÃO	M		578,33		
Insumo	88262	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1110	24,86	MO	2,75
Insumo	88240	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,6050	32,96	MO	19,94
Insumo	4517	SARRAFO2,5X7,5CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	0,1570	2,72	MAT	0,42
Insumo	40304	PREGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA DUPLA 17X27 (21/2X11)	KG	0,0460	19,65	MAT	0,90
Insumo	43614	TÁBUA NÃO APARELHADA 2,5X1,5*CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	0,5500	34,54	MAT	18,99
Insumo	11111	FORMA CILÍNDRICA EM PAPELÃO (PAPEL HRAFT) PARA PILARES CIRCULARES, DIÂMETRO DE 100CM	M	1,0000	535,33	MAT	535,33

Fonte: Autor (2024)

O Apêndice D mostra detalhadamente das composições criadas e seus insumos. As demais composições constituintes no orçamento não sofreram mudanças ou edições dos seus dados.

## 9.2 BENEFÍCIOS E DESPESAS INDIRETAS (BDI)

O BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) a ser adotado pela empresa AV Engenharia será calculado para manter a estrutura da empresa somente com recursos provenientes do empreendimento Infinity. Para a formulação desse BDI, foram definidos os percentuais correspondentes a cada categoria de tributo, margem de contribuição, taxas e garantias. Os valores detalhados podem ser consultados na Tabela 21, sendo que o percentual total é de 31,23%.

Tabela 21 – Percentual de cada categoria a ser adotado no BDI

<b>CATEGORIA</b>	<b>Percentual</b>
<b>TRIBUTOS (T)</b>	<b>8,93%</b>
ISSQN	3,00%
PIS	0,65%
COFINS	3,00%
CSLL	1,08%
I.R.P.J.	1,20%
<b>MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO</b>	<b>15,50%</b>
LUCRO (L)	10,00%
ADMINISTRAÇÃO CENTRAL (AC)	4,50%
RESERVA DE CONTINGÊNCIA / GARANTIA (G)	1,00%
<b>TAXAS E GARANTIAS</b>	<b>6,80%</b>
DESPESAS FINANCEIRAS (DF)	1,00%
INFLAÇÃO	4,00%
SEGURO (S)	0,40%
RISCO (R)	1,00%
DESPESAS COMERCIAIS	0,40%

Fonte: Autor (2024)

## 9.3 CURVA ABC DE INSUMOS

A Curva ABC dos insumos pode ser consultada na Figura 23, evidenciando os itens de maior impacto no custo total da obra. O insumo de maior representatividade é o concreto com resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) de 45 MPa, que corresponde a 23,99% do custo total do orçamento, seguido pela mão de obra de carpintaria, que totaliza 9,00% do custo.

As faixas A e B são compostas, em sua maioria, por materiais essenciais à construção, destacando-se também três itens de mão de obra e um equipamento fundamental, a locação de

escoras metálicas, que é indispensável para garantir a segurança e a estabilidade da estrutura durante a execução.

Os 14 primeiros insumos listados na Curva ABC têm um impacto financeiro significativo na obra, tornando imprescindível a adoção de medidas estratégicas durante a fase de execução. Recomenda-se a negociação com fornecedores, visando a obtenção de melhores condições de preço; a implementação de controles rigorosos para evitar desperdícios e a verificação constante da qualidade dos materiais e serviços adquiridos. Essas ações são fundamentais para assegurar o melhor custo-benefício, tanto no orçamento quanto na qualidade da construção.



Figura 23 - Curva ABC de serviços

CURVA ABC DE INSUMOS										
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	R\$ TOTAL	QTDE	UND	%	% ACUM.	FAIXA	PARETO	CAT.	
33333-PROPRIO	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL CLASSE DE RESISTENCIA FCk= 45MP	1.470.629,90	2.941,25	M3	23,40%	23,40%	A		MAT	
88262-SINAPI	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	551.468,09	16.731,43	H	8,77%	32,17%	A		MO	
151515-PROPRIO	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 12,5MM	364.101,74	50.640,02	KG	5,79%	37,97%	A		MAT	
171717-PROPRIO	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 20MM	354.334,85	49.281,62	KG	5,64%	43,61%	A		MAT	
161616-PROPRIO	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 16MM	320.863,53	44.626,36	KG	5,11%	48,71%	A		MAT	
141414-PROPRIO	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 10MM	310.340,46	41.937,90	KG	4,94%	53,65%	B	<= 50% do CUSTO	MAT	
92271-PROPRIO	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM MADEIRA SERRADA, E=25 M	303.064,99	1.278,16	M2	4,82%	58,47%	B		MAT	
131313-PROPRIO	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 8MM	275.766,08	35.582,72	KG	4,39%	62,86%	B		MAT	
212121-PROPRIO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRA	222.035,97	6.925,63	H	3,53%	66,39%	B		MO	
262626-PROPRIO	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 25MM	217.804,94	30.292,76	KG	3,47%	70,86%	B		MAT	
10749-SINAPI	LOCACAO DE ESCORA METALICA TELESCOPICA, COM ALTURA REGULAV	199.929,81	6.257,58	UNXMMES	3,18%	74,04%	B		EQP	
232323-PROPRIO	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, E	194.328,48	7.264,61	KG	3,09%	77,13%	B		MAT	
22222-PROPRIO	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM	169.884,06	249,82	M3	2,70%	79,83%	B		MAT	
121212-PROPRIO	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 6,3MM	158.231,91	20.417,02	KG	2,52%	82,35%	C	<= 80% do CUSTO	MAT	
111111-PROPRIO	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-60 GERDAU 5MM	149.572,42	17.806,24	KG	2,38%	84,73%	C		MAT	
44444-PROPRIO	CUBETA ASTRA 20/80/80	136.432,35	729,00	UN	2,17%	86,90%	C		MAT	
40291-SINAPI	LOCACAO DE TORRE METALICA COMPLETA PARA UMA CARGA DE 8 TF	116.410,50	129,34	UNXMMES	1,85%	88,75%	C		EQP	
40290-SINAPI	LOCACAO DE FORMA PLASTICA PARA LAJE NERVURADA, DIMENSOES *	109.308,16	6.325,70	UNXMMES	1,74%	90,49%	C		EQP	
242424-PROPRIO	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM	77.469,87	387.349,32	UN	1,23%	91,72%	C		MAT	
88239-SINAPI	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	76.246,20	3.067,02	H	1,21%	92,93%	C		MO	
222222-PROPRIO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORT	67.831,42	2.719,78	H	1,08%	93,99%	C		MO	
40275-SINAPI	LOCACAO DE VIGA SANDUICHE METALICA VAZADA PARA TRAVAMENT	65.625,61	2.278,66	UNXMMES	1,04%	94,99%	C		EQP	
11111-PROPRIO	FORMA CILINDRICA EM PAPELAO (PAPEL HRAFT) PARA PILARES CIRCU	48.179,70	90,00	M	0,77%	95,76%	C		MAT	
40339-SINAPI	LOCACAO DE CRUZETA, SIMPLES, PARA ESCORA METALICA, COMPRIM	44.740,94	4.631,56	UNXMMES	0,71%	96,47%	C		EQP	
40287-SINAPI	LOCACAO DE BARRA DE ANCORAGEM DE 0,80 A 1,20 M DE EXTENSAO	38.468,00	3.625,63	MES	0,61%	97,08%	C		EQP	
66666-PROPRIO	CUBETA ASTRA 25/80/80	34.674,64	154,00	UN	0,55%	97,63%	C		MAT	
55555-PROPRIO	CUBETA ASTRA 20/40/80	33.378,75	345,00	UN	0,53%	98,16%	C		MAT	
40270-SINAPI	VIGA DE ESCORAMENTO H20, DE MADEIRA, PESO DE 5,00 A 5,20 KG/M	30.861,46	253,94	M	0,49%	98,65%	C		MAT	
88240-PROPRIO	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	24.122,57	731,87	H	0,38%	99,03%	C		MO	
6193-SINAPI	TABUA NAO APARELHADA *2,5 X 20* CM, EM MACARANDUBA/MASSU	23.325,06	554,83	M	0,37%	99,40%	C		MAT	
252525-PROPRIO	PAINEL DE EPS 20/40/40	21.929,25	1.253,10	UN	0,35%	99,75%	C		MAT	
88888-PROPRIO	CUBETA ASTRA 30/80/80	18.697,38	78,00	UN	0,30%	99,99%	C		MAT	
77777-PROPRIO	CUBETA ASTRA 25/40/80	12.697,52	94,00	UN	0,20%	99,99%	C		MAT	
40271-SINAPI	LOCACAO DE APRUMADOR METALICO DE PILAR, COM ALTURA E ANGI	12.206,79	443,07	UNXMMES	0,19%	99,99%	C		EQP	
4491-SINAPI	PONTELETE *7,5 X 7,5* CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA RE	8.993,21	1.155,93	M	0,14%	99,99%	C		MAT	
99999-PROPRIO	CUBETA ASTRA 30/40/80	4.389,29	31,00	UN	0,07%	99,99%	C		MAT	
40304-SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	4.164,45	211,93	KG	0,07%	99,99%	C		MAT	
88441-SINAPI	JARDINEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	2.035,23	83,72	H	0,03%	99,99%	C		MO	
43614-PROPRIO	TABUA NAO APARELHADA *2,5*X1,5*CM, EM MACARANDUBA, ANGEI	1.709,24	49,50	M	0,03%	99,99%	C		MAT	
88039-PROPRIO	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	1.646,29	50,87	H	0,03%	99,99%	C		MO	
88316-PROPRIO	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	1.179,77	50,87	H	0,02%	99,99%	C		MO	
1100151.MAT-TCPO	CAIXA DE ENTRADA DE ENERGIA MODELO K PADRÃO ELETROPAULO EI	1.110,02	1,00	UN	0,02%	99,99%	C		MAT	
2692-SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEI	943,93	126,53	L	0,02%	99,99%	C		MAT	
1100146.MAT-TCPO	MICTÓRIO INDIVIDUAL DE LOUÇA TIPO BACIA TURCA	513,75	1,00	UN	0,01%	99,99%	C		MAT	
1100150.MAT-TCPO	POSTE DE AÇO GALVANIZADO ELETROPAULO/BANDEIRANTES/ELEKTRI	420,59	1,00	UN	0,01%	99,99%	C		MAT	
90586-PROPRIO	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIAMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELE	406,19	347,17	CHP	0,01%	99,99%	C		EQP	
1100148.MOD-TCPO	ELETRICISTA	392,64	24,00	H	0,01%	99,99%	C		MO	
1100149.MOD-TCPO	AJUDANTE DE ELETRICISTA	317,52	24,00	H	0,01%	99,99%	C		MO	
11006.MAT-TCPO	TÁBUA DE CEDRINHO 2,3 X 30 CM	196,72	8,00	M	0,00%	99,99%	C		MAT	
1100152.MAT-TCPO	FIO RÍGIDO 6 MM² ISOLAMENTO EM PVC, 750 V	193,59	27,00	M	0,00%	99,99%	C		MAT	
90587-PROPRIO	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIAMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELE	181,92	378,99	CHI	0,00%	99,99%	C		EQP	
1100141.MAT-TCPO	TUBO PVC SOLDÁVEL Ø 25 MM	154,20	30,00	M	0,00%	99,99%	C		MAT	
110020.MAT-TCPO	PONTELETE DE CEDRO 3A 7,5 X 7,5 CM	147,50	25,00	M	0,00%	99,99%	C		MAT	
11001.MOD-TCPO	CARPINTEIRO	130,88	8,00	H	0,00%	99,99%	C		MO	
1100134.MOD-TCPO	ENCANADOR	130,88	8,00	H	0,00%	99,99%	C		MO	
1100110.MOD-TCPO	PEDREIRO	130,88	8,00	H	0,00%	99,99%	C		MO	
1100145.MAT-TCPO	HIDRÔMETRO MULTUATO PARA MEDIÇÃO EM ENTRADA DE ÁGUA REI	101,52	1,00	UN	0,00%	99,99%	C		MAT	
11002.MOD-TCPO	SERVENTE	99,15	8,12	H	0,00%	100,00%	C		MO	
1100144.MAT-TCPO	TUBO PVC PBV PARA ESGOTO Ø 100 MM	79,80	5,00	M	0,00%	100,00%	C		MAT	
1100132.MOD-TCPO	AJUDANTE DE ENCANADOR	52,92	4,00	H	0,00%	100,00%	C		MO	
4517-PROPRIO	SARRAFO*2,5X7,5*CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAI	38,43	14,13	M	0,00%	100,00%	C		MAT	
1100118.MAT-TCPO	PREGO COM CABEÇA 15 X 15, 34,5 MM X Ø 2,4 MM	22,98	1,00	KG	0,00%	100,00%	C		MAT	
1100138.MAT-TCPO	TIJOLO CERÂMICO COMUM PARA ALVENARIA 6 X 9 X 19 CM	17,70	30,00	UN	0,00%	100,00%	C		MAT	
1100137.MAT-TCPO	ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA DE CIMENTO COLANTE PARA ASSENTAM	5,50	5,00	KG	0,00%	100,00%	C		MAT	
1100142.MAT-TCPO	ADESIVO PARA PVC	3,62	0,05	KG	0,00%	100,00%	C		MAT	
1100143.MAT-TCPO	FITA DE VEDAÇÃO PARA TUBOS E CONEXÕES ROSCÁVEIS, ROLO DE 50	0,10	0,29	M	0,00%	100,00%	C		MAT	
101010-PROPRIO	TRRRAPI FNAQFM F FI INDAÇÃO	0,00	0,00	M²	0,00%	100,00%	C		MAT	

Fonte: Autor (2024)

## 9.4 CUSTO TOTAL

O custo total da obra apresentando detalhadamente custos, quantidades, valor de mão de obra, BDI e preço final de venda está no Apêndice E.

## 10 PLANEJAMENTO

O principal marco para o desenvolvimento do planejamento foi o prazo estabelecido pelo contratante para a execução de cada laje que é de 28 (vinte e oito) dias. Com base nesse período, o cronograma foi elaborado visando à otimização da alocação de recursos, incluindo a definição da quantidade de operários necessária para o cumprimento de cada etapa dentro dos prazos estabelecidos. Esse planejamento tem como objetivo garantir o melhor custo-benefício para a execução da obra.

O início da obra está programado para o dia 13 de janeiro de 2025, com a instalação do canteiro de obras. Para essa finalidade, será utilizada uma edificação já existente no terreno como suporte. Adicionalmente, em conformidade com a Norma Regulamentadora nº 24 (NR-24), será necessária a instalação de 9 (nove) aparelhos sanitários na área de construção, de modo a atender às necessidades dos operários previstos para o local. Onde a montagem das lajes vão ser as etapas de maior ocupação, chegando a aproximadamente 166 pessoas no canteiro de obra.

Após a instalação do canteiro de obras, terá início a fase de fundação, a qual não é objeto deste planejamento e possui uma duração estimada de 2 (dois) meses. A fase de construção da superestrutura está prevista para começar em 11/03/2024, com duração estimada de 35 semanas e conclusão projetada para 06/11/2025.

O planejamento detalhado pode ser consultado no gráfico de Gantt, apresentado no Apêndice F.

### 10.1 CONCRETAGEM DOS PAVIMENTOS

Para a execução da concretagem das lajes, foram considerados cinco caminhões-bomba, cada um com capacidade de vazão de 100 m<sup>3</sup>/h, e cinco equipes de operários. Cada equipe é composta por um pedreiro, um servente, um carpinteiro e os equipamentos necessários para o adensamento e acabamento do concreto, totalizando 15 trabalhadores e seus respectivos equipamentos alocados para as datas de concretagem das lajes.

O cálculo de concretagem foi baseado em uma produção de 5 m<sup>3</sup> a cada 5 minutos, o que equivale à necessidade de concretar 1 m<sup>3</sup> por minuto. Assim, o coeficiente de produtividade



homem-hora adotado foi de 0,0167 hh/m<sup>3</sup>. Este valor foi estabelecido de forma a atender ao prazo de 28 dias para a execução de cada pavimento-tipo, conforme estipulado pelo contratante.

Considerando que o volume médio de concreto para lajes e vigas do pavimento-tipo é de 367,8 m<sup>3</sup> e o tempo estimado para a execução da concretagem segue a meta de 1 m<sup>3</sup>/min. Com uma jornada diária de trabalho de 8,8 horas e uma rentabilidade de 90% na produção, as cinco equipes possuem capacidade de concretar até 475,2 m<sup>3</sup>/dia, sendo a concretagem completa de uma laje, estima-se um tempo de 6,13 horas. No entanto, considerando possíveis imprevistos e a necessidade de ajustes na execução, foi adotado um prazo de 2 dias para a conclusão dessa etapa construtiva, garantindo maior segurança no cronograma.

## **11 RECOMENDAÇÕES CONSTRUTIVAS**

### **11.1 PLACA DE OBRA**

Deverá ser instalada uma Placa de Obra em local de boa visibilidade, pintada e fixada em estrutura de madeira, nas dimensões 4x3m, conforme modelo que será fornecido pela Contratante e outra, nas dimensões 3x2m conforme modelo da contratada.

### **11.2 INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS**

As instalações provisórias de água, esgoto e energia elétrica ficarão a cargo da empresa a executar a obra, obedecendo às disposições técnicas exigidas pela CASAN.

Os sanitários com chuveiros deverão ser dimensionados de forma compatível com o número de funcionários.

Deverão ser construídos alojamentos para vestiários e refeitório, bem como barraco para depósito de materiais e ferramentas, que atendam as necessidades do canteiro de obras. Na conclusão da obra, será entregue a edificação limpa e sem qualquer resíduo das instalações descritas acima.

### **11.3 LOCAÇÃO DA OBRA**

A locação será executada com instrumentos topográficos de acordo com a Planta de Localização da Unidade e Planta de Locação dos pilares em anexo.

A Contratada procederá a aferição das dimensões, alinhamentos, ângulos e quaisquer outras indicações de projeto.

Havendo discrepâncias entre as reais condições existentes no local e os elementos de anteprojeto, a ocorrência será objeto de comunicação, por escrito, à Comissão de Fiscalização, a quem competirá deliberar a respeito. Após a demarcação dos alinhamentos e pontos de nível, a Contratada fará comunicação, por escrito no Diário de Obras, à Comissão de Fiscalização, a qual procederá às verificações e aferições que julgar oportuna. A Locação deverá ser feita por meio de uma régua de longarina, perfeitamente nivelada, tomando como base de referência as indicações na Planta de Localização, Planta Baixa e de Locação.

As paredes e pilares internos serão locados pelos seus eixos e os externos pela face. A régua será colocada, no mínimo, afastada dois (02) metros das fundações e alvenarias, permanecendo até a conclusão da execução das fundações.

#### 11.4 SUPERESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

O concreto utilizado deverá ter resistência característica 45 MPa, observando as seguintes normas: NBR 6118:2023: Projeto e execução de obras de concreto armado; NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Os materiais recomendados para serem empregados na obra devem obedecer às especificações brasileiras da ABNT vigentes, tais como: NBR 5732:91 Cimento comum; NBR 7480:2024 Aço destinados à armadura de peças de concreto armado; NBR 7211:2022 Agregados para concreto - Requisitos; NBR 12655:2022 Concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Os materiais e as técnicas de execução abaixo relacionadas deverão atender as seguintes características:

a) Aditivos: podem ser empregados aditivos a fim de melhorar algumas características do concreto como, por exemplo, a plasticidade, a homogeneidade, o peso específico, a impermeabilidade e tempo de cura;

b) Água da mistura: a água considerada satisfatória para os fins aqui previstos será potável, limpa, isenta de ácidos, óleos, álcalis, sais, siltes, açúcares e materiais orgânicos e outras substâncias agressivas ao concreto e que possam ocasionar alterações na pega do cimento;

c) Areia: deverá ser natural e quartzoza, de grãos angulosos e ásperos ao tato, não contendo quantidades nocivas de impurezas orgânicas ou terrosas, se for julgado necessário, a fiscalização exigirá que seja lavada. O armazenamento no canteiro de obras obedecerá a sua classificação granulométrica;

d) Arame recozido: será empregado o fio de aço recozido preto n.º 16 ou 18 AWG para amarração da armadura do concreto armado;

e) Barras e fios de aço: serão do tipo CA-50 e CA-60, conforme especificações em planta. Não deverão apresentar excesso de ferrugem, manchas de óleo, argamassa aderida ou qualquer outra substância que prejudique sua perfeita aderência ao concreto;

f) Cimento comum: deverá ser de fabricação recente, de marca reconhecida no mercado como de boa qualidade, só sendo aceito na obra em sua embalagem original intacta, sem apresentar indícios de irregularidade. Não deverá ser usado cimento proveniente da limpeza de sacos ou embalagens. Deverá ser tomada precaução para proteger o cimento de deterioração e contaminação. Os sacos deverão ser armazenados em local bem seco, protegidos de forma a permitir fácil acesso à inspeção e identificação de cada embarque. As pilhas deverão ser colocadas sobre um estrado de madeira e não deverão conter mais de dez sacos;

g) Madeira: será empregado pinho ou madeira de lei adequada às fôrmas e escoramento, sem nós ou fendas que comprometem sua resistência e com superfície adequada a deixar o concreto com aparência desejada;

h) Brita: será proveniente de rochas sãs, insolúveis e sem traços de decomposição. A granulometria estará dentro das classificações necessárias para executar os vários tipos de concreto, respeitadas as prescrições da NBR 7211. O agregado deverá estar livre de substâncias estranhas como terra e madeira, deverão estar separados entre si, quando em estoque, conforme sua granulometria;

i) Fôrmas e escoramento: serão executadas de acordo com as plantas. As dimensões deverão ser verificadas para que se tenha certeza de que elas correspondem as peças que deverão moldar. Nas extremidades inferiores dos pilares serão deixadas aberturas para a limpeza. As fôrmas deverão ser executadas de modo a oferecer resistência ao peso próprio do concreto que nelas será lançado e às sobrecargas durante o período de construção;

j) Preparo do concreto: preferencialmente deverá ser utilizado concreto usinado. Quando executado na obra o amassamento deverá ser contínuo e durar no mínimo um minuto depois que todos os componentes estejam na betoneira. Os agregados serão medidos em caixas de dimensão pré-estabelecidas, lançadas na betoneira e misturadas a seco, em último lugar será adicionado o cimento. Somente então será lançada a água na proporção adequada. O traço deverá ser dosado para o fck especificado;

k) Armadura: serão executadas por mão de obra especializada, ocupando exatamente as posições indicadas nas plantas. As amarras serão feitas com arame recozido 16 ou 18 AWG. Para garantir o cobrimento previsto em norma deverão ser colocados distanciadores de concreto ou plástico, disponíveis no comércio. O uso destes distanciadores é obrigatório para garantir o especificado no anteprojeto estrutural e as prescrições de norma;

l) Lançamento do concreto: em camadas horizontais, com rapidez, sendo as diversas camadas comprimidas e vibradas mecanicamente. Antes de lançar o concreto, as fôrmas serão varridas e limpas de matéria orgânica que possa prejudicar o concreto. Durante o lançamento, cuidar para não deformar a armadura. Não será permitido o lançamento do concreto a altura superior a 2,00m. Para evitar segregação em quedas livres maiores que a mencionada, deve-se utilizar calhas apropriadas ou outros dispositivos de lançamento;

m) Cura: durante o período de cura o concreto deverá ser molhado, especialmente nas primeiras horas e primeiro dia seguinte;

n) Cobrimentos: todos os elementos estruturais internos ou externos deverão ser revestidos com concreto de recobrimento de espessura mínima 4 cm para vigas e pilares e 3,5 cm para lajes;

o) Adensamento: será cuidadoso de forma que o concreto ocupe todos os espaços da forma. Serão adotadas precauções para evitar a vibração da armadura, de modo a não formar vazios ao seu redor, nem dificultar a aderência com o concreto. Os vibradores de imersão não deverão ser deslocados horizontalmente. A vibração será apenas o suficiente para que apareçam bolhas de ar e uma fina película de água na superfície do concreto;

p) Retirada de fôrmas: fazer sem choques e de forma cuidadosa. O prazo mínimo é de três dias para as laterais de pilares e vigas, 14 dias para as faces inferiores das vigas, deixando-se em todos os casos escoras suficientemente espaçadas, e vinte e oito dias para o descimbramento total. Poderá ser diferente caso utilizado cimento de alta resistência inicial, ou aditivos, situação em que a Empresa executora deverá apresentar seu plano à Fiscalização.

#### 11.4.1 PILARES

Os pilares estarão locados serão nas posições indicadas em planta, com armadura longitudinal e estribos conforme indicado no anteprojeto específico. As armaduras dos pilares nascem nas vigas de fundação, junto da face superior da concretagem das estacas. As emendas de barras de armadura longitudinal deverão ter transpasse de acordo com a norma da ABNT. A

concretagem dos pilares (45 MPa) será feita a medida em que os painéis de alvenaria forem erguidos, de forma a dar amarração entre este e as paredes.

Fôrmas: As fôrmas serão em peças de compensado resinado espessura 12mm. Toda madeira deve ser protegida contra exposição direta à chuva e ao sol, para não empenar.

Armadura: Limpar convenientemente as barras de aço, antes do dobramento, removendo qualquer substância prejudicial à aderência com o concreto. Remover também as crostas de ferrugem. Para os pilares serão utilizadas armaduras e cobrimento segundo as especificações das plantas de detalhes dos pilares

Concreto: Será usado, para as peças estruturais de concreto, o  $f_{ck} = 45,0$  MPa especificados no anteprojeto.

#### 11.4.2 VIGAS

O concreto de vigas será com  $f_{ck} 45$  MPa, as vigas de fundação serão em concreto armado, de dimensão conforme anteprojeto estrutural. As de entrepiso sustentarão a laje de piso do pavimento térreo e superior, e serão apoiadas entre si e nos pilares. Deverão ser deixadas esperas para amarração das tesouras da cobertura com ferros CA 60 6,3mm posicionadas conforme projeto de instalação das tesouras do telhado.

Fôrmas: As fôrmas serão em peças de compensado resinado espessura 12mm. Toda madeira utilizada no cimbramento e para fôrma da laje deve ser protegida contra exposição direta à chuva e ao sol, para não empenar. As escoras utilizadas deverão ser metálicas, desde que compatíveis com seus comprimentos e de prumos em perfeito estado. As escoras das fôrmas devem ser feitas visando garantir a geometria das peças e a segurança da estrutura quando de sua cura. A retirada deve ser feita respeitando as notas do anteprojeto e normas específicas.

Armadura: As barras de aço não devem ser dobradas, nem durante o transporte, nem para o armazenamento. Limpar convenientemente as barras de aço, antes do dobramento, removendo qualquer substância prejudicial à aderência com o concreto. Remover também as crostas de ferrugem. Na execução das armaduras, obedecer rigorosamente ao anteprojeto. Para as vigas, obedecer aos corrimentos das armaduras especificados no anteprojeto.

Concreto: Será usado, para as peças estruturais de concreto, o  $f_{ck} = 45,0$  MPa especificado no anteprojeto. Os procedimentos de lançamento, adensamento e cura do concreto devem obedecer à Norma específica. O adensamento do concreto com vibrador deve ser feito de forma contínua e energicamente, cuidando para que o concreto preencha todos os recantos

da fôrma para não formar ninhos e evitar segregação dos agregados por uma vibração prolongada demais. Evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízo da aderência.

#### 11.4.3 LAJES

Serão executadas lajes maciças e nervuradas com cubetas de plástico.

Formas: Toda madeira utilizada no cimbramento e para forma da laje deve ser protegida contra exposição direta à chuva e ao sol, para não empenar. As escoras utilizadas deverão ser metálicas, desde que compatíveis com seus comprimentos e de prumos em perfeito estado. As escoras das fôrmas devem ser feitas visando garantir a geometria das peças e a segurança da estrutura quando de sua cura. A retirada deve ser feita respeitando as notas do anteprojeto e com permissão do profissional responsável no canteiro de obra.

Armadura: Limpar convenientemente as barras de aço, antes do dobramento, removendo qualquer substância prejudicial à aderência com o concreto. Remover também as crostas de ferrugem. Na execução das armaduras, obedecer rigorosamente ao anteprojeto. Para a laje, respeitar o cobrimento mínimo, estipulado no anteprojeto.

AV  
ENGENHARIA

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118:2023**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6120:2019**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211:2022**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215:2019** Resistência a compressão do Cimento Portland. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8681:2003** Ações e Segurança nas Estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6123:2023**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7480:2024**: Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15696:2009** Fôrmas e escoramentos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8224:2012** Fluência e retração em estruturas de concreto – Determinação dos coeficientes de fluência e de retração. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1983.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7678:1983** Segurança na execução de obras e serviços de construção. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12655:2022** – Concreto de cimento Portland: preparo, controle, recebimento e aceitação: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

**ALTOQI**. Eberick. Versão 2024-09. Florianópolis: AltoQI, 2024. Disponível em: <https://www.altoqi.com.br/eberick>. Acesso em: 04 de maio de 2024.

**Antuniazzi, Cássio Henrique Maranhão**. Comparativo de modelos de previsão da fluência do concreto apresentados na NBR 6118 (2014) e no ACI 209-R (2008). 2015. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

BRASIL. **Tribunal de Contas da União**. *Obras públicas: recomendações básicas para contratação e fiscalização de obras e edificações públicas*. 3. ed. Brasília: TCU, Secretaria de Fiscalização de Obras e Patrimônio, 2019. Disponível em: [https://portal.tcu.gov.br/data/files/F2/A0/D3/B7/B3DEF610F5680BF6F18818A8/Obras\\_publicas\\_recomendacoes\\_basicas\\_contratacao\\_fiscalizacao\\_obras\\_edificacoes\\_publicas\\_3\\_edicao.PDF](https://portal.tcu.gov.br/data/files/F2/A0/D3/B7/B3DEF610F5680BF6F18818A8/Obras_publicas_recomendacoes_basicas_contratacao_fiscalizacao_obras_edificacoes_publicas_3_edicao.PDF). Acesso em: 19 outubro de 2024.

**CBMSC** – Corpo de Bombeiro Militar do Estado de Santa Catarina. 009/2018 – SE. Requisitos mínimos de segurança contra incêndio em edificações. Florianópolis: CBMSC, 2018. Disponível em: [https://portal.cbm.sc.gov.br/images/PDF/IN\\_009\\_-\\_SE\\_09julho2018.pdf](https://portal.cbm.sc.gov.br/images/PDF/IN_009_-_SE_09julho2018.pdf). Acesso em: 4 de maio de 2024.

CGT Eletrosul. **Casa eficiente: Ambiente acadêmico e caracterização climática de Florianópolis**. Disponível em: <https://www.cgteletrosul.com.br/ampnbspcasa-eficienteambiente-academico-caracterizacao-climatica-de-florianopolis-geral>. Acesso em: 14 de setembro de 2024.



**APÊNDICE A**



ESTUDO DE LAJES

**AV**  
**ENGENHARIA**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>61</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>62</b>
<b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>2 LAJES MACIÇAS.....</b>	<b>65</b>
2.1 DEFINIÇÃO.....	65
2.2 ANÁLISE DE VÃOS .....	65
2.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO ACÚSTICO .....	65
2.4 ANÁLISE ECONÔMICA .....	66
2.5 ANÁLISE DE INCÊNDIO.....	67
<b>3 LAJES NERVURADAS.....</b>	<b>67</b>
3.1 DEFINIÇÃO.....	67
3.2 ANÁLISE DE VÃOS .....	68
3.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO ACÚSTICO .....	68
3.4 ANÁLISE ECONÔMICA .....	68
3.5 ANÁLISE DE INCÊNDIO .....	70
3.6 TIPOS DE LAJES NERVURADAS .....	70
3.6.1 <i>Poliestireno Expandido (EPS)</i> .....	70
3.6.2 <i>TIJOLO CERÂMICO</i> .....	71
3.6.3 <i>CUBETAS</i> .....	73
<b>4 LAJES PRÉ-MOLDADAS .....</b>	<b>74</b>
4.1 DEFINIÇÃO.....	74
4.2 ANÁLISE DE VÃOS .....	75
4.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO ACÚSTICO .....	76
4.4 ANÁLISE ECONÔMICA.....	76
4.5 ANÁLISE DE INCÊNDIO .....	76
4.6 TIPOS DE LAJES PRÉ-MOLDADAS.....	76
	59

4.6.1	<i>VIGOTA TIPO TRILHO COM BLOCO CERÂMICO OU EPS</i> .....	77
4.6.2	<i>VIGOTA TRELIÇADA COM CERÂMICA OU EPS UNIDIRECIONAL. (1D)</i> .....	78
4.6.3	<i>VIGOTA TRELIÇADA COM EPS BIDIRECIONAL (2D)</i> .....	80
4.6.4	<i>PAINEL TRELIÇADO COM ENCHIMENTO EM EPS UNI E BIDIRECIONAL (1D/2D)</i>	81
4.6.5	<i>PAINEL TRELIÇADO MACIÇO UNI E BIDIRECIONAL (1D/2D)</i> .....	82
4.6.6	<i>VIGOTA PROTENDIDA COM BLOCO CERÂMICO OU EPS</i> .....	83
4.7	LAJES PROTENDIDAS .....	85
4.7.1	DEFINIÇÃO .....	85
4.7.2	MACIÇA PROTENDIDA.....	85
4.7.3	NERVURADA PROTENDIDA.....	86
4.7.4	ALVEOLAR.....	87
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>88</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>90</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema arranjo estrutural laje maciça .....	65
Figura 2 - Composição de custo formas de laje maciça .....	66
Figura 3 - Composição de custo concretagem de laje maciça .....	67
Figura 4 - Composição de custo de armação de laje maciça .....	67
Figura 5 - Esquema arranjo estrutural laje nervurada.....	68
Figura 6 - Composição de custo formas de lajes nervuradas. ....	69
Figura 7 - Composição de custo concretagem de lajes nervuradas .....	69
Figura 8 - Composição de custo de armação de laje nervurada .....	70
Figura 9 - Laje Nervurada em EPS vista de baixo .....	70
Figura 10 - Laje Nervurada em EPS vista de cima .....	71
Figura 11 - Painel de entrada de informações laje nervurada em EPS.....	71
Figura 12 - Execução de laje nervurada com preenchimento em tijolos.....	72
Figura 13 - Laje nervurada com preenchimento em tijolos.....	72
Figura 14 - Painel de entrada de informações laje nervurada com preenchimento em tijolos	72
Figura 15 - Laje nervurada com cubetas vista de baixo .....	73
Figura 16 - Execução de laje nervurada com cubetas vista de cima .....	73
Figura 17 - Painel de entrada de informações da laje nervurada com cubetas.....	74
Figura 18 - Tipos de vigotas .....	75
Figura 19 - Custo de laje pré-moldada unidirecional .....	76
Figura 20 - Vigotas de concreto armado .....	77
Figura 21 - Sistema vigotas de concreto armado mais bloco cerâmico .....	77
Figura 22 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com vigotas em concreto armado .....	78
Figura 23 - Elementos das vigotas treliçadas .....	79
Figura 24 - Montagem da laje treliçada.....	79
Figura 25 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com vigotas treliçadas....	79
Figura 26 - Esquema de laje nervurada bidirecional .....	80
Figura 27 - Laje nervurada bidirecional em EPS .....	80
Figura 28 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com vigotas treliçadas bi direcional em EPS .....	81
Figura 29 - Painel Nervurado .....	81
Figura 30 - Painel Nervurado com preenchimento em EPS.....	82

Figura 31 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com painéis treliçados em EPS .....	82
Figura 32 - Painel Nervurado maciço.....	83
Figura 33 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com painéis treliçados maciço .....	83
Figura 34 - Vigotas protendidas .....	84
Figura 35 - Esquema de montagem da laje de vigota protendida.....	84
Figura 36 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com vigotas pré-moldadas no software .....	84
Figura 37 - Esquema arranjo estrutural laje protendida .....	85
Figura 38 - Comparativo entre lajes protendidas e nervuradas .....	86
Figura 39 - Arranjo das cordoalhas em laje protendida nervurada.....	87
Figura 40 - Esquema de laje alveolar .....	88

#### **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Classificação do edifício .....	64
Tabela 2 – Definir TRRF, em minuto, com base na classificação .....	64


  
**AV**
  
**ENGENHARIA**

## 1 APRESENTAÇÃO

Neste apêndice serão revisados os tipos de lajes de concreto armado mais utilizados no Brasil e que se encontram presentes nas opções de lajes do software Eberick na versão de 2024. A nomenclatura desse elemento estrutural pode ser confusa quando comparada aos termos técnicos e aos termos usados no mercado. Assim, as nomenclaturas das lajes estruturais foram designadas conforme descritas pelo software, sendo apresentadas descrições e figuras para a interpretação dos 17 tipos de lajes.

O objetivo desta revisão é efetuar uma comparação e selecionar a laje mais adequada para o projeto específico. Para essa escolha, serão considerados o custo de cada laje, suas aplicações (vãos que podem atingir), o desempenho acústico e seus comportamentos quando submetidas a incêndio.

Os custos das lajes foram pesquisados utilizando fontes de informação do mercado da construção, como o SINAPI, cotações de fornecedores e prestadores de serviços de proteção, bem como pesquisas acadêmicas de comparação de preços entre lajes. As aplicações das lajes foram essencialmente adquiridas por meio de dissertações acadêmicas que comparam o custo versus o vão que cada laje pode atingir.

O desempenho acústico de cada tipo de laje foi avaliado com base em artigos e estudos de conforto auditivo, sempre comparados com índices de saúde humana estabelecidos pela OMS e pela NBR 15575-3:2021, que define o nível de desempenho mínimo de até 80 dB para sistemas de piso que separam unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos.

O desempenho em caso de incêndio foi abordado seguindo a ABNT NBR 14432:2001, onde o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) é definido como o tempo necessário para que um dado elemento estrutural, ou de compartimentação, suporte a condição de incêndio sem perda de resistência. A resistência estrutural durante uma situação de incêndio é definida pela capacidade de não perder a estanqueidade (principalmente devido aos gases nocivos à saúde humana), isolamento (principalmente o isolamento térmico) e a capacidade de manter a adequabilidade estrutural.

O edifício em estudo, de acordo com a Tabela 1, foi classificado como D-1, pois é uma edificação comercial onde serão instalados escritórios. Ao analisar a Tabela 2, é possível determinar o TRRF, o qual é de 90 minutos para altura de 26,90 m.

Tabela 1- Classificação do edifício

Grupo	Ocupação	Divisão	Descrição	Exemplos
D	Serviços profissionais pessoais e técnicos	D-1	Locais para prestação de serviços profissionais ou condução de negócios	Escritórios administrativos ou técnicos, consultórios, instituições financeiras (que não estejam incluídas em D-2), repartições públicas, cabeleireiros, laboratórios de análises clínicas sem internação, centro profissionais e outros
		D-2	Agências bancárias	Agências bancárias e assemelhados
		D-3	Serviços de reparação (exceto os classificados em G e i)	Lavanderias, assistência técnica, reparação e manutenção de aparelhos eletrodomésticos, chaveiros, pintura de letreiros e outros.

Fonte: ABNT NBR 14432:2001

Tabela 2 – Definir TRRF, em minuto, com base na classificação

Grupo	Ocupação	Divisão	Altura da edificação				
			Classe P1 $h \leq 6$ m	Classe P2 $6$ m < $h \leq 12$ m	Classe P3 $12$ m < $h \leq 23$ m	Classe P4 $23$ m < $h \leq 30$ m	Classe P5 $h > 30$ m
D	Serviços profissionais pessoais e técnicos	D-1 a D-3	30	60 (30)	60	90	120

Fonte: ABNT NBR 14432:2001

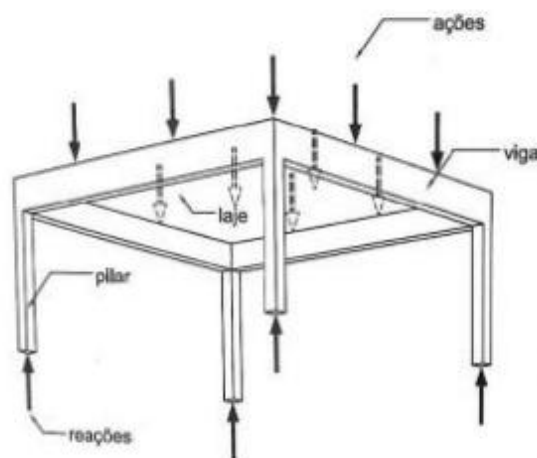
Como o valor do TRRF obtido não considera o tipo de laje utilizado, mas apenas a ocupação e altura do edifício, é possível definir requisitos mínimos de espessura definidos pela norma ABNT NBR 15200:2012. As espessuras de cada laje estarão presentes em seus respectivos itens.

## 2 LAJES MACIÇAS

### 2.1 DEFINIÇÃO

Lajes maciças são elementos estruturais que, conforme destacado por Carvalho (2009), distribuem as cargas geradas para as extremidades que estão ligadas às vigas de contorno. O esquema do arranjo estrutural é representado na Figura 1.

Figura 1 - Esquema arranjo estrutural laje maciça



Fonte: Kripka (2011)

### 2.2 ANÁLISE DE VÃOS

No estudo comparativo de lajes realizado por Silva (2010), as lajes maciças são recomendadas para vãos de até 5 m. Spohr (2008) menciona que a implementação deste modelo construtivo é facilitada devido à mão de obra já possuir conhecimento desta técnica, propiciando possíveis reduções de custo. Os componentes que constituem a laje maciça convencional incluem as lajes, vigas e pilares.

### 2.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO ACÚSTICO

Nos estudos de desempenho acústico das lajes maciças, ensaiadas sem elementos de revestimento, Silvano (2016) encontrou um resultado de 79,26 dB, que não foi o melhor desempenho em seu estudo. Já Pereyron (2008) indicou um valor de 60 dB para esse tipo de laje, que foi o melhor resultado em seus estudos. Segundo a OMS (2022), em uma conversa comum, o nível de ruído pode atingir aproximadamente 60 dB, enquanto os ruídos gerados pelo tráfego urbano costumam girar em torno de 80 dB com buzinas mais ruidosas alcançando até



100 dB. Ambos os estudos indicam que as lajes estão dentro dos limites estabelecidos pela NBR 15575-3:2021, que considera  $L'nT,w \leq 80$  dB para sistemas de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos.

## 2.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Foi realizada uma análise econômica preliminar pelo SINAP, de fevereiro de 2024 utilizando composições analíticas e desoneradas. O custo por metro quadrado de uma laje maciça com 10 cm de espessura é de R\$ 195,04/m<sup>2</sup>. A composição inclui montagem e desmontagem com forma de assoalho em madeira compensada resinada, com pé direito simples e até 8 utilizações, com custo de R\$ 42,78/m<sup>2</sup> e código de referência 92522, conforme demonstrado na Figura 2.

Outra composição considerada foi para a concretagem de vigas e lajes com  $f_{ck}=25$  MPa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba, incluindo lançamento, adensamento e acabamento, resultando em um custo de R\$ 649,01/m<sup>3</sup>. O código de referência para esta composição é 103675, como ilustrado na Figura 3.

Por último, a armação de pilares ou vigas em estrutura convencional de concreto armado, utilizando aço CA-50 de 10,0 mm, tem um custo de R\$ 10,92 por quilo de aço. O código de referência para esta composição é 92762, conforme demonstrado na Figura 4, baseando-se na informação de que são utilizados 80 kg de ferro estrutural por metro cúbico de concreto (Sitengenharia).

Figura 2 - Composição de custo formas de laje maciça

92522	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHA	M2			
	PA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF 09/2020				
I	2692 DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM L	CR	0,0100000	7,02	0,07
	AGUA				
I	10749 LOCACAO DE ESCORA METALICA TELESCOPICA, COM ALTURA REGULAVEL DE *1,80* A * UNXMES	CR	0,3970000	25,73	10,21
	3,20* M, COM CAPACIDADE DE CARGA DE NO MINIMO 1000 KGF (10 KN), INCLUSO TR				
	IPE E FORCADO				
I	40270 VIGA DE ESCORAMENTO H20, DE MADEIRA, PESO DE 5,00 A 5,20 KG/M, COM EXTREM M	AS	0,0380000	126,05	4,78
	IDADES PLASTICAS				
C	88239 AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0990000	21,62	2,14
C	88262 CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,5430000	27,02	14,67
C	92267 FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E M2	AS	0,1950000	55,98	10,91
	= 17 MM. AF 09/2020				
	EQUIPAMENTO	:	10,23	23,9334270	%
	MATERIAL	:	18,12	42,3347400	%
	MAO DE OBRA	:	14,43	33,7318330	%
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:	42,78	100,0000000	% - ORIGEM DE PREÇO: AS

Fonte: (Caixa, 2024)

Figura 3 - Composição de custo concretagem de laje maciça

103675	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCM=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	M3				
1527	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, COM BOMBEAMENTO (DISPONIBILIZACAO DE BOMBA), SEM O LANCAMENTO (NBR 8953)	M3	CR	1,1030000	551,36	608,15
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,1250000	30,50	3,81
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,7530000	30,87	23,24
88316	SERVENITE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,8260000	22,66	18,71
90586	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO P CHP OTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	AS	AS	0,1200000	1,19	0,14
90587	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO P CHI OTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015	AS	AS	0,1310000	0,49	0,06
	EQUIPAMENTO	:		0,14	0,0214073	%
	MATERIAL	:		615,05	94,0273405	%
	MAO DE OBRA	:		38,88	5,9451359	%
	OUTROS	:		0,04	0,0061163	%
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:		654,11	100,0000000	% - ORIGEM DE PREÇO: AS

Fonte: (Caixa, 2024)

Figura 4 - Composição de custo de armação de laje maciça

92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG				
39017	ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA V UN ERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	CR	0,5430000	0,20	0,10
43132	ARAME RECOZIDO 16 SWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 SWG, D = 1,25 MM (0,011 KG/M)	KG	CR	0,0250000	27,45	0,68
88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	0,0064000	21,70	0,13
88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	0,0392000	27,11	1,06
92803	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_06/2022	KG	CR	1,0000000	8,95	8,95
	MATERIAL	:		9,70	88,7557604	%
	MAO DE OBRA	:		1,22	11,2442396	%
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:		10,92	100,0000000	% - ORIGEM DE PREÇO: CR

Fonte: (Caixa, 2024)

## 2.5 ANÁLISE DE INCÊNDIO

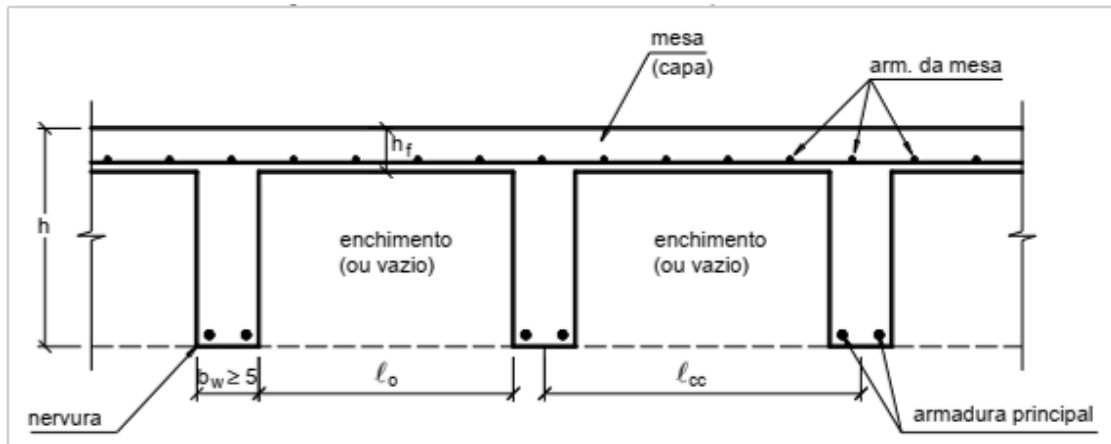
Com TRRF definido de 90 minutos, conforme a norma ABNT NBR 15200:2012, a espessura mínima da laje para o vão de projeto, o qual é de 14,70 m, é especificada: a) para lajes simplesmente apoiadas, a espessura mínima é de 10 cm com um cobrimento de 2 cm; b) para lajes contínuas, a espessura mínima é de 10 cm com um cobrimento de 1,5 cm; e c) para lajes lisas ou cogumelo, a espessura mínima é de 20 cm com um cobrimento de 2,5 cm. Essas espessuras devem estar em conformidade com a NBR 6118, sendo adotado o valor máximo estabelecido.

## 3 LAJES NERVURADAS

### 3.1 DEFINIÇÃO

De acordo com a NBR 6118:2023, essas lajes são caracterizadas pela presença de nervuras, as quais proporcionam uma zona de tração reforçada e possibilitam a inserção de material inerte podendo ser enchimento ou vazios. A Figura 5 demonstra o esquema de montagem desse tipo de laje.

Figura 5 - Esquema arranjo estrutural laje nervurada



Fonte: (Bastos, 2021)

### 3.2 ANÁLISE DE VÃOS

As lajes nervuradas foram estudadas por Silva (2010) que destacou sua eficácia em vencer vãos variando de 6 a 12 metros como simplesmente apoiadas. Esse desempenho notável é resultado direto da distribuição inteligente de cargas pelas nervuras, o que reduz a necessidade de suportes adicionais e, conseqüentemente, os custos com formas.

### 3.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO ACÚSTICO

Segundo Pereyron (2008), o desempenho acústico das lajes nervuradas, ensaiadas sem revestimento adicional, é de 62 dB. Silvano (2016) obteve resultados de 75,64 dB considerando as regiões de capitéis e 77,68 dB desconsiderando-as, sendo este tipo de laje o de melhor desempenho segundo esse autor. A OMS (2022) indica que exposição a ruídos de 75 dB pode resultar em danos auditivos graves após longos períodos de exposição. Ambos os estudos confirmam que as lajes estão dentro dos limites estabelecidos pela NBR 15575-3:2021.

### 3.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Fazendo uma análise econômica prévia pelo SINAP de fevereiro de 2024, com composição analítica e desonerada, o custo da metragem quadrada de uma laje nervurada com cubetas de 10 cm é de R\$ 225,97/m<sup>2</sup>. Considerando a composição de montagem e desmontagem de forma de laje nervurada com cubeta e assoalho, pé-direito simples em chapa de madeira compensada resinada e com até 8 utilizações, o custo é de R\$ 73,71/m<sup>2</sup>. O código de referência é 92490, conforme demonstrado pela Figura 6.

Outra composição refere-se à concretagem de vigas e lajes com fck=25 Mpa. Para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba-lançamento, adensamento e acabamento o custo é de R\$ 649,01/m³ (código de referência 103675), Figura 7.

Na última composição, considerando que são utilizados 80 kg de ferro estrutural por m³ de concreto (Sitengenharia), a armação de pilar ou viga de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 10,0 mm tem custo de R\$ 10,92/kg (código de referência 92762), Figura 8.

Figura 6 - Composição de custo formas de lajes nervuradas.

92490	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, P E-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES.	M2				
	AF_09/2020					
2692	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM L AGUA	CR	0,0080000	7,02	0,05	
10749	LOCAÇÃO DE ESCORA METALICA TELESCOPICA, COM ALTURA REGULAVEL DE *1,80* A * UNXMES 3,20* M, COM CAPACIDADE DE CARGA DE NO MINIMO 1000 KGF (10 KN), INCLUSO TR IPE E FORCADO	CR	0,3970000	25,73	10,21	
40270	VIGA DE ESCORAMENTO H20, DE MADEIRA, PESO DE 5,00 A 5,20 KG/M, COM EXTREM M IDADES PLASTICAS	AS	0,0380000	126,05	4,78	
40290	LOCAÇÃO DE FORMA PLASTICA PARA LAJE NERVURADA, DIMENSOES *60* X *60* X *16 UNXMES * CM	CR	1,0300000	13,92	14,33	
88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	0,2020000	21,62	4,36
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	1,1010000	27,02	28,74
92267	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E M2 = 17 MM. AF_09/2020	AS	0,1830000	55,98	10,24	
	EQUIPAMENTO	:	24,57	33,3423913 %		
	MATERIAL	:	20,01	27,1603260 %		
	MAO DE OBRA	:	29,13	39,4972827 %		
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:	73,71	100,0000000 %	- ORIGEM DE PREÇO: AS	

Fonte: (Caixa,2024)

Figura 7 - Composição de custo concretagem de lajes nervuradas

103675	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	M3				
1927	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, COM BOMBEAMENTO (DISPONIBILIZACAO DE BOMBA), SEM O LANCAM ENTO (NBR 8953)	M3	CR	1,1030000	551,36	608,15
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,1250000	30,50	3,81
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,7530000	30,87	23,24
88316	SERVELENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,8260000	22,66	18,71
90586	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO P CHP OTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	AS	0,1200000	1,19	0,14	
90587	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO P CHI OTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015	AS	0,1910000	0,49	0,06	
	EQUIPAMENTO	:	0,14	0,0214073 %		
	MATERIAL	:	615,05	94,0278405 %		
	MAO DE OBRA	:	38,88	5,9451359 %		
	OUTROS	:	0,04	0,0061163 %		
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:	654,11	100,0000000 %	- ORIGEM DE PREÇO: AS	

Fonte: (Caixa, 2024)

Figura 8 - Composição de custo de armação de laje nervurada

92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTIL	KG			
	IZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022				
39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PARA V UN	CR	0,5430000	0,20	0,10
	ERGA LHO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM				
43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,012 KG/M)	CR	0,0250000	27,45	0,68
98238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0064000	21,70	0,13
98245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0392000	27,11	1,06
92803	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_06/2022	KG	1,0000000	8,95	8,95
	MATERIAL	:	9,70	88,7557604	%
	MÃO DE OBRA	:	1,22	11,2442396	%
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:	10,92	100,0000000	% - ORIGEM DE PREÇO: CR

Fonte: (Caixa, 2024)

### 3.5 ANÁLISE DE INCÊNDIO

Para TRRF de 90 minutos, a ABNT NBR 15200:2012 define que para lajes nervuradas simplesmente apoiadas e lajes nervuradas contínuas em pelo menos uma das bordas, com o vão de projeto da laje em estudo, a espessura mínima é de 10 cm e cobrimento é de 1,5 cm para a capa. Tais espessuras também devem respeitar a NBR 6118, portanto adota-se o maior valor.

### 3.6 TIPOS DE LAJES NERVURADAS

Para a execução de cálculo das lajes nervuradas o software Eberick disponibiliza em sua biblioteca 3 tipos de materiais para o preenchimento do material inerte.

#### 3.6.1 Poliestireno Expandido (EPS)

As lajes nervuradas, com o uso de preenchimento em (EPS), visam reduzir o volume de concreto e proporcionar eficiência termoacústica (Mello, 2018). Este modelo de laje é ilustrado pelas Figuras 9 e 10 o painel de entrada de informações dos fornecedores no modelo de cálculo do Eberick está representado pela janela da Figura 11.

Figura 9 - Laje Nervurada em EPS vista de baixo



Fonte: Termovale (2024)

Figura 10 - Laje Nervurada em EPS vista de cima



Fonte: Isofort (2024)

Figura 11 - Painel de entrada de informações laje nervurada em EPS

A screenshot of the 'Laje' (Slab) input panel in the Eberick software. The panel is titled 'Laje' and contains several sections for configuration. The 'Nome' field is 'L1' and the 'Tipo' is 'Nervurada'. The 'Ambiente' is 'Externo'. Under 'Cargas', 'Grupo' is 'Nenhum', 'Acidental' is '0 kgf/m²', 'Extra' is '0 kgf/m²', and 'Temperatura e retração' is '0 °C'. The 'Vigota protendida' section shows 'Tipo' as 'Vigota protendida com bloco cerâmico' and 'Arranjo' as 'Simples'. The 'Enchimento' section shows 'Tipo' as 'EPS Painel' and 'Dimensão' as 'B8/40/40'. The 'Seção' section shows 'Espessura' as '12 cm' and 'Elevação' as '0 cm'. Below this, there are input fields for 'ec' (4 cm), 'ee' (8 cm), 'erx' (8 cm), and 'eny' (8 cm). A diagram shows a cross-section of the slab with these dimensions labeled. The diagram includes a top view showing a grid of reinforcement bars with dimensions 'enx' and 'eny', and a side view showing the slab thickness 'ec' and the height of the reinforcement 'ee'. At the bottom, there are buttons for 'OK', 'Cancelar', 'Desenho...', and 'Ajuda'.

Fonte: Eberick (2024)

### 3.6.2 TIJOLO CERÂMICO

As lajes nervradas com preenchimento em tijolo cerâmico têm como principal finalidade a redução do volume de concreto (Maria, 2021). Este modelo específico de laje é ilustrado pelas Figuras 12 e 13, sendo que o painel de entrada de dados dos fornecedores integrado ao cálculo do software Eberick é representado na Figura 14.

Figura 12 - Execução de laje nervurada com preenchimento em tijolos



Fonte: Maria(2024)

Figura 13 - Laje nervurada com preenchimento em tijolos



Fonte: Maria(2024)

Figura 14 - Painel de entrada de informações laje nervurada com preenchimento em tijolos

Laje

Nome L1 Tipo Nervurada Grelha...

Ambiente Externo

Cargas

Grupo Nenhum

Acidental 0 kgf/m<sup>2</sup> Revestimento 0 kgf/m<sup>2</sup>

Extra 0 kgf/m<sup>2</sup> Editar... Remover

Temperatura e retração 0 °C Editar... Remover

Vigota protendida

Tipo Vigota protendida com bloco cerâmico

Arranjo Simples Altura

Enchimento

Tipo Tijolo cerâmico

Dimensão B9/19/19

Seção

Espessura 13 cm Elevação 0 cm

ec 4 cm

ee 9 cm

enx 8 cm

eny 8 cm

OK Cancelar Desenho... Ajuda

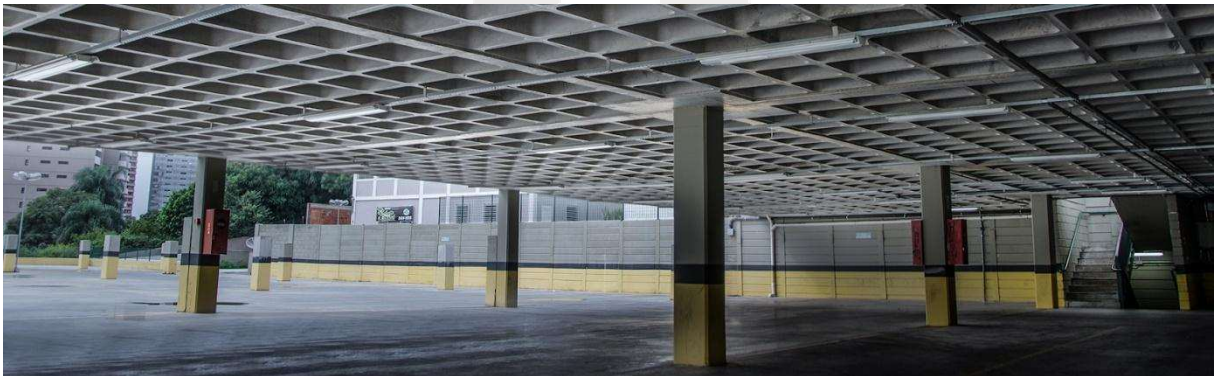
Fonte: Eberick (2024)

### 3.6.3 CUBETAS

As lajes nervuradas com a aplicação de formas plásticas, denominadas cubetas, são as mais empregadas para esse tipo de laje, sendo leves, econômicas e possibilitando a reutilização das formas em outros pavimentos (Ribeiro, 2011). Também é destacado que as cubetas possuem formatos variados que facilitam a instalação, empilhamento e estocagem em áreas reduzidas.

As Figuras 15 e 16 ilustram o acabamento desse modelo de laje e sua instalação antes de receber o concreto. Os dados de entrada são aplicados na janela mostrada na Figura 17, integrada ao cálculo do software Eberick.

Figura 15 - Laje nervurada com cubetas vista de baixo



Fonte: Astra (2024)

Figura 16 - Execução de laje nervurada com cubetas vista de cima



Fonte: Astra (2024)



Figura 17 - Painel de entrada de informações da laje nervurada com cubetas

Fonte: Eberick (2024)

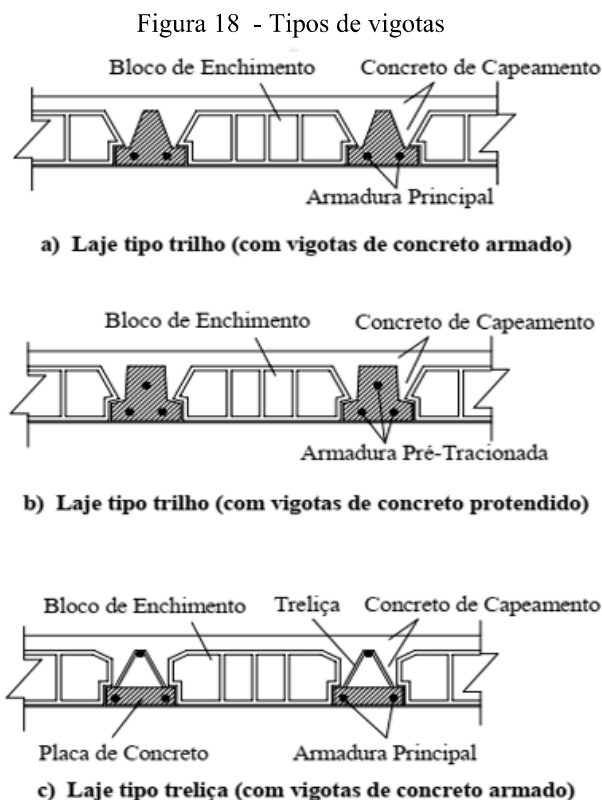
## 4 LAJES PRÉ-MOLDADAS

### 4.1 DEFINIÇÃO

A NBR 6118, em sua página 86, aborda o cálculo das lajes pré-moldadas dentro do mesmo escopo utilizado para as lajes nervuradas, tanto unidirecionais quanto bidirecionais. É ressaltado na norma que os materiais pré-moldados devem estar em conformidade com normas específicas aplicáveis, como a NBR 9062 de 2017, garantindo a qualidade e segurança das estruturas. Essa abordagem é alinhada com a classificação estabelecida pela norma NBR 14860 (ABNT, 2002) que divide as lajes pré-moldadas em duas categorias: unidirecionais e bidirecionais, dependendo da disposição das armaduras para resistir aos esforços normais de tração positiva.

Dentre as opções de lajes pré-moldadas, as nervuras são compostas por vigotas pré-moldadas, eliminando a necessidade do uso de formas tradicionais. Essas vigotas têm

capacidade para suportar seu próprio peso e as cargas durante a construção, necessitando apenas de cimbramentos intermediários. Além das vigotas, as lajes incluem elementos de enchimento dispostos sobre as vigotas pré-moldadas com concreto moldado in loco (Libânio, 2003). Existem três tipos distintos de vigotas nesse sistema, conforme demonstrado na Figura 18.



Fonte: (Silva, apud Silva 2005)

## 4.2 ANÁLISE DE VÃOS

Segundo a ArcelorMittal, em seu manual técnico de lajes treliçadas, laje pré-moldada com enchimento em EPS pode vencer vãos livres de até 9,10 metros para uma carga acidental de 200 kg/m<sup>2</sup>, sendo necessário o acréscimo de barras na estrutura para garantir as prescrições técnicas de estado limite último (ELU) e estado limite de serviço (ELS). Esta laje representa avanço tecnológico significativo na construção civil, porém, é necessário realizar comparação econômica com os demais tipos de lajes disponíveis no mercado local, especialmente quando se trata de vãos muito grandes.

### 4.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO ACÚSTICO

Em seus trabalhos, Silvano (2016) e Pereyron (2008) destacam que as lajes pré-moldadas, ensaiadas sem revestimento, apresentam desempenho acústico inferior em comparação aos demais tipos, com níveis variando entre 69 a 83,15 dB. A OMS (2022) classifica que a exposição à poluição sonora a partir de 50 dB já é considerada prejudicial, enquanto níveis de 55 dB podem induzir estresse e outros efeitos adversos nas pessoas.

### 4.4 ANÁLISE ECONÔMICA.

Análise do SINAP, de fevereiro de 2024, em sua composição analítica desonerada, revela que o custo por metro quadrado de laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, destinada ao uso como piso, com enchimento em cerâmica e vigotas convencionais, é de R\$ 227,51/m<sup>2</sup>. O código de referência para essa composição é 101963, detalhando os elementos conforme evidenciado na Figura 19.

Figura 19 - Custo de laje pré-moldada unidirecional

I	3743 LAJE PRÉ-MOLDADA CONVENCIONAL (LAJOTAS + VIGOTAS) PARA PISO, UNIDIRECIONAL M2	CR	1,0000000	57,13	57,13	
	, SOBRECARGA DE 200 KG/M2, VAO ATE 3,50 M (SEM COLOCACAO)					
I	6193 TABUA NAO APARELHADA *2,5 X 20* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM O M	CR	1,8700000	42,39	79,26	
	U EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA					
I	40304 PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	KG	CR	0,0400000	21,22	0,84
C	88262 CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,5010000	27,02	13,53
C	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,3540000	20,21	7,15
C	92273 FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTALETE, EM MADEIRA, PARA PÉ-DIREITO SIMPL M	AS	0,9700000	15,55	15,08	
	ES. AF_09/2020					
C	92767 ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇ	KG	CR	1,2110000	15,23	18,44
	O CA-60 DE 4,2 MM - MONTAGEM. AF_06/2022					
C	103674 CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO D M3	AS	0,0540000	668,18	36,08	
	E BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS					
	MATERIAL	:	198,13	87,0824152 %		
	MAO DE OBRA	:	29,38	12,9175848 %		
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:	227,51	100,0000000 %	- ORIGEM DE PREÇO: AS	

Fonte: (Caixa, 2024)

### 4.5 ANÁLISE DE INCÊNDIO

Segundo a ABNT NBR 15200:2012, a espessura mínima para laje pré-moldada é de 10 cm, com um cobrimento de 1,5 cm para a capa. Essa mesma altura é aplicada para elementos protendidos, com ajustes apenas nos cobrimentos mínimos de 1,0 cm para armaduras passivas e 1,5 cm para armaduras ativas. Essas espessuras devem estar em conformidade com a NBR 6118 optando-se pelo valor mais elevado.

### 4.6 TIPOS DE LAJES PRÉ-MOLDADAS

O software Eberick oferece em sua biblioteca onze opções de lajes pré-moldadas, incluindo três tipos de vigotas (concreto armado, protegido e treliçado), além de EPS e blocos

cerâmicos para o preenchimento dos vazios das lajes. As vigotas protendidas são disponibilizadas pelo software na aba de lajes de proteção, não sendo categorizadas como lajes pré-moldadas, mas este trabalho as considerará como tal.

#### 4.6.1 VIGOTA TIPO TRILHO COM BLOCO CERÂMICO OU EPS

Lajes pré-moldadas com vigotas tipo trilho em concreto armado podem ter em seu preenchimento blocos cerâmicos ou EPS. Com o uso de EPS, o peso próprio da estrutura tende a ser reduzido em comparação aos blocos cerâmicos. No entanto, a praticidade de execução dos blocos cerâmicos, em relação aos possíveis acidentes de trabalho e pausas nas concretagens devido à quebra dos EPS, também deve ser considerada na escolha do material.

A Figura 20 demonstra as vigotas tipo trilho, assim como a Figura 21 apresenta o sistema bloco mais vigotas e a Figura 22 demonstra a janela de entrada de informação para o cálculo do modelo estrutural executado pelo software Eberick.

Figura 20 - Vigotas de concreto armado



Fonte: (Lajes Carioca)

Figura 21 - Sistema vigotas de concreto armado mais bloco cerâmico



Fonte: (cerâmica Orlandin)

Figura 22 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com vigotas em concreto armado

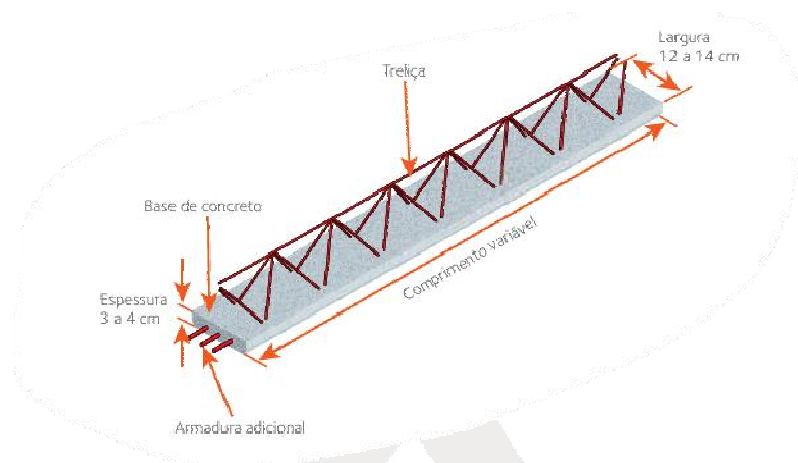
Fonte: Eberick (2024)

#### 4.6.2 VIGOTA TRELIÇADA COM CERÂMICA OU EPS UNIDIRECIONAL. (1D)

Lajes unidirecionais são descritas como tendo uma seção final maciça ou nervurada, compostas por nervuras principais longitudinais dispostas em uma única direção, podendo também incluir nervuras transversais perpendiculares às principais (ABNT, 2002, p. 2).

As vigotas treliçadas são caracterizadas por uma seção de concreto que forma uma placa, com armadura treliçada eletrosoldada, conforme especificado pela NBR 14861 (2002). Essa placa de concreto pré-fabricado de seção transversal retangular é parcialmente envolta pelo concreto da vigota e, quando necessário, complementada com armadura passiva inferior de tração, totalmente envolta pelo concreto da nervura. As Figuras 23 e 24 demonstram os elementos das vigotas e a montagem da laje. A Figura 25 demonstra o painel de entrada de informação para o cálculo do modelo estrutural executado pelo software Eberick.

Figura 23 - Elementos das vigotas treliçadas



Vigotas Treliçadas (Arcelor Mittal)

Figura 24 - Montagem da laje treliçada



Fonte:(Carluc engenharia)

Figura 25 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com vigotas treliçadas

Laje

Nome L1 Tipo Trelaçada 1D Grelha...

Ambiente Externo

Cargas

Grupo Nenhum

Acidental 0 kgf/m<sup>2</sup> Revestimento 0 kgf/m<sup>2</sup>

Extra 0 kgf/m<sup>2</sup> Editar... Remover

Temperatura e retração 0 °C Editar... Remover

Treliça

Tipo TR 06644 Repetições 1

Altura sapata 3 cm Largura sapata 12 cm

Enchimento

Tipo EPS Unidirecional

Dimensão B8/30/125 ...

Seção

Espessura 13 cm Elevação 0 cm

ec 5 cm

ee 8 cm

enx 9 cm

eny 9 cm

OK Cancelar Desenho... Ajuda

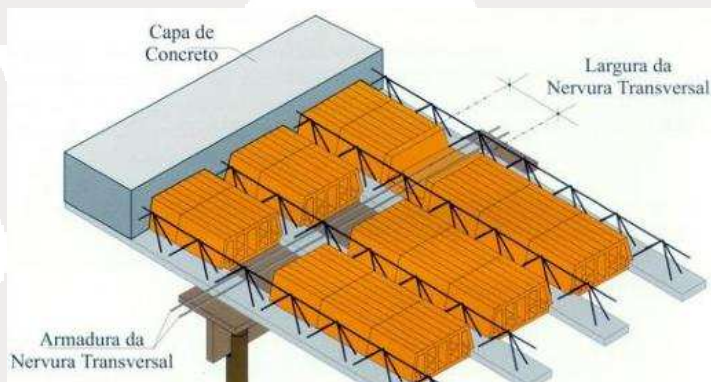
Fonte: Eberick (2024)

#### 4.6.3 VIGOTA TRELIÇADA COM EPS BIDIRECIONAL (2D)

A norma NBR 14862:2013 especifica que as lajes bidirecionais permitem a inserção de nervuras transversais às pré-lajes, resultando em uma laje final bidirecional. Essas nervuras transversais melhoram a uniformidade do comportamento estrutural, servindo como travamento lateral das nervuras principais e contribuindo para a redistribuição das cargas aplicadas. A Figura 26 exemplifica a inclusão de armadura na nervura transversal, enquanto a Figura 27 mostra a montagem desse tipo de laje.

O software Eberick, em sua interface de lançamento de lajes no modelo estrutural, oferece apenas a opção de laje bidirecional em EPS. No mercado, também está disponível a laje bidirecional com bloco cerâmico. A Figura 28 ilustra a entrada de informações dos fornecedores no software.

Figura 26 - Esquema de laje nervurada bidirecional



Fonte: Bastos (2021)

Figura 27 - Laje nervurada bidirecional em EPS



Fonte: salvador pré-moldados (2021)

Figura 28 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com vigotas treliçadas bidirecional em EPS

The image shows a software interface for configuring a slab. The main window is titled 'Laje'. It contains several sections for inputting data:

- Nome:** L1
- Tipo:** Treliçada 2D
- Ambiente:** Externo
- Cargas:**
  - Grupo: Nenhum
  - Acidental: 0 kgf/m<sup>2</sup>
  - Extra: 0 kgf/m<sup>2</sup>
  - Temperatura e retração: 0 °C
- Treliça:**
  - Tipo: TR 06644
  - Repetições: 1
  - Altura sapata: 3 cm
  - Largura sapata: 12 cm
- Enchimento:**
  - Tipo: EPS Bidirecional
  - Dimensão: B8/40/40
- Seção:**
  - Espessura: 12 cm
  - Elevação: 0 cm
  - ec: 4 cm
  - ee: 8 cm
  - enx: 9 cm
  - eny: 9 cm

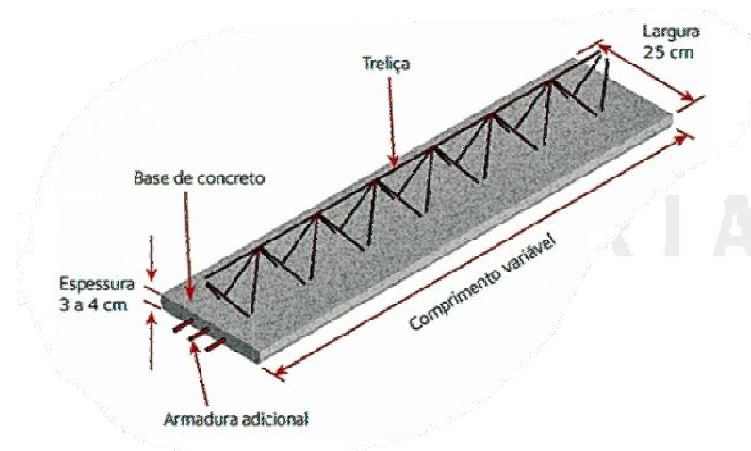
There are also two cross-sectional diagrams showing the internal structure of the slab with reinforcement and EPS filling.

Fonte: Eberick (2024)

#### 4.6.4 PAINEL TRELIÇADO COM ENCHIMENTO EM EPS UNI E BIDIRECIONAL (1D/2D)

Os painéis treliçados são semelhantes às vigotas treliçadas, sendo a sua diferença a largura da base de concreto que tem largura de 25cm a 1,25cm como pode ser visualizado nas Figuras 29 e 30. No software Eberick é disponibilizado o cálculo desta laje na forma uni e bidirecional e utilizando como material de preenchimento o EPS como demonstra a Figura 31.

Figura 29 - Painel Nervurado



Fonte: Arcelor Mittal,(2024)



Figura 30 - Painel Nervurado com preenchimento em EPS



Fonte: ki-lajes (2024)

Figura 31 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com painéis treliçados em EPS

A screenshot of a software interface for entering slab information. The window is titled "Laje" and contains several sections:

- Nome:** L1
- Tipo:** Painel com enchimento 1D
- Grelha:** Grelha...
- Ambiente:** Externo
- Cargas:**
  - Grupo: Nenhum
  - Acidental: 0 kgf/m²
  - Revestimento: 0 kgf/m²
  - Extra: 0 kgf/m² (with Editar... and Remover buttons)
  - Temperatura e retração: 0 °C (with Editar... and Remover buttons)
- Treliça:**
  - Tipo: TR 06644
  - Repetições: 1
  - Altura sapata: 3 cm
  - Largura sapata: 25 cm
- Enchimento:**
  - Tipo: EPS
  - Dimensão: B12/15/50
- Seção:**
  - Espessura: 19 cm
  - Elevação: 0 cm
  - ec: 4 cm
  - ee: 15 cm
  - enx: 10 cm
  - eny: 9 cm

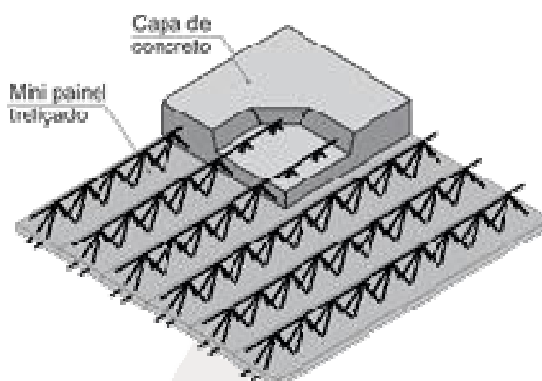
At the bottom, there are buttons for OK, Cancelar, Desenho..., and Ajuda. A diagram on the right shows a cross-section of the slab with the various layers and dimensions labeled.

Fonte: Eberick (2024)

#### 4.6.5 PAINEL TRELIÇADO MACIÇO UNI E BIDIRECIONAL (1D/2D)

Os painéis treliçados maciços são basicamente lajes maciças que utilizam como forma da base os painéis treliçados, gerando economia a não utilização das formas em madeira ou compensado e ganho de tempo na execução. A Figura 32 demonstra as etapas de construção e a Figura 33 mostra o painel de entrada de informações do software Eberick.

Figura 32 - Pannel Nervurado maciço



Fonte: Salema pré-fabricados (2024)

Figura 33 - Pannel de entrada de informações da laje pré-moldada com painéis treliçados maciço

Laje

Nome L1 Tipo Pannel maciço 1D Grelha...

Ambiente Externo

Cargas

Grupo Nenhum

Acidental 0 kgf/m<sup>2</sup> Revestimento 0 kgf/m<sup>2</sup>

Extra 0 kgf/m<sup>2</sup> Editar... Remover

Temperatura e retração 0 °C Editar... Remover

Treliça

Tipo TR 06644 Repetições 1

Altura sapata 3 cm Largura sapata 25 cm

Enchimento

Tipo EPS

Dimensão B12/15/50

Seção

Espessura 19 cm Elevação 0 cm

ec 4 cm

ee 3 cm

enx 25 cm

eny 25 cm

OK Cancelar Desenho... Ajuda

Fonte: Eberick (2024)

#### 4.6.6 VIGOTA PROTENDIDA COM BLOCO CERÂMICO OU EPS

A vigota de concreto protendida possui uma seção em formato de "T" invertido, onde toda a sua armadura ativa é pré-tensionada e envolta por concreto. A norma NBR 14859 especifica suas propriedades e dimensões, com a execução da montagem sendo semelhante à vigota de concreto armado convencional.

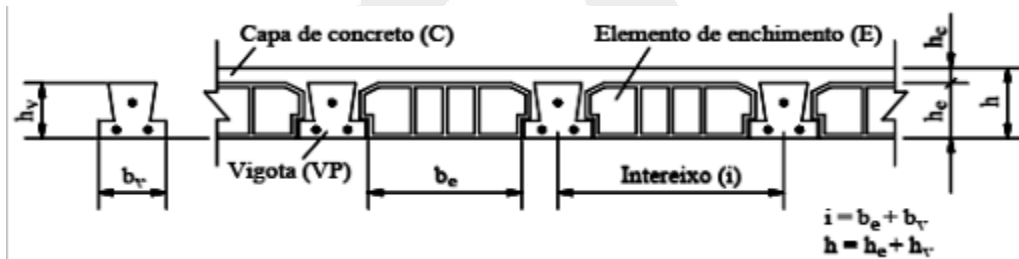
As Figuras 34 e 35 demonstram o posicionamento das protensões e o esquema de instalação desse tipo de laje. Na Figura 36 é possível visualizar a entrada de informações do software Eberick.

Figura 34 - Vigotas protendidas



Fonte: Laje protendida BH (2024)

Figura 35 - Esquema de montagem da laje de vigota protendida



Fonte: (Silva apud silva, 2005)

Figura 36 - Painel de entrada de informações da laje pré-moldada com vigotas pré-moldadas no software

Laje

Nome L1 Tipo Vigota protendida Grelha...

Ambiente Externo

Cargas

Grupo Nenhum

Acidental 0 kgf/m<sup>2</sup> Revestimento 0 kgf/m<sup>2</sup>

Extra 0 kgf/m<sup>2</sup> Editar... Remover

Temperatura e retração 0 °C Editar... Remover

Vigota protendida

Tipo Vigota protendida com bloco cerâmico

Arranjo Simple Altura 13(8+5)

Enchimento

Tipo Lajota cerâmica

Dimensão B8/30/20

Seção

Espessura 13 cm Elevação 0 cm

ec 5 cm

ee 8 cm

enx 10 cm

eny 25 cm

OK Cancelar Desenho... Ajuda

Fonte: Eberick (2024)

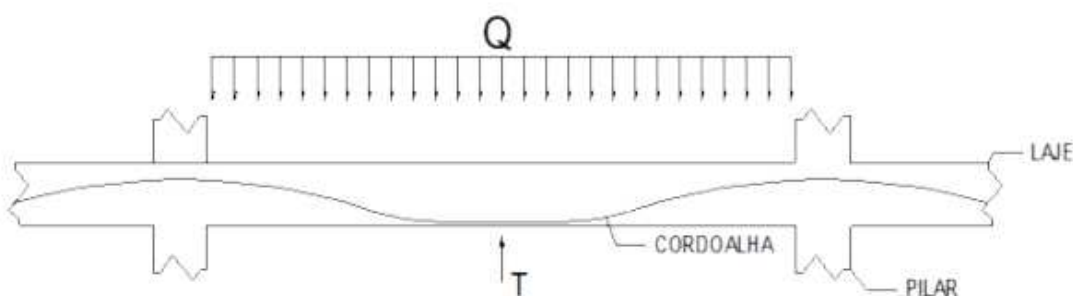
## 4.7 LAJES PROTENDIDAS

### 4.7.1 DEFINIÇÃO

A técnica de protensão em lajes consiste na aplicação de força contrária às cargas que a laje precisa suportar. Isso cria um esforço para neutralizar o momento gerado pelas cargas na superfície, incluindo o peso da própria laje. Este método eficaz compensa os esforços estruturais, permitindo que a estrutura suporte cargas mais elevadas aplicadas no centro do vão, uma condição crítica para lajes com dois apoios. Assim, a técnica de protensão resulta em uma maior área livre entre os apoios das lajes. As forças de protensão são transmitidas por meio de armaduras tensionadas, que visam evitar ou limitar a fissuração do concreto ao restringir as tensões de tração no material (Dutra, 2014).

A representação simplificada desta concepção pode ser visualizada na Figura 37, que demonstra a disposição da cordoalha no trecho entre os pilares da estrutura. Além disso, a figura mostra a carga atuante (Q) e a tensão (T) exercida pelos cabos em sentido contrário à carga.

Figura 37 - Esquema arranjo estrutural laje protendida



Fonte: Feijó (2014)

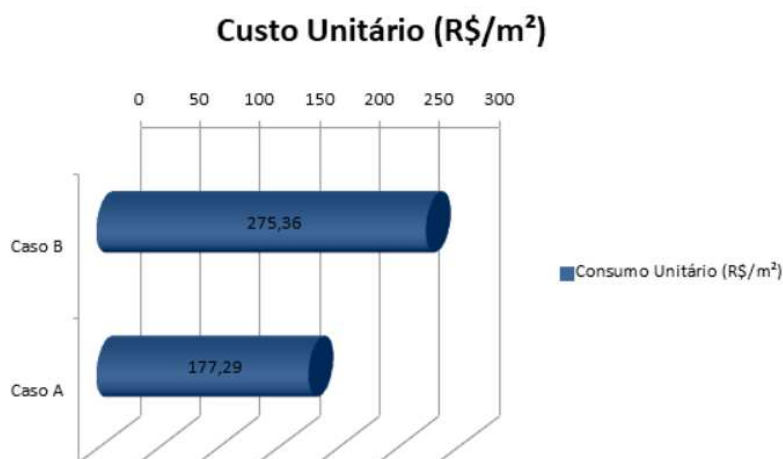
### 4.7.2 MACIÇA PROTENDIDA

As lajes maciças protendidas não foram objeto de estudo por Silva (2010), no entanto, ele recomendou considerar o uso de lajes protendidas para vãos superiores a 12 m. Lajes protendidas requerem mão de obra qualificada mais escassa em comparação com lajes maciças, o que pode onerar o custo.

Como não foi encontrado o custo da laje maciça protendida em fontes como o SINAPI, foi utilizado o valor de R\$275,36/m<sup>2</sup> encontrado no estudo de Feijó (2014), o qual é 36% mais custoso do que a laje nervurada abordada no estudo realizado por ele. A Figura 38 demonstra o

gráfico a respeito dos valores de cada laje, sendo a laje nervurada o caso A e a laje protendida o caso B

Figura 38 - Comparativo entre lajes protendidas e nervuradas



Fonte: Fejjó (2014)

Para lajes maciças protendidas simplesmente apoiadas, a norma ABNT NBR 15200:2012, com TRRF de 90 minutos, define que a espessura mínima da laje pode ser considerada a mesma da laje maciça simplesmente apoiada, a qual é de 10 cm. Porém, para o cobrimento, deve ser acrescido 1 cm e 1,5 cm para armaduras passivas e ativas respectivamente, obtendo-se 3 cm e 3,5 cm de cobrimentos. Já para lajes contínuas protendidas, utiliza-se do mesmo raciocínio, obtendo-se 10 cm para a espessura da laje e cobrimentos de 2,5 cm para armaduras passivas e 3 cm para armaduras ativas. A espessura de lajes lisas ou cogumelos protendidas é de 20 cm e cobrimento de 3,5 cm para armaduras passivas e 5 cm para armaduras ativas. Tais espessuras também devem respeitar a NBR 6118, portanto adota-se o maior valor.

#### 4.7.3 NERVURADA PROTENDIDA

Esta classe de estruturas arquitetônicas é caracterizada pela fusão de componentes de concreto reforçado que englobam vigas transversais, uma camada superior de concreto e espaços ociosos intercalados. No âmbito das lajes nervuradas, a disposição das cordoalhas de protensão é realizada dentro das nervuras estruturais, exemplificado na Figura 39, ou em áreas contíguas de concreto maciço (Belgo Arames, 2023).

Os espaços ociosos entre as nervuras podem ficar desocupados ou preenchê-los com materiais inertes, cuja contribuição para a resistência estrutural é mínima. Exemplos desses

materiais abrangem, por exemplo, EPS, blocos cerâmicos, formas de poliestireno ou polipropileno (Belgo Arames, 2023).

Figura 39 - Arranjo das cordoalhas em laje protendida nervurada



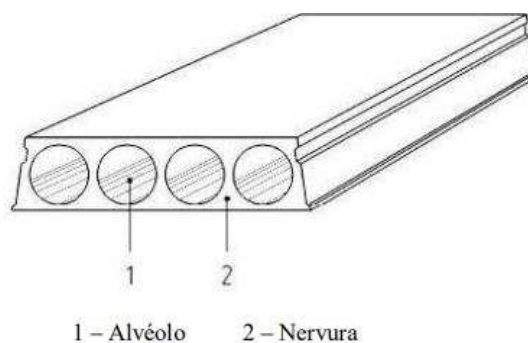
Fonte: (ProtecProt, 2022)

A norma ABNT NBR 15200:2012 também define que, para as lajes nervuradas protendidas, utiliza-se os mesmos valores para a espessura da capa de concreto das lajes sem protensão, alterando-se apenas os cobrimentos das armaduras, tanto passiva quanto ativa, sendo acrescidos 1 cm e 1,5 cm, respectivamente. Para ambas as lajes nervuradas protendidas, seja simplesmente apoiadas ou contínua em pelo menos uma das bordas, a espessura da capa de concreto deve ser de 10 cm, com cobrimentos de 2,5 cm para armaduras passivas e 3 cm para armaduras ativas. Tais espessuras também devem respeitar a NBR 6118, adotando-se o maior valor.

#### 4.7.4 ALVEOLAR

O elemento estrutural protendido, denominado laje alveolar, apresentado na Figura 40, demonstra uma seção transversal de altura constante. Ele é composto por dois talões, um superior e um inferior, conectados por nervuras verticais, ocorrendo uma configuração com vazios longitudinais, conhecidos como alvéolos. Essa seção é uniforme e exibe um eixo de simetria vertical (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2005).

Figura 40 - Esquema de laje alveolar



Fonte: EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2005

Considerando que é uma laje simplesmente apoiada e protendida, a norma ABNT NBR 15200:2012 define que para esta laje alveolar a espessura mínima de 10 cm com cobrimentos de 4 cm para armaduras passivas e 4,5 cm para armaduras ativas. Tais espessuras também devem respeitar a NBR 6118, portanto adota-se o maior valor.

## 5 CONCLUSÃO

Diante do estudo realizado em que os 17 tipos de lajes, presentes no software Eberick, foram discretizados para tomada de decisão de qual laje teria um possível melhor desempenho para o andamento do anteprojeto do edifício comercial Infinty. Concluímos que lajes nervuradas com cubetas são a melhor solução porque atendem os seguintes fatores:

1 - Capacidade de vencer grandes vãos: as lajes nervuradas apresentam bom desempenho para vencer vãos maiores (6 a 12 metros), o que é de suma importância para o projeto, proporcionando flexibilidade arquitetônica e um espaço livre de colunas.

2 - Desempenho acústico adequado: apesar de não apresentar o melhor desempenho acústico absoluto, as lajes nervuradas ainda estão dentro dos limites estabelecidos pela NBR 15575-3:2021. Com resultados de 62 dB a 77,68 dB, elas garantem um nível de conforto acústico adequado para os usuários do edifício comercial.

3 - Custo-benefício: embora o custo inicial das lajes nervuradas seja superior ao das lajes maciças (R\$ 225,97/m<sup>2</sup> vs. R\$ 195,04/m<sup>2</sup>), a capacidade de vencer maiores vãos reduz a necessidade de vigas e colunas, potencialmente diminuindo os custos totais de construção.

4 - Desempenho em incêndio: As lajes nervuradas cumprem os requisitos de resistência ao fogo, conforme a ABNT NBR 15200:2012. Este desempenho é suficiente para garantir a segurança estrutural do edifício em caso de incêndio.

Portanto, considerando os aspectos técnicos, econômicos e de segurança, a escolha da laje nervurada representa uma opção vantajosa para o projeto, assegurando eficiência estrutural, flexibilidade arquitetônica e conformidade com as normas vigentes. Entretanto, embora a laje escolhida tenha sido a nervurada, destaca-se a possibilidade de utilização de lajes protendidas como uma alternativa de projeto, considerando suas características de deformação, fissuração e capacidade de vencer vãos.





## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14432:2001**: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15200:2012**: Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118:2023**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6120:2019**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7480:2024**: Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8953:2015**: Concreto para Fins Estruturais - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ARCELOR MITTAL. **Manual Técnico de Lajes Treliçadas**. Disponível em: <<https://rangellage.com.br/wp-content/uploads/2019/06/Manual-Lajes-Treli%C3%A7adas.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

Astra S/A. Família de Produtos para Construção Civil. Astra. Disponível em: [https://www.astra-sa.com/construtoras/familia.asp?id\\_familiaWebConstrucaoCivil=10](https://www.astra-sa.com/construtoras/familia.asp?id_familiaWebConstrucaoCivil=10). Acesso em: 7 mar. 2024.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Vigas e Lajes de Concreto Armado**. Bauru, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/Sistemas%20Estruturais/Sistemas2.pdf>.

Belgo Bekaert. Tipos de laje protendida. Blog Belgo. Disponível em: <https://blog.belgo.com.br/engenharia/construcao-civil/tipos-de-laje-protendida/#:~:text=Laje%20protendida%20nervurada,em%20regi%C3%A3o%20de%20faixas%20maci%C3%A7as>. Acesso em: 11 abr. 2024.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAP, fevereiro de 2024. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2024. Disponível em: [https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_662](https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662) . Acesso em: 4 mar. 2024.

CARLUC. Carluc Engenharia e Construções. Disponível em: <https://carluc.com.br/>. Acesso em: 13 mar. 2024.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. Norma Técnica CBMSC Nº 009/DAT - Procedimentos Técnicos Bombeiros Militar de Santa Catarina. Florianópolis: CBMSC, 2019. Disponível em: <https://documentoscblmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/7c64e5482e1d2126363a0d6f75b0a215.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2024.

Estruturas usuais das construções – Estruturas usuais de concreto armado. Disponível em: <http://www.ufv.br/DEC/EngCivil/Disciplinas/civ352/cap04-r3.pdf>.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 1992-1-1: design of concrete structures - part 1-1: general rules and rules for buildings. 2004.

Isofort. Lajes. Isofort. Disponível em: <https://www.isofort.com.br/p/lajes/>. Acesso em: 24 jun. 2024.

KILAJES ENGENHARIA. Kilajes Engenharia. Disponível em: <https://kilajes.com.br/>. Acesso em: 24 maio. 2024.

KRIPKA, M. Análise estrutural para engenharia civil e arquitetura: estruturas isostáticas. 2 Ed. São Paulo. 2011.

KRIPKA, MOACIR. Análise estrutural para engenharia civil e arquitetura: estruturas Isostáticas. 2 Ed. São Paulo: Pini, 2011.

LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Manual de Normas Técnicas em Acústica. Florianópolis: UFSC, novembro de 2013. Disponível em:

<[https://labece.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/proacustica\\_manualnorma\\_nov\\_2013.pdf](https://labece.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/proacustica_manualnorma_nov_2013.pdf)>.

Acesso em: 20 mar. 2024.

LAJE PROTENDIDA BH. Laje Protendida BH. Disponível em:  
<<https://www.lajeprotendidabh.com.br/>>. Acesso em: 24 maio. 2024.

Maria. Tijolo em laje Nervurada. 2022. Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=7XtVedbmWi0>. Acesso em: 5 mar. 2024.

MELLO, Lucas Maciel de. Análise do comportamento estrutural de lajes nervuradas protendidas. 2020. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2020. Disponível em:  
<https://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/11294/Lucas%20Maciel%20de%20Mello.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 jun. 2024.

PEREYRON, Daniel. Estudos de tipologias de lajes quanto ao isolamento ao ruído de impacto. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7712/DANIELPEREYRON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

Protec Prot. Tecnologia. Site Protec Prot. Disponível em:  
<https://www.protecprot.com.br/index.php/tecnologia>. Acesso em: 11 abr. 2024.

RIBEIRO, Thais. Análise comparativa entre sistemas estruturais de laje nervurada treliçada e laje nervurada com cubeta. 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Walber-Freitas/publication/356122704\\_ANALISE\\_COMPARATIVA\\_ENTRE\\_SISTEMAS ESTRUTURAI DE LAJE NERVURADA TRELICADA E LAJE NERVURADA COM CUBETA/links/642ac1cd20f25554da07416e/ANALISE-COMPARATIVA-ENTRE-SISTEMAS-ESTRUTURAI-DE-LAJE-NERVURADA-TRELICADA-E-LAJE-NERVURADA-COM-CUBETA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Walber-Freitas/publication/356122704_ANALISE_COMPARATIVA_ENTRE_SISTEMAS ESTRUTURAI DE LAJE NERVURADA TRELICADA E LAJE NERVURADA COM CUBETA/links/642ac1cd20f25554da07416e/ANALISE-COMPARATIVA-ENTRE-SISTEMAS-ESTRUTURAI-DE-LAJE-NERVURADA-TRELICADA-E-LAJE-NERVURADA-COM-CUBETA.pdf). Acesso em: 13 mar. 2024.

SALEMA PRÉ-FABRICADOS. Salema Pré-Fabricados. Disponível em:  
<<https://www.salemaprefabricados.com.br/>>. Acesso em: 24 maio. 2024.

SALVADOR PRÉ-MOLDADOS. Produtos - Salvador Pré-Moldados. Disponível em:  
<<http://salvadorpremoldados.com.br/produtos/>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

SILVA, Fernando Lucas Cardoso. Análise do processo construtivo de uma laje nervurada treliçada com utilização de poliestireno expandido no município de Lagoa Nova/RN. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/ce2c7948-49fe-4837-a9ed-0c8edcc679c8/content>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

SILVA, lucas. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LAJES NERVURADAS MACIÇAS EM FUNÇÃO DOS VÃOS ENTRE APOIOS. 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/28581>. Acesso em: 13 mar. 2024.

SILVANO, Mariane Raichaski. Análise experimental do desempenho acústico de ruído de impacto em diferentes tipologias de lajes. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4249/1/Mariane%20Raichaski%20Silvano.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SPOHR, V. H. Análise comparativa: Sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas. 2008; - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.

Termovale. O que é laje nervurada. Termovale. Disponível em: <https://www.termovale.com.br/pt-br/novidades-e-dicas/o-que-e-laje-nervurada>. Acesso em: 5 mar. 2024.

YAZIGI, Walid. A Técnica de Edificar. 2º edição. São Paulo, Editora Pini, 1999.

AV  
ENGENHARIA

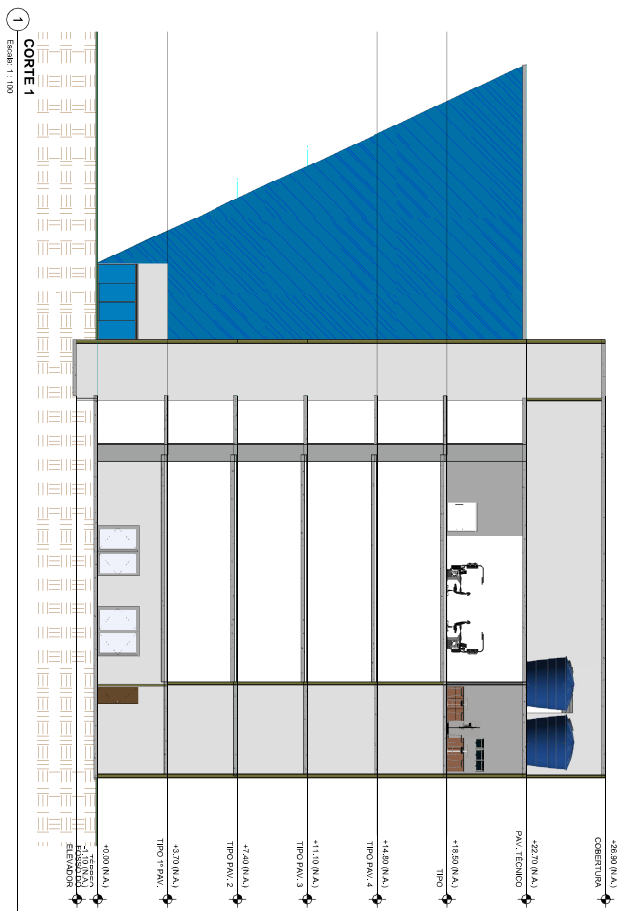
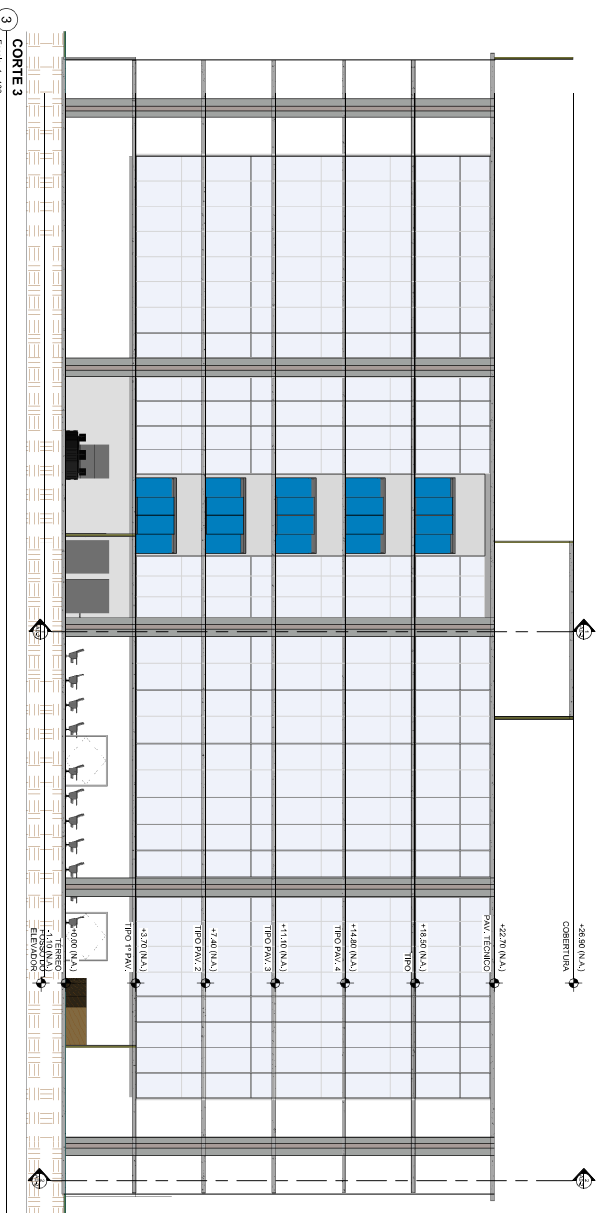
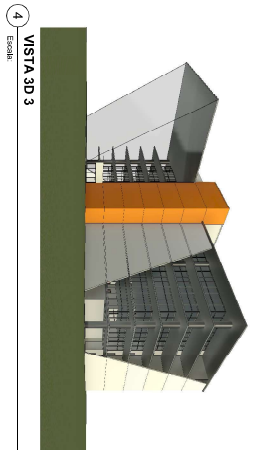
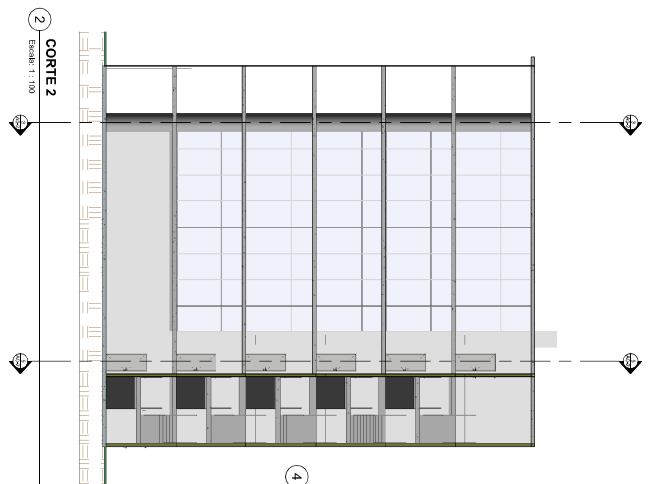
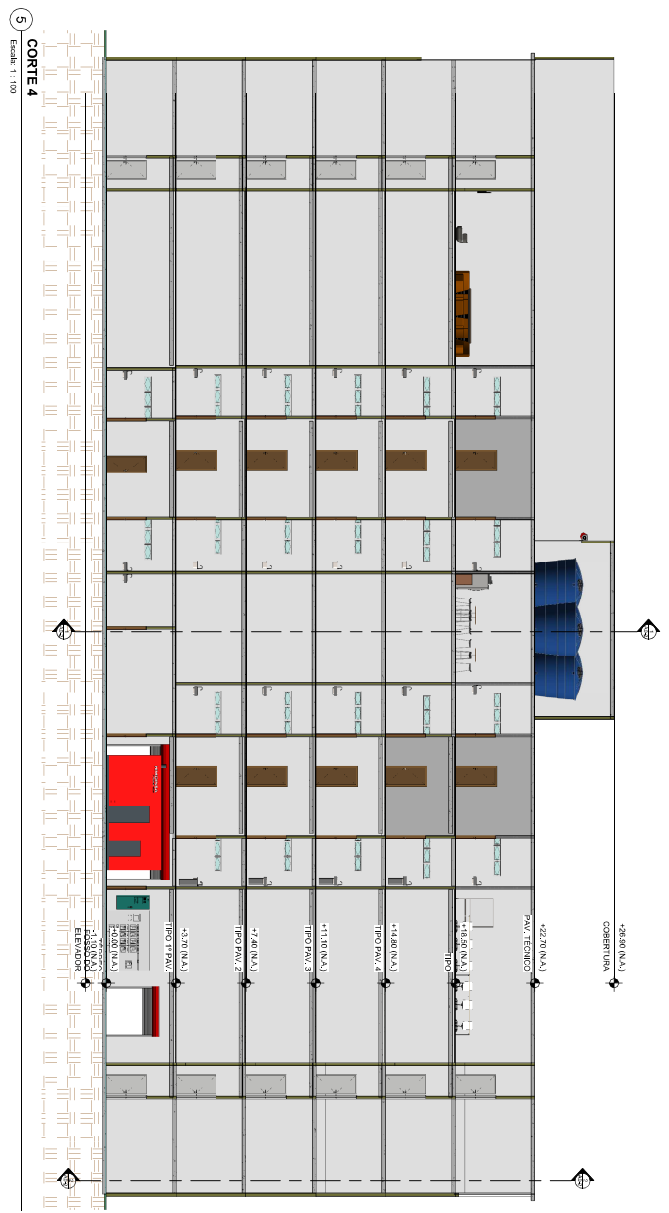
**APÊNDICE B**



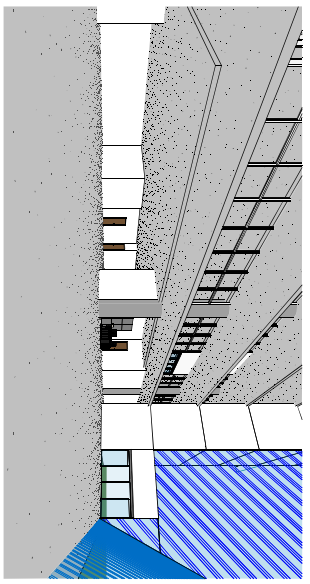
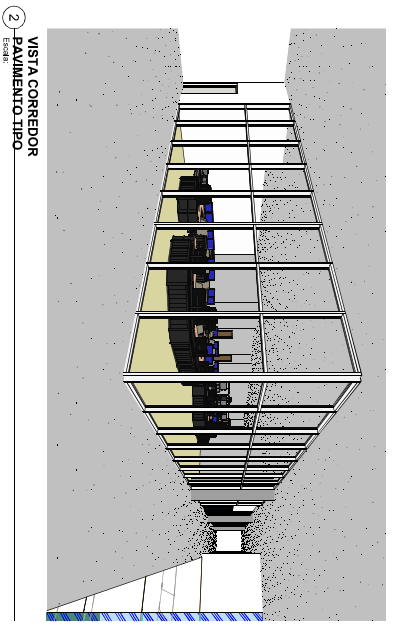
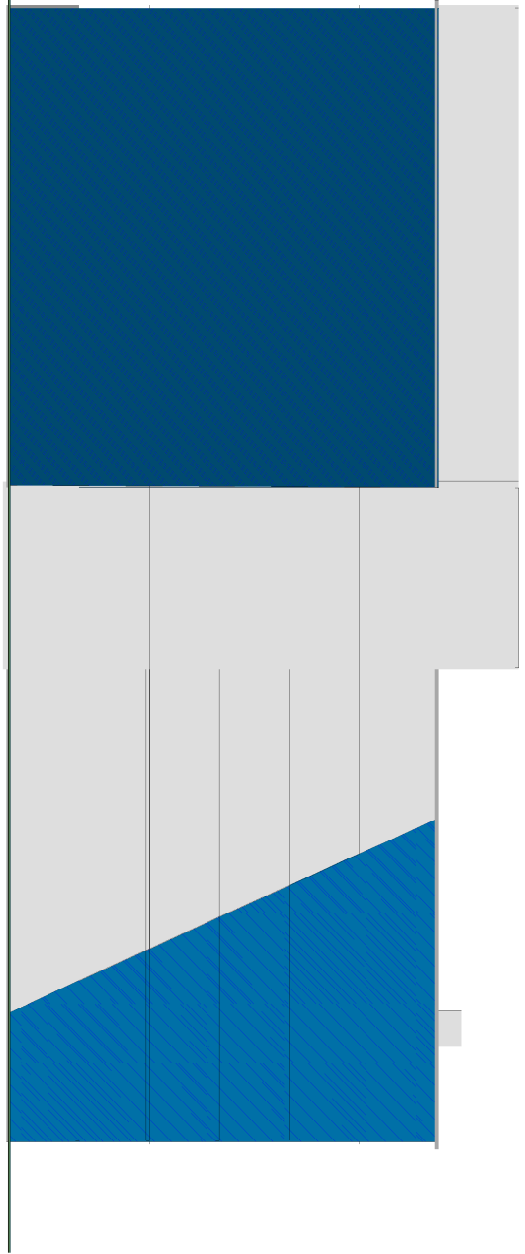
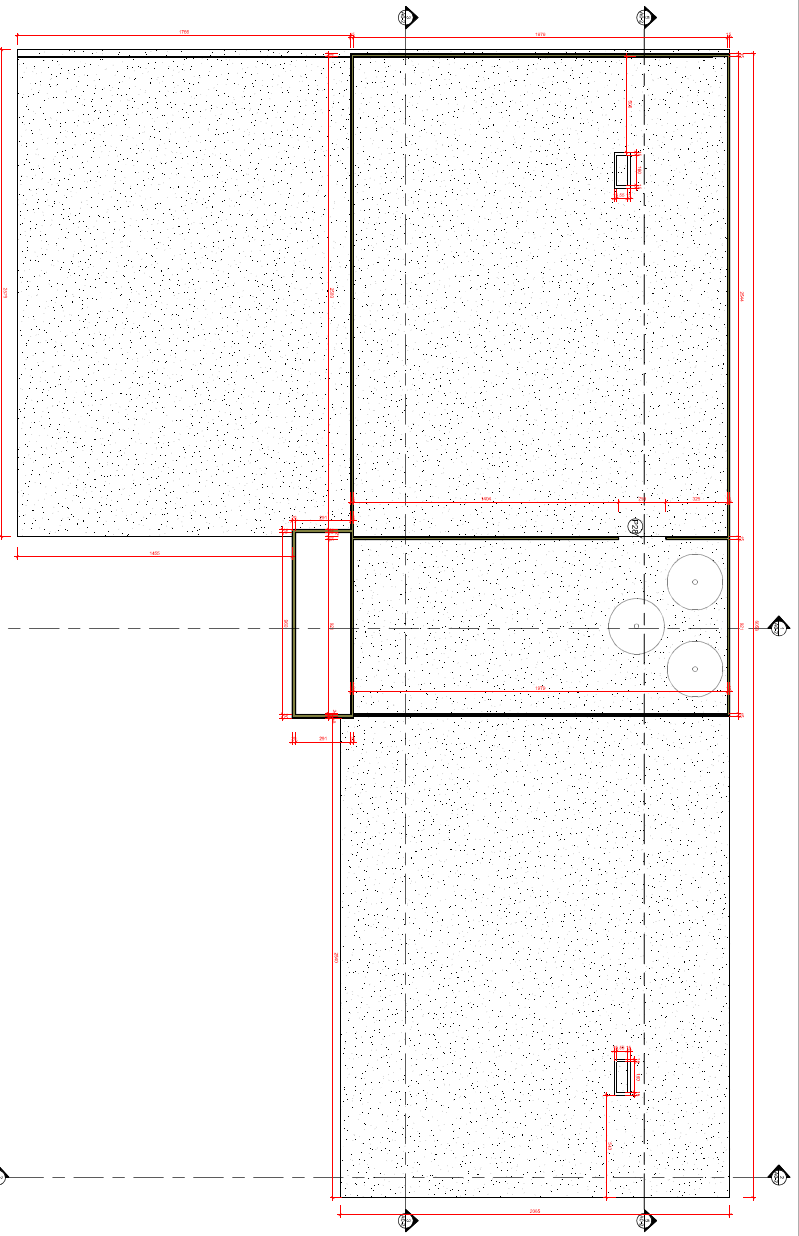
**PRANCHAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO**

**AV**  
**ENGENHARIA**





<b>EDIFICIO COMERCIAL INFINITY</b>	
PROYECTO DE ARQUITECTURA ESTUDIO DE PROYECTO DE ARQUITECTURA PLAN DE TRAZADO DE PLANTA	02 / 03
PROYECTO DE ARQUITECTURA ESTUDIO DE PROYECTO DE ARQUITECTURA PLAN DE TRAZADO DE PLANTA	02 / 03



**EDIFÍCIO COMERCIAL INFINITY**

PROJETO ARQUITETÔNICO	PROJETO DE INTERIORES	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	PROJETO DE REVESTIMENTO	PROJETO DE ILUMINAÇÃO	PROJETO DE AQUECIMENTO	PROJETO DE VENTILAÇÃO	PROJETO DE SANEAMENTO	PROJETO DE SEGURANÇA	PROJETO DE ACÚSTICO	PROJETO DE MOBILIÁRIO
ARQUITETO	INTERIORES	PAVIMENTAÇÃO	REVESTIMENTO	ILUMINAÇÃO	AQUECIMENTO	VENTILAÇÃO	SANEAMENTO	SEGURANÇA	ACÚSTICO	MOBILIÁRIO
PROJETO ARQUITETÔNICO	PROJETO DE INTERIORES	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	PROJETO DE REVESTIMENTO	PROJETO DE ILUMINAÇÃO	PROJETO DE AQUECIMENTO	PROJETO DE VENTILAÇÃO	PROJETO DE SANEAMENTO	PROJETO DE SEGURANÇA	PROJETO DE ACÚSTICO	PROJETO DE MOBILIÁRIO

03 / 03

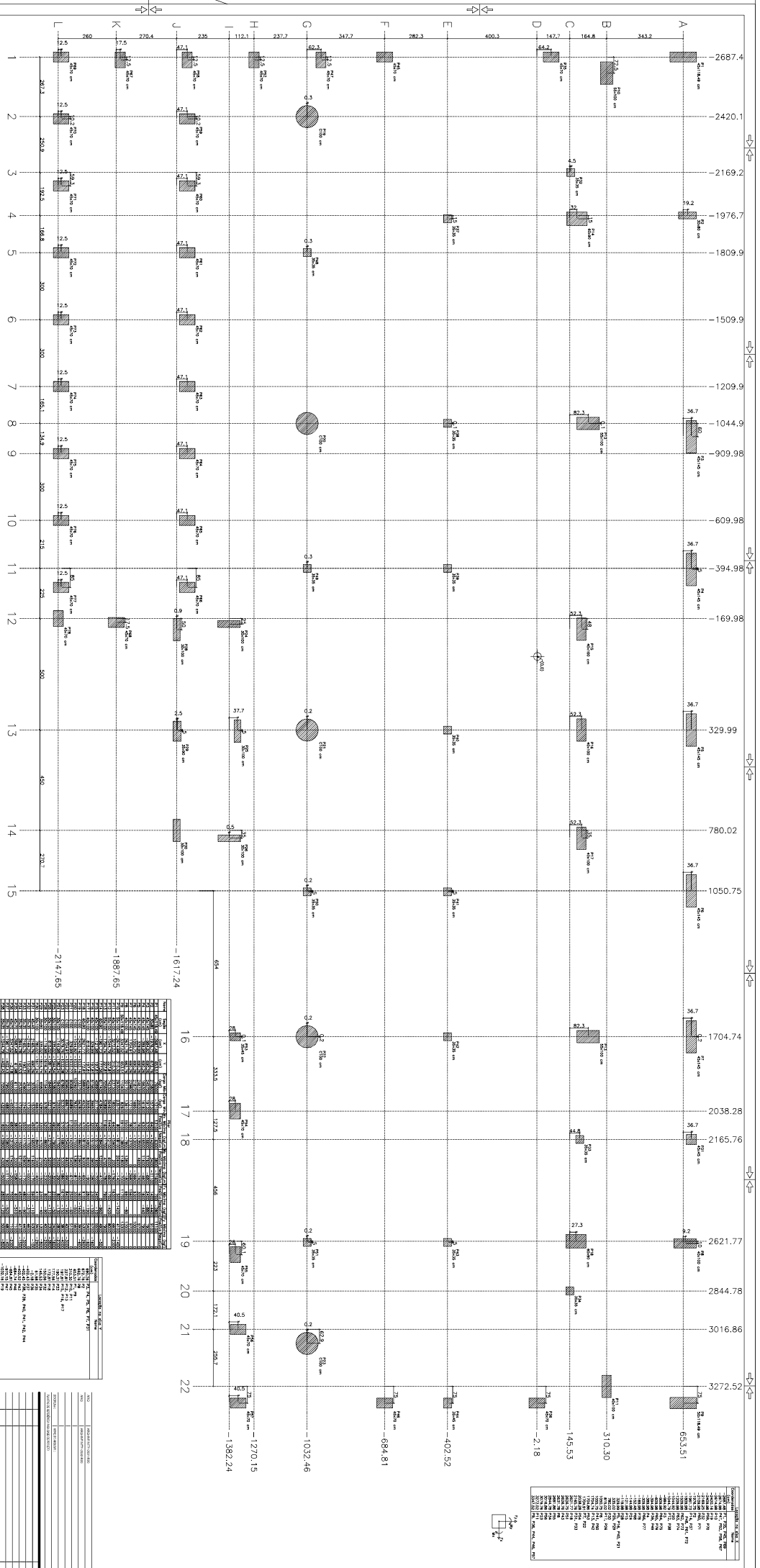


**APÊNDICE C**



**PRANCHAS DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL**

**AV**  
**ENGENHARIA**



Sección transversal de una columna de concreto armado de 2500 mm de ancho y 3000 mm de altura, con 4 barras de acero de 25 mm de diámetro y 100 mm de espesor de concreto.

Columna	Sección	Longitud	Área	Volumen	Superficie
1	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
2	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
3	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
4	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
5	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
6	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
7	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
8	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
9	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
10	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
11	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
12	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
13	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
14	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
15	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
16	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
17	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
18	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
19	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
20	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
21	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
22	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OBRAS**

**LIV. INGENIEROS**

**VALUOR NEGRO**

**INGENIERO DE CONSULTORÍA Y ASesorÍA TÉCNICA**

**PLANTA DE OBRAS**

**01/04**

**VALUOR NEGRO**

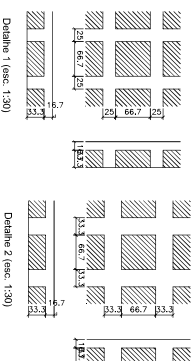
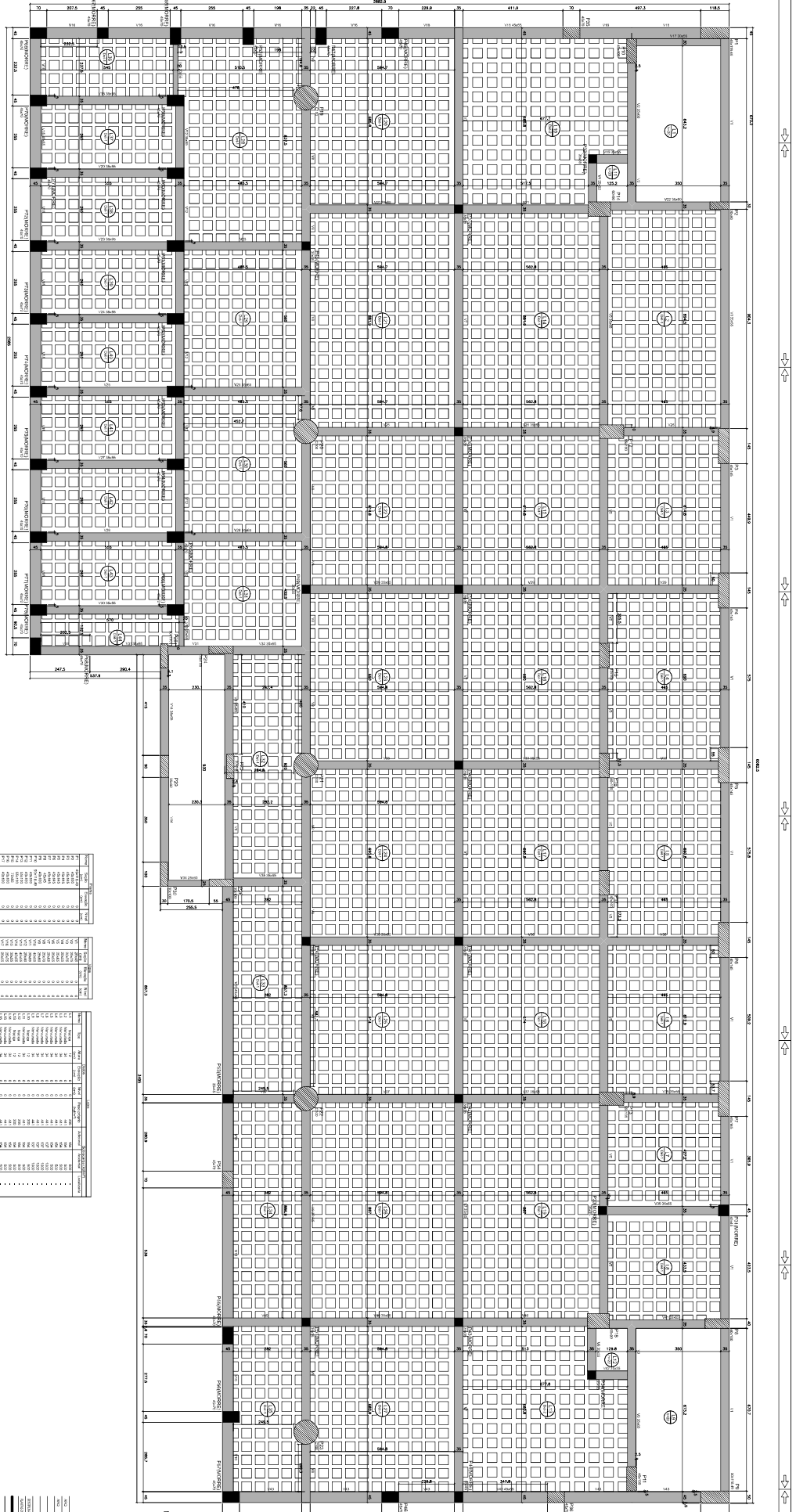
**INGENIERO DE CONSULTORÍA Y ASesorÍA TÉCNICA**

**PLANTA DE OBRAS**

**01/04**

Columna	Sección	Longitud	Área	Volumen	Superficie
1	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
2	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
3	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
4	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
5	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
6	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
7	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
8	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
9	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
10	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
11	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
12	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
13	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
14	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
15	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
16	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
17	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
18	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
19	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
20	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
21	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000
22	2500 x 3000	3000	7500000	22500000	15000

SEMA ZONAS AEREO



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...

NOTAS:  
 1. REVISIONES EN PLANES Y SECCIONES DE 60 mm x 60 mm x 60 mm.  
 2. DIMENSIONES Y FORMAS INDICADAS EN PLANOS.  
 3. VIDA UTIL DE 50 AÑOS.  
 4. PESO ESTIMADO DE LAS REBARBADAS.  
 5. SLABAS Y PISOS - 2 cm de ACERO SIN REBARBADO.  
 6. MÓDULO DE ELASTICIDAD SECCIONES: 21000 kg/cm<sup>2</sup>.  
 7. MÓDULO DE ELASTICIDAD INICIAL: 17000 kg/cm<sup>2</sup>.

PROYECTO	PROYECTO DE REVISIONES PARA BRISA
CLIENTE	LIV INQUILINOS
PROYECTISTA	VALUOR NEGRO
PROYECTO	PROYECTO DE REVISIONES PARA BRISA
CLIENTE	LIV INQUILINOS
PROYECTISTA	VALUOR NEGRO
PROYECTO	PROYECTO DE REVISIONES PARA BRISA
CLIENTE	LIV INQUILINOS
PROYECTISTA	VALUOR NEGRO
PROYECTO	PROYECTO DE REVISIONES PARA BRISA
CLIENTE	LIV INQUILINOS
PROYECTISTA	VALUOR NEGRO
PROYECTO	PROYECTO DE REVISIONES PARA BRISA
CLIENTE	LIV INQUILINOS
PROYECTISTA	VALUOR NEGRO
PROYECTO	PROYECTO DE REVISIONES PARA BRISA
CLIENTE	LIV INQUILINOS
PROYECTISTA	VALUOR NEGRO

OFICINA COMERCIAL INFINITY  
 AV. LOS CAJONES 3000, 440  
 SANTIAGO - CHILE  
 FONO: 56 2 2334 2000  
 WWW.COMERCIALINFINITY.COM  
 02/04





**APÊNDICE D**



**COMPOSIÇÕES CRIADAS**

**AV**  
**ENGENHARIA**

CLASSE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	CUSTO	TIPO	TOTAL
<b>Etapa</b>							
<b>FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS</b>							
<b>Sub-Etapa</b>							
<b>FORMAS/CIMBRAMENTOS/ESCORAMENTOS</b>							
<b>Composição</b>	<b>11</b>	<b>MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES CIRCULARES, COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES</b>	<b>M</b>				<b>578,33</b>
Insumo	88262	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1110	24,86	MO	2,75
Insumo	88240	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,6050	32,96	MO	19,94
Insumo	4517	SARRAFO*2,5X7,5*CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	M	0,1570	2,72	MAT	0,42
Insumo	40304	PRÉGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA DUPLA 17X27 (21/2X11)	KG	0,0460	19,65	MAT	0,90
Insumo	43614	TABUA NÃO APARELHADA *2,5*X1,5*CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	M	0,5500	34,54	MAT	18,99
Insumo	11111	FORMA CILINDRICA EM PAPELÃO (PAPEL HRAFT) PARA PILARES CIRCULARES, DIAMETRO DE 100CM E 6,3MM	M	1,0000	535,33	MAT	535,33
<b>Composição</b>	<b>12</b>	<b>CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=45MPA E AUTO ADENSÁVEL, COM USO DE BOMBA</b>	<b>M3</b>				<b>797,88</b>
Insumo	22222	CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL E AUTO ADENSÁVEL, CLASSE DE RESISTENCIA FCK= 45MPA, COM BOMBAMENTO	M3	1,1030	680,00	MAT	750,04
Insumo	88240	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1250	32,96	MO	4,12
Insumo	88039	PEDEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7530	32,37	MO	24,37
Insumo	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,8260	23,19	MO	19,15
Insumo	90586	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIAMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2CV - CHP DIURNO	CHP	0,1200	1,18	EQP	0,14
Insumo	90587	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIAMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2CV - CHP DIURNO.	CHI	0,1310	0,49	EQP	0,06
<b>Composição</b>	<b>13</b>	<b>CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=45MPA, PARA LEIES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADEQUAMENTO E ACABAMENTO</b>	<b>M3</b>				<b>599,34</b>
Insumo	33333	CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL CLASSE DE RESISTENCIA FCK= 45MPA, BRITA 0 E 1, SLUMP= 160 +/- 20 MM COM BOMBAMENTO	M3	1,1030	500,00	MAT	551,50
Insumo	88240	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1250	32,96	MO	4,12
Insumo	88039	PEDEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7530	32,37	MO	24,37
Insumo	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,8260	23,19	MO	19,15
Insumo	90586	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIAMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2CV - CHP DIURNO	CHP	0,1200	1,18	EQP	0,14
Insumo	90587	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIAMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2CV - CHP DIURNO.	CHI	0,1310	0,49	EQP	0,06
<b>Composição</b>	<b>14</b>	<b>CUBETA ASTRA, DIMENSÃO 20/80/80</b>	<b>UN</b>				<b>187,15</b>
Insumo	101010	COMPRA DE CUBETA	UN	1,0000	-	MO	0,00
Insumo	44444	CUBETA ASTRA 20/80/80	UN	1,0000	187,15	MAT	187,15
<b>Composição</b>	<b>15</b>	<b>CUBETA ASTRA, DIMENSÃO 20/40/80</b>	<b>UN</b>				<b>96,75</b>
Insumo	101010	COMPRA DE CUBETA	UN	1,0000	-	MO	0,00
Insumo	55555	CUBETA ASTRA 20/40/80	UN	1,0000	96,75	MAT	96,75
<b>Composição</b>	<b>16</b>	<b>CUBETA ASTRA, DIMENSÃO 25/80/80</b>	<b>UN</b>				<b>225,17</b>
Insumo	101010	COMPRA DE CUBETA	UN	1,0000	-	MO	0,00
Insumo	66666	CUBETA ASTRA 25/80/80	UN	1,0000	225,17	MAT	225,17
<b>Composição</b>	<b>17</b>	<b>CUBETA ASTRA, DIMENSÃO 25/40/80</b>	<b>UN</b>				<b>135,08</b>
Insumo	101010	COMPRA DE CUBETA	UN	1,0000	-	MO	0,00
Insumo	77777	CUBETA ASTRA 25/40/80	UN	1,0000	135,08	MAT	135,08
<b>Composição</b>	<b>18</b>	<b>CUBETA ASTRA, DIMENSÃO 30/80/80</b>	<b>UN</b>				<b>239,71</b>
Insumo	101010	COMPRA DE CUBETA	UN	1,0000	-	MO	0,00
Insumo	88888	CUBETA ASTRA 30/80/80	UN	1,0000	239,71	MAT	239,71
<b>Composição</b>	<b>19</b>	<b>CUBETA ASTRA, DIMENSÃO 30/40/80</b>	<b>UN</b>				<b>141,60</b>
Insumo	101010	COMPRA DE CUBETA	UN	1,0000	-	MO	0,00
Insumo	99999	CUBETA ASTRA 30/40/80	UN	1,0000	141,60	MAT	141,60
<b>Composição</b>	<b>20</b>	<b>AÇO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM</b>	<b>KG</b>				<b>11,47</b>
Insumo	111111	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-60 GERDAU 5MM	KG	1,0000	8,40	MAT	8,40
Insumo	212121	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0597	32,06	MO	1,91
Insumo	222222	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0098	24,94	MO	0,24
Insumo	232323	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	26,75	MAT	0,66
Insumo	242424	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,3330	0,20	MAT	0,26
<b>Composição</b>	<b>21</b>	<b>AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM</b>	<b>KG</b>				<b>10,83</b>
Insumo	121212	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 6,3MM	KG	1,0000	7,76	MAT	7,76
Insumo	212121	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0597	32,06	MO	1,91
Insumo	222222	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0098	24,94	MO	0,24
Insumo	232323	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	26,75	MAT	0,66
Insumo	242424	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,3330	0,20	MAT	0,26
<b>Composição</b>	<b>22</b>	<b>AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM</b>	<b>KG</b>				<b>10,43</b>
Insumo	131313	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 8MM	KG	1,0000	7,76	MAT	7,76
Insumo	212121	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0403	32,06	MO	1,29
Insumo	222222	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0066	24,94	MO	0,16
Insumo	232323	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	26,75	MAT	0,66
Insumo	242424	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,3330	0,20	MAT	0,26
<b>Composição</b>	<b>23</b>	<b>AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM</b>	<b>KG</b>				<b>10,19</b>
Insumo	141414	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 10MM	KG	1,0000	7,40	MAT	7,40
Insumo	212121	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0259	32,06	MO	0,83
Insumo	222222	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0420	24,94	MO	1,04
Insumo	232323	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	26,75	MAT	0,66
Insumo	242424	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,3330	0,20	MAT	0,26
<b>Composição</b>	<b>24</b>	<b>AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 12,5MM</b>	<b>KG</b>				<b>8,61</b>
Insumo	151515	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 12,5MM	KG	1,0000	7,19	MAT	7,19
Insumo	212121	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0143	32,06	MO	0,45
Insumo	222222	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0023	24,94	MO	0,05
Insumo	232323	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	26,75	MAT	0,66
Insumo	242424	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,3330	0,20	MAT	0,26
<b>Composição</b>	<b>25</b>	<b>AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 16MM</b>	<b>KG</b>				<b>8,53</b>
Insumo	161616	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 16MM	KG	1,0000	7,19	MAT	7,19
Insumo	212121	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0121	32,06	MO	0,38
Insumo	222222	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0020	24,94	MO	0,04
Insumo	232323	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	26,75	MAT	0,66
Insumo	242424	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,3330	0,20	MAT	0,26
<b>Composição</b>	<b>26</b>	<b>AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 20MM</b>	<b>KG</b>				<b>8,49</b>
Insumo	171717	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 20MM	KG	1,0000	7,19	MAT	7,19
Insumo	212121	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0108	32,06	MO	0,34
Insumo	222222	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0018	24,94	MO	0,04
Insumo	232323	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	26,75	MAT	0,66
Insumo	242424	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,3330	0,20	MAT	0,26
<b>Composição</b>	<b>27</b>	<b>TERRAPLENAGEM E FUNDAÇÃO</b>	<b>UN</b>				<b>0,00</b>
Insumo	191919	TERRAPLENAGEM E FUNDAÇÃO	M²	1,0000	-	MAT	0,00
Insumo	202020	MO TERRAPLENAGEM E FUNDAÇÃO	UN	1,0000	-	MO	0,00
<b>Composição</b>	<b>28</b>	<b>MONTAGEM E DESMONTAGEM DE LAJE NERVURADA DO PAVIMENTO TERREO EM EPS</b>	<b>M2</b>				<b>591,40</b>
Insumo	252525	PAINEL DE EPS 20/40/40	UN	1,0000	17,50	MAT	17,50
Insumo	2692	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA TABUA NAO APARELHADA *2,5 X 20* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	L	0,0170	7,46	MAT	0,12
Insumo	6193	PRÉGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA DUPLA 17X27 (21/2X11)	KG	3,8260	42,04	MAT	160,84
Insumo	40304	PRÉGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA DUPLA 17X27 (21/2X11)	KG	0,0810	19,65	MAT	1,59
Insumo	88262	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7300	24,86	MO	18,14
Insumo	88240	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3,9700	32,96	MO	130,85
Insumo	92271	FABRICAÇÃO DE FORMA PARA LAJES, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM. AF. 09/2020	M2	1,0200	237,11	MAT	241,85
Insumo	92273	FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTALETE, EM MADEIRA, PARA PE-DIREITO SIMPLES. AF. 09/2020	M	1,3480	15,22	MAT	20,51
<b>Composição</b>	<b>29</b>	<b>AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 25MM</b>	<b>KG</b>				<b>8,49</b>
Insumo	262626	AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 GERDAU 25MM	KG	1,0000	7,19	MAT	7,19
Insumo	212121	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0108	32,06	MO	0,34
Insumo	222222	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES - CORTADO E DOBRADO	H	0,0018	24,94	MO	0,04
Insumo	232323	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	26,75	MAT	0,66
Insumo	242424	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,3330	0,20	MAT	0,26

**APÊNDICE E**

**CUSTO DIRETO FINAL**

**AV**  
**ENGENHARIA**



2 CUSTO DIRETO			BDI: 31,23%	Fator K = 100,00%	CUSTOS			PREÇO VENDA: 8.850.458,13			
ITEM	CODIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO	CUSTO TOTAL	MÃO DE OBRA	OUTROS	BDI	PREÇO UNITARIO	PREÇO VENDA
											23.162,33 M0
1.1		INSTALAÇÕES DO CANTEIRO LIGAÇÕES PROVISÓRIAS			0,08%	17.650,18	3.290,10	14.360,08			7.277,04
1.1.1	02.101.000045.SER	LIGAÇÃO PROVISÓRIA DE LUZ E FORÇA PARA OBRA - INSTALAÇÃO MÍNIMA	UN	1,00	2.434,36	2.434,36	710,16	1.724,20	1,3123	3.194,61	3.194,61
1.1.2	02.101.000040.SER	LIGAÇÃO PROVISÓRIA DE ÁGUA PARA OBRA E INSTALAÇÃO SANITÁRIA PROVISÓRIA, PEQUENAS OBRAS - INSTALAÇÃO MÍNIMA	UN	1,00	3.110,89	3.110,89	544,71	2.566,19	1,3123	4.082,43	4.082,43
1.2		MONTAGEM DO BARRACO			0,17%	12.104,93	2.035,23	10.069,70			15.885,30
1.2.1	98525	LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF. 09/2020	M2	18.200,00	0,67	12.104,93	2.035,23	10.069,70	1,3123	0,87	15.885,30
2		ESTRUTURA DO PAVIMENTO TERREO			17,35%	1.226.239,29	129.328,10	1.096.911,18			1.609.193,82 M1
2.1		LAJE DO PAVIMENTO TERREO			17,35%	1.170.129,59	119.653,11	1.050.476,49			1.535.561,06
2.1.1		20 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM	KG	4.090,10	11,49	47.010,56	8.828,05	38.182,52	1,3123	15,08	61.691,96
2.1.2		21 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM	KG	4.464,70	10,84	48.414,06	9.636,58	38.777,48	1,3123	14,23	63.533,78
2.1.3		22 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM	KG	3.113,00	10,14	31.571,96	4.534,46	27.037,49	1,3123	13,31	41.431,88
2.1.4		23 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM	KG	6.472,40	10,21	66.103,81	12.154,09	53.949,72	1,3123	13,40	86.748,03
2.1.5		24 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 12,5MM	KG	4.709,20	8,64	40.693,00	2.429,10	38.263,90	1,3123	11,34	53.401,42
2.1.6		25 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 16MM	KG	4.582,20	8,56	39.238,09	2.006,11	37.231,98	1,3123	11,24	51.492,15
2.1.7		26 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 20MM	KG	3.891,00	8,52	33.137,66	1.521,93	31.615,74	1,3123	11,18	43.486,55
2.1.8		29 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 25MM	KG	1.943,60	8,52	16.552,65	760,22	15.792,43	1,3123	11,18	21.722,04
2.1.9	92446	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PE-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF. 09/2020	M2	607,70	490,87	298.302,34	56.587,82	241.714,52	1,3123	644,17	391.462,16
2.1.10	28	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE LAJE NERVURADA DO PAVIMENTO TERREO EM EPS	M2	1.253,10	275,83	345.645,33	20.651,09	324.994,24	1,3123	361,97	453.590,37
2.1.11	13	ACABAMENTO	M3	367,80	553,18	203.460,12	543,65	202.916,47	1,3123	725,94	267.000,71
2.2		PILARES DO PAVIMENTO TERREO			0,83%	56.109,70	9.675,00	46.434,70			73.632,75
2.2.1	11	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE PILARES CIRCULARES, COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,28M2, PE-DIREITO DUPLO EM PAPELÃO	M	15,00	574,69	8.620,34	299,11	8.321,23	1,3123	754,16	11.312,47
2.2.2	92427	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	357,20	77,11	27.542,23	9.310,21	18.232,02	1,3123	101,19	36.143,67
2.2.3	12	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=45MPA E AUTO ADENSÁVEL, COM USO DE BOMBA	M3	26,50	752,72	19.947,12	65,67	19.881,45	1,3123	987,80	26.176,61
3		ESTRUTURA DO 1º PAVIMENTO			15,61%	1.108.929,52	133.577,42	975.352,10			1.455.248,21 M2
3.1		LAJE DO 1º PAVIMENTO			15,61%	1.052.819,82	123.902,42	928.917,40			1.381.615,45
3.1.1		20 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM	KG	2.182,90	11,49	25.089,65	4.711,55	20.378,10	1,3123	15,08	32.925,14
3.1.2		21 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM	KG	2.669,33	10,84	28.945,51	5.761,46	23.184,05	1,3123	14,23	37.985,19
3.1.3		22 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM	KG	5.272,13	10,14	53.469,77	7.679,50	45.790,28	1,3123	13,31	80.128,33
3.1.4		23 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM	KG	6.227,28	10,21	63.600,36	11.693,80	51.906,56	1,3123	13,40	83.462,75
3.1.5		24 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 12,5MM	KG	8.202,71	8,64	70.880,99	4.231,12	66.649,87	1,3123	11,34	93.017,13
3.1.6		25 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 16MM	KG	6.437,12	8,56	55.122,10	2.818,21	52.303,89	1,3123	11,24	72.336,73
3.1.7		26 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 20MM	KG	7.286,87	8,52	62.058,54	2.850,19	59.208,35	1,3123	11,18	81.439,42
3.1.8		29 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 25MM	KG	4.652,96	8,52	39.626,92	1.819,96	37.806,96	1,3123	11,18	52.002,41
3.1.9	14	CUBETA ASTRÁ, DIMENSÃO 20/80/80	UN	729,00	187,15	136.432,35	0,00	136.432,35	1,3123	245,60	179.040,17
3.1.10	15	CUBETA ASTRÁ, DIMENSÃO 20/40/80	UN	345,00	96,75	33.378,75	0,00	33.378,75	1,3123	126,97	43.802,93
3.1.11	16	CUBETA ASTRÁ, DIMENSÃO 25/80/80	UN	554,00	225,16	34.674,64	0,00	34.674,64	1,3123	295,48	45.505,53
3.1.12	17	CUBETA ASTRÁ, DIMENSÃO 25/40/80	UN	94,00	135,08	12.697,52	0,00	12.697,52	1,3123	177,22	16.662,96
3.1.13	18	CUBETA ASTRÁ, DIMENSÃO 30/80/80	UN	78,00	239,71	18.697,38	0,00	18.697,38	1,3123	314,57	24.536,57
3.1.14	19	CUBETA ASTRÁ, DIMENSÃO 30/40/80	UN	31,00	141,59	4.389,29	0,00	4.389,29	1,3123	185,81	5.760,07
3.1.15	92464	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	607,70	149,76	91.007,80	31.849,12	59.158,68	1,3123	196,53	119.429,53
3.1.16	92488	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO DUPLO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	431,15	135,43	58.390,73	24.946,21	33.444,52	1,3123	177,73	76.626,16
3.1.17	92490	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	560,00	86,57	48.476,58	23.133,98	25.342,60	1,3123	113,60	63.615,82
3.1.18	92522	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE LAJE MACIÇA, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	45,10	48,49	2.186,97	1.836,33	350,64	1,3123	63,64	2.869,96
3.1.19	13	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=45MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADEQUAMENTO E ACABAMENTO	M3	386,30	553,18	213.693,97	571,00	213.122,98	1,3123	725,94	280.430,60
3.2		PILARES DO 1º PAVIMENTO			0,83%	56.109,70	9.675,00	46.434,70			73.632,75
3.2.1	11	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE PILARES CIRCULARES, COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,28M2, PE-DIREITO DUPLO EM PAPELÃO	M	15,00	574,69	8.620,34	299,11	8.321,23	1,3123	754,16	11.312,47
3.2.2	92427	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	357,20	77,11	27.542,23	9.310,21	18.232,02	1,3123	101,19	36.143,67
3.2.3	12	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=45MPA E AUTO ADENSÁVEL, COM USO DE BOMBA	M3	26,50	752,72	19.947,12	65,67	19.881,45	1,3123	987,80	26.176,61
4		ESTRUTURA DO 2º PAVIMENTO			11,94%	861.953,48	132.917,03	729.036,45			1.131.141,55 M3
4.1		LAJE DO 2º PAVIMENTO			11,94%	805.843,78	123.242,03	682.601,75			1.057.508,80
4.1.1		20 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM	KG	2.150,56	11,49	24.717,95	4.641,75	20.076,20	1,3123	15,08	32.437,36
4.1.2		21 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM	KG	2.619,90	10,84	28.409,48	5.654,77	22.754,71	1,3123	14,23	37.281,76
4.1.3		22 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM	KG	5.174,50	10,14	52.479,59	7.537,28	44.942,31	1,3123	13,31	68.868,97
4.1.4		23 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM	KG	6.158,09	10,21	62.893,69	11.563,87	51.329,82	1,3123	13,40	82.535,38
4.1.5		24 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 12,5MM	KG	8.050,83	8,64	69.568,38	4.152,77	65.415,62	1,3123	11,34	91.294,59
4.1.6		25 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 16MM	KG	6.317,92	8,56	54.101,32	2.766,02	51.335,30	1,3123	11,24	70.997,16
4.1.7		26 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 20MM	KG	7.165,42	8,52	61.024,23	2.802,68	58.221,55	1,3123	11,18	80.082,10
4.1.8		29 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 25MM	KG	4.566,80	8,52	38.893,09	1.786,26	37.106,83	1,3123	11,18	51.039,40
4.1.9	92464	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	607,70	149,76	91.007,80	31.849,12	59.158,68	1,3123	196,53	119.429,53
4.1.10	92488	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO DUPLO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	431,15	135,43	58.390,73	24.946,21	33.444,52	1,3123	177,73	76.626,16
4.1.11	92490	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	560,00	86,57	48.476,58	23.133,98	25.342,60	1,3123	113,60	63.615,82
4.1.12	92522	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE LAJE MACIÇA, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	45,10	48,49	2.186,97	1.836,33	350,64	1,3123	63,64	2.869,96
4.1.13	13	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=45MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADEQUAMENTO E ACABAMENTO	M3	386,30	553,18	213.693,97	571,00	213.122,98	1,3123	725,94	280.430,60
4.2		PILARES DO 2º PAVIMENTO			0,83%	56.109,70	9.675,00	46.434,70			73.632,75
4.2.1	11	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE PILARES CIRCULARES, COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,28M2, PE-DIREITO DUPLO EM PAPELÃO	M	15,00	574,69	8.620,34	299,11	8.321,23	1,3123	754,16	11.312,47
4.2.2	92427	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FôrMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF. 09/2020	M2	357,20	77,11	27.542,23	9.310,21	18.232,02	1,3123	101,19	36.143,67
4.2.3	12	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=45MPA E AUTO ADENSÁVEL, COM USO DE BOMBA	M3	26,50	752,72	19.947,12	65,67	19.881,45	1,3123	987,80	26.176,61
5		ESTRUTURA DO 3º PAVIMENTO			11,84%	855.121,03	132.185,86	722.935,17			1.122.175,32 M4
5.1		LAJE DO 3º PAVIMENTO			11,84%	799.011,33	122.510,86	676.500,47			1.048.542,57
5.1.1		20 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM	KG	2.118,22	11,49	24.346,25	4.571,95	19.774,30	1,3123	15,08	31.949,58
5.1.2		21 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM	KG	2.570,46	10,84	27.873,45	5.548,07	22.325,38	1,3123	14,23	36.578,33
5.1.3		22 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM	KG	5.076,86	10,14	51.489,41	7.395,07	44.094,34	1,3123	13,31	67.569,56
5.1.4		23 AÇO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM	KG	6.04							

5.1.13	13	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=45MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADEQUAMENTO E ACABAMENTO	M3	386,30		553,18	213.693,97	571,00	213.122,98	1,3123	725,94	280.430,60
<b>5.2</b>		<b>PILARES DO 3º PAVIMENTO</b>			<b>0,83%</b>		<b>56.109,70</b>	<b>9.675,00</b>	<b>46.434,70</b>			<b>73.632,75</b>
5.2.1	11	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES CIRCULARES, COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,28M², PE-DIREITO DUPLO EM PAPELÃO	M	15,00		574,69	8.620,34	299,11	8.321,23	1,3123	754,16	11.312,47
5.2.2	92427	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	357,20		77,11	27.542,23	9.310,21	18.232,02	1,3123	101,19	36.143,67
5.2.3	12	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=45MPA E AUTO ADENSÁVEL, COM USO DE BOMBA	M3	26,50		752,72	19.947,12	65,67	19.881,45	1,3123	987,80	26.176,61
<b>6</b>		<b>ESTRUTURA DO 4º PAVIMENTO</b>					<b>843.030,11</b>	<b>131.400,56</b>	<b>711.629,54</b>			<b>1.106.308,41</b>
<b>6.1</b>		<b>LAJE DO 4º PAVIMENTO</b>			<b>11,38%</b>		<b>767.876,55</b>	<b>121.662,86</b>	<b>646.213,69</b>			<b>1.007.684,40</b>
6.1.1	20	ACO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM	KG	2.073,75		11,49	23.835,17	4.475,97	19.359,19	1,3123	15,08	31.278,89
6.1.2	21	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM	KG	2.521,03		10,84	27.337,43	5.441,38	21.896,05	1,3123	14,23	35.874,90
6.1.3	22	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM	KG	4.979,23		10,14	50.499,23	7.252,86	43.246,37	1,3123	13,31	66.270,14
6.1.4	23	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM	KG	5.881,32		10,21	60.067,00	11.044,14	49.022,86	1,3123	13,40	78.825,93
6.1.5	24	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 12,5MM	KG	7.747,00		8,64	66.943,16	3.996,06	62.947,10	1,3123	11,34	87.849,51
6.1.6	25	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 16MM	KG	6.079,51		8,56	52.059,76	2.861,64	49.398,11	1,3123	11,24	68.318,02
6.1.7	26	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 20MM	KG	6.882,04		8,52	58.610,84	2.691,84	55.919,00	1,3123	11,18	76.915,01
6.1.8	29	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 25MM	KG	4.394,47		8,52	37.425,43	1.718,85	35.706,57	1,3123	11,18	49.113,39
6.1.9	92464	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	609,70		149,76	91.307,31	31.953,94	59.353,37	1,3123	196,53	119.822,59
6.1.10	92488	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO DUPLO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	431,15		135,43	58.390,73	24.946,21	33.444,52	1,3123	177,73	76.626,16
6.1.11	92490	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	560,00		86,57	48.476,58	23.133,98	25.342,60	1,3123	113,60	63.615,82
6.1.12	92522	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE LAJE MACIÇA, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	45,10		48,49	2.186,97	1.836,33	350,64	1,3123	63,64	2.869,96
6.1.13	13	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=45MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADEQUAMENTO E ACABAMENTO	M3	344,80		553,18	190.736,95	509,65	190.227,29	1,3123	725,94	250.304,09
<b>6.2</b>		<b>PILARES DO 4º PAVIMENTO</b>			<b>1,11%</b>		<b>75.153,55</b>	<b>9.737,70</b>	<b>65.415,85</b>			<b>98.624,01</b>
6.2.1	11	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES CIRCULARES, COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,28M², PE-DIREITO DUPLO EM PAPELÃO	M	15,00		574,69	8.620,34	299,11	8.321,23	1,3123	754,16	11.312,47
6.2.2	92427	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	357,20		77,11	27.542,23	9.310,21	18.232,02	1,3123	101,19	36.143,67
6.2.3	12	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=45MPA E AUTO ADENSÁVEL, COM USO DE BOMBA	M3	51,80		752,72	38.990,98	128,37	38.862,60	1,3123	987,80	51.167,86
<b>7</b>		<b>ESTRUTURA DO 5º PAVIMENTO</b>					<b>842.950,67</b>	<b>130.520,52</b>	<b>712.430,15</b>			<b>1.106.204,17</b>
<b>7.1</b>		<b>LAJE DO 5º PAVIMENTO</b>			<b>11,38%</b>		<b>767.797,12</b>	<b>120.782,83</b>	<b>647.014,29</b>			<b>1.007.580,16</b>
7.1.1	20	ACO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM	KG	2.021,20		11,49	23.231,16	4.362,55	18.868,61	1,3123	15,08	30.486,25
7.1.2	21	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM	KG	2.471,60		10,84	26.801,40	5.334,69	21.466,71	1,3123	14,23	35.171,47
7.1.3	22	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM	KG	4.881,60		10,14	49.509,05	7.110,65	42.398,40	1,3123	13,31	64.970,73
7.1.4	23	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM	KG	5.766,00		10,21	58.889,22	10.827,59	48.061,63	1,3123	13,40	77.280,32
7.1.5	24	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 12,5MM	KG	7.595,10		8,64	65.630,55	3.917,70	61.712,85	1,3123	11,34	86.176,27
7.1.6	25	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 16MM	KG	5.960,30		8,56	51.038,98	2.609,46	48.429,52	1,3123	11,24	66.978,45
7.1.7	26	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 20MM	KG	6.747,10		8,52	57.461,61	2.639,06	54.822,55	1,3123	11,18	75.406,87
7.1.8	29	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 25MM	KG	4.308,30		8,52	36.691,59	1.685,15	35.006,45	1,3123	11,18	48.150,38
7.1.9	92464	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	607,70		149,76	91.007,80	31.849,12	59.158,68	1,3123	196,53	119.429,53
7.1.10	92488	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO DUPLO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	431,15		135,43	58.390,73	24.946,21	33.444,52	1,3123	177,73	76.626,16
7.1.11	92490	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	560,00		86,57	48.476,58	23.133,98	25.342,60	1,3123	113,60	63.615,82
7.1.12	92522	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE LAJE MACIÇA, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	45,10		48,49	2.186,97	1.836,33	350,64	1,3123	63,64	2.869,96
7.1.13	13	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=45MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADEQUAMENTO E ACABAMENTO	M3	358,80		553,18	198.481,49	530,35	197.951,14	1,3123	725,94	260.467,25
<b>7.2</b>		<b>PILARES DO 5º PAVIMENTO</b>			<b>1,11%</b>		<b>75.153,55</b>	<b>9.737,70</b>	<b>65.415,85</b>			<b>98.624,01</b>
7.2.1	11	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES CIRCULARES, COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,28M², PE-DIREITO DUPLO EM PAPELÃO	M	15,00		574,69	8.620,34	299,11	8.321,23	1,3123	754,16	11.312,47
7.2.2	92427	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	357,20		77,11	27.542,23	9.310,21	18.232,02	1,3123	101,19	36.143,67
7.2.3	12	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=45MPA E AUTO ADENSÁVEL, COM USO DE BOMBA	M3	51,80		752,72	38.990,98	128,37	38.862,60	1,3123	987,80	51.167,86
<b>8</b>		<b>ESTRUTURA DA COBERTURA</b>					<b>819.491,49</b>	<b>129.157,59</b>	<b>690.333,90</b>			<b>1.075.418,68</b>
<b>8.1</b>		<b>LAJE DA COBERTURA</b>			<b>11,82%</b>		<b>797.718,26</b>	<b>126.055,75</b>	<b>671.662,51</b>			<b>1.046.845,68</b>
8.1.1	20	ACO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM	KG	2.421,90		11,49	27.836,70	5.227,41	22.609,28	1,3123	15,08	36.530,10
8.1.2	21	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM	KG	2.433,70		10,84	26.390,42	5.252,88	21.137,54	1,3123	14,23	34.632,15
8.1.3	22	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM	KG	6.572,10		10,14	66.654,05	9.573,07	57.080,99	1,3123	13,31	87.470,12
8.1.4	23	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM	KG	4.472,70		10,21	45.680,51	8.398,99	37.281,52	1,3123	13,40	59.946,53
8.1.5	24	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 12,5MM	KG	5.436,70		8,64	46.979,45	2.804,36	44.175,09	1,3123	11,34	61.651,13
8.1.6	25	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 16MM	KG	6.805,80		8,56	58.279,13	2.975,62	55.299,51	1,3123	11,24	76.479,70
8.1.7	26	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 20MM	KG	8.019,70		8,52	68.299,69	3.136,83	65.162,87	1,3123	11,18	89.629,69
8.1.8	29	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 25MM	KG	5.515,10		8,52	46.969,29	2.157,18	44.812,12	1,3123	11,18	61.637,80
8.1.9	92464	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	688,40		149,76	103.093,25	36.078,55	67.014,70	1,3123	196,53	135.289,27
8.1.10	92488	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO DUPLO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	431,15		135,43	58.390,73	24.946,21	33.444,52	1,3123	177,73	76.626,16
8.1.11	92490	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	560,00		86,57	48.476,58	23.133,98	25.342,60	1,3123	113,60	63.615,82
8.1.12	92522	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE LAJE MACIÇA, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	45,10		48,49	2.186,97	1.836,33	350,64	1,3123	63,64	2.869,96
8.1.13	13	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=45MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADEQUAMENTO E ACABAMENTO	M3	358,80		553,18	198.481,49	530,35	197.951,14	1,3123	725,94	260.467,25
<b>8.2</b>		<b>PILARES DA COBERTURA</b>			<b>0,32%</b>		<b>21.773,23</b>	<b>3.101,85</b>	<b>18.671,38</b>			<b>28.573,01</b>
8.2.1	92427	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	117,40		77,11	9.052,24	3.059,96	5.992,27	1,3123	101,19	11.879,25
8.2.2	12	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=45MPA E AUTO ADENSÁVEL, COM USO DE BOMBA	M3	16,90		752,72	12.720,99	41,88	12.679,11	1,3123	987,80	16.693,76
<b>9</b>		<b>ESTRUTURA DA LAJE DO RESERVATÓRIO</b>					<b>168.868,13</b>	<b>25.726,67</b>	<b>143.141,46</b>			<b>221.605,64</b>
<b>9.1</b>		<b>LAJE DO RESERVATÓRIO</b>			<b>2,5%</b>		<b>168.868,13</b>	<b>25.726,67</b>	<b>143.141,46</b>			<b>221.605,64</b>
9.1.1	20	ACO CORTADO E DOBRADO CA-60 5MM	KG	784,00		11,49	9.011,10	1.692,18	7.318,91	1,3123	15,08	11.825,76
9.1.2	21	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 6,3MM	KG	666,30		10,84	7.225,19	1.438,14	5.787,05	1,3123	14,23	9.481,61
9.1.3	22	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 8MM	KG	513,30		10,14	5.205,87	747,68	4.458,19	1,3123	13,31	6.831,67
9.1.4	23	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 10MM	KG	1.009,60		10,21	10.311,23	1.895,86	8.415,37	1,3123	13,40	13.531,43
9.1.5	24	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 12,5MM	KG	999,60		8,64	8.637,71	515,61	8.122,10	1,3123	11,34	11.335,27
9.1.6	25	ACO CORTADO E DOBRADO CA-50 16MM	KG	2.244,80		8,56						

**APÊNDICE F**

**GRÁFICO DE GANTT**

**AV**  
**ENGENHARIA**



№	Имя задачи	Начало	Конец	Ресурс	Тип
1	Инициализация проекта	0	1	1	1
2	Определение целей и задач	1	2	1	1
3	Анализ рисков	2	3	1	1
4	Планирование бюджета	3	4	1	1
5	Организация команды	4	5	1	1
6	Сбор требований	5	6	1	1
7	Анализ требований	6	7	1	1
8	Проектирование архитектуры	7	8	1	1
9	Разработка программного обеспечения	8	9	1	1
10	Тестирование	9	10	1	1
11	Внедрение системы	10	11	1	1
12	Обучение пользователей	11	12	1	1
13	Оценка результатов	12	13	1	1
14	Закрытие проекта	13	14	1	1

