

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE ENGENHARIA, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ÉRICK LUÍS DE FARIA  
GUSTAVO SPINARDI DE QUADROS

PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIO DE PEQUENO PORTE: COMPARATIVO  
DE SOLICITAÇÕES OBTIDAS PELOS *SOFTWARES* EBERICK E ROBOT  
STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL, E DETALHAMENTO CONFORME A  
ABNT NBR 6118:2014 UTILIZANDO O EBERICK

PONTA GROSSA  
2022

ÉRICK LUÍS DE FARIA  
GUSTAVO SPINARDI DE QUADROS

PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIO DE PEQUENO PORTE: COMPARATIVO  
DE SOLICITAÇÕES OBTIDAS PELOS *SOFTWARES* EBERICK E ROBOT  
STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL, E DETALHAMENTO CONFORME A  
ABNT NBR 6118:2014 UTILIZANDO O EBERICK

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil na Universidade Estadual de  
Ponta Grossa.  
Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luiz Schulz

PONTA GROSSA  
2022

ÉRICK LUÍS DE FARIA  
GUSTAVO SPINARDI DE QUADROS

PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIO DE PEQUENO PORTE: COMPARATIVO  
DE SOLICITAÇÕES OBTIDAS PELOS *SOFTWARES* EBERICK E ROBOT  
STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL, E DETALHAMENTO CONFORME A  
ABNT NBR 6118:2014 UTILIZANDO O EBERICK

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Civil na Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Ponta Grossa, 05 de dezembro de 2022.

---

Prof. Dr. Sérgio Luiz Schulz

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

---

Prof. Me. Fernanda Brekhalio

Departamento de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Ponta Grossa

---

Prof. Me. Leticia Col Debella Santos

Departamento de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Ponta Grossa

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer em primeiro lugar aos nossos pais, os quais nos deram apoio para estar realizando os nossos sonhos em todos os momentos de nossas vidas para que cumpríssemos nossos propósitos.

Ao nosso orientador Prof. Dr. Sérgio Luiz Schulz, o qual acreditou em nós e nos proporcionou grande conhecimento durante meses de trabalho em conjunto.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, a qual colaborou com a nossa formação, nos proporcionando os melhores professores.

Às professoras Me. Fernanda Brekailo e Me. Leticia Col Debella Santos por comporem a nossa banca.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a elaboração do projeto estrutural do edifício que irá abrigar o "Hub de Inovação Tecnológica", de pequeno porte, com localização entre o Bloco F e o Bloco G do Campus de Uvaranas da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). A partir do projeto arquitetônico, fornecido pela Pró-Reitoria de Planejamento da UEPG, foi proposto o desenvolvimento do projeto estrutural em concreto armado moldado *in loco* utilizando dois *softwares* para o lançamento estrutural: Eberick e Robot Strutral Analysis Professional. Posteriormente, foi feita uma análise comparativa entre os resultados dos programas computacionais visando entender os esforços solicitantes tais como torção, flexão, cisalhamento e deslocamentos dos elementos analisados em cada uma das análises estruturais e também foi feito uma análise comparativa de cargas nas fundações. Ao final, foi feito o detalhamento do projeto estrutural executivo no Eberick, que será cedido a instituição. O conhecimento teórico adquirido durante o curso, e a consulta à bibliografia especializada e aos manuais de utilização dos *softwares*, foram essenciais para o desenvolvimento do projeto buscando economia, facilidade executiva e um dimensionamento de acordo com as normas técnicas vigentes.

**Palavras-chave:** Projeto estrutural. Eberick. Robot Strutral Analysis Professional.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quatro níveis de abstração referente a uma estrutura na análise estrutural .....	16
Figura 2 - Considerações de carregamento de ventos.....	18
Figura 3 - Quadro de Cargas Típicas em Lajes Eberick.....	20
Figura 4 - Quadro de Cargas Típicas de Paredes.....	22
Figura 5 - Informações de Caixa de Água.....	20
Figura 6 - Peso de Caixa de Água em lajes .....	21
Figura 7 - Junta de Dilatação .....	23
Figura 8 - Planta de eixos do projeto estrutural Robot .....	25
Figura 9 - Pilares no cruzamento de eixos Robot.....	26
Figura 10 - Vigas sobre os eixos Robot .....	26
Figura 11 - Lançamento analítico do Robot .....	27
Figura 12 - Cargas permanentes aplicadas sobre as vigas Robot.....	27
Figura 13 - Cargas nas Fundações .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 14 - Viga 1 Md (tf.m) Robot.....	31
Figura 15 – Viga 1 Md (tf.m) Eberick.....	31
Figura 16 - Viga 1 Mtd (tf.m) Robot .....	32
Figura 17 - Viga 1 Mtd (tf.m) Eberick.....	32
Figura 18- Viga 1 Vd (tf) Robot.....	32
Figura 19 - Viga 1 Vd (tf) Eberick .....	33
Figura 20 - Viga 1 d (cm) Robot .....	33
Figura 21 - Viga 1 d (cm) Eberick.....	33
Figura 22 - Viga 7 Md (tf.m) Robot.....	34
Figura 23 - Viga 7 Md (tf.m) Eberick.....	34

Figura 24 - Viga 7 Mtd (tf.m) Robot .....	34
Figura 25 - Viga 7 Mtd (tf.m) Eberick.....	34
Figura 26 - Viga 7 Vd (tf) Robot.....	35
Figura 27 - Viga 7 Vd (tf) Eberick .....	35
Figura 28 - Viga 7 d (cm) Robot .....	35
Figura 29 - Viga 7 d (cm) Eberick.....	35
Figura 30 - Viga 14 Mtd (tf.m) Robot .....	36
Figura 31 - Viga 14 Md (tf.m) Eberick.....	36
Figura 32 - Viga 14 Mtd (tf.m) Robot .....	36
Figura 33 - Viga 14 Mtd (tf.m) Eberick.....	36
Figura 34 - Viga 14 Vd (tf) Robot.....	37
Figura 35 - Viga 14 Vd (tf) Eberick .....	37
Figura 36 - Viga 14 d (cm) Robot .....	37
Figura 37 - Viga 14 d (cm) Eberick.....	38
Figura 38 - Viga 19 Md (tf.m) Robot.....	38
Figura 39 – Viga 19 Md (tf.m) Eberick.....	38
Figura 40 - Viga 19 Mtd (Tf.m) Robot.....	39
Figura 41 - Viga 19 Mtd (tf.m) Eberick.....	39
Figura 42 - Viga 19 Vd (tf) Robot.....	39
Figura 43 - Viga 19 Vd (tf) Eberick .....	40
Figura 44 - Viga 19 d (cm) Robot .....	40
Figura 45 - Viga 19 d (cm) Eberick.....	40
Figura 46 - Deslocamentos ELS Eberick.....	41
Figura 47 - Deslocamentos ELU Eberick .....	41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de Agressividade Ambiental .....	14
Quadro 2 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto .....	14
Quadro 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para variação de cobrimento de 10 mm.....	15



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Comparativo de cargas nas fundações .....	29
Tabela 2 - Dados de esforços internos máximos nas vigas .....	42
Tabela 3 - Comparativo de esforços internos e deslocamentos do Robot em relação ao Eberick .....	42

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	6
1.2	OBJETIVOS	7
1.2.1	Objetivo geral	7
1.2.2	Objetivos específicos	7
1.3	JUSTIFICATIVA	8
1.4	METODOLOGIA	8
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>10</b>
2.1	TRABALHOS REALIZADOS NA ÁREA DE ANÁLISE	10
2.2	REVISÃO DE NORMATIVAS	10
2.2.1	Atendimento às normas técnicas	10
2.2.2	ABNT NBR 6118:2014	11
2.2.3	ABNT NBR 6120:2019	11
2.2.4	ABNT NBR 6123:1988	11
2.2.5	ABNT NBR 8681:2003	12
2.3	COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS	12
2.3.1	Concreto armado	12
2.3.2	Parâmetros de durabilidade em estruturas de concreto armado	13
2.4	AÇÕES E COMBINAÇÕES ATUANTES EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS	15
2.5	MODELOS DE ANÁLISE ESTRUTURAL	16
2.6	PROJETO ARQUITETÔNICO	17
<b>3</b>	<b>PROJETO ESTRUTURAL</b>	<b>18</b>
3.1	CRITÉRIOS	18
3.1.1	Critérios Adotados para carregamentos de vento no Eberick	18
3.1.2	Classes de agressividade e cobrimentos adotados	19
3.1.3	Cargas Permanentes e Acidentais	19
3.1.4	Junta de Dilatação	22
3.2	MODELAGEM NO SOFTWARE EBERICK	23
3.2.1	Modelo de Análise Estrutural Eberick	23

3.2.2 Ponto Crítico do projeto .....	24
3.3 DETALHAMENTO DO PROJETO ESTRUTURAL .....	24
3.4 MODELAGEM E LANÇAMENTO NO SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS.....	24
<b>4 ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>44</b>
<b>APÊNDICE A – PROJETO ESTRUTURAL.....</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE B – PROJETO ARQUITETÔNICO.....</b>	<b>47</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com Kimura (2018), pode-se segmentar de forma simplificada em quatro etapas principais um projeto estrutural, como: definição de dados ou concepção estrutural, análise estrutural, dimensionamento, detalhamento e emissão de plantas finais:

- a) concepção estrutural: nesta etapa são definidos os materiais, o pré-dimensionamento dos elementos e as ações atuantes na estrutura. Uma adequada concepção estrutural pode agilizar os próximos passos do projeto e trazer economia, desempenho e segurança;
- b) análise estrutural: dada concepção estrutural e um lançamento adequado, o *software* realizará os cálculos de acordo com os carregamentos e ações imputados pelo projetista estrutural e trará como resultados os esforços solicitantes nos elementos estruturais bem como deslocamentos em elementos específicos e no elemento global, ou seja, a edificação, buscando simulação real da estrutura;
- c) dimensionamento e detalhamento: neste próximo passo, o *software* utilizado realiza os cálculos de armadura necessária nos elementos estruturais de acordo com o que cada elemento necessita, seguindo norma técnica vigente. Após isto, o sistema operacional gera um detalhamento simplificado das armaduras, dessa forma sendo necessária verificações e edições pelo engenheiro, com visão crítica no assunto;
- d) emissão de plantas: as plantas são o resultado final do projeto estrutural e devem conter todos os elementos básicos para o completo entendimento de como a edificação deve ser executada. Os *softwares* em geral fazem esta etapa de modo automatizado havendo pouca necessidade de detalhamento em demais *softwares* como Autocad para a geração das plantas.

A sequência lógica de desenvolvimento apresentada acima se manteve durante a evolução da tecnologia, porém a chegada de tecnologias afetou na automatização dos cálculos e detalhamentos.

A evolução da tecnologia proporcionou que projetos estruturais fossem feitos de forma mais eficiente. De inícios projetistas estruturais gastavam horas calculando estruturas a mão ou com régua e cálculo, e todas as etapas dos cálculos de uma maneira ou outra passavam por uma análise com critérios específicos para a continuação dos cálculos.

As ferramentas de informática, a evolução dos materiais e o conhecimento técnico desenvolvido proporcionou que engenheiros de estruturas conseguissem conceber projetos de maneira mais segura, eficiente e econômica; contudo, também podemos perceber que esta agilidade causada pelos *softwares* desencadeou um menor nível de rigor na verificação e análise dos cálculos de um projeto. Com isto surge a importância da análise das ações, reações, parâmetros globais e detalhamentos dos projetos concebidos por *softwares* com um olhar crítico.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é a análise e o desenvolvimento do projeto estrutural executivo em concreto armado do Hub de Inovação Tecnológica para a Universidade Estadual de Ponta Grossa, utilizando o *software* Eberick.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) desenvolver o projeto estrutural baseado no projeto arquitetônico disponibilizado pela Pró-Reitoria de Planejamento – Proplan;
- b) aplicar e compreender com maior clareza conceitos e dimensionamentos ensinados no decorrer da graduação, e como utilizar corretamente os *softwares*;
- c) lançar a mesma concepção estrutural nos *softwares* Eberick e Robot Structural Analysis, e comparar solicitações internas e deformações nas vigas mais carregadas, e reações dos pilares nas fundações;
- d) Elaborar resumo de material para o projeto estrutural tendo por base os resultados do *software* Eberick;
- e) Fazer o detalhamento estrutural seguindo as normas técnicas, utilizando o Eberick, e doá-lo para a UEPG.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Os programas de cálculo estrutural podem utilizar métodos de cálculo diferentes entre si, e ainda que sigam as mesmas normas podem apresentar diferentes resultados. Desta forma, se faz necessário analisar as diferenças de cálculo obtidos de um modelo estrutural semelhante em diferentes *softwares*, visto que isto pode influenciar na qualidade, tempo de execução, tempo de análise para que os resultados obtidos apresentem menor custo, sem afetar a segurança e conforto. Buscar entender quais diferenças os programas podem apresentar em seu dimensionamento e detalhamento é fundamental para o correto lançamento e isto promove maior segurança do projetista quanto ao dimensionamento no programa.

Associado isto, com o aumento da demanda por espaços físicos por parte da UEPG se faz necessário a ampliação das áreas existente e criação de novos edifícios, como os desenvolvidos neste projeto. Neste intuito, o projeto estrutural a ser desenvolvido será doado a Universidade Estadual de Ponta Grossa para que possa ser realizado o empreendimento colaborando com desenvolvimento da sociedade que o utilizará. Neste projeto serão aplicados os conhecimentos adquiridos durante os anos de estudo na universidade, buscando maneiras de facilitar a compreensão e execução dos projetos desenvolvidos.

### 1.4 METODOLOGIA

O método utilizado para o desenvolvimento deste trabalho foi de pesquisar na bibliografia artigos, dissertações, monografias, livros e normas com abordagem voltada para a área de projetos de estruturas de concreto armado, e que também fizessem comparações entre os resultados de *softwares* utilizados para cálculos estruturais.

Com o projeto arquitetônico em mãos, foi feito o lançamento e modelagem estrutural nos *softwares* Eberick e Robot Structural Analysis, buscando respeitar as imposições arquitetônicas do Hub de Inovação Tecnológica. O levantamento de cargas foi realizado de acordo com cada tipologia de ambientes do projeto, o qual foi aplicado à estrutura modelada igualmente em ambos os programas computacionais.

Para uma correta modelagem e análise dos resultados, foram consultados os manuais de utilização disponibilizados pelas empresas responsáveis por cada um dos programas, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos entre os dados obtidos por cada um deles. Foram comparadas as solicitações estruturais, reações de apoios

e cargas nas fundações, de alguns elementos estruturais do projeto obtidas com os dois *softwares*.

Com o projeto estrutural dimensionado no Eberick de acordo com as normas técnicas vigentes, com o intuito de ceder o projeto executivo à UEPG foi realizado o seu detalhamento, adequado ao padrão da instituição.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TRABALHOS REALIZADOS NA ÁREA DE ANÁLISE

A existência de vários *softwares* de cálculo estrutural disponíveis para serem utilizados faz com que os usuários iniciantes fiquem em dúvida sobre qual é o melhor a ser utilizado, sendo fundamental que eles respeitem as normas vigentes ou tenham maneiras de configurá-los e deixá-los conforme normativa. A facilidade de utilizar o programa de cálculo e a confiabilidade dos resultados são pontos benéficos.

De acordo com Bara e Scheidt (2021, p. 47), o CAD/TQS utiliza o modelo de grelha para as análises das lajes de forma separada, e o modelo de pórtico espacial para a análise global da edificação. Já o CypeCAD utiliza o método de elementos finitos para analisar as tensões, deslocamentos e deformações de toda a estrutura. A título de comparação, utilizando a mesma estrutura nos dois *softwares*, as autoras obtiveram a análise na qual os resultados das cargas totais da fundação e consumo de aço do edifício analisado são maiores no CAD/TQS, em relação ao CypeCAD.

Segundo Sabadin (2018, p. 137), o TQS é fácil de ser utilizado, porém, em algumas funções falta que os manuais apresentem a forma de cálculo utilizada no programa, dessa forma prejudicando o uso. A conclusão do autor apresenta resultados de análise do TQS que na maioria dos casos se aproximam muito do método dos elementos finitos utilizado pelo Robot Structural Analysis, porém em algumas situações o TQS não passa confiança em seus resultados, como exemplo, em um dos pilares analisados o TQS apresenta tração e, no entanto, o Robot apresenta compressão.

De acordo com Souza e Cunha (2021, p. 32), no modelo estrutural elaborado no TQS e no Eberick, considerando o método de pórtico espacial, os resultados ficaram próximos. Fazendo a análise comparativa do consumo de aço necessário no empreendimento, o TQS necessitou de uma quantidade maior que o Eberick.

### 2.2 REVISÃO DE NORMATIVAS

#### 2.2.1 Atendimento às normas técnicas

De acordo com Kimura (2018) o projeto estrutural deve seguir as normas técnicas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ou norma internacional na falta de norma brasileira. Como exemplo um projeto seguindo a NBR



6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto armado ou protendido – Procedimento, atende os requisitos do código de defesa do consumidor.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) apresenta algumas similaridades com normas internacionais, como exemplo a Eurocode 2, EHE – 99 e a ACI – 318. Além de apresentar todo o seu conteúdo de forma organizada, a norma possui uma sequência lógica das etapas necessárias para realizar o projeto estrutural (KIMURA, 2018).

#### 2.2.2 ABNT NBR 6118:2014

A NBR 6118 (ABNT, 2014) é a norma que define os principais valores, critérios, combinações de ações, classe de resistência, limites, coeficientes de ponderação, além de apresentar várias formulas para a obtenção de parâmetros para serem utilizados em cálculos manuais ou automáticos com o auxílio de *softwares*. Esta norma, de acordo com Kimura (2018), faz a citação de várias normas complementares, tais como:

- a) NBR 6120:2019 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações – Procedimento;
- b) NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento;
- c) NBR 8681:2003 – Ações e segurança de estruturas – Procedimento.

#### 2.2.3 ABNT NBR 6120:2019

A NBR 6120 (ABNT, 2019) apresenta valores de ações permanentes, variáveis e excepcionais mínimas que devem ser consideradas no lançamento das cargas atuantes na estrutura do edifício a ser projetado, além de apresentar o peso específico dos materiais e composições utilizados no empreendimento.

#### 2.2.4 ABNT NBR 6123:1988

A NBR 6123:1988 explana sobre as condições exigíveis de resistências estáticas e dinâmicas das edificações a efeito de cálculo, referente às forças devidas ao vento, com o auxílio de procedimentos para calcular as solicitações na edificação, utilizando de fórmulas, valores tabelados, mapa de isopletas, fatores topográficos e parâmetros meteorológicos afim de estipular as pressões/cargas atuantes na estrutura ao longo de toda a altura do imóvel analisado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 1).

### 2.2.5 ABNT NBR 8681:2003

A NBR 8681:2003 demonstra as exigências de segurança das estruturas normais, na construção civil, bem como apresenta parâmetros para mensurar as ações e as resistências a serem utilizadas na elaboração de projetos estruturais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 1).

Algumas das verificações que essa norma aborda são as seguintes:

- a) estados limites de uma estrutura;
- b) estados limites últimos;
- c) estados limites de serviço;
- d) ações;
- e) ações permanentes;
- f) ações variáveis.

## 2.3 COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS

### 2.3.1 Concreto armado

O concreto armado é um material estrutural cujo o comportamento depende da aderência entre o concreto e a armadura sem a aplicação de pré-alongamentos. Portanto, este é obtido pela associação do concreto com armadura passiva sendo estes dois materiais resistindo aos esforços solicitantes de maneira conjunta (ABNT, 2014).

A principal característica utilizada para o concreto em seu estado endurecido é sua resistência mecânica podendo ele ser solicitado a tração ou compressão, sendo esta última a principal característica do concreto. Outros tipos de solicitações como flexão, torção e cisalhamento são considerados no concreto, porém sendo calculadas em função da sua resistência à compressão de forma empírica e com tratamentos estatísticos. Uma das variáveis que principalmente influencia nas resistências do concreto é o tempo, sendo sua idade, em dias, levada em consideração no dimensionamento de estruturas (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2021).

Conforme a norma 6118:2014, o valor característico de resistência à compressão do concreto armado é definido como o valor que apresenta grau de confiança de acordo distribuição normal estatística de curva de Gauss acima de 95% (ABNT, 2014).

O ensaio à tração do concreto foi estruturado pelo engenheiro L. F. Lobo Carneiro e é conhecido como Ensaio Brasileiro de Resistência à Tração (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2021). Sendo a resistência à tração do concreto insuficiente para as estruturas usuais, o aço é o material que supre a necessidade de solicitações a tração em elementos estruturais. A resistência à tração do concreto varia em função, por fórmulas empíricas, da sua resistência à compressão e pode também ser obtida de forma direta ou indireta dependendo do tipo de ensaio realizado.

Para o dimensionamento dos elementos estruturais se faz necessária a verificação de deformações no concreto e a previsão de deslocamentos. Com esta finalidade torna-se necessário o estudo do módulo de elasticidade do concreto que, de acordo com Carvalho e Figueiredo Filho (2021), é uma grandeza de característica mecânica que mensura a rigidez de um material sólido e é medido a partir de gráficos de tensão x deformação, obtidos nos ensaios de resistência a compressão das amostras de concreto.

Em concordância com a bibliografia, as principais características do aço para concreto armado são: resistência característica de escoamento, limite de resistência e alongamento na ruptura. A resistência característica de escoamento corresponde à máxima tensão que uma barra aguenta ainda em sua fase elástica, isto é, após cessar as solicitações volta ao estado inicial. O limite de resistência corresponde a tensão máxima determinada no momento da ruptura da amostra. Ao gerar uma tensão na barra há uma deformação correspondente, assim, a deformação da amostra no momento da ruptura em relação a sua dimensão inicial define-se o alongamento na ruptura (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2021).

### 2.3.2 Parâmetros de durabilidade em estruturas de concreto armado

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), em seu item 6, nos projetos de estruturas de concreto devem ser previstas medidas de conservação, segurança, estabilidade e aptidão no decorrer da vida útil de uma estrutura. A vida útil de projeto é definida como o tempo que as estruturas conservam suas características levando em consideração manutenções prescritas em projetos.

A agressividade do meio ambiente requer atenção especial dentre os parâmetros de durabilidade do concreto pois ela relaciona as ações físicas e químicas que atuam sobre a estrutura com a durabilidade dos elementos estruturais

(CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2021, p. 65). O Quadro 1 divide a agressividade do meio em diferentes classes, relativas ao risco de deterioração da estrutura.

Quadro 1 - Classes 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>1),2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1)</sup>	Grande
		Industrial <sup>1),2)</sup>	
IV	Muito Forte	Industrial <sup>1),2)</sup>	Elevado
		Respingos de maré	
1)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).			
2)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.			
3)Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.			

Fonte: Adaptado da Tabela 6.1 da ABNT 6118 (2014, p.17).

As classes de agressividade integrada no Quadro 2 definem parâmetros do projeto, como cobertura da armadura e as características do concreto utilizado. A NBR 6118:2014 regula estes parâmetros conforme indicado no Quadro 3 e Quadro 4, respectivamente.

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

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento	Concreto armado	≤0,65	≤0,60	≤0,55	≤0,45
	Concreto protendido	≤0,60	≤0,55	≤0,50	≤0,45
Classe de concreto	Concreto armado	≥C20	≥C25	≥C30	≥C40
	Concreto protendido	≥C25	≥C30	≥C35	≥C40

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014, p.18).

Quadro 4 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para variação de cobrimento de 10 mm.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental cobrimentos nominais (mm)			
		I	II	III	IV c)
Concreto armado	Laje b)	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo d)	30		40	50
Concreto protendido	Laje b)	25	30	40	50
	Viga/Pilar	30	35	45	55
a) Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.					
b) 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, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15$ mm.					
c) Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.					
d) No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45$ mm.					

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014, p.20)

## 2.4 AÇÕES E COMBINAÇÕES ATUANTES EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Segundo Carvalho e Figueiredo Filho, ação é qualquer influência ou conjunto delas capaz de produzir estados de tensão ou deformação em uma estrutura (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2021, p. 53). A NBR 6118:2014 cita que:

Na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura em exame, levando-se em conta os possíveis estados limites últimos e os de serviço (ABNT, 2014).

A NBR 8681:2003 classifica as ações em permanentes, variáveis e excepcionais (ABNT, 2003). As ações permanentes segundo a NBR 6118:2014 são divididas em 2 grupos as permanentes diretas que compõem pesos próprios de materiais empregados na edificação e o segundo grupo sendo as permanentes indiretas que são deformações impostas por retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoio, imperfeições geométricas e protensão.

De mesmo modo as ações variáveis são definidas como diretas e indiretas (ABNT, 2014). A NBR 6118 (ABNT, 2014) define as ações variáveis diretas como cargas acidentais, isto é, ações de vento e água na edificação e com o termo acidentais é acrescentado cargas móveis, impactos laterais, forças longitudinais de

aceleração ou frenagem e força centrífuga. As ações variáveis indiretas podem ser devidas a variação da temperatura e situações de sismos em que haja solicitações devido a choques, vibrações e a possibilidade de fadiga da estrutura (ABNT, 2014, p. 61).

O tópico 11.8 da NBR 6118 (ABNT, 2014) discorre e define as combinações das ações que podem compor vários carregamentos diferentes em uma estrutura a depender das ações atuantes nela. A norma cita que devem ser determinados os efeitos mais desfavoráveis na estrutura (ABNT, 2014).

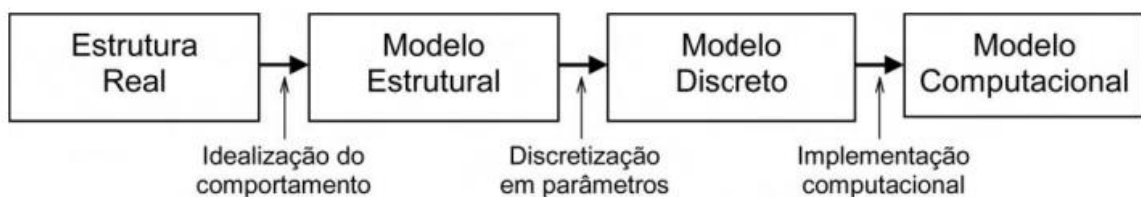
Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) as combinações de ações podem ser realizadas considerando os estados limites últimos ou de serviço da estrutura. O estado limite último como o esgotamento da capacidade resistente ou fadiga extrema de uma estrutura, isto é, a ruína estrutural. O estado limite de serviço está relacionado com o uso e funcionamento da estrutura sendo na prática a aparência visual da estrutura estando livre de fissuras.

## 2.5 MODELOS DE ANÁLISE ESTRUTURAL

De acordo com Martha (2010, p. 1), a análise estrutural é a etapa em que é feita a idealização do projeto, onde é possível analisar todo os deslocamentos, tensões e deformações dos elementos estruturais do edifício e compreender as cargas atuantes, as reações de apoio e os deslocamentos, de tal forma que se possibilite prever o comportamento estrutural real.

A análise estrutural pode ser separada em quatro níveis como está dividido na Figura 1, nos quais a estrutura real é idealizada a um modelo estrutural, e depois transforma-se o modelo estrutural em um modelo discreto, em que se possibilite ser feita a análise por vários métodos de cálculo, e por último a análise é feita utilizando um modelo computacional (MARTHA, 2022, p. 3).

Figura 1 - Quatro níveis de abstração referente a uma estrutura na análise estrutural



Fonte: Martha (2022, p. 3).

Segundo Kimura (2018) a análise estrutural feita no computador utiliza um modelo estrutural, que pode ser diferente em *softwares* distintos, mas ambos buscam simular o comportamento real do edifício, com modelos estruturais simples a complexos, limitados a abrangentes (KIMURA, 2018, p. 78-79).

De acordo com Kimura (2018, p. 78-87) alguns dos modelos estruturais existentes são:

- a) métodos aproximados + vigas contínuas;
- b) viga + pilares (pórtico H);
- c) grelha somente de vigas;
- d) grelha de vigas e lajes;
- e) pórtico plano;
- f) pórtico espacial;
- g) elementos finitos.

Na prática os métodos mais utilizados usualmente estão baseados nos modelos: grelhas de vigas + lajes e pórtico espacial. Alguns *softwares* possuem análises baseadas no Método dos Elementos Finitos (MEF), que por sua vez traz um comportamento da estrutura mais próximo da realidade, porém com suas particularidades (KIMURA, 2018, p. 95). O Robot Structural Analysis Professional é um dos *softwares* que utiliza o método dos elementos finitos para fazer todas as análises, como exemplo: deslocamentos, efeitos de 2º ordem, dimensionamento dos elementos estruturais, análise de pressões dinâmicas de vento. O Eberick utiliza o modelo de pórticos mais grelhas integradas para fazer a análise dos esforços solicitantes, deslocamentos e dimensionamentos dos elementos estruturais.

## 2.6 PROJETO ARQUITETONICO

O projeto estrutural deste trabalho foi desenvolvido com base em projeto arquitetônico fornecido pelo pró-reitoria de planejamento da uepg. A edificação a ser construída é do HUB de inovação tecnológica e como pode ser analisado no apêndice B se trata de uma construção térrea composta por salas de desenvolvimento inovação, salas de coworking. Está localizado entre o bloco F e o bloco G do campus de Uvaranas da UEPG possuindo 728,71m<sup>2</sup> de área construída com uma extensão total de 45,2m de comprimento. A cobertura da edificação será realizada em *light steel frame* com telha termoacústica.

### **3 PROJETO ESTRUTURAL**

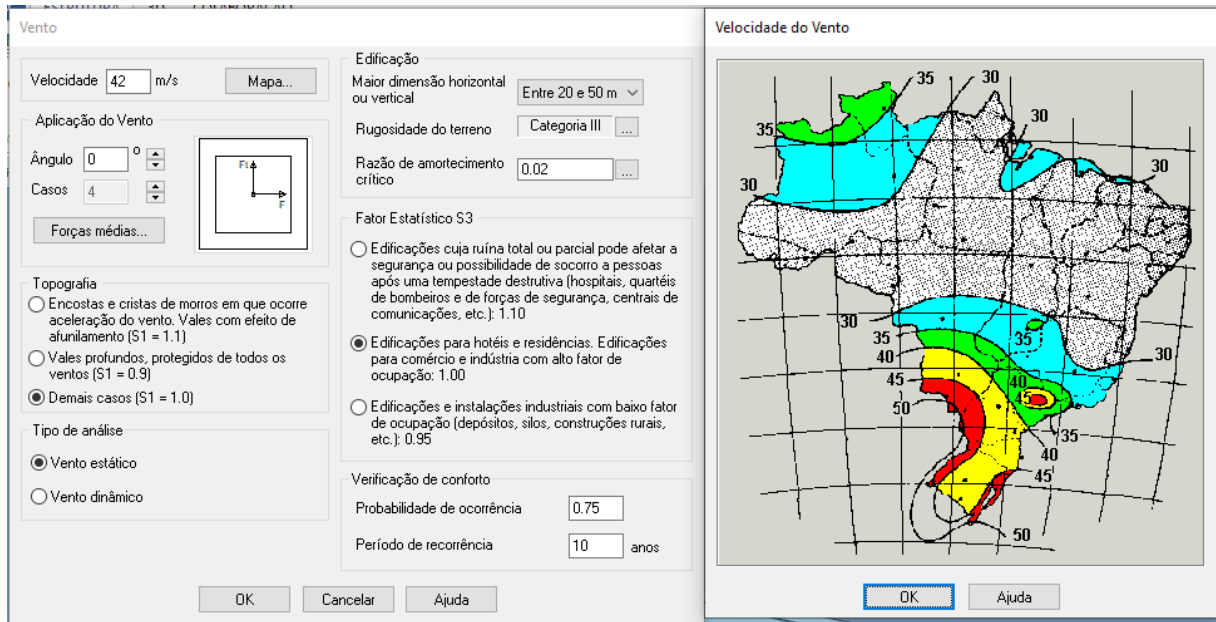
#### **3.1 CRITÉRIOS**

##### **3.1.1 Critérios Adotados para carregamentos de vento no Eberick**

Conforme as especificações da norma de vento NBR 6123 (ABNT, 1988) foi selecionado para este projeto, e ilustrado na Figura 2, um vento com velocidade média de 42 m/s com 4 casos de incidência que são 0°, 90°, 180°, 270°. A classe de dimensões da edificação é a Classe B, com maior dimensão entre 20 m e 50 m. Para o fator de rugosidade do terreno, foi adotada a Categoria III. A partir das configurações selecionadas o programa calcula as forças devidas a vento e considera elas nas combinações.

Figura 2 - Considerações de carregamento de ventos





Fonte: Os autores (2022).

### 3.1.2 Classes de agressividade e cobrimentos adotados

A localização na qual uma estrutura será implantada, influencia principalmente em sua durabilidade. Utilizando o Quadro 1, foi adotada a classe de agressividade ambiental II, a qual foi seguida do fator água/cimento do Quadro 2 e adotados os cobrimentos apresentados no Quadro 3, no qual foi considerado um controle rigoroso de qualidade, e desta forma, foi reduzido em 5 mm os cobrimentos, o que é permitido de acordo com o item 7.4.7.4 da NBR 6118 (ABNT, 2014).

### 3.1.3 Cargas Permanentes e Acidentais

Começando pelas lajes foram calculados e adotados os carregamentos a partir da norma NBR 6120 (ABNT, 2019) e por sequencia inseridos no *software* Eberick como pode ser visto na Figura 3. Foi adotado para carga permanente do telhado 30 kgf/m<sup>2</sup> e foi considerado 2,5 cm de forro de gesso a um peso próprio de 600 kgf/m<sup>3</sup> (ABNT, 2019, p. 9 e 14) totalizando uma carga distribuída de 45 kgf/m<sup>2</sup>. Foi considerado uma carga acidental de 100 kgf/m<sup>2</sup>. As cargas de peso próprio não foram analisadas pois são calculadas diretamente pelo *software* assim que são lançadas. Os valores utilizados de peso próprio para estes elementos de laje são os contidos na norma 6120 (ABNT, 2019).

Figura 3 - Quadro de Cargas Típicas em Lajes Eberick.

**Cargas típicas**

Lajes Patamares Lances de escada Rampas Paredes

Ambiente

174 - Supermercados - Salão de ver  
 175 - Supermercados - Salão de ver  
 176 - Supermercados - Salas admini  
 177 - Supermercados - Salas-cofre, s  
 178 - Supermercados - Sanitários  
 179 - Instituições penais - Celas  
 180 - Instituições penais - Corredore  
 181 - Instituições penais - Salas adm  
 182 - Instituições penais - Sanitários  
 183 - Edificações industriais - Corred  
 184 - Edificações industriais - Cozinha  
 185 - Edificações industriais - Refeit  
 186 - Edificações industriais - Salas  
 187 - Edificações industriais - Sanitá  
 188 - Depósitos de uso geral - Local  
 189 - Depósitos de uso geral (valor n  
 190 - Cobertura Termoacustica Estru  
 Residencial - Floreira

Dados

Nome 190 - Cobertura Termoacustica Estrutura de LSF Com acesso

Cargas

Acidental 100 kgf/m<sup>2</sup> Revestimento 45 kgf/m<sup>2</sup>

Revestimento

	Espessura	Peso específico
Pavimento	100 cm	30 kgf/m <sup>2</sup>
Contra-piso	0 cm	1900 kgf/m <sup>2</sup>
Impermeabilização	0 cm	1200 kgf/m <sup>2</sup>
Regularização	0 cm	2100 kgf/m <sup>2</sup>
Reboco	0 cm	2100 kgf/m <sup>2</sup>
Fôrro suspenso	2.5 cm	600 kgf/m <sup>2</sup>

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Os autores (2022).

Além dos carregamentos anteriormente citados, uma das lajes foi dimensionada para comportar duas caixas de água de 1000 L posicionadas no centro da edificação de acordo com informações do projeto arquitetônico. Considerando as dimensões de uma caixa de água comercial com os dados contidos na Figura 4

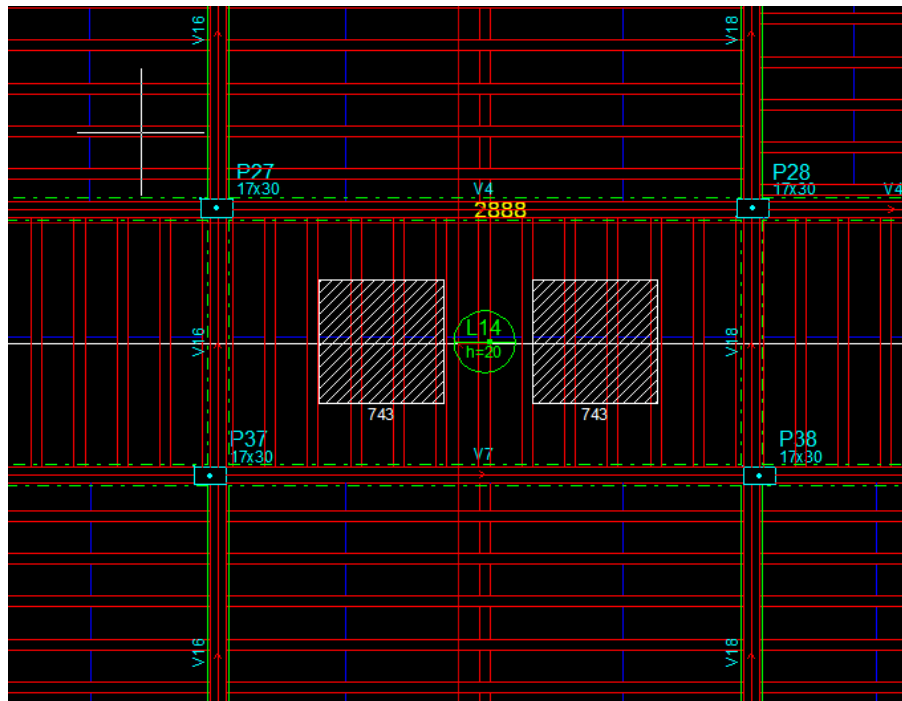
Figura 4 - Informações de Caixa de Água



Fonte: Os autores (2022).

A partir da medida do diâmetro foi dividido o peso total da caixa de água de 1000 kgf distribuída em uma área quadrada com 1,16 m de lado e a carga distribuída utilizada para consideração de peso de água foi de 743 kgf/m<sup>2</sup> como pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 - Peso de Caixa de Água em Lajes



Fonte: Os autores (2022).

Para as vigas baldrame foram consideradas paredes de 20 cm de espessura, isto é, blocos cerâmicos de 18 cm com 1 cm de reboco para cada face. Visualizando a Figura 6, que é a tabela de cargas de paredes do Eberick, pode-se verificar que foi utilizado para o cálculo do carregamento um peso específico de 1900 kgf/m<sup>3</sup> para argamassa de reboco e 1300 kgf/m<sup>3</sup> para blocos de enchimento, totalizando 272 kgf/m<sup>2</sup>. Observando o projeto arquitetônico, é possível verificar que a altura entre o pavimento térreo e a laje de cobertura é de 305 cm. Fazendo desconto de 30 cm de altura das vigas superiores, foi adotado para todas as vigas do baldrame uma altura de parede de 280 cm, sem descontos de aberturas, deste modo, tendo um fator de segurança nas cargas permanentes aplicadas sobre estas vigas. Ademais, foram consideradas cargas de parede com alturas de 35 cm com espessura de 10 cm em platibandas no perímetro externo do telhado de acordo com o projeto arquitetônico. Nas divisórias entre telhados da cobertura foram consideradas paredes de 125 cm de

altura com espessura de 20 cm de acordo com a planta de cobertura do projeto arquitetônico e elevações aplicadas sobre estas contidas no ANEXO B.

Figura 6 - Quadro de Cargas Típicas de Paredes

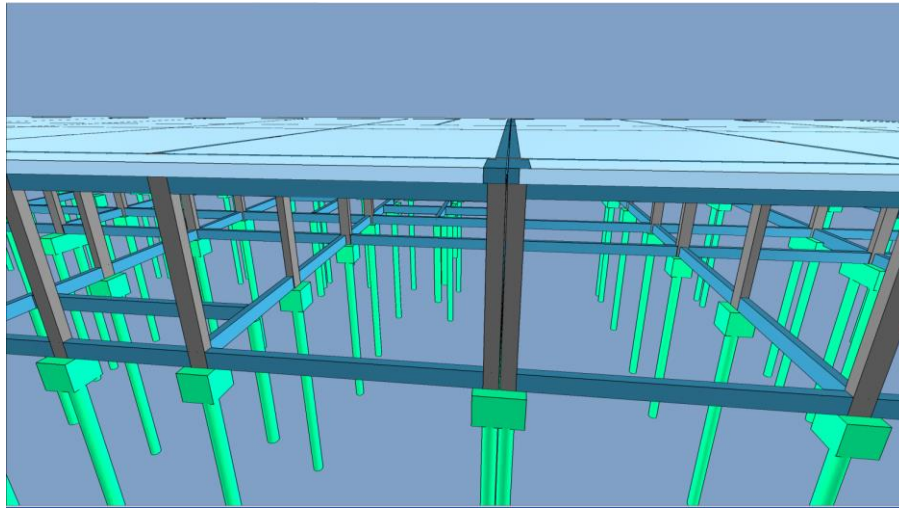
Revestimento	Espessura	Peso específico
Revestimento 01	0 cm	1900 kgf/m <sup>2</sup>
Revestimento 02	1 cm	1900 kgf/m <sup>2</sup>
Enchimento	18 cm	1300 kgf/m <sup>2</sup>
Revestimento 03	1 cm	1900 kgf/m <sup>2</sup>
Revestimento 04	0 cm	1900 kgf/m <sup>2</sup>

Fonte: Os autores (2022).

### 3.1.4 Junta de Dilatação

O projeto arquitetônico de uso e anexado neste trabalho previu junta de dilatação para o projeto estrutural visto que a edificação possui comprimento longitudinal superior a 30m de comprimento. A NBR 6118 (ABNT, 2014, p. 4) define este recurso como “qualquer interrupção do concreto com a finalidade de reduzir as tensões internas que possam resultar em impedimentos a qualquer tipo de movimentação da estrutura”. Deste modo, foi previsto no arquitetônico e no projeto estrutural entre as vigas V16 e V17 uma junta de 2 cm a fim de evitar tensões internas de dilatação/retração como exposto na Figura 7.

Figura 7 - Junta de Dilatação



Fonte: Os autores (2022).

### 3.2 MODELAGEM NO SOFTWARE EBERICK

A partir da análise do projeto arquitetônico foi feito um pré-lançamento dos elementos no *software* Eberick, versão v.15.296 pacote básico, utilizando elementos estruturais padronizados com vigas 15 x 30 cm e pilares de 17 x 30 cm aplicados com vãos de aproximadamente 3 m entre os pilares, exceto nos locais onde a arquitetura impunha a utilização de vãos livres dentro de cômodos como as salas de inovação as quais foram lançadas vigas de 15 x 60 cm por possuir vãos de aproximadamente 6,70 m. Foi utilizado a relação de comprimento do vão dividido por 12 para a determinação do pré-lançamento de vigas contínuas e comprimento de vão livre dividido por 10 para vigas bi apoiadas.

As lajes foram pré-lançadas como maciças com 15 cm para os beirais em balanço e lajes pré-moldadas treliçadas 1D para as lajes bi apoiadas com lajota cerâmica do tipo B8/30/20. A laje L03 com vão livre de 9,80 m deve ser especificada pelo fabricante o qual deve seguir as cargas permanentes e variáveis do projeto, porém para o projeto estrutural lançado foi considerada a laje de vigota protendida com bloco de EPS B30/30/125 com arranjo duplo e altura de 35 cm com a finalidade do dimensionamento dos elementos que a laje distribui carregamento.

#### 3.2.1 Modelo de Análise Estrutural Eberick.

O Eberick possui dois modelos de análise estrutural que ficam a critério do projetista fazer a escolha. O modelo separado de grelhas e pórtico espacial e o modelo integrado. O primeiro, de forma simplificada, faz a análise de grelhas para as lajes e

os pórticos espaciais de vigas e lajes de maneira isolada apenas inserindo carregamentos obtidos nas lajes distribuindo-os nas vigas e pilares. O segundo faz a análise em conjunto dos esforços e deslocamentos de lajes, vigas e pilares. Para este projeto foi adotado o modelo integrado, no *software* Eberick, visto que o *software* de comparação Robot Structural Analysis faz o cálculo de esforços e deslocamentos por elementos finitos, sendo assim uma comparação quase equivalente entre os *softwares*.

### 3.2.2 Ponto Crítico do projeto

O ponto crítico do projeto foi definido após o primeiro processamento da edificação. A laje em balanço de 1,87 m localizada no beiral da fachada norte foi um desafio para se adequar a este projeto; para que a deflexão da extremidade livre desta laje ficasse dentro dos parâmetros máximos, foi necessário apoiá-la em uma viga com dimensões incomuns. A viga que suporta esta laje, solicitada principalmente a torção, foi dimensionada com a seção de 25x70cm devido ao engastamento laje-viga a fim de diminuir a deflexão da marquise.

## 3.3 DETALHAMENTO DO PROJETO ESTRUTURAL

O detalhamento do projeto estrutural apresentado no apêndice foi detalhado no *software* Eberick conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014) levando em consideração a facilidade executiva dos elementos estruturais.

O projeto executivo foi detalhado conforme o padrão da Pró-Reitoria de Planejamento da Universidade Estadual de Ponta Grossa a partir de documento enviado como base.

## 3.4 MODELAGEM E LANÇAMENTO NO SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

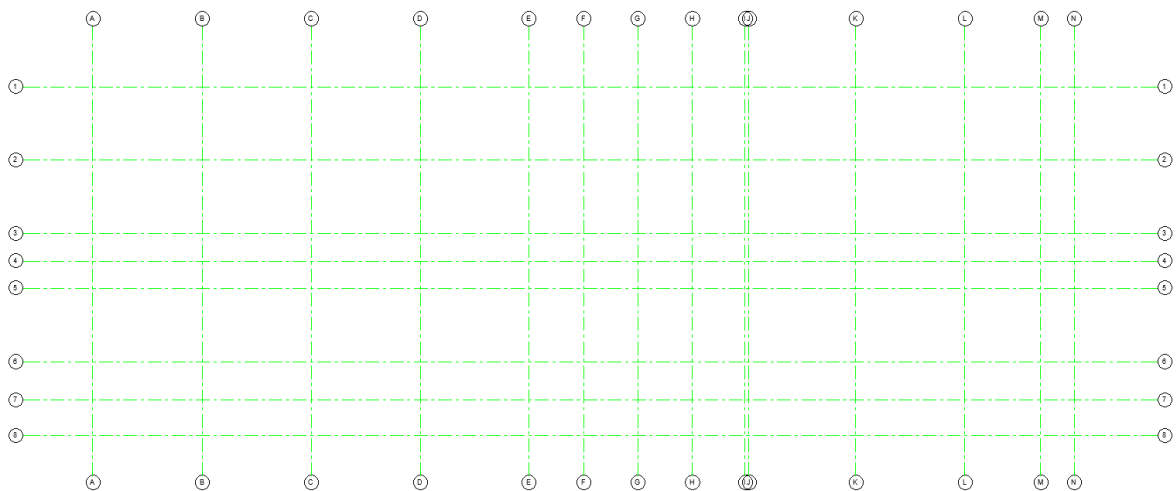
A partir do lançamento e verificações dos elementos estruturais dimensionados no Eberick, foi realizado a modelagem seguindo as premissas de dimensões de vigas, pilares e lajes e utilizadas as mesmas solicitações de cargas permanentes e variáveis nos elementos estruturais.

A modelagem foi iniciada no *software* Autodesk Revit, devido a facilidade de modelagem, e também seguindo o fluxo normal na realização de projetos estruturais de edifícios, no qual é realizado o lançamento dos elementos portantes dentro do

modelo arquitetônico, com o que se tem uma grande facilidade de verificar as interferências. Os *softwares* Revit e Robot fazem uma integração direta entre si, na qual é possível enviar a modelagem dos elementos estruturais e após calculada a armadura necessária e as seções dos elementos estruturais, é possível exportar as armaduras solicitadas e as seções de vigas e pilares alterados do Robot para o Revit, dessa forma fechando o ciclo de modelagem e interação. Vale ressaltar que é possível realizar toda a modelagem, cálculo, verificar e exportar os detalhamentos gerados dentro do próprio Robot de forma análogo ao Revit.

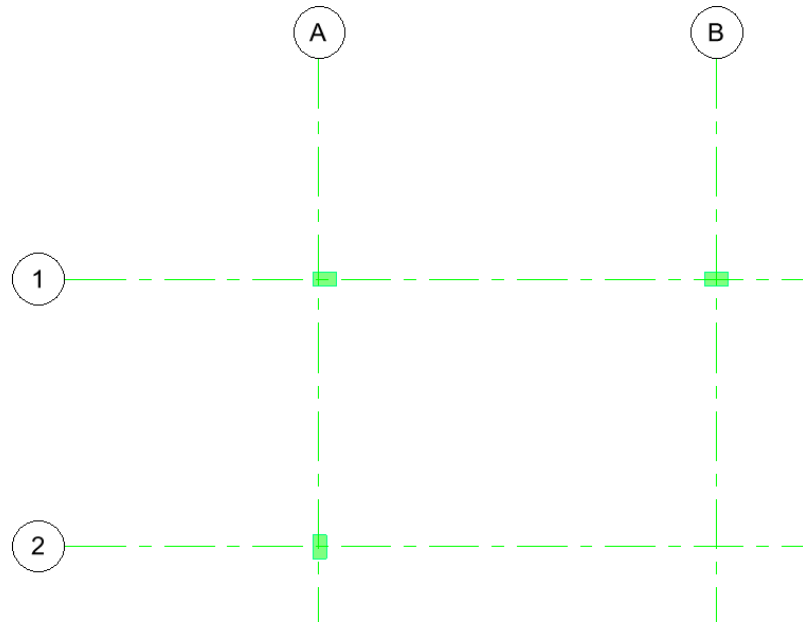
O fluxo de modelagem do Revit e Robot são muito parecidos, é iniciado com a colocação dos eixos de projeto, o qual é possível ver na Figura 8, posteriormente é iniciado o lançamento dos pilares, o qual, preferencialmente devem estar no cruzamento dos eixos verticais e horizontais de acordo com a Figura 9, seguindo com o lançamento de vigas apresentado na Figura 10. Após realizados esses lançamentos foi realizada a inserção dos membros analíticos, como pode ser visualizado na Figura 11, e que posteriormente foi exportado o modelo analítico para o Robot.

Figura 8 - Planta de eixos do projeto estrutural Robot



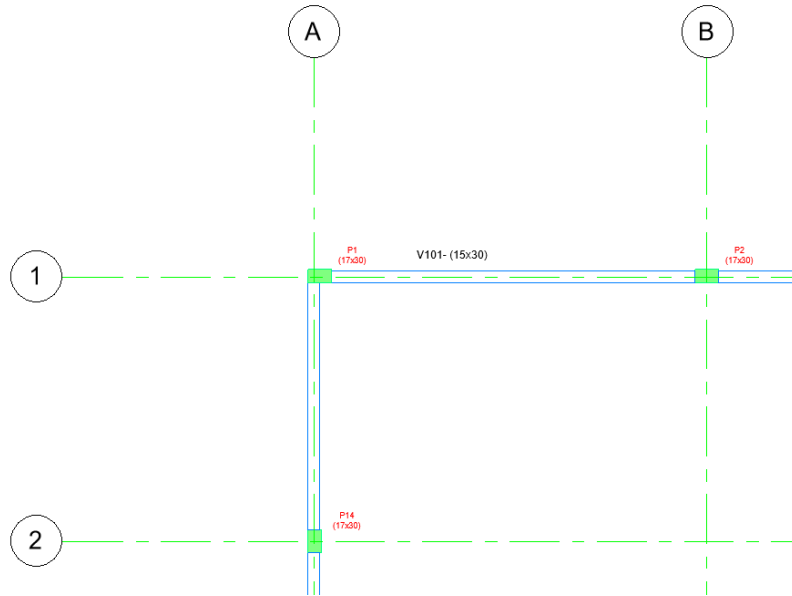
Fonte: Os autores (2022).

Figura 9 - Pilares no cruzamento de eixos Robot



Fonte: Os autores (2022).

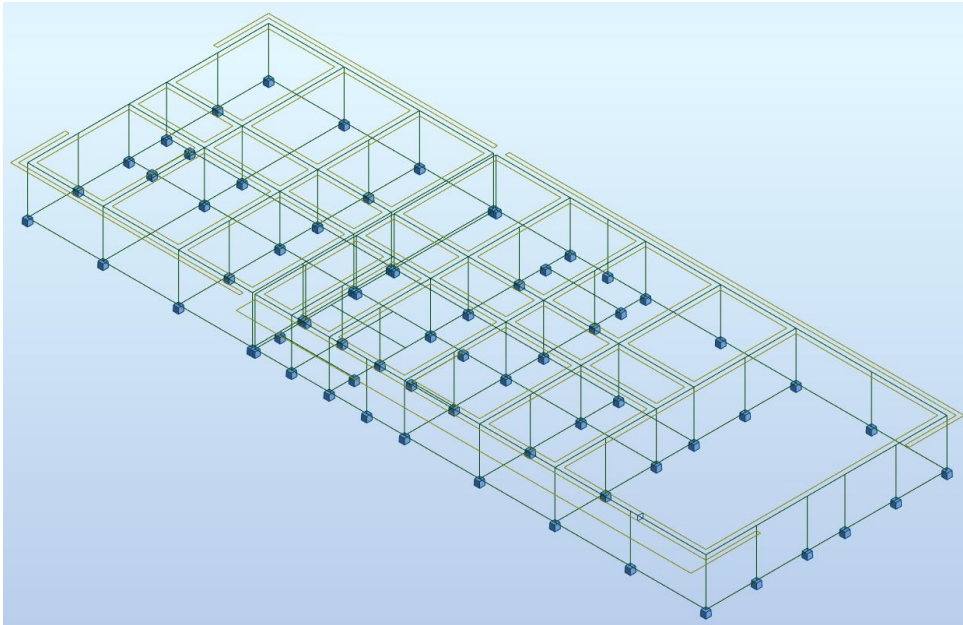
Figura 10 - Vigas sobre os eixos Robot



Fonte: Os autores (2022).



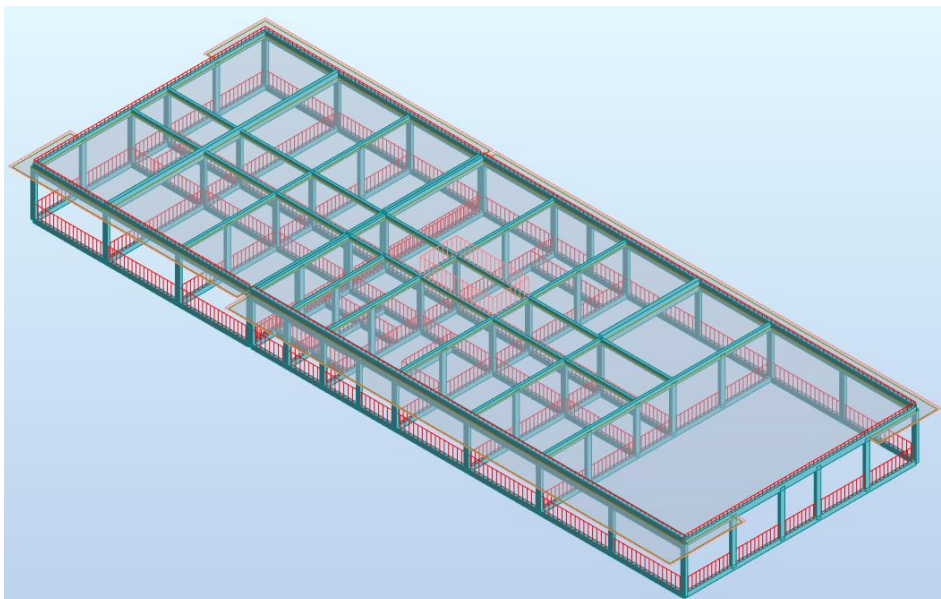
Figura 11 - Lançamento analítico do Robot



Fonte: Os autores (2022).

Seguindo com o projeto estrutural dentro do Robot, foram lançadas as lajes do tipo unidirecional para a transferência de cargas para as vigas; estas lajes têm as mesmas dimensões e considerações do Eberick, bem como as mesmas cargas aplicadas. Após a aplicação de cargas nas lajes, foram aplicadas as cargas de paredes sobre as vigas dos pavimentos térreo e cobertura, como pode ser verificado na Figura 12.

Figura 12 - Cargas permanentes aplicadas sobre as vigas Robot



Fonte: Os autores (2022).

Após o lançamento das cargas permanentes e variáveis, seguindo o padrão de cargas lançadas no *software* Eberick, foi realizada a simulação de vento com rajadas de 42 m/s no *software* Robot, e com os resultados obtidos seguiu-se para os casos de combinações de cargas nos estados limites últimos (ELU) e de serviço (ELS).

#### 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise se inicia na comparação das reações dos pilares na fundação, a partir das cargas de reações de ambos os *softwares*. Na Tabela 1, são apresentadas as reações de apoio de cada um dos pilares da edificação, e foi calculada a diferença percentual entre as cargas de peso próprio, cargas adicionais e cargas acidental de cada um dos *softwares*. Para os cálculos das diferenças percentuais foi utilizado os valores obtidos no software Eberick sendo a coluna comparativo a diferença percentual dos resultados do Robot para o Eberick.

Tabela 1- Comparativo de cargas nas fundações

(continua)

	ROBOT (tf)			EBERICK (tf)			Comparativo		
	Peso próprio	Adicional	Acidental	Peso próprio	Adicional	Acidental	PP (%)	ADD (%)	ACC (%)
<b>P1</b>	8,88	5,79	1,58	9,28	5,28	1,71	-4	10	-8
<b>P2</b>	8	6,37	1,05	8,07	6,24	1,06	-1	2	-1
<b>P3</b>	12,25	8,35	2,19	12,02	7,76	2,15	2	8	2
<b>P4</b>	10,2	7,98	1,91	10,36	7,71	1,96	-2	4	-3
<b>P5</b>	8,13	6,36	1,54	7,92	6,13	1,46	3	4	5
<b>P6</b>	3,66	2,96	0,55	3,94	2,79	0,67	-7	6	-18
<b>P7</b>	5,63	4,03	1,06	5,5	4,62	0,98	2	-13	8
<b>P8</b>	5,73	5,25	0,98	5,46	3,85	0,99	5	36	-1
<b>P9</b>	2,7	2,25	0,43	2,88	2,74	0,43	-6	-18	0
<b>P10</b>	2,89	4,2	0,52	2,95	3,78	0,48	-2	11	8
<b>P11</b>	6,08	7,68	1,21	6,34	7,43	1,26	-4	3	-4
<b>P12</b>	8,38	9,29	1,95	8,63	7,62	2,07	-3	22	-6
<b>P13</b>	4,14	5,01	0,77	4,07	4,74	0,69	2	6	12
<b>P14</b>	9,32	5,53	1,84	8,42	4,39	1,7	11	26	8
<b>P15</b>	10,05	4,46	2,53	9,25	3,47	2,28	9	29	11
<b>P16</b>	4,16	3,24	1,69	5,25	3,63	2,05	-21	-11	-18
<b>P17</b>	4,23	4,31	1,68	4,95	4,6	1,85	-15	-6	-9
<b>P18</b>	3,31	2,94	1,26	4,03	4,07	1,41	-18	-28	-11
<b>P19</b>	3,17	4,94	0,94	2,33	1,57	0,77	36	215	22
<b>P20</b>	1,77	2,55	0,41	2,18	4,04	0,34	-19	-37	21
<b>P21</b>	3,1	2,96	0,96	3,03	3,44	0,75	2	-14	28
<b>P22</b>	4,85	3,35	1,87	6,08	3,77	2,3	-20	-11	-19
<b>P23</b>	3,97	4,41	1,15	4,13	4,51	1,13	-4	-2	2
<b>P24</b>	7,41	4,53	1,44	7,36	3,72	1,48	1	22	-3
<b>P25</b>	9,37	5,79	2,11	9,13	3,91	2,08	3	48	1
<b>P26</b>	4,93	6,43	1,38	5,07	5,83	1,38	-3	10	0
<b>P27</b>	4,93	9,18	1,4	4,85	4,75	1,34	2	93	4
<b>P28</b>	5,12	10,1	1,37	4,95	3,84	1,4	3	163	-2

<b>P29</b>	2,38	5,36	0,37	2,23	1,18	0,48	7	354	-23
<b>P30</b>	2,26	4,31	0,44	2,26	1,82	0,47	0	137	-6
<b>P31</b>	5,01	6,63	1,39	5,11	5,6	1,4	-2	18	-1

Tabela 1 - Comparativo de cargas nas fundações

(conclusão)

<b>P32</b>	8,43	7,83	2,49	8,63	5,49	2,57	-2	43	-3
<b>P33</b>	2,79	4,06	0,64	2,76	2,67	0,6	1	52	7
<b>P34</b>	7,31	4,51	1,41	6,97	3,65	1,39	5	24	1
<b>P35</b>	9,13	5,76	2,06	8,71	3,84	1,97	5	50	5
<b>P36</b>	8,17	5,58	2,41	8,24	4,86	2,55	-1	15	-5
<b>P37</b>	4,88	9,95	1,35	4,84	5,5	1,28	1	81	5
<b>P38</b>	5,11	9,94	1,43	5,16	5,61	1,43	-1	77	0
<b>P39</b>	4,96	5,78	1,33	4,87	5,95	1,03	2	-3	29
<b>P40</b>	4,91	5,94	1,3	4,86	6	1,02	1	-1	27
<b>P41</b>	5,03	6,64	1,4	5,12	5,6	1,4	-2	19	0
<b>P42</b>	8,54	7,86	2,53	8,59	5,5	2,55	-1	43	-1
<b>P43</b>	2,8	4,07	0,65	2,74	2,66	0,6	2	53	8
<b>P44</b>	10,04	5,7	2	9,69	4,76	1,99	4	20	1
<b>P45</b>	11,21	4,67	2,8	10,78	3,83	2,68	4	22	4
<b>P46</b>	4,83	2,78	1,89	5,49	3,06	2,06	-12	-9	-8
<b>P47</b>	4,8	2,78	1,88	5,86	3,13	2,25	-18	-11	-16
<b>P48</b>	4,95	3,39	1,9	6,32	3,77	2,38	-22	-10	-20
<b>P49</b>	3,99	4,44	1,15	4,16	4,5	1,14	-4	-1	1
<b>P50</b>	6,67	5,55	1,18	6,96	5,03	1,28	-4	10	-8
<b>P51</b>	4,11	6,07	0,45	3,88	5,78	0,41	6	5	10
<b>P52</b>	8,29	8,03	1,54	8,32	7,42	1,55	0	8	-1
<b>P53</b>	8,81	6,75	2,14	8,75	6,6	2,22	1	2	-4
<b>P54</b>	4,99	5,52	1,08	4,79	5,4	0,98	4	2	10
<b>P55</b>	1,59	2,5	0,16	1,73	2,36	0,24	-8	6	-33
<b>P56</b>	5,36	5,77	1,12	5,27	5,66	1,11	2	2	1
<b>P57</b>	4,46	5,73	0,98	4,37	5,24	0,82	2	9	20
<b>P58</b>	4,36	5,69	0,97	4,31	5,21	0,81	1	9	20
<b>P59</b>	5,94	7,68	1,2	5,98	7,39	1,23	-1	4	-2
<b>P60</b>	8,31	9,3	1,96	8,26	7,62	2,02	1	22	-3
<b>P61</b>	4,13	5,03	0,77	3,96	4,74	0,68	4	6	13
<b>TOTAL</b>	<b>354,91</b>	<b>341,84</b>	<b>84,14</b>	<b>358,4</b>	<b>287,66</b>	<b>84,76</b>	<b>-1%</b>	<b>19%</b>	<b>-1%</b>

Fonte: Os autores (2022).

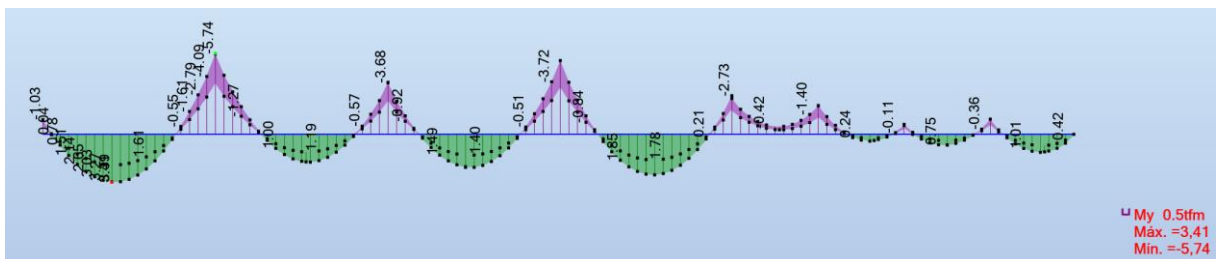
Analisando o comparativo dos resultados obtidos na Tabela 1 é possível verificar algumas variações nas distribuições de cargas em alguns pilares. Essa variação de carga está relacionada com a posição do pilar no projeto, e as diferentes formas que os *softwares* analisam os pilares canto e pilares centrais.

Na análise geral, referente as somatórias dos totais podem-se visualizar que houve pouca diferença percentual entre as cargas de peso próprio e acidentais, porém houve uma diferença maior entre as cargas adicionais os quais são referentes a cargas de cobertura e elementos construtivos em geral. Era esperado que o peso próprio da estrutura permanecesse igual bem como as demais cargas visto que o lançamento estrutural de cargas foi o mesmo para ambos os *softwares* e a diferença de pilar a pilar pode se deve a redistribuição que cada metodologia de cálculo considera.

No anexo C, é possível visualizar o gráfico comparativo das cargas na fundação obtidos nos *softwares* Robot e Eberick.

Seguindo com o projeto, a partir do primeiro lançamento da estrutura foram analisadas as solicitações críticas comparando esforços solicitantes internos. A seguir, são analisados os esforços internos e as deformações nas vigas mais solicitadas do pavimento da cobertura, vigas V1, V7, V14 e V19, como se pode verificar nas próximas figuras.

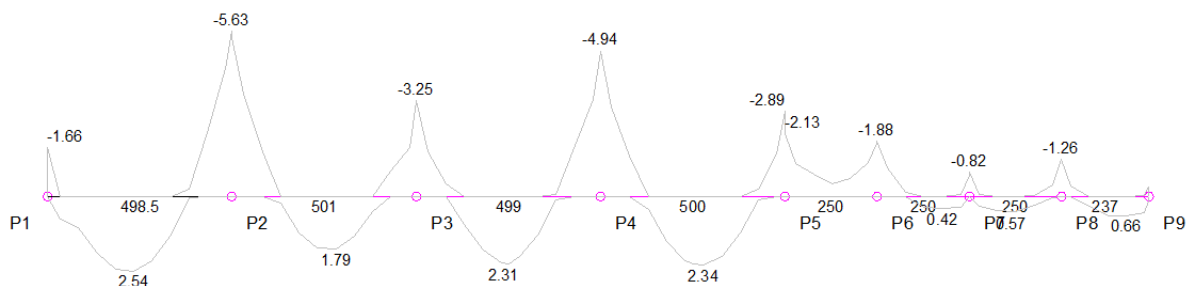
Figura 13 - Momento Fletor - Viga 1 Md (tf.m) Robot



Fonte: Os autores (2022).

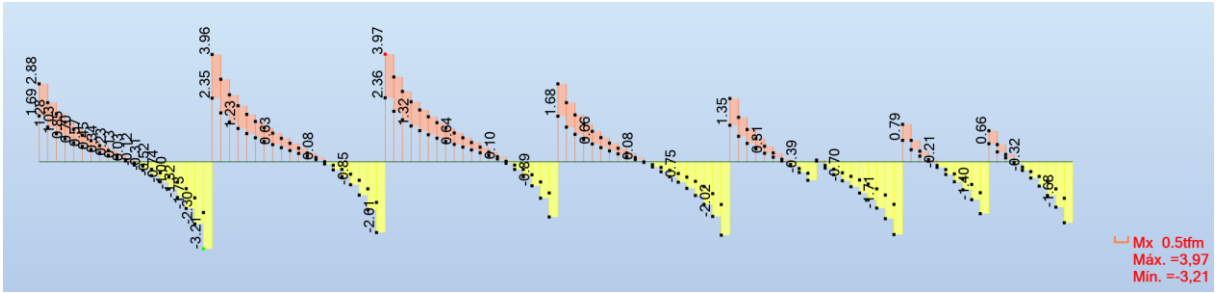
Figura 14 - Momento Fletor - Viga 1 Md (tf.m) Eberick

MOMENTOS FLETORES DE CÁLCULO (Mdx) [tf.m;cm] VIGA: V1



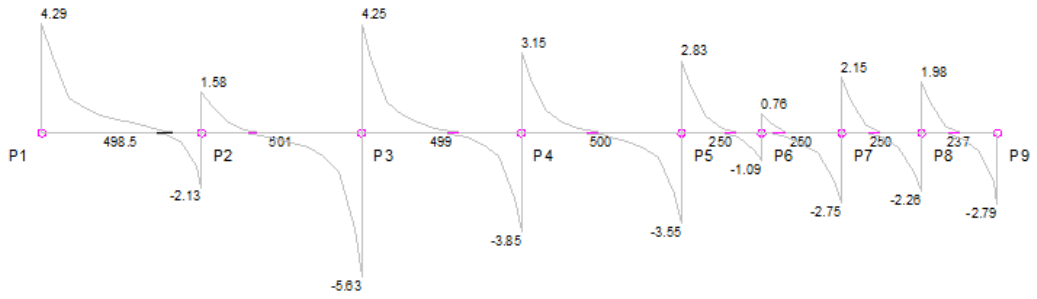
Fonte: Os autores (2022).

Figura 15 – Momento Torçor - Viga 1 Mtd (tf.m) Robot



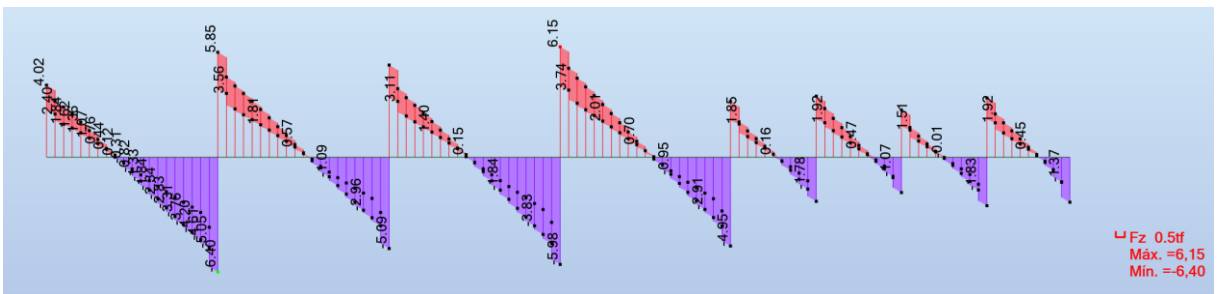
Fonte: Os autores (2022).

Figura 16 – Momento Torçor - Viga 1 Mtd (tf.m) Eberick  
 MOMENTOS TORSORES DE CÁLCULO (Mtd) [tf.m;cm] VIGA: V1



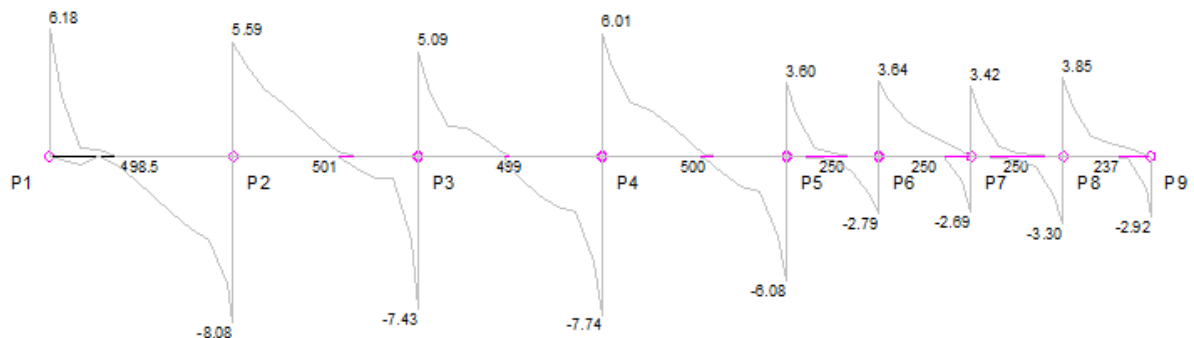
Fonte: Os autores (2022).

Figura 17 – Cortante - Viga 1 Vd (tf) Robot



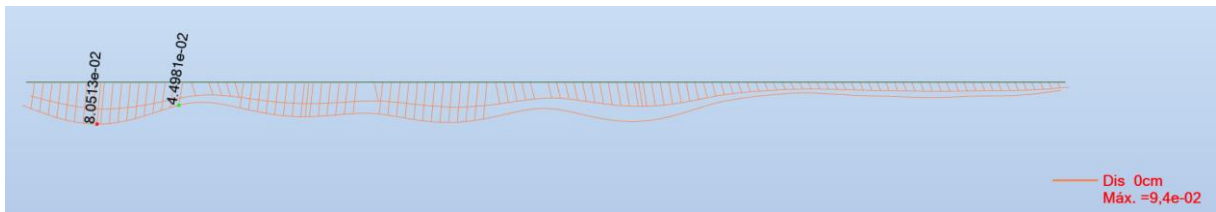
Fonte: Os autores (2022).

Figura 18 - Cortante - Viga 1 Vd (tf) Eberick  
**ESFORÇOS CORTANTES DE CÁLCULO (Vdx) [tf;cm] VIGA: V1**



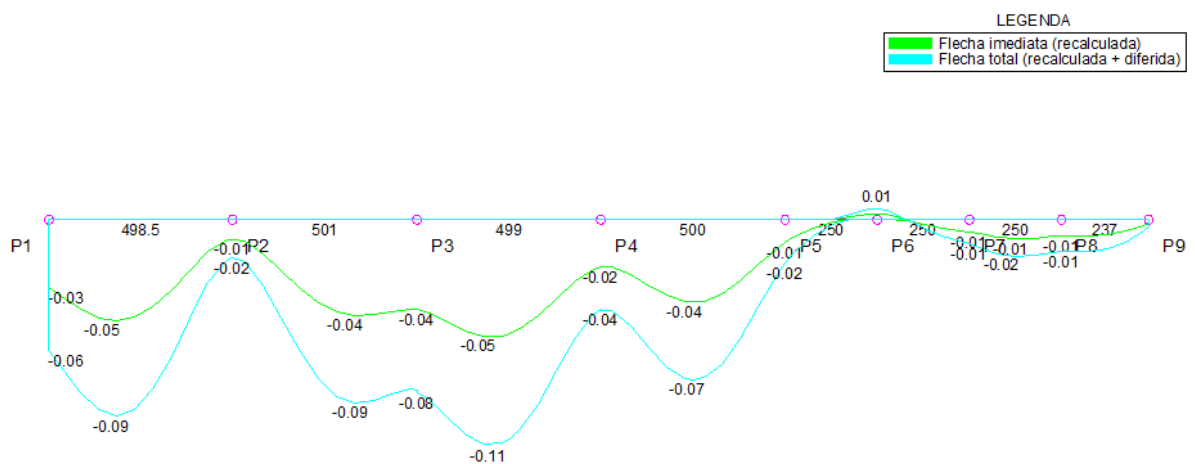
Fonte: Os autores (2022).

Figura 19 - Deslocamentos - Viga 1 d (cm) Robot



Fonte: Os autores (2022).

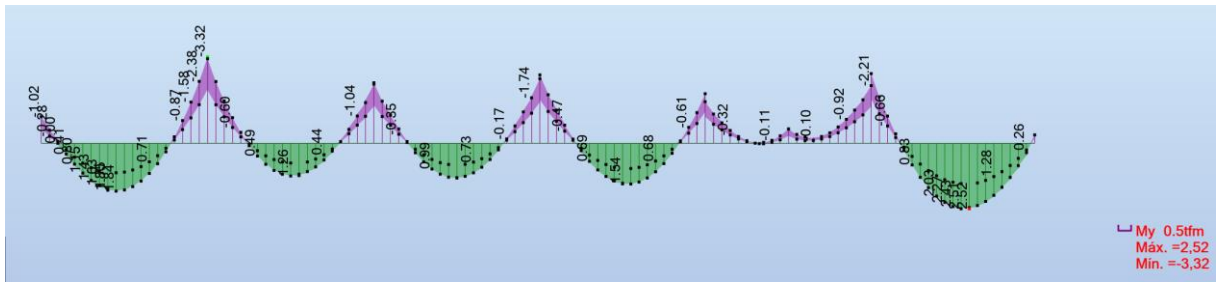
Figura 20 - Deslocamentos - Viga 1 d (cm) Eberick  
**DESLOCAMENTOS [cm;cm] VIGA: V1**



Fonte: Os autores (2022).

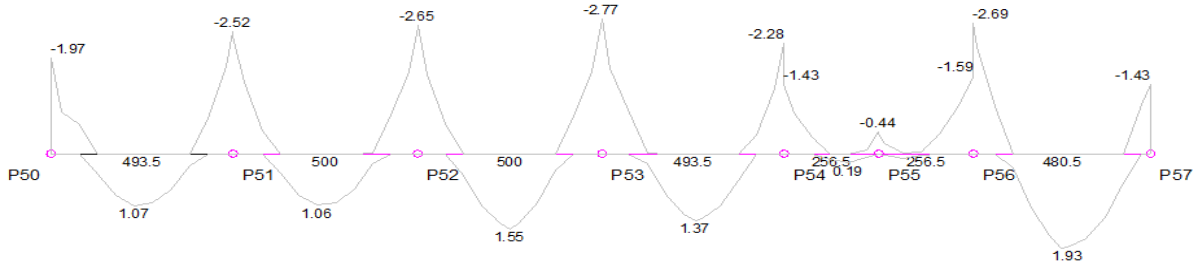
Analisando a Viga 1 nas figuras Figura 13 a Figura 14, elemento estrutural mais solicitado do projeto, pode se verificar a semelhança dos gráficos.

Figura 21 - Momento Fletor - Viga 7 Md (tf.m) Robot



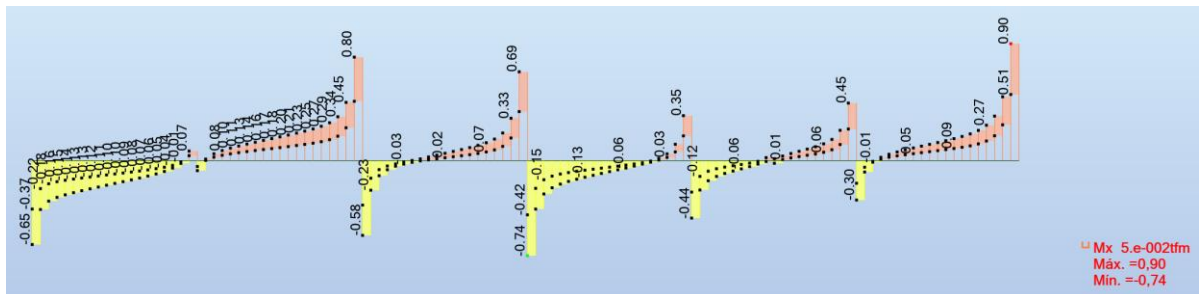
Fonte: Os autores (2022).

Figura 22 - Momento Fletor - Viga 7 Md (tf.m) Eberick  
MOMENTOS FLETORES DE CÁLCULO (Mdx) [tf.m;cm] VIGA: V7



Fonte: Os autores (2022).

Figura 23 – Momento Torçor - Viga 7 Mtd (tf.m) Robot



Fonte: Os autores (2022).

Figura 24 – Momento Torçor - Viga 7 Mtd (tf.m) Eberick  
MOMENTOS TORSORES DE CÁLCULO (Mtd) [tf.m;cm] VIGA: V7

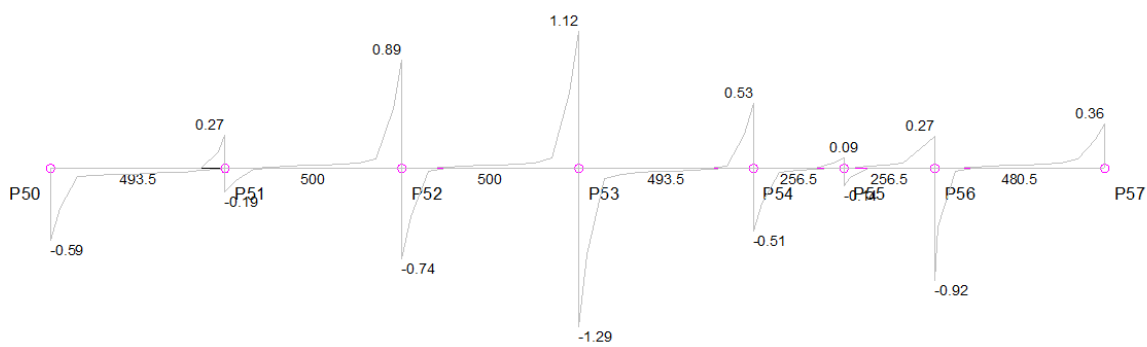
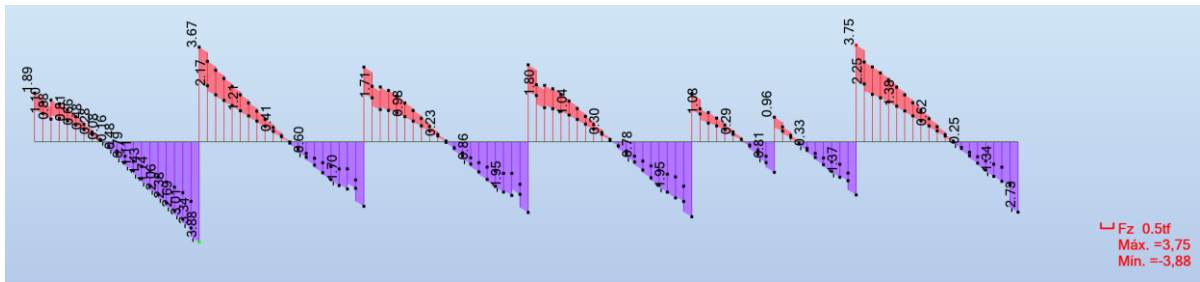


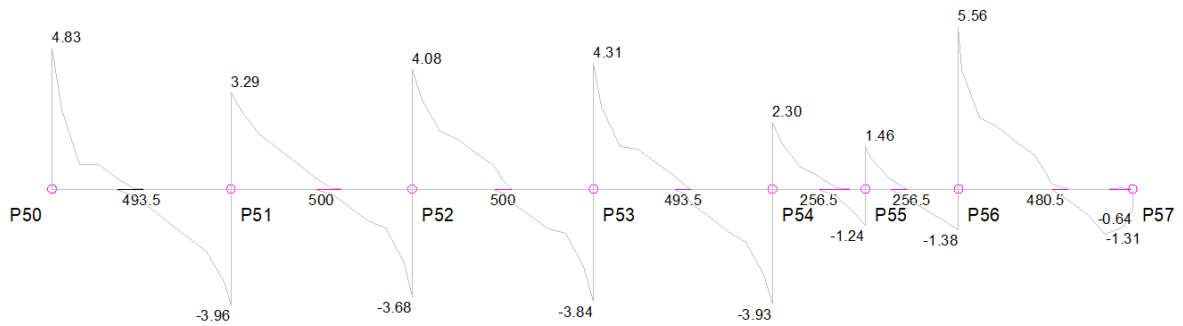


Figura 25 – Cortante - Viga 7 Vd (tf) Robot



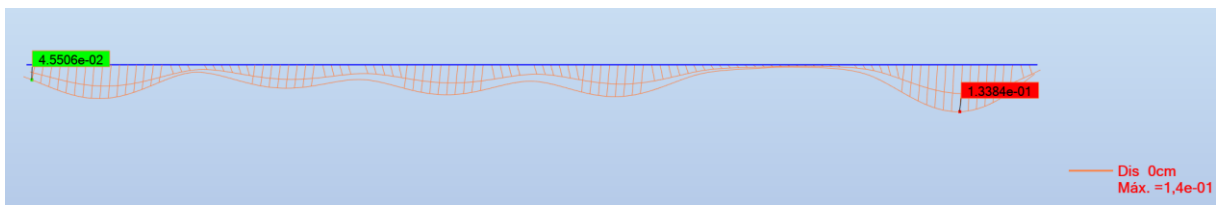
Fonte: Os autores (2022).

Figura 26 – Cortante - Viga 7 Vd (tf) Eberick  
ESFORCOS CORTANTES DE CÁLCULO (Vdx) [tf;cm] VIGA: V7



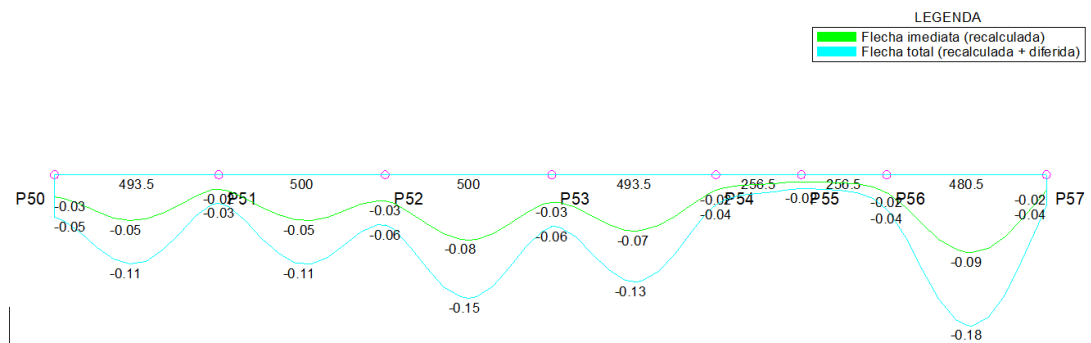
Fonte: Os autores (2022).

Figura 27 - Deslocamentos - Viga 7 d (cm) Robot



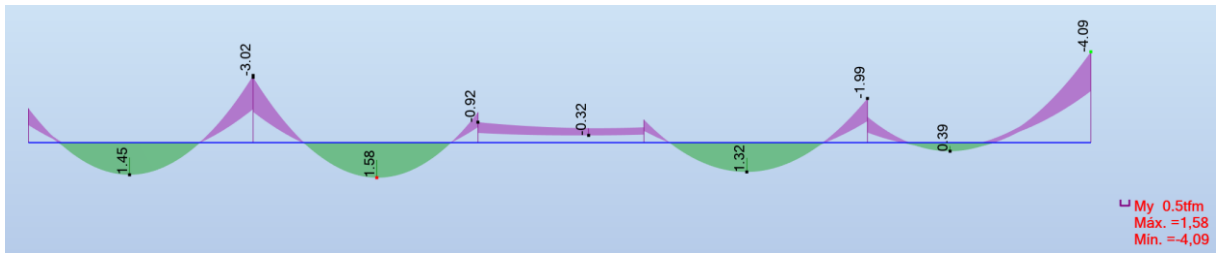
Fonte: Os autores (2022).

Figura 28 - Deslocamentos - Viga 7 d (cm) Eberick  
DESLOCAMENTOS [cm;cm] VIGA: V7



Fonte: Os autores (2022).

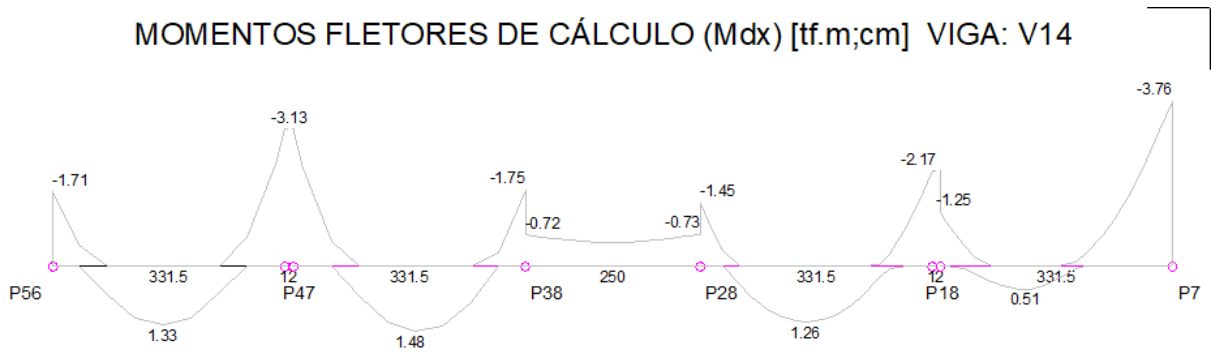
Figura 29 - Momento Fletor - Viga 14 Md (tf.m) Robot



Fonte: Os autores (2022).

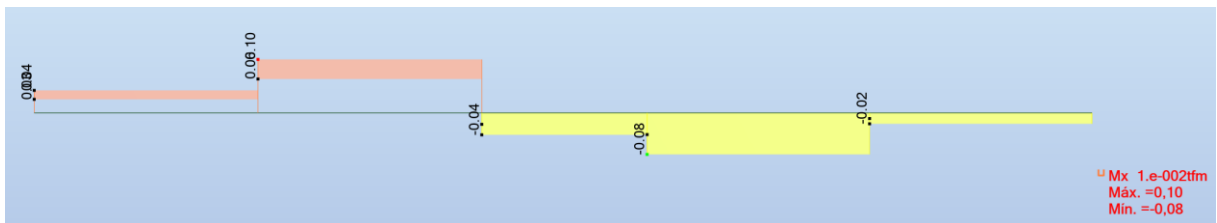
Figura 30 - Momento Fletor - Viga 14 Md (tf.m) Eberick

MOMENTOS FLETORES DE CÁLCULO (Mdx) [tf.m;cm] VIGA: V14



Fonte: Os autores (2022).

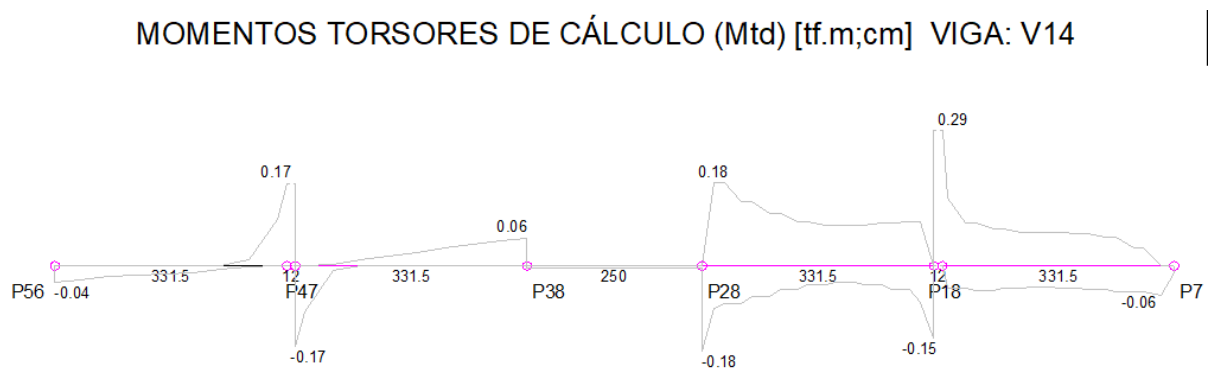
Figura 31 – Momento Torçor - Viga 14 Mtd (tf.m) Robot



Fonte: Os autores (2022).

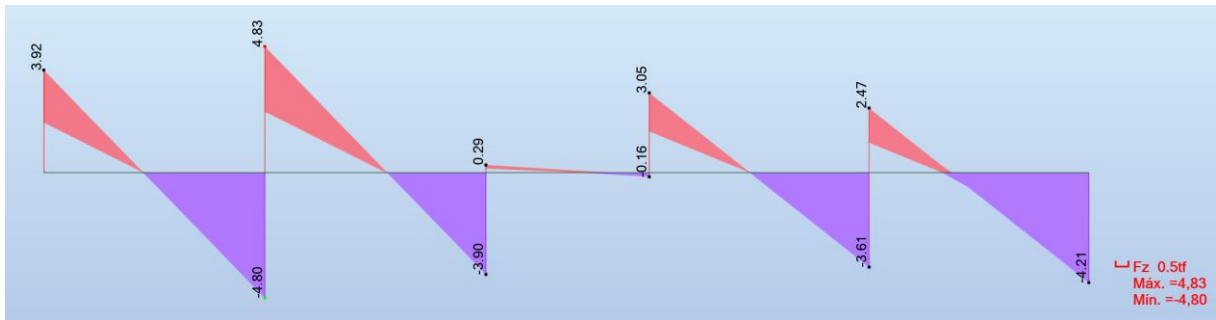
Figura 32 – Momento Torçor - Viga 14 Mtd (tf.m) Eberick

MOMENTOS TORSORES DE CÁLCULO (Mtd) [tf.m;cm] VIGA: V14



Fonte: Os autores (2022).

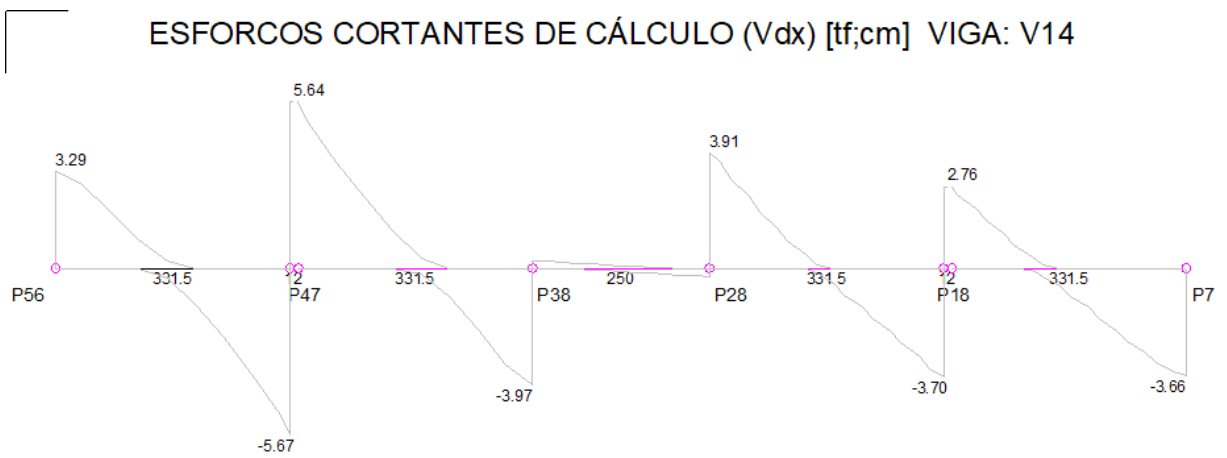
Figura 33 – Cortante - Viga 14 Vd (tf) Robot



Fonte: Os autores (2022).

Figura 34 – Cortante - Viga 14 Vd (tf) Eberick

ESFORÇOS CORTANTES DE CÁLCULO (Vdx) [tf;cm] VIGA: V14



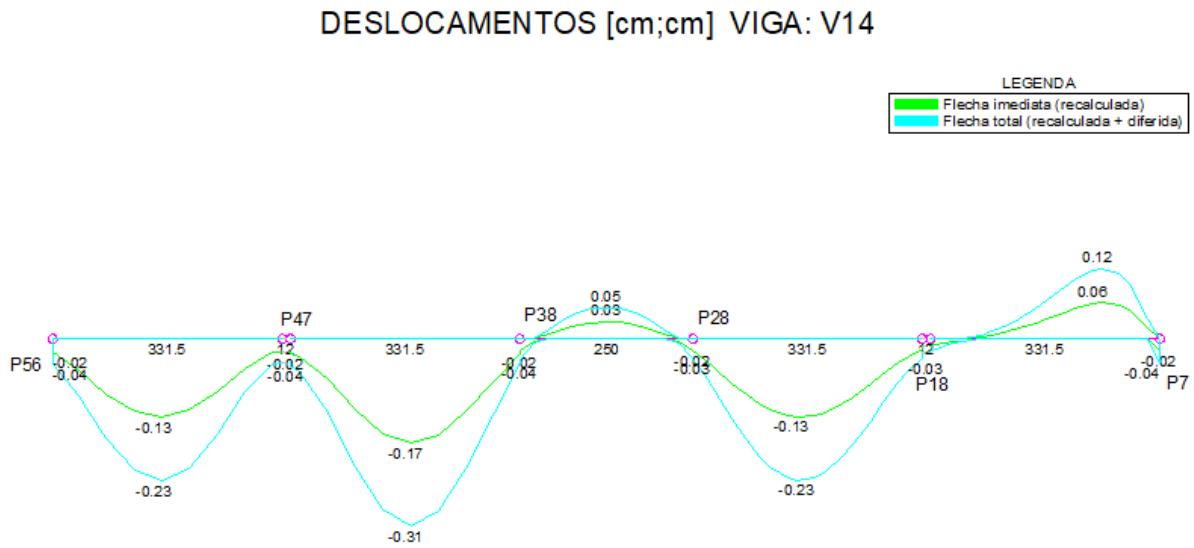
Fonte: Os autores (2022).

Figura 35 - Deslocamentos - Viga 14 d (cm) Robot



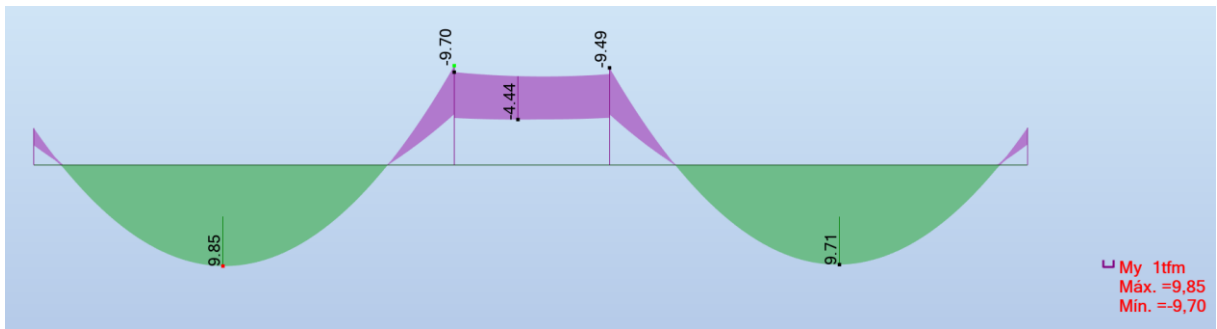
Fonte: Os autores (2022).

Figura 36 - Deslocamentos - Viga 14 d (cm) Eberick



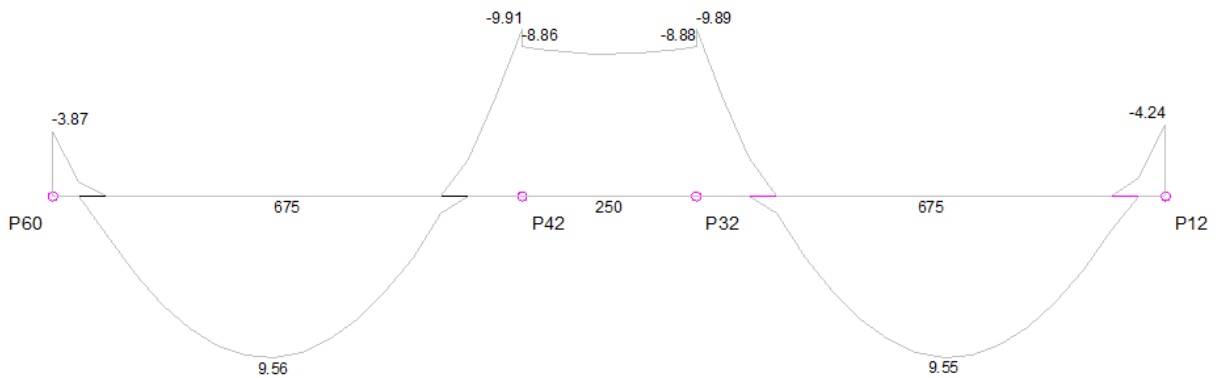
Fonte: Os autores (2022).

Figura 37 - Momento Fletor - Viga 19 Md (tf.m) Robot



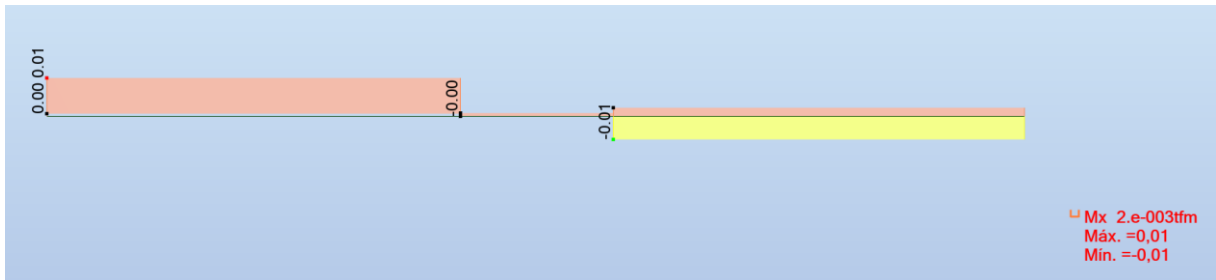
Fonte: Os autores (2022).

Figura 38 - Momento Fletor – Viga 19 Md (tf.m) Eberick  
**MOMENTOS FLETORES DE CÁLCULO (Mdx) [tf.m;cm] VIGA: V19**



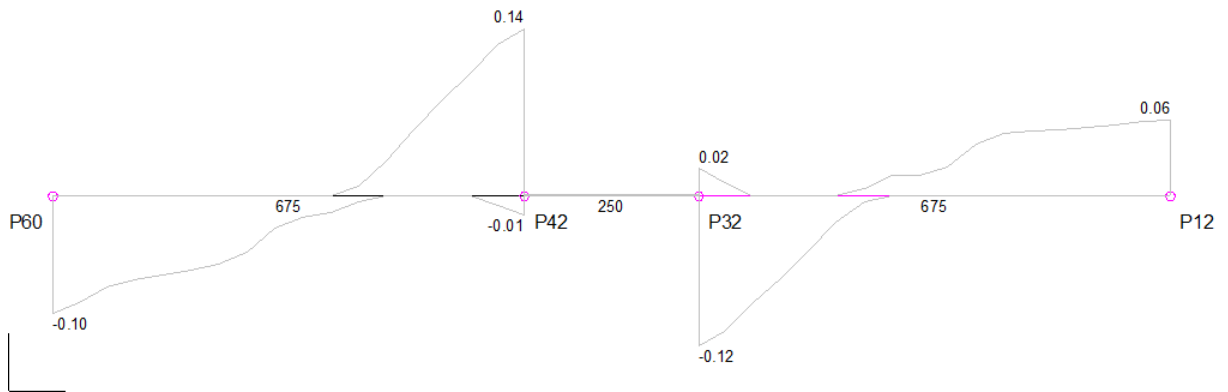
Fonte: Os autores (2022).

Figura 39 – Momento Torçor - Viga 19 Mtd (Tf.m) Robot



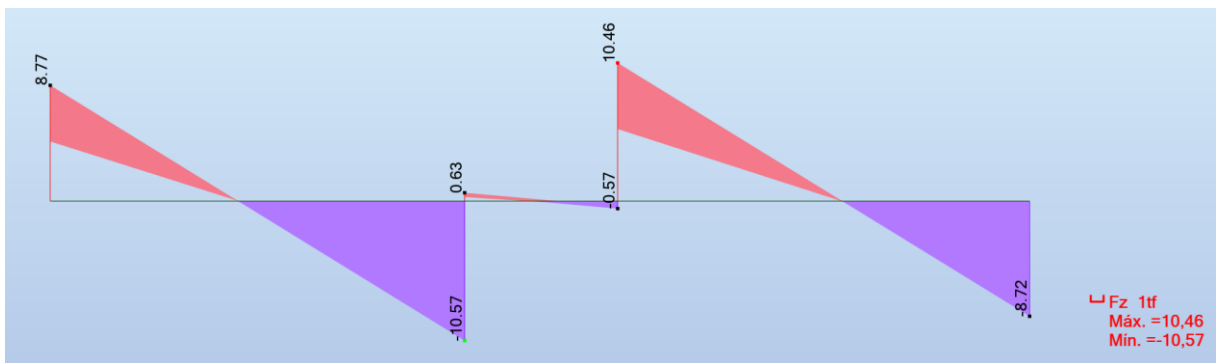
Fonte: Os autores (2022).

Figura 40 – Momento Torçor - Viga 19 Mtd (tf.m) Eberick  
 MOMENTOS TORSORES DE CÁLCULO (Mtd) [tf.m;cm] VIGA: V19



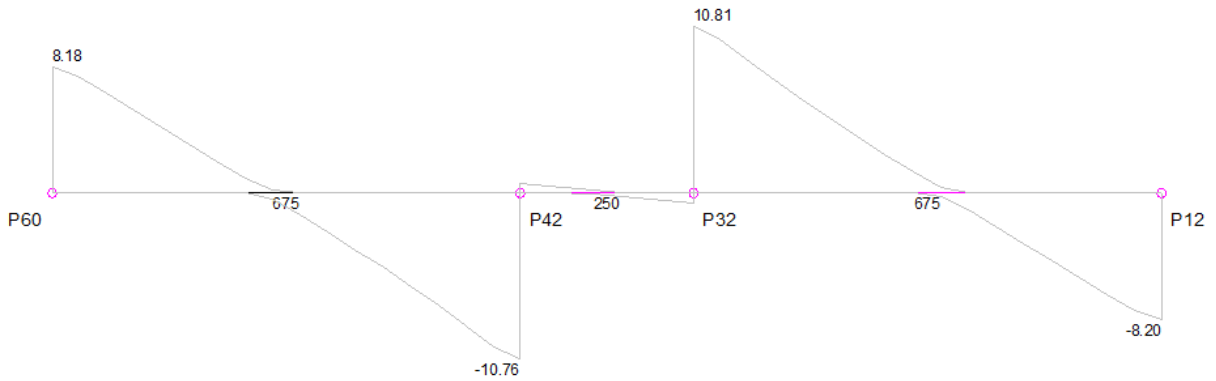
Fonte: Os autores (2022).

Figura 41 – Cortante - Viga 19 Vd (tf) Robot



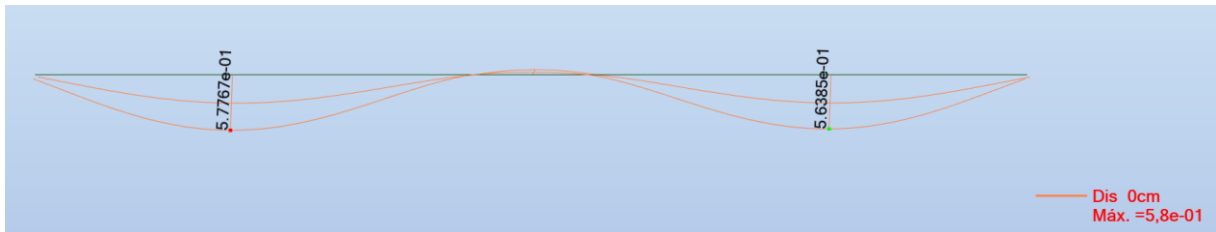
Fonte: Os autores (2022).

Figura 42 – Cortante - Viga 19 Vd (tf) Eberick  
**ESFORÇOS CORTANTES DE CÁLCULO (Vdx) [tf;cm] VIGA: V19**



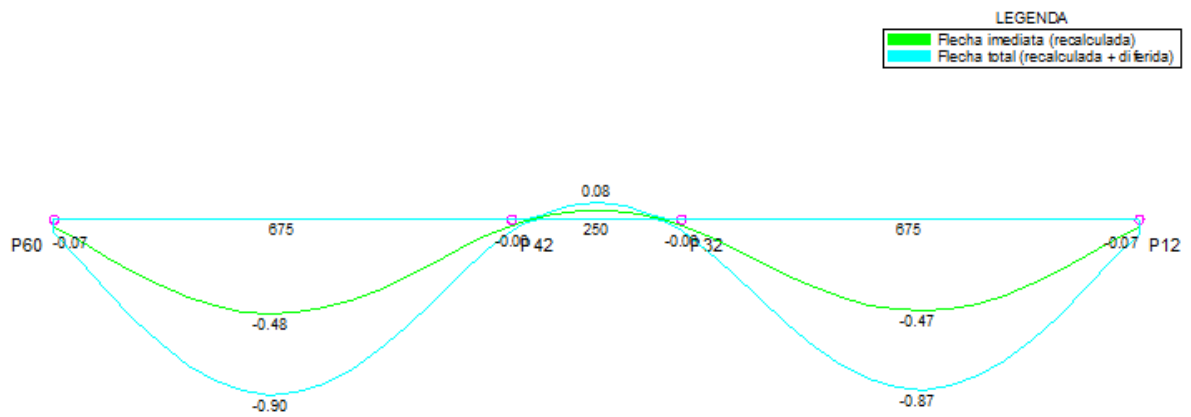
Fonte: Os autores (2022).

Figura 43 - Deslocamentos - Viga 19 d (cm) Robot



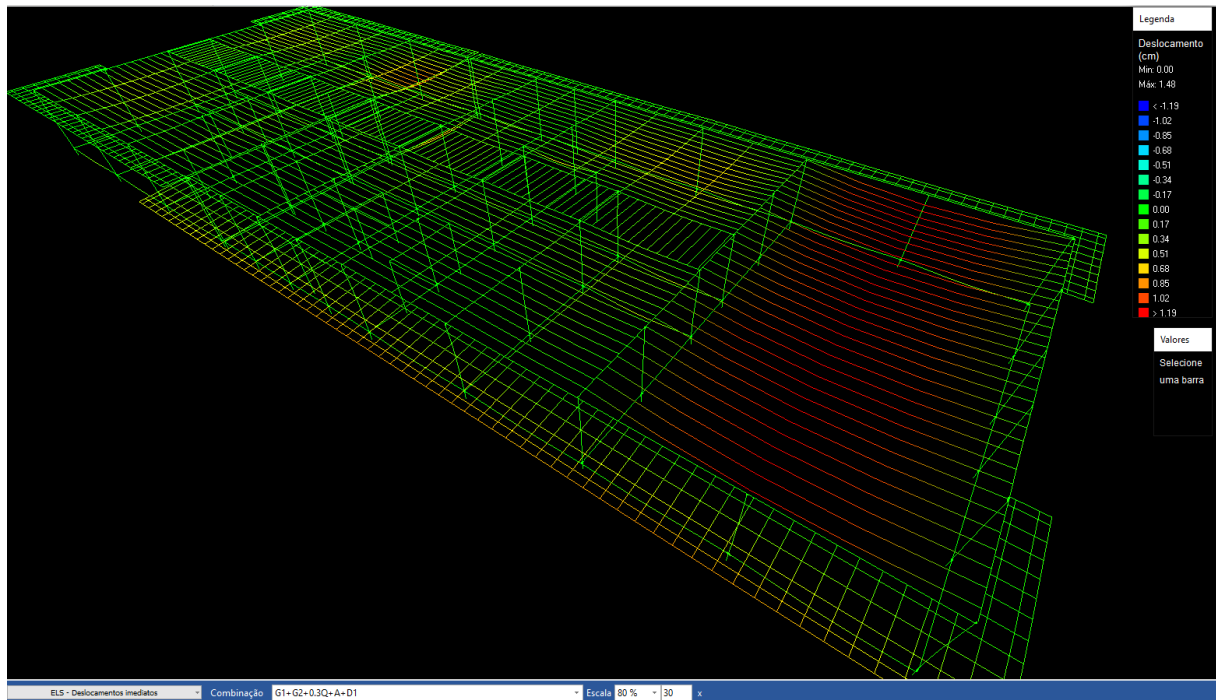
Fonte: Os autores (2022).

Figura 44 - Deslocamentos - Viga 19 d (cm) Eberick  
**DESLOCAMENTOS [cm;cm] VIGA: V19**



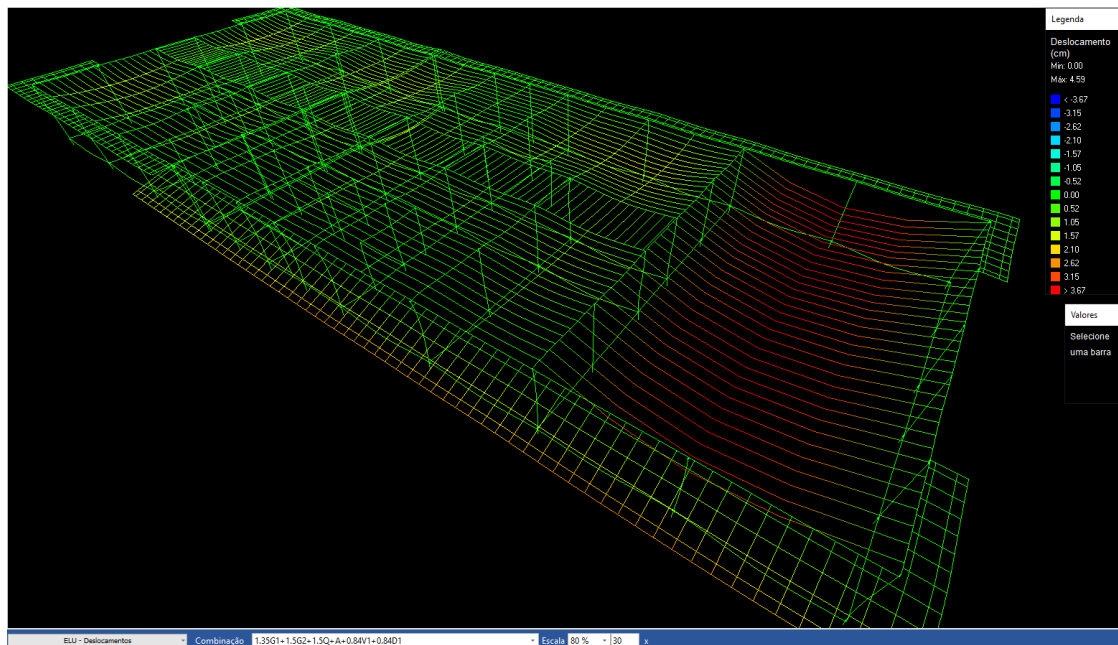
Fonte: Os autores (2022).

Figura 45 - Deslocamentos ELS Eberick



Fonte: Os autores (2022).

Figura 46 - Deslocamentos ELU Eberick



Fonte: Os autores (2022).

As figuras apresentadas acima são os resultados de esforços internos obtidos em cada *software* das vigas analisadas. As quais foram resumidas na Tabela 2, deste

modo facilitando a visualização e comparação dos resultados obtidos em cada *software*.

Tabela 2 - Dados de esforços internos máximos nas vigas

	ROBOT					Eberick				
	Momento fletor Md (tf.m)		Torção Mtd (tf.m)	Cortante Vd (tf)	Desloc d (cm)	Momento fletor Md (tf.m)		Torção Mtd (tf.m)	Cortante Vd (tf)	Desloc d (cm)
	(+)	(-)				(+)	(-)			
<b>V1</b>	3,41	5,74	3,97	6,4	-0,094	2,54	5,63	5,63	8,8	-0,11.
<b>V7</b>	2,52	3,33	0,9	3,88	-0,014	1,93	2,77	1,29	5,56	-0,18
<b>V14</b>	1,58	4,09	0,1	4,83	-0,2	1,48	3,76	0,29	5,67	-0,31
<b>V19</b>	9,85	9,7	0,01	10,57	-0,58	9,56	9,91	0,14	10,81	-0,9

Fonte: Os autores (2022).

Comparando os dados de esforços internos obtidos em cada *software* pode-se visualizar a divergência nos valores de momento fletor para vigas V1 e V7 conforme apresentado na Tabela 3. Também pode se verificar que para a solicitação a torção os valores encontrados no Eberick em sua totalidade são maiores que os valores encontrados no Robot, isto pode ser devido ao método de cálculo e análise de ambos os programas e suas respectivas redistribuições de esforços, visto que o primeiro utiliza grelhas e pórticos integrado e o segundo utiliza a metodologia de elementos finitos. Porém, fazendo uma análise gráfica, pode se perceber que os esforços acompanharam em sua grande maioria o mesmo traçado gráfico, variando apenas o módulo dos valores.

Tabela 3 - Comparativo de esforços internos e deslocamentos do Robot em relação ao Eberick

	Momento fletor Md		Torção Mtd	Cortante Vd	Deslocamento d
	Positivo	Negativo			
<b>V1</b>	34%	2%	-29%	-27%	-15%
<b>V7</b>	31%	20%	-30%	-30%	-92%
<b>V14</b>	7%	9%	-66%	-15%	-35%
<b>V19</b>	3%	-2%	-93%	-2%	-36%

Fonte: Os autores (2022).



## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi feito o projeto estrutural do edifício “Hub de Inovação Tecnológica” para a Universidade Estadual de Ponta Grossa, utilizando o *software* Eberick. O projeto executivo foi adequado ao padrão da instituição, e será doado à UEPG. Esta é uma edificação térrea cujo projeto arquitetônico apresenta ao menos dois desafios estruturais: uma laje de grandes dimensões (Laje L03 do projeto estrutural), e uma laje em balanço (Laje L01 do projeto estrutural) que causa grande torção na viga que a sustenta. Para a laje em balanço foi necessário projetar uma viga de dimensões pouco usuais. Não foi efetuado o estudo e o projeto de vigotas protendidas necessárias à laje de maior dimensão que serve de cobertura o ambiente de “*coworking*” do projeto arquitetônico, ficando a cargo do fornecedor de lajes a responsabilidade técnica por este elemento estrutural.

Paralelamente, a mesma estrutura foi lançada no *software* Robot Structural Analysis, com o intuito de conhecer e explorar também esta ferramenta computacional. Foi verificada a proximidade entre os resultados obtidos em ambos os *softwares*: as forças em todos os pilares, e as deformações e os esforços internos nas vigas mais solicitadas. Com a utilização dos dois *softwares* para o lançamento estrutural, foi possível melhorar o entendimento do comportamento da estrutura, visto que foi necessário aplicar os conhecimentos adquiridos durante a graduação nas disciplinas de Mecânica Estrutural e Estruturas de Concreto Armado.

Todo o estudo realizado proporcionou aos autores alto crescimento pessoal e prático no desenvolvimento e análise de projetos estruturais em concreto armado, e deu maior segurança para conceber e projetar futuras estruturas.

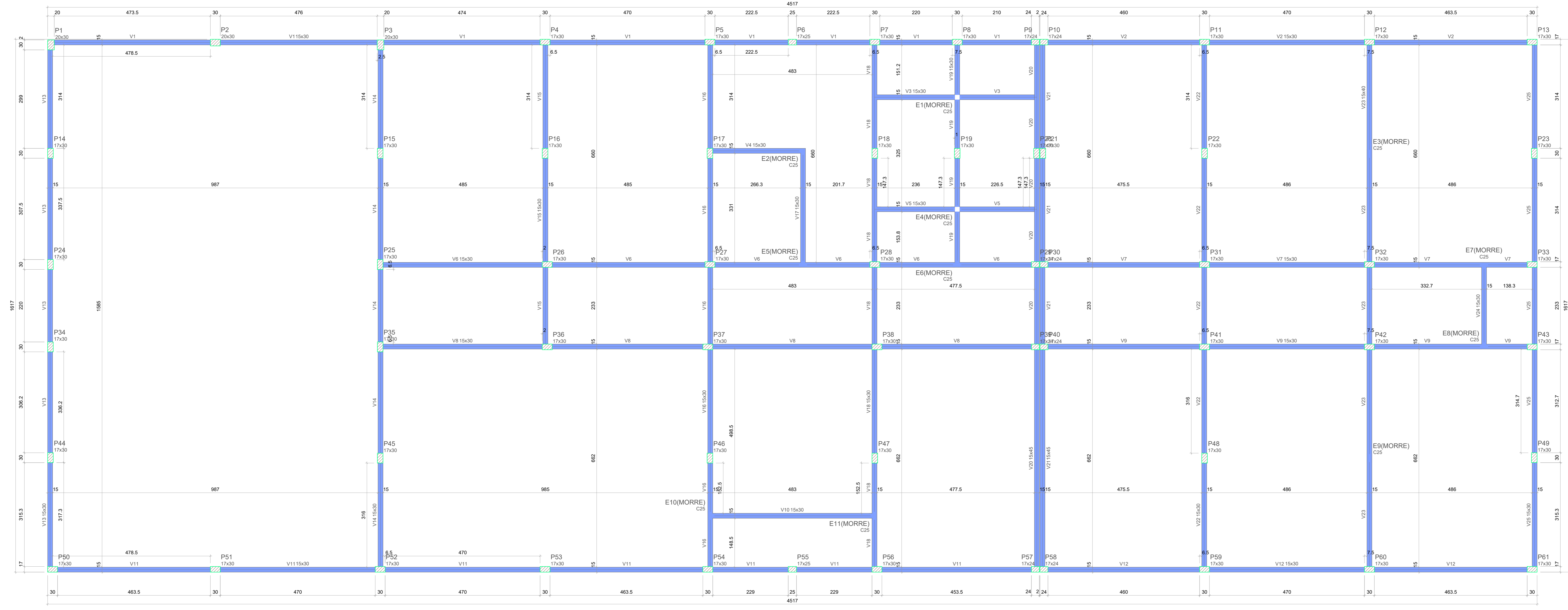
Conclui-se que os objetivos do trabalho foram alcançados, e fica como sugestão para um próximo estudo utilizar o *software* Robot Structural Analysis também para a realização dos cálculos de armaduras e a sua comparação com os resultados dos *softwares* Eberick, TQS e Cypecad, tendo em mente que possivelmente na próxima versão do Robot Structural Analysis já terão sido implantados os critérios da Norma brasileira de concreto armado, da ABNT NBR 6118:2014.

## BIBLIOGRAFIA

- ABNT. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. UEPG. Ponta Grossa. 1988.
- ABNT. **NBR 8681: Ações para o cálculos de estruturas de edificações**. ABNT. Rio de Janeiro. 2003.
- ABNT. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. ABNT. Rio de Janeiro. 2014.
- ABNT. **NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. ABNT. Rio de Janeiro. 2019.
- BARA, H. R.; SCHEIDT, I. J. **Projeto estrutural de um centro de reagentes e resíduos químicos: comparação entre softwares comerciais de dimensionamentod e concreto armado**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2021.
- CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, R. D. **Calculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Segundo a NBR 6118:2014**. 4ª. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2021.
- ESPINELLI, U. **A gestão do consumo de materiais como instrumento para geração de resíduos nos canteiros de obra**. Seminário de Gestão e Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição - Avanços e Desafios. São Paulo: PCC USP. 2005.
- KIMURA, A. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Oficina dos Textos, 2018.
- MARTHA, L. F. **ANÁLISE DE ESTRUTURAS CONCEITOS E MÉTODOS BÁSICOS**. 3ª. ed. RIO DE JANEIRO: LTC, 2022.
- PORTO, T. B.; FERNANDES, D. S. G. **Projeto estrutural de um edifício em concreto armado conforme NBR6118/2014**. 2. ed. Belo Horizonte: FUMARC, 2016.
- SABADIN, M. H. **Comparação entre solicitações obtidas pelo TQS e Autodesk Robot Structural Analysis: aplicação a um edifício de pequeno porte**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2018.
- SOUZA, R. D.; CUNHA, F. E. **Dimensionamento de estruturas em concreto armado: comparativo entre os softwares Eberick e TQS**. ARTIGO (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina. Joinville. 2021.

**APÊNDICE A – PROJETO ESTRUTURAL**





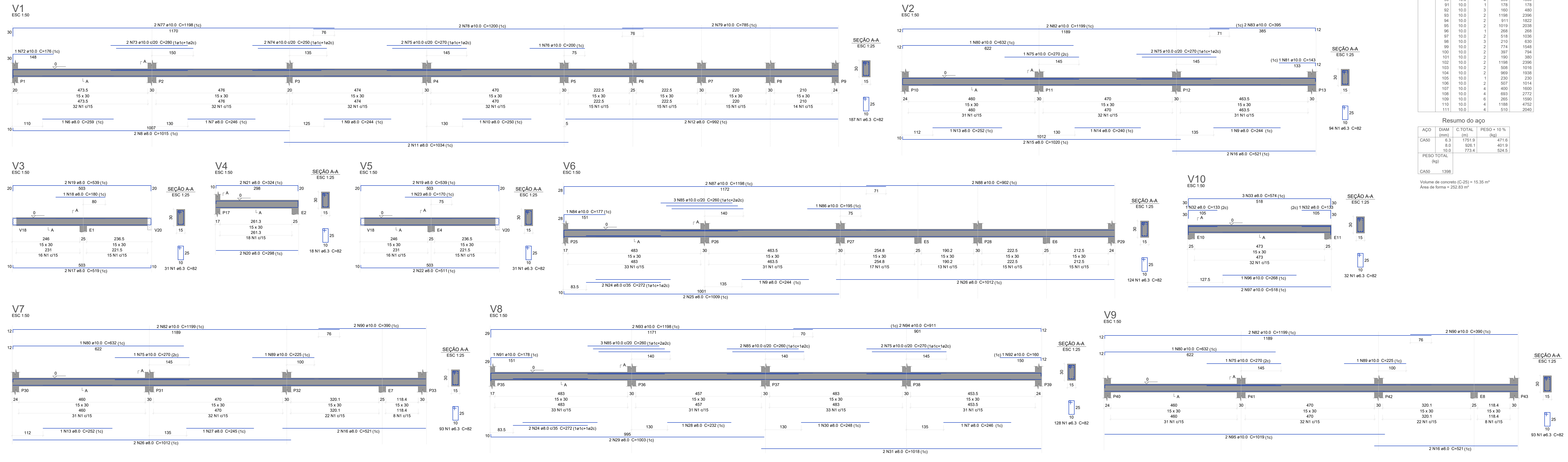
Vigas				Relação do aço			
Nome	Seção	Elevação (cm)	Nível (cm)	V1	V2	V3	V4
V1	15x30	0	0	V5	V6	V7	V8
V2	15x30	0	0	V9	V10	V11	V12
V3	15x30	0	0	V13	V14	V15	V16
V4	15x30	0	0	V17	V18	V19	V20
V5	15x30	0	0	V21	V22	V23	V24
V6	15x30	0	0				
V7	15x30	0	0				
V8	15x30	0	0				
V9	15x30	0	0				
V10	15x30	0	0				
V11	15x30	0	0				
V12	15x30	0	0				
V13	15x30	0	0				
V14	15x30	0	0				
V15	15x30	0	0				
V16	15x30	0	0				
V17	15x30	0	0				
V18	15x30	0	0				
V19	15x30	0	0				
V20	15x30	0	0				
V21	15x30	0	0				
V22	15x30	0	0				
V23	15x30	0	0				
V24	15x30	0	0				
V25	15x30	0	0				

Características dos materiais				
Ítem	Unidade	Valor	Unidade	Valor
25	(kg/m³)	24500		
21	(kg/m³)	24500		
22	(kg/m³)	24500		
23	(kg/m³)	24500		
24	(kg/m³)	24500		
25	(kg/m³)	24500		

Pilares				
Nome	Seção	Elevação (cm)	Nível (cm)	C.TOTAL (cm)
P1	20x30	0	0	15172
P2	20x30	0	0	15172
P3	20x30	0	0	15172
P4	17x30	0	0	15172
P5	17x30	0	0	15172
P6	17x30	0	0	15172
P7	17x30	0	0	15172
P8	17x30	0	0	15172
P9	17x30	0	0	15172
P10	17x30	0	0	15172
P11	17x30	0	0	15172
P12	17x30	0	0	15172
P13	17x30	0	0	15172
P14	17x30	0	0	15172
P15	17x30	0	0	15172
P16	17x30	0	0	15172
P17	17x30	0	0	15172
P18	17x30	0	0	15172
P19	17x30	0	0	15172
P20	17x30	0	0	15172
P21	17x30	0	0	15172
P22	17x30	0	0	15172
P23	17x30	0	0	15172
P24	17x30	0	0	15172
P25	17x30	0	0	15172
P26	17x30	0	0	15172
P27	17x30	0	0	15172
P28	17x30	0	0	15172
P29	17x30	0	0	15172
P30	17x30	0	0	15172
P31	17x30	0	0	15172
P32	17x30	0	0	15172
P33	17x30	0	0	15172
P34	17x30	0	0	15172
P35	17x30	0	0	15172
P36	17x30	0	0	15172
P37	17x30	0	0	15172
P38	17x30	0	0	15172
P39	17x30	0	0	15172
P40	17x30	0	0	15172
P41	17x30	0	0	15172
P42	17x30	0	0	15172
P43	17x30	0	0	15172
P44	17x30	0	0	15172
P45	17x30	0	0	15172
P46	17x30	0	0	15172
P47	17x30	0	0	15172
P48	17x30	0	0	15172
P49	17x30	0	0	15172
P50	17x30	0	0	15172



### Forma do pavimento Têrreo



Resumo do aço				
ACO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO = 10 % (kg)	ÁREA (cm²)
CASO	8.3	1751.9	471.6	
	8.0	926.1	401.9	
	10.0	773.4	524.5	
TOTAL				
CASO	1398			

Volume de concreto (C-25) = 15.35 m³  
Área de forma = 252.83 m²

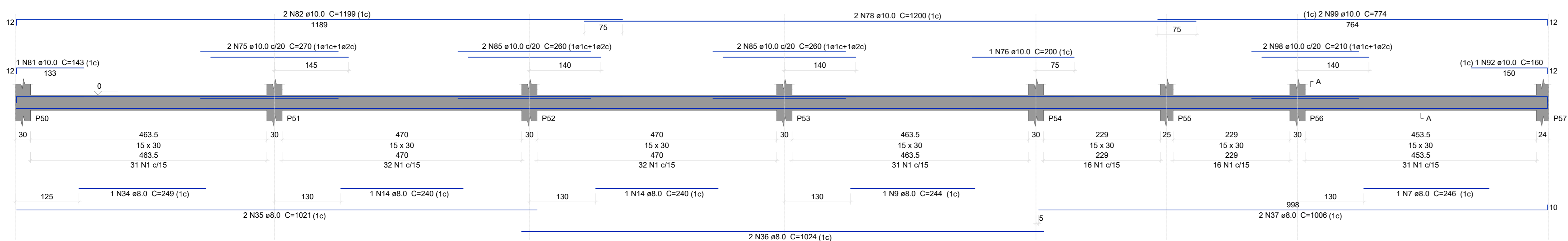
**UNEPG** Universidade Estadual de Ponta Grossa

Projeto: Gustavo Spinardi / Desenhado: Gustavo Spinardi / Projeto: PROJETO ESTRUTURAL  
 Verificado: Erick Luis de Faria / Aprovado: Erick Luis de Faria / Nome do Verificador: Nome do Aprovador / Cota: HUB DE INOVAÇÃO  
 Resp. Técnico: Diretor de Planejamento Físico / Tabela: Hub de Inovação

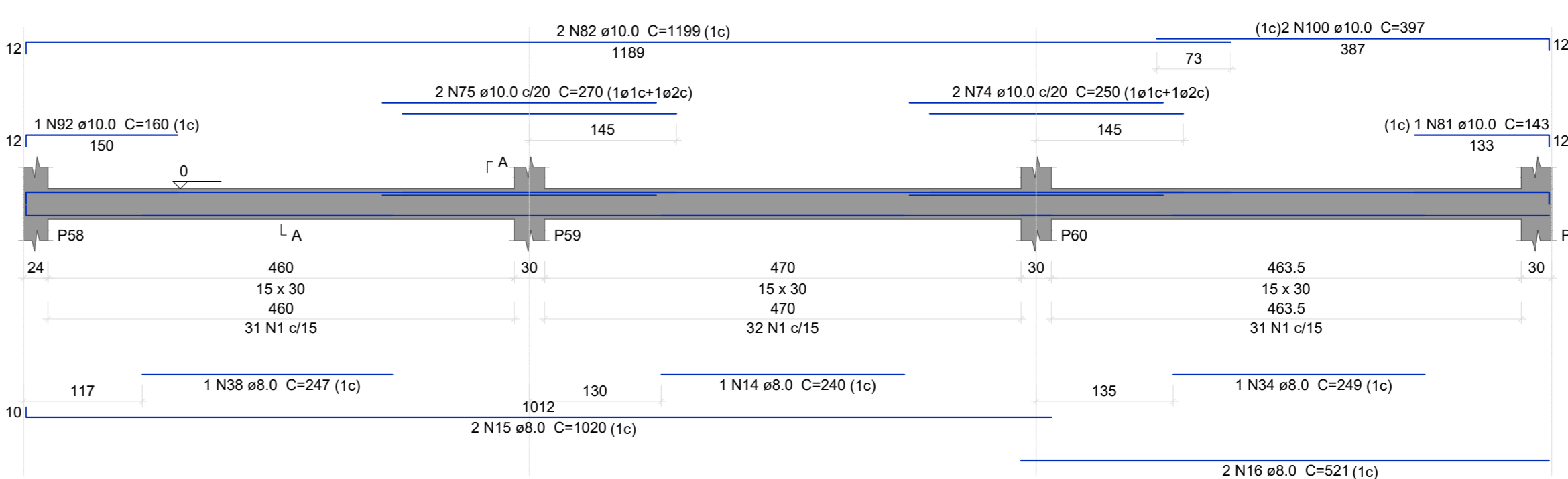
Projeto Estrutural  
Formas Pavimento Têrreo  
Vigas Pavimento Têrreo

Nome do Resp. Técnico: Matheus Santana Carrer / Eng. civ. / CREA: PR 124567/0-1  
 Engenheiro: Matheus Santana Carrer / Eng. civ. / CREA: PR 124567/0-1  
 Ensaio: 03/12/2022 / Escala: INDICADA / ART: RRT / Número de identificação: ABC-123456789-01-001 / Folha: 2 de 8 / Revisão: 01

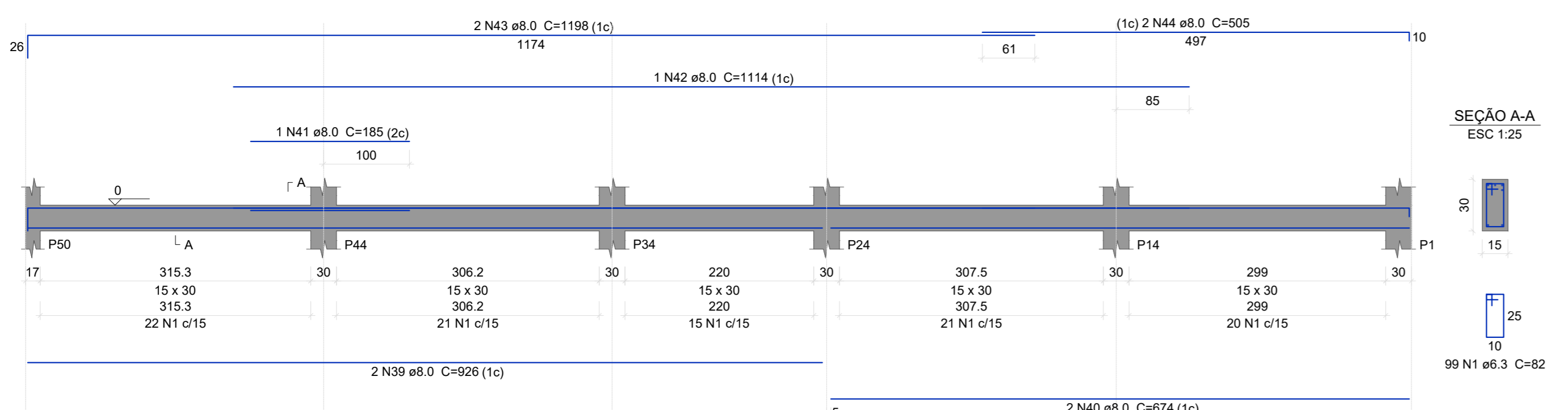
V11  
ESC 1:50



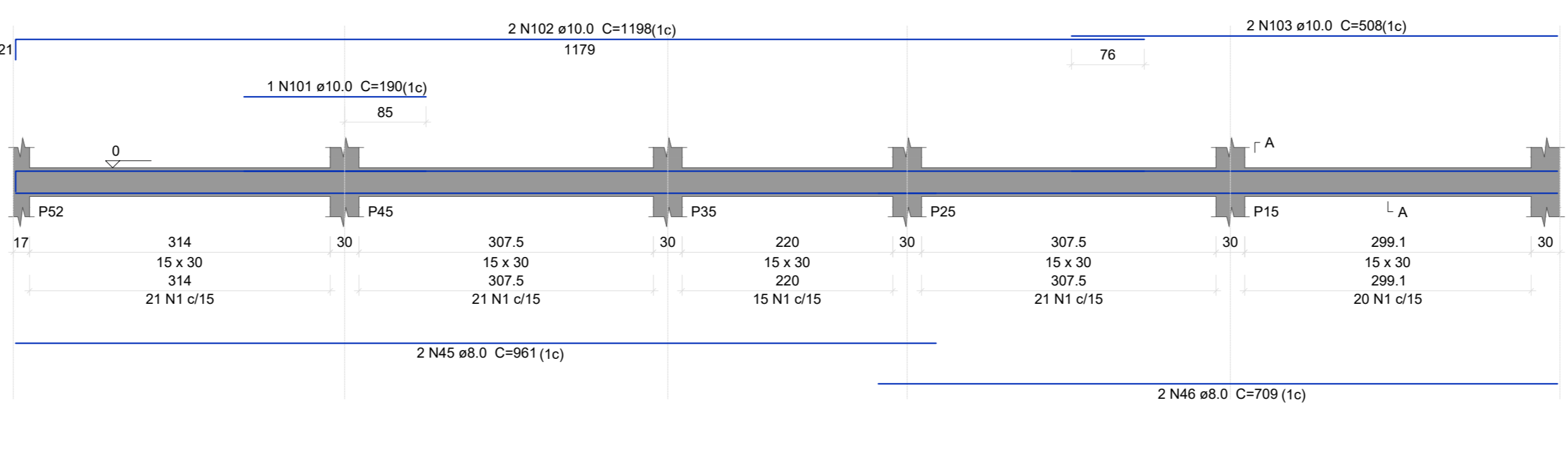
V12  
ESC 1:50



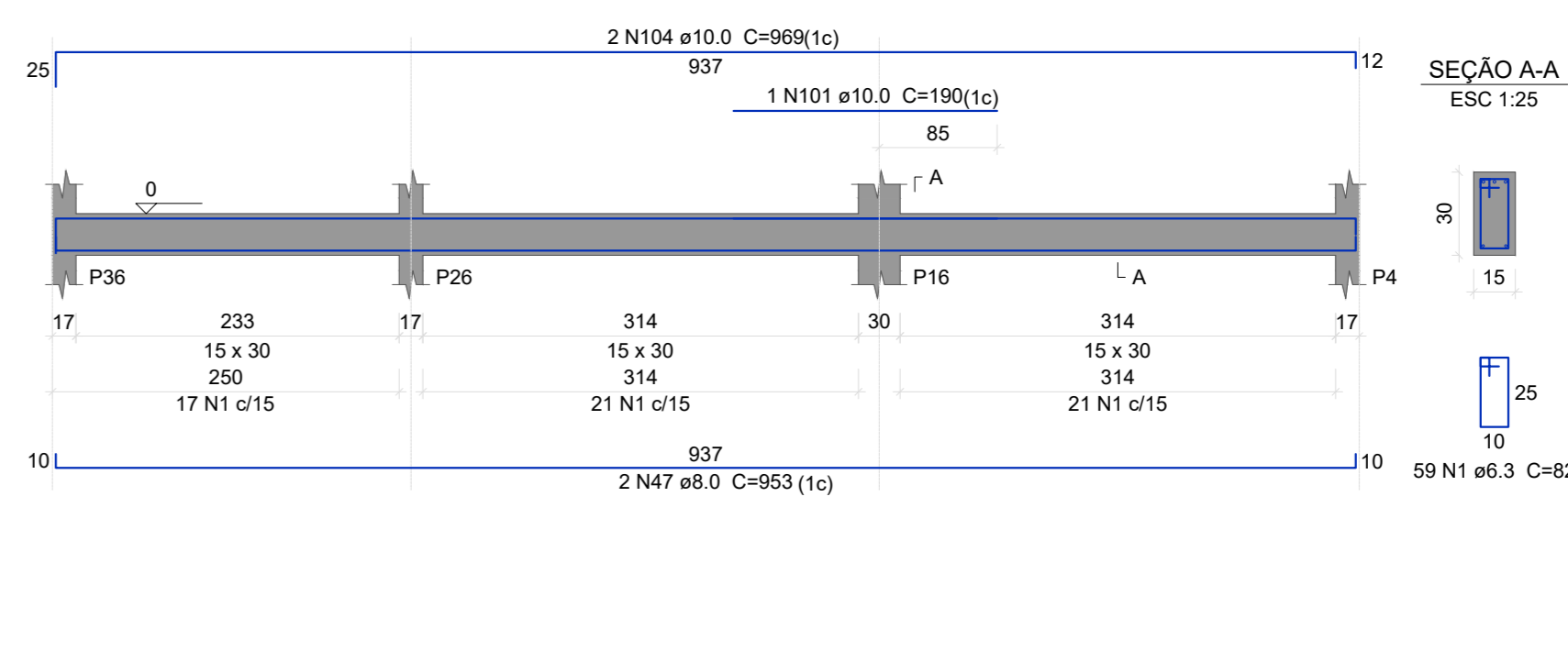
V13  
ESC 1:50



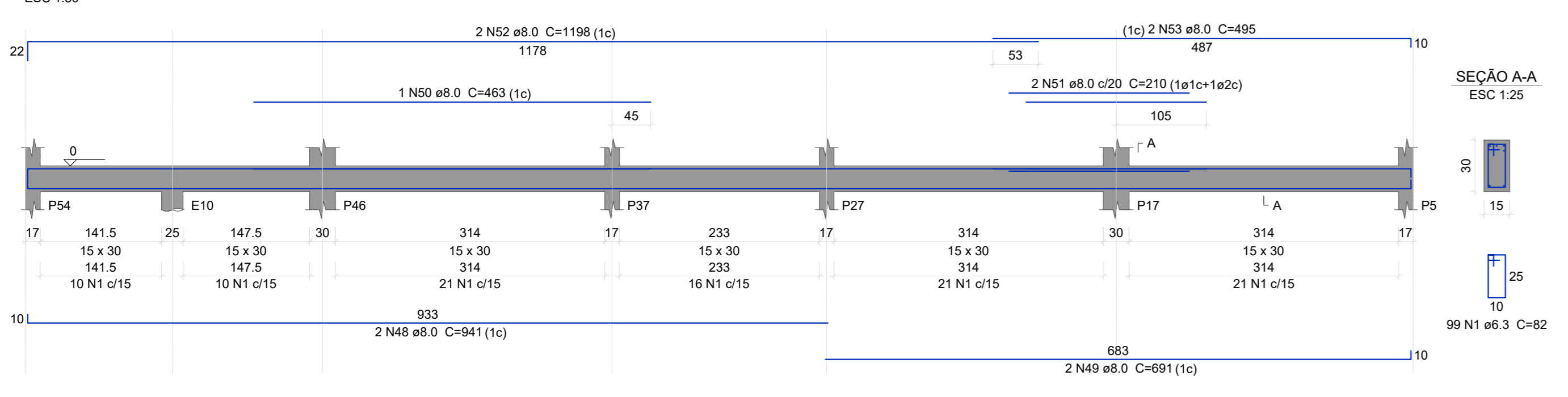
V14  
ESC 1:50



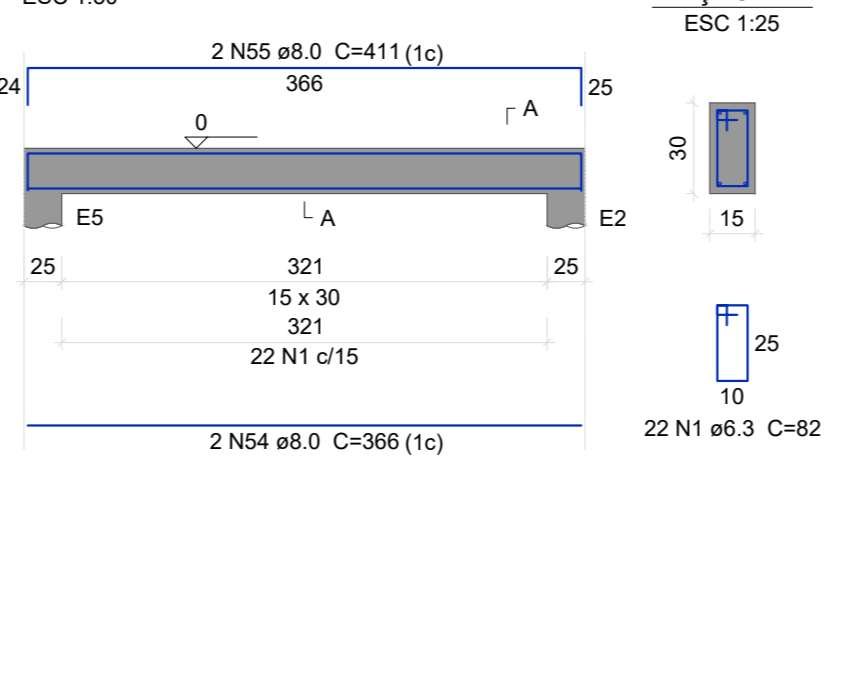
V15  
ESC 1:50



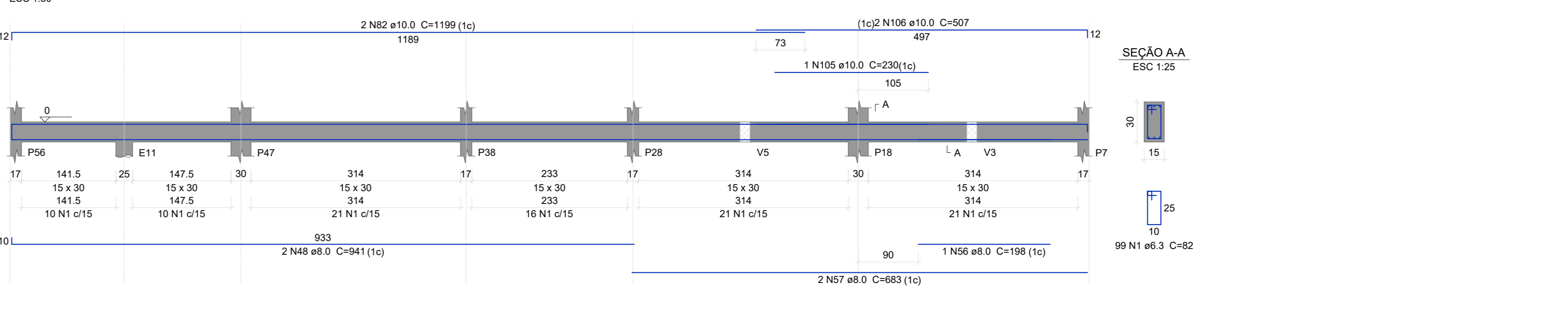
V16  
ESC 1:50



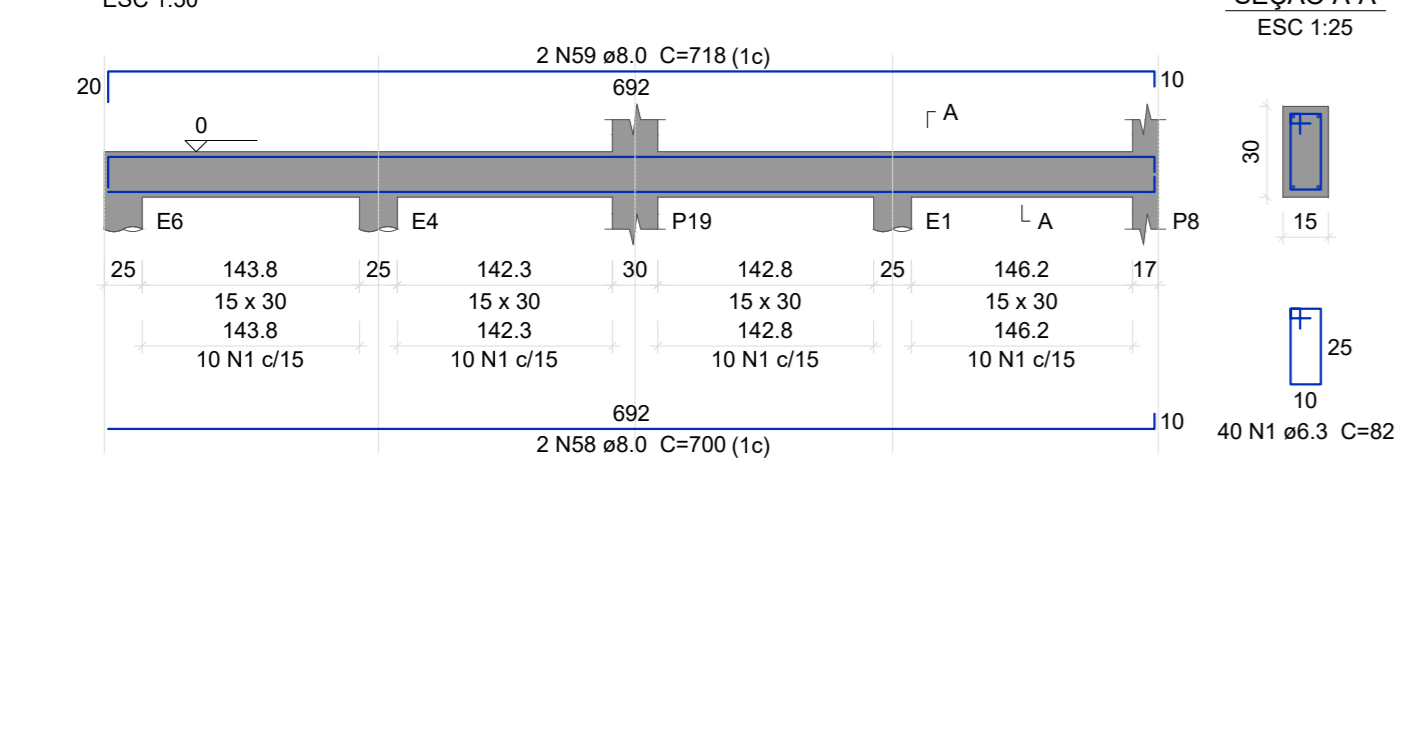
V17  
ESC 1:50



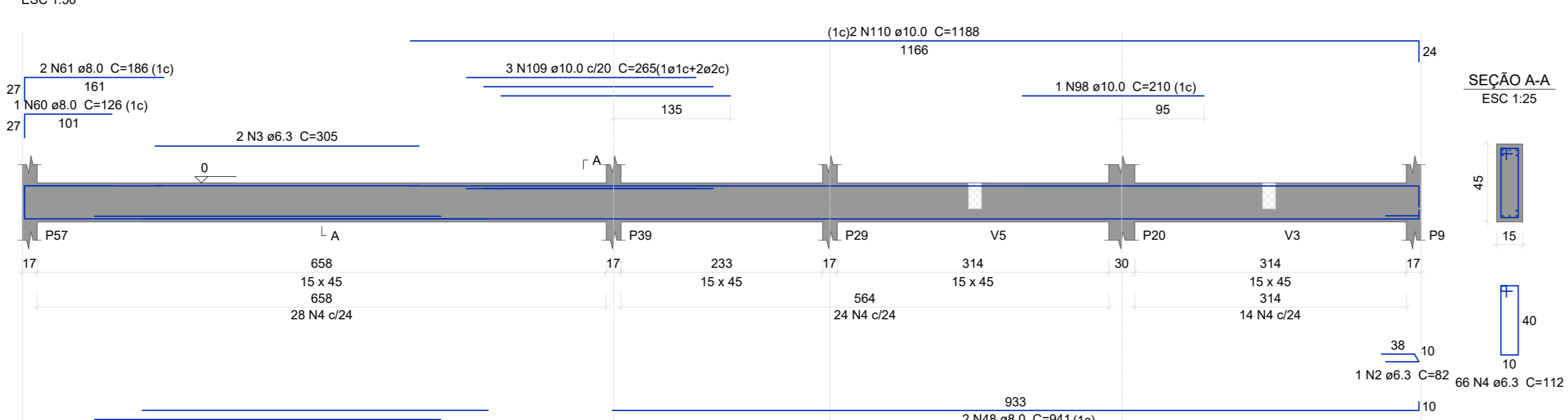
V18  
ESC 1:50



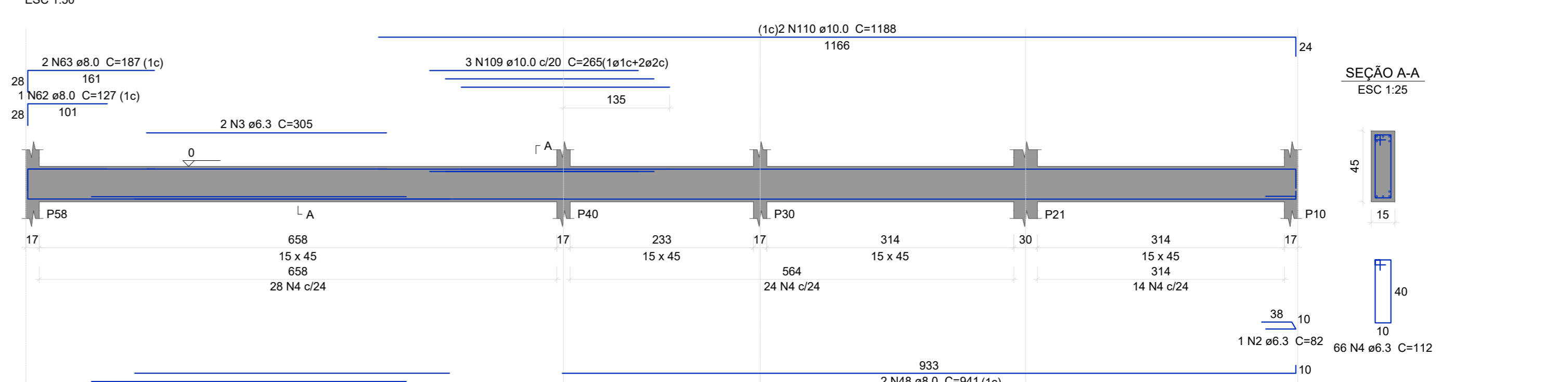
V19  
ESC 1:50



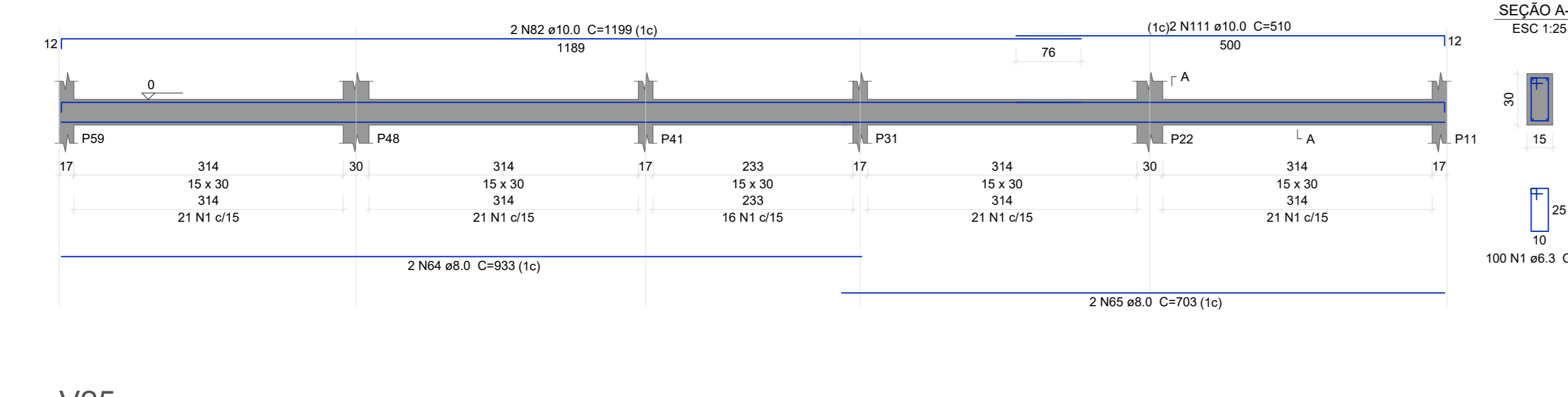
V20  
ESC 1:50



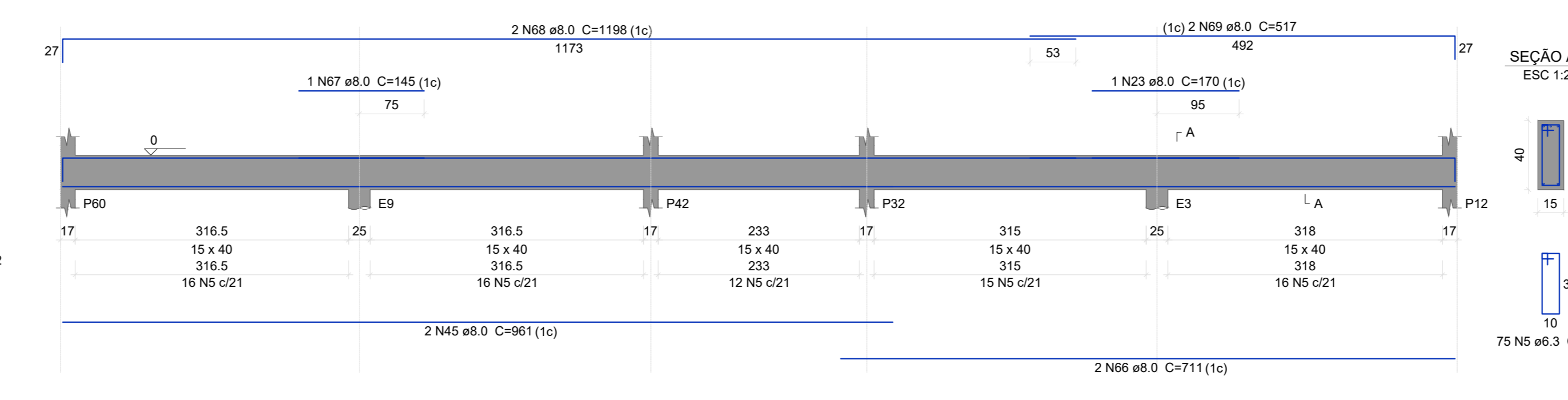
V21  
ESC 1:50



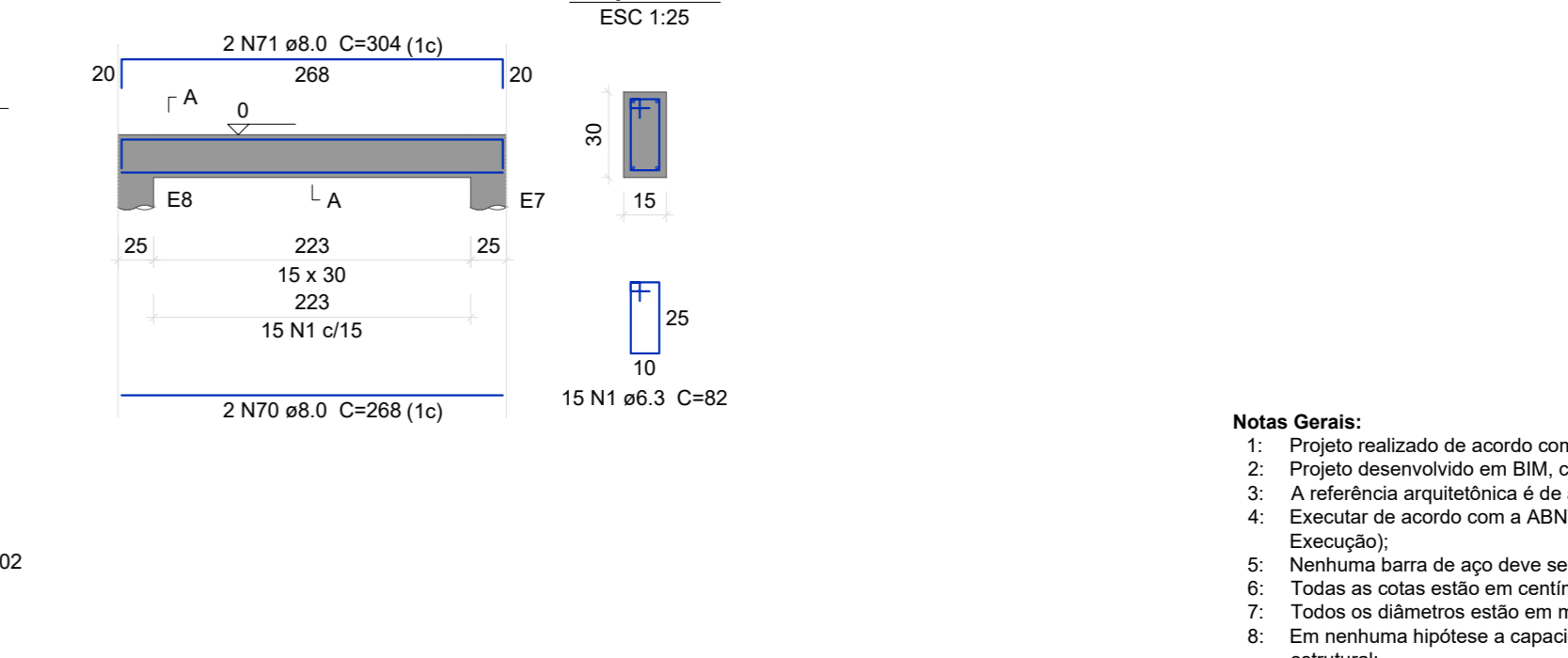
V22  
ESC 1:50



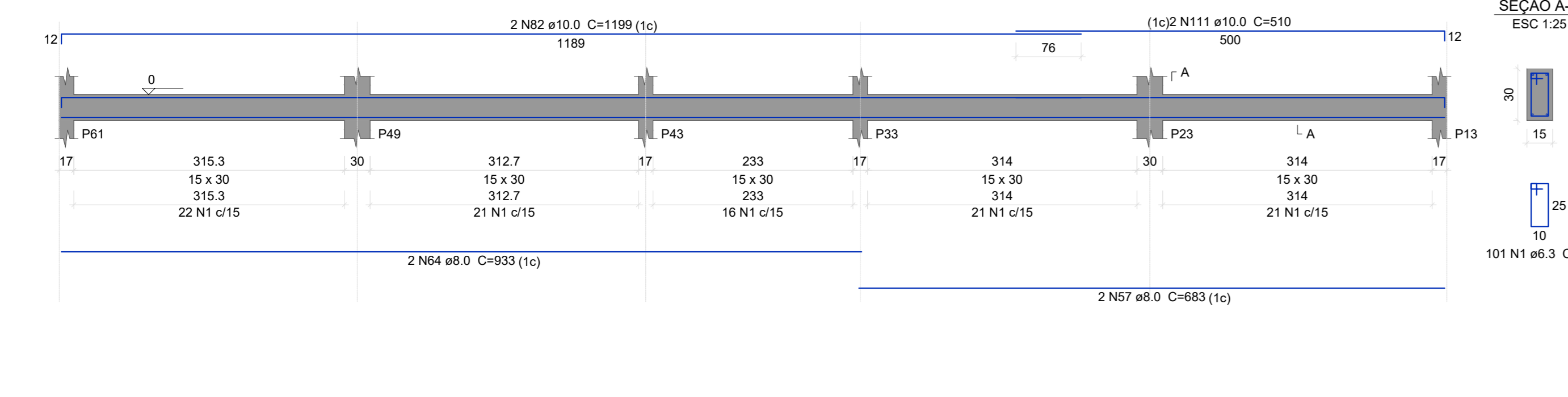
V23  
ESC 1:50



V24  
ESC 1:50



V25  
ESC 1:50

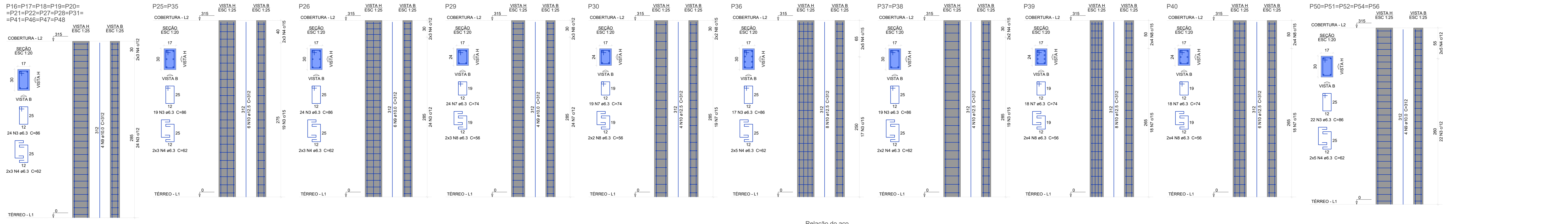
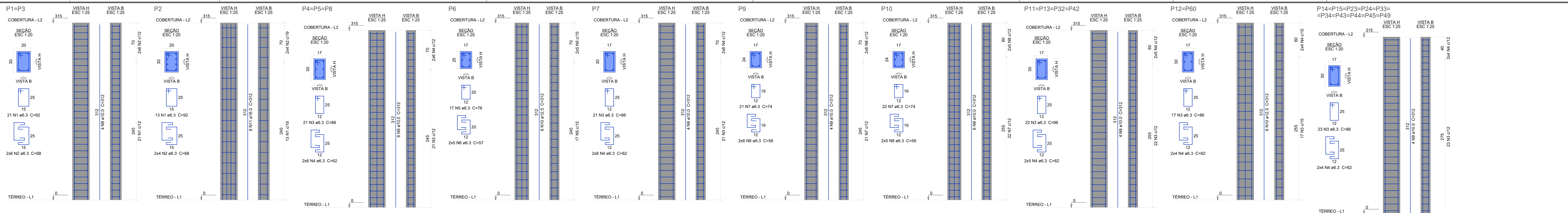


V26  
ESC 1:50



- Notas Gerais:**
- Projeto elaborado de acordo com o ABNT NBR 6119:2014.
  - Projeto desenvolvido em BIM, conforme Decreto N° 10.336 de 02 de abril de 2020.
  - A referência arquitetônica é de autoria do(a) EMANUELLE ALMEIDA.
  - Execução de acordo com o ABNT NBR 14931:2004 e com o profissional técnico devidamente habilitado (de quem deve ser exigida a ART de Execução).
  - Nenhuma barra de aço deve ser substituída sem consulta prévia ao projetista.
  - Todos os diâmetros estão em milímetros.
  - Todos os diâmetros estão em milímetros.
  - Em nenhuma hipótese a capacidade ou posição dos reservatórios superiores devem ser alterados sem consulta prévia ao autor deste projeto estrutural.
  - Os quantitativos de aço levaram em consideração 10% de perda com corte ou dobra.
  - Recomenda-se o uso de concreto usado em locais de peças de concreto armado.
  - Se produzido no local, o construtor deve observar o ABNT NBR 12652:2004 e normas correlatas, bem como ser assessorado por consultor tecnológico de concreto.
  - Resistência característica à compressão: 25 MPa.
  - Módulo de Deformação Longitudinal Secante.
  - A Classe de Agressividade Ambiental II, adotada em projeto, demanda as seguintes coberturas:
  - Vigas/Placas: 25mm
  - Lajes: 30mm
  - Saídas/Balcões/Esperas de Planos: 30mm
  - A estrutura foi projetada para ser construída em retângulo que a circunscreve cujos vértices possuem as seguintes coordenadas geográficas:
  - P1 N: XXXXXXXXXXXXXX E: XXXXXXXXXX
  - P2 N: XXXXXXXXXXXXXX E: XXXXXXXXXX
  - P3 N: XXXXXXXXXXXXXX E: XXXXXXXXXX
  - P4 N: XXXXXXXXXXXXXX E: XXXXXXXXXX
  - P5 N: XXXXXXXXXXXXXX E: XXXXXXXXXX
  - As ações devidas ao vento foram consideradas na análise estrutural, com base no ABNT NBR 6123:1998, admitindo-se:
    - Velocidade básica de 42 m/s;
    - Classe B;
    - Categoria II;
    - 4 ângulos de incidência: 0°, 90°, 180° e 270°.
  - Em nenhuma hipótese as dimensões das seções transversais dos elementos estruturais devem ser alteradas.
  - Nos casos de alteração das especificações das lajes com vigas treliçadas, por parte do fornecedor, este deve apresentar Ao Built e ART de projeto, emitida por profissional técnico devidamente habilitado, mantendo a mesma capacidade de carga, mesma orientação da vigas e intensidade de reações de apoio iguais ou inferiores à do projeto original.
  - A independência do projeto, bem como de suas partes, entre o autor do projeto de qualquer responsabilidade técnica sobre a estrutura.
  - A Laje 3 não foi especificada neste projeto e fica a cargo do fornecedor da laje a responsabilidade estrutural deste elemento. Os compromissos assumidos no projeto serão como carga permanente e acidental. Se necessário, consultar projeto estrutural para adequação de considerações nas vigas que apoiam a Laje 3.

Projeto: Gustavo Spinardi Verificado: Erick Luis de Faria Resp. Técnico:	Desenhado: Gustavo Spinardi Aprovado: Erick Luis de Faria Diretor de Planejamento Físico:	Projeto: PROJETO ESTRUTURAL Nome do Aprovador: HUB DE INOVAÇÃO Tabela:
Nome do Resp. Técnico: Matheus Santana Carrer Eng. Civil:		Projeto Estrutural Vigas Pavimento Térreo
Emissão: 03/12/2022 Estado: INDICADA	ART: RRT RRT:	Número de Identificação: ABC-123456789-01-001 Folha: 3 de 8 Revisão: 01



**Relação do aço**

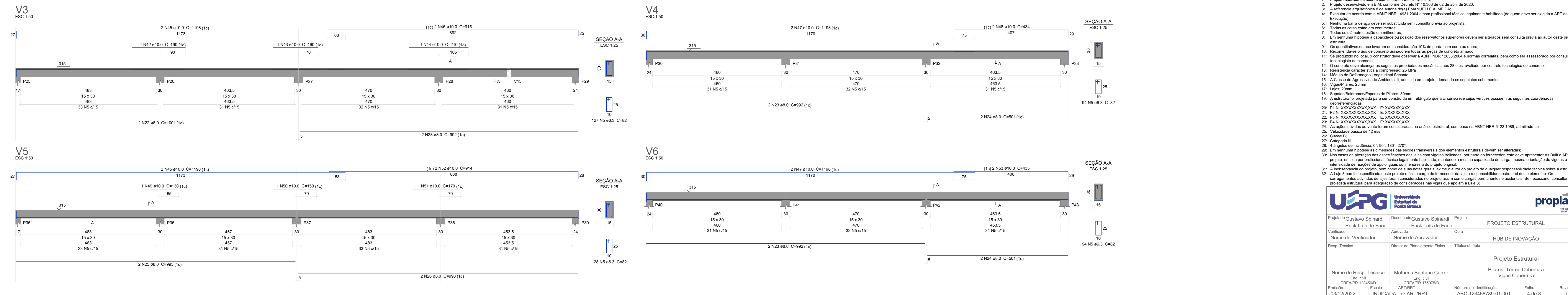
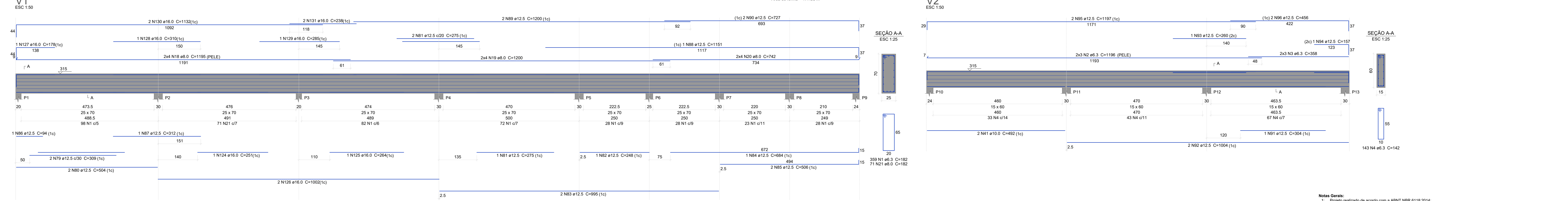
ACO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CASO	1	6.3	50	92	5000
	2	6.3	32	68	2176
	3	6.3	1000	86	91676
	4	6.3	300	62	23022
	5	6.3	39	76	2964
	6	6.3	20	57	1140
	7	6.3	158	74	11692
	8	6.3	64	66	3564
	9	10.0	166	312	61775
	10	12.5	84	312	26208
	11	16.0	8	312	2456

**Resumo do aço**

ACO	DIAM (mm)	C.TOTAL (cm)	PESO + 10% (kg)
CASO	6.3	1422.3	382.6
	10.0	617.5	419
	12.5	262.1	277.7
	16.0	25	43.3
<b>PESO TOTAL (kg)</b>			<b>1122.8</b>
CASO			1122.8

Volume de concreto (C-25) = 9.57 m³  
Área de forma = 177.53 m²



- Notas Gerais:**
- Projeto executado de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.
  - Projeto desenvolvido em BIM, conforme Decreto N° 10.306 de 02 de abril de 2020.
  - A referência arquitetônica é de autoria do(a) EMANUELLE ALMEIDA.
  - Executar de acordo com a ABNT NBR 14931:2004 e com profissional Mecânico legalmente habilitado (de quem deve ser exigida a ART de Engenharia).
  - Nenhuma barra de aço deve ser substituída sem consulta prévia ao projetista.
  - Recomenda-se o uso de concreto armado em todas as peças de concreto armado.
  - Todos os diâmetros estão em milímetros.
  - Em nenhuma hipótese a colocação ou posição dos reservatórios superiores devem ser alterados sem consulta prévia ao autor deste projeto estrutural.
  - Os quantitativos de aço levaram em consideração 10% de perda com corte ou dobrar.
  - Recomenda-se o uso de concreto armado em todas as peças de concreto armado.
  - Se produzido no local, o construtor deve observar a ABNT NBR 12655:2004 e normas correlatas, bem como ser assessorado por consultor tecnológico de concreto.
  - Resistência característica à compressão: 25 MPa.
  - Módulo de Deformação Longitudinal Secante.
  - Classe de Agressividade Ambiental II, adotada em projeto, demanda os seguintes cobrimentos:
  - Vigas/Placas: 25mm
  - Lajes: 30mm
  - Sapatas/Baldrames/Esperas de Pilares: 30mm
  - A estutura foi projetada para ser construída em retângulo que a circunscreva cujos vértices possuem as seguintes coordenadas geográficas:
  - P1 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX
  - P2 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX
  - P3 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX
  - P4 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX
  - As ações devidas ao vento foram consideradas na análise estrutural, com base na ABNT NBR 6123:1985, adotando-se:
    - Velocidade básica de 42 m/s.
    - Classe II.
    - Categoria II.
    - 4 ângulos de incidência: 0°, 90°, 180°, 270°.
  - Em nenhuma hipótese as dimensões das seções transversais dos elementos estruturais devem ser alteradas.
  - Nos casos de alteração das especificações das lajes com vigas trepçadas, por parte do fornecedor, este deve apresentar Ao Built e ART de projeto, emitida por profissional Mecânico legalmente habilitado, mantendo a mesma capacidade de carga, mesma orientação das vigas e intensidade dos pontos de apoio iguais ou inferiores a do projeto original.
  - A responsabilidade do projeto, bem como de suas vigas, é de quem é autor do projeto de qualquer responsabilidade técnica sobre a estrutura.
  - A Laje 3 não foi especificada neste projeto e fica a cargo do fornecedor da laje a responsabilidade estrutural deste elemento. Os carregamentos atribuídos de laje foram considerados no projeto assim como cargas permanentes e acidentais. Se necessário, consultar projetista estrutural para adequação de considerações nas vigas que apoiam a Laje 3.

**UFGP** Universidade Estadual de Ponta Grossa

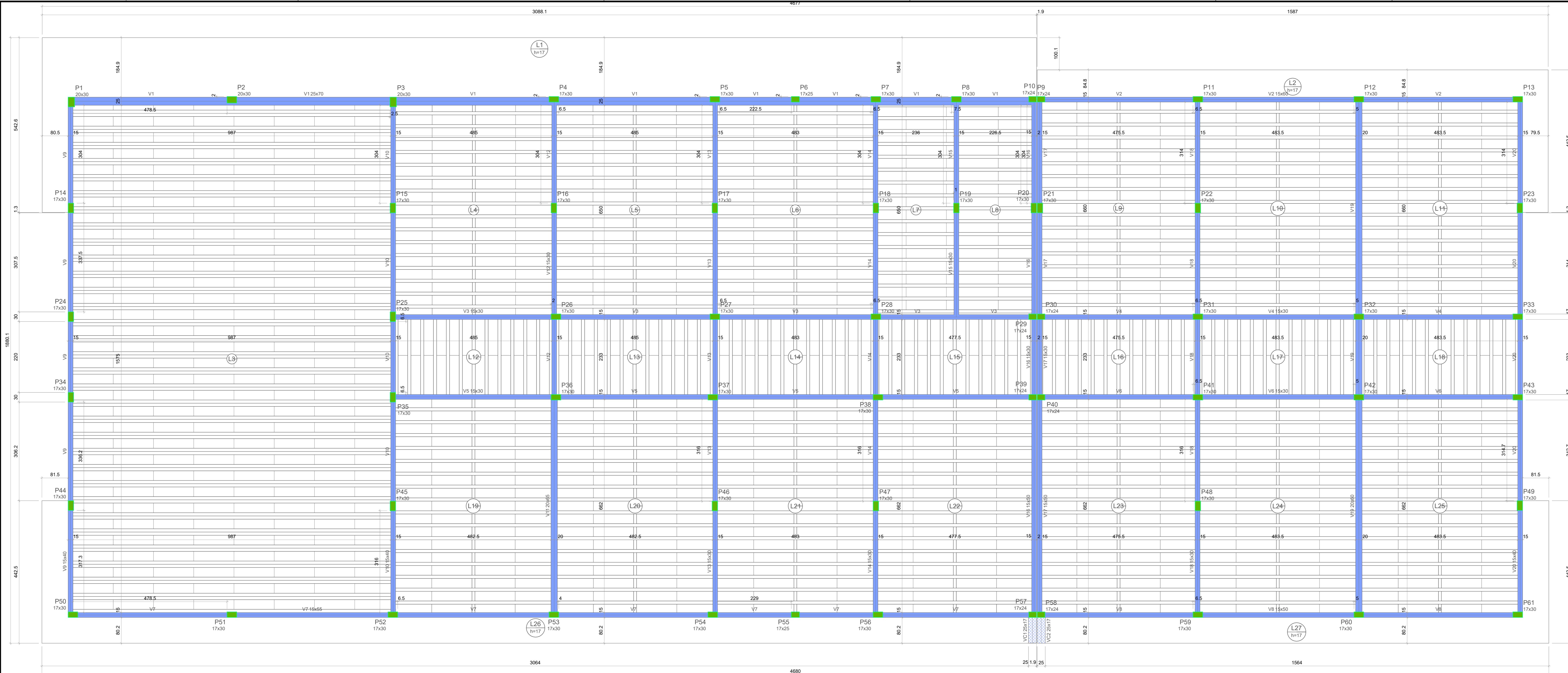
Projeto: Gustavo Spinardi  
Desenhado: Gustavo Spinardi  
Projeto: PROJETO ESTRUTURAL

Verificado: Erick Luis de Faria  
Aprovado: Erick Luis de Faria  
Cargo: HUB DE INOVAÇÃO

Nome do Verificador: Erick Luis de Faria  
Nome do Aprovador: Erick Luis de Faria  
Cargo: HUB DE INOVAÇÃO

Nome do Resp. Técnico: Matheus Santana Carrer  
Cargo: Eng. CIVIL  
Registro Profissional: CREATR/1245678

Enviado: 03/12/2022  
Estado: INDICADA  
Número de Identificação: ABC-123456789-01-001  
Folha: 4 de 8  
Revisão: 01



Pilares		
Nome	Seção	Elevação
P1	20x30	0
P2	20x30	0
P3	20x30	0
P4	17x30	0
P5	17x30	0
P6	17x30	0
P7	17x30	0
P8	17x30	0
P9	17x30	0
P10	17x30	0
P11	17x30	0
P12	17x30	0
P13	17x30	0
P14	17x30	0
P15	17x30	0
P16	17x30	0
P17	17x30	0
P18	17x30	0
P19	17x30	0
P20	17x30	0
P21	17x30	0
P22	17x30	0
P23	17x30	0
P24	17x30	0
P25	17x30	0
P26	17x30	0
P27	17x30	0
P28	17x30	0
P29	17x30	0
P30	17x30	0
P31	17x30	0
P32	17x30	0
P33	17x30	0
P34	17x30	0
P35	17x30	0
P36	17x30	0
P37	17x30	0
P38	17x30	0
P39	17x30	0
P40	17x30	0
P41	17x30	0
P42	17x30	0
P43	17x30	0
P44	17x30	0
P45	17x30	0
P46	17x30	0
P47	17x30	0
P48	17x30	0
P49	17x30	0
P50	17x30	0
P51	17x30	0
P52	17x30	0
P53	17x30	0
P54	17x30	0
P55	17x30	0
P56	17x30	0
P57	17x30	0
P58	17x30	0
P59	17x30	0
P60	17x30	0
P61	17x30	0

Vigas		
Nome	Seção	Elevação
V1	25x70	0
V2	15x60	0
V3	15x30	0
V4	15x30	0
V5	15x30	0
V6	15x30	0
V7	15x55	0
V8	15x50	0
V9	15x40	0
V10	15x40	0
V11	20x60	0
V12	15x30	0
V13	15x30	0
V14	15x30	0
V15	15x30	0
V16	15x50	0
V17	15x50	0
V18	15x30	0
V19	20x60	0
V20	15x40	0
V21	15x40	0
V22	25x70	0

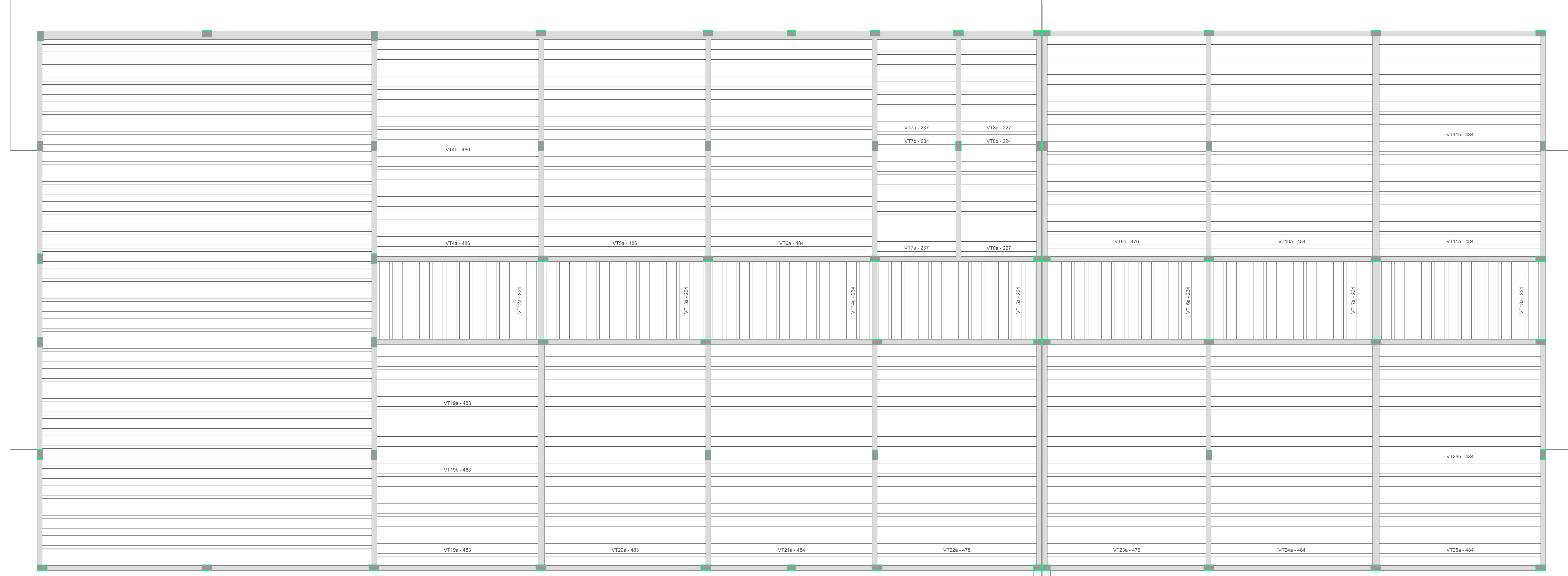
  

Características dos materiais		
Nome	Seção	Elevação
L1	Maciça	17
L2	Maciça	17
L3	Vigota protendida	35
L4	Trelçada 1D	20
L5	Trelçada 1D	20
L6	Trelçada 1D	20
L7	Trelçada 1D	20
L8	Trelçada 1D	20
L9	Trelçada 1D	20
L10	Trelçada 1D	20
L11	Trelçada 1D	20
L12	Trelçada 1D	20
L13	Trelçada 1D	20
L14	Trelçada 1D	20
L15	Trelçada 1D	20
L16	Trelçada 1D	20
L17	Trelçada 1D	20
L18	Trelçada 1D	20
L19	Trelçada 1D	20
L20	Trelçada 1D	20
L21	Trelçada 1D	20
L22	Trelçada 1D	20
L23	Trelçada 1D	20
L24	Trelçada 1D	20
L25	Trelçada 1D	20
L26	Trelçada 1D	20
L27	Maciça	17

Lajes									
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kn/m²)	Adicional (kn/m²)	Sobrecarga (kn/m²)	Acidental	Localizada
L1	Maciça	17	0	315	0.43	0.05	0.10	-	-
L2	Maciça	17	0	315	0.43	0.05	0.10	-	-
L3	Vigota protendida	35	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L4	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L5	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L6	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L7	Trelçada 1D	20	0	315	0.20	0.05	0.10	-	-
L8	Trelçada 1D	20	0	315	0.20	0.05	0.10	-	-
L9	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L10	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L11	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L12	Trelçada 1D	20	0	315	0.20	0.05	0.10	-	-
L13	Trelçada 1D	20	0	315	0.20	0.05	0.10	-	-
L14	Trelçada 1D	20	0	315	0.20	0.05	0.10	-	sim
L15	Trelçada 1D	20	0	315	0.20	0.05	0.10	-	-
L16	Trelçada 1D	20	0	315	0.20	0.05	0.10	-	-
L17	Trelçada 1D	20	0	315	0.20	0.05	0.10	-	-
L18	Trelçada 1D	20	0	315	0.20	0.05	0.10	-	-
L19	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L20	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L21	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L22	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L23	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L24	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L25	Trelçada 1D	20	0	315	0.21	0.05	0.10	-	-
L26	Trelçada 1D	20	0	315	0.43	0.05	0.10	-	-
L27	Maciça	17	0	315	0.43	0.05	0.10	-	-

Legenda dos pilares: ■ Pilar que inverte  
 Legenda das vigas e paredes: ■ Viga,  Viga chata ou invertida

Forma do pavimento Cobertura  
escala 1:50



**Notas Gerais:**  
 1. Projeto avaliado de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.  
 2. Projeto desenvolvido em BIM, conforme Decreto N° 10.306 de 02 de abril de 2020.  
 3. A referência arquitetônica é de autoria do(a) EMANUELLE ALMEIDA.  
 4. Executar de acordo com a ABNT NBR 14531:2004 e com profissional Mécico legalmente habilitado (se quem deve ser exigido a ART de Engenharia).  
 5. Nenhuma barra de aço deve ser substituída sem consulta prévia ao projetista.  
 6. Todas as cotas estão em centímetros.  
 7. Todos os diâmetros estão em milímetros.  
 8. Em nenhuma hipótese a capacidade ou posição dos reservatórios superiores devem ser alterados sem consulta prévia ao autor deste projeto estrutural.  
 9. Os quantitativos de aço levam em consideração 10% de perda com corte ou dobrar.  
 10. Recomenda-se o uso de concreto usado em todo o projeto de concreto armado.  
 11. Se produzido no local, o construtor deve observar a ABNT NBR 12655:2004 e normas correlatas, bem como ser assessorado por construtor licenciado de concreto.  
 12. O concreto deve alcançar as seguintes propriedades mecânicas aos 28 dias, avaliado por controle tecnológico do concreto:  
 Resistência característica à compressão: 25 MPa  
 Módulo de Deformação Longitudinal Secante:  
 13. A Classe de Agressividade Ambiental (A) adotada em projeto, demanda as seguintes coberturas:  
 14. Vigas/Pilares: 25mm  
 15. Lajes: 30mm  
 16. Sapatas/Baldrames/Esperas de Pilares: 30mm  
 17. A estrutura foi projetada para ser construída em retângulo que a circunscreve cujos vértices possuem as seguintes coordenadas geográficas:  
 20. P1 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX  
 21. P2 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX  
 22. P3 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX  
 23. P4 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX  
 24. As ações devidas ao vento foram consideradas na análise estrutural, com base na ABNT NBR 6123:1995, adotando-se:  
 25. Velocidade básica de V: 25 m/s.  
 26. Classe II.  
 27. Categoria II.  
 28. 4 ângulos de incidência: 0°, 90°, 180°, 270°.  
 29. Em nenhuma hipótese as dimensões das seções transversais dos elementos estruturais devem ser alteradas.  
 30. Nos casos de alteração das especificações das lajes com vigotas trelçadas, por parte do fornecedor, este deve apresentar Ao Built e ART de projeto, emitida por profissional Mécico legalmente habilitado, mantendo a mesma capacidade de carga, mesma orientação de vigotas e intensidade de reforço de apoio iguais ou inferiores ao projeto original.  
 31. A integridade do projeto, bem como a autor do projeto de qualquer responsabilidade Mécica sobre a estrutura.  
 32. A Laje 3 não foi especificada neste projeto e fica a cargo do fornecedor da laje a responsabilidade estrutural deste elemento. Os comprometimentos de laje foram considerados no projeto assim como cargas permanentes e acidentais. Se necessário, consultar projetista estrutural para adequação de considerações nas vigas que apoiam a Laje 3.

Planta de vigotas pré-moldadas  
escala 1:50

**UAPG** Universidade Estadual de Ponta Grossa  
**proplan**

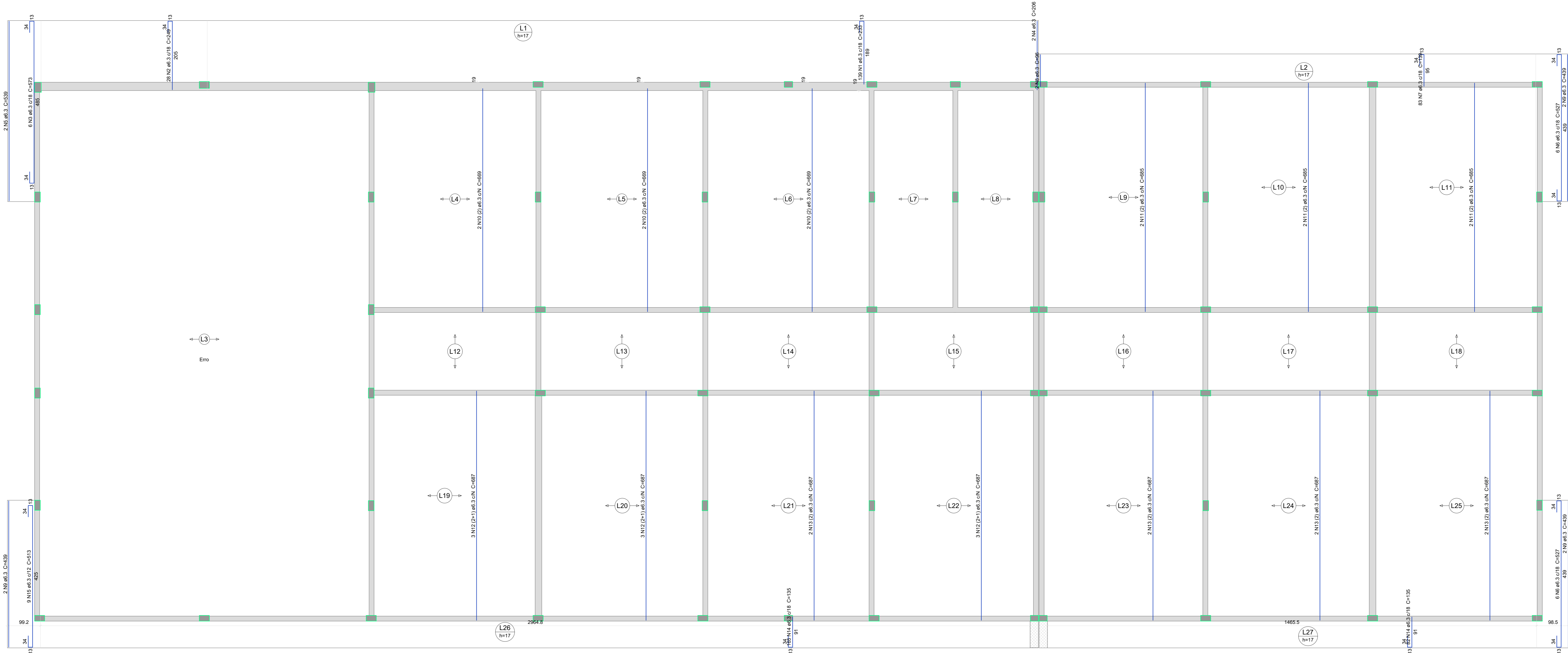
Projeto: Gustavo Spinardi / Erick Luis de Faria  
 Desenhado: Gustavo Spinardi / Erick Luis de Faria  
 Nome do Verificador: Erick Luis de Faria  
 Nome do Aprovador: Erick Luis de Faria  
 Resp. Técnico: Diretor de Planejamento Físico

Projeto Estrutural  
 Formas Pavimento Cobertura  
 Direção de elementos pré-moldados

Nome do Resp. Técnico: Mathews Santana Carrer  
 Eng. civ. CREAR/124610/D  
 Envia: 03/12/2022  
 Estado: INDICADA  
 ART/RRT: ART/RRT  
 Número de identificação: ABC-123456789-01-001  
 Folha: 5 de 8  
 Revisão: 01







### DETALHE DA ARMADURA DE BORDO LIVRE DA LAJE

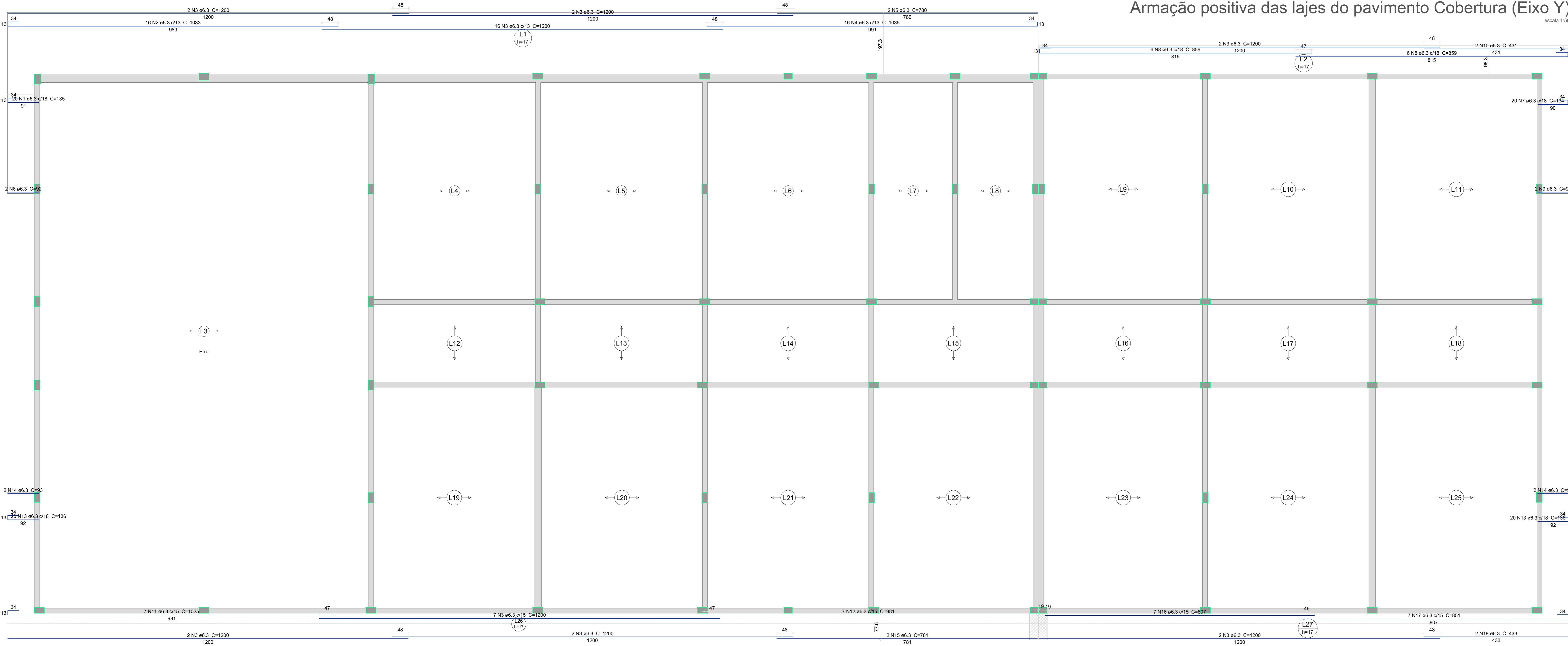
**Relação do aço**

Posições Y	AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	139	233	32387	
	2	6.3	28	249	6972	
	3	6.3	6	573	3426	
	4	6.3	2	206	412	
	5	6.3	2	539	1078	
	6	6.3	12	527	6324	
	7	6.3	83	139	11537	
	8	6.3	2	96	192	
	9	6.3	6	439	2634	
	10	6.3	6	669	4214	
	11	6.3	6	665	4110	
	12	6.3	9	687	6183	
	13	6.3	8	687	5506	
	14	6.3	247	135	33345	
	15	6.3	9	513	4617	

**Resumo do aço**

AÇO	DIAM (mm)	C. TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	1227.4	330.4
CA50			330.4

Armação positiva das lajes do pavimento Cobertura (Eixo Y)



### DETALHE DA ARMADURA DE BORDO LIVRE DA LAJE

**Relação do aço**

Posições X	AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	20	135	2700	
	2	6.3	16	1033	16528	
	3	6.3	35	1200	42000	
	4	6.3	16	1035	16560	
	5	6.3	2	780	1560	
	6	6.3	2	92	184	
	7	6.3	20	134	2680	
	8	6.3	12	859	10308	
	9	6.3	2	91	182	
	10	6.3	2	431	862	
	11	6.3	7	1025	7175	
	12	6.3	7	981	6867	
	13	6.3	40	196	7840	
	14	6.3	4	93	372	
	15	6.3	2	781	1562	
	16	6.3	7	807	5649	
	17	6.3	7	851	5957	
	18	6.3	2	433	866	

**Resumo do aço**

AÇO	DIAM (mm)	C. TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	1274.6	343.1
CA50			343.1

Armação positiva das lajes do pavimento Cobertura (Eixo X)

Volume de concreto (C-25) = 62.44 m³  
 Área de forma = 139.77 m²

**Notas Gerais:**

- Projeto elaborado de acordo com a ABNT NBR 6118:2014.
- Projeto desenvolvido em BIM, conforme Decreto N° 10.306 de 02 de abril de 2020.
- A referência arquitetônica é de autoria do(a) EMANUELE ALMEIDA.
- Executar de acordo com a ABNT NBR 14931:2004 e com profissional técnico legalmente habilitado (se quem deve ser exigida a ART de Engenharia).
- Nenhuma barra de aço deve ser substituída sem consulta prévia ao projetista.
- Todos os cabos estão em centímetros.
- Todos os diâmetros estão em milímetros.
- Em nenhuma hipótese a capacidade ou posição dos reservatórios superiores devem ser alterados sem consulta prévia ao autor deste projeto estrutural.
- Os quantitativos de aço levam em consideração 10% de perda com corte ou dobrar.
- Recomenda-se o uso de concreto usado em locais de peças de concreto armado.
- Se produzido no local, o construtor deve observar a ABNT NBR 12655:2004 e normas correlatas, bem como ser assessorado por consultor tecnológico de concreto.
- O concreto deve alcançar as seguintes propriedades mecânicas aos 28 dias, avaliado por controle tecnológico do concreto:
- Resistência característica à compressão: 25 MPa
- Módulo de Deformação Longitudinal Secante:
- A Classe de Agressividade Ambiental II, admissa em projeto, demanda as seguintes coberturas:
- Vigas/Placas: 25mm
- Lajes: 30mm
- Sapatas/Baldrames/Esperas de Pilares: 30mm
- A estrutura foi projetada para ser construída em retratigo que a circunscreve cujos vértices possuem as seguintes coordenadas geográficas:
- P1 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX
- P2 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX
- P3 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX
- P4 N: XXXXXXXXXX.XXX E: XXXXXX.XXX
- As ações devidas ao vento foram consideradas na análise estrutural, com base na ABNT NBR 6123:1995, admitindo-se:
  - Velocidade básica de 12 m/s;
  - Classe B;
  - Categoria II;
  - 4 ângulos de incidência: 0°, 90°, 180°, 270°.
- Em nenhuma hipótese as dimensões dos elementos transversais dos elementos estruturais devem ser alteradas.
- Nos casos de alteração das especificações das lajes com vigas trepçadas, por parte do fornecedor, este deve apresentar Ao Built e ART de projeto, emitida por profissional técnico legalmente habilitado, mantendo a mesma capacidade de carga, mesma orientação de vigas e intensidade de regiões de apoio iguais ou inferiores à do projeto original.
- A independência do projeto, bem como de suas partes gerais, é de inteira responsabilidade técnica do autor do projeto de qualquer responsabilidade técnica sobre a estrutura.
- A Laje 3 não foi especificada neste projeto e fica a cargo do fornecedor da laje a responsabilidade estrutural deste elemento. Os complementos adotados na laje foram considerados no projeto assim como cargas permanentes e acidentais. Se necessário, consultar projeto estrutural para adequação de considerações nas vigas que apoiam a Laje 3.

**Logos:** UAPG, proplan

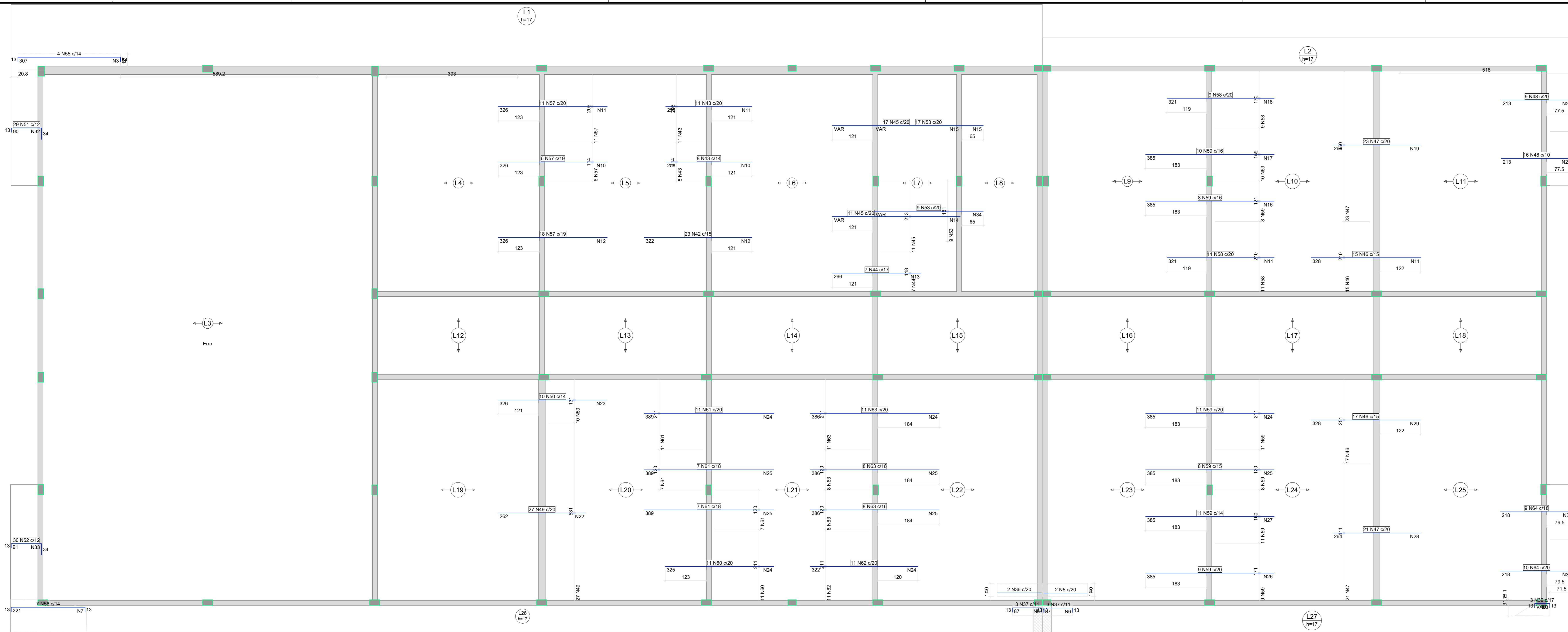
Projeto: Gustavo Spinardi / Erick Luis de Faria / Gustavo Spinardi / Erick Luis de Faria / PROJETO ESTRUTURAL

Verificado: Erick Luis de Faria / Erick Luis de Faria / Nome do Verificador / Nome do Aprovador / HUB DE INOVAÇÃO

Resp. Técnico: Diretor de Planejamento Físico / Tabela/área

Nome do Resp. Técnico: Matheus Santana Carrer / Eng. Civil / CREA/RJ: 1245612 / Projeto Estrutural / Armação Positiva das Lajes

Enviado: 03/12/2022 / Estado: INDICADA / ART/RRR / Número de identificação: ABC-123456789-01-001 / Folha: 7 de 8 / Revisão: 01



### Relação do aço

CAO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CAO0	1	5.0	14	86	1204
CAO0	2	5.0	7	37	259
CAO0	3	4.0	96	49	4704
CAO0	4	5.0	7	85	595
CAO0	5	5.0	2	131	262
CAO0	6	5.0	12	31	372
CAO0	7	5.0	15	84	1260
CAO0	8	5.0	3	148	438
CAO0	9	5.0	14	56	784
CAO0	10	5.0	50	114	5700
CAO0	11	5.0	63	218	13734
CAO0	12	5.0	33	339	11187
CAO0	13	5.0	17	129	2193
CAO0	14	5.0	20	148	2960
CAO0	15	5.0	37	148	5436
CAO0	16	5.0	20	121	2420
CAO0	17	5.0	20	159	3180
CAO0	18	5.0	16	191	3056
CAO0	19	5.0	11	458	5038
CAO0	20	5.0	11	162	1782
CAO0	21	5.0	11	188	2068
CAO0	22	5.0	14	539	7546
CAO0	23	5.0	17	129	2193
CAO0	24	5.0	94	219	20586
CAO0	25	5.0	17	129	2193
CAO0	26	5.0	20	179	3580
CAO0	27	5.0	20	160	3200
CAO0	28	5.0	14	419	5866
CAO0	29	5.0	17	259	4403
CAO0	30	5.0	11	191	2101
CAO0	31	5.0	11	164	1804
CAO0	32	5.0	6	345	2070
CAO0	33	5.0	6	355	2130
CAO0	34	5.0	17	148	2516
CAO0	35	5.0	12	127	1524
CAO0	36	5.0	2	133	266
CAO0	37	6.3	6	110	660
CAO0	38	6.3	19	258	4902
CAO0	39	6.3	3	248	744
CAO0	40	6.3	3	225	675
CAO0	41	6.3	3	274	822
CAO0	42	6.3	23	322	7406
CAO0	43	6.3	19	258	4902
CAO0	44	6.3	7	266	1862
CAO0	45	6.3	26	348	9048
CAO0	46	6.3	32	328	10496
CAO0	47	6.3	44	264	11616
CAO0	48	6.3	25	225	5625
CAO0	49	6.3	27	262	7074
CAO0	50	6.3	10	326	3260
CAO0	51	6.3	29	134	3886
CAO0	52	6.3	30	135	4050
CAO0	53	6.3	26	148	3848
CAO0	54	8.0	5	229	1145
CAO0	55	8.0	3	329	987
CAO0	56	8.0	7	243	1701
CAO0	57	8.0	35	326	11410
CAO0	58	8.0	20	321	6420
CAO0	59	8.0	57	385	21945
CAO0	60	8.0	11	325	3575
CAO0	61	8.0	25	389	9725
CAO0	62	8.0	11	322	3542
CAO0	63	8.0	27	386	10422
CAO0	64	8.0	19	229	4351

### Resumo do aço

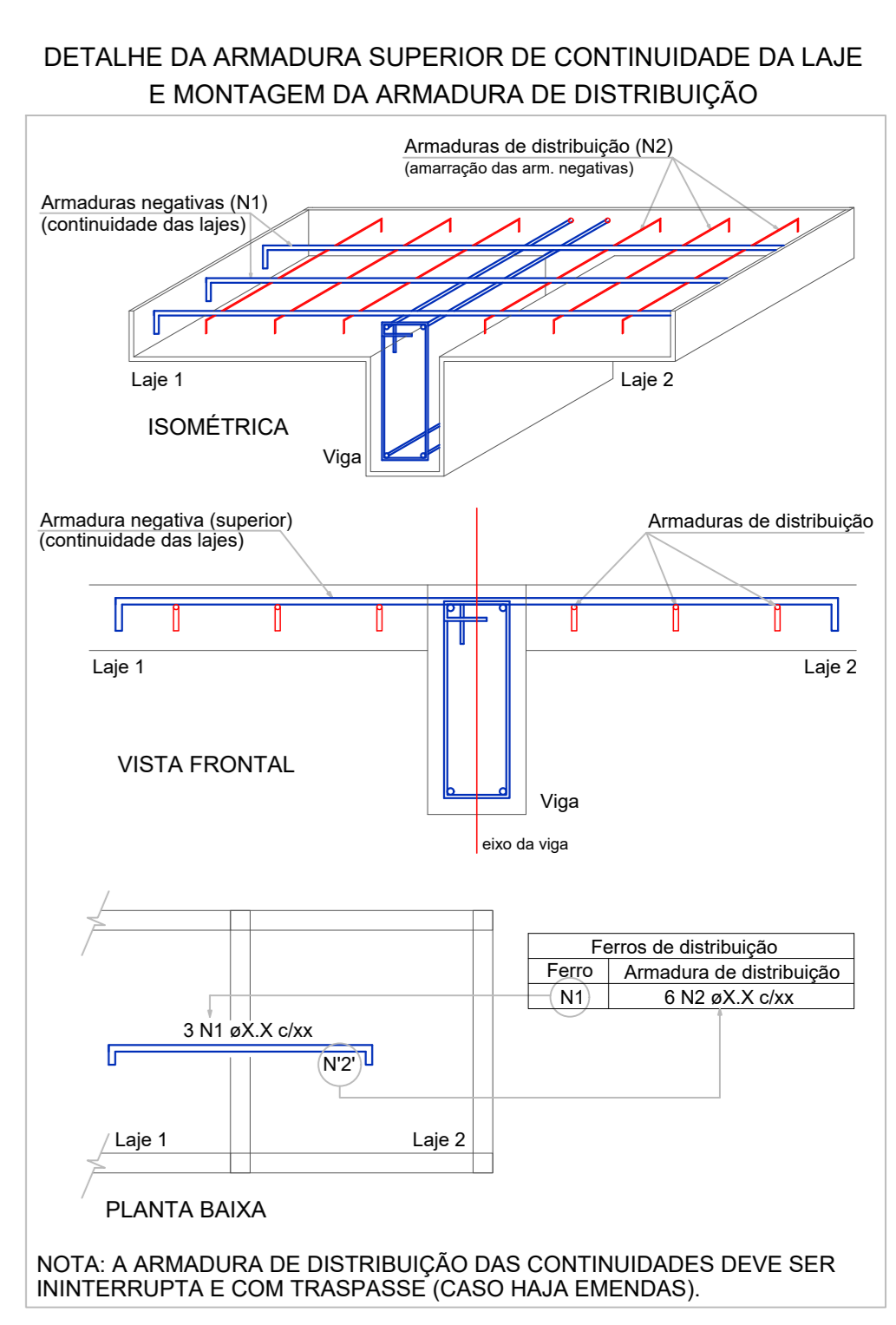
CAO	DIAM (mm)	C. TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CAO0	6.3	822.7	232.2
CAO0	8.0	755.6	327.9
CAO0	5.0	1456.8	247
<b>PESO TOTAL (kg)</b>			<b>807.1</b>

### Relação do aço

CAO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CAO0	1	5.0	30	100	3000
CAO0	2	5.0	20	170	3400
CAO0	3	5.0	39	354	14076
CAO0	4	5.0	29	130	3770
CAO0	5	5.0	12	87	1044
CAO0	6	5.0	9	52	468
CAO0	7	5.0	9	49	441
CAO0	8	5.0	11	148	1628
CAO0	9	5.0	59	500	29500
CAO0	10	5.0	45	249	11205
CAO0	11	5.0	16	242	3872
CAO0	12	5.0	98	501	49098
CAO0	13	5.0	6	488	2928
CAO0	14	5.0	6	486	2916
CAO0	15	5.0	14	251	3514
CAO0	16	5.0	16	242	3872
CAO0	17	6.3	20	93	1860
CAO0	18	6.3	20	213	1260
CAO0	19	6.3	19	193	1197
CAO0	20	6.3	9	193	1737
CAO0	21	6.3	3	147	441
CAO0	22	6.3	3	147	441
CAO0	23	6.3	195	158	30810
CAO0	24	6.3	40	143	5700
CAO0	25	8.0	158	147	23226
CAO0	26	8.0	72	142	10224
CAO0	27	8.0	35	277	9695
CAO0	28	10.0	15	261	3915
CAO0	29	10.0	37	276	10300
CAO0	30	10.0	31	146	4526

### Resumo do aço

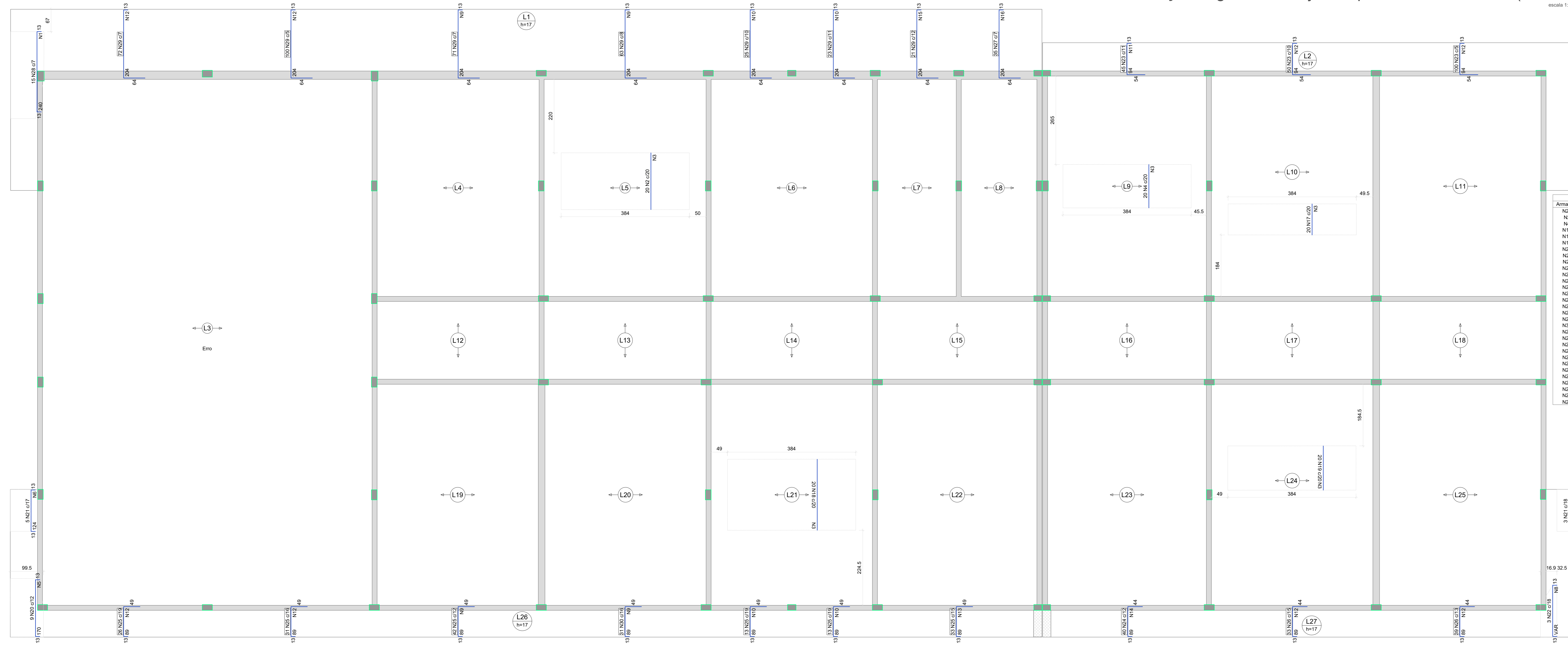
CAO	DIAM (mm)	C. TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CAO0	6.3	487.8	131.2
CAO0	8.0	431.5	187.3
CAO0	10.0	119.5	79.2
CAO0	5.0	1329.8	225.5
<b>PESO TOTAL (kg)</b>			<b>623.2</b>
CAO0			1077.7
CAO0			225.5



### Armaduras de distribuição

Armadura	Armadura de distribuição
N28	30 N10 c/20 C=100
N2	9 N3 c/20 C=384
N4	7 N3 c/20 C=384
N17	5 N3 c/20 C=384
N18	11 N3 c/20 C=384
N19	7 N3 c/20 C=384
N20	12 N5 c/20 C=87
N21	9 N5 c/20 C=87
N22	9 N7 c/20 C=49
N23	11 N8 c/20 C=49
N24	20 N8 c/20 C=500
N25	21 N8 c/20 C=500
N26	16 N10 c/20 C=249
N27	17 N10 c/20 C=249
N28	7 N11 c/20 C=491
N29	7 N12 c/20 C=501
N30	6 N9 c/20 C=500
N31	6 N9 c/20 C=500
N32	6 N10 c/20 C=249
N33	6 N10 c/20 C=488
N34	6 N12 c/20 C=501
N35	6 N12 c/20 C=501
N36	6 N12 c/20 C=501
N37	6 N12 c/20 C=501
N38	26 N12 c/20 C=501
N39	14 N15 c/20 C=251
N40	16 N15 c/20 C=242

Armação negativa das lajes do pavimento Cobertura (Eixo X) escala 1:50



Armação negativa das lajes do pavimento Cobertura (Eixo Y) escala 1:50

**UAPG** Universidade Estadual de Ponta Grossa

Projeto: Gustavo Spinardi / Erick Luis de Faria  
 Verificado: Erick Luis de Faria  
 Nome do Verificador: Erick Luis de Faria

Projeto: Gustavo Spinardi / Erick Luis de Faria  
 Aprovado: Erick Luis de Faria  
 Nome do Aprovador: Erick Luis de Faria

Projeto: PROJETO ESTRUTURAL  
 Área: HUB DE INOVAÇÃO

Projeto Estrutural  
 Armação Negativa das Lajes

Nome do Resp. Técnico: Matheus Santana Carrer  
 Eng. Civil  
 CREA: PR 124567/2015

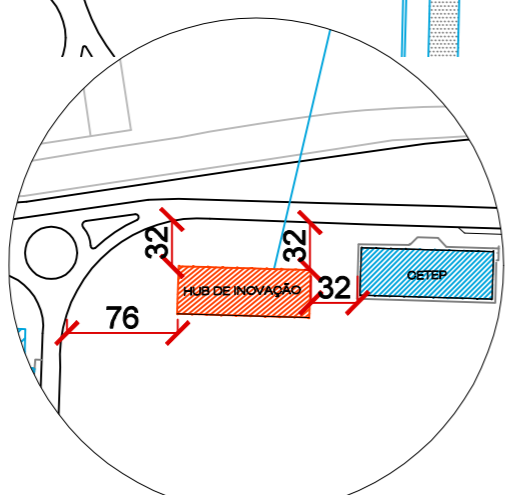
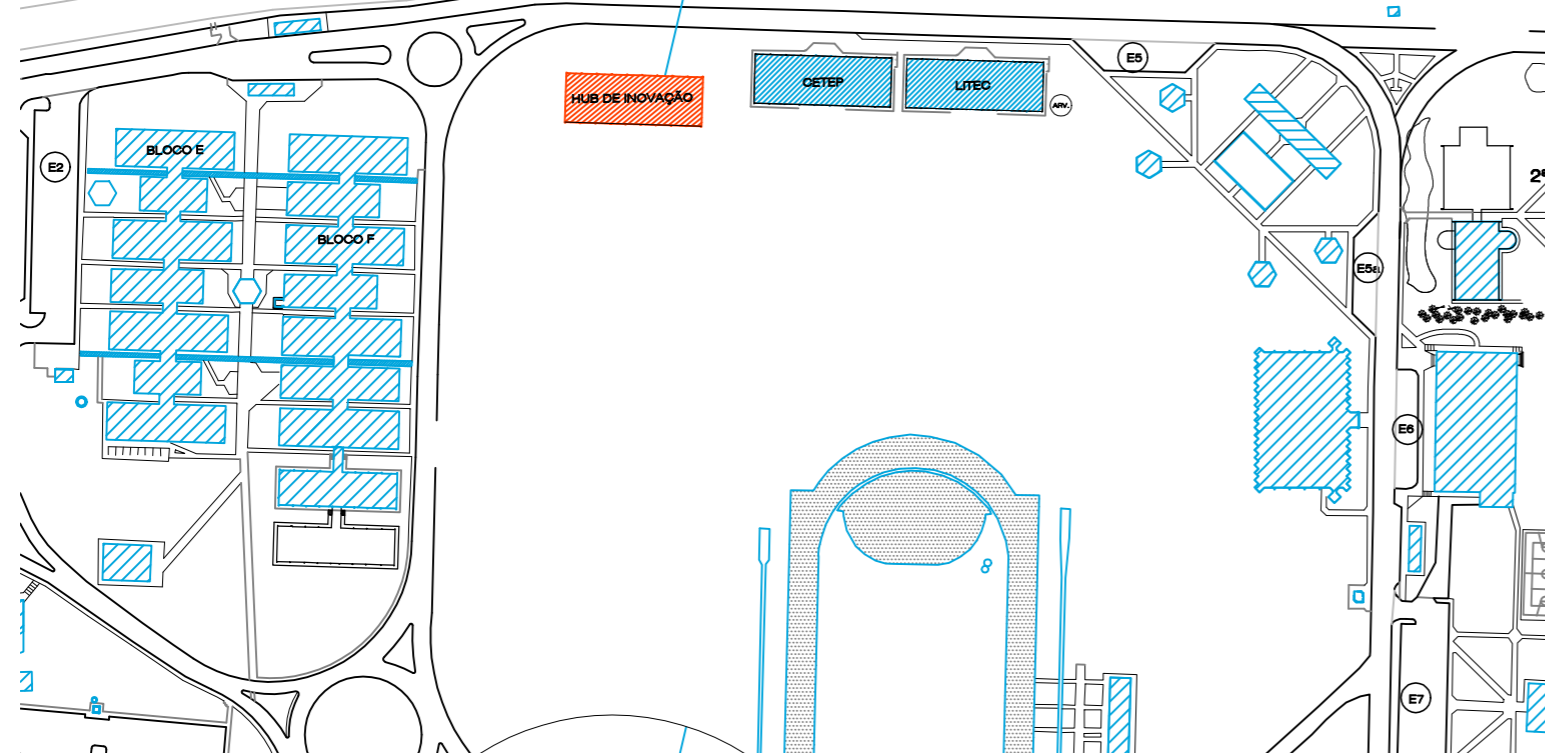
Enviado: 03/12/2022  
 Estado: INDICADA

Revisão: 01

## **APÊNDICE B – PROJETO ARQUITETÔNICO**



## LOCALIZAÇÃO DO HUB DE INOVAÇÃO A CONSTRUIR



EXISTENTE  
 A CONSTRUIR

# SITUAÇÃO

Esc: ..... 1/500

# ESTATÍSTICA

1-ZONEAMENTO	2-NATUREZA	3-FINALIDADE	4-TIPO DE CONSTRUÇÃO	5-DESCRIÇÃO DA OBRA	6 - LOTE	7 - QUADRA
ZR2	a	d	d	a		
8-VILA	9-BAIRRO		10-ÁREA DO LOTE	11-ALTURA NA DIVISA	12 - N° PAVIMENTOS	
RUBINI	Uvaranas		363.727,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	01	
N° DE UNIDADES RESID.	01	N° DE UNIDADES COM.	-	N° DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO 42		
ÁREA	EXISTENTE		A CONSTRUIR		TOTAL DE CONSTRUÇÃO	
CONSTR. TOTAL	(13)	13.690,46 m <sup>2</sup>	(15)	728,71 m <sup>2</sup>	(17)	14.419,17 m <sup>2</sup>
ÚTIL TOTAL	(14)	11.741,00 m <sup>2</sup>	(16)	664,81 m <sup>2</sup>	(18)	12.405,81 m <sup>2</sup>
19 - TAXA DE OCUPAÇÃO (%)				$\frac{\text{área de projeção}}{\text{área do lote}} =$	BASE 0,039%	TORRE
20 - COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO (sem unidade)				$\frac{\text{área útil total}}{\text{área do lote}} =$	0,034	

ÁREA DAS UNIDADES							
UNID.	ÁREA CONSTRUÍDA	UNID.	ÁREA CONSTRUÍDA	UNID.	ÁREA CONSTRUÍDA	UNID.	ÁREA CONSTRUÍDA
01	728,71 m <sup>2</sup>	07		13		19	
02		08		14		20	
03		09		15		21	
04		10		16		22	
05		11		17		23	
06		12		18		24	

ÁREA RESERVADA PARA CARIMBOS

### ORIENTAÇÃO PARA PREENCHIMENTO DA PLANILHA DE ESTATÍSTICA

Campo 1: informado na ficha de consulta

Campos 2 a 5: preenchido conforme códigos abaixo

2	Natureza	3	Finalidade	4	Tipo de construção	5	Descrição da obra
a	alvenaria	a	residencial	a	unifamiliar	a	construção
b	madeira	b	comercial	b	coletiva vertical	b	ampliação
c	mista	c	industrial	c	coletiva horizontal	c	reforma: especificar o que será reformado
d	outra	d	outra	d	outra		

Campos 6 a 10: descrito no documento do terreno

Campos 11 a 12: informações referentes à construção

Campos 13 a 20: preenchidos baseados nas informações citadas na planta de situação

### TERMO DE RESPONSABILIDADE:

Declaramos para fins de obtenção do Alvará de Construção que estamos cientes:

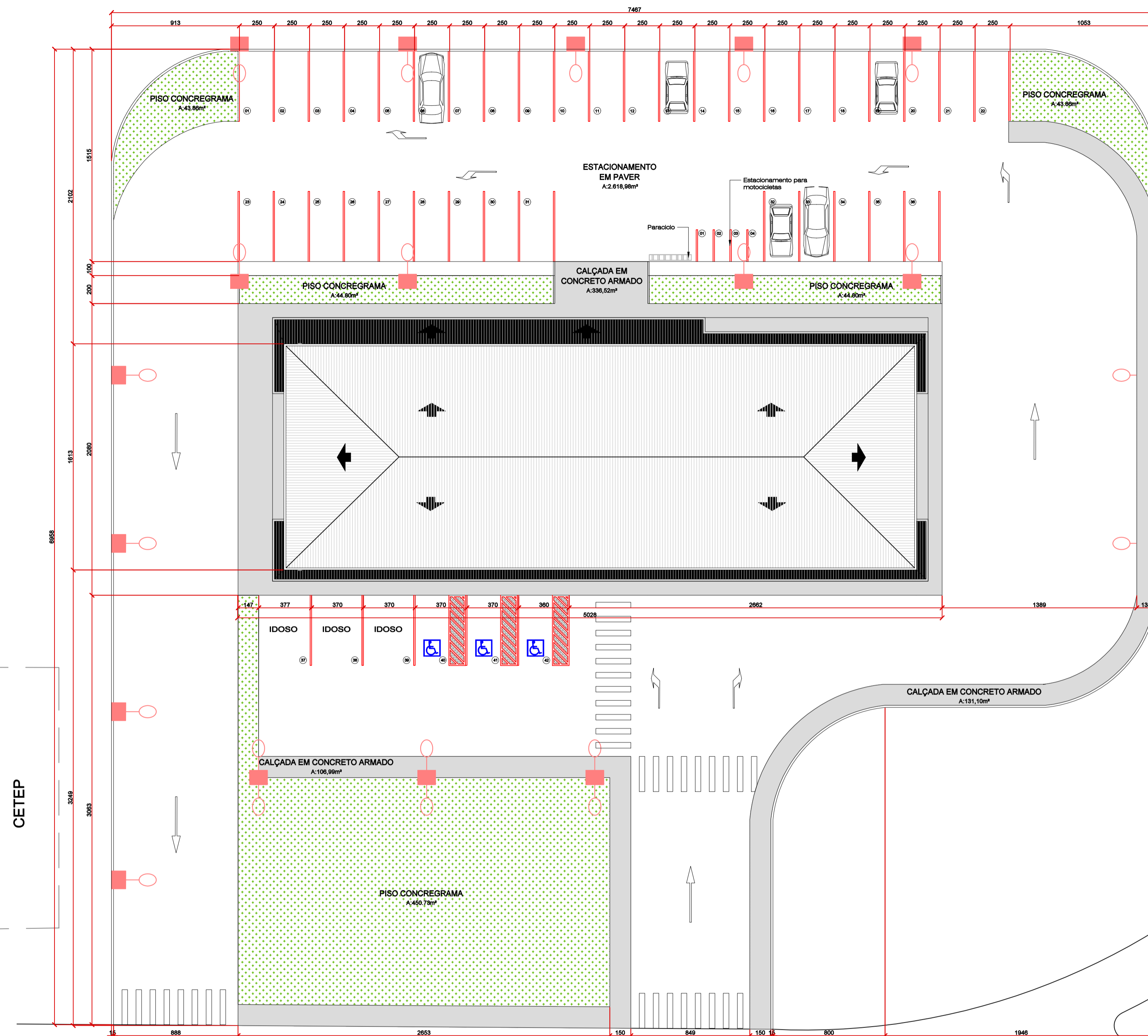
- Que o presente projeto está sendo analisado apenas nos termos da Lei 6.327 (Código de Obras do Município de Ponta Grossa), não sendo levado em conta as exigências do Código de Prevenção de Incêndios (Plano de Segurança Contra Incêndios e Pânico).
- Que para a expedição do Habite-se deverá ser apresentado o Laudo de Vistoria do Corpo de Bombeiros
- Que é de nossa inteira responsabilidade o dimensionamento dos compartimentos quanto às dimensões e áreas, aberturas, dutos, e outros dispositivos destinados a realização de ventilação e iluminação dos compartimentos conforme a Lei Federal nº 10.406/2002 (Código Civil Brasileiro)

Nome Resp. pelo Projeto: José Ferreira dos Santos  
 Arquiteto Urbanista - CAU 101.617-2

Nome Resp. pela Execução:  
 Arquiteto Urbanista - CAU 101.617-2

## PROJETO ARQUITETÔNICO

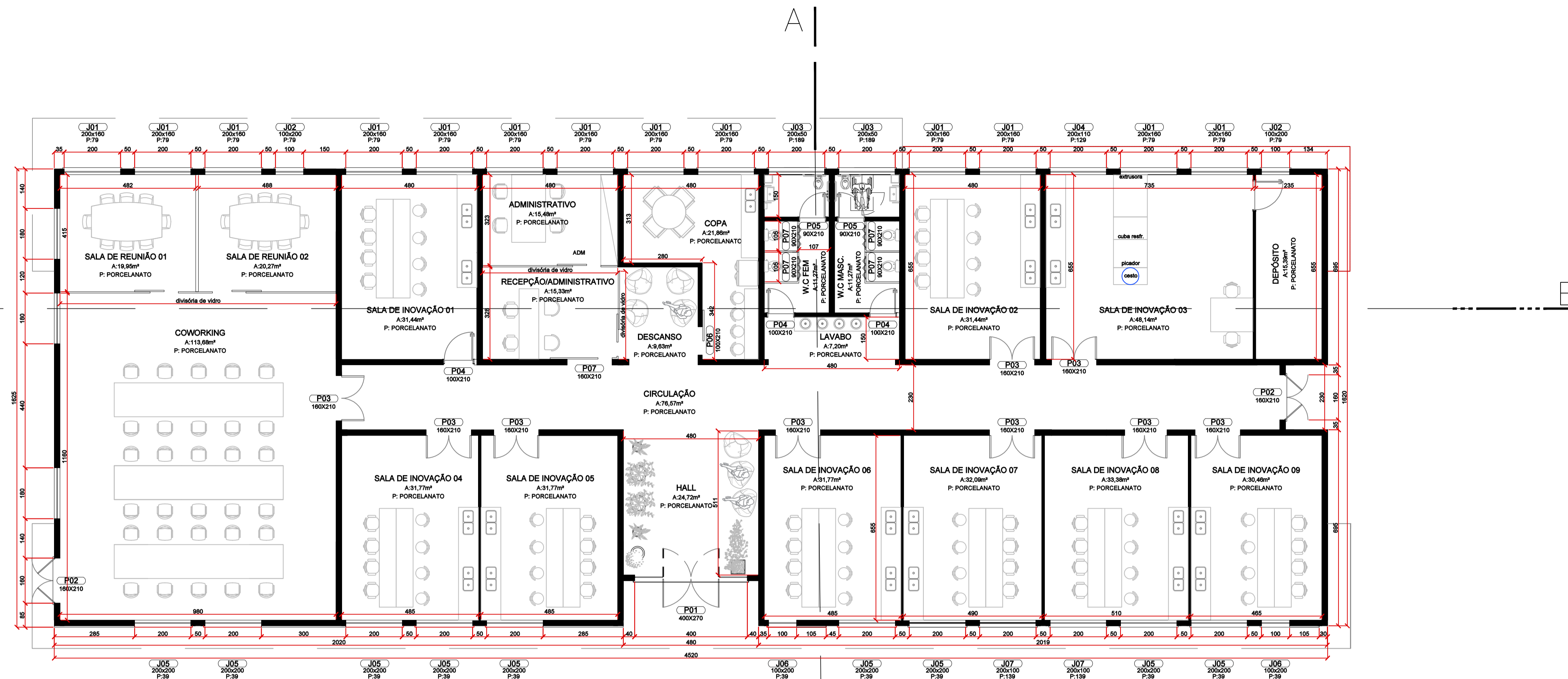
(área reservada p/ carimbo)	Proprietário: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA	Referência: PLANTA DE SITUAÇÃO ESTATÍSTICA
	Obra: CONSTRUÇÃO HUB DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	ART DE PROJETO N° DA ART
Responsável Técnico Projeto:	Responsável Técnico Execução:	ART DE EXECUÇÃO N° DA ART
EMANUELE DE ALMEIDA Arquiteta Urbanista CAU A189968-6	NOME DO PROFISSIONAL Eng. Civil - CREA (N° DO CREA)	Desenho: Prancha: 01/04
		Data: 10/03/2022
		Escala: INDICADA



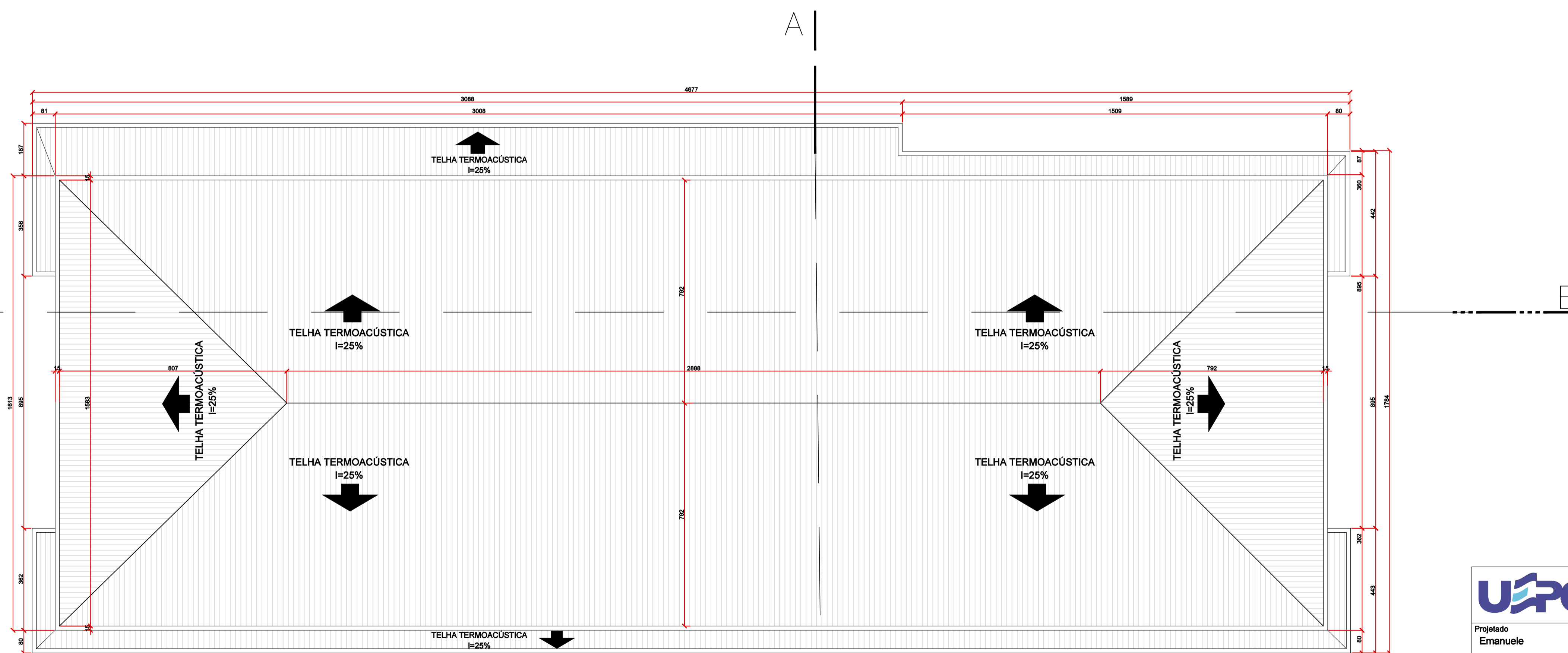
**PLANTA DE IMPLANTAÇÃO**  
 ÁREA EDIFICADA= 728,71m²  
 ÁREA TOTAL DE IMPLANTAÇÃO= 4.548,80m²  
 ESC 1:200



 <b>Universidade Estadual de Ponta Grossa</b>		 <b>PRO REITORIA DE PLANEJAMENTO</b>	
Projetado <b>Emanuele</b>	Desenhado <b>Emanuele</b>	Projeto <b>Arquitetônico HUB de Inovação Tecnológica</b>	
Resp. Técnico <b>Emanuele de Almeida</b> Arquiteta Urbanista CAU A189968-6		Diretor de Planejamento Físico <b>Matheus Santana Carrer</b> Eng. civil CREA/PR 175075/D	
Emissão 10/03/2022		Escala INDICADA	
ART/RRT n° ART/RRT		Área total: 728,71 m²	Folha 2 de 4
		Revisão 01	

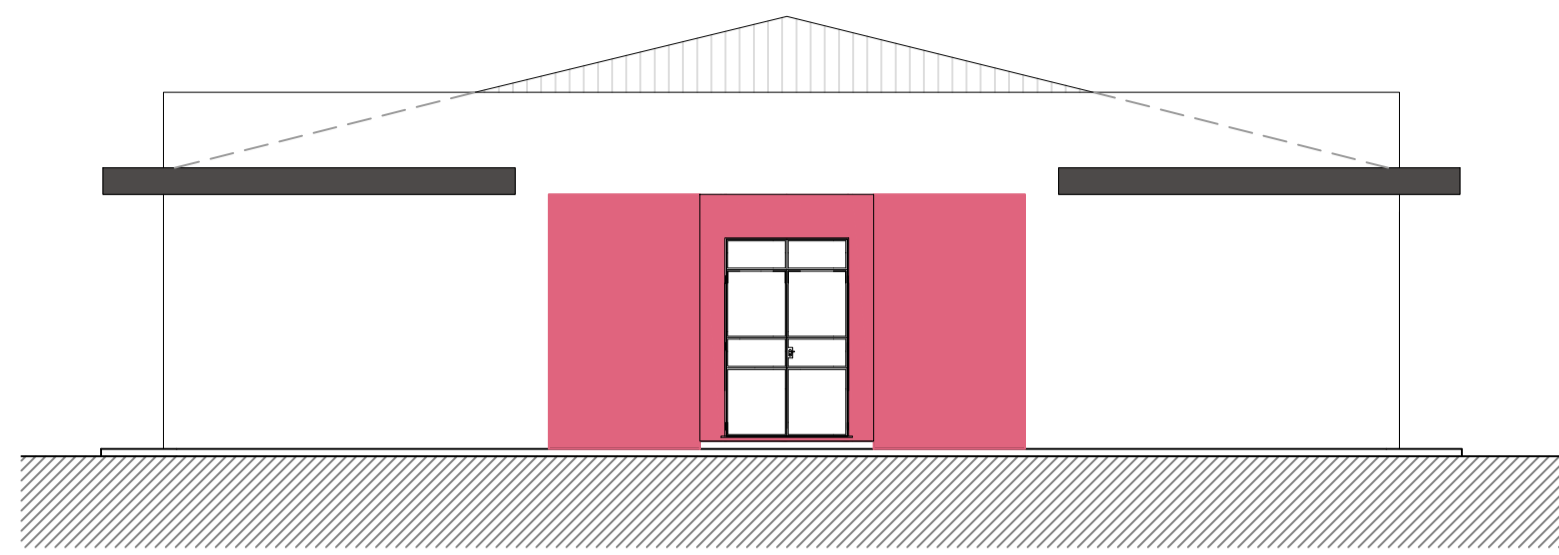


**PLANTA BAIXA**  
 ÁREA ÚTIL= 664,81m²  
 ÁREA TOTAL=728,71m²  
 ESC 1:100



**PLANTA DE COBERTURA**  
 ESC 1:100

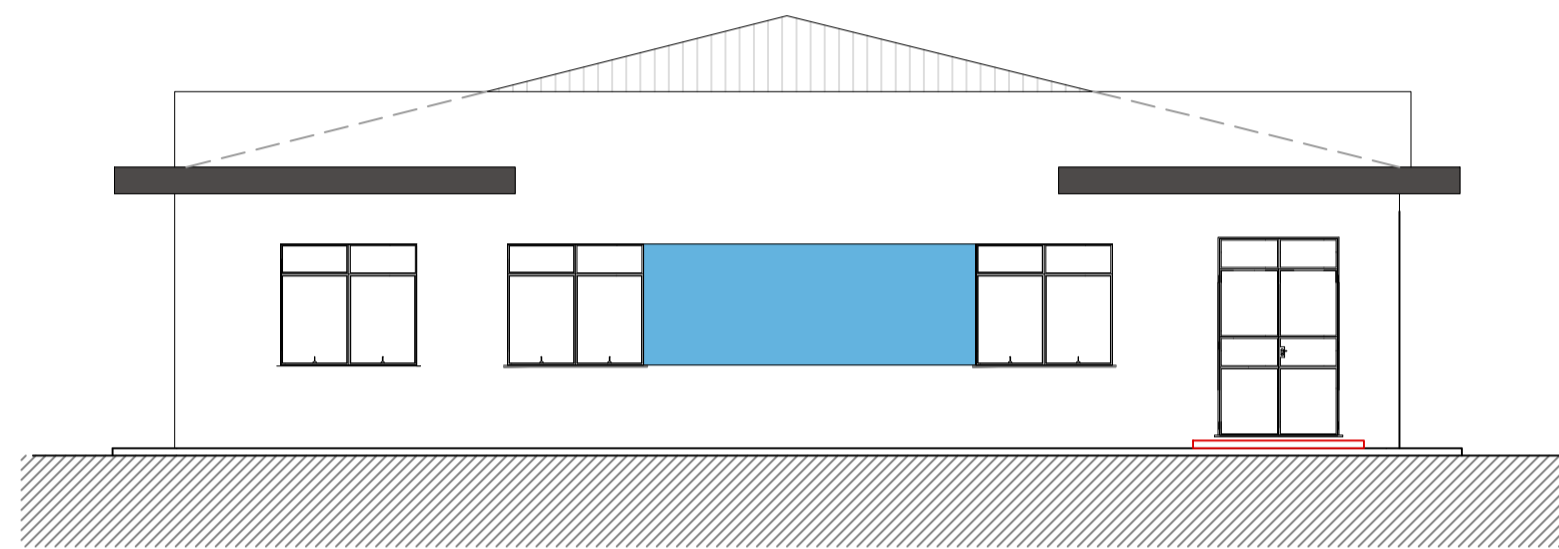
Projeto <b>Emanuele</b>	Desenhado <b>Emanuele</b>	Projeto <b>Arquitônico HUB de Inovação Tecnológica</b>
Resp. Técnico <b>Emanuele de Almeida</b> Arquiteta Urbanista CAU A189968-6	Diretor de Planejamento Físico <b>Matheus Santana Carrer</b> Eng. civil CREA/PR 175079/D	Obra Endereço: Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Uvaranas, Ponta Grossa
<b>Planta Baixa e de Cobertura HUB de Inovação</b>		Área total: <b>728,71 m²</b>
Emissão <b>09/03/2022</b>	Escala <b>INDICADA</b>	ART/RRT <b>nº ART/RRT</b>
Folha <b>3 de 4</b>		Revisão <b>01</b>



ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA  
ESC 1:100



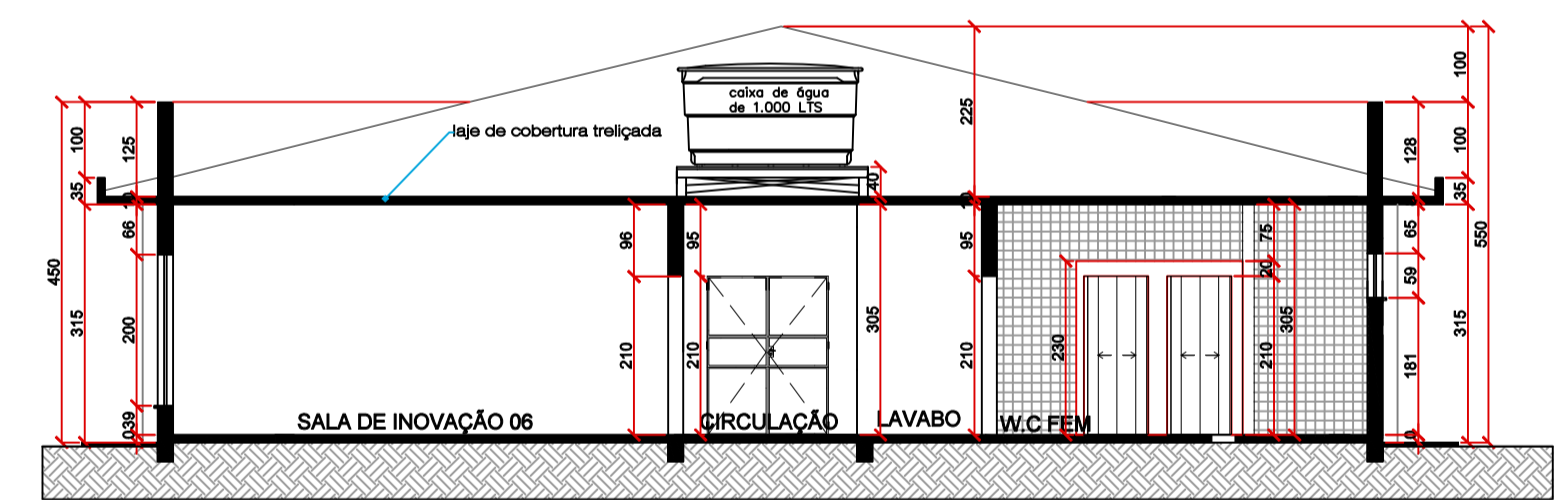
ELEVAÇÃO FRONTAL  
ESC 1:100



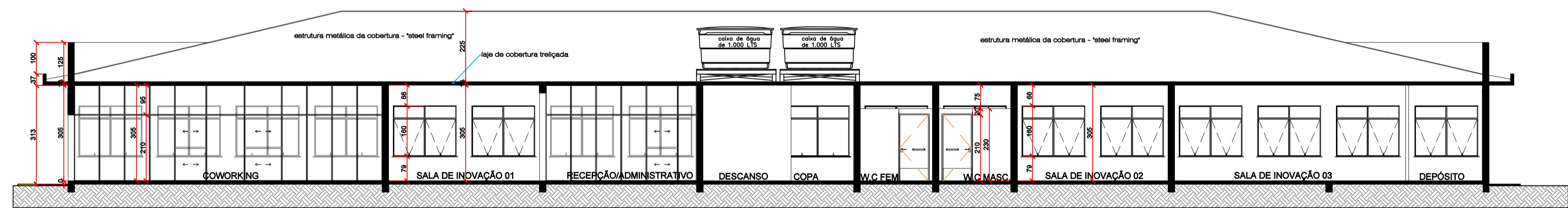
ELEVAÇÃO LATERAL ESQUERDA  
ESC 1:100



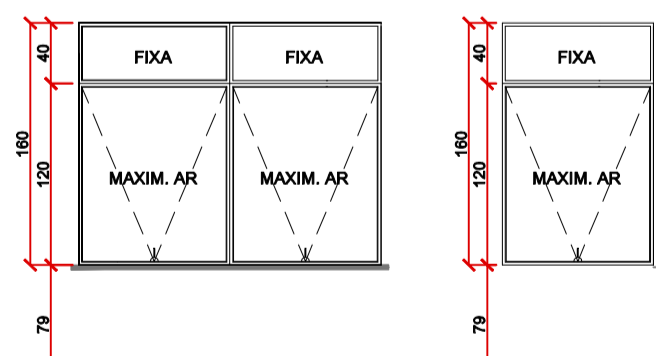
ELEVAÇÃO POSTERIOR  
ESC 1:100



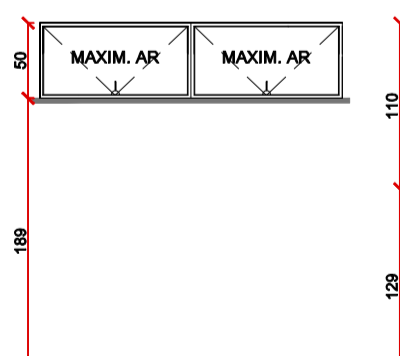
CORTE AA  
ESC 1:100



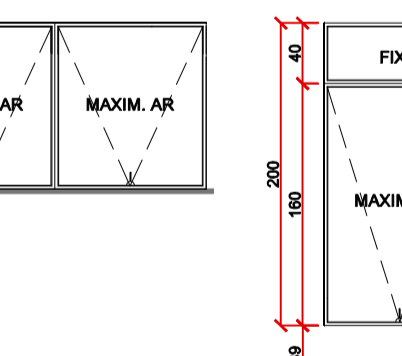
CORTE BB  
ESC 1:100



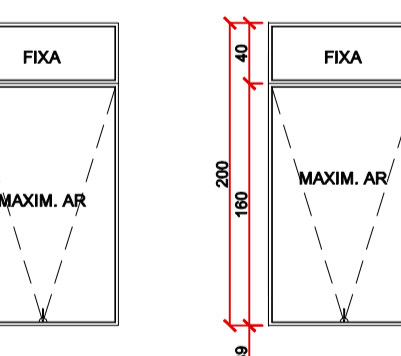
DETALHE J01  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



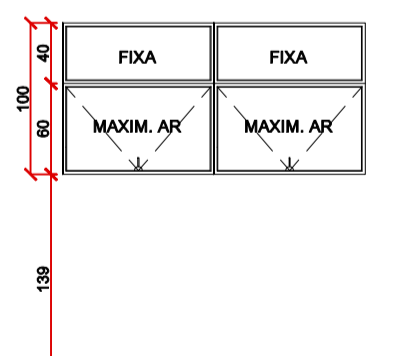
DETALHE J02  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



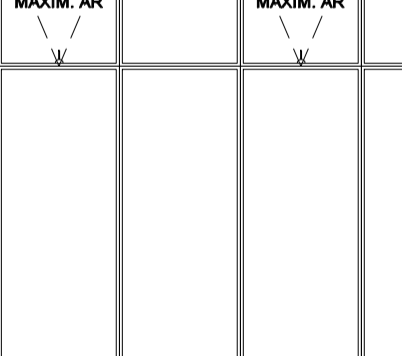
DETALHE J03  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



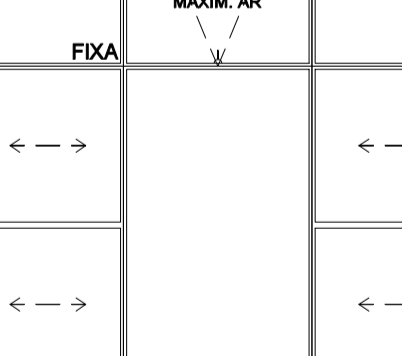
DETALHE J04  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



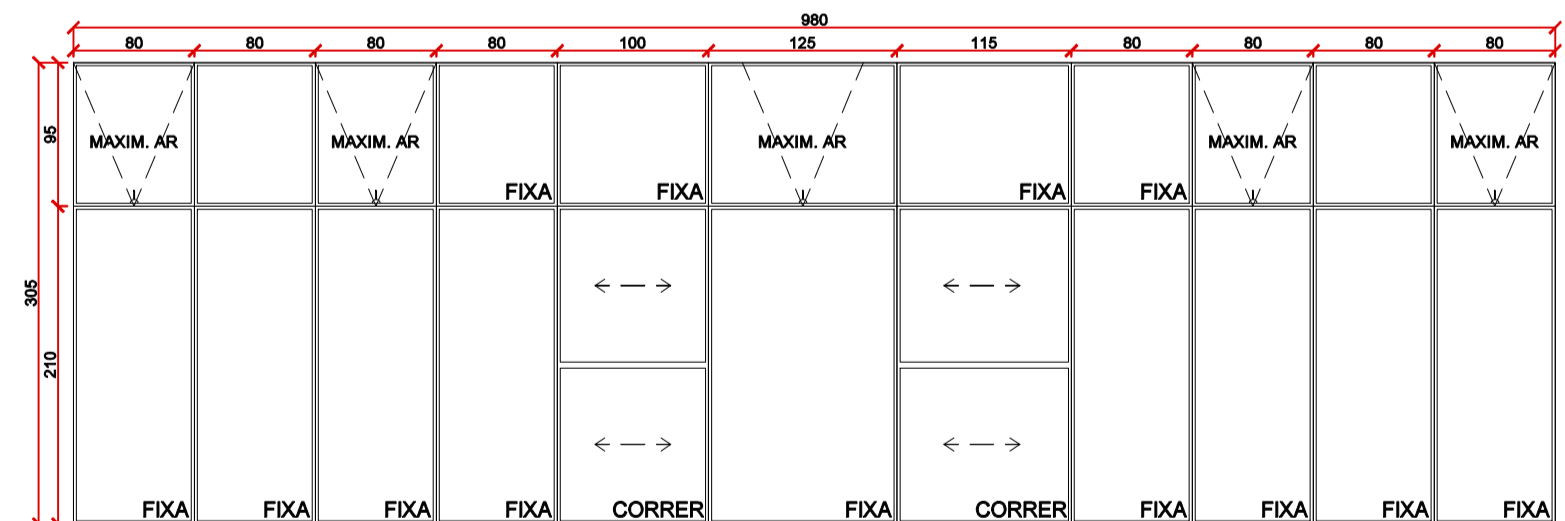
DETALHE J05  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



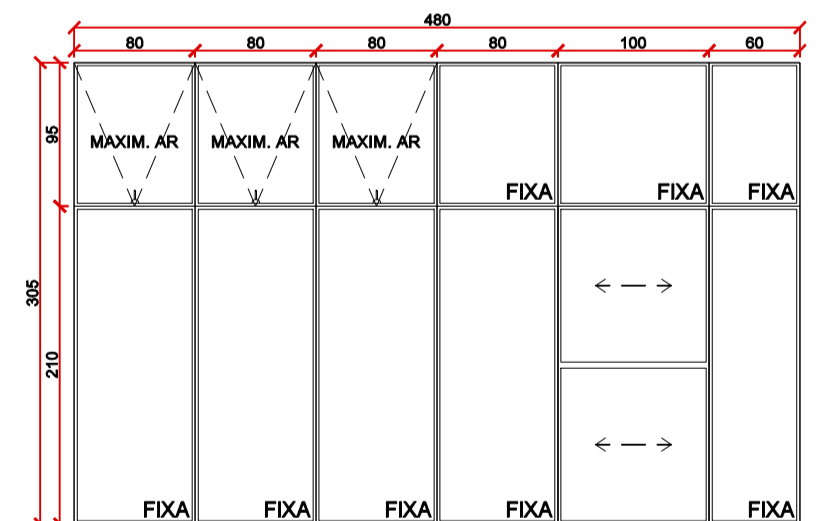
DETALHE J06  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



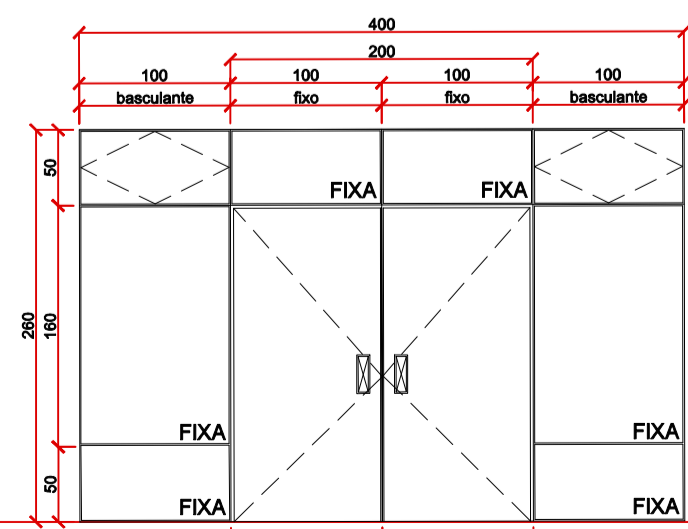
DETALHE J07  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



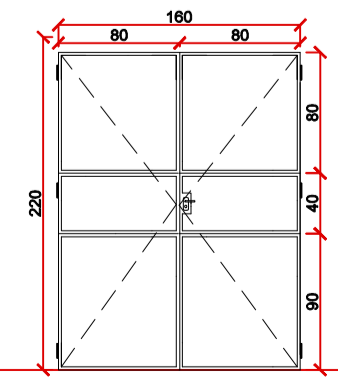
DETALHE DA DIVISÓRIA DAS SALAS DE REUNIÃO  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



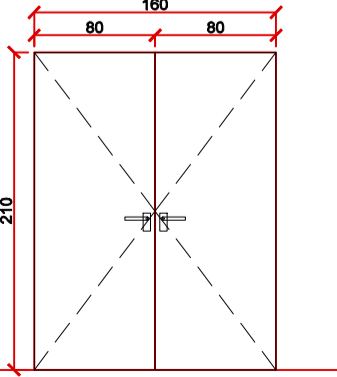
DETALHE DA DIVISÓRIA DO ADMINISTRATIVO  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



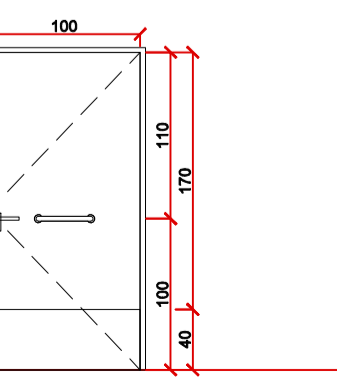
DETALHE P01  
Esquadria metálica com vidro temperado  
ESC 1:50



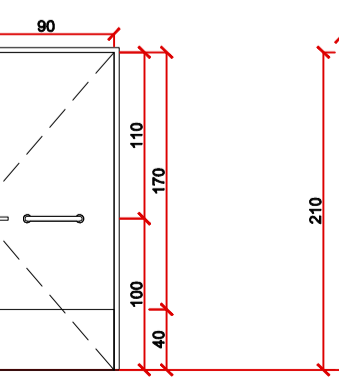
DETALHE P02  
Porta metálica  
ESC 1:50



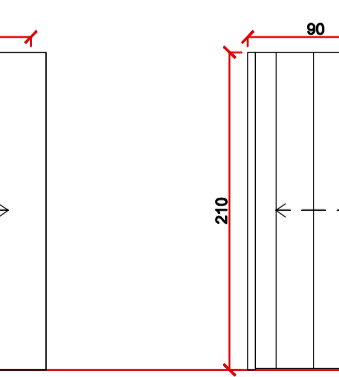
DETALHE P03  
Porta em madeira semi-oca na cor branca  
ESC 1:50



DETALHE P04  
Porta em madeira semi-oca na cor branca com proteção de impacto e barra  
ESC 1:50



DETALHE P05  
Porta em madeira semi-oca na cor branca com proteção de impacto e barra  
ESC 1:50



DETALHE P06  
Porta em madeira semi-oca na cor branca  
ESC 1:50



DETALHE P07  
Porta sifonada em PVC branco  
ESC 1:50

Projetado Emanuele	Desenhado Emanuele	Projeto Arquitônico HUB de Inovação Tecnológica
Resp. Técnico Emanuele de Almeida Arquiteta Urbanista CAU A189968-6	Diretor de Planejamento Físico Matheus Santana Carrer Eng. civil CREA/PR 175075/D	Obra Endereço: Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Uvaranas, Ponta Grossa
Emissão 10/03/2022		Escala INDICADA
Área total: 728,71 m²		Folha 4 de 4
Revisão 01		Título/subtítulo Cortes, elevações e detalhes HUB de Inovação



**APÊNDICE C – TABELA COMPARATIVA DE CARGAS NA FUNDAÇÃO**

