

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

VICTOR BENJAMIM FLEURY DE CARVALHO

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC):  
DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE AÇO DA  
COBERTURA DE UMA RODOVIÁRIA**

Belo Horizonte

2023

**VICTOR BENJAMIM FLEURY DE CARVALHO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC):  
DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE AÇO DA COBERTURA  
DE UMA RODOVIÁRIA**

Trabalho Final apresentado ao Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "Especialista em Análise e Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado e Aço".

Comissão Examinadora:

Prof. Rodrigo Barreto Caldas, DEES.  
(Orientador)

Prof. Rafael Eclache Moreira de Camargo, CEFET-MG

Belo Horizonte

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

### ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA / TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Aos **vinte e nove** dias do mês de **junho de 2023**, às 18h, o estudante **Victor Benjamim Fleury de Carvalho**, matrícula 2020675476, defendeu o Trabalho intitulado “**Dimensionamento Da Estrutura De Aço Da Cobertura de Uma Rodoviária**”.

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar; assinam eletronicamente a presente ata.

**Nota:** (95 noventa e cinco pontos)

**Orientador(a):** Prof. Rodrigo Barreto Caldas

**Nota:** (95 noventa e cinco pontos)

**Examinador(a):** Rafael Eclache Moreira de Camargo



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Barreto Caldas, Professor do Magistério Superior**, em 12/07/2023, às 15:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Eclache Moreira de Camargo, Usuário Externo**, em 12/07/2023, às 17:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2405908** e o código CRC **AE781A87**.

**Este documento deve ser editado apenas pelo Orientador e deve ser assinado eletronicamente por todos os membros da banca.**

## **Resumo**

As estruturas metálicas são uma excelente opção para coberturas de rodoviárias, apresentando diversas vantagens em relação a outros materiais. A escolha correta da estrutura e do processo de fabricação e montagem pode garantir uma cobertura durável, segura e de baixo custo para uma rodoviária. A partir disso, utilizando-se como referência a arquitetura de uma rodoviária alocada nas dependências de uma obra no estado do Pará, será realizado um dimensionamento estrutural detalhando o cálculo das suas ligações de base, seus pilares, vigas e contraventamentos conforme premissas e definições da ABNT NBR 8800:2008. Será abordado a escolha das condições de contorno, carregamentos, combinações utilizadas e resultados da verificação estrutural para cada elemento que compõe a estrutura.

Palavras-chave: estrutura metálica; cobertura, rodoviária, dimensionamento, verificação.

## **Abstract**

Metal structures are an excellent option for covering roadways, offering several advantages compared to other materials. The correct choice of structure, manufacturing process, and assembly can ensure a durable, safe, and cost-effective roof for a roadway. Based on this, using the architecture of a roadway located within the premises of a construction site in the state of Pará as a reference, a structural design will be performed, detailing the calculation of its base connections, pillars, beams, and bracings according to the assumptions and definitions of ABNT NBR 8800:2008. The selection of boundary conditions, loadings, combinations used, and results of structural verification for each element composing the structure will be addressed.

**Keywords:** metal structure; roofing, roadway, sizing, verification.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cobertura Metálica de uma Rodoviária em Sinop (MT) .....	11
Figura 2 – Modelo arquitetônico 3D da Rodoviária.....	15
Figura 3 – Eixos Estruturais .....	16
Figura 4 – Dimensões da Estrutura .....	16
Figura 5 – Vista 3D da Estrutura.....	17
Figura 6 – Vista dos Eixos 1 até 6.....	17
Figura 7 – Vista dos Eixos A e B .....	18
Figura 8 – Vista dos Eixos A1 e B2 .....	18
Figura 9 – Vista dos Eixos 0 e 7.....	18
Figura 10 – Vista Superior da Cobertura.....	19
Figura 11 – Vista dos Eixos 1 até 6.....	20
Figura 12 – Vista dos Eixos A e B .....	20
Figura 13 – Vista dos Eixos A1 e B2 .....	21
Figura 14 – Vista dos Eixos 0 e 7.....	21
Figura 15 – Vista Superior da Cobertura.....	21
Figura 16 – Caso 1 – Peso Próprio .....	22
Figura 17 – Caso 2 – Carga Permanente .....	22
Figura 18 – Caso 3 – Sobrecarga.....	23
Figura 19 – Caso 4 – Vento VX+.....	23
Figura 20 – Caso 5 – Vento VX-.....	24
Figura 21 – Caso 6 – Vento VY+ 1º Carregamento .....	24
Figura 22 – Caso 7 – Vento VY+ 2º Carregamento .....	25
Figura 23 – Caso 8 – Vento VY- 1º Carregamento.....	25
Figura 24 – Caso 9 – Vento VY- 2º Carregamento.....	25
Figura 25 – Caso 10 – Temperatura +20 °C .....	29
Figura 26 – Caso 11 – Temperatura -20 °C .....	29
Figura 27 – Pilares Principais.....	35
Figura 28 – Tesouras .....	36
Figura 29 – Colunetas.....	37
Figura 30 – Vigas Longitudinais .....	38
Figura 31 – Banzos da Treliça da Platibanda .....	39
Figura 32 – Diagonais e Montantes da Treliça da Platibanda .....	40

Figura 33 – Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura .....	44
Figura 34 – Contraventamentos e Mãos Francesas .....	48
Figura 35 – Memória de Cálculo das Terças de Cobertura .....	51
Figura 36 – Numeração dos Nós no Topo das Colunas .....	52
Figura 37 – Plano de Bases do Robot.....	53
Figura 38 – Detalhe Construtivo da Placa de Base .....	58
Figura 39 – Verificações da Placa de Base.....	60
Figura 40 – Solicitações na Placa de Base – Análise 1 .....	61
Figura 41 – Solicitações na Placa de Base – Análise 2 .....	62
Figura 42 – Solicitações na Placa de Base – Análise 3 .....	63
Figura 43 – Solicitações na Placa de Base – Análise 4 .....	64
Figura 44 – Solicitações na Placa de Base – Análise 5 .....	65
Figura 45 – Solicitações na Placa de Base – Análise 6 .....	66
Figura 46 – Verificação dos Chumbadores à Tração .....	67
Figura 47 – Verificação dos Chumbadores ao Cisalhamento.....	68
Figura 48 – Verificação da Placa de Base .....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Materiais Construtivos.....	14
Tabela 2 – Coeficientes .....	26
Tabela 3 – Fatores de redução de “k” .....	27
Tabela 4 – Fatores de redução de “k” .....	27
Tabela 5 – Casos de Carregamento .....	30
Tabela 6 – Quadro de Combinações.....	30
Tabela 7 – Pilares Principais .....	35
Tabela 8 – Tesouras.....	36
Tabela 9 – Colunetas .....	37
Tabela 10 – Vigas Longitudinais.....	38
Tabela 11 – Banzos da Treliça da Platibanda.....	39
Tabela 12 – Diagonais e Montantes da Treliça da Platibanda.....	40
Tabela 13 – Treliça da Platibanda .....	41
Tabela 14 – Treliça da Platibanda .....	42
Tabela 15 – Treliça da Platibanda .....	43
Tabela 16 – Treliça da Platibanda .....	44
Tabela 17 – Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura.....	45
Tabela 18 – Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura.....	46
Tabela 19 – Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura.....	47
Tabela 20 – Memória de Cálculo dos Contraventamentos e Mãos Francesas .....	48
Tabela 21 – Contraventamentos e Mãos Francesas.....	49
Tabela 22 – Deslocamento Topo dos Pilares.....	52
Tabela 23 – Quadro de Reações .....	53
Tabela 24 – Reações na Base .....	58



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVO .....	11
3	PROGRAMA.....	12
3.1	Robot Structural Analysis 2022.....	12
3.1.1	Dimensionamento ABNT NBR 8800:2008 por meio do Robot Structural Analysis 2022	13
4	MATERIAIS.....	14
5	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA .....	15
5.1	Eixos Estruturais.....	16
5.2	Dimensões.....	16
5.3	Propriedades das Barras.....	17
6	CONDIÇÕES DE CONTORNO.....	19
7	CARREGAMENTOS.....	22
7.1	Peso Próprio.....	22
7.2	Carga Permanente.....	22
7.3	Sobrecarga .....	23
7.4	Vento.....	23
7.4.1	Pilares: Método de Vento em Barras Prismáticas.....	26
7.4.2	Tesouras: Método de Vento em Cobertura Isolada de Duas Águas .....	28
7.4.3	Platibanda: Método de Vento para Muros, Placas e Coberturas Isoladas .....	28
7.4	Temperatura.....	29
8	COMBINAÇÕES .....	30
9	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	33
9.1	Estados-Limites Últimos .....	33
9.1.1	Pilares Principais .....	35
9.1.2	Tesouras.....	36

9.1.3	Colunetas .....	37
9.1.4	Vigas Longitudinais.....	38
9.1.5	Banzos da Treliça da Platibanda.....	39
9.1.6	Diagonais e Montantes da Treliça da Platibanda.....	40
9.1.7	Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura.....	44
9.1.8	Contraventamentos e Mãos Francesas .....	48
9.1.9	Terças de cobertura.....	51
9.2	Estados Limite de Serviço .....	52
10	QUADRO DE REAÇÕES.....	53
11	CÁLCULO DA LIGAÇÃO DE BASE .....	58
12	CONCLUSÃO .....	70
13	REFERÊNCIAS .....	71

## 1 INTRODUÇÃO

A cobertura de uma rodoviária é uma parte essencial da infraestrutura de transporte, garantindo conforto e segurança aos passageiros e funcionários (MEDEIROS, 2016). Quando se trata de projetar essa cobertura, a escolha do material mais adequado é uma das principais decisões a serem tomadas. Nesse contexto, as estruturas metálicas se destacam como uma opção versátil e eficiente, capaz de proporcionar uma série de benefícios em relação a outros materiais.

**Figura 1 – Cobertura Metálica de uma Rodoviária em Sinop (MT)**



Fonte: SóNotícias, 2021.

O uso de estruturas metálicas para coberturas tem sido uma escolha frequente em projetos que buscam rapidez na execução, leveza e grande vão livre. Além disso, as estruturas metálicas são facilmente adaptáveis para atender às exigências de cargas e dimensões específicas (FONSECA, 2015).

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é detalhar o cálculo de uma cobertura de uma rodoviária utilizando estrutura metálica, visando proporcionar uma análise detalhada em atendimento à ABNT NBR 8800:2008. Ao final, espera-se que este trabalho possa contribuir para o aprimoramento do conhecimento sobre o dimensionamento de estruturas metálicas em projetos de cobertura de rodoviárias.

### **3 PROGRAMA**

Foi utilizado o programa Robot Structural Analysis 2022 para o desenvolvimento deste presente trabalho.

#### **3.1 Robot Structural Analysis 2022**

O Robot Structural Analysis é um software de análise estrutural desenvolvido pela Autodesk, utilizado principalmente por engenheiros civis e estruturais para projetar e analisar estruturas de construções complexas em 3D. O software possui diversas funcionalidades, incluindo análise por elementos finitos, cálculo de esforços, verificação por normas e códigos de construção, geração de relatórios e modelagem paramétrica.

Com o Robot Structural Analysis, é possível realizar análises estruturais para uma ampla variedade de materiais estruturais, como aço, concreto, madeira e alumínio, e ainda simular o comportamento de estruturas complexas sujeitas a cargas estáticas e dinâmicas, tais como vento, terremotos, chuva, entre outros. O software também conta com uma interface gráfica intuitiva, permitindo aos usuários visualizar e analisar as informações de forma clara e objetiva.

O Robot Structural Analysis é amplamente utilizado no setor de engenharia civil e estrutural para projetar e analisar estruturas de grande complexidade em diversas áreas, como edifícios residenciais e comerciais, pontes, torres, barragens, entre outros. O software é reconhecido por sua precisão, eficiência e confiabilidade, além de oferecer uma grande variedade de recursos e funcionalidades que permitem a criação de projetos estruturais mais seguros e econômicos.

O dimensionamento das estruturas pode ser realizado no Robot Structural Analysis através de normas Europeias, Americanas, Canadenses, Turcas, Indianas, Chinesas e outras. Os resultados de esforços solicitantes são obtidos via elementos finitos de cada elemento em barra do modelo. Com as propriedades geométricas e os esforços solicitantes, o equacionamento da norma selecionada para dimensionamento é aplicado de maneira direta realizando a verificação.

### 3.1.1 Dimensionamento ABNT NBR 8800:2008 por meio do Robot Structural Analysis 2022

O software utilizado não é compatível com a norma brasileira ABNT NBR 8800:2008. Por isso, para realizar o dimensionamento estrutural de acordo com essa norma, foi necessário utilizar a norma americana AISC 360, que é a base da ABNT NBR 8800:2008. Apesar das normas possuírem diferenças, as equações e métodos de dimensionamento são semelhantes, resultando em resultados próximos. Para este estudo, as combinações foram feitas seguindo a NBR 8800 e para corrigir as variações entre as normas, uma redução de 5% (definido em concordância com o cliente da obra em questão) foi aplicada na taxa de utilização da estrutura,. Embora as diferenças e semelhanças entre as normas não sejam o foco do estudo, é importante mencionar que algumas semelhanças nas equações de dimensionamento foram consideradas para apoiar a metodologia adotada.

Conforme apresentado no manual “Manual de Configuração do Autodesk Robot Structural Analysis” a força resistente de cálculo a tração é calculada como sendo  $\phi_1 P_n$  sendo que  $P_n$  definido como o menor valor entre as seguintes equações:

$$P_n = F_y A_g$$

$$P_n = F_u A_e$$

$P_n$  = Força resistente nominal à tração;

$F_y$  = Resistência ao escoamento do material;

$F_u$  = Resistência da ruptura do material;

$\phi_1$  = Fator de ponderação no valor de 0,90 quando usado com a área bruta e 0,75 quando usado com a área líquida;

$A_g$  = Área bruta da seção transversal;

$A_e$  = Área líquida da seção transversal.

A norma ABNT NBR 8800:2008 por sua vez utiliza equacionamento semelhante, porém com o fator de ponderação ligeiramente diferente:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}}$$

$N_{t,Rd}$  = Força resistente de cálculo à tração;  
 $f_y$  = Resistência ao escoamento do material;  
 $f_u$  = Resistência à ruptura do material;  
 $\gamma_{a1}$  = Fator de ponderação no valor de 1,10;  
 $\gamma_{a2}$  = Fator de ponderação no valor de 1,35;  
 $A_e$  = Área bruta da seção transversal;  
 $A_g$  = Área efetiva da seção transversal.

Como mencionado anteriormente, as equações de cálculo de força axial resistente entre as normas são muito semelhantes, com pequenas variações nos fatores de ponderação (0,90 e 0,75 na norma americana e 0,91 a 0,74 na norma brasileira). A verificação de força de cisalhamento resistente e combinação de esforços também seguem a mesma lógica em ambas as normas, com diferenças sutis. Já a verificação de compressão e flexão apresentam diferenças maiores, mas os resultados são próximos, especialmente ao realizar a verificação final de combinações de esforços.

Portanto, conclui-se que a análise estrutural realizada no Robot Structural Analysis atende aos requisitos de segurança da norma ABNT NBR 8800:2008, desde que sejam feitas as correções necessárias mencionadas anteriormente. Assim, a estrutura projetada é capaz de desempenhar satisfatoriamente as funções pretendidas.

#### 4 MATERIAIS

Foram utilizados os materiais conforme apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Materiais Construtivos**

<b>ESTRUTURAS PRINCIPAIS</b>	
Aço estrutural para perfis laminados (L & U)	ASTM A36
Aço estrutural para perfis laminados (W & HP)	ASTM A572 Gr. 50
Aço estrutural para uso geral, referente a chapas e perfis soldados	ASTM A36
Aço Estrutural para chumbadores	ASTM A36
Aço estrutural para barras redondas, quadradas e chatas	ASTM A36
<b>FIXADORES / CONECTORES</b>	
Parafusos comuns (ligações secundárias)	ASTM A307 Gr. A
Porcas (ligações secundárias)	ASTM A563 Gr. A
Arruelas (ligações secundárias)	ANSI/ASME B.18.22.1 T. A

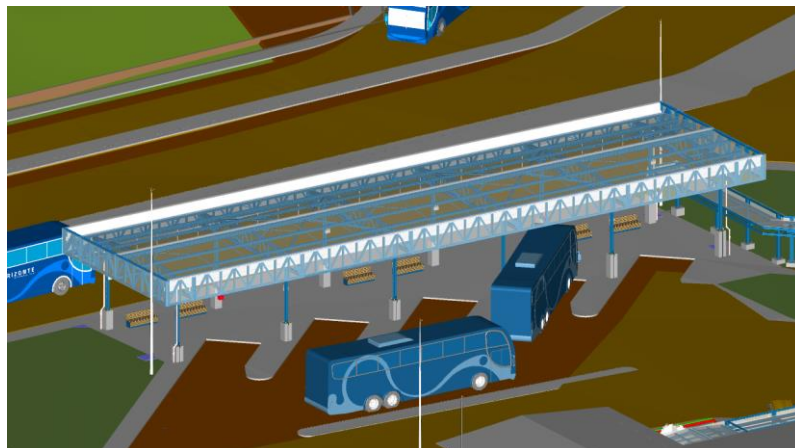
Parafusos de alta resistência (ligações principais)	ASTM A325 (Galvanizados a fogo)
Porcas (ligações principais)	ASTM A563 Gr. DH
Arruelas (ligações principais)	ASTM F436 T1 (Galvanizados a fogo)
<b>CONSUMÍVEIS</b>	
Eletrodos para solda	E70XX - AWS A5.1
<b>OUTROS</b>	
Telha para cobertura e tapamento	Chapa de aço galvanizado trapezoidal Metform. H=40 mm, com espessura de 0,65mm
Calhas não estruturais, Rufos e Cumeeiras	ASTM A36

## 5 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A cobertura da rodoviária em questão, conforme mostrado na Figura 2, foi projetada utilizando uma estrutura metálica com dimensões em planta de 8,00 metros de largura por 40,00 metros de comprimento. A estrutura conta com pilares de 5,00 metros de altura que suportam treliças no sentido transversal e vigas no sentido longitudinal. A cobertura foi projetada com contraventamentos horizontais para garantir a estabilidade da estrutura.

Além disso, a cobertura possui uma platibanda treliçada de 1400 mm de altura que contorna todo o perímetro da estrutura. Essa platibanda não apenas adiciona um elemento estético ao projeto, mas também contribui para a estabilidade estrutural ao atuar como um elemento de rigidez lateral.

**Figura 2 – Modelo arquitetônico 3D da Rodoviária**

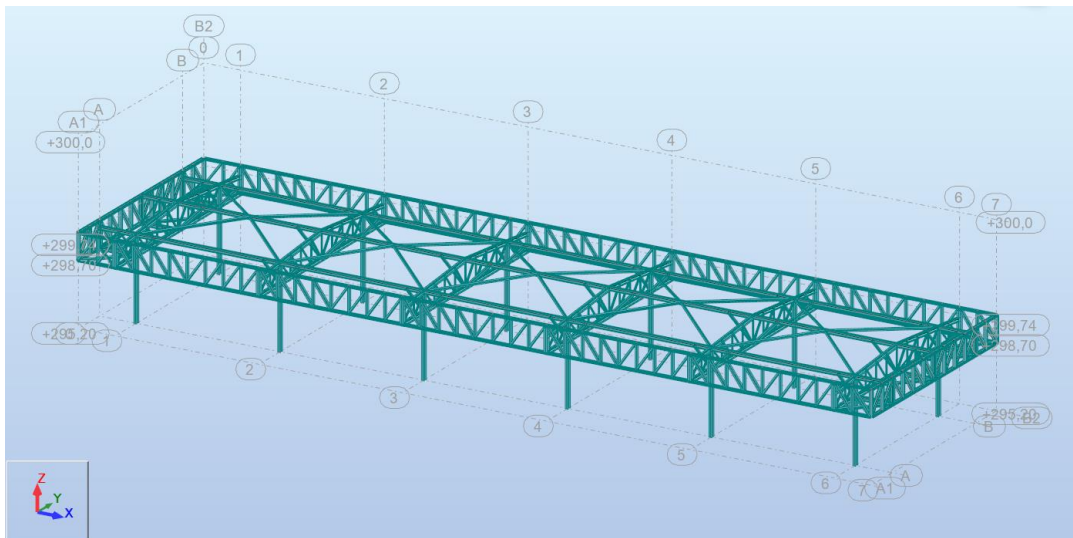


Fonte: Autor.

## 5.1 Eixos Estruturais

A estrutura possui eixos que vão de 0 até 7 no sentido longitudinal e eixos que vão de A1 até B2 no sentido transversal, conforme ilustrado na Figura 3.

**Figura 3 – Eixos Estruturais**

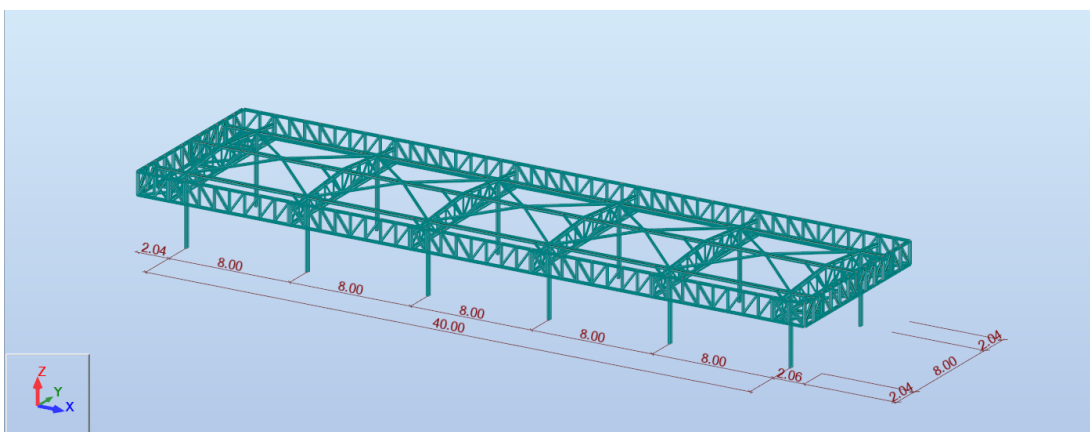


Fonte: Autor.

## 5.2 Dimensões

A estrutura possui dimensões conforme ilustrado na Figura 4.

**Figura 4 – Dimensões da Estrutura**



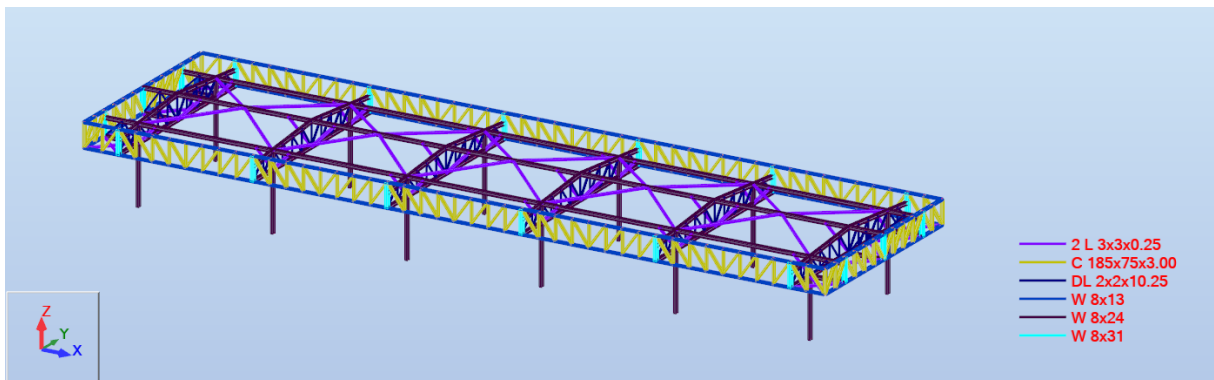
Fonte: Autor.



### 5.3 Propriedades das Barras

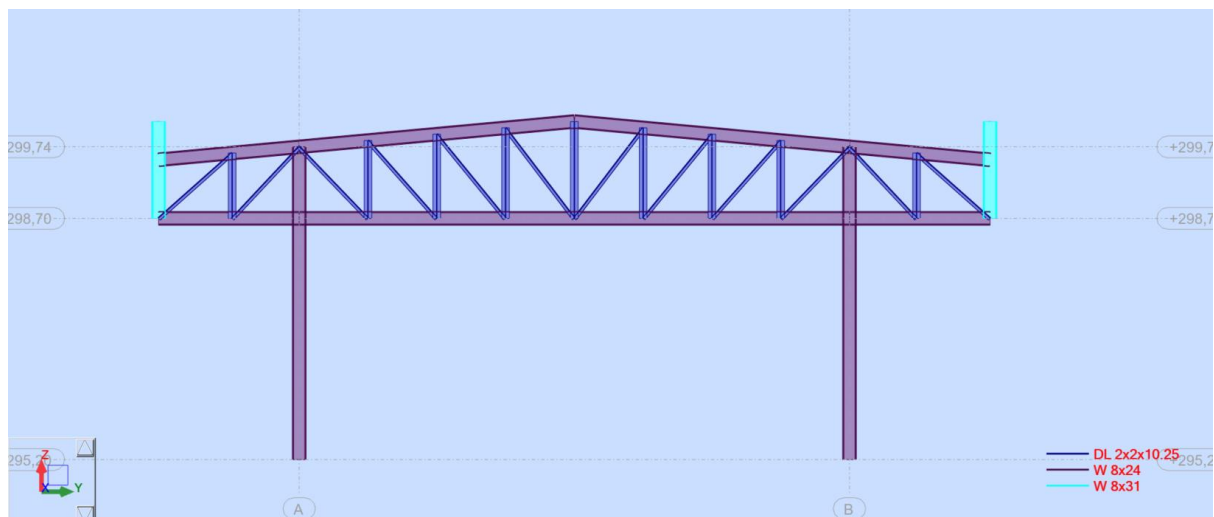
Para a estrutura metálica da cobertura em questão, foram escolhidos perfis I laminados do tipo W para os pilares, vigas da tesoura e vigas de travamento; perfis U laminados nos banzos e treliça da platibanda; perfis 2L (cantoneiras duplas) tanto para a treliça da tesoura quanto para o contraventamento horizontal da estrutura. A escolha dessa estrutura se baseou em vantagens como alta resistência, durabilidade, flexibilidade de layout, rapidez de montagem e facilidade de manutenção. As seções escolhidas estão ilustradas nas Figuras 5 a 10.

Figura 5 – Vista 3D da Estrutura



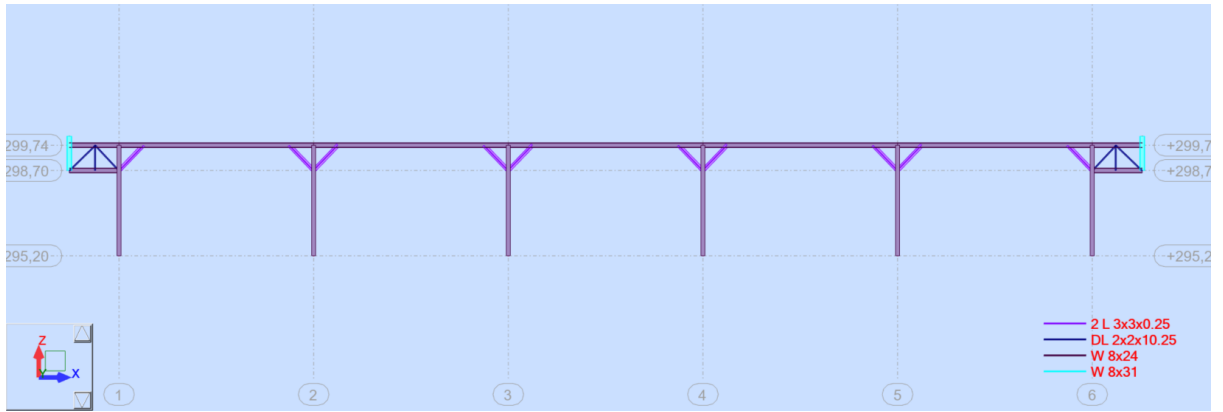
Fonte: Autor.

Figura 6 – Vista dos Eixos 1 até 6



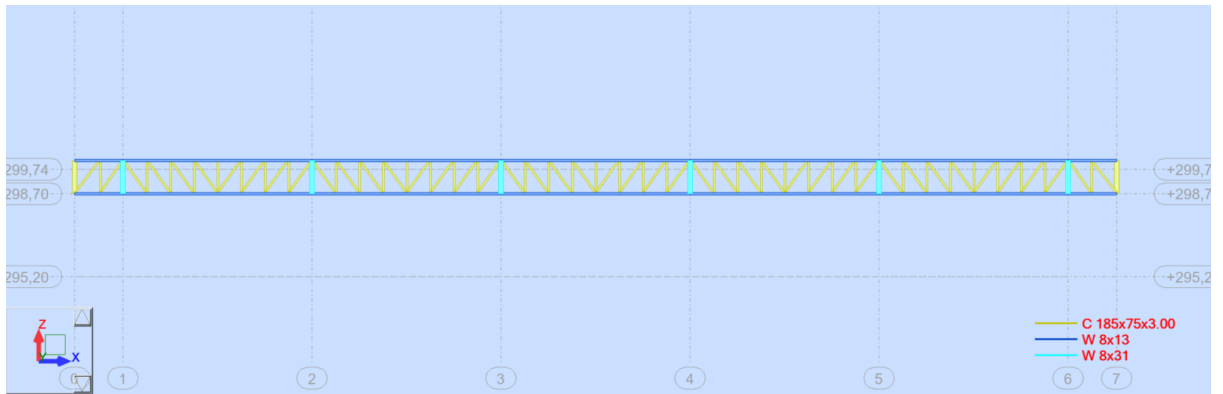
Fonte: Autor.

**Figura 7 – Vista dos Eixos A e B**



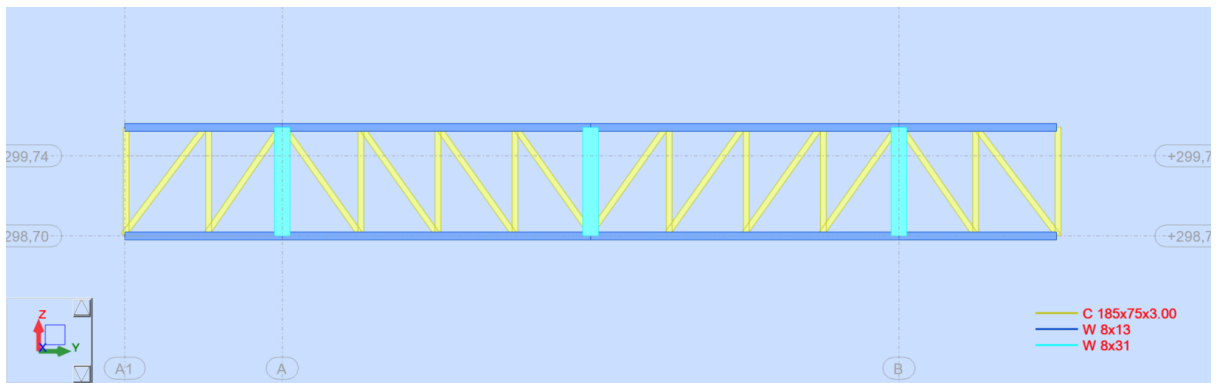
Fonte: Autor.

**Figura 8 – Vista dos Eixos A1 e B2**



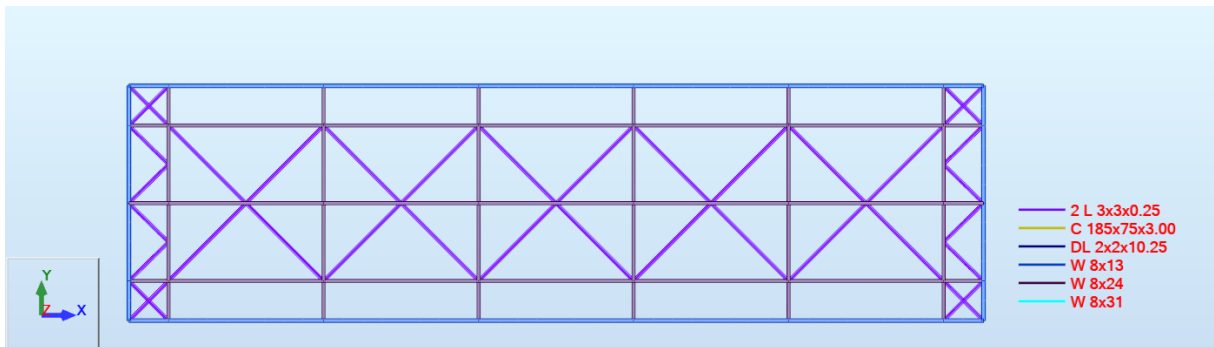
Fonte: Autor.

**Figura 9 – Vista dos Eixos 0 e 7**



Fonte: Autor.

**Figura 10 – Vista Superior da Cobertura**



Fonte: Autor.

## 6 CONDIÇÕES DE CONTORNO

A escolha das condições de contorno para estruturas metálicas são fundamentais para garantir a estabilidade e segurança da estrutura (FONSECA, 2015).

Uma das primeiras etapas é a escolha adequada das ligações com a base, que devem ser dimensionadas para suportar as cargas verticais e horizontais da estrutura, além de garantir a transferência de momentos e forças de cisalhamento entre a base e a estrutura. É importante também considerar a estabilidade lateral da estrutura, garantindo a resistência aos esforços de vento (MEDEIROS, 2016). Por isso a ligação duplamente engastada foi escolhida para essa estrutura, visto que não há contraventamento vertical.

A escolha da treliça para a estrutura também é um aspecto crucial, pois ela é responsável por transmitir as cargas para os pilares e tem a capacidade de vencer grandes vãos (CHEN; DOLAN, 2011). É preciso selecionar uma treliça com a capacidade de suportar as cargas e que atenda aos requisitos de rigidez e resistência especificados no projeto. Neste projeto foram utilizadas treliças em formato V e N, que apresentam um bom desempenho estrutural e estético, conforme mostrado nas Figura 11.

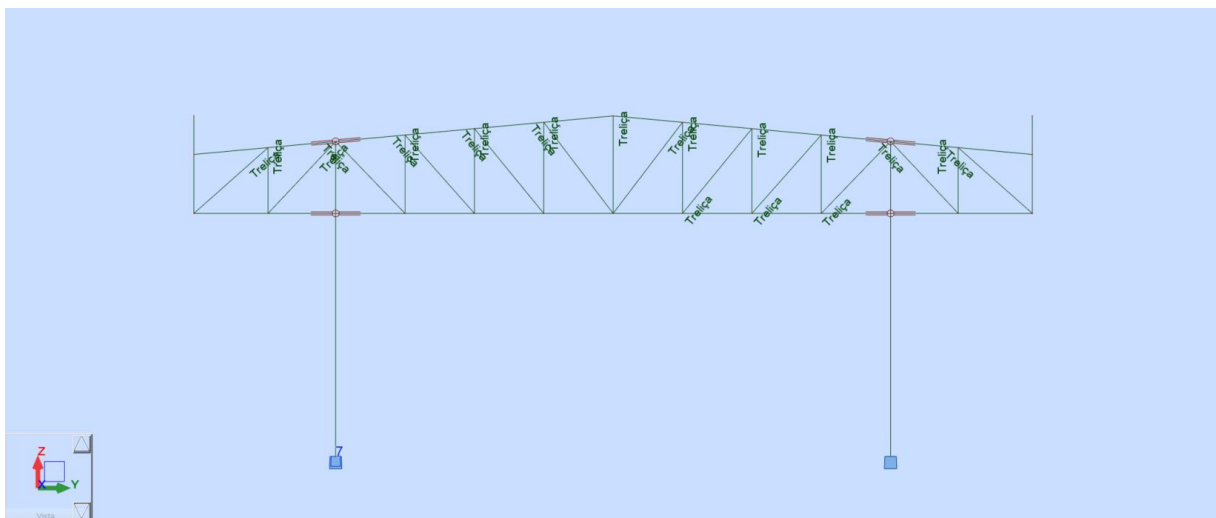
É de extrema importância analisar as ligações rotuladas e sua indicação na análise estrutural. Essas ligações são projetadas de forma a permitir a rotação das barras, sem gerar esforços adicionais (VARGAS, 2010). Neste projeto elas foram escolhidas para as barras longitudinais da estrutura, como destacado na Figura 12.

Por último, o contraventamento horizontal é um componente essencial da estrutura metálica e é necessário para proporcionar estabilidade lateral à estrutura. Ele deve ser projetado para resistir às cargas laterais resultantes de ventos e sismos, e deve ser capaz de transmitir

essas cargas para os pilares e as fundações. Para esta obra, o contraventamento horizontal foi posicionado em dois vãos, conforme ilustrado na Figura 15.

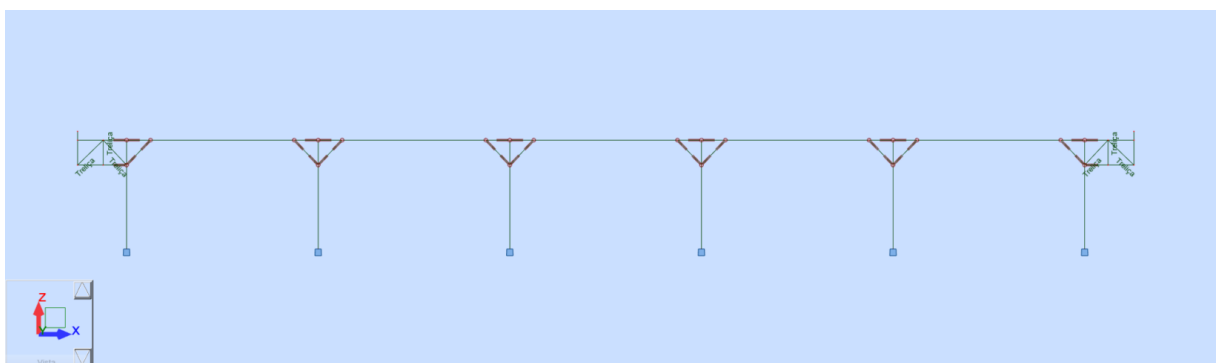
Em resumo, as condições de contorno para estruturas metálicas devem ser bem planejadas e dimensionadas para garantir a estabilidade, segurança e desempenho estrutural da obra. A escolha adequada das ligações de base, treliça e ligações rotuladas são fundamentais para a eficiência e durabilidade da estrutura metálica. As condições de contorno estão ilustradas nas Figuras 11 a 15.

**Figura 11 – Vista dos Eixos 1 até 6**



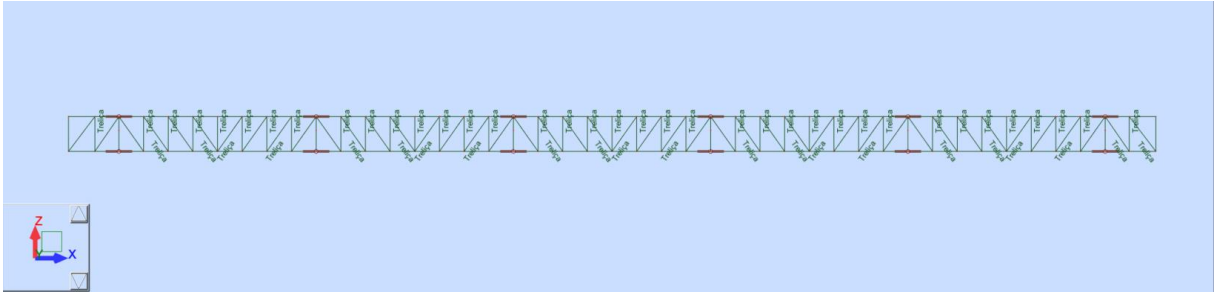
Fonte: Autor:

**Figura 12 – Vista dos Eixos A e B**



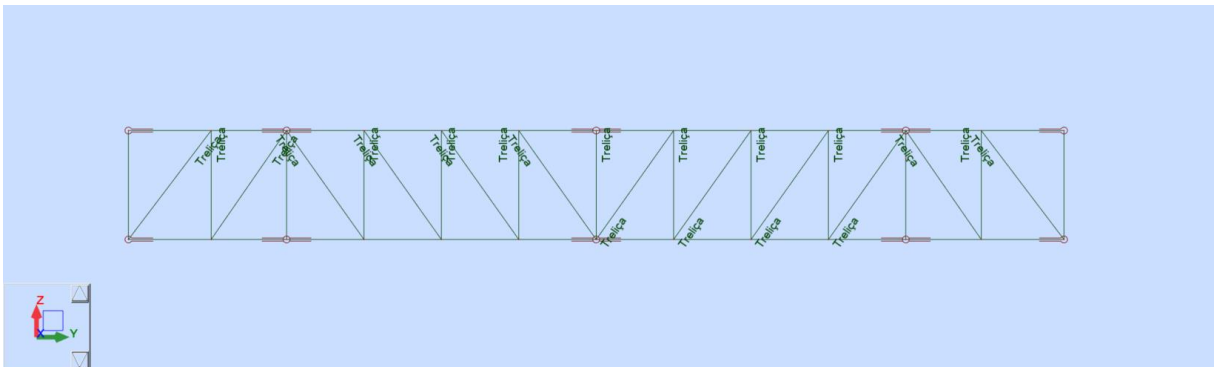
Fonte: Autor:

**Figura 13 – Vista dos Eixos A1 e B2**



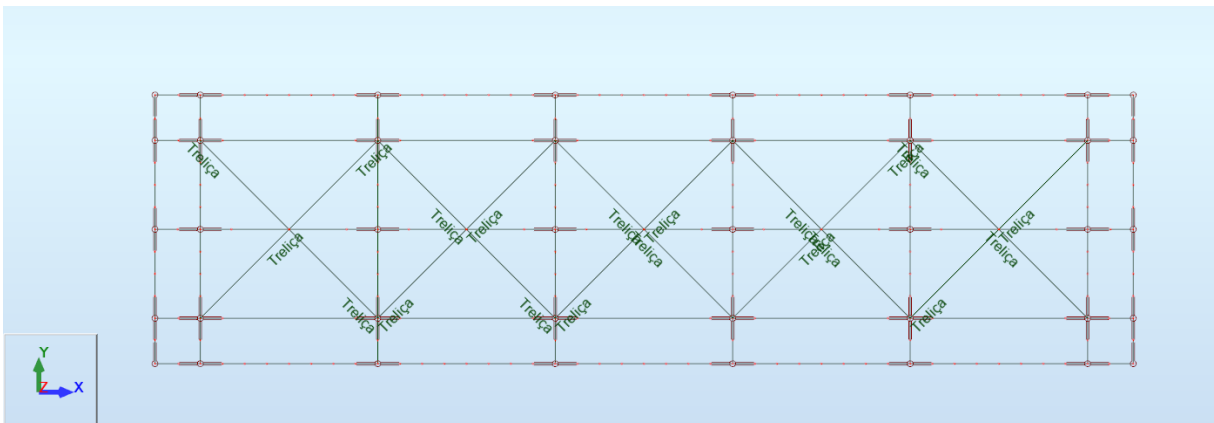
Fonte: Autor.

**Figura 14 – Vista dos Eixos 0 e 7**



Fonte: Autor.

**Figura 15 – Vista Superior da Cobertura**



Fonte: Autor.

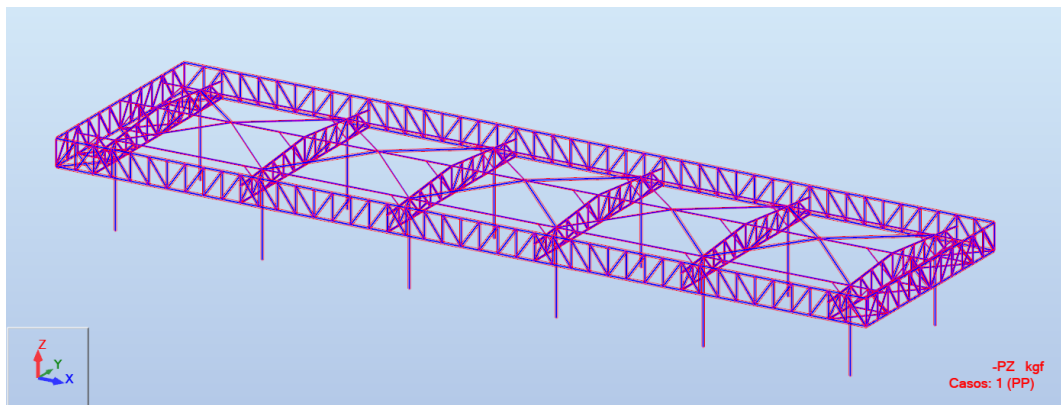
## 7 CARREGAMENTOS

Para a aplicação de cargas na estrutura, foram considerados os seguintes carregamentos.

### 7.1 Peso Próprio

O peso próprio das estruturas foi calculado conforme lançamento da estrutura no software Robot Structural Analysis e majorado em 10% para consideração de chapas e ligações (Figura 16).

**Figura 16 – Caso 1 – Peso Próprio**

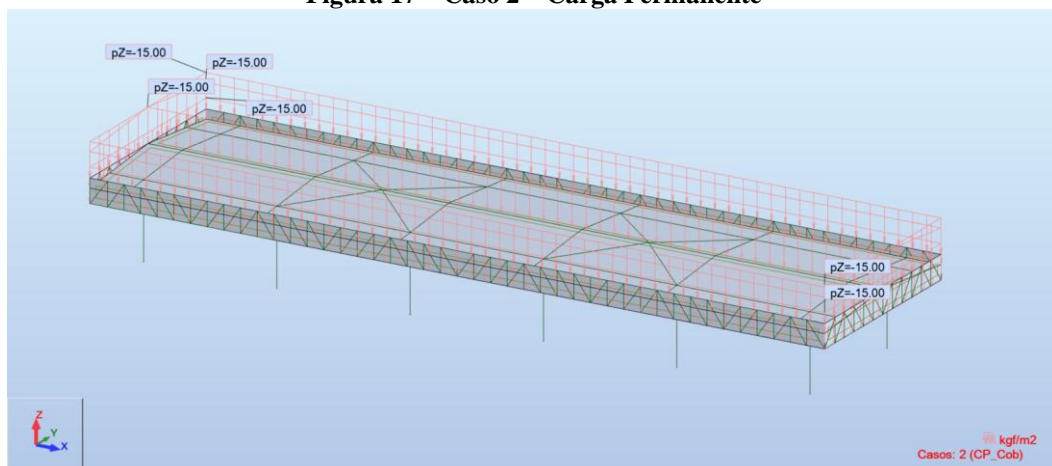


Fonte: Autor.

### 7.2 Carga Permanente

Para a carga permanente de cobertura (Figura 17) foi considerado uma carga de 15 kgf/m<sup>2</sup>, referente ao peso de estruturas de tapamento (telhas e terças).

**Figura 17 – Caso 2 – Carga Permanente**

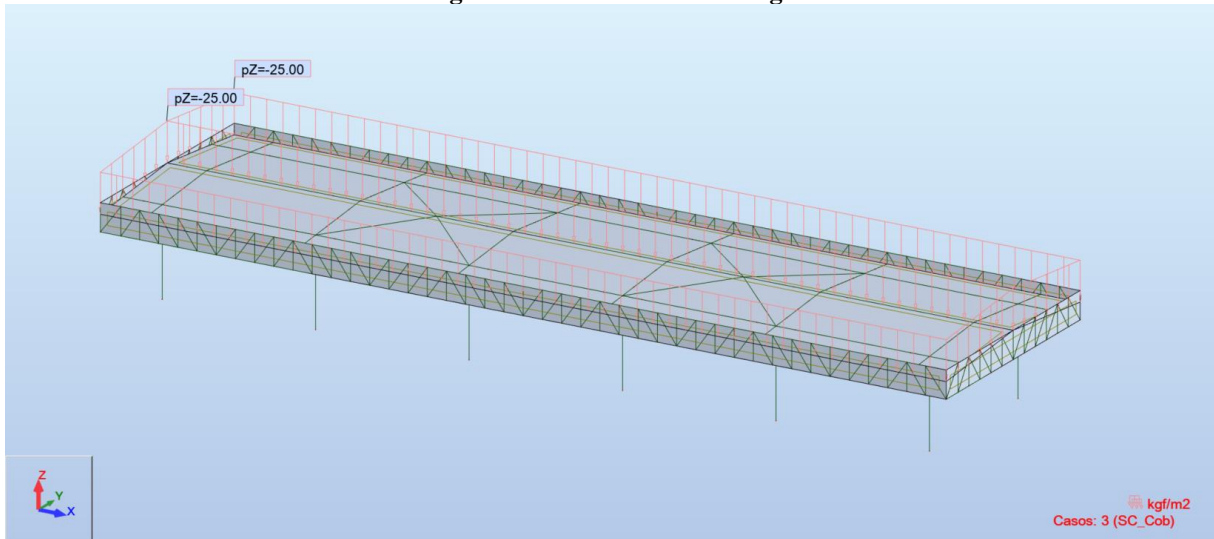


Fonte: Autor.

### 7.3 Sobrecarga

Para a sobrecarga de cobertura foi considerado  $25 \text{ kgf/m}^2$ , conforme acordado com o cliente em critério de projeto, conforme destacado na Figura 18.

Figura 18 – Caso 3 – Sobrecarga

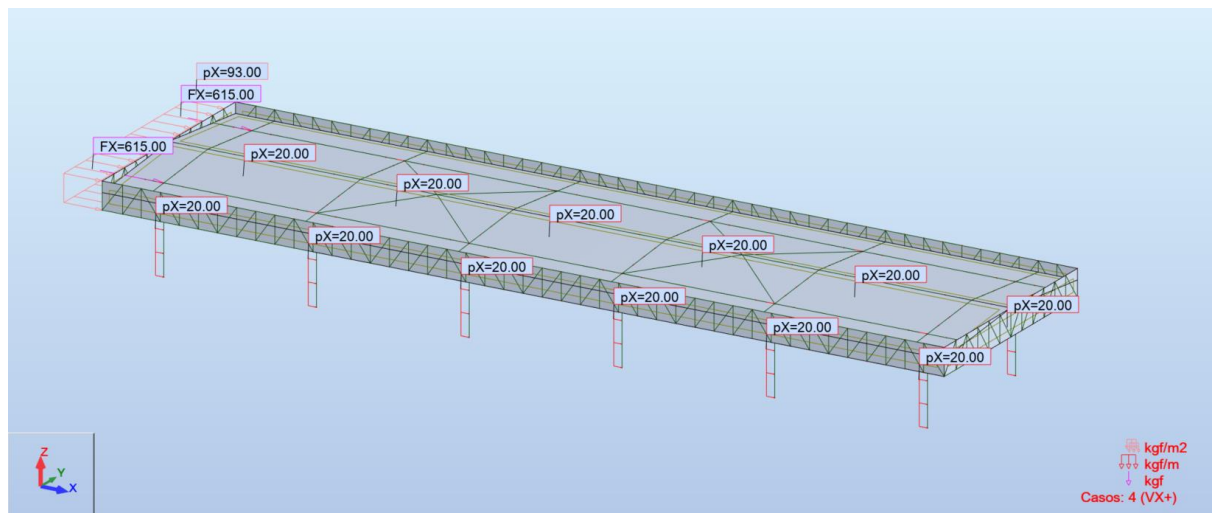


Fonte: Autor.

### 7.4 Vento

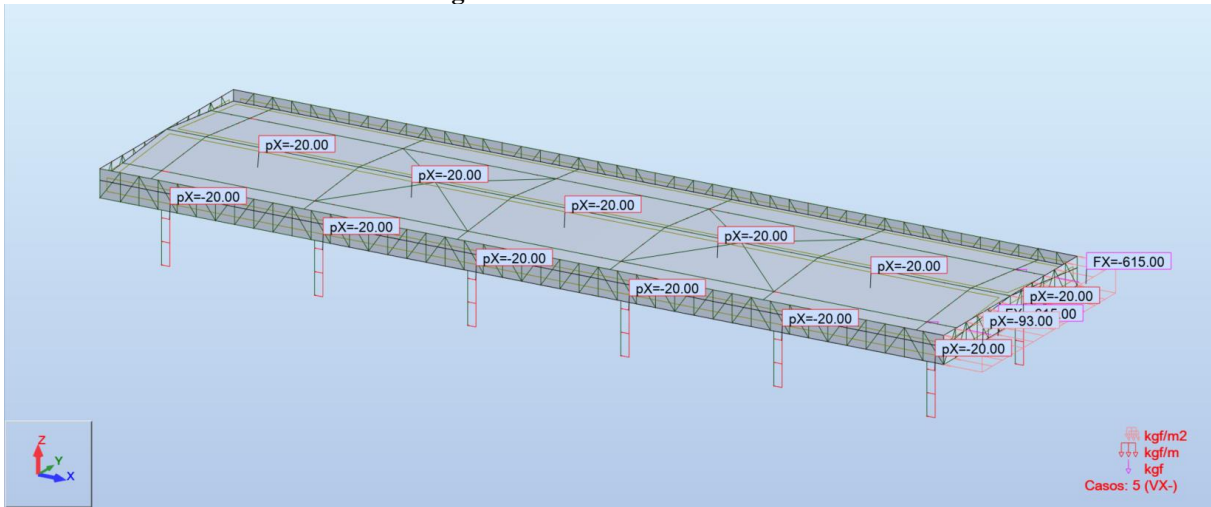
Para a aplicação da carga de vento na estrutura, foram utilizados 3 métodos de cálculo descritos na norma ABNT NBR 6123:1988, conforme mostrados nos subtópicos e ilustrados nas Figuras 19 a 24.

Figura 19 – Caso 4 – Vento VX+



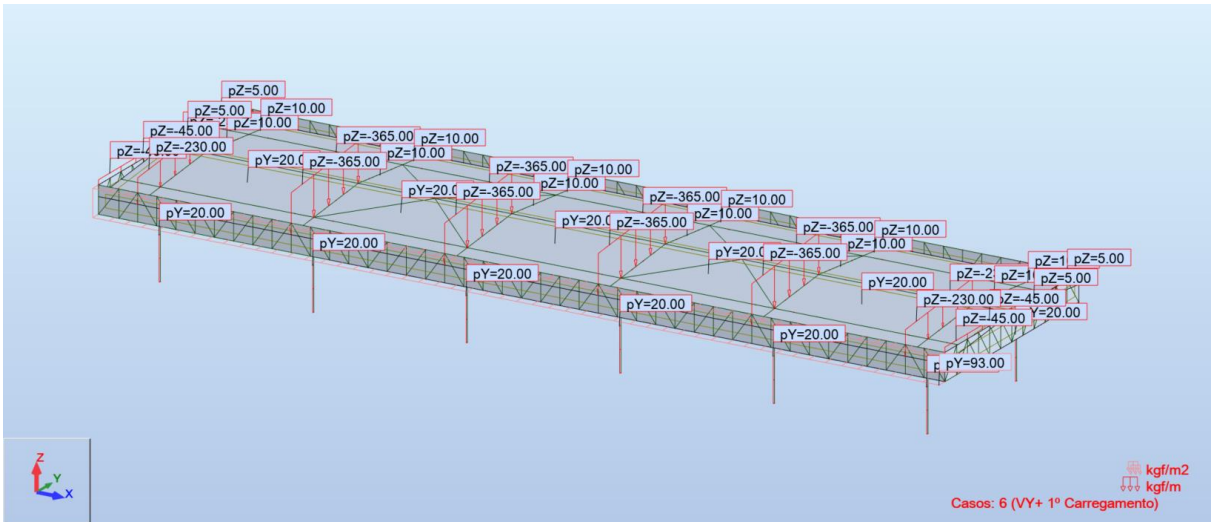
Fonte: Autor.

**Figura 20 – Caso 5 – Vento VX-**



Fonte: Autor.

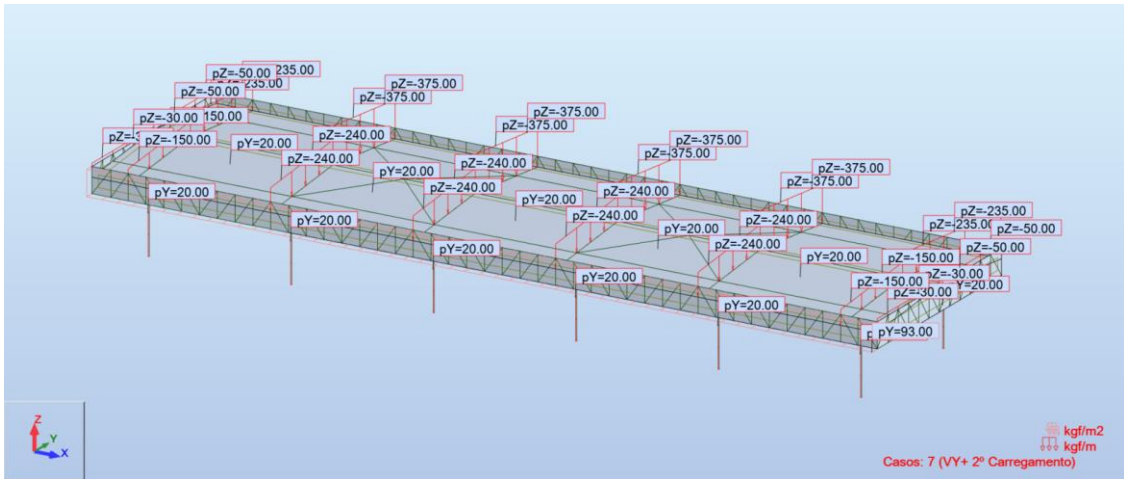
**Figura 21 – Caso 6 – Vento VY+ 1º Carregamento**



Fonte: Autor.

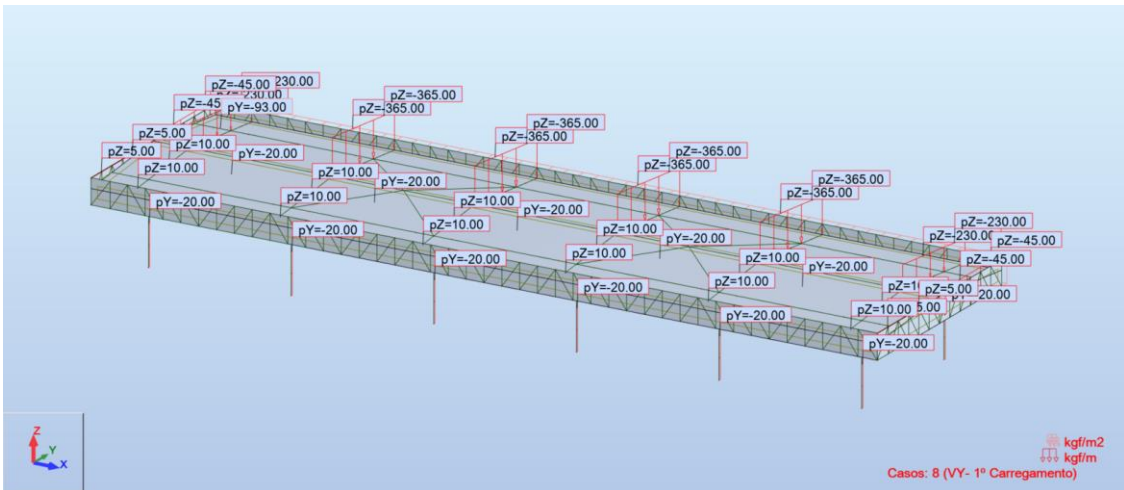


**Figura 22 – Caso 7 – Vento VY+ 2º Carregamento**



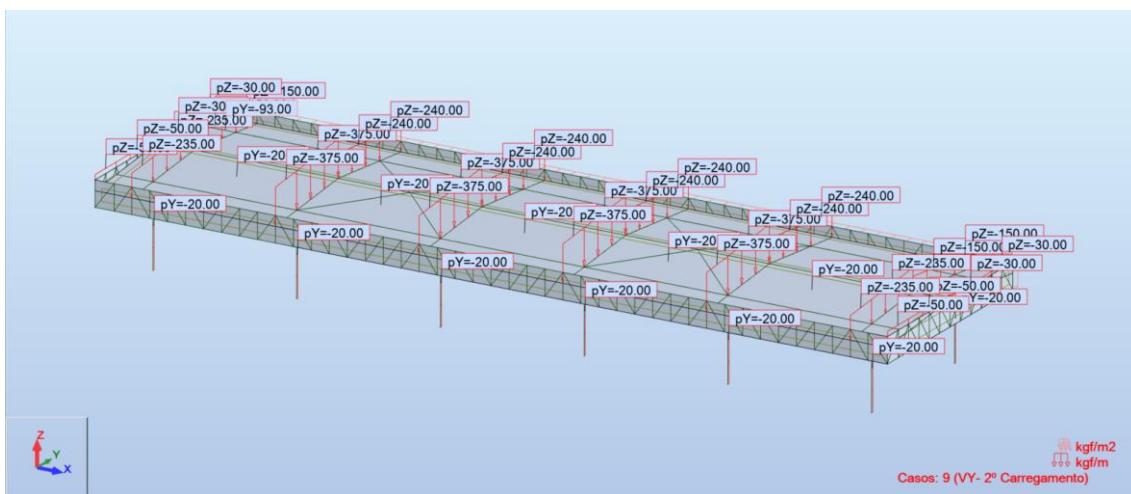
Fonte: Autor.

**Figura 23 – Caso 8 – Vento VY- 1º Carregamento**



Fonte: Autor.

**Figura 24 – Caso 9 – Vento VY- 2º Carregamento**



Fonte: Autor.

#### 7.4.1 Pilares: Método de Vento em Barras Prismáticas

Em conformidade com a ABNT NBR 6123:1988, a velocidade mínima básica do vento a ser considerada deve ser  $V_0 = 32 \text{ m/s}$ .

$$V_0 = 32 \text{ m/s}$$

$$\text{Fator Topográfico} \rightarrow S_1 = 1,00 \text{ (terreno plano);}$$

$$\text{Fator de Rugosidade} \rightarrow \begin{cases} \text{Categoria III} \\ \text{Classe A} \end{cases} \rightarrow S_2 = 0,86;$$

$$\text{Fator Estatístico} \rightarrow S_3 = 1,00;$$

$$\text{Velocidade Característica} = V_K = 1,0 \cdot 0,86 \cdot 1,0 \cdot 32 = 27,52 \text{ m/s}$$

$$\text{Pressão Dinâmica} = q = 0,613 \cdot 27,52^2 = 46,50 \text{ kgf/m}^2$$

Para barras prismáticas de faces planas, as forças correspondentes são calculadas por:

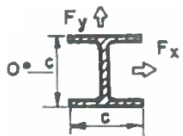
$$\text{Força na Direção X} \rightarrow F_X = C_X \cdot q \cdot k \cdot l \cdot c$$

$$\text{Força na Direção Y} \rightarrow F_Y = C_Y \cdot q \cdot k \cdot l \cdot c$$

Os coeficientes de força  $C_x$  e  $C_y$  referem-se a duas direções mutuamente perpendiculares, x e y, dados na Tabela 12 da ABNT NBR 6123:1988 – Coeficientes de força,  $C_x$  e  $C_y$ , para barras prismáticas de faces planas de comprimento infinito.

Levando em conta o perfil I dos Pilares, tem-se os seguintes coeficientes:

**Tabela 2 – Coeficientes**

$\alpha$		
	$C_x$	$C_y$
$0^\circ$	+1,60	0
$45^\circ$	+1,50	+1,50
$90^\circ$	0	+1,90
$135^\circ$	-	-
$180^\circ$	-	-

Para vento na Direção X:

$$C_x = 1,90 \text{ (considerando o vento incidindo no perfil a } 90^\circ)$$

$$q = 46,50 \text{ kgf/m}^2$$

$$l/d = 4520/203 = 22,3$$

De acordo com a tabela 11 da ABTN NBR 6123:1988 – Valores do fator de redução,  $k$ , para barras de comprimento finito, para barras prismáticas de faces planas, tem-se o fator de redução ( $k$ ) igual a 0,81.

**Tabela 3 – Fatores de redução de “k”**

$l/c_a$ ou $l/d$	2	5	10	<b>20</b>	40	50	100	$\infty$
Barras prismáticas de seção circular em regime subcrítico ( $Re < 4,2 \cdot 10^5$ )	0,58	0,62	0,68	0,74	0,82	0,87	0,98	1,00
Barras prismáticas de seção circular em regime subcrítico ( $Re \geq 4,2 \cdot 10^5$ )	0,80	0,80	0,82	0,90	0,98	0,99	1,00	1,00
<b>Barras prismáticas de faces planas</b>	0,62	0,66	0,69	<b>0,81</b>	0,87	0,90	0,95	1,00

Logo:

$$\text{Força na Direção X} \rightarrow F_X = 1,90 \cdot 46,50 \cdot 0,81 \cdot 0,203 = 14,53 \text{ kgf/m}$$

Para vento na Direção Y:

$$C_Y = 1,6 \text{ (considerando o vento incidindo no perfil a } 0^\circ)$$

$$q = 46,50 \text{ kgf/m}^2$$

$$l/d = 4520/203 = 22,3$$

Conforme apresentado anteriormente, de acordo com a tabela 11 da ABTN NBR 6123:1988 – Valores do fator de redução,  $k$ , para barras de comprimento finito, para barras prismáticas de faces planas, tem-se o fator de redução ( $k$ ) igual a 0,81.

**Tabela 4 – Fatores de redução de “k”**

$l/c_a$ ou $l/d$	2	5	10	<b>20</b>	40	50	100	$\infty$
Barras prismáticas de seção circular em regime subcrítico ( $Re < 4,2 \cdot 10^5$ )	0,58	0,62	0,68	0,74	0,82	0,87	0,98	1,00
Barras prismáticas de seção circular em regime subcrítico ( $Re \geq 4,2 \cdot 10^5$ )	0,80	0,80	0,82	0,90	0,98	0,99	1,00	1,00
<b>Barras prismáticas de faces planas</b>	0,62	0,66	0,69	<b>0,81</b>	0,87	0,90	0,95	1,00

Logo:

$$\text{Força na Direção Y} \rightarrow F_Y = 1,6 \cdot 46,50 \cdot 0,81 \cdot 0,203 = 12,2 \text{ kgf/m}$$

Portanto, foi construtivamente adotado  $20,00 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$  para ambas as direções.

#### 7.4.2 Tesouras: Método de Vento em Cobertura Isolada de Duas Águas

Velocidade Característica:  $V_k = 1,0 \cdot 0,86 \cdot 1,0 \cdot 32 = 27,52 \text{ m/s}$

Pressão Dinâmica:  $q = 0,613 \cdot V_k^2 = 46,5 \text{ kgf/m}^2$

De acordo com a NBR 6123, a estrutura se enquadra como coberturas isoladas com duas águas.

Sendo:

$$\operatorname{tg} \theta = \operatorname{tg} 9^\circ = 0,1584$$

$$h \geq 0,5 \times l_2 = 0,5 \times 8 = 4 \therefore \mathbf{OK}$$

Para o vento da direção Y (Primeiro Carregamento):

$$F_y(C_{pb}) = 2,4 \cdot 0,1584 + 0,6 = 0,98$$

$$F_y(C_{ps}) = 3,0 \cdot 0,1584 - 0,5 = -0,025$$

Para o vento da direção Y (Segundo Carregamento):

$$F_y(C_{pb}) = 0,6 \cdot 0,1584 - 0,74 = -0,65$$

$$F_y(C_{ps}) = -1,0$$

Para o vento da direção X:

$$F_{at} = 0,05 \cdot 0,465 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 20\text{m} \cdot 86,2 = 4008,3 \text{ kgf} = \frac{4008,3}{3} = 1336,1 \text{ kgf}$$

#### 7.4.3 Platibanda: Método de Vento para Muros, Placas e Coberturas Isoladas

Considerados que a platibanda é composta por placas:

$$F = C_f \cdot q \cdot A_e$$

$$q = 46,5 \text{ kgf/m}^2$$

$$C_f = 2,0$$

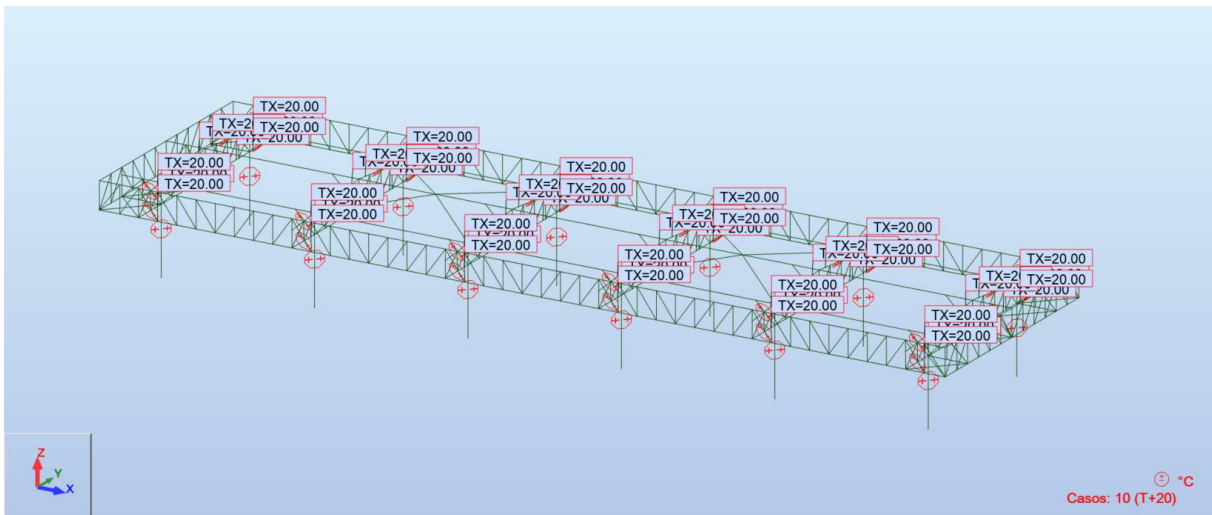
$$F = 2 \cdot 46,5 \cdot (\text{área aplicada no modelo})$$

$$F = 93 \text{ kgf/m}^2$$

## 7.4 Temperatura

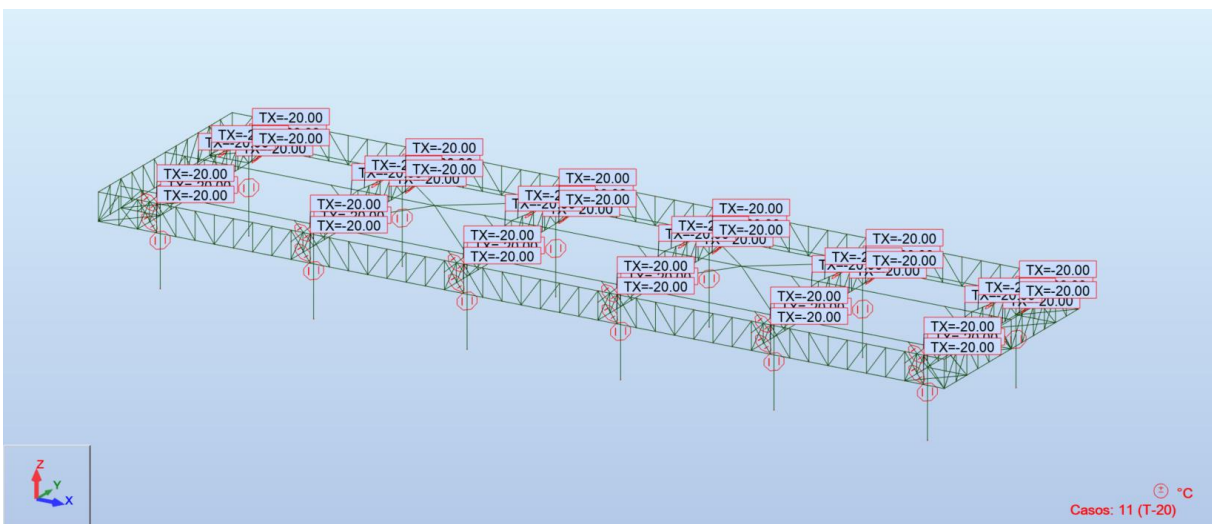
Para estruturas hiperestáticas deverá ser considerada uma variação de temperatura de  $\pm 20^\circ\text{C}$ , conforme destacado nas Figuras 25 e 26.

Figura 25 – Caso 10 – Temperatura  $+20^\circ\text{C}$



Fonte: Autor.

Figura 26 – Caso 11 – Temperatura  $-20^\circ\text{C}$



Fonte: Autor.

## 8 COMBINAÇÕES

Devem ser consideradas tantas combinações de ações quantas forem necessárias para verificação dos efeitos mais desfavoráveis para a estrutura com relação à capacidade resistente, bem como às suas deformações. Em cada combinação deverão estar incluídas as ações permanentes, a ação variável principal, ambas com seus valores característicos e as demais ações variáveis, consideradas secundárias, com probabilidade de ocorrerem juntas.

**Tabela 5 – Casos de Carregamento**

CASO	CARREGAMENTO
1	PP = Peso Próprio
2	CP_Cob = Carga Permanente Cobertura
3	SC_Cob = Sobrecarga Cobertura
4	VX+ = Vento Direção X+
5	VX- = Vento Direção X-
6	VY+_1° Carregamento = Vento Direção Y+
7	VY+_2° Carregamento = Vento Direção Y+
8	VY-_1° Carregamento = Vento Direção Y-
9	VY-_2° Carregamento = Vento Direção Y-
10	T+20 = Temperatura +20 °C
11	T-20 = Temperatura -20 °C

**Tabela 6 – Quadro de Combinações**

COMB.	DIMENS.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.
COMB01	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5				
COMB02	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	4	0,84		
COMB03	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	5	0,84		
COMB04	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	6	0,84		
COMB05	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	7	0,84		
COMB06	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	8	0,84		
COMB07	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	9	0,84		
COMB08	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	10	0,72		
COMB09	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	11	0,72		
COMB10	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	4	0,84	10	0,72
COMB11	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	5	0,84	10	0,72
COMB12	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	6	0,84	10	0,72
COMB13	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	7	0,84	10	0,72

COMB.	DIMENS.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.
COMB14	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	8	0,84	10	0,72
COMB15	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	9	0,84	10	0,72
COMB16	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	4	0,84	11	0,72
COMB17	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	5	0,84	11	0,72
COMB18	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	6	0,84	11	0,72
COMB19	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	7	0,84	11	0,72
COMB20	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	8	0,84	11	0,72
COMB21	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,5	9	0,84	11	0,72
COMB22	ULS	1	1,25	2	1,35	4	1,4				
COMB23	ULS	1	1,25	2	1,35	5	1,4				
COMB24	ULS	1	1,25	2	1,35	6	1,4				
COMB25	ULS	1	1,25	2	1,35	7	1,4				
COMB26	ULS	1	1,25	2	1,35	8	1,4				
COMB27	ULS	1	1,25	2	1,35	9	1,4				
COMB28	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	4	1,4		
COMB29	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	5	1,4		
COMB30	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	6	1,4		
COMB31	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	7	1,4		
COMB32	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	8	1,4		
COMB33	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	9	1,4		
COMB34	ULS	1	1,25	2	1,35	4	1,4	10	0,72		
COMB35	ULS	1	1,25	2	1,35	5	1,4	10	0,72		
COMB36	ULS	1	1,25	2	1,35	6	1,4	10	0,72		
COMB37	ULS	1	1,25	2	1,35	7	1,4	10	0,72		
COMB38	ULS	1	1,25	2	1,35	8	1,4	10	0,72		
COMB39	ULS	1	1,25	2	1,35	9	1,4	10	0,72		
COMB40	ULS	1	1,25	2	1,35	4	1,4	11	0,72		
COMB41	ULS	1	1,25	2	1,35	5	1,4	11	0,72		
COMB42	ULS	1	1,25	2	1,35	6	1,4	11	0,72		
COMB43	ULS	1	1,25	2	1,35	7	1,4	11	0,72		
COMB44	ULS	1	1,25	2	1,35	8	1,4	11	0,72		
COMB45	ULS	1	1,25	2	1,35	9	1,4	11	0,72		
COMB46	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	4	1,4	10	0,72
COMB47	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	5	1,4	10	0,72
COMB48	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	6	1,4	10	0,72
COMB49	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	7	1,4	10	0,72
COMB50	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	8	1,4	10	0,72
COMB51	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	9	1,4	10	0,72

COMB.	DIMENS.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.
COMB52	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	4	1,4	11	0,72
COMB53	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	5	1,4	11	0,72
COMB54	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	6	1,4	11	0,72
COMB55	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	7	1,4	11	0,72
COMB56	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	8	1,4	11	0,72
COMB57	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	9	1,4	11	0,72
COMB58	ULS	1	1,25	2	1,35	10	1,2				
COMB59	ULS	1	1,25	2	1,35	11	1,2				
COMB60	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	10	1,2		
COMB61	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	11	1,2		
COMB62	ULS	1	1,25	2	1,35	10	1,2	4	0,84		
COMB63	ULS	1	1,25	2	1,35	10	1,2	5	0,84		
COMB64	ULS	1	1,25	2	1,35	10	1,2	6	0,84		
COMB65	ULS	1	1,25	2	1,35	10	1,2	7	0,84		
COMB66	ULS	1	1,25	2	1,35	10	1,2	8	0,84		
COMB67	ULS	1	1,25	2	1,35	10	1,2	9	0,84		
COMB68	ULS	1	1,25	2	1,35	11	1,2	4	0,84		
COMB69	ULS	1	1,25	2	1,35	11	1,2	5	0,84		
COMB70	ULS	1	1,25	2	1,35	11	1,2	6	0,84		
COMB71	ULS	1	1,25	2	1,35	11	1,2	7	0,84		
COMB72	ULS	1	1,25	2	1,35	11	1,2	8	0,84		
COMB73	ULS	1	1,25	2	1,35	11	1,2	9	0,84		
COMB74	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	4	0,84	10	1,2
COMB75	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	5	0,84	10	1,2
COMB76	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	6	0,84	10	1,2
COMB77	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	7	0,84	10	1,2
COMB78	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	8	0,84	10	1,2
COMB79	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	9	0,84	10	1,2
COMB80	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	4	0,84	11	1,2
COMB81	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	5	0,84	11	1,2
COMB82	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	6	0,84	11	1,2
COMB83	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	7	0,84	11	1,2
COMB84	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	8	0,84	11	1,2
COMB85	ULS	1	1,25	2	1,35	3	1,05	9	0,84	11	1,2
COMB86	ULS	1	1	2	1	4	1,4				
COMB87	ULS	1	1	2	1	5	1,4				
COMB88	ULS	1	1	2	1	6	1,4				
COMB89	ULS	1	1	2	1	7	1,4				



COMB.	DIMENS.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.	CASO	COEF.
COMB90	ULS	1	1	2	1	8	1,4				
COMB91	ULS	1	1	2	1	9	1,4				
D1	SLS	1	1	2	1	3	1				
D2	SLS	1	1	4	1						
D3	SLS	1	1	5	1						
D4	SLS	1	1	6	1						
D5	SLS	1	1	7	1						
D6	SLS	1	1	8	1						
D7	SLS	1	1	9	1						
D8	SLS	1	1	2	1	3	1	4	1		
D9	SLS	1	1	2	1	3	1	5	1		
D10	SLS	1	1	2	1	3	1	6	1		
D11	SLS	1	1	2	1	3	1	7	1		
D12	SLS	1	1	2	1	3	1	8	1		
D13	SLS	1	1	2	1	3	1	9	1		

## 9 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A análise da estrutura da cobertura foi realizada por meio do Método dos Estados-Limites, seguindo as diretrizes da ABNT NBR 8800:2008. Esse método emprega uma abordagem de dimensionamento que verifica a estrutura em diversas condições extremas, conhecidas como estados-limites últimos.

### 9.1 Estados-Limites Últimos

Os estados-limites últimos se referem à segurança da estrutura. Quando ocorrem, indicam o colapso estrutural, seja total ou parcial. A condição de dimensionamento é considerada satisfatória se for atendida a relação do Fator de Trabalho:

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1,0$$

O Fator de Trabalho é basicamente a razão entre esforço solicitante de cálculo ( $S_d$ ) e a capacidade resistente de cálculo ( $R_d$ ). Valores acima de 1,0 indicam que a estrutura está inadequada e valores abaixo indicam que a estrutura está apta a operar. Considerando a força axial e os momentos fletores, a equação do Fator de Trabalho é dada por:

$$\text{Para } \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \geq 0,2 \quad \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

$$\text{Para } \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} < 0,2 \quad \frac{N_{Sd}}{2N_{Rd}} + \left( \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

Onde  $N_{Rd}$  é a força axial resistente de cálculo,  $M_{x,Rd}$  e  $M_{y,Rd}$  são os momentos fletores resistente de cálculo respectivamente em relação aos eixos x e y, conforme a norma empregada.  $N_{Sd}$  é a força axial solicitante,  $M_{x,Sd}$  e  $M_{y,Sd}$  são os momentos solicitantes respectivamente em relação aos eixos x e y atuantes na estrutura.

Em perfis I ou H duplamente simétricos fletidos em relação aos dois eixos centrais de inércia, a força cortante na direção do eixo x,  $V_x$ , deve ser resistida pelas mesas, e a força cortante na direção do eixo y,  $V_y$ , pela alma (na verdade, pela área formada pela altura da seção transversal do perfil e pela espessura da alma).

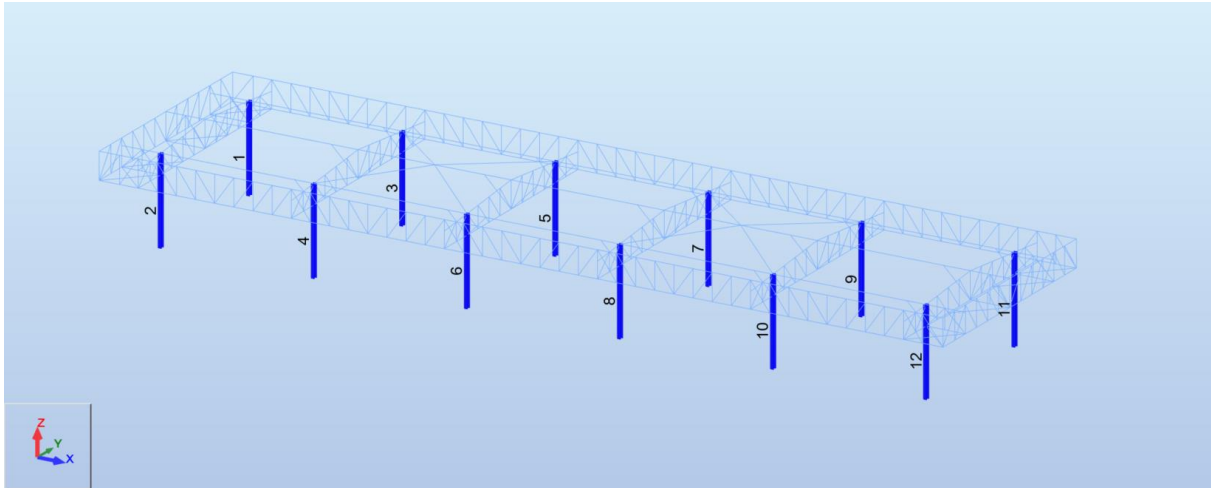
Em perfis U fletidos em relação aos dois eixos centrais de inércia, a força cortante na direção do eixo x,  $V_x$ , deve ser resistida pelas mesas, e a força cortante na direção do eixo y,  $V_y$ , pela alma (área formada pela altura da seção transversal do perfil e pela espessura da alma).

A seguir será indicada a verificação de cada membro do modelo em questão. As Figuras 27 a 34 ilustram onde os membros estão localizados no modelo e suas respectivas numerações. As Tabelas 4 a 16 descrevem as verificações de cada membro e, a seguir, são explicados o significado de cada coluna:

- Coluna de Membro: numeração de cada membro;
- Coluna de Seção: tipo de seção;
- Coluna de Material: tipo de material;
- Coluna de  $L_{a,y}$  e  $L_{a,z}$ : comprimento de flambagem em Y e Z;
- Coluna de Relação: taxa de eficiência quanto à resistência aos esforços solicitantes em cada membro;
- Coluna de Caso: mostra o pior caso de combinação para a verificação de cada membro;
- Coluna de Proporção ( $V_x$ ,  $V_y$  e  $V_z$ ): taxa de eficiência quanto aos deslocamentos sofridos por cada membro;

### 9.1.1 Pilares Principais

**Figura 27 – Pilares Principais**



Fonte: Autor.

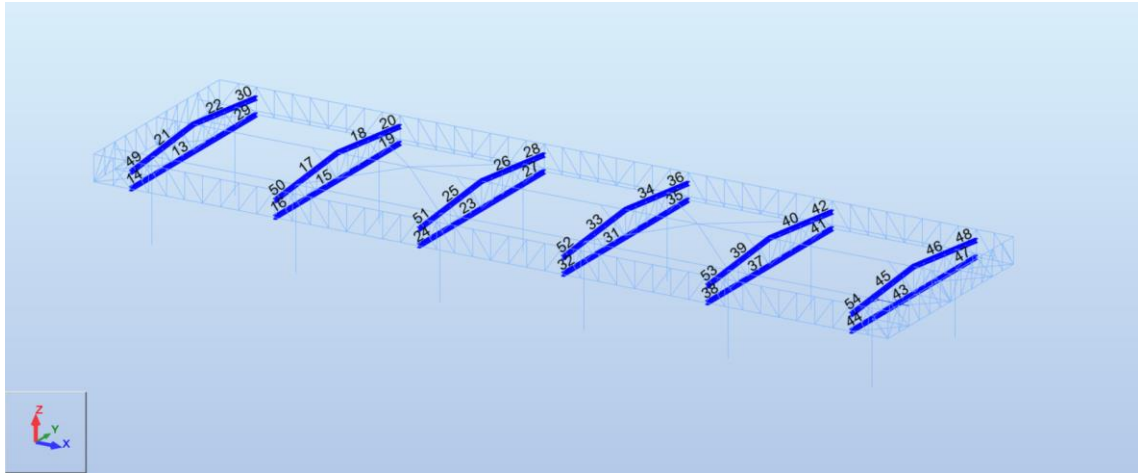
**Tabela 7 – Pilares Principais**

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (vx)	Proporç	Caso (vy)
1 Colunas_1	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.26	57 COMB46	0.62	111 D9	0.21	113 D11
2 Colunas_2	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.26	57 COMB46	0.62	111 D9	0.21	115 D13
3 Colunas_3	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.23	64 COMB53	0.61	111 D9	0.27	113 D11
4 Colunas_4	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.23	64 COMB53	0.61	111 D9	0.27	115 D13
5 Colunas_5	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.23	64 COMB53	0.61	111 D9	0.27	113 D11
6 Colunas_6	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.23	64 COMB53	0.61	111 D9	0.27	115 D13
7 Colunas_7	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.23	63 COMB52	0.61	110 D8	0.27	113 D11
8 Colunas_8	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.23	63 COMB52	0.61	110 D8	0.27	115 D13
9 Colunas_9	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.23	63 COMB52	0.61	110 D8	0.27	113 D11
10 Colunas_10	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.23	63 COMB52	0.61	110 D8	0.27	115 D13
11 Colunas_11	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.26	58 COMB47	0.62	110 D8	0.21	113 D11
12 Colunas_12	W 8x24	STEEL A572-50	40.32	85.71	0.26	58 COMB47	0.62	110 D8	0.21	115 D13

Fonte: Autor.

9.1.2 Tesouras

Figura 28 – Tesouras



Fonte: Autor.

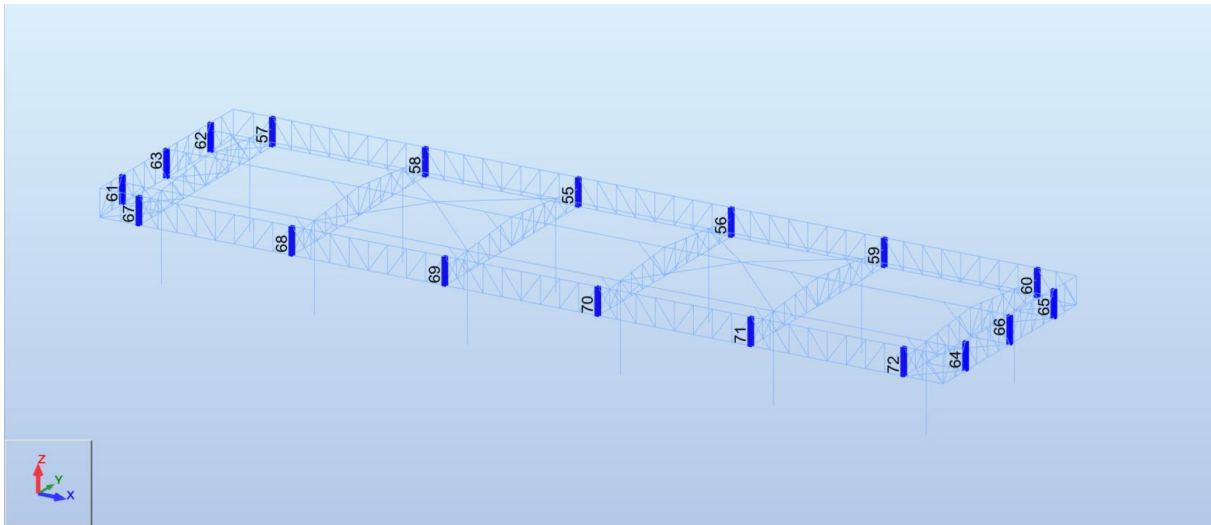
Tabela 8 – Tesouras

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (uz)
13 Treliça_Banzos_13	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	48.98	0.07	96 COMB85	0.04	113 D11
14 Treliça_Banzos_14	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.05	0.05	87 COMB76	0.01	115 D13
15 Treliça_Banzos_15	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.33	60 COMB49	0.05	113 D11
16 Treliça_Banzos_16	W 8x24	STEEL A572-50	12.31	50.05	0.05	96 COMB85	0.01	112 D10
17 Treliça_Banzos_17	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.05	88 COMB77	0.02	112 D10
18 Treliça_Banzos_18	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.05	90 COMB79	0.02	114 D12
19 Treliça_Banzos_19	W 8x24	STEEL A572-50	12.31	50.05	0.05	94 COMB83	0.01	114 D12
20 Treliça_Banzos_20	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.06	95 COMB84	0.02	114 D12
21 Treliça_Banzos_21	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.04	96 COMB85	0.02	112 D10
22 Treliça_Banzos_22	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.04	94 COMB83	0.02	114 D12
23 Treliça_Banzos_23	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.34	62 COMB51	0.05	115 D13
24 Treliça_Banzos_24	W 8x24	STEEL A572-50	12.31	50.05	0.06	96 COMB85	0.01	115 D13
25 Treliça_Banzos_25	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.05	88 COMB77	0.02	112 D10
26 Treliça_Banzos_26	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.05	90 COMB79	0.02	114 D12
27 Treliça_Banzos_27	W 8x24	STEEL A572-50	12.31	50.05	0.06	94 COMB83	0.01	113 D11
28 Treliça_Banzos_28	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.06	95 COMB84	0.02	114 D12
29 Treliça_Banzos_29	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.05	0.05	89 COMB78	0.01	113 D11
30 Treliça_Banzos_30	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.05	95 COMB84	0.01	114 D12
31 Treliça_Banzos_31	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.34	62 COMB51	0.05	115 D13
32 Treliça_Banzos_32	W 8x24	STEEL A572-50	12.31	50.05	0.06	96 COMB85	0.01	115 D13
33 Treliça_Banzos_33	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.05	88 COMB77	0.02	115 D13
34 Treliça_Banzos_34	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.05	90 COMB79	0.02	114 D12
35 Treliça_Banzos_35	W 8x24	STEEL A572-50	12.31	50.05	0.06	94 COMB83	0.01	113 D11
36 Treliça_Banzos_36	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.06	95 COMB84	0.02	114 D12
37 Treliça_Banzos_37	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.33	60 COMB49	0.05	115 D13
38 Treliça_Banzos_38	W 8x24	STEEL A572-50	12.31	50.05	0.05	96 COMB85	0.01	112 D10
39 Treliça_Banzos_39	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.05	88 COMB77	0.02	112 D10
40 Treliça_Banzos_40	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.05	90 COMB79	0.02	114 D12
41 Treliça_Banzos_41	W 8x24	STEEL A572-50	12.31	50.05	0.05	94 COMB83	0.01	114 D12
42 Treliça_Banzos_42	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.06	95 COMB84	0.02	114 D12
43 Treliça_Banzos_43	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	48.98	0.07	96 COMB85	0.04	113 D11
44 Treliça_Banzos_44	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.05	0.05	87 COMB76	0.01	115 D13
45 Treliça_Banzos_45	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.04	96 COMB85	0.02	112 D10
46 Treliça_Banzos_46	W 8x24	STEEL A572-50	11.57	98.37	0.04	94 COMB83	0.02	114 D12
47 Treliça_Banzos_47	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.05	0.05	89 COMB78	0.01	113 D11
48 Treliça_Banzos_48	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.05	95 COMB84	0.01	114 D12
49 Treliça_Banzos_49	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.05	93 COMB82	0.01	112 D10
50 Treliça_Banzos_50	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.06	93 COMB82	0.02	112 D10
51 Treliça_Banzos_51	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.06	93 COMB82	0.02	112 D10
52 Treliça_Banzos_52	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.06	93 COMB82	0.02	112 D10
53 Treliça_Banzos_53	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.06	93 COMB82	0.02	112 D10
54 Treliça_Banzos_54	W 8x24	STEEL A572-50	12.37	50.26	0.05	93 COMB82	0.01	112 D10

Fonte: Autor.

## 9.1.3 Colunetas

Figura 29 – Colunetas



Fonte: Autor.

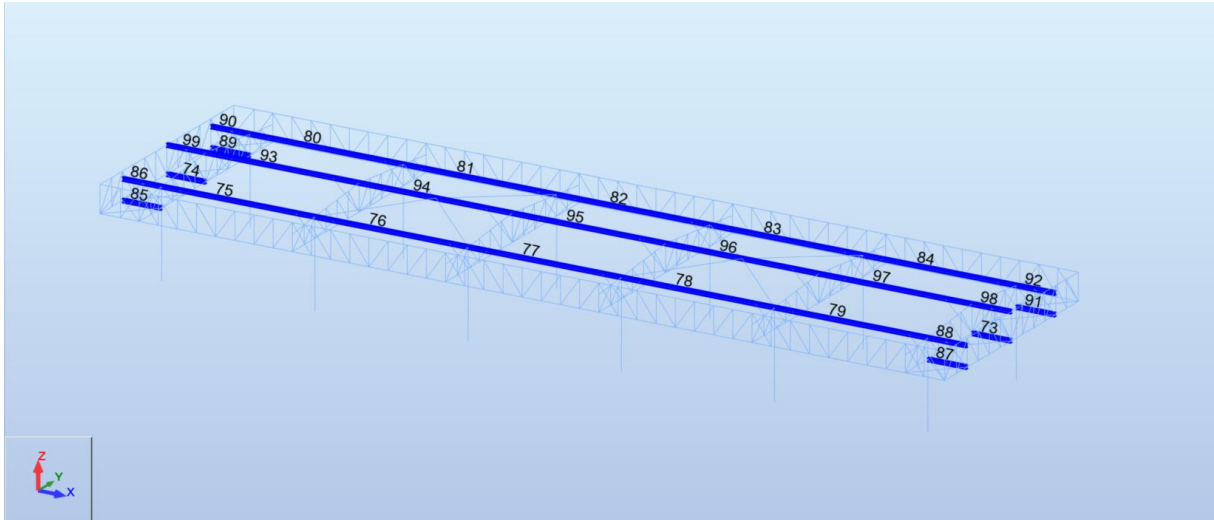
Tabela 9 – Colunetas

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (uy)	Proporç	Caso (uz)
55 Colunetas_55	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	94 COMB83	0.00	111 D9	0.01	114 D12
56 Colunetas_56	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	94 COMB83	0.00	110 D8	0.01	114 D12
57 Colunetas_57	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	94 COMB83	0.00	111 D9	0.00	114 D12
58 Colunetas_58	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	94 COMB83	0.00	110 D8	0.01	114 D12
59 Colunetas_59	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	94 COMB83	0.00	111 D9	0.01	114 D12
60 Colunetas_60	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	94 COMB83	0.00	110 D8	0.00	114 D12
61 Colunetas_61	W 8x31	STEEL A572-50	11.77	27.44	0.02	96 COMB85	0.00	115 D13	0.00	115 D13
62 Colunetas_62	W 8x31	STEEL A572-50	11.77	27.44	0.02	94 COMB83	0.00	113 D11	0.00	113 D11
63 Colunetas_63	W 8x31	STEEL A572-50	15.94	27.44	0.00	56 COMB45	0.00	106 D4	0.00	110 D8
64 Colunetas_64	W 8x31	STEEL A572-50	11.77	27.44	0.02	96 COMB85	0.00	115 D13	0.00	115 D13
65 Colunetas_65	W 8x31	STEEL A572-50	11.77	27.44	0.02	94 COMB83	0.00	113 D11	0.00	113 D11
66 Colunetas_66	W 8x31	STEEL A572-50	15.94	27.44	0.00	54 COMB43	0.00	106 D4	0.00	105 D3
67 Colunetas_67	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	96 COMB85	0.00	111 D9	0.00	112 D10
68 Colunetas_68	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	96 COMB85	0.00	110 D8	0.01	112 D10
69 Colunetas_69	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	96 COMB85	0.00	111 D9	0.01	112 D10
70 Colunetas_70	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	96 COMB85	0.00	110 D8	0.01	112 D10
71 Colunetas_71	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	96 COMB85	0.00	111 D9	0.01	112 D10
72 Colunetas_72	W 8x31	STEEL A572-50	9.64	27.44	0.04	96 COMB85	0.00	110 D8	0.00	112 D10

Fonte: Autor.

## 9.1.4 Vigas Longitudinais

Figura 30 – Vigas Longitudinais



Fonte: Autor.

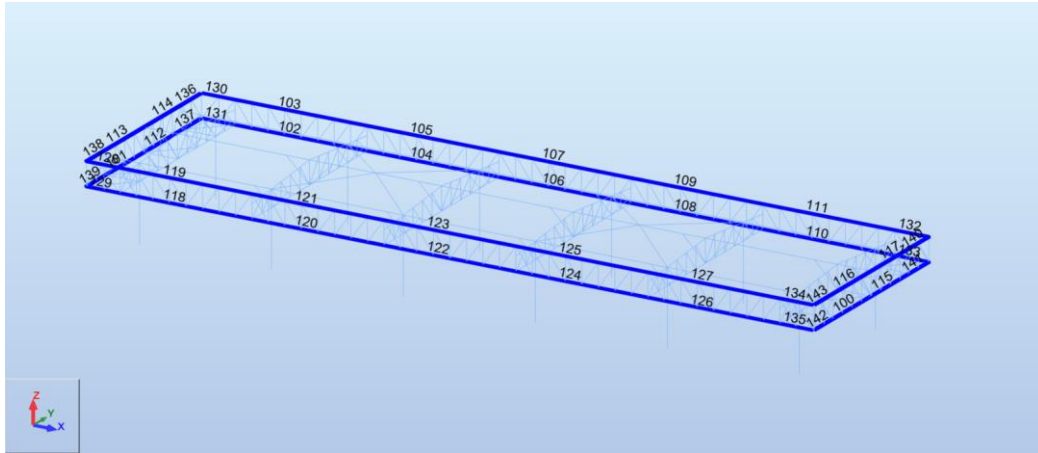
Tabela 10 – Vigas Longitudinais

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (uy)	Proporç	Caso (uz)
73 Vigas_Rotuladas_73	W 8x24	STEEL A572-50	11.84	50.35	0.00	86 COMB75	0.00	114 D12	0.00	103 D1
74 Vigas_Rotuladas_74	W 8x24	STEEL A572-50	11.77	50.05	0.00	85 COMB74	0.00	108 D6	0.00	103 D1
75 Vigas_Rotuladas_75	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.06	10 T+20	0.00	115 D13	0.02	110 D8
76 Vigas_Rotuladas_76	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.13	73 COMB62	0.00	106 D4	0.02	104 D2
77 Vigas_Rotuladas_77	W 8x24	STEEL A572-50	69.12	195.91	0.05	45 COMB34	0.00	106 D4	0.02	104 D2
78 Vigas_Rotuladas_78	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.13	74 COMB63	0.00	106 D4	0.02	105 D3
79 Vigas_Rotuladas_79	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.06	10 T+20	0.00	115 D13	0.02	111 D9
80 Vigas_Rotuladas_80	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.06	10 T+20	0.00	113 D11	0.02	110 D8
81 Vigas_Rotuladas_81	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.13	73 COMB62	0.00	108 D6	0.02	104 D2
82 Vigas_Rotuladas_82	W 8x24	STEEL A572-50	69.12	195.91	0.05	46 COMB35	0.00	108 D6	0.02	105 D3
83 Vigas_Rotuladas_83	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.13	74 COMB63	0.00	108 D6	0.02	105 D3
84 Vigas_Rotuladas_84	W 8x24	STEEL A572-50	11.52	195.91	0.06	10 T+20	0.00	113 D11	0.02	111 D9
85 Vigas_Rotuladas_85	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.05	0.02	73 COMB62	0.00	115 D13	0.00	115 D13
86 Vigas_Rotuladas_86	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.05	0.03	96 COMB85	0.00	115 D13	0.00	115 D13
87 Vigas_Rotuladas_87	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.35	0.02	74 COMB63	0.00	115 D13	0.00	115 D13
88 Vigas_Rotuladas_88	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.35	0.03	96 COMB85	0.00	115 D13	0.00	115 D13
89 Vigas_Rotuladas_89	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.05	0.02	73 COMB62	0.00	113 D11	0.00	113 D11
90 Vigas_Rotuladas_90	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.05	0.03	94 COMB83	0.00	113 D11	0.00	113 D11
91 Vigas_Rotuladas_91	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.35	0.02	74 COMB63	0.00	113 D11	0.00	113 D11
92 Vigas_Rotuladas_92	W 8x24	STEEL A572-50	11.23	50.35	0.03	94 COMB83	0.00	113 D11	0.00	113 D11
93 Vigas_Rotuladas_93	W 8x24	STEEL A572-50	59.90	195.91	0.06	85 COMB74	0.00	113 D11	0.02	111 D9
94 Vigas_Rotuladas_94	W 8x24	STEEL A572-50	59.90	195.91	0.11	74 COMB63	0.00	109 D7	0.03	105 D3
95 Vigas_Rotuladas_95	W 8x24	STEEL A572-50	59.90	195.91	0.07	86 COMB75	0.00	115 D13	0.01	104 D2
96 Vigas_Rotuladas_96	W 8x24	STEEL A572-50	59.90	195.91	0.11	73 COMB62	0.00	115 D13	0.03	104 D2
97 Vigas_Rotuladas_97	W 8x24	STEEL A572-50	59.90	195.91	0.06	86 COMB75	0.00	115 D13	0.02	110 D8
98 Vigas_Rotuladas_98	W 8x24	STEEL A572-50	11.84	50.35	0.00	51 COMB40	0.00	106 D4	0.00	104 D2
99 Vigas_Rotuladas_99	W 8x24	STEEL A572-50	11.77	50.05	0.00	52 COMB41	0.00	108 D6	0.00	105 D3

Fonte: Autor.

9.1.5 Banzos da Treliça da Platibanda

Figura 31 – Banzos da Treliça da Platibanda



Fonte: Autor.

Tabela 11 – Banzos da Treliça da Platibanda

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (uz)	
100	Platibanda_Horizontal_100	W 8x13	STEEL A572-50	49.04	46.69	0.05	52 COMB41	0.06	105 D3
101	Platibanda_Horizontal_101	W 8x13	STEEL A572-50	49.04	46.69	0.05	51 COMB40	0.06	110 D8
102	Platibanda_Horizontal_102	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.15	68 COMB57	0.47	109 D7
103	Platibanda_Horizontal_103	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.13	67 COMB56	0.43	114 D12
104	Platibanda_Horizontal_104	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	68 COMB57	0.47	108 D6
105	Platibanda_Horizontal_105	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	67 COMB56	0.43	108 D6
106	Platibanda_Horizontal_106	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	68 COMB57	0.47	108 D6
107	Platibanda_Horizontal_107	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	67 COMB56	0.43	108 D6
108	Platibanda_Horizontal_108	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	68 COMB57	0.47	108 D6
109	Platibanda_Horizontal_109	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	67 COMB56	0.43	115 D13
110	Platibanda_Horizontal_110	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.15	68 COMB57	0.47	109 D7
111	Platibanda_Horizontal_111	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.13	67 COMB56	0.43	114 D12
112	Platibanda_Horizontal_112	W 8x13	STEEL A572-50	49.04	46.69	0.05	51 COMB40	0.06	110 D8
113	Platibanda_Horizontal_113	W 8x13	STEEL A572-50	49.04	46.69	0.04	57 COMB46	0.06	110 D8
114	Platibanda_Horizontal_114	W 8x13	STEEL A572-50	49.04	46.69	0.04	57 COMB46	0.06	104 D2
115	Platibanda_Horizontal_115	W 8x13	STEEL A572-50	49.04	46.69	0.05	52 COMB41	0.06	105 D3
116	Platibanda_Horizontal_116	W 8x13	STEEL A572-50	49.04	46.69	0.04	58 COMB47	0.06	111 D9
117	Platibanda_Horizontal_117	W 8x13	STEEL A572-50	49.04	46.69	0.04	58 COMB47	0.06	105 D3
118	Platibanda_Horizontal_118	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.15	66 COMB55	0.47	107 D5
119	Platibanda_Horizontal_119	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.13	65 COMB54	0.43	106 D4
120	Platibanda_Horizontal_120	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	66 COMB55	0.47	106 D4
121	Platibanda_Horizontal_121	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	65 COMB54	0.43	106 D4
122	Platibanda_Horizontal_122	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	66 COMB55	0.47	107 D5
123	Platibanda_Horizontal_123	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	65 COMB54	0.43	106 D4
124	Platibanda_Horizontal_124	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	66 COMB55	0.47	112 D10
125	Platibanda_Horizontal_125	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.14	65 COMB54	0.43	107 D5
126	Platibanda_Horizontal_126	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.15	66 COMB55	0.47	112 D10
127	Platibanda_Horizontal_127	W 8x13	STEEL A572-50	98.08	46.69	0.13	65 COMB54	0.43	106 D4
128	Platibanda_Horizontal_128	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.02	47 COMB36	0.01	113 D11
129	Platibanda_Horizontal_129	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.04	74 COMB63	0.01	106 D4
130	Platibanda_Horizontal_130	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.02	49 COMB38	0.01	115 D13
131	Platibanda_Horizontal_131	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.04	74 COMB63	0.01	108 D6
132	Platibanda_Horizontal_132	W 8x13	STEEL A572-50	25.21	45.53	0.02	49 COMB38	0.01	115 D13
133	Platibanda_Horizontal_133	W 8x13	STEEL A572-50	25.21	45.53	0.04	73 COMB62	0.01	108 D6
134	Platibanda_Horizontal_134	W 8x13	STEEL A572-50	25.21	45.53	0.02	47 COMB36	0.01	113 D11
135	Platibanda_Horizontal_135	W 8x13	STEEL A572-50	25.21	45.53	0.04	73 COMB62	0.01	106 D4
136	Platibanda_Horizontal_136	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.02	49 COMB38	0.01	110 D8
137	Platibanda_Horizontal_137	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.02	63 COMB52	0.01	110 D8
138	Platibanda_Horizontal_138	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.02	47 COMB36	0.01	104 D2
139	Platibanda_Horizontal_139	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.02	63 COMB52	0.01	110 D8
140	Platibanda_Horizontal_140	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.02	49 COMB38	0.01	105 D3
141	Platibanda_Horizontal_141	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.01	64 COMB53	0.01	111 D9
142	Platibanda_Horizontal_142	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.01	64 COMB53	0.01	111 D9
143	Platibanda_Horizontal_143	W 8x13	STEEL A572-50	25.06	45.53	0.02	47 COMB36	0.01	111 D9

Fonte: Autor.

### 9.1.6 Diagonais e Montantes da Treliza da Platibanda

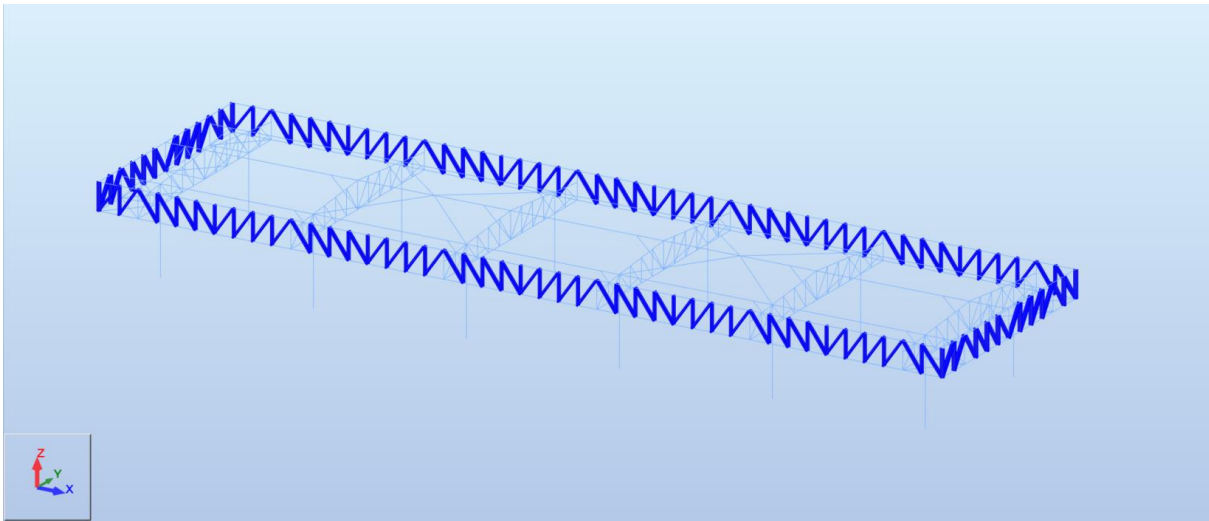


Figura 32 – Diagonais e Montantes da Treliza da Platibanda

Tabela 12 – Diagonais e Montantes da Treliza da Platibanda

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (uy)	Proporç	Caso (uz)
144 Platibanda_Treliza_144	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	104 D2	0.00	115 D13
145 Platibanda_Treliza_145	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	66 COMB55	0.00	104 D2	0.00	109 D7
146 Platibanda_Treliza_146	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	66 COMB55	0.00	104 D2	0.00	108 D6
147 Platibanda_Treliza_147	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	66 COMB55	0.00	104 D2	0.00	108 D6
148 Platibanda_Treliza_148	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	45 COMB34	0.00	105 D3	0.00	109 D7
149 Platibanda_Treliza_149	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	45 COMB34	0.00	105 D3	0.00	108 D6
150 Platibanda_Treliza_150	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	108 D6
151 Platibanda_Treliza_151	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	66 COMB55	0.00	111 D9	0.00	108 D6
152 Platibanda_Treliza_152	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	66 COMB55	0.00	104 D2	0.00	108 D6
153 Platibanda_Treliza_153	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	66 COMB55	0.00	110 D8	0.00	109 D7
154 Platibanda_Treliza_154	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	108 D6
155 Platibanda_Treliza_155	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	110 D8	0.00	108 D6
156 Platibanda_Treliza_156	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	78 COMB67	0.00	104 D2	0.00	114 D12
157 Platibanda_Treliza_157	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	78 COMB67	0.00	104 D2	0.00	109 D7
158 Platibanda_Treliza_158	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	78 COMB67	0.00	111 D9	0.00	109 D7
159 Platibanda_Treliza_159	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	91 COMB80	0.00	104 D2	0.00	108 D6
160 Platibanda_Treliza_160	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	91 COMB80	0.00	110 D8	0.00	108 D6
161 Platibanda_Treliza_161	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	91 COMB80	0.00	105 D3	0.00	109 D7
162 Platibanda_Treliza_162	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	78 COMB67	0.00	104 D2	0.00	109 D7
163 Platibanda_Treliza_163	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	78 COMB67	0.00	111 D9	0.00	108 D6
164 Platibanda_Treliza_164	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	91 COMB80	0.00	110 D8	0.00	109 D7
165 Platibanda_Treliza_165	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	91 COMB80	0.00	110 D8	0.00	108 D6
166 Platibanda_Treliza_166	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	104 D2	0.00	108 D6
167 Platibanda_Treliza_167	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	46 COMB35	0.00	105 D3	0.00	108 D6
168 Platibanda_Treliza_168	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	52 COMB41	0.00	104 D2	0.00	108 D6
169 Platibanda_Treliza_169	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	58 COMB47	0.00	104 D2	0.00	108 D6
170 Platibanda_Treliza_170	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	45 COMB34	0.00	104 D2	0.00	108 D6
171 Platibanda_Treliza_171	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	51 COMB40	0.00	105 D3	0.00	114 D12
172 Platibanda_Treliza_172	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	57 COMB46	0.00	110 D8	0.00	114 D12
173 Platibanda_Treliza_173	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	58 COMB47	0.00	104 D2	0.00	115 D13
174 Platibanda_Treliza_174	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.00	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	109 D7

Fonte: Autor.



Tabela 13 – Treliça da Platibanda

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (uy)	Proporç	Caso (uz)
175 Platibanda_Treliça_175	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.00	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	108 D6
176 Platibanda_Treliça_176	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	57 COMB46	0.00	110 D8	0.00	115 D13
177 Platibanda_Treliça_177	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	104 D2	0.00	114 D12
178 Platibanda_Treliça_178	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	92 COMB81	0.00	105 D3	0.00	108 D6
179 Platibanda_Treliça_179	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	92 COMB81	0.00	104 D2	0.00	108 D6
180 Platibanda_Treliça_180	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	92 COMB81	0.00	105 D3	0.00	109 D7
181 Platibanda_Treliça_181	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	78 COMB67	0.00	104 D2	0.00	115 D13
182 Platibanda_Treliça_182	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	78 COMB67	0.00	105 D3	0.00	108 D6
183 Platibanda_Treliça_183	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	78 COMB67	0.00	105 D3	0.00	109 D7
184 Platibanda_Treliça_184	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	92 COMB81	0.00	111 D9	0.00	109 D7
185 Platibanda_Treliça_185	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	92 COMB81	0.00	111 D9	0.00	108 D6
186 Platibanda_Treliça_186	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	78 COMB67	0.00	110 D8	0.00	109 D7
187 Platibanda_Treliça_187	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	78 COMB67	0.00	111 D9	0.00	114 D12
188 Platibanda_Treliça_188	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	105 D3	0.00	108 D6
189 Platibanda_Treliça_189	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	109 D7
190 Platibanda_Treliça_190	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	46 COMB35	0.00	104 D2	0.00	115 D13
191 Platibanda_Treliça_191	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	46 COMB35	0.00	110 D8	0.00	108 D6
192 Platibanda_Treliça_192	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	66 COMB55	0.00	111 D9	0.00	108 D6
193 Platibanda_Treliça_193	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	66 COMB55	0.00	104 D2	0.00	109 D7
194 Platibanda_Treliça_194	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	66 COMB55	0.00	110 D8	0.00	108 D6
195 Platibanda_Treliça_195	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	109 D7
196 Platibanda_Treliça_196	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	66 COMB55	0.00	104 D2	0.00	108 D6
197 Platibanda_Treliça_197	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	66 COMB55	0.00	104 D2	0.00	108 D6
198 Platibanda_Treliça_198	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	66 COMB55	0.00	110 D8	0.00	109 D7
199 Platibanda_Treliça_199	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	77 COMB66	0.00	114 D12	0.00	111 D9
200 Platibanda_Treliça_200	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	61 COMB50	0.00	108 D6	0.00	104 D2
201 Platibanda_Treliça_201	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	59 COMB48	0.00	106 D4	0.00	110 D8
202 Platibanda_Treliça_202	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.04	62 COMB51	0.00	108 D6	0.00	105 D3
203 Platibanda_Treliça_203	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	62 COMB51	0.00	106 D4	0.00	104 D2
204 Platibanda_Treliça_204	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	62 COMB51	0.00	106 D4	0.00	110 D8
205 Platibanda_Treliça_205	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.04	60 COMB49	0.00	107 D5	0.00	111 D9
206 Platibanda_Treliça_206	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	60 COMB49	0.00	112 D10	0.00	104 D2
207 Platibanda_Treliça_207	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	60 COMB49	0.00	112 D10	0.00	104 D2
208 Platibanda_Treliça_208	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.04	74 COMB63	0.00	107 D5	0.00	104 D2
209 Platibanda_Treliça_209	C 185x75x3.00	STEEL A36	24.42	76.28	0.08	74 COMB63	0.00	112 D10	0.00	104 D2
210 Platibanda_Treliça_210	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.04	74 COMB63	0.00	112 D10	0.00	104 D2
211 Platibanda_Treliça_211	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.04	62 COMB51	0.00	107 D5	0.00	104 D2
212 Platibanda_Treliça_212	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	62 COMB51	0.00	106 D4	0.00	104 D2
213 Platibanda_Treliça_213	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	62 COMB51	0.00	106 D4	0.00	104 D2
214 Platibanda_Treliça_214	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.04	60 COMB49	0.00	112 D10	0.00	104 D2
215 Platibanda_Treliça_215	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	60 COMB49	0.00	106 D4	0.00	104 D2
216 Platibanda_Treliça_216	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	60 COMB49	0.00	115 D13	0.00	104 D2
217	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.04	73 COMB62	0.00	115 D13	0.00	104 D2
218 Platibanda_Treliça_218	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.04	73 COMB62	0.00	109 D7	0.00	105 D3
219 Platibanda_Treliça_219	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	76 COMB65	0.00	114 D12	0.00	110 D8
220 Platibanda_Treliça_220	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.07	74 COMB63	0.00	111 D9	0.00	112 D10
221 Platibanda_Treliça_221	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.07	73 COMB62	0.00	104 D2	0.00	106 D4
222 Platibanda_Treliça_222	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.65	73.89	0.07	73 COMB62	0.00	111 D9	0.00	106 D4
223 Platibanda_Treliça_223	C 185x75x3.00	STEEL A36	24.52	76.60	0.06	73 COMB62	0.00	111 D9	0.00	114 D12
224 Platibanda_Treliça_224	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	104 D2	0.00	112 D10
225 Platibanda_Treliça_225	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	68 COMB57	0.00	104 D2	0.00	112 D10
226 Platibanda_Treliça_226	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	68 COMB57	0.00	104 D2	0.00	106 D4

Fonte: Autor.

Tabela 14 – Treliça da Platibanda

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (uy)	Proporç	Caso (uz)
227 Platibanda_Treliça_227	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	68 COMB57	0.00	104 D2	0.00	106 D4
228 Platibanda_Treliça_228	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	45 COMB34	0.00	105 D3	0.00	107 D5
229 Platibanda_Treliça_229	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	106 D4
230 Platibanda_Treliça_230	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	45 COMB34	0.00	104 D2	0.00	113 D11
231 Platibanda_Treliça_231	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	68 COMB57	0.00	110 D8	0.00	107 D5
232 Platibanda_Treliça_232	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	68 COMB57	0.00	105 D3	0.00	113 D11
233 Platibanda_Treliça_233	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	68 COMB57	0.00	110 D8	0.00	106 D4
234 Platibanda_Treliça_234	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	112 D10
235 Platibanda_Treliça_235	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	104 D2	0.00	113 D11
236 Platibanda_Treliça_236	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	76 COMB65	0.00	110 D8	0.00	112 D10
237 Platibanda_Treliça_237	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	76 COMB65	0.00	105 D3	0.00	106 D4
238 Platibanda_Treliça_238	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	76 COMB65	0.00	105 D3	0.00	112 D10
239 Platibanda_Treliça_239	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	91 COMB80	0.00	104 D2	0.00	106 D4
240 Platibanda_Treliça_240	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	91 COMB80	0.00	104 D2	0.00	106 D4
241 Platibanda_Treliça_241	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	91 COMB80	0.00	105 D3	0.00	107 D5
242 Platibanda_Treliça_242	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	76 COMB65	0.00	104 D2	0.00	106 D4
243 Platibanda_Treliça_243	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	76 COMB65	0.00	111 D9	0.00	106 D4
244 Platibanda_Treliça_244	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	91 COMB80	0.00	110 D8	0.00	107 D5
245 Platibanda_Treliça_245	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	91 COMB80	0.00	110 D8	0.00	106 D4
246 Platibanda_Treliça_246	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	104 D2	0.00	106 D4
247 Platibanda_Treliça_247	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	46 COMB35	0.00	104 D2	0.00	106 D4
248 Platibanda_Treliça_248	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	52 COMB41	0.00	104 D2	0.00	107 D5
249 Platibanda_Treliça_249	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	58 COMB47	0.00	104 D2	0.00	113 D11
250 Platibanda_Treliça_250	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	45 COMB34	0.00	104 D2	0.00	107 D5
251 Platibanda_Treliça_251	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	51 COMB40	0.00	104 D2	0.00	106 D4
252 Platibanda_Treliça_252	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	57 COMB46	0.00	105 D3	0.00	107 D5
253 Platibanda_Treliça_253	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	58 COMB47	0.00	111 D9	0.00	106 D4
254 Platibanda_Treliça_254	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.00	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	107 D5
255 Platibanda_Treliça_255	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.00	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	112 D10
256 Platibanda_Treliça_256	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	57 COMB46	0.00	110 D8	0.00	106 D4
257 Platibanda_Treliça_257	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	104 D2	0.00	107 D5
258 Platibanda_Treliça_258	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	92 COMB81	0.00	104 D2	0.00	112 D10
259 Platibanda_Treliça_259	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	92 COMB81	0.00	111 D9	0.00	106 D4
260 Platibanda_Treliça_260	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	92 COMB81	0.00	105 D3	0.00	112 D10
261 Platibanda_Treliça_261	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	76 COMB65	0.00	104 D2	0.00	107 D5
262 Platibanda_Treliça_262	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	76 COMB65	0.00	110 D8	0.00	106 D4
263 Platibanda_Treliça_263	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	76 COMB65	0.00	105 D3	0.00	113 D11
264 Platibanda_Treliça_264	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	92 COMB81	0.00	111 D9	0.00	106 D4
265 Platibanda_Treliça_265	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	92 COMB81	0.00	111 D9	0.00	106 D4
266 Platibanda_Treliça_266	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	76 COMB65	0.00	110 D8	0.00	112 D10
267 Platibanda_Treliça_267	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	76 COMB65	0.00	110 D8	0.00	112 D10
268 Platibanda_Treliça_268	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	69 COMB58	0.00	104 D2	0.00	106 D4
269 Platibanda_Treliça_269	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.00	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	113 D11
270 Platibanda_Treliça_270	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	46 COMB35	0.00	105 D3	0.00	106 D4
271 Platibanda_Treliça_271	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	46 COMB35	0.00	104 D2	0.00	106 D4
272 Platibanda_Treliça_272	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.02	68 COMB57	0.00	104 D2	0.00	106 D4
273 Platibanda_Treliça_273	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	68 COMB57	0.00	104 D2	0.00	106 D4
274 Platibanda_Treliça_274	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.03	68 COMB57	0.00	105 D3	0.00	106 D4
275 Platibanda_Treliça_275	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	112 D10
276 Platibanda_Treliça_276	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	68 COMB57	0.00	111 D9	0.00	106 D4
277 Platibanda_Treliça_277	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	68 COMB57	0.00	110 D8	0.00	106 D4
278 Platibanda_Treliça_278	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	68 COMB57	0.00	104 D2	0.00	113 D11

Fonte: Autor.

Tabela 15 – Treliça da Platibanda

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (uy)	Proporç	Caso (uz)	
279	Platibanda_Treliça_279	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	75 COMB64	0.00	112 D10	0.00	111 D9
280	Platibanda_Treliça_280	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.01	78 COMB67	0.00	112 D10	0.00	110 D8
281	Platibanda_Treliça_281	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.07	74 COMB63	0.00	105 D3	0.00	108 D6
282	Platibanda_Treliça_282	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.65	73.89	0.07	73 COMB62	0.00	105 D3	0.00	113 D11
283	Platibanda_Treliça_283	C 185x75x3.00	STEEL A36	24.52	76.60	0.06	73 COMB62	0.00	111 D9	0.00	107 D5
284	Platibanda_Treliça_284	C 185x75x3.00	STEEL A36	19.43	60.71	0.07	73 COMB62	0.00	110 D8	0.00	106 D4
285	Platibanda_Treliça_285	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	62 COMB51	0.00	109 D7	0.00	104 D2
286	Platibanda_Treliça_286	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	62 COMB51	0.00	108 D6	0.00	104 D2
287	Platibanda_Treliça_287	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.04	62 COMB51	0.00	107 D5	0.00	104 D2
288	Platibanda_Treliça_288	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.65	73.89	0.07	74 COMB63	0.00	112 D10	0.00	110 D8
289	Platibanda_Treliça_289	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.65	73.89	0.07	74 COMB63	0.00	104 D2	0.00	112 D10
290	Platibanda_Treliça_290	C 185x75x3.00	STEEL A36	24.42	76.28	0.06	74 COMB63	0.00	110 D8	0.00	109 D7
291	Platibanda_Treliça_291	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	60 COMB49	0.00	106 D4	0.00	111 D9
292	Platibanda_Treliça_292	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	60 COMB49	0.00	112 D10	0.00	104 D2
293	Platibanda_Treliça_293	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.04	60 COMB49	0.00	106 D4	0.00	104 D2
294	Platibanda_Treliça_294	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.65	73.89	0.07	74 COMB63	0.00	109 D7	0.00	104 D2
295	Platibanda_Treliça_295	C 185x75x3.00	STEEL A36	24.41	76.28	0.08	74 COMB63	0.00	109 D7	0.00	104 D2
296	Platibanda_Treliça_296	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.65	73.89	0.07	74 COMB63	0.00	104 D2	0.00	106 D4
297	Platibanda_Treliça_297	C 185x75x3.00	STEEL A36	24.41	76.28	0.06	74 COMB63	0.00	110 D8	0.00	106 D4
298	Platibanda_Treliça_298	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.65	73.89	0.07	73 COMB62	0.00	106 D4	0.00	110 D8
299	Platibanda_Treliça_299	C 185x75x3.00	STEEL A36	24.42	76.28	0.08	73 COMB62	0.00	106 D4	0.00	104 D2
300	Platibanda_Treliça_300	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.04	62 COMB51	0.00	108 D6	0.00	110 D8
301	Platibanda_Treliça_301	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	62 COMB51	0.00	114 D12	0.00	110 D8
302	Platibanda_Treliça_302	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	62 COMB51	0.00	108 D6	0.00	104 D2
303	Platibanda_Treliça_303	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.51	0.01	61 COMB50	0.00	109 D7	0.00	104 D2
304	Platibanda_Treliça_304	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	59 COMB48	0.00	107 D5	0.00	104 D2
305	Platibanda_Treliça_305	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	58 COMB47	0.00	112 D10	0.00	105 D3
306	Platibanda_Treliça_306	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	60 COMB49	0.00	112 D10	0.00	104 D2
307	Platibanda_Treliça_307	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.04	60 COMB49	0.00	106 D4	0.00	104 D2
308	Platibanda_Treliça_308	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.65	73.89	0.07	73 COMB62	0.00	108 D6	0.00	111 D9
309	Platibanda_Treliça_309	C 185x75x3.00	STEEL A36	24.42	76.28	0.08	73 COMB62	0.00	115 D13	0.00	110 D8
310	Platibanda_Treliça_310	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	68 COMB57	0.00	105 D3	0.00	107 D5
311	Platibanda_Treliça_311	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	68 COMB57	0.00	104 D2	0.00	106 D4
312	Platibanda_Treliça_312	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	106 D4
313	Platibanda_Treliça_313	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	107 D5
314	Platibanda_Treliça_314	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	66 COMB55	0.00	104 D2	0.00	109 D7
315	Platibanda_Treliça_315	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	66 COMB55	0.00	110 D8	0.00	109 D7
316	Platibanda_Treliça_316	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	115 D13
317	Platibanda_Treliça_317	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	45 COMB34	0.00	110 D8	0.00	108 D6
318	Platibanda_Treliça_318	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	78 COMB67	0.00	105 D3	0.00	108 D6
319	Platibanda_Treliça_319	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	78 COMB67	0.00	104 D2	0.00	108 D6
320	Platibanda_Treliça_320	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	91 COMB80	0.00	110 D8	0.00	114 D12
321	Platibanda_Treliça_321	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	91 COMB80	0.00	110 D8	0.00	115 D13
322	Platibanda_Treliça_322	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	76 COMB65	0.00	104 D2	0.00	112 D10
323	Platibanda_Treliça_323	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	76 COMB65	0.00	111 D9	0.00	106 D4
324	Platibanda_Treliça_324	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	91 COMB80	0.00	110 D8	0.00	106 D4
325	Platibanda_Treliça_325	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	91 COMB80	0.00	110 D8	0.00	106 D4
326	Platibanda_Treliça_326	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	52 COMB41	0.00	111 D9	0.00	108 D6
327	Platibanda_Treliça_327	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	52 COMB41	0.00	111 D9	0.00	108 D6
328	Platibanda_Treliça_328	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	51 COMB40	0.00	110 D8	0.00	108 D6
329	Platibanda_Treliça_329	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	51 COMB40	0.00	110 D8	0.00	115 D13
330	Platibanda_Treliça_330	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	51 COMB40	0.00	110 D8	0.00	106 D4

Fonte: Autor.

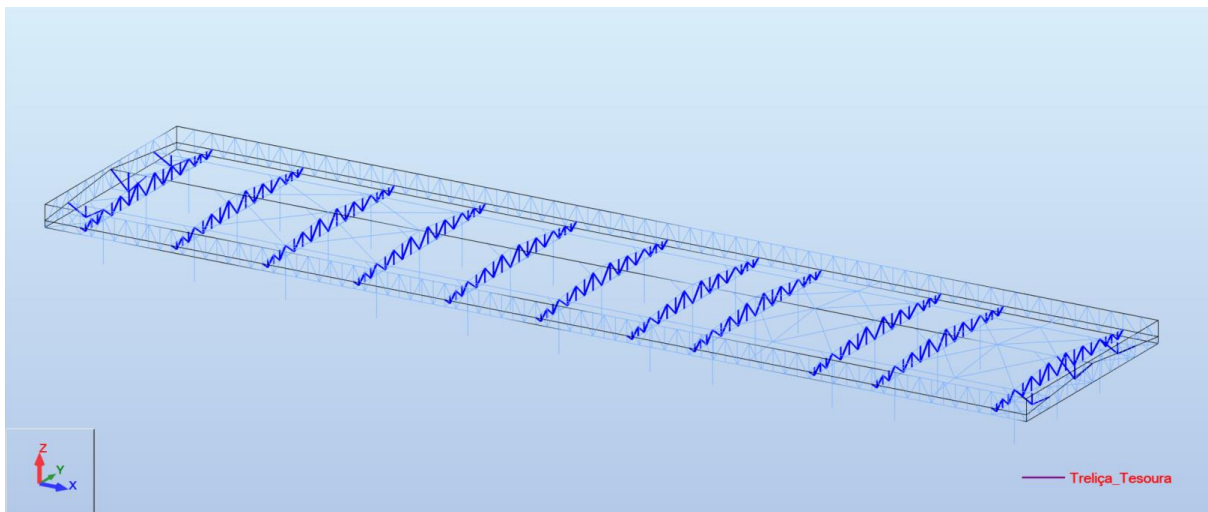
Tabela 16 – Treliça da Platibanda

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso	Proporç	Caso (uy)	Proporç	Caso (uz)
331 Platibanda_Treliza_331	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	51 COMB40	0.00	110 D8	0.00	107 D5
332 Platibanda_Treliza_332	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	52 COMB41	0.00	111 D9	0.00	106 D4
333 Platibanda_Treliza_333	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	52 COMB41	0.00	111 D9	0.00	106 D4
334 Platibanda_Treliza_334	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	92 COMB81	0.00	111 D9	0.00	108 D6
335 Platibanda_Treliza_335	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	92 COMB81	0.00	111 D9	0.00	115 D13
336 Platibanda_Treliza_336	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	78 COMB67	0.00	110 D8	0.00	114 D12
337 Platibanda_Treliza_337	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	78 COMB67	0.00	105 D3	0.00	109 D7
338 Platibanda_Treliza_338	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	76 COMB65	0.00	105 D3	0.00	107 D5
339 Platibanda_Treliza_339	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	76 COMB65	0.00	110 D8	0.00	106 D4
340 Platibanda_Treliza_340	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	92 COMB81	0.00	111 D9	0.00	106 D4
341 Platibanda_Treliza_341	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	92 COMB81	0.00	111 D9	0.00	106 D4
342 Platibanda_Treliza_342	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	109 D7
343 Platibanda_Treliza_343	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	114 D12
344 Platibanda_Treliza_344	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	66 COMB55	0.00	104 D2	0.00	114 D12
345 Platibanda_Treliza_345	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	66 COMB55	0.00	110 D8	0.00	109 D7
346 Platibanda_Treliza_346	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	68 COMB57	0.00	105 D3	0.00	106 D4
347 Platibanda_Treliza_347	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.01	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	106 D4
348 Platibanda_Treliza_348	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.02	46 COMB35	0.00	111 D9	0.00	106 D4
349 Platibanda_Treliza_349	C 185x75x3.00	STEEL A36	23.85	74.52	0.03	68 COMB57	0.00	104 D2	0.00	106 D4

Fonte: Autor.

## 9.1.7 Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura

Figura 33 – Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura



Fonte: Autor.

Tabela 17 – Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso
350 Treliça_Tesoura_350	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.08	62 COMB51
351 Treliça_Tesoura_351	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.16	68 COMB57
352 Treliça_Tesoura_352	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.12	62 COMB51
353 Treliça_Tesoura_353	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.08	62 COMB51
354 Treliça_Tesoura_354	DL 2x2x10.25	STEEL A36	91.42	56.37	0.03	88 COMB77
355 Treliça_Tesoura_355	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.21	68 COMB57
356 Treliça_Tesoura_356	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.16	66 COMB55
357 Treliça_Tesoura_357	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.12	60 COMB49
358 Treliça_Tesoura_358	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.08	60 COMB49
359 Treliça_Tesoura_359	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	59 COMB48
360 Treliça_Tesoura_360	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	61 COMB50
361 Treliça_Tesoura_361	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.15	62 COMB51
362 Treliça_Tesoura_362	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.09	62 COMB51
363 Treliça_Tesoura_363	DL 2x2x10.25	STEEL A36	91.42	56.37	0.02	66 COMB55
364 Treliça_Tesoura_364	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.21	66 COMB55
365 Treliça_Tesoura_365	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.15	60 COMB49
366 Treliça_Tesoura_366	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.09	60 COMB49
367 Treliça_Tesoura_367	DL 2x2x10.25	STEEL A36	91.42	56.37	0.03	88 COMB77
368 Treliça_Tesoura_368	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.16	66 COMB55
369 Treliça_Tesoura_369	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.12	60 COMB49
370 Treliça_Tesoura_370	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.16	68 COMB57
371 Treliça_Tesoura_371	DL 2x2x10.25	STEEL A36	91.42	56.37	0.01	83 COMB72
372 Treliça_Tesoura_372	DL 2x2x10.25	STEEL A36	113.27	69.85	0.03	51 COMB40
373 Treliça_Tesoura_373	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.08	60 COMB49
374 Treliça_Tesoura_374	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.15	60 COMB49
375 Treliça_Tesoura_375	DL 2x2x10.25	STEEL A36	67.52	41.63	0.01	85 COMB74
376 Treliça_Tesoura_376	DL 2x2x10.25	STEEL A36	96.93	59.77	0.04	96 COMB85
377 Treliça_Tesoura_377	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.13	96 COMB85
378 Treliça_Tesoura_378	DL 2x2x10.25	STEEL A36	67.52	41.63	0.01	86 COMB75
379 Treliça_Tesoura_379	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.13	96 COMB85
380 Treliça_Tesoura_380	DL 2x2x10.25	STEEL A36	97.50	60.12	0.04	96 COMB85
381 Treliça_Tesoura_381	DL 2x2x10.25	STEEL A36	67.52	41.63	0.01	85 COMB74
382 Treliça_Tesoura_382	DL 2x2x10.25	STEEL A36	96.93	59.77	0.04	94 COMB83
383 Treliça_Tesoura_383	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.13	94 COMB83
384 Treliça_Tesoura_384	DL 2x2x10.25	STEEL A36	67.52	41.63	0.01	88 COMB77
385 Treliça_Tesoura_385	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.13	92 COMB81
386 Treliça_Tesoura_386	DL 2x2x10.25	STEEL A36	97.50	60.12	0.04	94 COMB83
387 Treliça_Tesoura_387	DL 2x2x10.25	STEEL A36	113.27	69.85	0.02	51 COMB40
388 Treliça_Tesoura_388	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.21	68 COMB57
389 Treliça_Tesoura_389	DL 2x2x10.25	STEEL A36	91.42	56.37	0.01	83 COMB72
390 Treliça_Tesoura_390	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.15	62 COMB51
391 Treliça_Tesoura_391	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.12	62 COMB51
392 Treliça_Tesoura_392	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.09	62 COMB51
393 Treliça_Tesoura_393	DL 2x2x10.25	STEEL A36	91.42	56.37	0.02	66 COMB55
394 Treliça_Tesoura_394	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.20	68 COMB57
395 Treliça_Tesoura_395	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.15	62 COMB51
396 Treliça_Tesoura_396	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.09	62 COMB51
397 Treliça_Tesoura_397	DL 2x2x10.25	STEEL A36	91.42	56.37	0.02	66 COMB55
398 Treliça_Tesoura_398	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.20	66 COMB55
399 Treliça_Tesoura_399	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	59 COMB48
400 Treliça_Tesoura_400	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	61 COMB50
401 Treliça_Tesoura_401	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	65 COMB54

Fonte: Autor.

Tabela 18 – Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura

Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso
402 Treliça_Tesoura_402	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	67 COMB56
403 Treliça_Tesoura_403	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	65 COMB54
404 Treliça_Tesoura_404	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	67 COMB56
405 Treliça_Tesoura_405	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	59 COMB48
406 Treliça_Tesoura_406	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	61 COMB50
407 Treliça_Tesoura_407	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	59 COMB48
408 Treliça_Tesoura_408	DL 2x2x10.25	STEEL A36	61.69	38.04	0.10	61 COMB50
409 Treliça_Tesoura_409	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.09	60 COMB49
410 Treliça_Tesoura_410	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.20	68 COMB57
411 Treliça_Tesoura_411	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.15	62 COMB51
412 Treliça_Tesoura_412	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.21	66 COMB55
413 Treliça_Tesoura_413	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.14	87 COMB76
414 Treliça_Tesoura_414	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.12	90 COMB79
415 Treliça_Tesoura_415	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.18	62 COMB51
416 Treliça_Tesoura_416	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.12	68 COMB57
417 Treliça_Tesoura_417	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.07	62 COMB51
418 Treliça_Tesoura_418	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.05	89 COMB78
419 Treliça_Tesoura_419	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.05	87 COMB76
420 Treliça_Tesoura_420	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.07	60 COMB49
421 Treliça_Tesoura_421	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.12	66 COMB55
422 Treliça_Tesoura_422	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.18	60 COMB49
423 Treliça_Tesoura_423	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.14	89 COMB78
424 Treliça_Tesoura_424	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.12	88 COMB77
425 Treliça_Tesoura_425	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.12	59 COMB48
426 Treliça_Tesoura_426	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.09	90 COMB79
427 Treliça_Tesoura_427	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.22	62 COMB51
428 Treliça_Tesoura_428	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.14	68 COMB57
429 Treliça_Tesoura_429	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.08	62 COMB51
430 Treliça_Tesoura_430	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.06	61 COMB50
431 Treliça_Tesoura_431	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.06	59 COMB48
432 Treliça_Tesoura_432	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.08	60 COMB49
433 Treliça_Tesoura_433	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.14	66 COMB55
434 Treliça_Tesoura_434	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.22	60 COMB49
435 Treliça_Tesoura_435	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.12	61 COMB50
436 Treliça_Tesoura_436	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.09	88 COMB77
437 Treliça_Tesoura_437	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.12	59 COMB48
438 Treliça_Tesoura_438	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.09	90 COMB79
439 Treliça_Tesoura_439	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.22	62 COMB51
440 Treliça_Tesoura_440	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.14	68 COMB57
441 Treliça_Tesoura_441	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.09	68 COMB57
442 Treliça_Tesoura_442	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.06	61 COMB50
443 Treliça_Tesoura_443	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.06	59 COMB48
444 Treliça_Tesoura_444	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.09	66 COMB55
445 Treliça_Tesoura_445	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.14	66 COMB55
446 Treliça_Tesoura_446	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.22	60 COMB49
447 Treliça_Tesoura_447	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.12	61 COMB50
448 Treliça_Tesoura_448	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.09	88 COMB77
449 Treliça_Tesoura_449	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.12	59 COMB48
450 Treliça_Tesoura_450	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.09	90 COMB79
451 Treliça_Tesoura_451	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.22	62 COMB51
452 Treliça_Tesoura_452	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.14	68 COMB57
453 Treliça_Tesoura_453	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.09	68 COMB57

Fonte: Autor.

Tabela 19 – Diagonais e Montantes da Treliça da Tesoura

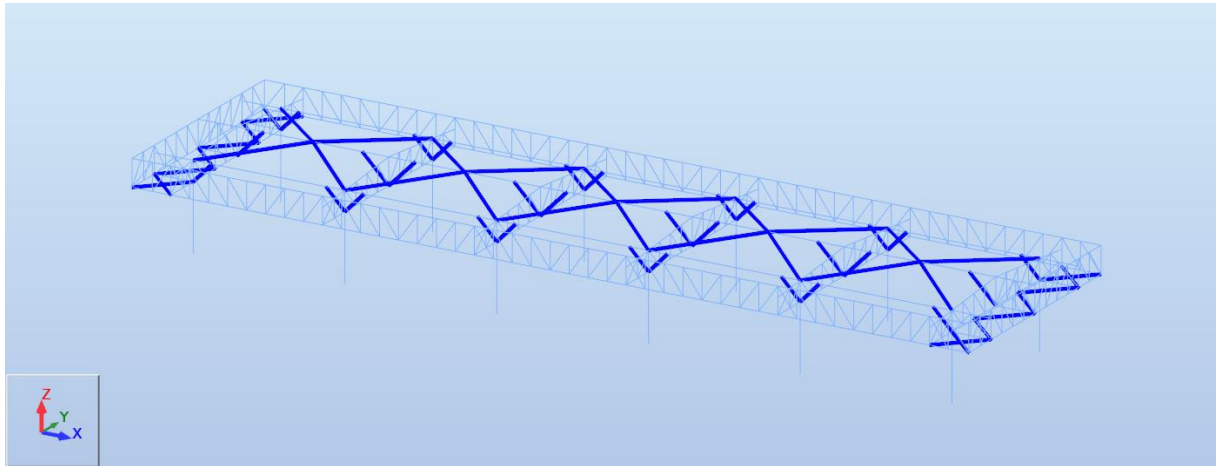
Membro	Seção	Material	Lay	Laz	Relação	Caso
454 Treliça_Tesoura_454	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.06	61 COMB50
455 Treliça_Tesoura_455	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.06	59 COMB48
456 Treliça_Tesoura_456	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.09	66 COMB55
457 Treliça_Tesoura_457	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.14	66 COMB55
458 Treliça_Tesoura_458	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.22	60 COMB49
459 Treliça_Tesoura_459	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.12	61 COMB50
460 Treliça_Tesoura_460	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.09	88 COMB77
461 Treliça_Tesoura_461	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.12	59 COMB48
462 Treliça_Tesoura_462	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.09	90 COMB79
463 Treliça_Tesoura_463	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.22	62 COMB51
464 Treliça_Tesoura_464	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.14	68 COMB57
465 Treliça_Tesoura_465	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.08	62 COMB51
466 Treliça_Tesoura_466	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.06	61 COMB50
467 Treliça_Tesoura_467	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.06	59 COMB48
468 Treliça_Tesoura_468	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.08	60 COMB49
469 Treliça_Tesoura_469	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.14	66 COMB55
470 Treliça_Tesoura_470	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.22	60 COMB49
471 Treliça_Tesoura_471	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.12	61 COMB50
472 Treliça_Tesoura_472	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.09	88 COMB77
473 Treliça_Tesoura_473	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.14	87 COMB76
474 Treliça_Tesoura_474	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.11	90 COMB79
475 Treliça_Tesoura_475	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.18	62 COMB51
476 Treliça_Tesoura_476	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.12	68 COMB57
477 Treliça_Tesoura_477	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.07	62 COMB51
478 Treliça_Tesoura_478	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.05	89 COMB78
479 Treliça_Tesoura_479	DL 2x2x10.25	STEEL A36	107.39	66.22	0.05	87 COMB76
480 Treliça_Tesoura_480	DL 2x2x10.25	STEEL A36	102.71	63.33	0.07	60 COMB49
481 Treliça_Tesoura_481	DL 2x2x10.25	STEEL A36	98.16	60.52	0.12	66 COMB55
482 Treliça_Tesoura_482	DL 2x2x10.25	STEEL A36	93.77	57.82	0.18	60 COMB49
483 Treliça_Tesoura_483	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.64	57.13	0.14	89 COMB78
484 Treliça_Tesoura_484	DL 2x2x10.25	STEEL A36	92.97	57.33	0.11	88 COMB77
485 Treliça_Tesoura_485	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.09	62 COMB51
486 Treliça_Tesoura_486	DL 2x2x10.25	STEEL A36	91.42	56.37	0.02	66 COMB55
487 Treliça_Tesoura_487	DL 2x2x10.25	STEEL A36	73.49	45.32	0.20	66 COMB55
488 Treliça_Tesoura_488	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.15	60 COMB49
489 Treliça_Tesoura_489	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.09	60 COMB49
490 Treliça_Tesoura_490	DL 2x2x10.25	STEEL A36	113.04	69.70	0.03	52 COMB41
491 Treliça_Tesoura_491	DL 2x2x10.25	STEEL A36	79.47	49.00	0.15	60 COMB49
492 Treliça_Tesoura_492	DL 2x2x10.25	STEEL A36	85.44	52.68	0.09	60 COMB49
493 Treliça_Tesoura_493	DL 2x2x10.25	STEEL A36	113.04	69.70	0.02	52 COMB41

Fonte: Autor.

9.1.8 Contraventamentos e Mãos Francesas

Para os contraventamentos e mãos francesas foi escolhido a seção tipo L duplo por vértices opostos. A localização dos membros está ilustrada na Figura 34. A seção escolhida é mostrada na Tabela 17 e o resumo da verificação está descrito na Tabela 18.

Figura 34 – Contraventamentos e Mãos Francesas



Fonte: Autor.

Tabela 20 – Memória de Cálculo dos Contraventamentos e Mãos Francesas

	<b>Perfil:</b> L 3" x 3" x 1/4"		<b>Peso (kg/m)</b> =	<b>14,58</b>		
	Área (cm <sup>2</sup> ) =	18,58	x (cm) =	3,58		
	I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> ) =	158,20	d (mm) =	8,00		
	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> ) =	279,66	L (cm) =	289,94		
	J (cm <sup>4</sup> ) =	2,49	<b>Aço:</b>	<b>ASTM A36</b>		
	r <sub>x</sub> (cm) =	2,92	f <sub>y</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> ) =	2.500		
	r <sub>y</sub> (cm) =	3,88	f <sub>u</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> ) =	4.100		
<b>DIMENSIONAMENTO</b>	<b>Esforços Solicitantes</b>		<b>Resistência de Cálculo</b>		<b>Interação</b>	<b>Esbeltez</b>
	N <sub>t,Sd</sub> (kgf) =	1588,02	N <sub>t,Rd</sub> (kgf) =	42227,27	<b>0,04</b>	<b>OK!</b>
	N <sub>c,Sd</sub> (kgf) =	1027,73	N <sub>c,Rd</sub> (kgf) =	25020,38	<b>0,04</b>	<b>OK!</b>
<b>MEMÓRIA DE CÁLCULO</b>						
VERIFICAÇÃO ESBELTEZ			VERIFICAÇÃO A COMPRESSÃO			
KL/r <sub>x</sub> =	99,36	KL/r <sub>y</sub> =	74,73	KL/r <sub>0</sub> =	59,73	
VERIFICAÇÃO A TRACÇÃO			VERIFICAÇÃO A COMPRESSÃO			
N <sub>t,Rd</sub> = $\frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$		N <sub>t,Rd</sub> =		42.227,27 kgf		
VERIFICAÇÃO A COMPRESSÃO			VERIFICAÇÃO DISTANCIA CHAPAS ESPAÇADORAS			
$\frac{b}{t} \leq 0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow Q_1 = 1,0$	b =		76,2 mm			
$\frac{b}{t} \leq 0,91 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow Q_1 = 1,34 - 0,76 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$	t =		6,35 mm			
$\frac{b}{t} > 0,91 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow Q_1 = \frac{0,53 E}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}$	0,45 · $\sqrt{\frac{E}{f_y}}$ =		12,73			
			$\frac{l}{r_{min}} \leq \frac{1}{2} \lambda_{max}$	Distância =		
						74,52 cm

Fonte: Autor.



Tabela 21 – Contraventamentos e Mãos Francesas

Barra	Dados Robot				Dados Seção		Verificação				
	L (cm)	d (mm)	Esforços (kgf)		Seção Verificada	Material	Resistência (kgf)		Esbelteza	Interação	
			N <sub>c,Sd</sub>	N <sub>t,Sd</sub>			N <sub>c,Rd</sub>	N <sub>t,Rd</sub>		Comp.	Tração
494	198	8	682	0	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,02	0,00
495	198	8	1002	-185	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,03	0,00
496	198	8	841	0	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,03	0,00
497	198	8	891	-9	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,03	0,00
498	198	8	959	-143	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,03	0,00
499	198	8	958	-145	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,03	0,00
500	198	8	891	-9	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,03	0,00
501	198	8	841	0	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,03	0,00
502	198	8	1003	-183	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,03	0,00
503	198	8	679	0	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33054	42227	OK!	0,02	0,00
504	567	8	2832	-1871	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	7747	42227	OK!	0,37	0,04
505	567	8	2832	-1871	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	7747	42227	OK!	0,37	0,04
506	567	8	3775	-2431	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	7747	42227	OK!	0,49	0,06
507	567	8	3775	-2431	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	7747	42227	OK!	0,49	0,06
508	567	8	3778	-2430	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	7747	42227	OK!	0,49	0,06
509	567	8	2827	-1874	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	7747	42227	OK!	0,36	0,04
510	567	8	3778	-2430	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	7747	42227	OK!	0,49	0,06
511	567	8	2827	-1874	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	7747	42227	OK!	0,36	0,04
512	144	8	1337	0	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,04	0,00
513	144	8	1112	-364	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
514	144	8	951	-316	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
515	144	8	951	-317	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
516	144	8	1338	0	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,04	0,00
517	144	8	1112	-365	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
518	144	8	1128	-234	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
519	144	8	1081	-205	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,00
520	144	8	1128	-234	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
521	144	8	1081	-205	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,00
522	144	8	1128	-234	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
523	144	8	1082	-205	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,00
524	144	8	1082	-205	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,00
525	144	8	1128	-234	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
526	144	8	1111	-365	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
527	144	8	1111	-365	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01

Barra	Dados Robot				Dados Seção		Verificação				
	L	d	Esforços (kgf)		Seção Verificada	Material	Resistência (kgf)		Eslbeltez	Interação	
	(cm)	(mm)	N <sub>c,Sd</sub>	N <sub>t,Sd</sub>			N <sub>c,Rd</sub>	N <sub>t,Rd</sub>		Comp.	Tração
528	144	8	950	-319	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
529	144	8	950	-319	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,03	0,01
530	144	8	1343	0	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,04	0,00
531	144	8	1344	0	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	33261	42227	OK!	0,04	0,00
532	289	8	1036	-1618	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25100	42227	OK!	0,04	0,04
533	289	8	4314	-2194	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25099	42227	OK!	0,17	0,05
534	286	8	0	-240	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25379	42227	OK!	0,00	0,01
535	286	8	317	-23	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25379	42227	OK!	0,01	0,00
536	286	8	317	-24	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25379	42227	OK!	0,01	0,00
537	286	8	0	-240	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25379	42227	OK!	0,00	0,01
538	289	8	4318	-2208	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25099	42227	OK!	0,17	0,05
539	289	8	1031	-1605	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25100	42227	OK!	0,04	0,04
540	290	8	1022	-1576	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25022	42227	OK!	0,04	0,04
541	290	8	4312	-2201	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25022	42227	OK!	0,17	0,05
542	287	8	0	-253	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25301	42227	OK!	0,00	0,01
543	287	8	326	-19	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25301	42227	OK!	0,01	0,00
544	287	8	326	-19	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25301	42227	OK!	0,01	0,00
545	287	8	0	-252	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25301	42227	OK!	0,00	0,01
546	290	8	4308	-2189	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25021	42227	OK!	0,17	0,05
547	290	8	1028	-1588	L 3" x 3" x 1/4"	ASTM A36	25020	42227	OK!	0,04	0,04

Fonte: Autor

## 9.1.9 Terças de cobertura

As terças de cobertura não aparecem no modelo do programa, pois elas são calculadas separadamente, conforme mostrado na Figura 35.

Figura 35 – Memória de Cálculo das Terças de Cobertura

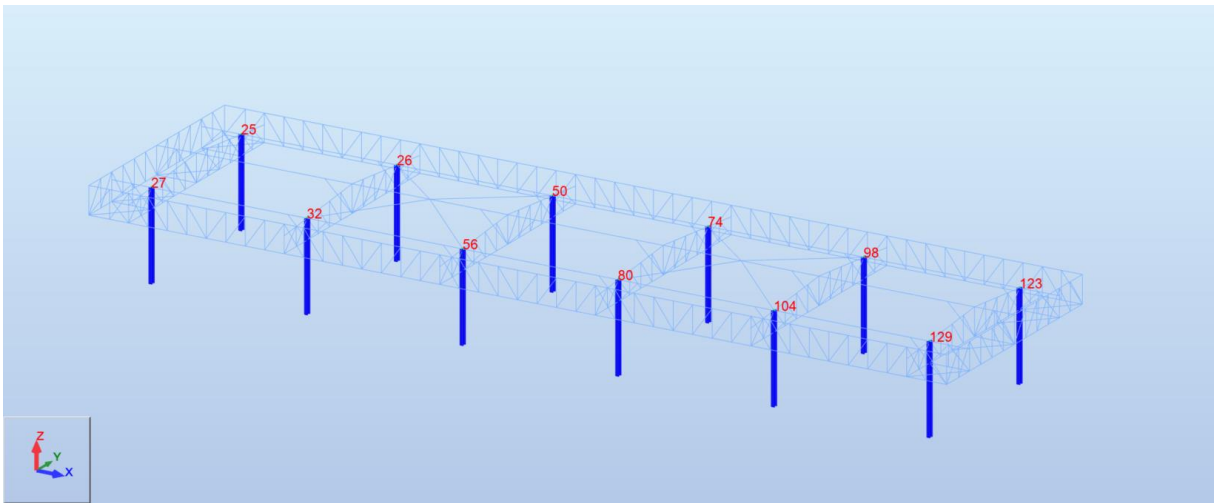
Verificação das Terças			
Perfil → 250x100x25x4.25			
Entrada de dados:			
Propriedades do perfil:		Cargas:	
$I_x =$	1928,96 cm <sup>4</sup>	Carga Permanente	CP = 20 kgf/m <sup>2</sup>
$I_y =$	252,32 cm <sup>4</sup>	Acidental ( Sobrecarga ou Vento)	CA = 46,5 kgf/m <sup>2</sup>
$W_x =$	154,32 cm <sup>3</sup>		
$W_y =$	35,90 cm <sup>3</sup>		
$r_x =$	9,81 cm	Dados da terças:	
$r_y =$	3,55 cm	Vão entre terças	$L_1 = 1,32$ m
$P =$	15,75 kgf/m	Vão das terças	$L = 8$ m
$d =$	25,00 cm	Inclinação em graus	$\alpha = 0,00$ °
$A_i =$	4,25 cm <sup>2</sup> - área da mesa comprimida	número de tirantes	$n = 2$
$A_w =$	10,26 cm <sup>2</sup> - área da alma	$f_y =$	2,53 kgf/m <sup>2</sup>
Carregamento:		Carga Concentrada	CC = 150 kgf
Carga Distribuída:		$q =$	103,53 kgf / m
$q = ( CP + SC ) \times L_1 + P$		$M_1 =$	82,82 tf . cm
Momentos p/ :		$M_2 =$	9,20 tf . cm
Distribuída → $M_1 = q \times L^2 / 8$		$M_3 =$	30,00 tf . cm
$M_2 = q \times L^2 / [ 8 \times (n+1)]$		$M_4 =$	33,72 tf . cm
Concentrada → $M_3 = q \times L / 4$		$M_5 =$	63,72 tf . cm
$M_4 = CP \times L^2 / 8$		Momento adotado é:	$M = 82,82$ tf . cm
$M_5 = M_3 + M_4$		$M_x = M \times \cos \alpha$	$M_x = 82,82$ tf . cm
		$M_y = M \times \sin \alpha$	$M_y = 0,00$ tf . cm
		$f_{bx} = ( M_x / W_x ) + ( M_y / W_y )$	$f_{bx} = 0,54$ tf / cm <sup>2</sup>
Dimensionamento:			
$L_b = L / (n+1)$	$L_b = 266,67$	$\lambda = L_b / r' =$	58,0
$r' = [(I_y / (2(A_i + A_w / 6)))]^{1/2}$	$r' = 4,60$		
$\lambda_p = ((35858 \times C_b) / f_y)^{1/2}$	$\lambda_p = 119,1$		
Se $\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$	$F_b'x = [ 2 / 3 - (f_y \times \lambda^2) / (107567 \times C_b) ] \times f_y$	$F_b'x =$	1,49 tf / cm <sup>2</sup>
Se $\lambda > \lambda_p \rightarrow$	$F_b'x = (11952 \times C_b) / \lambda^2$	$F_b'x =$	3,56 tf / cm <sup>2</sup>
		$F_b'x =$	1,49 tf / cm <sup>2</sup>
	$F_b''x = (843 \times C_b) / (L_b \times d / Af)$	$F_b''x =$	0,54 tf / cm <sup>2</sup>
		$F_{bx} =$	1,49 tf / cm <sup>2</sup>
		$F_b'x$ e $F_b''x < 0,60 \times f_y$	1,52 tf / cm <sup>2</sup>
	$F_{bx} \geq f_{bx}$		OK
	$1,49 \geq 0,54$		
Deslocamento			
$\Delta_{máx} = L /$	180	$=$	4,44 cm $\leq 3,0$ cm
$\Delta_{máx} =$	3,00 cm		
$\delta = 5 \times q \times L^4 / (384 \times 2100 \times I) =$	1,36 cm		OK

Fonte: Autor.

## 9.2 Estados Limite de Serviço

Os pilares apresentam deformações  $U_x$  e  $U_y$  atuante. O deslocamento admissível é calculado através da altura da coluna dividido por 300 (conforme NBR 8800). Barras que apresentarem a deformação  $U_x$  e  $U_y$  superior a deformação admissível não atendem aos critérios de dimensionamento.

**Figura 36 – Numeração dos Nós no Topo das Colunas**



Fonte: Autor.

**Tabela 22 – Deslocamento Topo dos Pilares**

DESLOCAMENTO TOPO DOS PILARES (mm)		
	$U_x$	$U_y$
Nó	123	50
Deslocamento (mm)	9,34	4,04

Fonte: Autor.

A Figura 36 mostra a numeração dos nós e a Tabela 19 apresenta os valores de deslocamentos calculados pelo programa. A partir disso, calcula-se o deslocamento admissível de acordo com a norma ABNT NBR 8800:2008 dividindo a altura total do pilar por 300:

$$\text{Deslocamento admissível} = \frac{5000}{300} = 16,67 \text{ mm}$$

Comparando o maior deslocamento de cálculo com o deslocamento admissível, conclui-se que a estrutura está dentro dos padrões de segurança:

$$16,67 \text{ mm} < 9,34 \text{ mm}$$

## 10 QUADRO DE REAÇÕES

O quadro de reações de uma cobertura feita em estrutura metálica é um elemento essencial para apresentar os esforços que vão ser transferidos para a estrutura de concreto, ou seja, para a fundação. A figura 37 mostra o plano de bases do programa e a Tabela 20 apresenta as reações para os casos simples.

Figura 37 – Plano de Bases do Robot

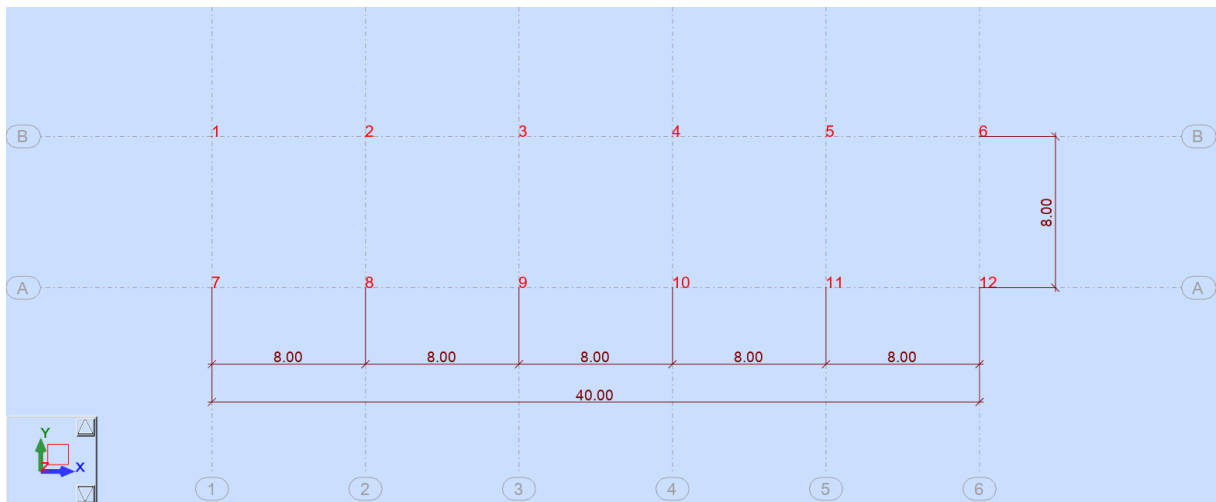


Tabela 23 – Quadro de Reações

QUADRO DE REAÇÕES - RODOVIÁRIA									
BASE	GRUPO	CASO	CARREGAMENTO	Fx (tf)	Fy (tf)	Fz (tf)	Mx (tf.m)	My (tf.m)	
B1	1	1	PP - Peso Próprio	-0,02	0,01	2,64	-0,02	-0,03	
		2	CP - Carga Permanente	-0,01	0,00	0,82	0,00	-0,01	
		3	SC - Sobrecarga	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	
	4	4	4	VX+	-0,34	-0,01	-0,09	0,01	-0,61
			5	VX-	0,34	0,00	0,11	0,00	0,60
		6	6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,49	0,38	0,89	0,00
			7	VY+ - 2º Carregamento	-0,01	-0,49	1,97	0,89	-0,01
			8	VY- - 1º Carregamento	-0,01	0,48	1,25	-0,88	-0,01
			9	VY- - 2º Carregamento	-0,01	0,48	0,96	-0,89	-0,01
			10	T+20	-0,04	-0,11	-0,01	0,23	-0,06
	11	T-20	0,04	0,11	0,01	-0,23	0,06		
B2	1	1	PP - Peso Próprio	0,01	0,01	1,99	-0,02	0,01	
		2	CP - Carga Permanente	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	
		3	SC - Sobrecarga	0,00	-0,01	1,21	0,01	0,00	

QUADRO DE REAÇÕES - RODOVIÁRIA								
BASE	GRUPO	CASO	CARREGAMENTO	Fx (tf)	Fy(tf)	Fz (tf)	Mx (tf.m)	My (tf.m)
	4	4	VX+	-0,32	0,00	-0,01	0,00	-0,57
		5	VX-	0,31	0,00	-0,01	0,00	0,57
		6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,62	0,52	1,14	0,00
		7	VY+ - 2º Carregamento	0,00	-0,62	2,41	1,15	0,01
		8	VY- - 1º Carregamento	0,00	0,61	1,58	-1,13	0,00
		9	VY- - 2º Carregamento	0,00	0,60	1,21	-1,13	0,00
	5	10	T+20	0,00	-0,16	0,06	0,29	0,00
		11	T-20	0,00	0,16	-0,06	-0,29	0,00
B3	1	1	PP - Peso Próprio	0,00	0,02	2,06	-0,02	0,00
	2	2	CP - Carga Permanente	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	0,00	1,22	0,01	0,00
	4	4	VX+	-0,32	0,00	0,01	0,00	-0,58
		5	VX-	0,32	0,00	-0,02	0,00	0,58
		6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,62	0,54	1,14	0,00
		7	VY+ - 2º Carregamento	0,00	-0,62	2,50	1,15	0,00
		8	VY- - 1º Carregamento	0,00	0,61	1,62	-1,13	0,00
9		VY- - 2º Carregamento	0,00	0,61	1,24	-1,13	0,00	
5	10	T+20	-0,01	-0,16	-0,05	0,30	-0,01	
	11	T-20	0,01	0,16	0,05	-0,30	0,01	
B4	1	1	PP - Peso Próprio	0,00	0,02	2,06	-0,02	0,00
	2	2	CP - Carga Permanente	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	0,00	1,22	0,01	0,00
	4	4	VX+	-0,32	0,00	-0,02	0,00	-0,58
		5	VX-	0,32	0,00	0,01	0,00	0,58
		6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,62	0,54	1,14	0,00
		7	VY+ - 2º Carregamento	0,00	-0,62	2,50	1,15	0,00
		8	VY- - 1º Carregamento	0,00	0,61	1,62	-1,13	0,00
9		VY- - 2º Carregamento	0,00	0,61	1,24	-1,13	0,00	
5	10	T+20	0,01	-0,16	-0,05	0,30	0,01	
	11	T-20	-0,01	0,16	0,05	-0,30	-0,01	
B5	1	1	PP - Peso Próprio	-0,01	0,01	1,99	-0,02	-0,01
	2	2	CP - Carga Permanente	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	-0,01	1,21	0,01	0,00
	4	4	VX+	-0,31	0,00	-0,01	0,00	-0,57

QUADRO DE REAÇÕES - RODOVIÁRIA								
BASE	GRUPO	CASO	CARREGAMENTO	Fx (tf)	Fy(tf)	Fz (tf)	Mx (tf.m)	My (tf.m)
		5	VX-	0,32	0,00	-0,01	0,00	0,57
		6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,62	0,52	1,14	0,00
		7	VY+ - 2º Carregamento	0,00	-0,62	2,41	1,15	-0,01
		8	VY- - 1º Carregamento	0,00	0,61	1,58	-1,13	0,00
		9	VY- - 2º Carregamento	0,00	0,60	1,21	-1,13	0,00
	5	10	T+20	0,00	-0,16	0,06	0,29	0,00
	11	T-20	0,00	0,16	-0,06	-0,29	0,00	
B6	1	1	PP - Peso Próprio	0,02	0,01	2,64	-0,02	0,03
	2	2	CP - Carga Permanente	0,01	0,00	0,83	0,00	0,01
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00
	4	4	VX+	-0,34	0,00	0,11	0,00	-0,60
		5	VX-	0,34	-0,01	-0,09	0,01	0,61
		6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,49	0,38	0,89	0,00
		7	VY+ - 2º Carregamento	0,01	-0,49	1,97	0,90	0,01
		8	VY- - 1º Carregamento	0,01	0,49	1,25	-0,89	0,01
		9	VY- - 2º Carregamento	0,01	0,48	0,96	-0,89	0,01
	5	10	T+20	0,04	-0,11	-0,01	0,23	0,06
11	T-20	-0,04	0,11	0,01	-0,23	-0,06		
B7	1	1	PP - Peso Próprio	-0,02	-0,01	2,64	0,02	-0,03
	2	2	CP - Carga Permanente	-0,01	0,00	0,82	0,00	-0,01
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00
	4	4	VX+	-0,34	0,01	-0,09	-0,01	-0,61
		5	VX-	0,34	0,00	0,11	0,00	0,60
		6	VY+ - 1º Carregamento	-0,01	-0,48	1,25	0,88	-0,01
		7	VY+ - 2º Carregamento	-0,01	-0,48	0,96	0,89	-0,01
		8	VY- - 1º Carregamento	0,00	0,49	0,38	-0,89	0,00
		9	VY- - 2º Carregamento	-0,01	0,49	1,97	-0,89	-0,01
	5	10	T+20	-0,04	0,11	-0,01	-0,23	-0,06
11	T-20	0,04	-0,11	0,01	0,23	0,06		
B8	1	1	PP - Peso Próprio	0,01	-0,01	1,99	0,02	0,01
	2	2	CP - Carga Permanente	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	0,01	1,21	-0,01	0,00
	4	4	VX+	-0,32	0,00	-0,01	0,00	-0,57
		5	VX-	0,31	0,00	-0,01	0,00	0,57

QUADRO DE REAÇÕES - RODOVIÁRIA								
BASE	GRUPO	CASO	CARREGAMENTO	Fx (tf)	Fy(tf)	Fz (tf)	Mx (tf.m)	My (tf.m)
		6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,61	1,58	1,13	0,00
		7	VY+ - 2º Carregamento	0,00	-0,60	1,21	1,13	0,00
		8	VY- - 1º Carregamento	0,00	0,62	0,52	-1,14	0,00
		9	VY- - 2º Carregamento	0,00	0,62	2,41	-1,15	0,01
	5	10	T+20	0,00	0,16	0,06	-0,29	0,00
		11	T-20	0,00	-0,16	-0,06	0,29	0,00
B9	1	1	PP - Peso Próprio	0,00	-0,02	2,06	0,02	0,00
	2	2	CP - Carga Permanente	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	0,00	1,22	-0,01	0,00
	4	4	VX+	-0,32	0,00	0,01	0,00	-0,58
		5	VX-	0,32	0,00	-0,02	0,00	0,58
		6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,61	1,62	1,13	0,00
		7	VY+ - 2º Carregamento	0,00	-0,61	1,24	1,13	0,00
		8	VY- - 1º Carregamento	0,00	0,62	0,54	-1,14	0,00
	5	9	VY- - 2º Carregamento	0,00	0,62	2,50	-1,15	0,00
		10	T+20	-0,01	0,16	-0,05	-0,30	-0,01
		11	T-20	0,01	-0,16	0,05	0,30	0,01
B10	1	1	PP - Peso Próprio	0,00	-0,02	2,06	0,02	0,00
	2	2	CP - Carga Permanente	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	0,00	1,22	-0,01	0,00
	4	4	VX+	-0,32	0,00	-0,02	0,00	-0,58
		5	VX-	0,32	0,00	0,01	0,00	0,58
		6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,61	1,62	1,13	0,00
		7	VY+ - 2º Carregamento	0,00	-0,61	1,24	1,13	0,00
		8	VY- - 1º Carregamento	0,00	0,62	0,54	-1,14	0,00
	5	9	VY- - 2º Carregamento	0,00	0,62	2,50	-1,15	0,00
		10	T+20	0,01	0,16	-0,05	-0,30	0,01
		11	T-20	-0,01	-0,16	0,05	0,30	-0,01
B11	1	1	PP - Peso Próprio	-0,01	-0,01	1,99	0,02	-0,01
	2	2	CP - Carga Permanente	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	0,01	1,21	-0,01	0,00
	4	4	VX+	-0,31	0,00	-0,01	0,00	-0,57
		5	VX-	0,32	0,00	-0,01	0,00	0,57
		6	VY+ - 1º Carregamento	0,00	-0,61	1,58	1,13	0,00



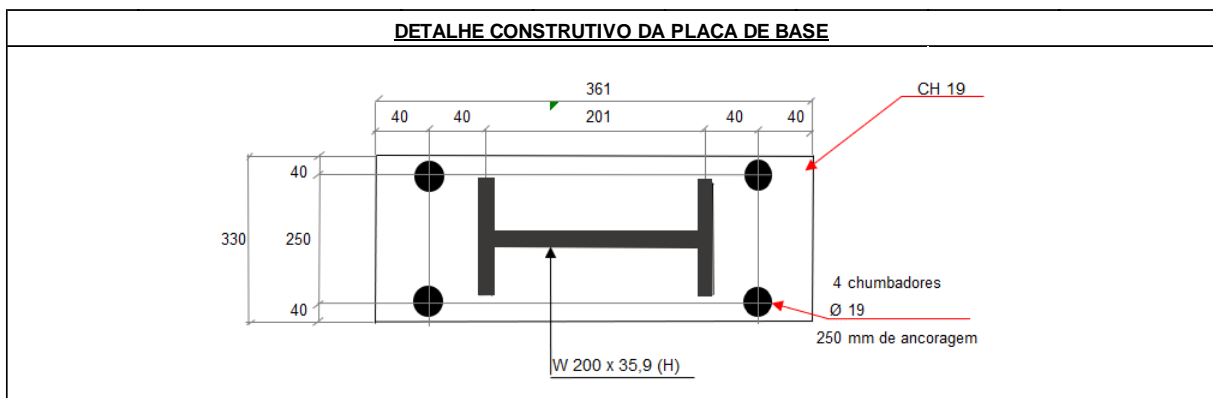
QUADRO DE REAÇÕES - RODOVIÁRIA								
BASE	GRUPO	CASO	CARREGAMENTO	Fx (tf)	Fy(tf)	Fz (tf)	Mx (tf.m)	My (tf.m)
		7	VY+ - 2° Carregamento	0,00	-0,60	1,21	1,13	0,00
		8	VY- - 1° Carregamento	0,00	0,62	0,52	-1,14	0,00
		9	VY- - 2° Carregamento	0,00	0,62	2,41	-1,15	-0,01
	5	10	T+20	0,00	0,16	0,06	-0,29	0,00
		11	T-20	0,00	-0,16	-0,06	0,29	0,00
B12	1	1	PP - Peso Próprio	0,02	-0,01	2,64	0,02	0,03
	2	2	CP - Carga Permanente	0,01	0,00	0,83	0,00	0,01
	3	3	SC - Sobrecarga	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00
	4	4	VX+	-0,34	0,00	0,11	0,00	-0,60
		5	VX-	0,34	0,01	-0,09	-0,01	0,61
		6	VY+ - 1° Carregamento	0,01	-0,49	1,25	0,89	0,01
		7	VY+ - 2° Carregamento	0,01	-0,48	0,96	0,89	0,01
		8	VY- - 1° Carregamento	0,00	0,49	0,38	-0,89	0,00
		9	VY- - 2° Carregamento	0,01	0,49	1,97	-0,90	0,01
	5	10	T+20	0,04	0,11	-0,01	-0,23	0,06
		11	T-20	-0,04	-0,11	0,01	0,23	-0,06

Fonte: Autor.

## 11 CÁLCULO DA LIGAÇÃO DE BASE

Será verificada a base dos pilares em perfil I, conforme mostrado na Figura 38. Esta base está sujeita a momentos fletores em ambas as direções (X e Y), forças axiais de tração e compressão e forças cortantes, conforme mostrados na Tabela 21, onde foram inseridas as combinações mais extremas para cada esforço.

Figura 38 – Detalhe Construtivo da Placa de Base



Fonte: Autor.

### Materiais:

*Perfil: W 200x35,9 (H);*

*Chumbadores: ASTM A36;*

*Placa de Base: ASTM A36;*

*Barra de Cisalhamento: ASTM A36;*

*Dimensões do Bloco de Concreto: 650x650x650 cm.*

Tabela 24 – Reações na Base

REAÇÕES							
Análises	Esforço Verificado	Fx (KN)	Fy (KN)	Axial (KN)	Mom. (KN.m)	Ftotal (KN)	Combinação
Análise 01	Maior Esforço Fx	<b>5,21</b>	0,95	51,6	9,00	5,30	502
Análise 02	Maior Esforço Fy	0,01	<b>7,11</b>	60,96	12,72	7,11	770
Análise 03	Maior Esforço Tração	4,07	0,09	<b>26,00</b>	7,32	4,07	996
Análise 04	Maior Esforço Compressão	0,01	4,16	<b>81,78</b>	7,67	4,16	237
Análise 05	Maior Esforço Momento Mx	0,01	7,09	55,76	<b>12,82</b>	7,09	227

Análise 06	Maior Esforço Momento My	5,21	0,95	51,60	<b><u>9,00</u></b>	5,30	502
---------------	-----------------------------	------	------	-------	--------------------	------	-----

Fonte: Autor.

A partir das combinações inseridas são feitas as verificações necessárias. A verificação começa com as disposições construtivas, conforme mostrado na Figura 39.

Figura 39 – Verificações da Placa de Base

DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS					
<b><u>DIMENSÕES PLACA DE BASE</u></b>			<b><u>DIMENSÃO BLOCO DE CONCRETO</u></b>		
B:	330 (mm)	A:	650 (mm)		
L:	361 (mm)	B:	650 (mm)		
E:	250 (mm)	H:	650 (mm)		
a1:	40 (mm)				
a2:	40 (mm)				
<b><u>QUANTIDADE, ANCORAGEM E DIMENSÕES DOS CHUMBADORES</u></b>					
Diâmetro dca:	19 (mm)	Diâm. Máx.	50,8 (mm)		OK!
Número Chumbadores:	4 (unit.)	Mínimo	4 (unit.)		OK!
Ancoragem han:	250 (mm)	Lmín.:	228 (mm)		OK!
<b><u>DIÂMETRO E DISTANCIAS DOS FUROS NA PLACA DE BASE</u></b>					
Distancia entre furo e borda:	40 (mm)	2dca:	38 (mm)		OK!
Distancia entre furo e a mesa do pilar:	40 (mm)	2dca:	38 (mm)		OK!
Distancia entre furos na horizontal:	281 (mm)	4dca:	76 (mm)		OK!
Distancia entre furos na vertical:	250 (mm)	4dca:	76 (mm)		OK!
Distancia entre furos e alma do pilar:	125 (mm)	2dca:	38 (mm)		OK!
B:	330 (mm)	Bmín:	207 (mm)		OK!
E:	250 (mm)	Emin:	245 (mm)		OK!
<b><u>DIMENSÕES DA PLACA DE BASE</u></b>					
Bpb:	330 (mm)	tpb,mín (CP):	16 (mm)		OK!
tpb:	19 (mm)				
<b><u>DIMENSÕES DO BLOCO DE CONCRETO DA FUNDAÇÃO</u></b>					
Hbl:	650 (mm)	Hpb+11dca:	570 (mm)		OK!
Bbl:	650 (mm)	Bpb+11dca:	539 (mm)		OK!
hbl:	650 (mm)	Han+200mm:	450 (mm)		OK!
<b><u>ALTURA E RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA EXPANSIVA (GROUT)</u></b>					
Har:	50 (mm)	Tabela 11.1:	40 (mm)		OK!
fc,kar:	30 MPa	1,5*fc,kbl	30 MPa		OK!

Fonte: Autor.

Depois disso, a partir das disposições construtivas, é calculado os esforços solicitantes na placa de base. Para isso, foi feito uma análise para cada tipo de esforço, conforme descrito nas Figuras 40 a 45.

Figura 40 – Solicitações na Placa de Base – Análise 1

SOLICITAÇÕES NA BASE			
Análise 01	Maior Esforço de Fx		Combinação: 502
$e = \frac{ M_{Sd} }{N_{c,Sd}}$	17,44 cm	$e_{crit,c} = \frac{1}{2} \left( H_{pb} - \frac{N_{c,Sd}}{B_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	17,28 cm
$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c * \gamma_n}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>		Ecrit,c >=0 <b>OK!</b>
<b>1ª Possibilidade</b>			
<i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i> →	$Y = H_{pb} - 2e$	1,22 cm →	$\Sigma F_{t,Sd} = 0$
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{N_{c,Sd}}{\gamma * B_{pb}}$	1,29 KN/cm <sup>2</sup>	
<b>2ª Possibilidade</b>			
<i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i> →	$\Delta = \left( h_t + \frac{H_{cpb}}{2} \right)^2 - \left( \frac{2 N_{c,Sd} (e + h_t)}{B_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	933,896 Delta > 0	<b>OK!</b>
	$Y = h_t + \frac{H_{pb}}{2} - \sqrt{\Delta}$	1,54 cm	
	$\Sigma F_{t,Sd} = \sigma_{c,Rd} Y B_{pb} - N_{c,Sd}$	0,27 KN	
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{(N_{c,Sd} + \Sigma F_{t,Sd})}{\gamma B_{pb}}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>	
<b>RESULTADO</b>			
<b>F<sub>t,sd</sub></b> =	0,00 KN	0 KN	Para 1ª Possibilidade <i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>
		0,27 KN	Para 2ª Possibilidade <i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>
<b>σ<sub>c,sd</sub></b> =	1,29 KN/cm <sup>2</sup>	1,29 KN/cm <sup>2</sup>	Para 1ª Possibilidade <i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>
		1,02 KN/cm <sup>2</sup>	Para 2ª Possibilidade <i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>
<b>γ</b> =	1,22 cm	1,22 cm	Para 1ª Possibilidade <i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>
		1,54 cm	Para 2ª Possibilidade <i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>

Fonte: Autor.

Figura 41 – Solicitações na Placa de Base – Análise 2

Análise 02	Maior Esforço de Fy		Combinação: 770	
$e = \left  \frac{M_{sd}}{N_{c,sd}} \right $	20,87 cm	$e_{crit,c} = \frac{1}{2} \left( H_{pb} - \frac{N_{c,sd}}{B_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	17,14 cm	Ecrit,c >=0 <b>OK!</b>
$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c * \gamma_n}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>			
<b>1ª Possibilidade</b>				
<i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i> →	$Y = H_{pb} - 2e$	-5,63 cm →	$\Sigma F_{t,Sd} = 0$	
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{N_{c,Sd}}{Y * B_{pb}}$	-0,33 KN/cm <sup>2</sup>		
<b>2ª Possibilidade</b>				
<i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i> →	$\Delta = \left( h_t + \frac{H_{cpb}}{2} \right)^2 - \left( \frac{2 N_{c,Sd} (e + h_t)}{B_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	903,9907 Delta > 0	<b>OK!</b>	
	$Y = h_t + \frac{H_{pb}}{2} - \sqrt{\Delta}$	2,03 cm		
	$\Sigma F_{t,Sd} = \sigma_{c,Rd} Y B_{pb} - N_{c,Sd}$	7,52 KN		
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{(N_{c,Sd} + \Sigma F_{t,Sd})}{Y B_{pb}}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>		
<b>RESULTADO</b>				
<b>F<sub>t,sd</sub></b> = 7,52 KN	0 KN	Para 1ª Possibilidade <i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>		
	7,52 KN	Para 2ª Possibilidade <i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>		
<b>σ<sub>c,sd</sub></b> = 1,02 KN/cm <sup>2</sup>	-0,33 KN/cm <sup>2</sup>	Para 1ª Possibilidade <i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>		
	1,02 KN/cm <sup>2</sup>	Para 2ª Possibilidade <i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>		
<b>y</b> = 2,03 cm	-5,63 cm	Para 1ª Possibilidade <i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>		
	2,03 cm	Para 2ª Possibilidade <i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>		

Fonte: Autor.

Figura 42 – Solicitações na Placa de Base – Análise 3

Análise 03	Maior Esforço de Tração		Combinação: 996	
$e = \left  \frac{M_{Sd}}{N_{c,Sd}} \right $	28,15 cm	$e_{crit,t} = h_t$	14,05 cm	Ecrit,c >=0 <b>OK!</b>
$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c * \gamma_n}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>			
<b>1ª Possibilidade</b>				
<i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i> →	$\Sigma F_{t,Sd} = \frac{N_{t,Sd}}{2} \left( 1 + \frac{e}{h_t} \right)$		39,05 KN	
<b>2ª Possibilidade</b>				
<i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i> →	$\Delta = \left( h_t + \frac{H_{pb}}{2} \right)^2 - \left( \frac{2 N_{c,Sd} (e - h_t)}{B_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$		1008,63 Delta > 0	<b>OK!</b>
	$Y = h_t + \frac{H_{pb}}{2} - \sqrt{\Delta}$	0,34 cm		
	$\Sigma F_{t,Sd} = \sigma_{c,Rd} Y B_{pb} + N_{c,Sd}$		37,48 KN	
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{(F_{t,Sd} - N_{t,Sd})}{Y B_{pb}}$		1,02 KN/cm <sup>2</sup>	
<b>RESULTADO</b>				
<b>F<sub>t,sd</sub></b> = 37,48 KN	39,05 KN	Para 1ª Possibilidade	<i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>	
	37,48 KN	Para 2ª Possibilidade	<i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>	
<b>σ<sub>c,sd</sub></b> = 1,02 KN/cm <sup>2</sup>	0,00 KN/cm <sup>2</sup>	Para 1ª Possibilidade	<i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>	
	1,02 KN/cm <sup>2</sup>	Para 2ª Possibilidade	<i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>	

Fonte: Autor.

Figura 43 – Solicitações na Placa de Base – Análise 4

Análise 04	Maior Esforço de Compressão		Combinação: 237
$e = \left  \frac{M_{Sd}}{N_{c,Sd}} \right $	9,38 cm	$e_{crit,c} = \frac{1}{2} \left( H_{pb} - \frac{N_{c,Sd}}{B_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	16,84 cm
$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c * \gamma_n}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>		Ecrit,c >=0 <span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">OK!</span>
<b>1ª Possibilidade</b>			
<i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i> →	$Y = H_{pb} - 2e$	17,34 cm →	$\Sigma F_{t,Sd} = 0$
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{N_{c,Sd}}{\gamma_c * B_{pb}}$	0,14 KN/cm <sup>2</sup>	
<b>2ª Possibilidade</b>			
<i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i> →	$\Delta = \left( h_t + \frac{H_{cpb}}{2} \right)^2 - \left( \frac{2 N_{c,Sd} (e + h_t)}{B_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	916,6107 Delta > 0	<span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">OK!</span>
	$Y = h_t + \frac{H_{pb}}{2} - \sqrt{\Delta}$	1,82 cm	
	$\Sigma F_{t,Sd} = \sigma_{c,Rd} Y B_{pb} - N_{c,Sd}$	-20,35 KN	
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{(N_{c,Sd} + \Sigma F_{t,Sd})}{Y B_{pb}}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>	
<b>RESULTADO</b>			
<b>F<sub>t,sd</sub></b> = <span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">0,00</span> KN	0 KN	Para 1ª Possibilidade	<i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>
	-20,35 KN	Para 2ª Possibilidade	<i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>
<b>σ<sub>c,sd</sub></b> = <span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">0,14</span> KN/cm <sup>2</sup>	0,14 KN/cm <sup>2</sup>	Para 1ª Possibilidade	<i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>
	1,02 KN/cm <sup>2</sup>	Para 2ª Possibilidade	<i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>
<b>y</b> = <span style="background-color: #d9ead3; padding: 2px;">17,34</span> cm	17,34 cm	Para 1ª Possibilidade	<i>Para e ≤ e<sub>crit,c</sub></i>
	1,82 cm	Para 2ª Possibilidade	<i>Para e &gt; e<sub>crit,c</sub></i>

Fonte: Autor.



Figura 44 – Solicitações na Placa de Base – Análise 5

Análise 05	Maior Esforço de Momento Mx		Combinação: 227
$e = \left  \frac{M_{Sd}}{N_{c,Sd}} \right $	22,99 cm	$e_{crit,c} = \frac{1}{2} \left( H_{pb} - \frac{N_{c,Sd}}{B_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	17,22 cm $E_{crit,c} \geq 0$ <b>OK!</b>
$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c * \gamma_n}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>		
<b>1ª Possibilidade</b>			
<i>Para <math>e \leq e_{crit,c}</math></i> →	$Y = H_{pb} - 2e$	-9,88 cm →	$\Sigma F_{t,Sd} = 0$
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{N_{c,Sd}}{Y * B_{pb}}$	-0,17 KN/cm <sup>2</sup>	
<b>2ª Possibilidade</b>			
<i>Para <math>e &gt; e_{crit,c}</math></i> →	$\Delta = \left( h_t + \frac{H_{cpb}}{2} \right)^2 - \left( \frac{2 N_{c,Sd} (e + h_t)}{B_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	907,7361 Delta > 0	<b>OK!</b>
	$Y = h_t + \frac{H_{pb}}{2} - \sqrt{\Delta}$	1,97 cm	
	$\Sigma F_{t,Sd} = \sigma_{c,Rd} Y B_{pb} - N_{c,Sd}$	10,62 KN	
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{(N_{c,Sd} + \Sigma F_{t,Sd})}{Y B_{pb}}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>	
<b>RESULTADO</b>			
<b>F<sub>t,sd</sub></b> = 10,62 KN	0 KN	Para 1ª Possibilidade	<i>Para <math>e \leq e_{crit,c}</math></i>
	10,62 KN	Para 2ª Possibilidade	<i>Para <math>e &gt; e_{crit,c}</math></i>
<b>σ<sub>c,sd</sub></b> = 1,02 KN/cm <sup>2</sup>	-0,17 KN/cm <sup>2</sup>	Para 1ª Possibilidade	<i>Para <math>e \leq e_{crit,c}</math></i>
	1,02 KN/cm <sup>2</sup>	Para 2ª Possibilidade	<i>Para <math>e &gt; e_{crit,c}</math></i>
<b>y</b> = 1,97 cm	-9,88 cm	Para 1ª Possibilidade	<i>Para <math>e \leq e_{crit,c}</math></i>
	1,97 cm	Para 2ª Possibilidade	<i>Para <math>e &gt; e_{crit,c}</math></i>

Fonte: Autor.

Figura 45 – Solicitações na Placa de Base – Análise 6

Análise 06	Maior Esforço de Momento My		Combinação: 502
$e = \left  \frac{M_{Sd}}{N_{c,Sd}} \right $	17,44 cm	$e_{crit,c} = \frac{1}{2} \left( B_{pb} - \frac{N_{c,Sd}}{H_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	15,80 cm $E_{crit,c} \geq 0$ <b>OK!</b>
$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c * \gamma_n}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>		
<b>1ª Possibilidade</b>			
<i>Para <math>e \leq e_{crit,c}</math></i> →	$Y = B_{pb} - 2e$	-1,88 cm →	$\Sigma F_{t,Sd} = 0$
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{N_{c,Sd}}{Y * H_{pb}}$	-0,76 KN/cm <sup>2</sup>	
<b>2ª Possibilidade</b>			
<i>Para <math>e &gt; e_{crit,c}</math></i> →	$\Delta = \left( h_t + \frac{B_{cpb}}{2} \right)^2 - \left( \frac{2 N_{c,Sd} (e + h_t)}{H_{pb} * \sigma_{c,Rd}} \right)$	757,1163 Delta > 0	<b>OK!</b>
	$Y = h_t + \frac{B_{pb}}{2} - \sqrt{\Delta}$	1,48 cm	
	$\Sigma F_{t,Sd} = \sigma_{c,Rd} Y H_{pb} - N_{c,Sd}$	3,08 KN	
	$\sigma_{c,Sd} = \frac{(N_{c,Sd} + \Sigma F_{t,Sd})}{Y H_{pb}}$	1,02 KN/cm <sup>2</sup>	
<b>RESULTADO</b>			
<b>F<sub>t,sd</sub></b> = 3,08 KN	0 KN	Para 1ª Possibilidade	<i>Para <math>e \leq e_{crit,c}</math></i>
	3,08 KN	Para 2ª Possibilidade	<i>Para <math>e &gt; e_{crit,c}</math></i>
<b>σ<sub>c,sd</sub></b> = 1,02 KN/cm <sup>2</sup>	-0,76 KN/cm <sup>2</sup>	Para 1ª Possibilidade	<i>Para <math>e \leq e_{crit,c}</math></i>
	1,02 KN/cm <sup>2</sup>	Para 2ª Possibilidade	<i>Para <math>e &gt; e_{crit,c}</math></i>
<b>y</b> = 1,48 cm	-1,88 cm	Para 1ª Possibilidade	<i>Para <math>e \leq e_{crit,c}</math></i>
	1,48 cm	Para 2ª Possibilidade	<i>Para <math>e &gt; e_{crit,c}</math></i>

Fonte: Autor.

A verificação dos chumbadores também é uma etapa necessária para o conjunto. Por isso, é feita a verificação do chumbador quanto sua resistência à tração e ao cisalhamento conforme mostrados nas Figuras 46 e 47, respectivamente.

**Figura 46 – Verificação dos Chumbadores à Tração**

VERIFICAÇÃO DOS CHUMBADORES					
$\Sigma F_{t,Sd} =$	37,48 KN				
TRAÇÃO					
<u>Escoamento da seção bruta dos chumbadores</u>					
$A_{g,ca} = \frac{\pi d_{ca}^2}{4}$	2,84 cm <sup>2</sup>	$\Sigma F_{t,Rd,y} = \frac{n_t A_{gca} f_{yca}}{Y_{a1}}$	128,87 KN		OK!
<u>Ruptura da parte rosqueada dos chumbadores</u>					
$A_{e,ca} = 0,75 A_{g,ca}$	2,13 cm <sup>2</sup>	$\Sigma F_{t,Rd,u} = \frac{n_t A_{e,ca} f_{uca}}{Y_{a2}}$	126,01 KN		OK!
<u>Arrancamento dos Chumbadores</u>					
$A_{cp} = 1,7 A_{g,ca}$	4,82 cm <sup>2</sup>	$\Sigma F_{t,Rd,u} = \frac{8 n_t A_{cp} f_{ck,bl}}{Y_c}$	110,17 KN		OK!
<u>Ruptura do Concreto</u>					
$c_1 \leq \begin{cases} \frac{H_{bl}}{2} - h_t \\ 1,5 h_{an} \end{cases}$	18,45 cm	$c_2 \leq \begin{cases} \frac{B_{bl} - B_{pb} + 2 a_1}{2} \\ 1,5 h_{an} \end{cases}$	20 cm		
$c_3 \leq \begin{cases} h_t \\ 1,5 h_{an} \end{cases}$	14,05 cm	$c_4 \leq \begin{cases} a_2 \\ 3,0 h_{an} \end{cases}$	25 cm		
$A_{rc} = (c_2 + \frac{c_4}{2})(c_1 + c_3) + (n_t - 2)c_4(c_1 + c_3)$	2.112,50 cm <sup>2</sup>	$\Sigma F_{t,Rd,rc} = \frac{0,08 A_{rc} \sqrt{f_{ck,bl}}}{Y_c h_{an}^{1/3}}$	58,38 KN		OK!

Fonte: Autor.

Figura 47 – Verificação dos Chumbadores ao Cisalhamento

CHUMBADOR RESISTINDO AO CISALHAMENTO			
$V_{bc,Sd}$	4,07 KN	tae: 0,95 cm	
VERIFICAÇÃO DO CHUMBADOR AO CISALHAMENTO			
$6c,Rd = \frac{f_{ck,bl}}{Y_c Y_n}$	10,20 KN/cm <sup>2</sup>	$\alpha = 1,18 \cdot \frac{(t_{pb} + 0,5t_{ae})}{d_{ca}} \cdot \frac{f_{u,ca}}{f_{y,ca}}$	2,36
$F_{v,Rd,i} = \frac{0,4 \cdot A_{g,ca} \cdot f_{u,ca}}{Y_{a2}}$	33,60 KN	$F_{t,Sd,i}$	18,74 KN (Lado Tracionado)
Força Cortante Resistente dos chumbadores do lado tracionado:			
$V_{ca,Rd,i} \leq \left\{ \frac{0,8}{1+\alpha^2} \left[ \sqrt{(1+\alpha^2) F_{v,Rd,i}^2 - (0,533F_{t,Sd,i})^2} - \alpha (0,533F_{t,Sd,i}) \right] \right\}$			7,55 KN 18,42 KN
$V_{ca,Rd,i}$	7,55 KN		
Força Cortante Resistente dos chumbadores do lado Comprimido:			
$V_{ca,Rd,i} \leq \left\{ \frac{0,8}{1+\alpha^2} \left[ \sqrt{(1+\alpha^2) F_{v,Rd,i}^2 - (0,533F_{t,Sd,i})^2} - \alpha (0,533F_{t,Sd,i}) \right] \right\}$			10,49 KN 18,42 KN
$V_{ca,Rd,i}$	10,49 KN		
Força Cortante Resistente de todos os chumbadores:			
$V_{ca,Rd,i}$	36,0685171 KN	>	$V_{ca,Sd}$ 4,07 KN <b>OK!</b>
VERIFICAÇÃO FINAL			
$\left( \frac{F_{t,Sd}}{F_{t,Rd}} \right)^2 + \left( \frac{V_{c,Sd}}{V_{c,Rd}} \right)^2$		0,10 <= 1,00 <b>OK!</b> 0,10 <= 0,4 <b>OK!</b>	Se for maior que 0,40, considerar barra de cisalhamento

Fonte: Autor.

Por fim, é realizada a verificação da resistência da placa de base quanto ao momento solicitante, conforme descrito na Figura 48.

Figura 48 – Verificação da Placa de Base

PLACA DE BASE					
$M_{pb,Rd} = \frac{t_{pb}^2 f_{y,pb}}{4Y_{a1}}$	20,51 KN.cm/cm				
MOMENTOS FLETORES SOLICITANTES PROVOCADOS PELA COMPRESSÃO NO CONCRETO					
$m \geq \begin{cases} m_1 = \frac{H_{pb} - 0,95d}{2} \\ m_2 = \frac{B_{pb} - 0,8b_f}{2} \\ m_3 = \frac{\sqrt{d}b_f}{4} \end{cases}$	9,90 cm	m1: 8,50 m2: 9,90 m3: 4,55			
<u>Análise 01</u>	$\gamma =$ 1,22 cm $\sigma_{c,sd} =$ 1,29 KN/cm <sup>2</sup>	$m = \sqrt{2Ym_1 - Y^2}$	4,75 cm		
	$m =$ 4,75 cm	4,75 cm 9,90 cm	Para $\gamma < m_1$ Para $\gamma > m_1$	$M_{pb,c,Sd} = \sigma_{c,Sd} \frac{m^2}{2}$	14,53 KN.cm/cm
<u>Análise 02</u>	$\gamma =$ 2,03 cm $\sigma_{c,sd} =$ 1,02 KN/cm <sup>2</sup>	$m = \sqrt{2Ym_1 - Y^2}$	6,01 cm		
	$m =$ 6,01 cm	6,01 cm 9,90 cm	Para $\gamma < m_1$ Para $\gamma > m_1$	$M_{pb,c,Sd} = \sigma_{c,Sd} \frac{m^2}{2}$	18,43 KN.cm/cm
<u>Análise 03</u>	$B_p$ 33,00 cm $n_t$ 2,00 unidades. $d_{ca}$ 1,9 cm $a_1$ 4,00 cm	19,8 19,80			
				$M_{pb,c,Sd} = \frac{\sum F_{t,Sd} \times a_1}{\text{Somat. } P_i}$	7,57 KN.cm/cm
<u>Análise 04</u>	$\gamma =$ 17,34 cm $\sigma_{c,sd} =$ 0,14 KN/cm <sup>2</sup>	$m = \sqrt{2Ym_1 - Y^2}$	6,53 cm		
	$m =$ 9,90 cm	6,53 cm 9,90 cm	Para $\gamma < m_1$ Para $\gamma > m_1$	$M_{pb,c,Sd} = \sigma_{c,Sd} \frac{m^2}{2}$	7,00 KN.cm/cm
<u>Análise 05</u>	$\gamma =$ 1,97 cm $\sigma_{c,sd} =$ 1,02 KN/cm <sup>2</sup>	$m = \sqrt{2Ym_1 - Y^2}$	5,93 cm		
	$m =$ 5,93 cm	5,93 cm 9,90 cm	Para $\gamma < m_1$ Para $\gamma > m_1$	$M_{pb,c,Sd} = \sigma_{c,Sd} \frac{m^2}{2}$	17,93 KN.cm/cm
<u>Análise 06</u>	$\gamma =$ 1,48 cm $\sigma_{c,sd} =$ 1,02 KN/cm <sup>2</sup>	$m = \sqrt{2Ym_1 - Y^2}$	5,21 cm		
	$m =$ 5,21 cm	5,21 cm 0,00 cm	Para $\gamma < m_1$ Para $\gamma > m_1$	$M_{pb,c,Sd} = \sigma_{c,Sd} \frac{m^2}{2}$	13,87 KN.cm/cm
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE PROVOCADO PELA TRAÇÃO NOS CHUMBADORES					
$\sum p_i$	19,8 cm				
$M_{pb,t,Sd} = \frac{\sum F_{t,Sd} a_1}{\sum p_i}$	7,57 KN.cm/cm				
VERIFICAÇÃO FINAL					
$M_{pb,Sd}$	18,43 KN.cm/cm	$M_{pb,Rd}$	20,51 KN.cm/cm	OK!	

Fonte: Autor.

## 12 CONCLUSÃO

O dimensionamento de uma cobertura em estrutura metálica é um processo complexo que envolve diversos fatores, tais como cargas, condições de contorno, escolha de materiais e ligações estruturais. No presente trabalho, foi realizada uma análise detalhada da estrutura da cobertura de uma rodoviária, utilizando o Método dos Estados-Limites, conforme prescrições da ABNT NBR 8800:2008. Foram definidos os perfis estruturais mais adequados para os pilares, vigas, treliças e contraventamentos, bem como as ligações de base.

A partir dos cálculos realizados, foi possível verificar que a estrutura da cobertura em questão apresenta um Fator de Trabalho inferior a 1,00, indicando que a mesma está apta a operar com segurança. Além disso, foram consideradas as cargas e condições de contorno previstas para o local onde a estrutura será instalada, garantindo assim a adequação do projeto às necessidades do cliente.

Portanto, conclui-se que o dimensionamento de uma cobertura em estrutura metálica deve ser realizado com precisão e seguindo as normas técnicas vigentes, de forma a garantir a segurança e a eficiência da estrutura. A escolha correta dos materiais e das ligações estruturais também é fundamental para o sucesso do projeto. Por fim, destaca-se a importância de uma equipe multidisciplinar e especializada para o desenvolvimento de projetos desse tipo, a fim de garantir a qualidade e a segurança da obra.

### 13 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devida ao vento em edificações, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estrutura de aço e estrutura mista de aço e concreto de edifícios, 2008.

CHEN, W. F.; DOLAN, C. W. **Fundamentos da análise estrutural**. 2. ed. São Paulo: LTC, 2011.

FONSECA, F. C. C. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MEDEIROS, D. F. **Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

VARGAS, M. A. P. **Dimensionamento de estruturas de aço: estruturas reticuladas e mistas de aço e concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

FAKURY, Ricardo H.; SILVA, Ana Lydia R. Castro e; CALDAS, Rodrigo B. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Aço e Mistos de Aço e Concreto**. São Paulo: Pearson, 2016.