

# **MEMORIAL DE CÁLCULO**

**5ª EDIÇÃO – CONCURSO CBCA PARA ESTUDANTES DE ENGENHARIA**

1.	APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA E COMENTÁRIOS INICIAIS .....	4
2.	CARREGAMENTOS E COMBINAÇÕES .....	6
2.1.	CARREGAMENTOS .....	6
2.2.	COMBINAÇÕES PARA A FASE CONSTRUTIVA .....	7
2.3.	COMBINAÇÕES PARA A FASE FINAL .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA .....	11
4.	CONSIDERAÇÕES PARA ESTABILIDADE LATERAL .....	15
5.	ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS .....	16
6.	AÇÃO DO VENTO SOBRE A ESTRUTURA .....	17
7.	ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA .....	26
7.1.	PILAR MAIS SOLICITADO NO PAVIMENTO TÉRREO .....	27
7.2.	VIGA PRINCIPAL DO PAVIMENTO TIPO .....	30
7.3.	VIGA SECUNDÁRIA DO PAVIMENTO TIPO .....	34
7.4.	VIGA DA ESCADA .....	37
7.5.	TRELIÇA PARA A COBERTURA.....	39
7.6.	VIGA DE SUPORTE PARA O ELEVADOR.....	44
7.7.	DIMENSIONAMENTO DE LIGAÇÕES .....	47
7.7.1.	PLACA DE BASE DOS PILARES .....	48
7.7.2.	LIGAÇÃO VIGA-PILAR (RÍGIDA) .....	51
7.7.3.	LIGAÇÃO VIGA-PILAR (FLEXÍVEL) .....	54
7.7.4.	LIGAÇÃO VIGA-VIGA.....	56

7.8.	TABELAS DE ESFORÇOS NAS FUNDAÇÕES .....	59
8.	MANUTENÇÃO E COMPORTAMENTO EM CASO DE INCÊNDIO .....	60
9.	CONCLUSÃO .....	63
9.1.	CONSUMO TOTAL DE AÇO ESTRUTURAL ESTIMADO .....	63
9.2.	TAXA DE AÇO ESTIMADO .....	63
9.3.	VANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DO PROJETO ELABORADO	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
9.4.	VANTAGENS DO USO DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## 1. COMENTÁRIOS INICIAIS E APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA

A estrutura tratada no presente memorial refere-se à um edifício em aço para Habitação de Interesse Social (HIS). Nos itens abaixo serão tratadas as questões de dimensionamento pelo método dos estados limites para estados últimos e de serviço.

O modelo para o cálculo foi desenvolvido no programa computacional de análise em elementos finitos, SCIA Engineer, que também verificou os limites estabelecidos pela ABNT NBR 8800 para os elementos de aço e pela ABNT NBR 16239 para a estrutura mista. No que se refere ao cálculo das ligações, foi utilizado o software em *component based finite element method (CBFEM)*, o Idea Statica, para a verificação dos esforços resistentes de cálculo. O detalhamento da estrutura foi concebido no ALLPLAN Engineering.

Trazidas as informações supracitadas, são apresentadas as características gerais da estrutura:

- Edifício em aço, com laje mista de aço e concreto;
- 4 pavimentos + ático;
- 4 apartamentos por pavimento;
- Fechamento externo em *steel frame* com placas cimentícias;
- Fechamento interno em *drywall*.
- Escada concebida com dois banzos laterais e degraus em chapa dobrada com enchimento de concreto;
- Capa de concreto de 3 cm para regularização da laje mista;
- Parede dupla de *drywall* entre apartamentos;

A Figura 1 mostra uma imagem renderizada da estrutura.

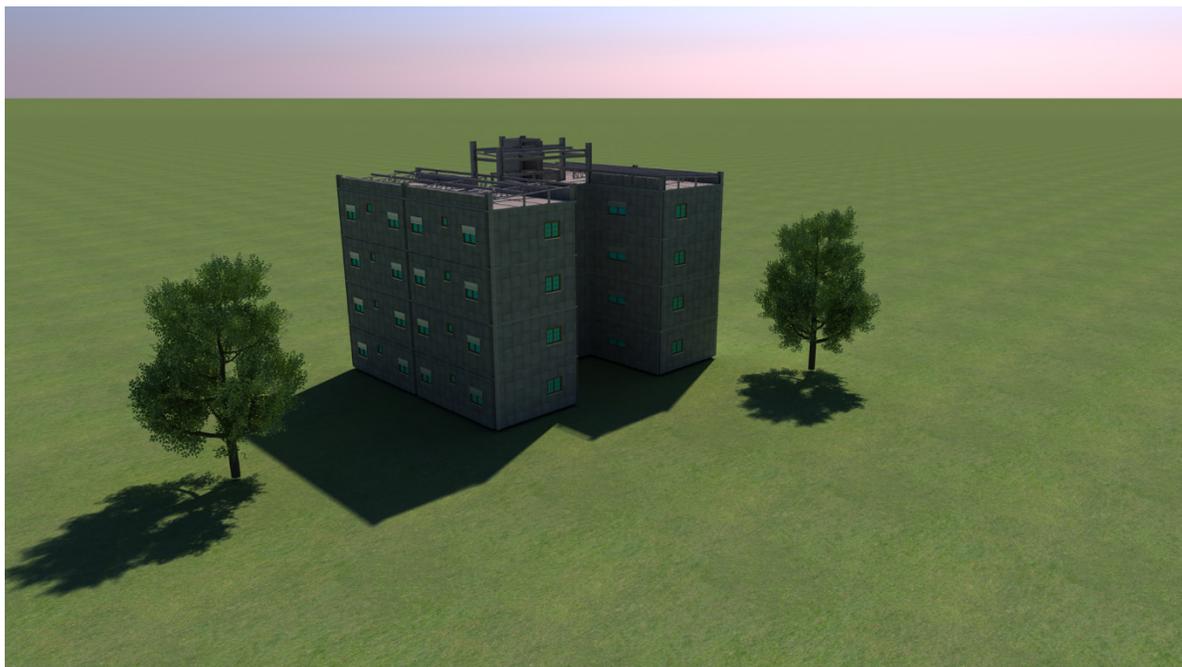


Figura 1 – Imagem renderizada da estrutura pelo ALLPLAN

A Figura mostra uma imagem da estrutura no software de cálculo.

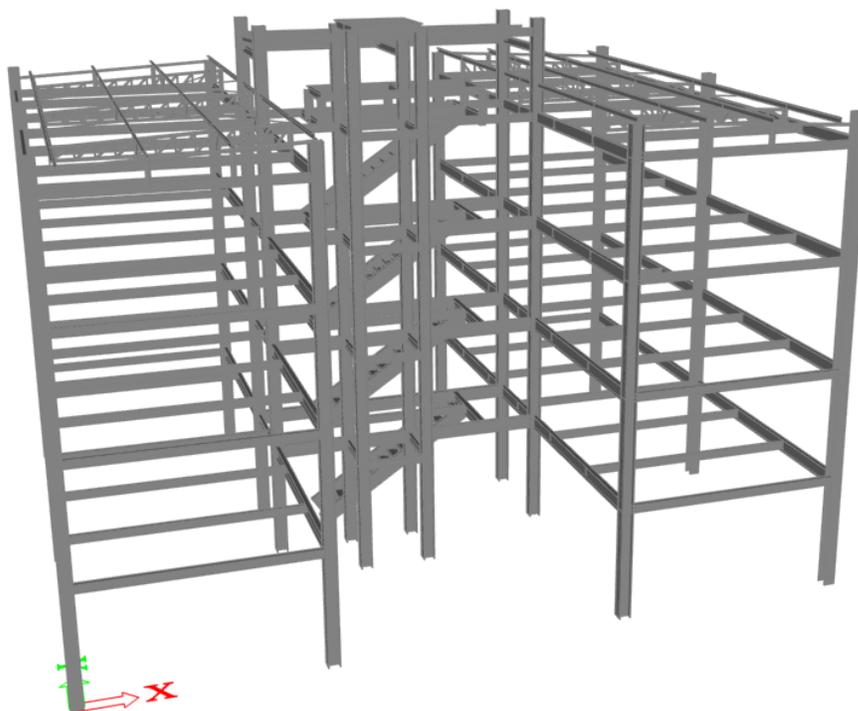


Figura 2 – Estrutura no SCIA Engineer.



Tabela 1 – Descrição das cargas

CASO DE CARGA	Valor	Unidade	Tipo de carga	Natureza da carga
Peso próprio da estrutura metálica	Calculado pelo software	-	Linear	
Paredes de fechamento <sup>1a</sup>	7.50	kN/m	Linear livre	
Paredes internas <sup>1b</sup>	1.30			
Revestimentos de piso <sup>2</sup>	1.18			Permanente
Forro <sup>3</sup>	0.25	kN/m <sup>2</sup>	Superfície	
Armadura de retração do Steel Deck <sup>4</sup>	0.01			
Enchimento dos degraus da escada (concreto) <sup>5</sup>	1.00	kN/m	Superfície/Linear	
Sobrecarga de uso na escada	3.00			
Sobrecarga de uso na área de serviço	2.00			
Sobrecarga de uso em áreas comuns	3.00			
Sobrecarga de uso nos demais ambientes	1.50	kN/m <sup>2</sup>		Variável
Ação variável de construção	1.00		Superfície	
Ação variável na cobertura metálica	0.25			
Ação variável na laje de cobertura	1.00			
Vento***	Ver item 6			

#### Observações:

(1a) – Os valores encontrados de placa cimentícia com *steel frame* foram encontrados em diversos fabricantes.

(1b) – Valor estabelecido pela ABNT NBR 6120:2019 (Tabela 3) para paredes de *drywall* até 30 cm de espessura; para o cálculo por metro linear, utilizou-se o valor apresentado de 0,50 kN/m<sup>2</sup> e multiplicou-se pela altura da parede, (2,6 m).

(2) – Para o peso próprio dos revestimentos de piso foram considerados:

- 1 cm de argamassa de assentamento com  $21 \text{ kN/m}^3$ , resultando em  $0,21 \text{ kN/m}^2$  de argamassa;
- $0,25 \text{ kN/m}^2$  de piso cerâmico;
- 3 cm de capa de regularização com concreto sem armadura com  $24 \text{ kN/m}^3$ , resultando em  $0,72 \text{ kN/m}^2$ .

(3) – Pela ABNT NBR 6120 (Tabela 8 – forro de gesso acartonado)  $0,25 \text{ kN/m}^2$ ;

(4) – Recomendação da Metform;

(5) – Considerando o peso próprio do concreto armado, a carga linear em cada degrau é calculada multiplicando  $25 \text{ kN/m}^3$  (peso próprio do concreto armado) pela espessura do degrau (10 cm) e pela largura do degrau (28 cm), resultando em aproximadamente  $0,7 \text{ kN/m}$ . Por segurança, foi admitida uma carga de  $1,00 \text{ kN/m}$  em cada degrau.

Além da carga no degrau, a viga de bordo da escada, recebe uma carga de  $0,26 \text{ kN/m}$  referente ao corrimão.

Assim, somando as cargas permanentes atuantes no piso (itens 2, 3 e 4 referidos acima), encontra-se uma carga total de  $1,44 \text{ kN/m}^2$ , como visto na Figura 4.

No último pavimento, foi considerada uma carga linear de  $1,75 \text{ kN/m}$  referente à platibanda. Quanto ao elevador, segundo recomendações da ABNT NBR 6120:2019 foram admitidas duas forças pontuais de  $70 \text{ kN}$  em  $1/3$  e  $2/3$  do comprimento da viga de sustentação, ver item 7.6.

Os carregamentos variáveis não relacionados ao vento são exibidos a partir da Figura 5 até o fim do presente item.

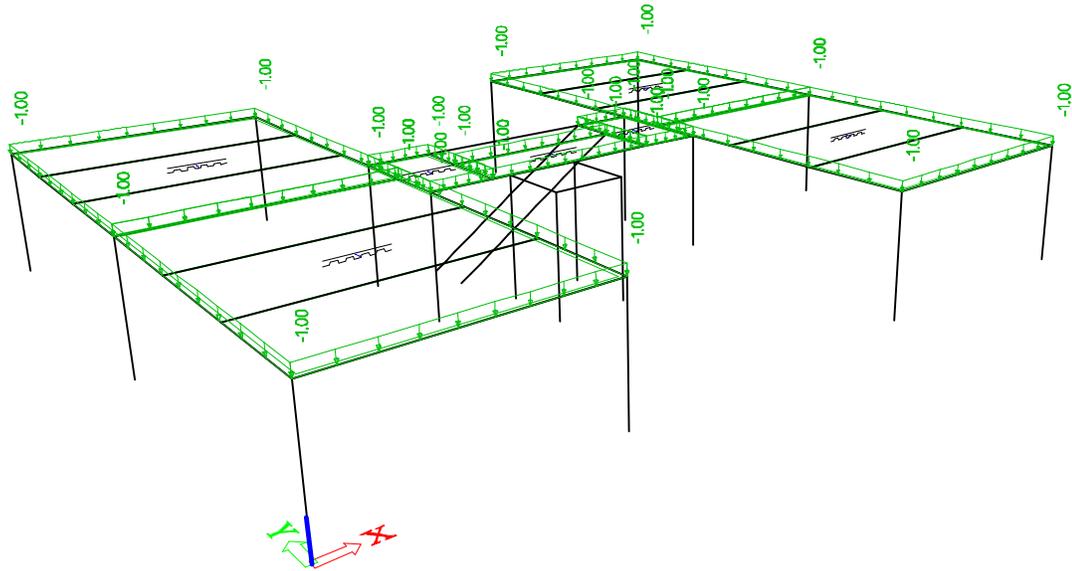


Figura 5 – Carga variável de construção no pavimento tipo.

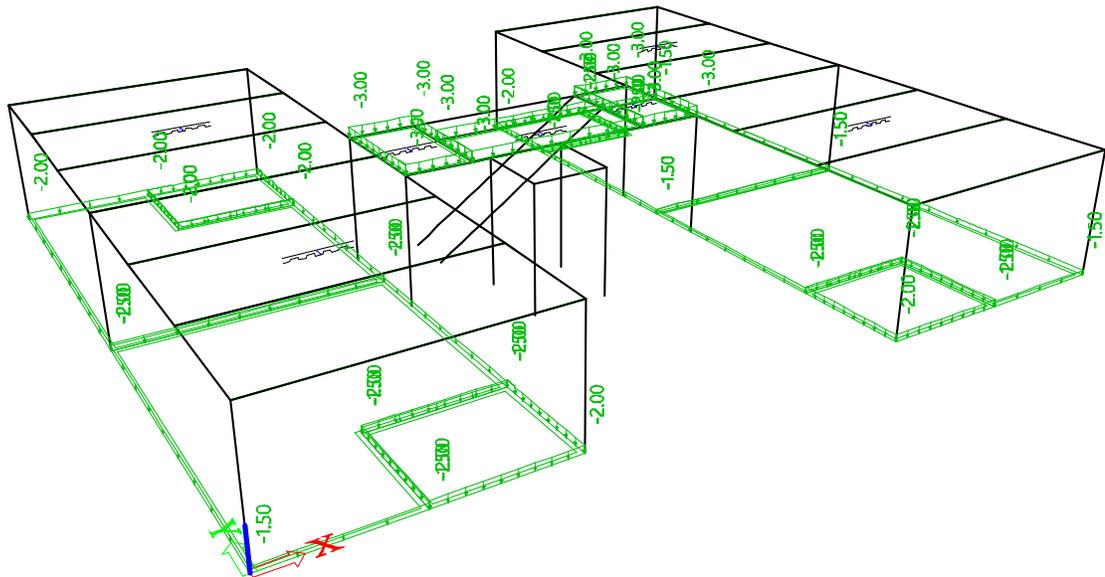


Figura 6 – Cargas variáveis de uso e ocupação no pavimento tipo.

Note que, mesmo que as cargas estejam projetadas em  $Z = 0,00$  m, foi utilizada uma função no SCIA ENGINEER que aplica o carregamento para todos os pavimentos tipo (exceto na laje de cobertura). Os carregamentos variáveis referentes à cobertura são expostos a seguir.

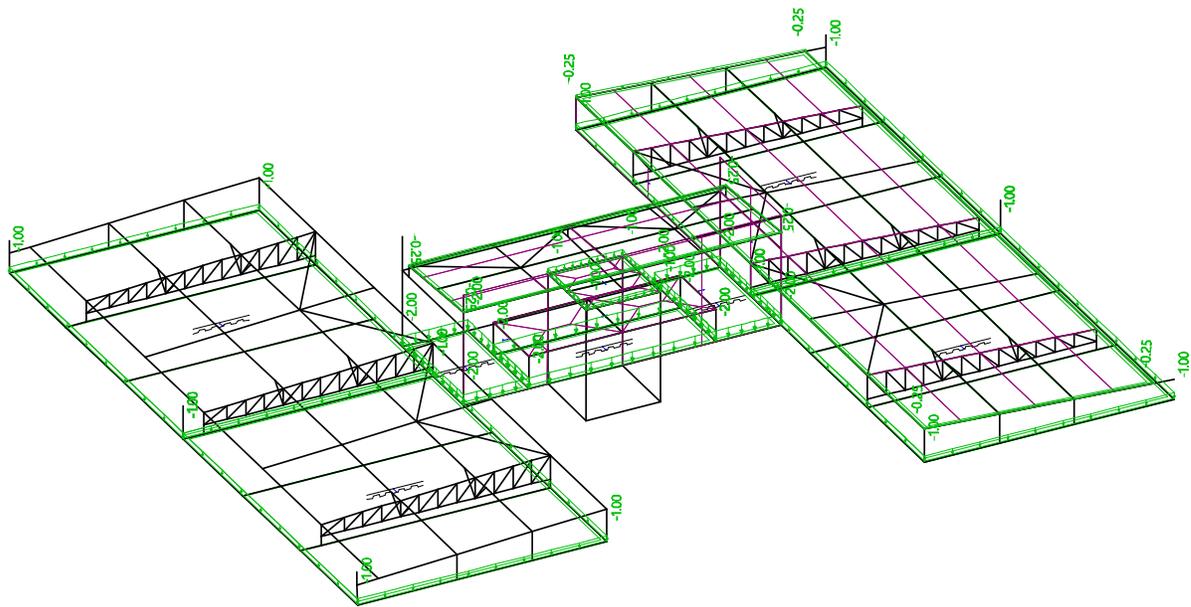


Figura 7 – Cargas variáveis de uso e ocupação na cobertura.

Como ações permanentes, foram considerados  $0,13 \text{ kN/m}^2$  para as telhas. E 60 toneladas distribuídas na plataforma do ático como cargas superficiais. Tendo a plataforma  $6 \text{ m}^2$ , a carga superficial atuante foi de  $10 \text{ kN/m}^2$ .

Abaixo estão os carregamentos permanentes e variáveis atuando na escada.

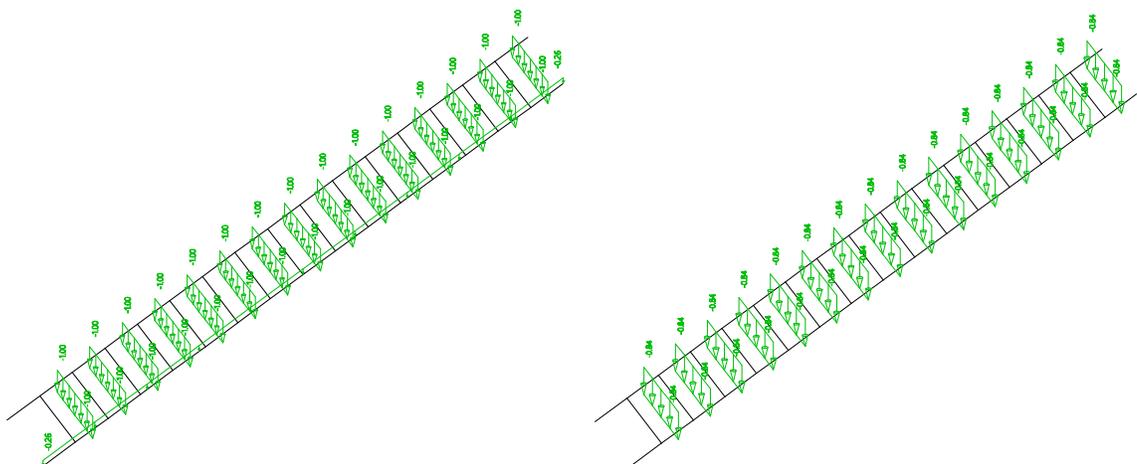


Figura 8 – Carga permanente à esquerda e carga variável à direita.

## 2.2. COMBINAÇÕES

As combinações encontram-se em anexo deste documento. É importante destacar as seguintes nomenclaturas:

ELS – Estado Limite de Serviço;

ELK – Combinações Características;

ELU – Estado Limite Último;

FC – Fase de Construção;

FF – Fase Final;

FR – Combinação Frequente;

QP – Combinação Quase Permanente;

RR – Combinação Rara;

As combinações seguiram o que consta na ABNT NBR 8800:2008.

## 3. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Este item destina-se à uma breve descrição da estrutura, uma vez que os detalhamentos se encontram nas pranchas, também objeto deste concurso. As figuras dos subitens abaixo dispensam, portanto, explicações. Vale a pena destacar que vigas secundárias foram todas consideradas biapoiadas enquanto as vigas principais, rígidas.

***Os espaçamentos máximos para o steel deck foram respeitados de acordo com a tabela de dimensionamento de lajes da Metform. Os espaçamentos foram escolhidos para que não houvesse a necessidade de escoramento da laje. A altura escolhida para a laje foi de 110 mm com um steel deck MF-50 de 0,80 mm de chapa em aço ASTM 653.***

### 3.1. SEÇÕES TRANSVERSAIS

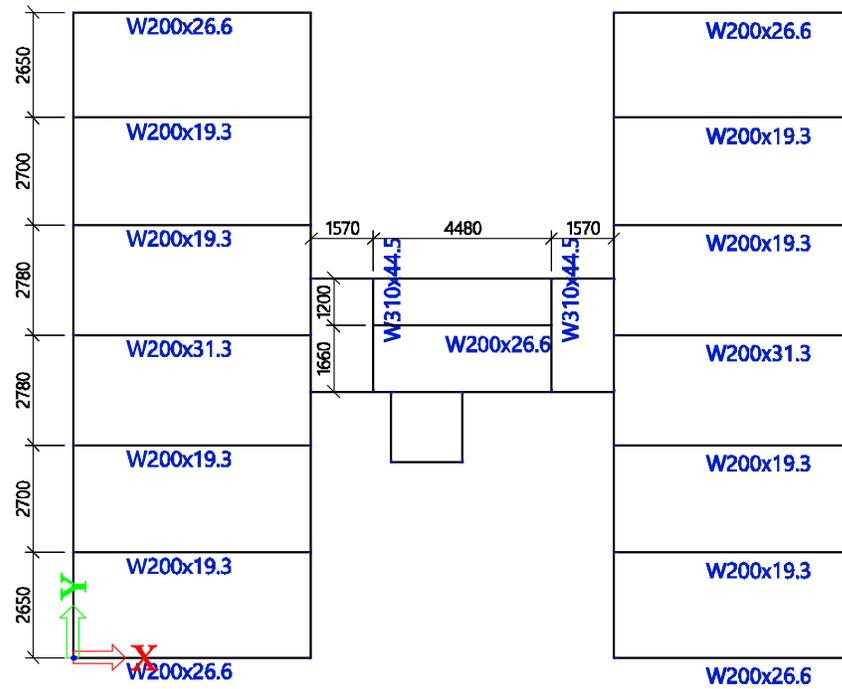


Figura 9 – Seções transversais das vigas secundárias do pavimento tipo.

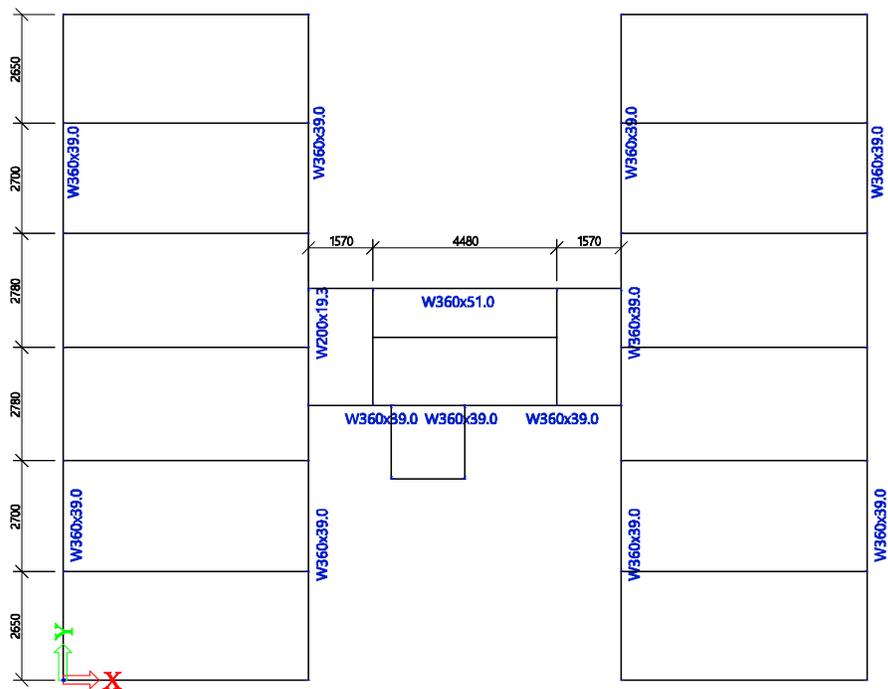


Figura 10 – Seções transversais das vigas principais do pavimento tipo.

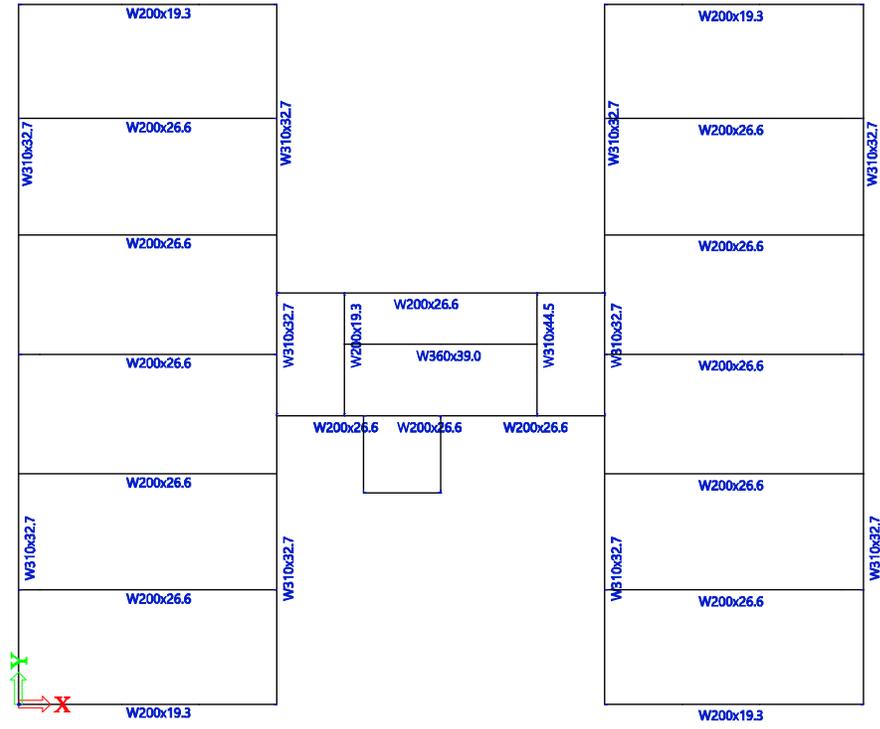


Figura 11 – Seções transversais na laje de cobertura.

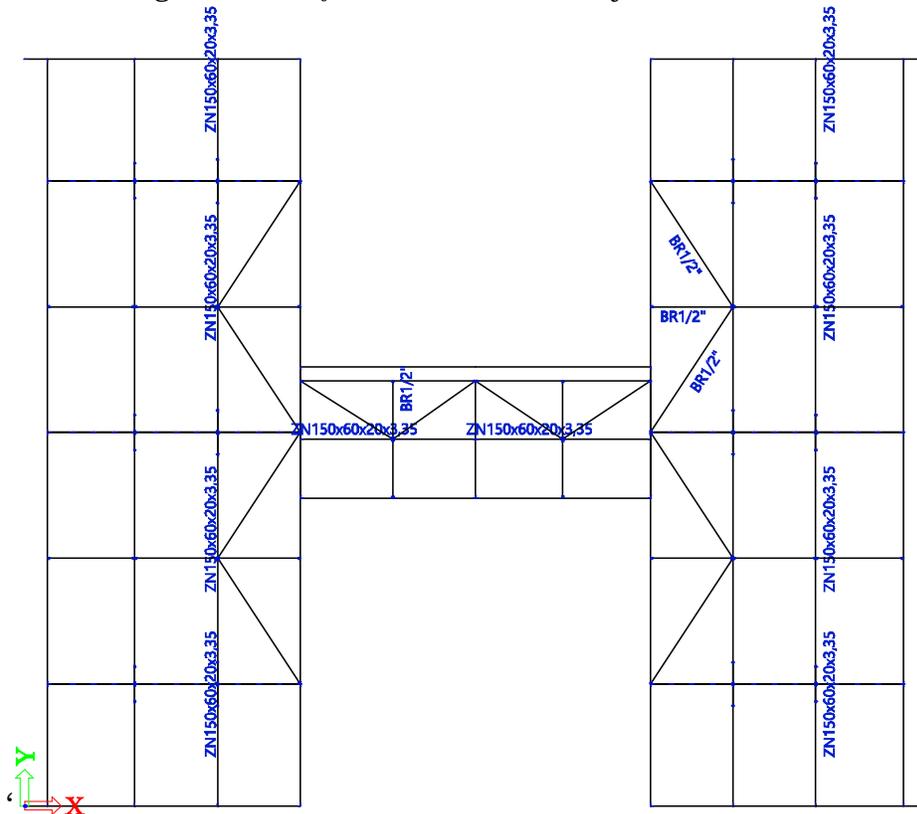


Figura 12 – Seções transversais no plano das terças de cobertura.

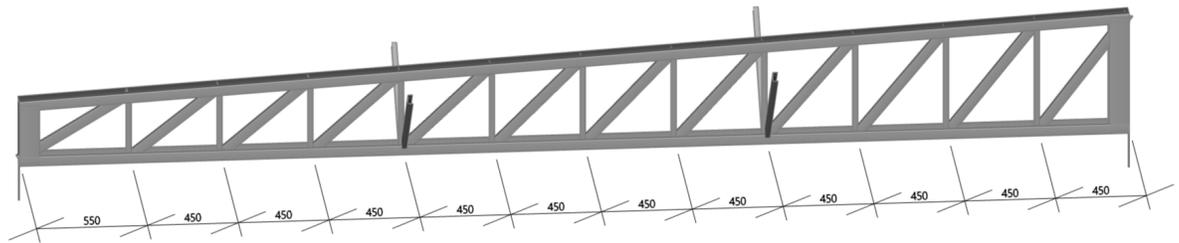


Figura 13 – Treliza tipo a cada 6 m.

Perfil dos banzos: Ue 100 x 50 x 17 x 2,65

Perfil das diagonais, montantes e mãos francesas: U 50 x 25 x 2,00

Total de 3 treliças por água do edifício.

Todos os pilares foram calculados com o perfil HP 310 x 79.

Abaixo estão alguns detalhes sobre os perfis e modo de construção da escada.

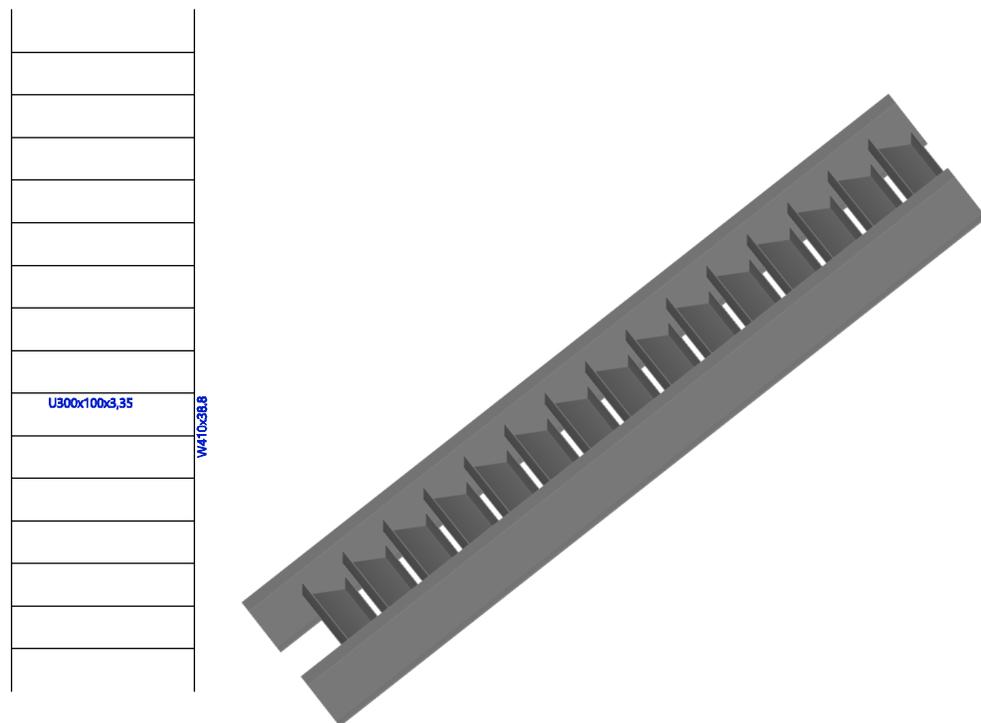


Figura 14 – Seções transversais da escada.

#### **4. CONSIDERAÇÕES PARA ESTABILIDADE LATERAL**

Não foram utilizados elementos estruturais secundários para o controle de estabilidade lateral da estrutura. Entretanto, os pórticos formados por vigas principais e pilares tiveram suas ligações classificadas como enrijecidas. Esta característica proporcionou uma alta estabilidade.

Os cálculos de não linearidade geométrica foram realizados por meio de combinações não lineares no software SCIA ENGINEER. O software impôs deslocamentos horizontais na estrutura para o cálculo não linear dos deslocamentos nodais em segunda ordem. Após o cálculo, foi constatado que para uma envoltória de todas as combinações não lineares foi obtido um deslocamento horizontal máximo de 32,16 mm para o pior caso de combinações.

Para este mesmo caso, a análise obtida pela envoltória de combinações lineares resultou em um deslocamento máximo global de 31,5 mm. A razão entre ambos os deslocamentos máximos horizontais resultou em um valor aproximado de 1,03 (adimensional), o que, segundo a norma ABNT NBR 8800:2008, classifica o edifício, em relação ao seu comportamento em estabilidade lateral como uma estrutura de pequenos deslocamentos, sendo, portanto, admissível que não se aplique os efeitos de segunda ordem global.

Ainda sobre a estabilidade, foi constatado que o efeito de pórtico rígido combinado à rigidez global da estrutura e uma altura não nociva tiveram resultados satisfatórios eliminando a necessidade de contraventamentos adicionais para este mesmo fim.

## **5. ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS**

Os materiais utilizados foram os listados abaixo:

- Perfis laminados do tipo W e HP com aço ASTM 572 G50, com tensão de escoamento de 345 MPa;
- Perfis formados à frio do tipo U, Ue e Ze com aço A36, com tensão de escoamento de 250 MPa.
- Solda EXX70;
- Concreto referente à laje mista C40;
- Aço da laje mista: ASTM 653;
- Armadura de retração da laje e armadura dos degraus em CA-50;
- Telhas metálicas sanduíche, com uma chapa metálica galvanizada de 0,43mm de espessura em cada face e isolamento de 40mm de poliuretano (PUR) ou Poliisocianurato (PIR);
- Parafusos de ligação rígida e placa de base em A490 e de ligações flexíveis em A325;
- Studbolts: pino 20 mm de diâmetro em aço A36 com altura nominal de 100 mm;
- Enrijecedores de ligações rígidas: aço A36;
- End plates de ligações rígidas: aço A36;

## 6. AÇÃO DO VENTO SOBRE A ESTRUTURA

Para o presente projeto o vento fora analisado pela ABNT NBR 6123:1988 e por ensaio em túnel de vento digital. Para as análises pela norma, foram consideradas as seguintes premissas:

Fator  $S_1$ : 1,00

Fator  $S_3$ : 1,00

Fator  $S_2$ :

**Categoria IV:** Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos:

- zonas de parques e bosques com muitas árvores;
- cidades pequenas e seus arredores;
- subúrbios densamente construídos de grandes cidades;
- áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10 m.

Esta categoria também inclui zonas com obstáculos maiores e que ainda não possam ser consideradas na categoria V.

**Classe B:** Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

Desta forma, a norma ainda apresenta a equação utilizada para calcular o fator  $S_2$ , representada pela Equação 3.

$$S_2 = b \times F_r \times \left(\frac{z}{10}\right)^p \quad (1)$$

Em que  $F_r$  é o fator de rajada, que pode ser admitido como 1,00 a favor da segurança.

Assim, com a correta classificação da edificação, pode-se encontrar os fatores  $b$  e  $p$  correspondentes para cada altura  $z$  (em metros), para compor a Equação 1 e calcular o fator  $S_2$ .

Categoria	$z_g$ (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		$F_r$	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Figura 15 – Tabela de parâmetros  $b$   $p$  para  $S_2$ . Fonte: ABNT NBR 6123:1988

Tabela 2 – Resultados de  $S_s$

<b>CÁLCULO DE <math>S_2</math></b>				
<b>Pavimento</b>	<b>z [m]</b>	<b>b</b>	<b>p</b>	<b><math>S_2</math></b>
Térreo	3			0.73
Pav. 01	6			0.80
Pav. 02	9	0.85	0.125	0.84
Pav. 03	12			0.87
Cobertura	15			0.89

Considerando uma velocidade básica de 33 m/s (segundo estudos recentes, seria o mais adequado para a cidade de Belo Horizonte – MG).

$$V_k = S_1 \times S_2 \times S_3 \times V_0 \quad (2)$$

Considerando os valores já calculados:

$$V_{k,1} = 1,00 \times 0,731 \times 1,00 \times 33,00$$

Assim,

$$V_{k,1} = 24,13 \text{ m/s}$$

A Tabela 3 apresenta os valores para os outros pavimentos.

Tabela 3 – Velocidades características. Fonte: Autor.

<b>CÁLCULO DE <math>V_k</math></b>					
<b>Pavimento</b>	<b><math>S_1</math></b>	<b><math>S_2</math></b>	<b><math>S_3</math></b>	<b><math>V_0</math> [m/s]</b>	<b><math>V_k</math> [m/s]</b>
Térreo		0.73			24.13
Pav. 01		0.80			26.31
Pav. 02	1.00	0.84	1.00	33.00	27.68
Pav. 03		0.87			28.70
Cobertura		0.89			29.51

Pela equação abaixo, são calculadas as pressões dinâmicas para cada fator  $S_2$ .

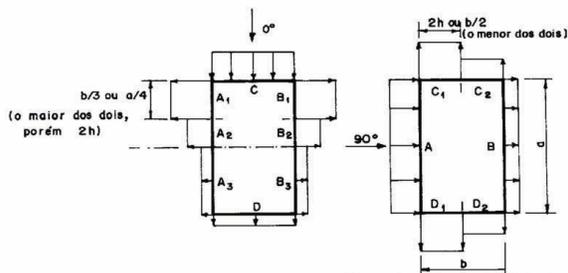
$$q = 0,613 \times V_k^2$$

Tabela 4 – Pressões dinâmicas do vento. Fonte: Autor.

<b>CÁLCULO DAS PRESSÕES DINÂMICAS</b>			
<b>Pavimento</b>	<b><math>V_k</math> [m/s]</b>	<b><math>q</math> [N/m<sup>2</sup>]</b>	<b><math>q</math> [kN/m<sup>2</sup>]</b>
Térreo	24.13	356.95	0.36
Pav. 01	26.31	424.49	0.42
Pav. 02	27.68	469.77	0.47
Pav. 03	28.70	504.80	0.50
Cobertura	29.51	533.76	0.53

Para os fatores de forma, a tabela da norma expõe as recomendações.

Altura relativa	Valores de $C_{pe}$ para								$c_{pe}$ médio	
	$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$					
	$A_1$ e $B_1$	$A_2$ e $B_2$	C	D	A	B	$C_1$ e $D_1$	$C_2$ e $D_2$		
 $0,2b \leq h$ (o menor dos dois) $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	-0,8	-0,5	+0,7	-0,4	+0,7	-0,4	-0,8	-0,4	-0,9
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	-0,8	-0,4	+0,7	-0,3	+0,7	-0,5	-0,9	-0,5	-1,0
 $\frac{1}{2} \leq \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	-0,9	-0,5	+0,7	-0,5	+0,7	-0,5	-0,9	-0,5	-1,1
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	-0,9	-0,4	+0,7	-0,3	+0,7	-0,6	-0,9	-0,5	-1,1
 $\frac{3}{2} \leq \frac{h}{b} \leq 6$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	-1,0	-0,6	+0,8	-0,6	+0,8	-0,6	-1,0	-0,6	-1,2
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	-1,0	-0,5	+0,8	-0,3	+0,8	-0,6	-1,0	-0,6	-1,2



Notas: a) Para  $a/b$  entre  $3/2$  e  $2$ , interpolar linearmente.

b) Para vento a  $0^\circ$ , nas partes  $A_1$  e  $B_3$ , o coeficiente de forma  $C_{pe}$  tem os seguintes valores:

- para  $a/b = 1$ : mesmo valor das partes  $A_2$  e  $B_2$ ;

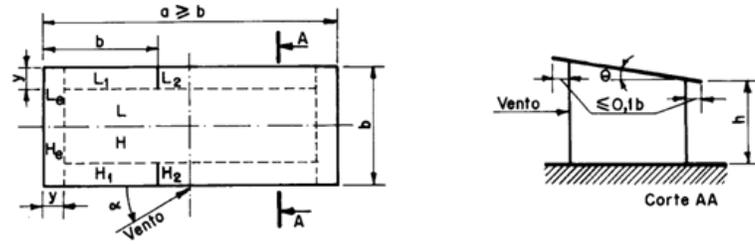
- para  $a/b \geq 2$ :  $C_{pe} = -0,2$ ;

- para  $1 < a/b < 2$ : interpolar linearmente.

c) Para cada uma das duas incidências do vento ( $0^\circ$  ou  $90^\circ$ ), o coeficiente de pressão médio externo  $c_{pe}$  médio, é aplicado à parte de barlavento das paredes paralelas ao vento, em uma distância igual a  $0,2b$  ou  $h$ , considerando-se o menor destes dois valores.

d) Para determinar o coeficiente de arrasto,  $C_d$ , deve ser usado o gráfico da Figura 4 (vento de baixa turbulência) ou da Figura 5 (vento de alta turbulência - ver 6.5.3).

Figura 16 – Fatores de forma para paredes. Fonte: ABNT NBR 6123:1988.



$y = h$  ou  $0,15b$  (tomar o menor dos dois valores)

As superfícies H e L referem-se a todo o respectivo quadrante.

$\theta$	Valores de $C_e$ para ângulo de incidência do vento:									
	90° (C)		45°		0°		-45°		-90°	
	H	L	H	L	H e L (A)	H e L (B)	H	L	H	L
5°	-1,0	-0,5	-1,0	-0,9	-1,0	-0,5	-0,9	-1,0	-0,5	-1,0
10°	-1,0	-0,5	-1,0	-0,8	-1,0	-0,5	-0,8	-1,0	-0,4	-1,0
15°	-0,9	-0,5	-1,0	-0,7	-1,0	-0,5	-0,6	-1,0	-0,3	-1,0
20°	-0,8	-0,5	-1,0	-0,6	-0,9	-0,5	-0,5	-1,0	-0,2	-1,0
25°	-0,7	-0,5	-1,0	-0,6	-0,8	-0,5	-0,3	-0,9	-0,1	-0,9
30°	-0,5	-0,5	-1,0	-0,6	-0,8	-0,5	-0,1	-0,6	0	-0,6

Figura 17 – Fatores de forma para telhados. Fonte: ABNT NBR 6123:1988.

Desta forma, os coeficientes finais na edificação foram representados na figura abaixo para os ventos 0° e 90°.

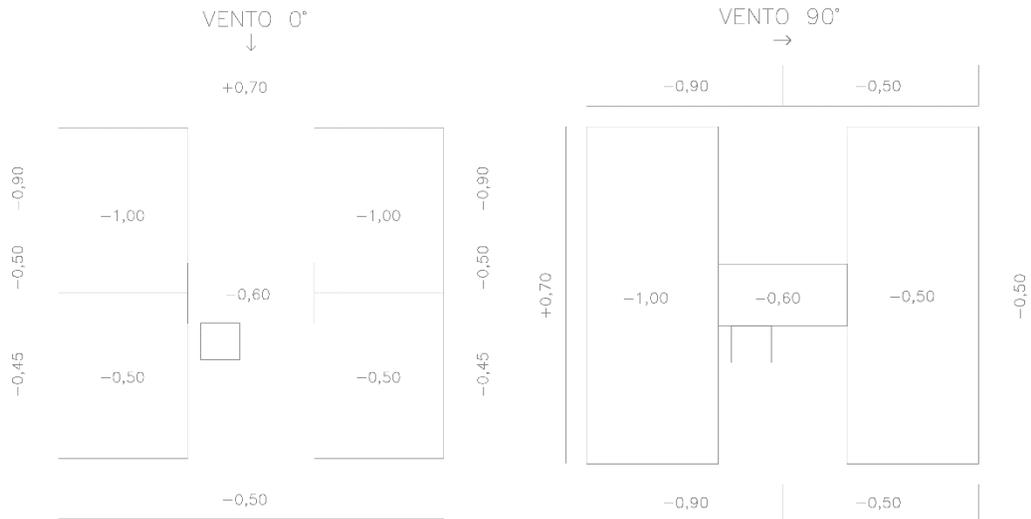


Figura 18 – Coeficientes de pressão externa conforme recomendações da norma aplicados na edificação. Fonte: Autor.

Tabela 5 – Pressões dinâmicas com os coeficientes de forma da edificação no Vento 0°.

<b>PRESSÃO DINÂMICA PARA CADA COEFICIENTE DE PRESSÃO (<math>\alpha = 0^\circ</math>)</b>				
<b>PAVIMENTO</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
PAV TÉRREO	-0.32	-0.32		
	-0.18	-0.18	0.25	-0.18
	-0.16	-0.16		
PAV 01	-0.38	-0.38		
	-0.21	-0.21	0.30	-0.21
	-0.19	-0.19		
PAV 02	-0.42	-0.42		
	-0.23	-0.23	0.33	-0.23
	-0.21	-0.21		
PAV 03	-0.45	-0.45		
	-0.25	-0.25	0.35	-0.25
	-0.23	-0.23		
COB	-0.48	-0.48		
	-0.27	-0.27	0.37	-0.27
	-0.24	-0.24		

Tabela 6 – Pressões dinâmicas com os coeficientes de forma da edificação no Vento 90°.

<b>PRESSÃO DINÂMICA PARA CADA COEFICIENTE DE PRESSÃO (<math>\alpha = 90^\circ</math>)</b>				
<b>PAVIMENTO</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
PAV TÉRREO	0.25	-0.18	-0.32	-0.32
			-0.18	-0.18
PAV 01	0.30	-0.21	-0.38	-0.38
			-0.21	-0.21
PAV 02	0.33	-0.23	-0.42	-0.42
			-0.23	-0.23
PAV 03	0.35	-0.25	-0.45	-0.45
			-0.25	-0.25
COB	0.37	-0.27	-0.48	-0.48
			-0.27	-0.27

Embora o cálculo do vento tenha sido executado pela ABNT:NBR 6120:1988, os coeficientes de pressão externa adotados para o projeto foram calculados utilizando técnicas CFD (computational fluids dynamics), em um túnel de vento digital. Algumas figuras ilustrativas expondo o processo computacional são exibidas abaixo, bem como os resultados obtidos da simulação.

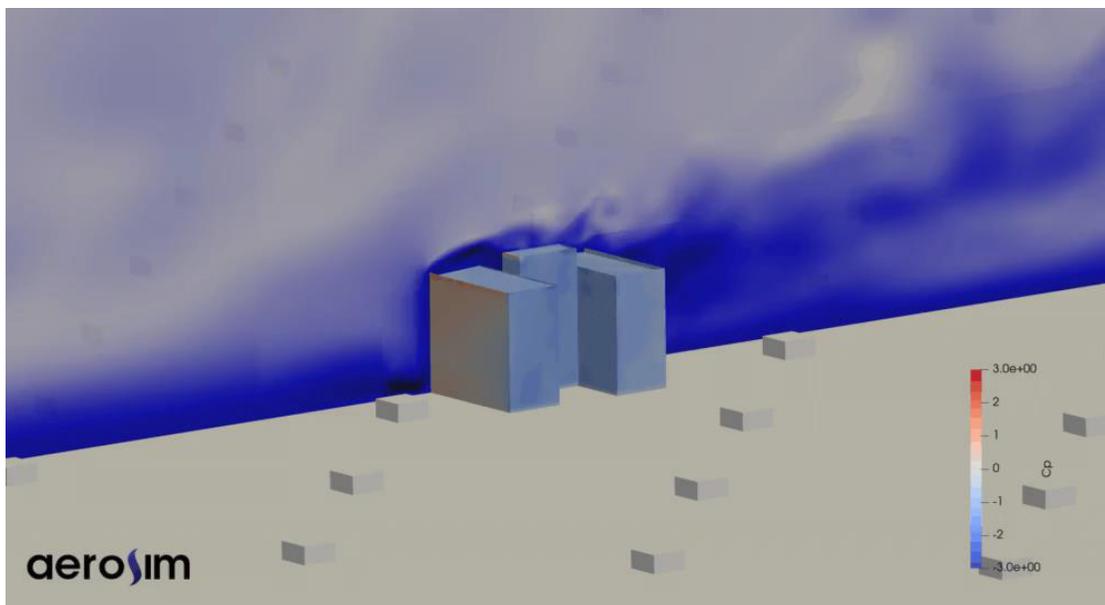


Figura 19 – Simulação dos efeitos do vento na edificação para o Vento 0°. Fonte: Autor (AEROSIM).

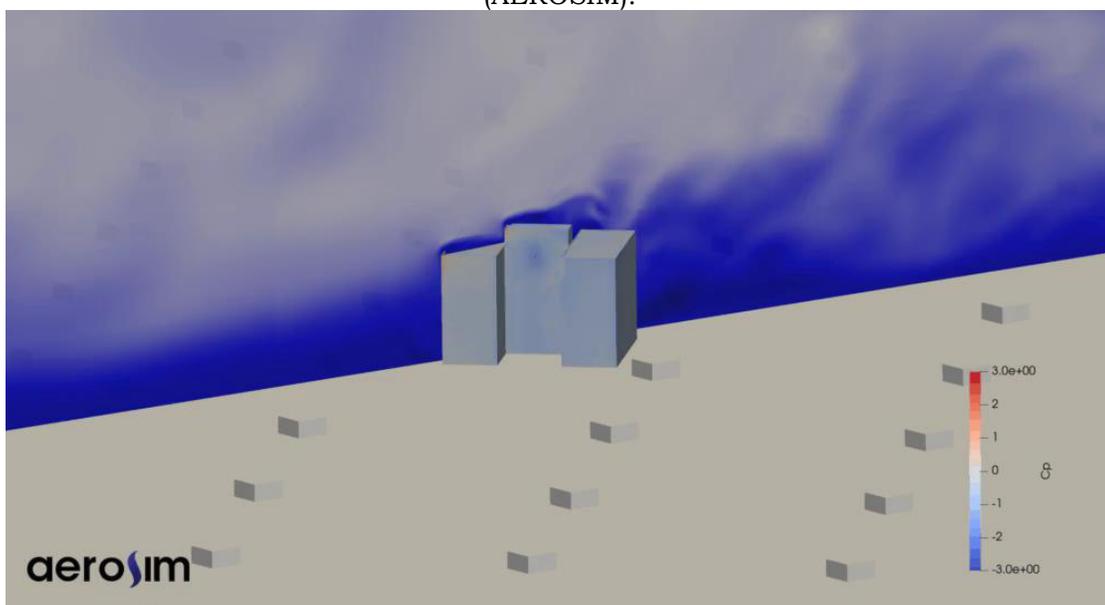


Figura 20 – Simulação dos efeitos do vento na edificação para o Vento 45°. Fonte: Autor (AEROSIM).

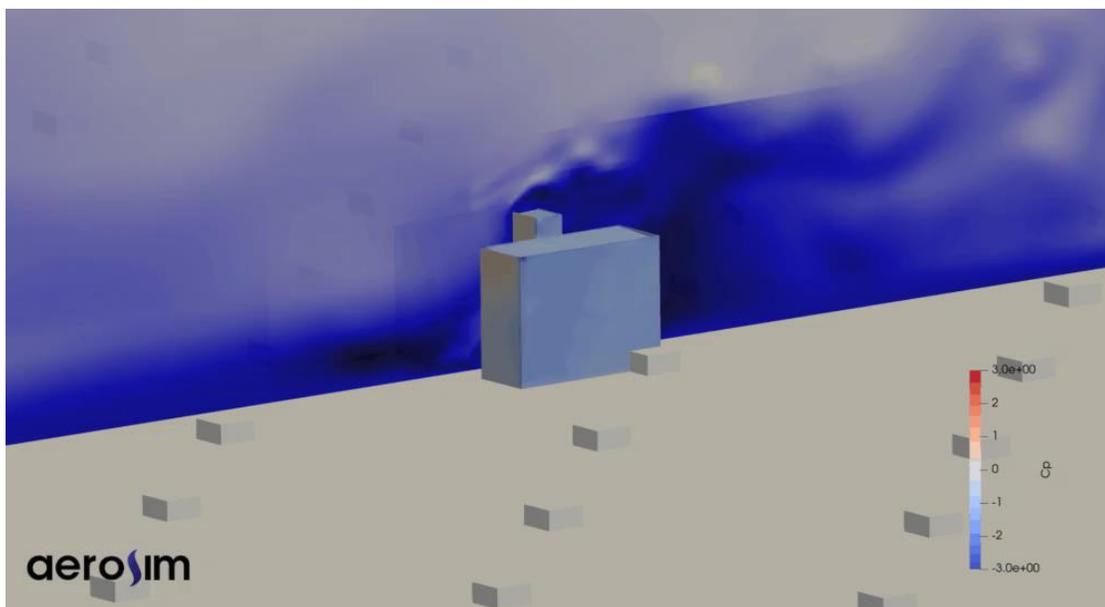


Figura 21 – Simulação dos efeitos do vento na edificação para o Vento 90°. Fonte: Autor (AEROSIM).

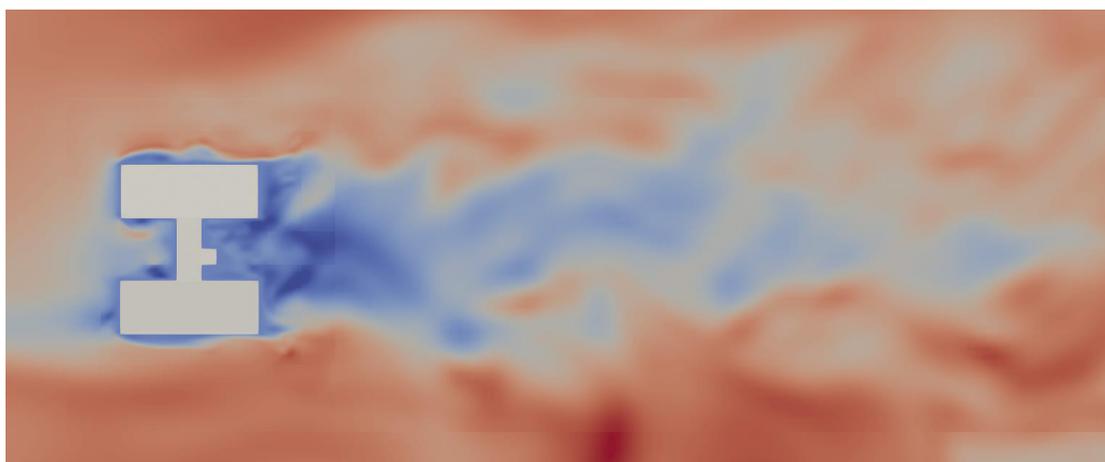


Figura 22 – Simulação dos efeitos do vento na edificação para o Vento 90° (em planta). Fonte: Autor (AEROSIM).

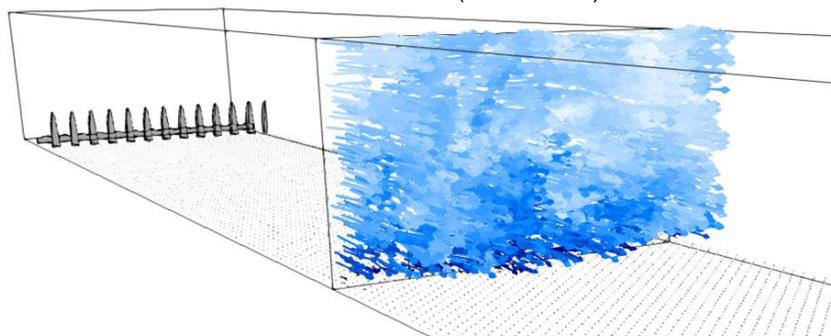


Figura 23 – Simulador de fluidos computacional. Fonte: Autor (AEROSIM).

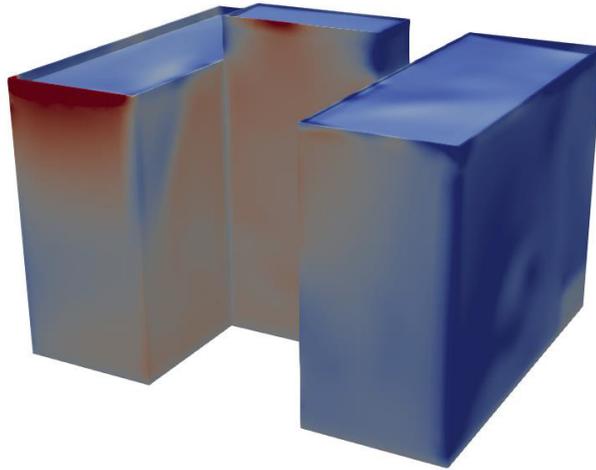


Figura 24 – Representação 3D dos efeitos capturados pelo simulador em relação ao Vento 90°. Fonte: Autor. (AEROSIM).

Embora tenham sido calculados os coeficientes para 3 direções do vento (Vento 0°, Vento 45° e Vento 90°), o presente memorial considera apenas os ventos 0° e 90°.

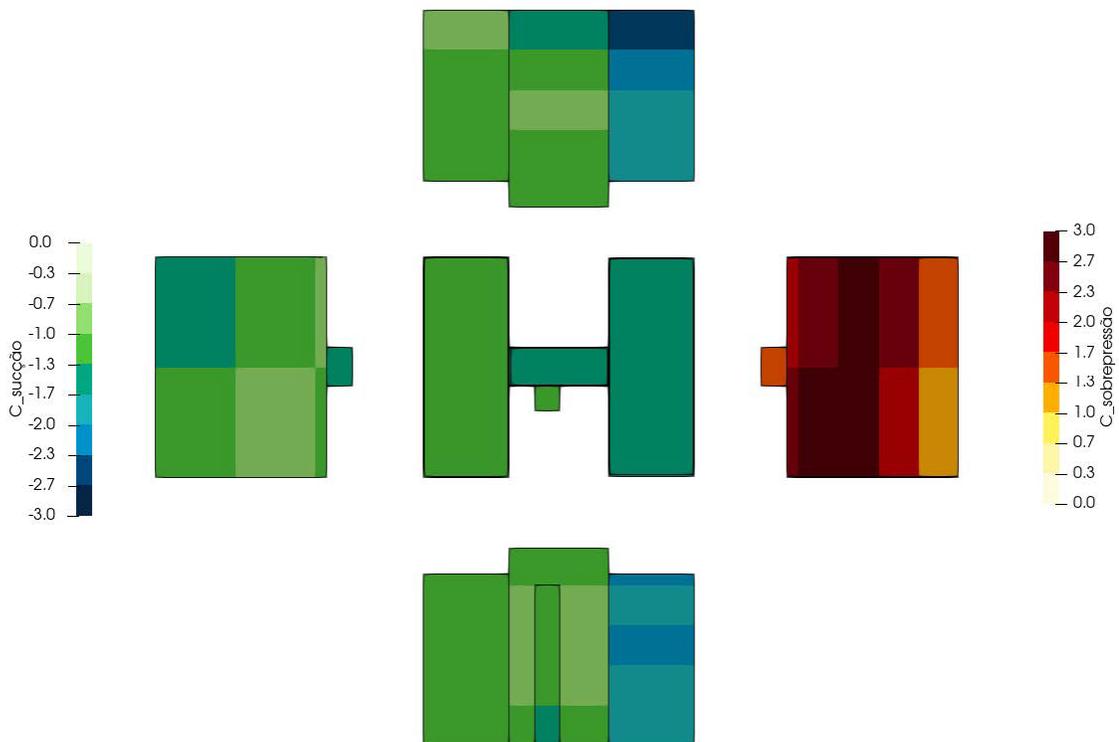


Figura 25 – Coeficientes de pressão externa por túnel de vento digital para Vento 0°. Fonte: Autor (AEROSIM).

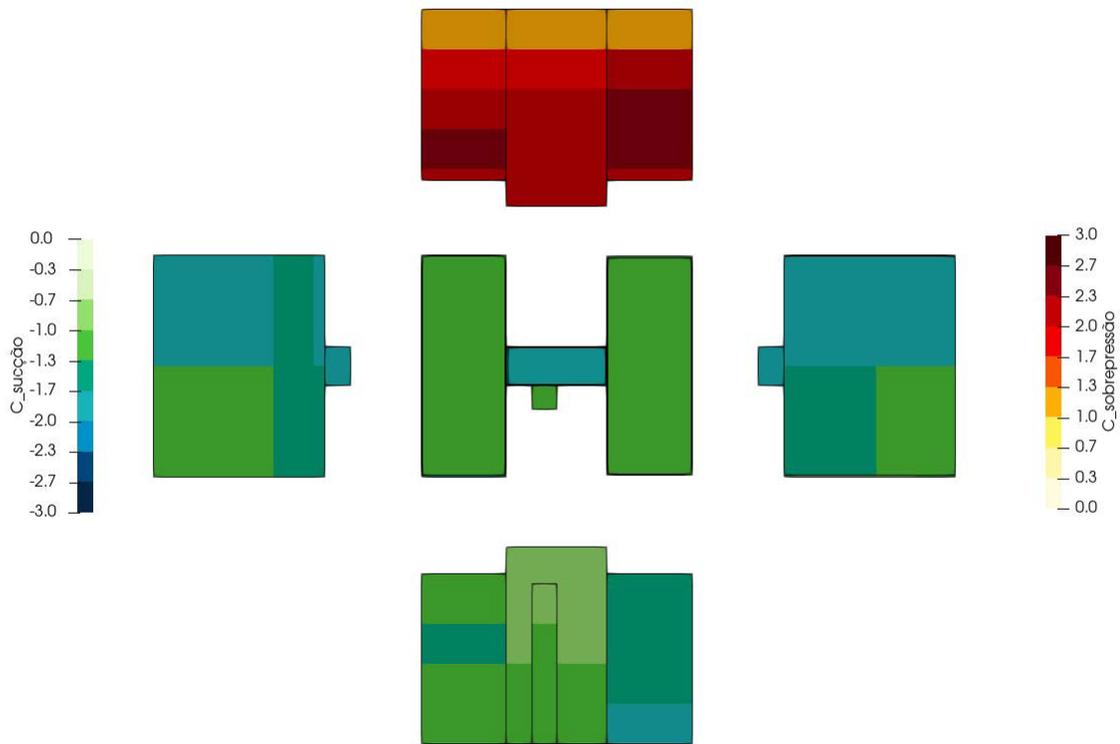


Figura 26 – Coeficientes de pressão externa por túnel de vento digital para Vento 90°. Fonte: Autor. (AEROSIM).

Seguindo as orientações de uso do túnel de vento, a velocidade característica foi calculada tomando o maior valor de  $S_2$ , ou seja, para uma altura de aproximadamente 15 metros (altura total da edificação). As forças superficiais considerando os coeficientes de forma adotados foram inseridas diretamente no SCIA Engineer, software de cálculo utilizado neste projeto. Portanto, a força superficial (pressão dinâmica do vento) é calculada multiplicando-se os valores das imagens acima por  $0,53 \text{ kN/m}^2$ .

## 7. ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

Os itens a seguir referem-se ao dimensionamento dos elementos estruturais considerando uma envoltória de combinações pelo software de cálculo. As combinações críticas serão indicadas.

## 7.1. PILAR MAIS SOLICITADO NO PAVIMENTO TÉRREO

Todos os pilares foram configurados quanto às características de flambagem. As configurações adotadas foram:

- Coeficiente de flambagem: 1,00;
- Vigas principais e secundárias foram consideradas como travamentos de flambagem global

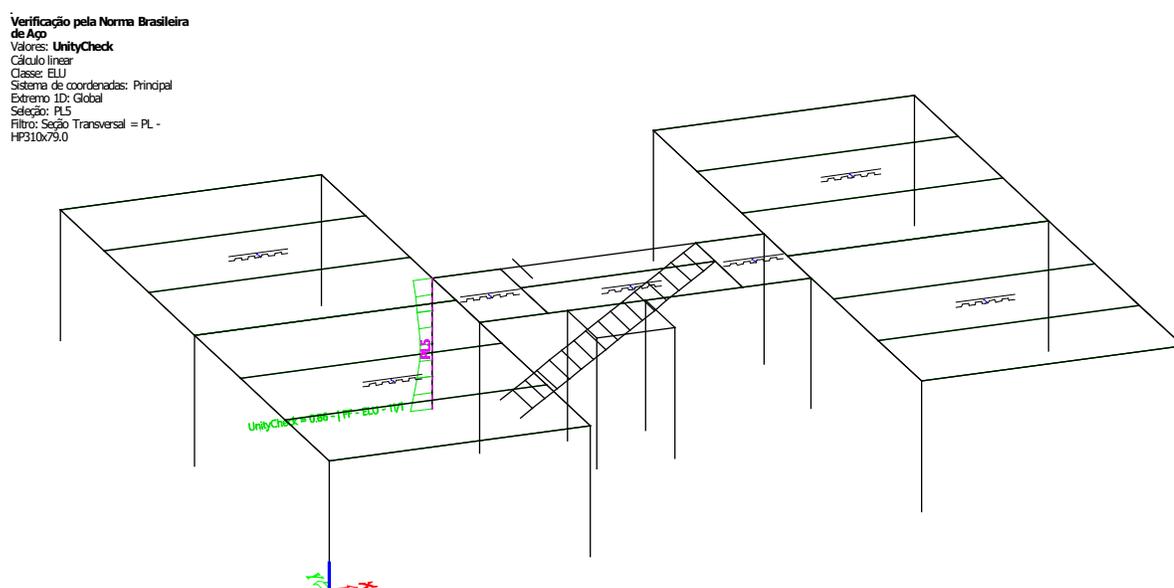


Figura 27 – Fator de trabalho para ELU do pilar PL5.

### Verificação ao Esforço Normal

Verificação da esbeltez*				
Lbf <sub>x</sub> [m]	Lbf <sub>y</sub> [m]	$\lambda_x$	$\lambda_y$	Status
3	3	23.5	41.4	OK

\*Item 5.3.4 - Verificação da esbeltez

### Definição da carga de flambagem elástica - ANEXO E

Anexo E - Força axial de flambagem elástica

Item E.1.1 - Seções com dupla simetria

Carga de flambagem elástica*				
Nex[kN]	Ney[kN]	Nez[kN]	Neyz[kN]	Ne[kN]
35784	11532	12921	N/A	11532

Flambagem local*						
Mesa			Alma			Classificação
$\lambda_p$	$\lambda$		$\lambda_p$	$\lambda$		
13.5	13.9		35.9	22.3		Semicompacta

Resistência à compressão						
$\lambda_0$	$\chi$	Q	$A_g[\text{cm}^2]$	NRd[kN]	Sd/Rd	Status
0.544	0.884	0.988	100	2737	0.34	OK

## Verificação ao Momento Fletor

### Verificação ao momento: Maior inércia (X-X)

Mesa inferior em compressão

Parâmetros de cálculo					
Lb[m]	Cb	$C_w[\text{cm}^6]$	$I_x[\text{cm}^4]$	$W_x[\text{cm}^3]$	$Z_x[\text{cm}^3]$
3	1.65	$1.09 \cdot 10^6$	16316	1092	1210

Classificação da seção						
Mesa			Alma			Classificação
$\lambda_p$	$\lambda_r$	$\lambda$	$\lambda_p$	$\lambda_r$	$\lambda$	
9.15	23.9	13.9	90.5	137	22.3	Semicompacta

Resultados						
FLA[kN.cm]	FLM[kN.cm]	FLT[kN.cm]	Mpl[kN.cm]	$M_{s0}$ [kN.cm]	Sd/Rd	Status
37954	33437	37954	41749	33437	0.13	OK

### Verificação ao momento: Menor inércia (Y-Y)

Parâmetros de cálculo					
Lb[m]	Cb	$C_w[\text{cm}^6]$	$I_x[\text{cm}^4]$	$W_y[\text{cm}^3]$	$Z_y[\text{cm}^3]$
N/A	2.17	N/A	5258	344	525

Classificação da seção						
Mesa			Alma			Classificação
$\lambda_p$	$\lambda_r$	$\lambda$	$\lambda_p$	$\lambda_r$	$\lambda$	
9.15	23.9	13.9	0	0	0	Semicompacta

Resultados						
FLA[kN.cm]	FLM[kN.cm]	FLT[kN.cm]	Mpl[kN.cm]	Status	Sd/Rd	Status
16478	13592	16478	18125	13592	0.45	OK

### Verificação do Cortante: Menor inércia (Y-Y)

Parâmetros de cálculo		
Lv[m]	a[m]	Kv
0	3000	5

Verificação da esbeltez		
$\lambda_y$	$\lambda_x$	$\lambda$
59.2	73.8	22.3

Resultados			
Vpl[kN]	VRd[kN]	Sd/Rd	Status
681	619	0.02	OK

### Verificação de Cortante: Maior inércia (X-X)

Parâmetros de cálculo		
Lv[m]	a[m]	Kv
0	3000	1.2

Verificação da esbeltez		
$\lambda_y$	$\lambda_x$	$\lambda$
29	36.1	13.9

Resultados			
Vpl[kN]	VRd[kN]	Sd/Rd	Status
1394	1267	0.04	OK

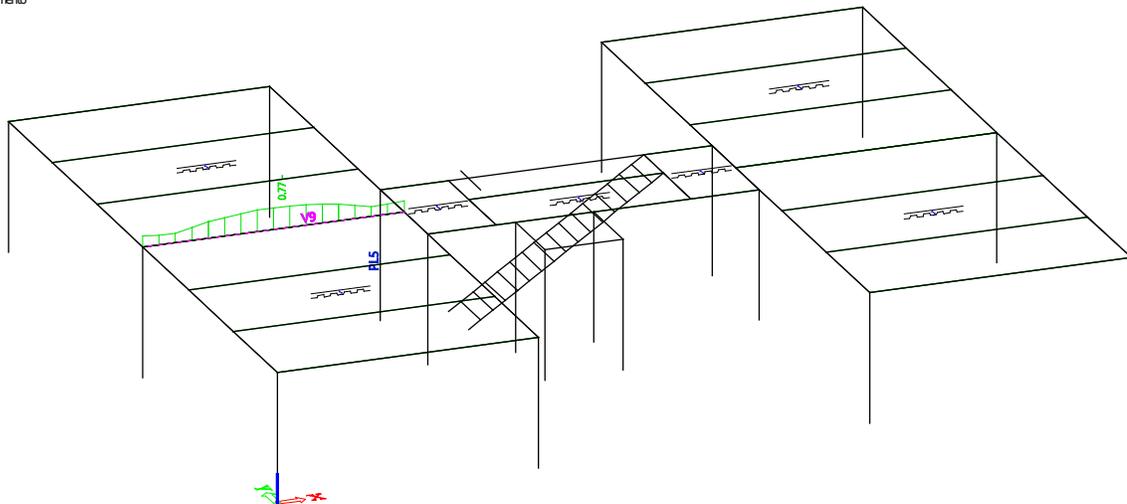
### RESUMO DAS VERIFICAÇÕES

Resumo dos resultados		
Tipo de verificação	Sd/Rd	Status
Força Normal	0.34	OK
Momento X-X	0.13	OK
Momento Y-Y	0.45	OK
Cisalhamento X-X	0.04	OK
Cisalhamento Y-Y	0.02	OK
Torção	0	OK
Esforços combinados	0.86	OK

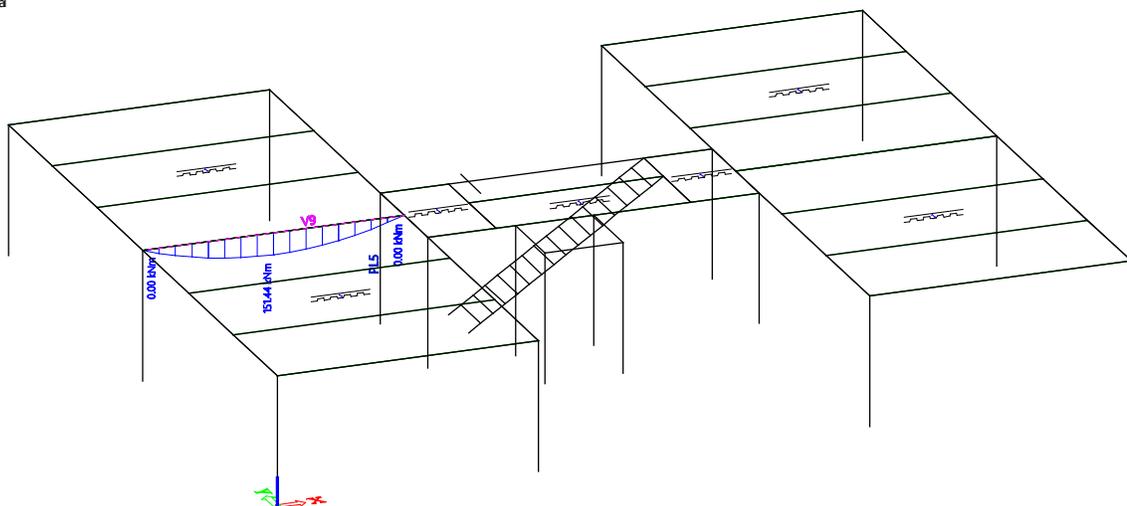
Fator máximo = 0.86

## 7.2. VIGA SECUNDÁRIA DO PAVIMENTO TIPO

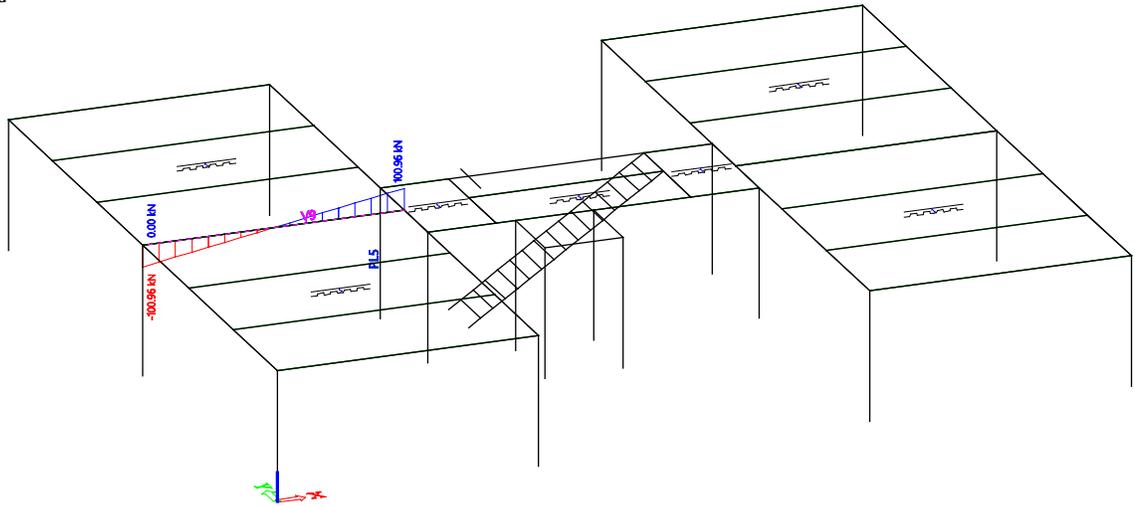
**NBR-COMPOSITE BEAM**  
Valores: UnitChk  
Cálculo linear  
Classe: Cálculo de estrutura mista  
Sistema de coordenadas: Principal  
Extremo ID: Elemento  
Seleção: V9



**Forças internas 1D**  
Valores: M<sub>y</sub>  
Cálculo linear  
Classe: Cálculo de estrutura mista  
Sistema de coordenadas: Principal  
Extremo ID: Local  
Seleção: V9



Forças internas 1D  
Valores: V7  
Cálculo linear  
Classe: Cálculo de estrutura mista  
Sistema de coordenadas: Principal  
Extremo 1D: Local  
Seleção: V9



## 2. Tipo de Construção

Viga Mista Não-Escorada

## 3. Verificação do Estágio de Construção

3.1 Verificação ao Momento Fletor

Combinação: FF - ELU - 9

Desc.:  $1.25 \cdot PP + 1.40 \cdot PPC\_CC + 1.35 \cdot AP + 1.40 \cdot V90$

OBS: Viga completamente travada lateralmente

Momento atuante na fase de construção:  $M_{dx} = 5676 \text{ kN}\cdot\text{cm}$

### Resistência ao momento - Estágio construtivo

MR <sub>dx</sub> [kNcm]	S <sub>d</sub> /R <sub>d</sub>	Status
10619	0.534	OK

#### 4. Verificação da viga mista - Estágio final

Depois da Cura do concreto:

Combinação: FF - ELU - 4

Desc.: 1.25\*PP+1.40\*PPC\_CC+1.35\*AP+1.50\*AV

Esforços atuantes	
Mdx [kN.cm]	15144
Vdy [kN]	0

#### 4.1 Resistência e layout de Conectores

Item - O.4.2.1

Resumo de conectores	
Esquerda L=3 m	Direita L= 3 m
12 Conectores	12 Conectores
Resistência total: 670 kN	

Layout de conectores			
Rg=085	Rg=1	Rg=1	Rg=085
6/2	6/1	6/1	6/2

Abordagem de cálculo: Balanceado

Fhd= 1265 kN

Grau de interação: 53%

Número total de conectores: 24

#### 4.1.1 Grau de interação

Item O.2.3.1.1.2

$\eta_i$ -mín: 0.428

$\eta_i$ : 0.529 - Grau de interação OK!

#### 4.2 Resistência ao momento fletor da seção mista

Item O.2.3

#### 4.2.1. Posição da linha neutra plástica

#### 4.1.1 Grau de interação

Item O.2.3.1.1.2

$\eta_i$ -mín: 0.428

$\eta_i$ : 0.529 - Grau de interação OK!

#### 4.2 Resistência ao momento fletor da seção mista

Item O.2.3

#### 4.2.1. Posição da linha neutra plástica

$y_p = 0.773$  cm - Linha Neutra na mesa superior,  
trecho comprimido do concreto  $a = 16.9$ mm

#### 4.2.2 Componentes resistentes e braços de alavanca

Componentes resistentes	
Cad [kN]	325
yt [cm]	5.21
Ccd [kN]	615
yc [cm]	0.386
Tad [kN]	940

#### 4.2.3. Momento Fletor Resistente da seção mista

Resistência ao Momento Fletor		
$M_{xEd}$ [kN.m]	Sd/Rd	Status
19544	0.77	OK

#### 5. Verificação do Esforço Cortante

Item 5.4

Combinação: N/A -  $V_{dy}=0$

Desc: N/A

Resistência ao cortante		
$V_{Edy}$ [kN]	Sd/Rd	Status
10	0	OK

#### 6. Frequência Natural da viga mista

$$f_n = 0.18 \cdot \sqrt{\frac{9.806}{dz}} = 0.18 \cdot \sqrt{\frac{9.806}{0.0349}} = 3.02 \text{ Hz}$$

AISC - Design Guide 11

\*\*Frequência natural abaixo do limite da NBR-8800\*\*

Nota: A frequência natural é calculada com base na maior flecha entre as combinações ELS.

#### 7. Deformação Máxima

Combinação: FC - ELS - RR - 4

Desc: 0.00\*PP+PPC\_SC+AVC

Aplicar contra-flecha: 7.67 mm

\*\*OBS: Calculada com base na flecha obtida para cargas permanentes.

Deformações						
uz [mm]	uz Rel	uz Limite [mm]	CF[mm]	uz $R_{Ed}$ [mm]	Sd/Rd	Status
34.9	L/172	30	7.67	27.2	0.91	OK

\*\*OBS: Limite definido pelo usuário: L/200

### Limitação de tensões - análise elástica para deslocamentos

Item O.1.2.3

$$F_{hd} = 1265 \text{ kN}$$

$$W_{ef} = 493 \text{ cm}^3$$

$$M_{G+S} = 5795 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

$$M_{L+S} = 0 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

$$\sigma = \frac{M_{G+S}}{W_a} + \frac{M_{L+S}}{W_{ef}} = \frac{5795 \text{ kN}\cdot\text{cm}}{302 \text{ cm}^3} + \frac{0 \text{ kN}\cdot\text{cm}}{493 \text{ cm}^3} = 19.2 \text{ kN/cm}^2$$

$$S/R = 0.557$$

Nota: calculado para a seção, com o valor máximo dos momentos entre as combinações de serviço

O usuário deve incluir uma combinação rara de serviço

### Resumo do Cálculo

Combinação: FC - ELS - RR - 4

Desc: 0.00\*PP+PPC\_SC+AVC

Resumo das Verificações		
Momento Fletor - Est. Const.	0.53	OK
Momento Fletor - Est. Final	0.77	OK
Esforço Cortante	0	OK
Deformações	0.91	OK
Lim. Tensões - análise elástica	0.56	OK

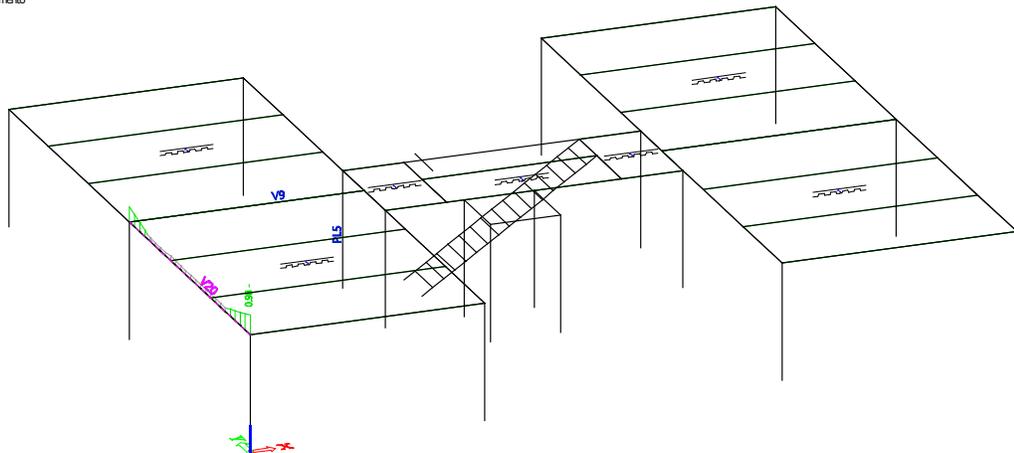
Resultado Máximo ELU: 0.77 (para ULS ou Limitação de tensões)

Resultado Máximo ELS: 0.91

\*\*Frequência natural abaixo do limite da NBR-8800\*\*

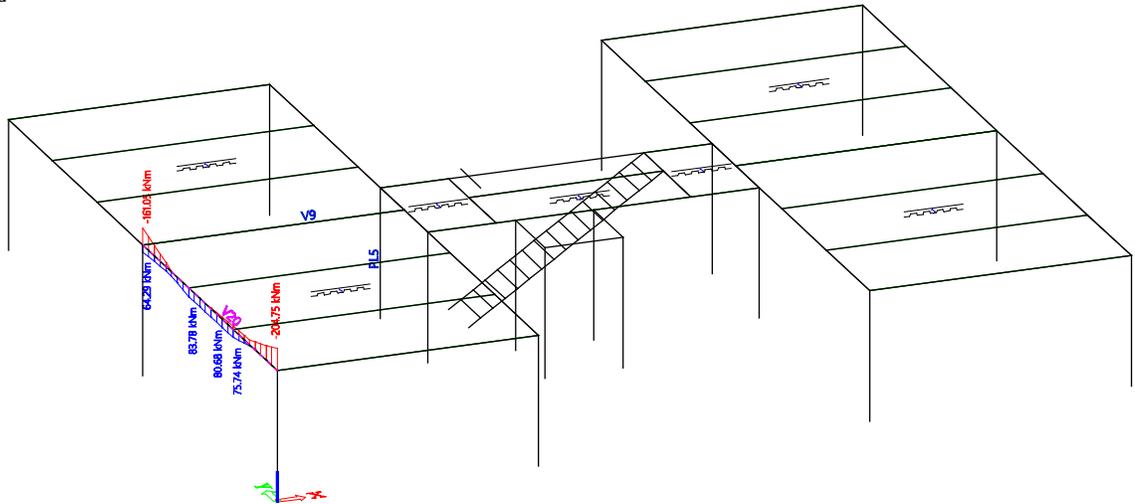
## 7.3. VIGA PRINCIPAL DO PAVIMENTO TIPO

NBR-COMPOSITE BEAM  
Valores: UnitGk  
Cálculo linear  
Classe: Cálculo de estrutura mista  
Sistema de coordenadas: Principal  
Extremo 1D: Elemento  
Seleção: V20



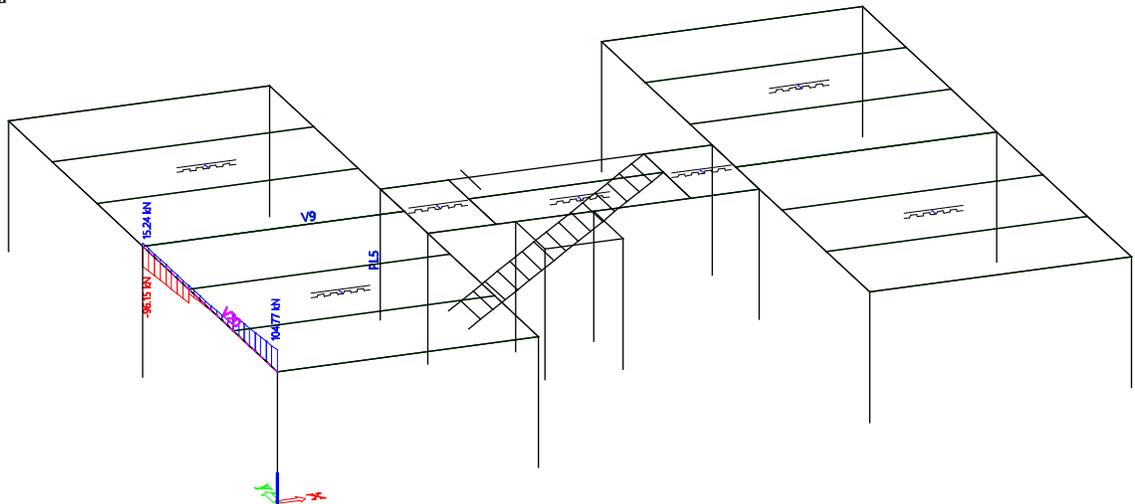
**Forças internas 1D**

Valores:  $M_y$   
Cálculo linear  
Classe: Cálculo de estrutura mista  
Sistema de coordenadas: Principal  
Extremo 1D: Local  
Seleção: V20



**Forças internas 1D**

Valores:  $V_z$   
Cálculo linear  
Classe: Cálculo de estrutura mista  
Sistema de coordenadas: Principal  
Extremo 1D: Local  
Seleção: V20



## Cálculo de Viga Isolada - momento negativo

### 1. Dados de entrada

Barra: V20

Seção: 0 m

Combinação: FF - ELU - 11

Desc.: 1.25\*PP+1.40\*PPC\_CC+1.35\*AP+1.05\*AV+1.40\*V90

1.1 - Propriedades do Perfil	
Perfil Adotado	W(GERD)360x39.0
h [mm]	353
tw [mm]	6.5
bfs [mm]	128
tfs [mm]	10.7
bfi [mm]	128
tfi [mm]	10.7
Vão [m]	8.13

1.2 - Material	
Aço	A572 grade 50
$f_y$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	345
$f_u$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	448

Techo de momento negativo - Cálculo como viga isolada					
Posição [m]	Lb[m]	Mdx [kN.cm]	MRds [kN.cm]	Sd/Rd	Status
0	2.85	20475	20941	0.978	OK

Numero de conectores no techo: 6

### 2. Verificação do Esforço Cortante

Item 5.4

Esforço atuante:  $V_{dy} = 105$  kN

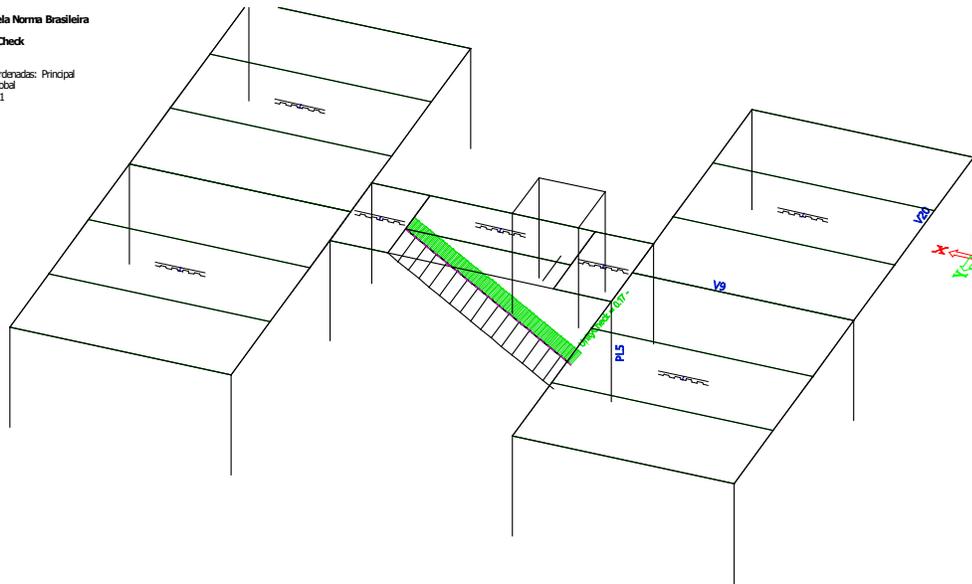
Combinação: FF - ELU - 11

Desc.: 1.25\*PP+1.40\*PPC\_CC+1.35\*AP+1.05\*AV+1.40\*V90

Resistência ao cortante		
$V_{dy}$ [kN]	Sd/Rd	Status
432	0.24	OK

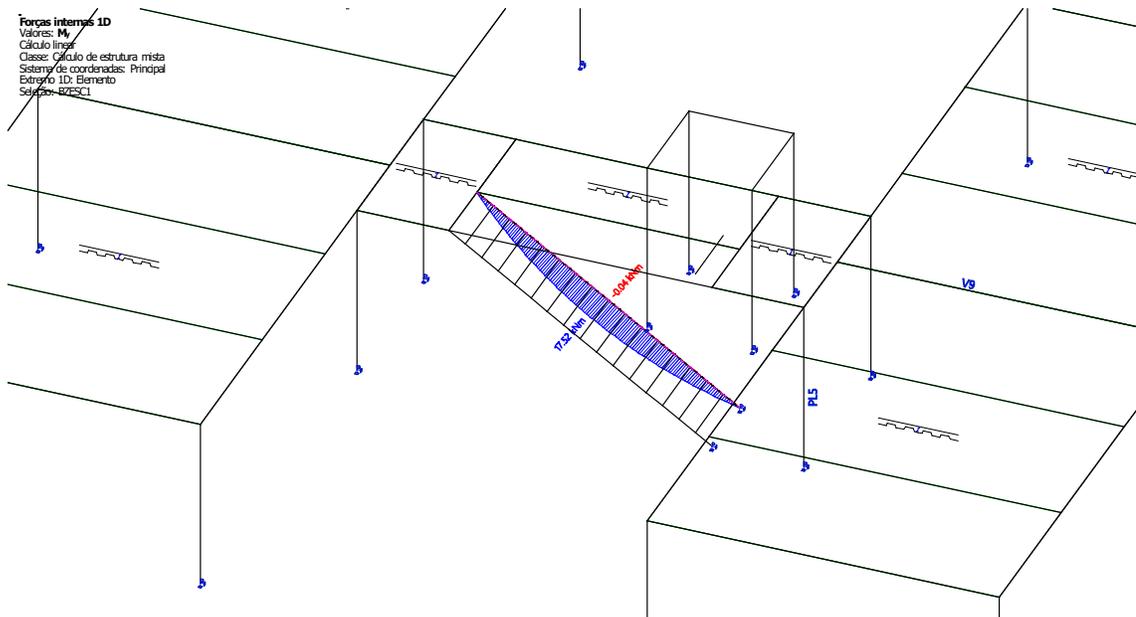
## 7.4. VIGA DA ESCADA

Verificação pela Norma Brasileira de Aço  
Valores: UnityCheck  
Cálculo linear  
Classe: E.U.  
Sistema de coordenadas: Principal  
Extremo ID: Global  
Seleção: E2E5C1



Embora o fator de trabalho para ELU tenha ficado muito baixo, o perfil foi o mais leve possível dos que tinham a altura necessária para poder servir de suporte para os degraus, que serão soldados na alma desta viga.

Forças internas 1D  
Valores: M  
Cálculo linear  
Classe: Cálculo de estrutura mista  
Sistema de coordenadas: Principal  
Extremo ID: Elemento  
Seleção: E2E5C1



## Verificação ao Esforço Normal

Verificação da esbeltez*				
Lbf <sub>x</sub> [m]	Lbf <sub>y</sub> [m]	$\lambda_x$	$\lambda_y$	Status
5.39	0.223	33.8	7.88	OK

\*Item 5.3.4 - Verificação da esbeltez

## Definição da carga de flambagem elástica - ANEXO E

Anexo E - Força axial de flambagem elástica

Item E.1.1 - Seções com dupla simetria

Carga de flambagem elástica*				
Nex[kN]	Ney[kN]	Nez[kN]	Neyz[kN]	Ne[kN]
8676	159850	101935	N/A	8676

W

Flambagem local*				
Mesa		Alma		Classificação
$\lambda_p$	$\lambda$	$\lambda_p$	$\lambda$	
13.5	7.95	35.9	55.8	Sem compacta

Resistência à compressão						
$\lambda_0$	$\chi$	Q	Ag[cm <sup>2</sup> ]	NRd[kN]	Sd/Rd	Status
0.446	0.92	0.996	503	1445	0.17	OK

## Verificação ao momento: Menor inércia (Y-Y)

Parâmetros de cálculo					
Lb[m]	Cb	Cw[cm <sup>6</sup> ]	Ix[cm <sup>4</sup> ]	Wy[cm <sup>3</sup> ]	Zy[cm <sup>3</sup> ]
N/A	3	N/A	404	57.7	90.9

Classificação da seção						
Mesa			Alma			Classificação
$\lambda_p$	$\lambda_r$	$\lambda$	$\lambda_p$	$\lambda_r$	$\lambda$	
9.15	23.9	7.95	0	0	0	Compacta

Resultados						
FLA[kN.cm]	FLM[kN.cm]	FLT[kN.cm]	Mpl [kN.cm]	Status		
2350	2714	2850	3135	27.4	0	OK

W

### Verificação do Cortante: Menor inércia (Y-Y)

Parâmetros de cálculo		
Lv[m]	a[m]	Kv
0	5392	5

Verificação da esbeltez		
$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda$
59.2	73.8	55.8

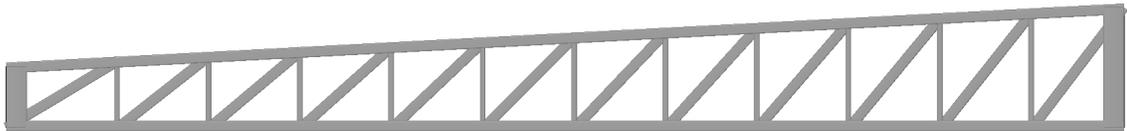
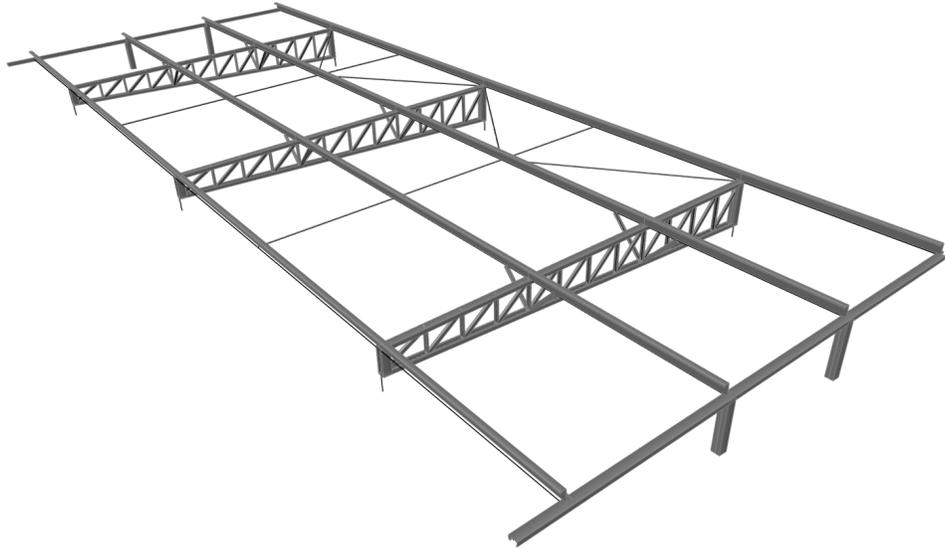
Resultados			
Vpl[kN]	VRd[kN]	Sd/Rd	Status
529	481	0.02	OK

### RESUMO DAS VERIFICAÇÕES

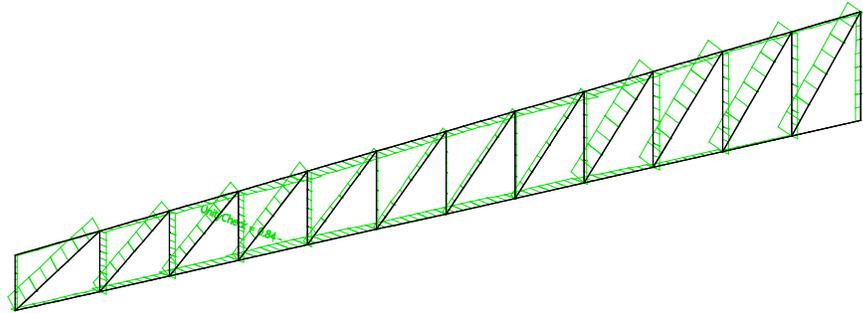
Resumo dos resultados		
Tipo de verificação	Sd/Rd	Status
Força Normal	0.17	OK
Momento X-X	0	OK
Momento Y-Y	0	OK
Cisalhamento X-X	0	OK
Cisalhamento Y-Y	0.02	OK
Torção	0	OK
Esforços combinados	0.09	OK

**Fator máximo = 0.17**

### **7.5. TRELIÇA PARA A COBERTURA**



Verificação pela Norma Brasileira  
de Aço  
Valores: UnityCheck  
Cálculo linear  
Classe: ELU  
Sistema de coordenadas: Principal  
Extremo ID: Global  
Seleção: Tudo



## Verificação do banzo superior da treliça.

### Verificação de tração

Limite de esbeltez ( $\lambda \leq 300$ )

Item 9.63

$\lambda_x$	$\lambda_y$	Status
48.2	24.3	OK

Resistência à tração

Item 9.6

a) Escoamento da seção bruta

$$\gamma = 1.1$$

$$N_{\text{esq}} = \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma} = \frac{5.74 \cdot 24.8}{1.1} = 129 \text{ kN}$$

b) Ruptura da seção líquida

$$A_n = 5.74 \text{ cm}^2$$

$$\gamma = 1.35$$

$$A_s = C_t \cdot A_n = 1 \cdot 5.74 = 5.74 \text{ cm}^2$$

$$N_{\text{rup}} = \frac{A_s \cdot f_u}{\gamma} = \frac{5.74 \cdot 40}{1.35} = 170 \text{ kN}$$

$$N_{\text{res}} = \min(N_{\text{esq}}, N_{\text{rup}}) = \min(129; 170) = 129 \text{ kN}$$

Resistência à tração

$N_d$	$N_{\text{res}}$	Verificação	Status
50.6	129	0.39	OK

### Verificação da flexão (X-X)

Item 9.8

Escoamento da seção efetiva

Item 9.8.2.1

#### 1 - Verificação da flambagem local

Item 9.2

##### 1.1 - Verificação dos enrijecedores

Enrijecedor totalmente efetivo!

Parte	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\psi$	k	bef
Enrijecedor	-22.2	-16.4	0.738	0.536	0.64

##### 1.2 - Verificação das mesas

Mesa totalmente efetiva!

Parte	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\psi$	k	bef
Mesa	-24.8	-24.8	0	3.81	3.94

Verificação da redução do enrijecedor

verificação da redução de borda: Nenhuma redução é necessária

##### 1.3 - Verificação da alma

Alma totalmente efetiva!

Parte	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\psi$	k	bef
Alma	-22.2	22.2	-1	24	8.94

$$W_{\text{ef}} = 17.4 \text{ cm}^3$$

$$MRd1 = \frac{W_{\text{ef}} \cdot f_y}{\gamma} = \frac{17.4 \cdot 10^{-6} \cdot 24.8 \cdot 10^6}{1.1} = 393 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

## 2 - Flambagem Lateral com Torção

Item 9.8.2.2

Parâmetros de travamento lateral:

Lbx	Lby	Lbz	LbTop	LbBottom	Comprimento
190	45.1	45.1	45.1	45.1	551

$h = 10 \text{ cm}$

Parâmetros de cálculo:

Cb	Me	Wc	$\lambda_0$	$\chi_{FLT}$	$M_{Rd,FLT}$
1.17	11197	17.9	0.199	1	393

Resultados da flexão (X-X):

$M_{dx}$	$M_{Rdx}$	Verificação	Status
-51.2	393	0.13	OK

## Item 9.7.3 - Flambagem distorcional

1 - Propriedades geométricas da mesa

$A_e$	$J_t$	$I_{xt}$	$I_{yt}$	$I_{xyt}$	$x_0$	$y_0$	$h_x$	$C_{w1}$
1.67	0.039	0.279	4.09	0.579	1.78	-0.195	-2.96	0

## 3 - Definição da tensão de flambagem distorcional

OBS: Valores de acordo com o AISI-2007 item C3.1.4 b)

$$F_{\sigma} = \frac{\beta \cdot (k_{\phi_{te}} + k_{\phi_{ve}} + k_{\phi})}{k_{\phi_{tb}} + k_{\phi_{wg}}} = \frac{1.15 \cdot (13.4 + 11.4 + 0)}{0.218 + 8.15 \cdot 10^{-2}} = 127 \text{ kN/cm}^2$$

4 - Resistência à flambagem distorcional

$$M_{dRd} = \frac{\chi_{d1st} \cdot W \cdot f_y}{\gamma} = \frac{1 \cdot 17.9 \cdot 24.8}{1.1} = 403 \text{ kNcm}$$

Wf	$M_{d1st}$	$\lambda_{d1st}$	$\chi_{d1st}$	$M_{dRd}$
17.9	2268	0.442	1	403

## Verificação da flexão (Y-Y)

Item 9.8

Escoamento da seção efetiva

Item 9.8.2.1

### 1 - Verificação da flambagem local

Item 9.2

#### 1.1 - Verificação dos enrijecedores

Enrijecedor totalmente efetivo!

Parte	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\psi$	k	bef
Enrijecedor	-24.8	-24.8	1	0.43	1.17

#### 1.2 - Verificação das mesas

Mesa totalmente efetiva!

Parte	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\psi$	k	bef
Mesa	-20.7	9.61	0	3.81	3.94

Verificação da redução do enrijecedor

#### 1.3 - Verificação da alma

Alma tracionada - Totalmente efetiva

$$W_{ef} = 6.14 \text{ cm}^3$$

$$MR_{d1} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{\gamma} = \frac{6.14 \cdot 24.8}{1.1} = 138 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

## 2 - Flambagem Lateral com Torção

Item 9.8.2.2

Parâmetros de travamento lateral:

L <sub>bx</sub>	L <sub>by</sub>	L <sub>bz</sub>	L <sub>bTop</sub>	L <sub>bBottom</sub>	Comprimento
190	45.1	45.1	N/A	N/A	551

Parâmetros de cálculo:

C <sub>b</sub>	M <sub>e</sub>	W <sub>c</sub>	$\lambda_0$	$\chi_{FLT}$	M <sub>Rd,FLT</sub>
2.99	2704	6.14	0.237	1	138

Resultados da flexão (Y-Y):

M <sub>dy</sub>	M <sub>Rdy</sub>	Verificação	Status
38.1	138	0.28	OK

### Item 9.7.3 - Flambagem distorcional

1 - Propriedades geométricas da mesa

A <sub>t</sub>	J <sub>t</sub>	I <sub>xt</sub>	I <sub>yt</sub>	I <sub>xyt</sub>	x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub>	h <sub>x</sub>	C <sub>wf</sub>
1.67	0.039	0.279	4.09	0.579	1.78	-0.195	-2.96	0

### 3 - Definição da tensão de flambagem distorcional

OBS: Valores de acordo com o AISI-2007 item C3.1.4 b)

$$F_d = \frac{\beta \cdot (k_{\phi fe} + k_{\phi ve} + k_{\phi})}{k_{\phi fg} + k_{\phi wg}} = \frac{1 \cdot (13.4 + 11.4 + 0)}{0.218 + 0} = 114 \text{ kN/cm}^2$$

### 4 - Resistência à flambagem distorcional

$$M_{dRd} = \frac{\chi_{dist} \cdot W \cdot f_y}{\gamma} = \frac{1 \cdot 6.14 \cdot 24.8}{1.1} = 138 \text{ kN-cm}$$

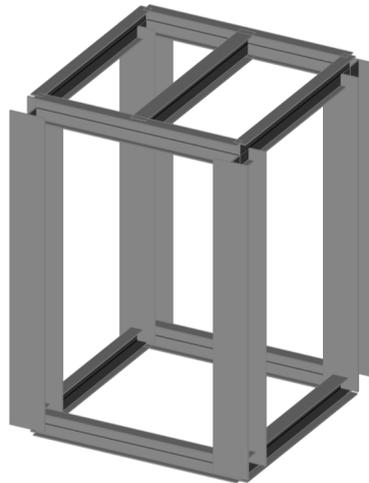
Wf	M <sub>dist</sub>	λ <sub>dist</sub>	χ <sub>dist</sub>	M <sub>dRd</sub>
6.14	701	0.466	1	138

Verificação	Fator de verificação	Status
Tração	0.39	OK
Compressão	0	OK
Flexão X-X	0.13	OK
Flexão Y-Y	0.28	OK
Cisalhamento X	0.01	OK
Cisalhamento Y	0.01	OK
Mx + Vy	0.13	OK
My + Vx	0.28	OK
T + Mx + My	0.8	OK
N + Mx + My	0.41	OK

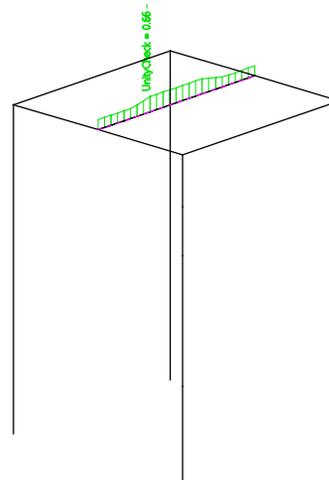
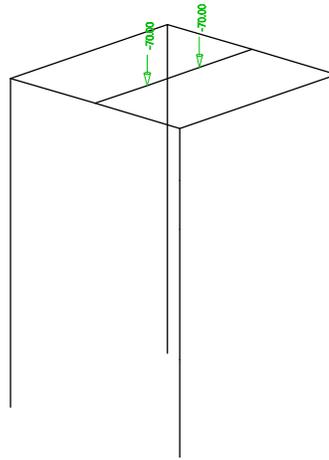
\* 0

## 7.6. VIGA DE SUPORTE PARA O ELEVADOR

Render do último módulo de vigas e pilares do elevador, ao nível do ático.



Cargas atuantes:



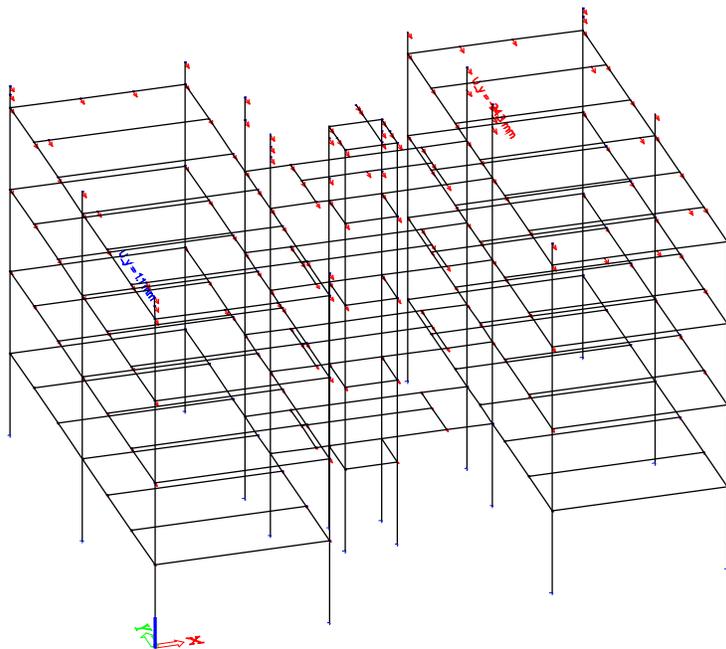
Verificação ELU da viga de suporte do elevador.

### **7.7. ESTADOS LIMITES DE SERVIÇO**

Neste item serão avaliados os estados limites de serviço. Para tanto, as combinações realizadas foram referentes às quase permanentes, frequentes e raras estabelecidas na ABNT NBR 8800:2008. Os limites para vigas de piso se estabelecem em 1/350, para terças 1/180 e para vigas de cobertura 1/250.



Deslocamento de nós  
Valores: U1  
Cálculo linear  
Classe: ELS - FC  
Extremo: Global  
Seleção: Tudo



O deslocamento lateral máximo foi de 24,3 mm na direção mínima e na fase de construção, muito longe do máximo permitido.

## 7.8. DIMENSIONAMENTO DE LIGAÇÕES

O dimensionamento das ligações foi concebido com base nas reações obtidas pelo SCIA ENGINEER. Estas reações foram inseridas manualmente no software de dimensionamento de ligações IDEA STATICA e foram avaliados os colapsos em relação aos seguintes modos de falha:

- Plastificação das chapas que compunham a ligação;
- Colapso dos parafusos;
- Colapso dos elementos estruturais;
- Colapso do bloco de concreto (no caso das placas de base de pilares);



Esforços considerados no pilar, sendo Y o eixo de menor inércia:

Compressão: 891 kN;

Cortante em Y: 66 kN;

Cortante em X: 23,4 kN

Momento em torno do eixo de menor inércia: 104,3 kNm;

Momento em torno do eixo de maior inércia: 42,3 kNm;

Porcentagem de utilização dos casos de falha:

Chapas: 0,7% de deformação plástica (máx. 5%);

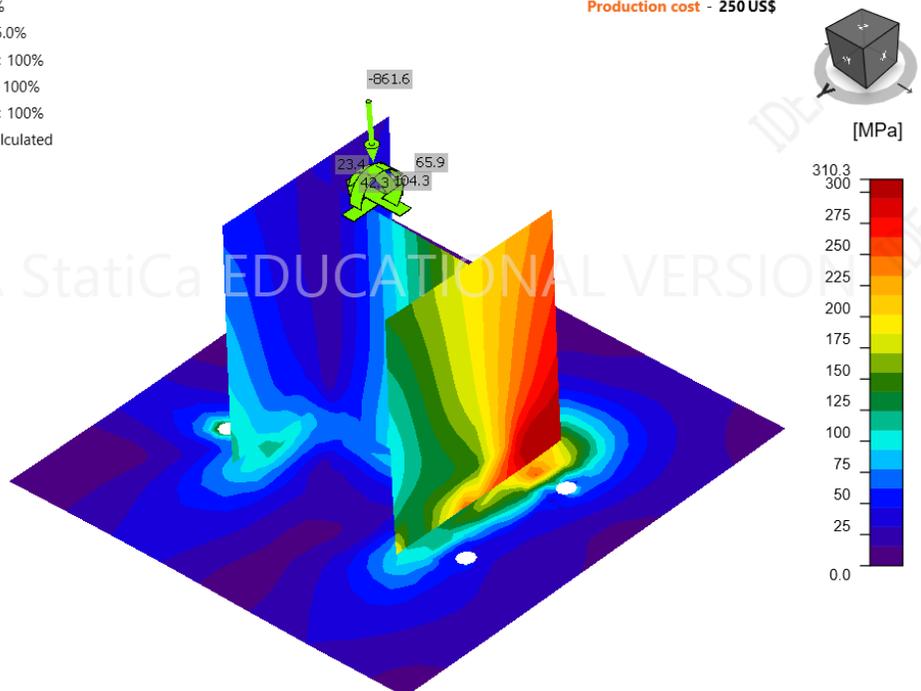
Parafusos de ancoragem utilizando 41% da capacidade resistente;

Bloco de concreto C40 utilizando 21% da sua capacidade resistente.

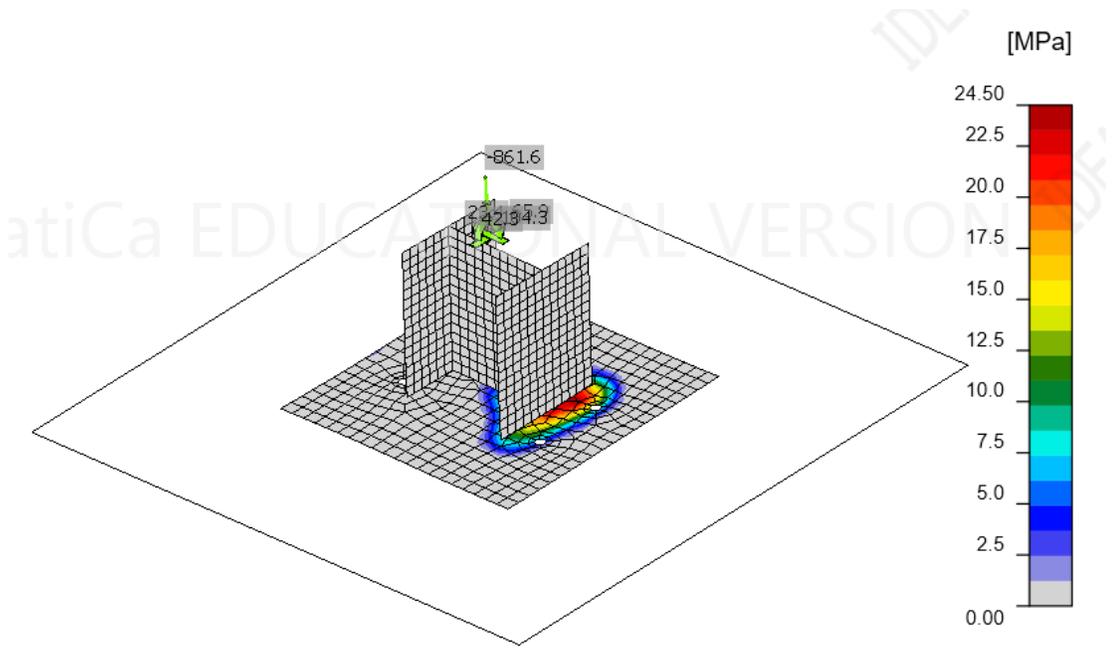
Tensões atuantes:

Analysis	✓	100.0%
Plates	✓	0.7 < 5.0%
Anchors	✓	41.0 < 100%
Welds	✓	0.0 < 100%
Concrete block	✓	22.1 < 100%
Buckling		Not calculated

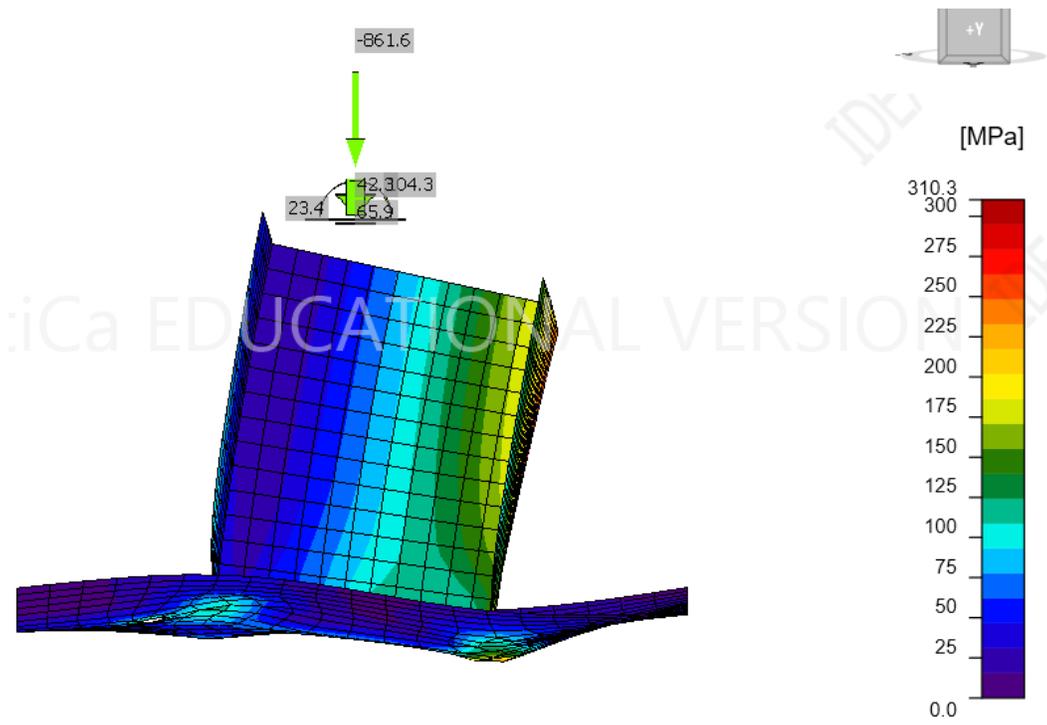
Production cost - 250 US\$



Tensão de contato no concreto:



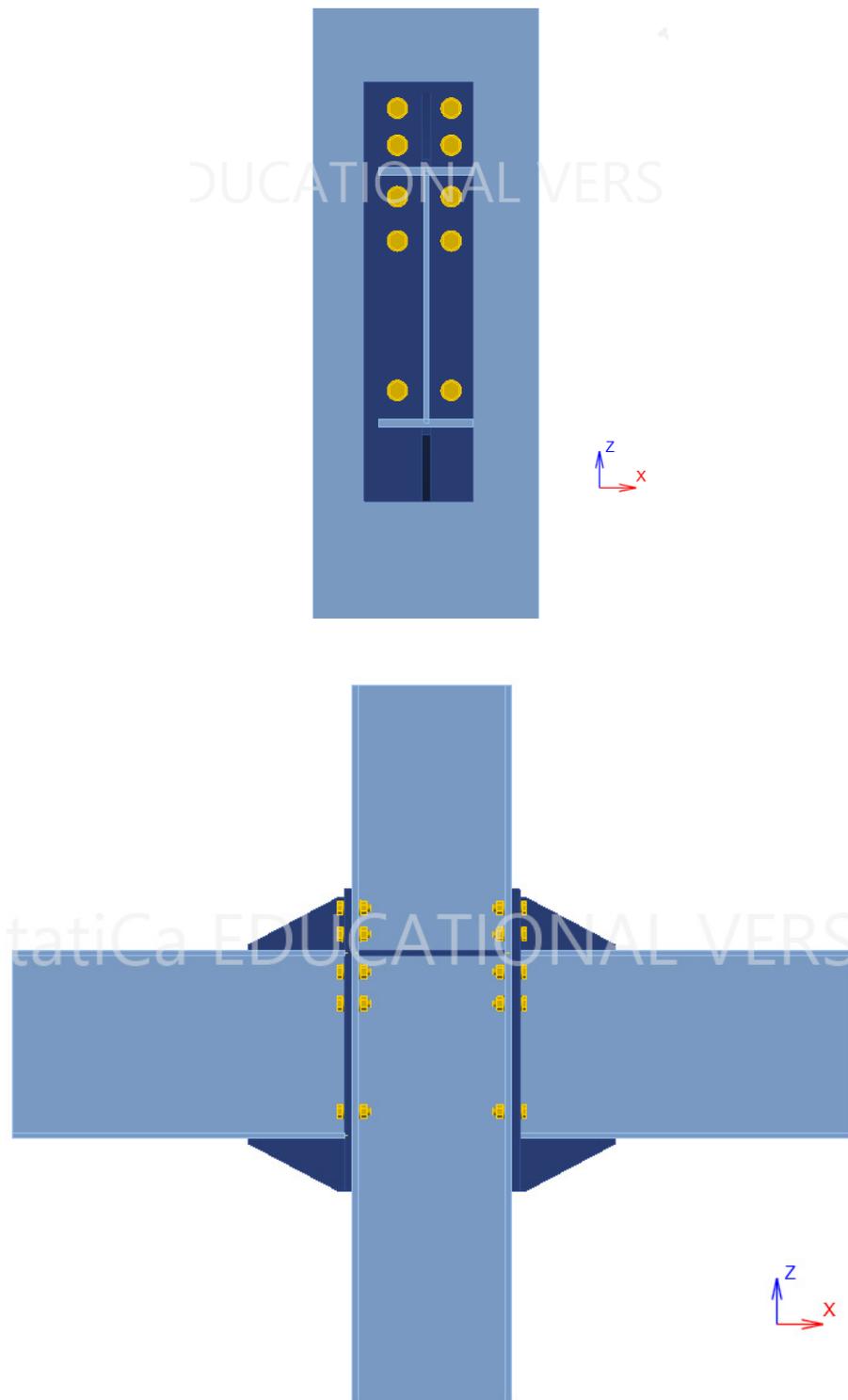
Deformada e tensões atuantes nas chapas (note o efeito alavanca na placa de base):



Força máxima de 60 kN no parafuso.

### 7.8.2. LIGAÇÃO VIGA-PILAR (RÍGIDA)

Configuração da ligação:



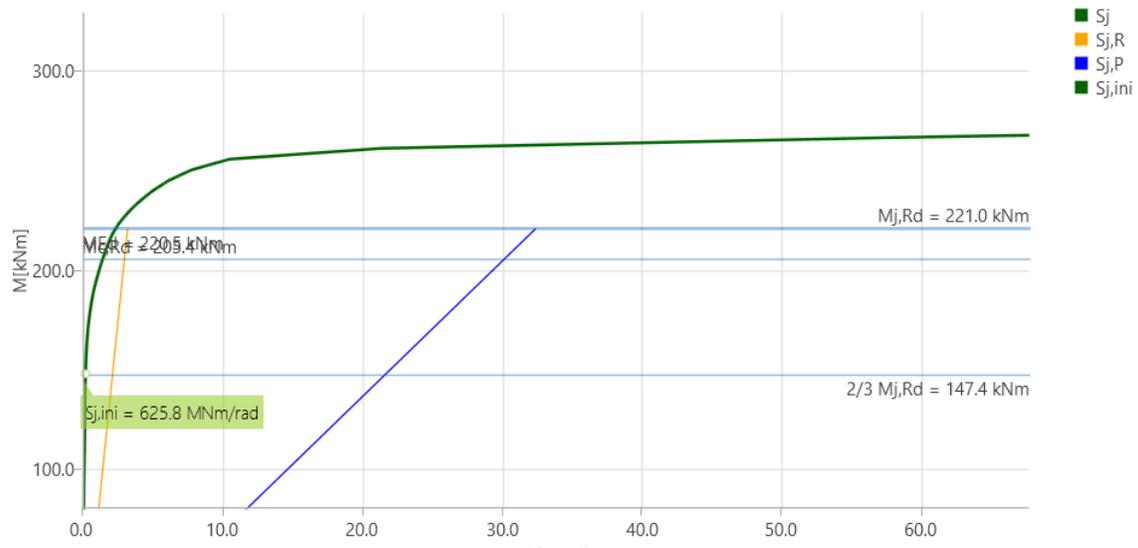
## Classificação da rigidez rotacional como uma ligação rígida:

Analysis Rotational stiffness

### Rotational stiffness of joint component

Item	Comp.	Loads	MEd [kNm]	Mj,Rd [kNm]	Sj,ini [MNm/rad]	Sjs [MNm/rad]	$\phi$ [mrad]	$\phi_c$ [mrad]	L [m]	Sj,R [MNm/rad]	Sj,P [MNm/rad]	Class
> B1	My	LE1	220.5	221.0	625.8	92.9	2.4	2.4	6.00	68.0	6.8	Rigid

Stiffness diagram My -  $\phi_y$ , LE1



Porcentagem de utilização dos casos de falha:

Chapas: 1,1% de deformação plástica (máx. 5%);

Parafusos de utilizando 99,7% de sua capacidade resistente;

Dados de carregamento retirados do pilar PL7, sendo B1, viga V20 e B2 viga V21.

Analysis  100.0%  
 Plates  1.1 < 5.0%  
 Bolts  99.7 < 100%  
 Welds  0.0 < 100%  
 Buckling  Not calculated

Production cost - 187 US\$

LE1 [Load] Copy Delete

Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
> C / Begin	202.1	0.0	0.0	0.0	-70.5	0.0
C / End	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B1 / End	0.0	0.0	-109.3	0.0	220.5	0.0
B2 / End	0.0	0.0	-92.8	0.0	150.0	0.0

Values in disabled cells are not taken into account in CBEM analysis. Members can be loaded only by that components of internal forces which are defined in member "Model type".

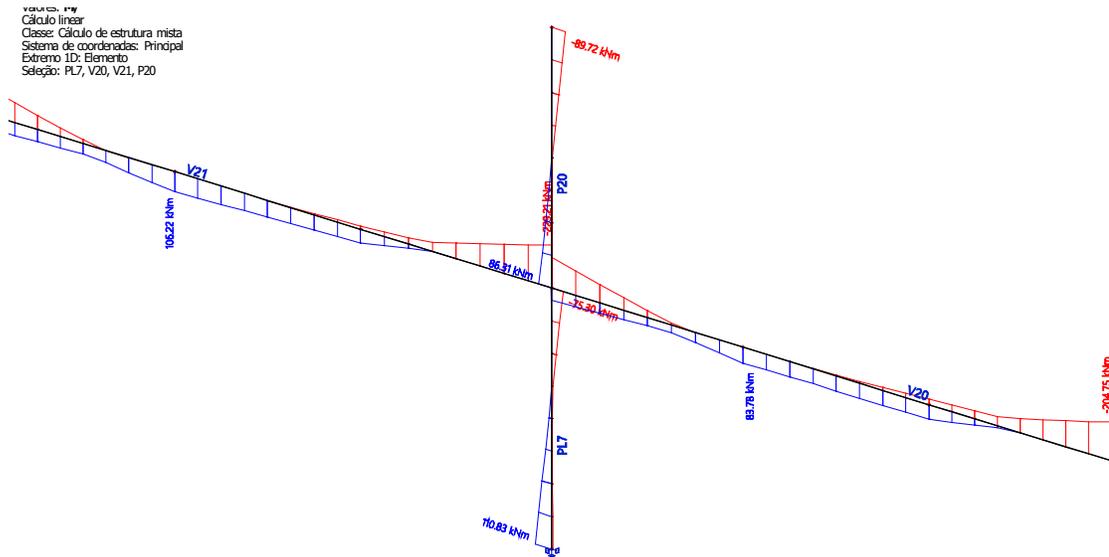
Unbalanced forces

X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CON1

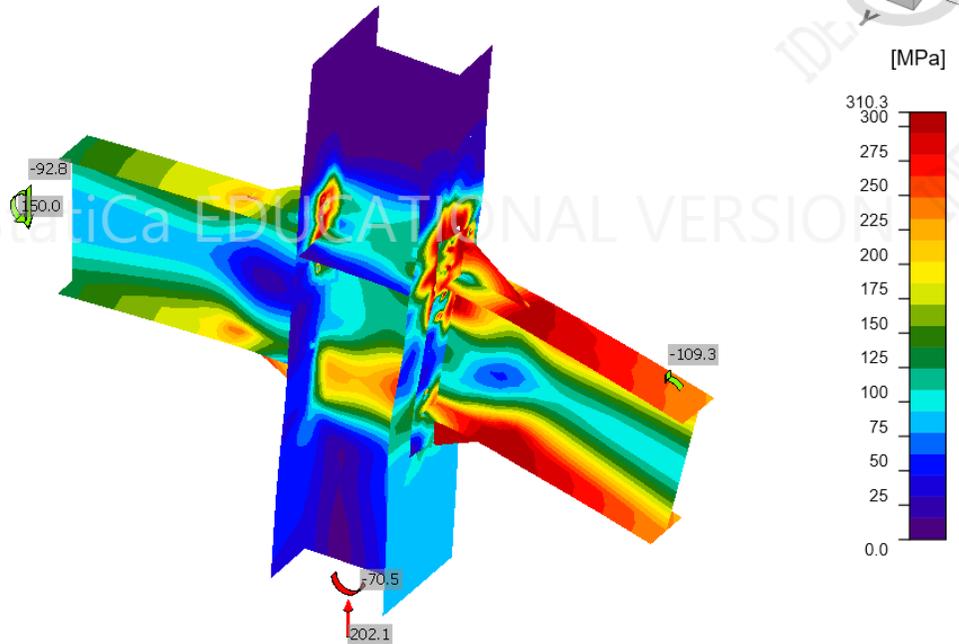
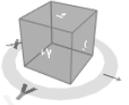
- Members
  - C
  - B1
  - B2
- Load effects
  - LE1
- Operations
  - EP1
  - WID1
  - WID2
  - STIFF1

### Envoltória de momentos no SCIA:



Analysis	✓	100.0%
Plates	✓	1.1 < 5.0%
Bolts	✓	99.7 < 100%
Welds	✓	0.0 < 100%
Buckling		Not calculated

Production cost - 187 US\$



### 7.8.3. LIGAÇÃO VIGA-PILAR (FLEXÍVEL)

Porcentagem de utilização dos casos de falha:

Chapas: 1,3% de deformação plástica (máx. 5%);

Parafusos de utilizando 74,1% de sua capacidade resistente;

Ligação entre V9 e PL7.

# Configuração da ligação:

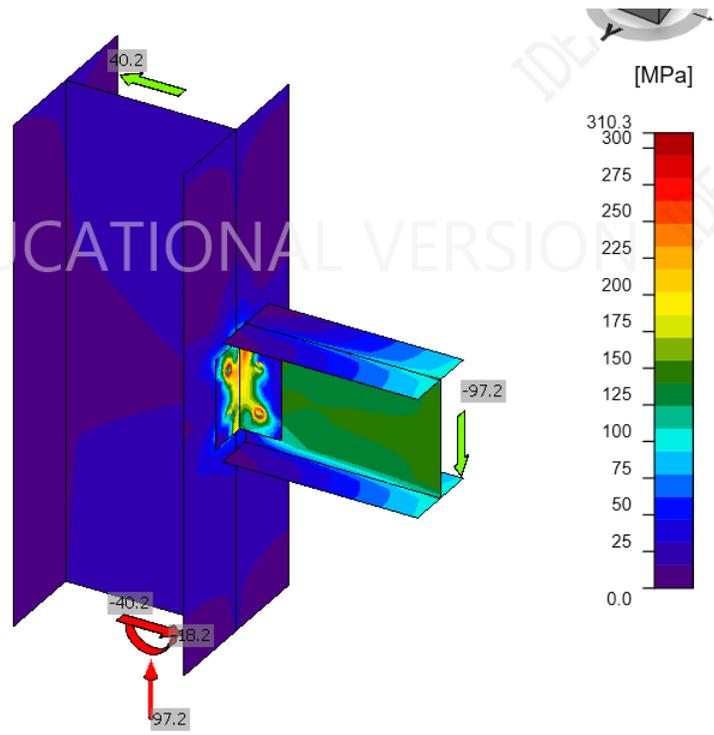
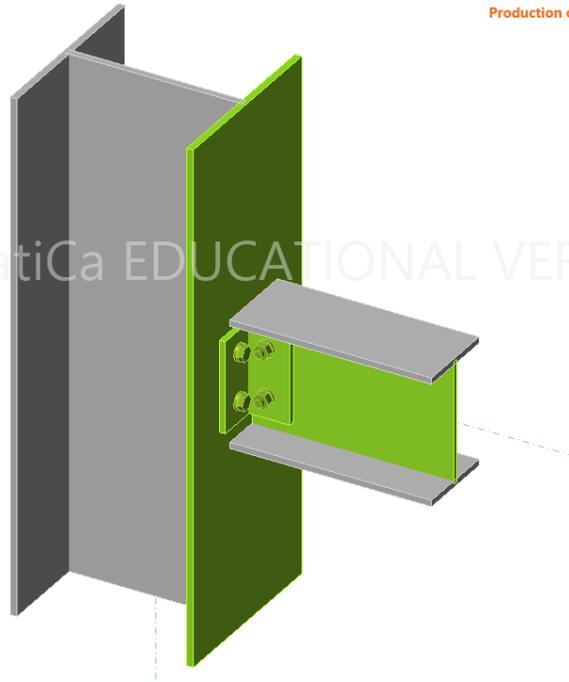
Analysis ✓ 100.0%  
Plates ✓ 1.3 < 5.0%  
Bolts ✓ 74.1 < 100%  
Buckling Not calculated

Production cost - 16 US\$



CON1

- Members
  - ✓ C
  - ✓ B
- Load effects
  - ✓ LE1
- Operations
  - ✓ CLEAT1

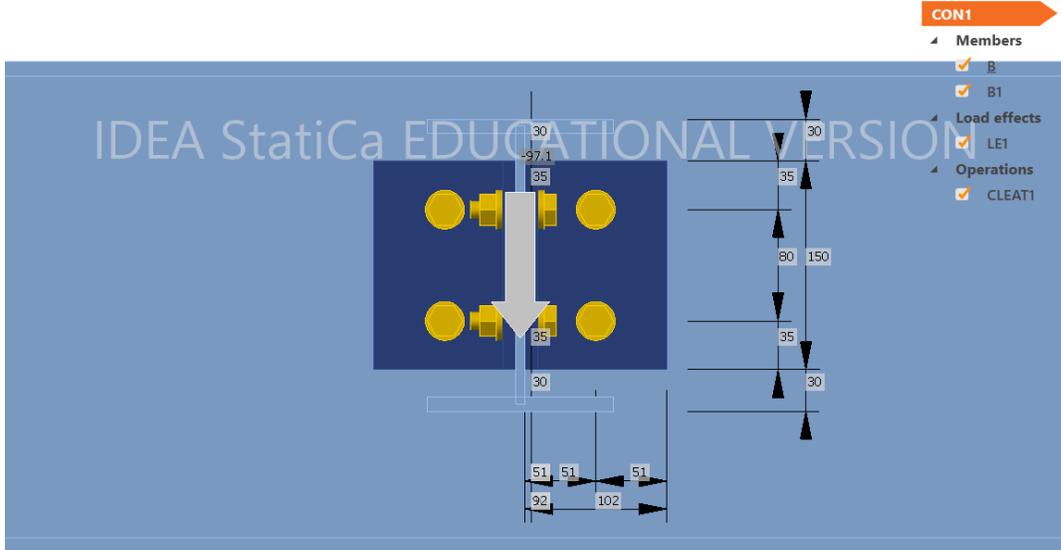


## 7.8.4. LIGAÇÃO VIGA-VIGA

### Configuração da ligação

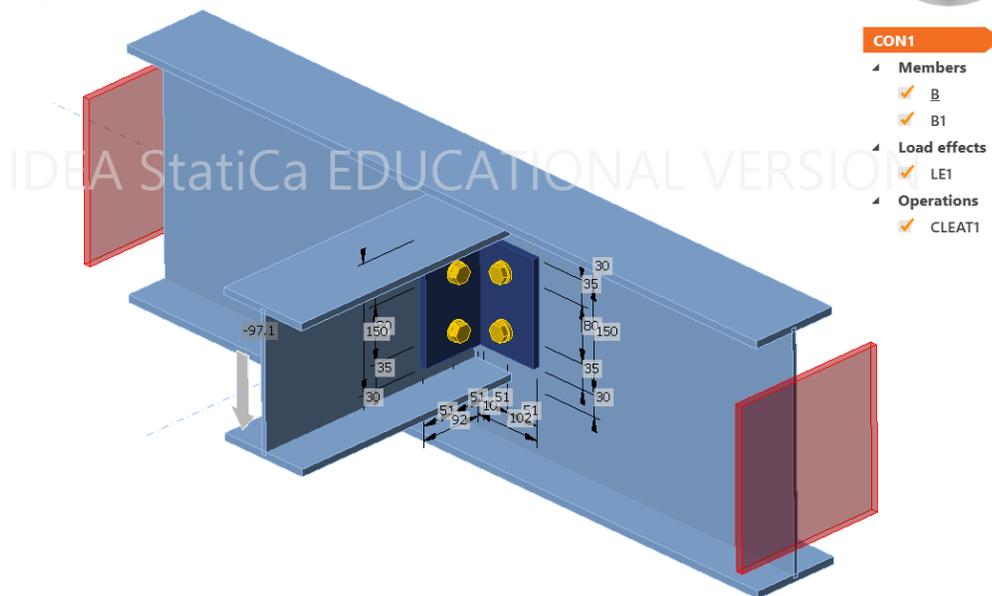
Analysis  100.0%  
Plates  4.5 < 5.0%  
Bolts  90.1 < 100%  
Buckling  Not calculated

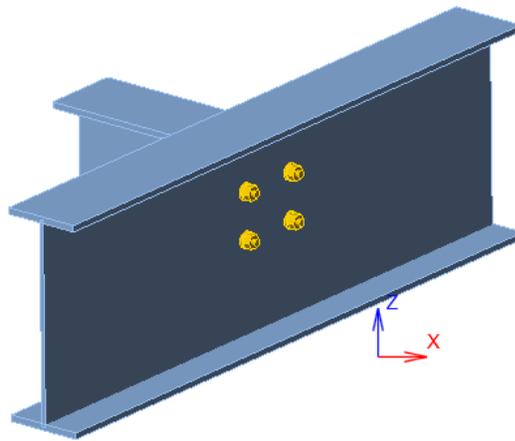
Production cost - 18 US\$



Analysis  100.0%  
Plates  4.5 < 5.0%  
Bolts  90.1 < 100%  
Buckling  Not calculated

Production cost - 18 US\$



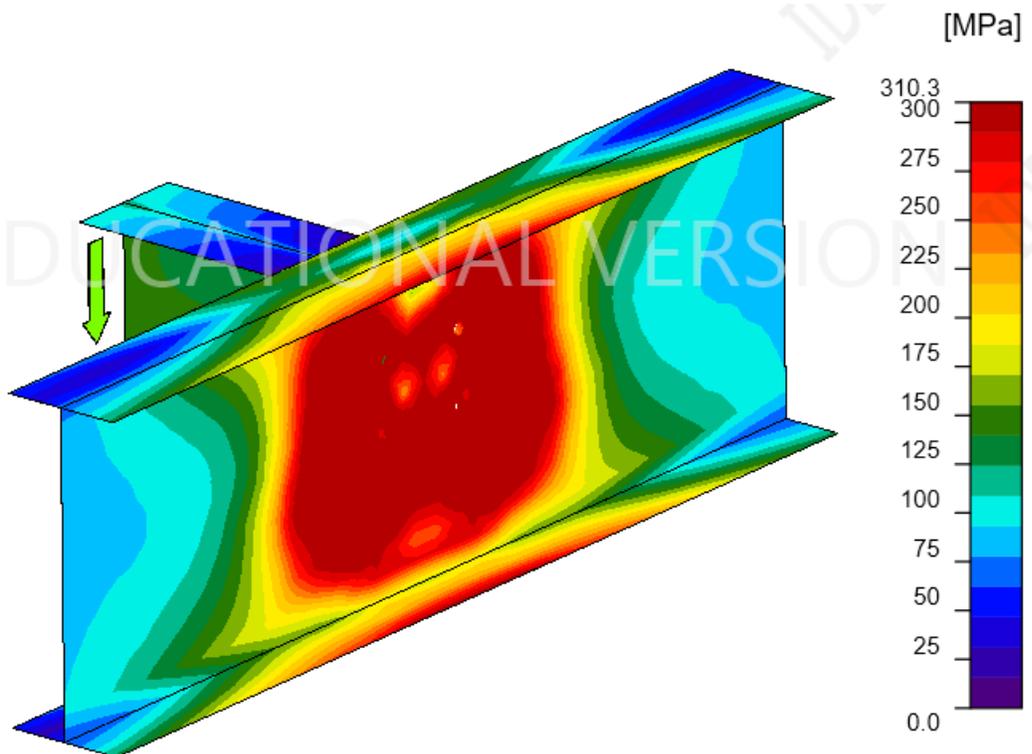


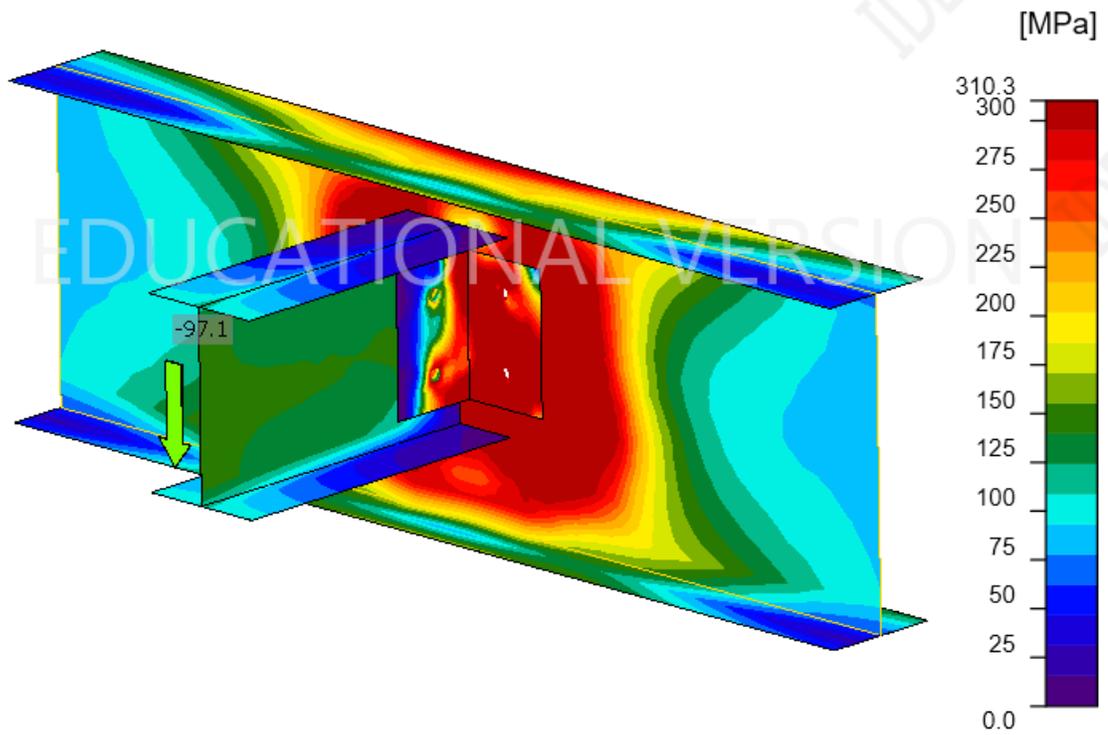
Ligação entre V9 e V35, classificada como flexível.

Porcentagem de utilização dos casos de falha:

Chapas: 4,5% de deformação plástica (máx. 5%);

Parafusos de utilizando 90,10% de sua capacidade resistente;

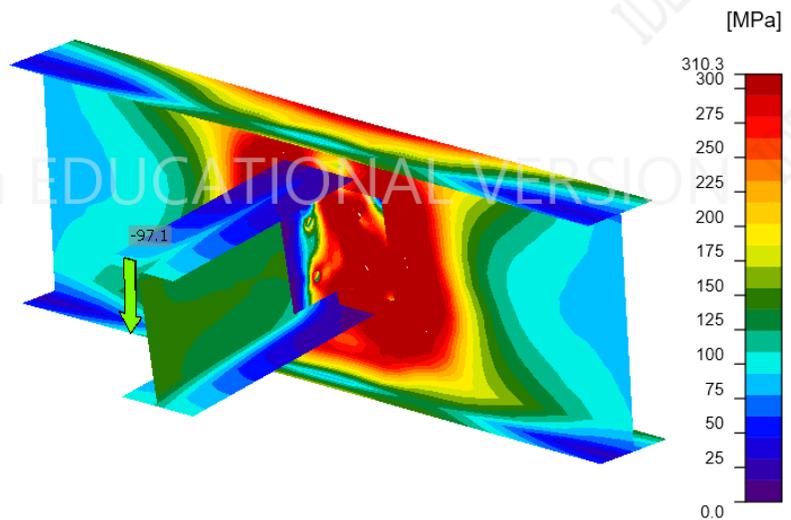




Configuração deformada da ligação.

Analysis	✓	100.0%
Plates	✓	4.5 < 5.0%
Bolts	✓	90.1 < 100%
Buckling		Not calculated

Production cost - 18 US\$



## 7.9. TABELAS DE ESFORÇOS NAS FUNDAÇÕES,

A tabela abaixo exprime os máximos esforços na fundação, de acordo com as combinações citadas.

PILAR	REAÇÃO	COMBINAÇÃO	VALOR	UNIDADE
PL9	Rx	FF - ELU - 11	29.89	kN
PL18	Ry	FF - ELU - 11	87.33	kN
PL7	Rz	FF - ELU - 4	1078.96	kN
PL18	Mx	FF - ELU - 4	-140.94	kNm
PL9	My	FF - ELU - 11	-53.73	kNm

Abaixo, são exibidos os esforços nas fundações para combinações cujos casos de carga não estão majorados por nenhum coeficiente de ponderação, mas com seus valores característicos.

Nome	Caso	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
PL14	ELK - 2/1	3.72	-25.23	495.57	18.44	3.79
PL14	ELK - 1/2	-2.85	8.63	106.28	-21.45	-12.75
PL7	ELK - 2/1	9.47	-0.03	861.58	0.92	7.18
PL18	ELK - 1/2	-7.75	65.91	515.1	-104.31	-11.85
PL1	ELK - 2/1	5.13	-24.06	516.7	21.95	4.56
PL9	ELK - 1/2	-23.37	6.19	356.08	-17.99	-42.31
PL11	ELK - 2/1	4.44	2.06	252.38	-1.25	12.59
PL14	ELK - 2/1	0.15	1.33	106.28	-0.92	6.12
PL13	ELK - 1/2	-0.96	8.46	106.28	-21.02	-11.74

## **8. MANUTENÇÃO E COMPORTAMENTO EM CASO DE INCÊNDIO**

A realização da atividade de recuperação e, quando necessário, do reforço estrutural, demanda a implementação de uma série de medidas para garantir a segurança durante a fase de construção e ao longo da vida útil da estrutura. Nesse contexto, é possível elencar seis medidas fundamentais:

Prover escoramento aos elementos estruturais, caso seja requerido.

Realizar inspeção detalhada para uma avaliação precisa da extensão das patologias.

- Limpeza da superfície do aço;
- Aplicar pintura epóxi, seguida de uma camada de pintura de acabamento;
- O escoramento dos elementos estruturais caso haja corrosão em estágio avançado;
- Lixamento conforme o padrão de limpeza ST-2/ST-3, utilizando escovas rotativas de aço.

Após o lixamento superficial do aço, eliminar quaisquer impurezas usando um solvente, como thinner, para garantir uma aderência adequada entre a pintura de base e a superfície do aço.

Após a conclusão da fase de limpeza, aplicar uma camada de pintura de proteção anticorrosiva apropriada, levando em consideração a classe de corrosividade conforme definida na ABNT NBR 8800:2008. Pode-se também adotar diferentes sistemas de proteção anticorrosiva, seguindo as diretrizes estabelecidas no "Manual de Tratamento de Superfície" do Centro Brasileiro de Construções em Aço (CBCA).

Para a manutenção da edificação e seguindo as orientações do CBCA, a figura abaixo também exprime as recomendações necessárias para proteção anticorrosiva.

Sistema	Tipo	Tinta	N demãos	EPS p/demão (µm)	EPS Total (µm)	Observações
CBCA-16	Fundo	Primer etil silicato de zinco	1	75	265	Sistema de custo alto por galão Expectativa de durabilidade ( 8 a 12 anos) Tem excelente resistência ao ambiente marítimo Tem boa resistência à calcinação
	Intermediária	Tinta epóxi-poliâmida (tie-coat)	1	40		
	Acabamento	Esmalte Poliuretano	2	75		
CBCA-17	Fundo	Primer Epóxi rico em zinco	1	75	275	Sistema de custo alto por galão Expectativa de durabilidade (7 a 11 anos) Tem excelente resistência ao ambiente marítimo Tem boa resistência à calcinação
	Intermediária	Esmalte Epóxi	1	125		
	Acabamento	Esmalte Poliuretano	1	75		
CBCA-18	Fundo	Primer Epóxi	2	125	300	Sistema de custo alto por galão Expectativa de durabilidade (6 a 10 anos) Tem boa resistência à calcinação
	Acabamento	Esmalte Poliuretano	1	50		

O comportamento estrutural em situações de incêndio em edifícios de aço e vigas mistas de aço e concreto em edificações destinadas à moradia social é uma área crítica de estudo, pois envolve a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio. Vamos explorar como os elementos estruturais de aço afetam o comportamento global e local da estrutura em situações de incêndio:

O aço perde resistência mecânica significativamente quando exposto ao calor. A temperatura de fusão do aço é alta, mas a perda de resistência começa muito antes disso, geralmente a partir de cerca de 550°C, dependendo do tipo de aço. Isso pode comprometer a capacidade da estrutura de suportar cargas.

Além da perda de resistência, o aço também sofre deformações significativas em altas temperaturas. Isso pode levar a deslocamentos e distorções na estrutura, afetando sua estabilidade.

Um dos principais desafios em edifícios de aço é o potencial colapso progressivo em incêndios. A perda de resistência em elementos estruturais-chave pode levar a falhas que se propagam pela estrutura, tornando-a instável. Para mitigar isso, sistemas de proteção passiva contra incêndio, como revestimentos intumescentes, são frequentemente aplicados para retardar o aquecimento do aço.

Nas vigas mistas de aço e concreto, o concreto pode fornecer certa proteção térmica ao núcleo de aço. No entanto, é importante considerar a aderência entre o aço e o concreto em temperaturas elevadas, pois isso afeta a capacidade da viga mista de manter sua integridade estrutural.

O comportamento local da estrutura depende das conexões entre os elementos estruturais. Em situações de incêndio, as conexões de aço devem ser projetadas para resistir às altas temperaturas e manter sua capacidade de suportar cargas, minimizando assim o risco de colapso.

As deformações locais devido ao aquecimento do aço podem afetar a integridade das ligações, levando a falhas locais. É essencial que os projetos levem em consideração o comportamento dessas ligações em condições de incêndio e adotem medidas de proteção adequadas.

Para edificações destinadas à moradia social, a segurança contra incêndios é uma preocupação primordial. Portanto, é fundamental adotar medidas preventivas, como sistemas de detecção e supressão de incêndios, rotas de evacuação seguras e sistemas de proteção passiva para garantir que, em caso de incêndio, os ocupantes tenham tempo suficiente para evacuar com segurança. Além disso, os projetos devem ser conduzidos levando em conta as regulamentações locais e normas de segurança contra incêndios, garantindo que a estrutura seja capaz de resistir às condições de incêndio especificadas.

## 9. CONCLUSÃO

### 9.1. CONSUMO TOTAL DE AÇO ESTRUTURAL ESTIMADO

#### Principal

Material	Massa [kg]	Superfície [mm <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]
Aço	46862.40	1468735137.147	5.9697e+00
Total	46862.40	1468735137.147	5.9697e+00

Nota: O valor 'Superfície' representa para elementos 1D a área total de superfície exposta, enquanto para elementos 2D corresponde apenas a área de superfície do plano central.

### 9.2. AÇO ESTIMADO

Considerando o exposto na tabela acima, a superfície de aço é de 1.468,73 m<sup>2</sup> a taxa de aço da estrutura é de 31,91 kg/m<sup>2</sup>.

## 10. NORMAS E MANUAIS UTILIZADOS

ABNT NBR 8800:2008;

ABNT NBR 6120:2019;

ABNT NBR 6123:1988;

ABNT NBR 16239:2013;

MANUAL CBCA – LIGAÇÕES;

MANUAL CBCA – ESTRUTURAS MISTAS;

MANUAL CBCA – DIMENSIONAMENTO DE PFF;

MANUAL CBCA – TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES;

## Combinações

Nome	Casos de carga	Coef. [-]
Descrição Tipo		
FF - ELS - QP - 1	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
	Linear - serviço	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	0.400
FF - ELS - FR - 1	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
	Linear - serviço	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	0.600
FC - ELS - QP - 1	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
	Linear - serviço	
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.400
FC - ELS - FR - 12	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	0.000
	Linear - serviço	
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.600
FF - ELU - 1	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
FF - ELU - 2	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	V0 - VENTO 0	0.840
FF - ELU - 3	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	V90 - VENTO 90	0.840
FF - ELU - 4	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.500
FF - ELU - 5	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.500
	V0 - VENTO 0	0.840
FF - ELU - 6	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.500
	V90 - VENTO 90	0.840
FF - ELU - 7	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.050
FF - ELU - 8	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	V0 - VENTO 0	1.400
FF - ELU - 9	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	V90 - VENTO 90	1.400
FF - ELU - 10	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400
	Linear - última	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.050
	V0 - VENTO 0	1.400
FF - ELU - 11	PP - Peso próprio	1.250
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.400

Nome	Casos de carga	Coef. [-]
Descrição		
Tipo		
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.350
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.050
	V90 - VENTO 90	1.400
FF - ELU - 12	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
FF - ELU - 13	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	V0 - VENTO 0	0.840
FF - ELU - 14	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	V90 - VENTO 90	0.840
FF - ELU - 15	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.500
FF - ELU - 16	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.500
	V0 - VENTO 0	0.840
FF - ELU - 17	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.500
	V90 - VENTO 90	0.840
FF - ELU - 18	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.050
FF - ELU - 19	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	V0 - VENTO 0	1.400
FF - ELU - 20	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	V90 - VENTO 90	1.400
FF - ELU - 21	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.050
	V0 - VENTO 0	1.400
FF - ELU - 22	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.050
	V90 - VENTO 90	1.400
FC - ELU - 1	PP - Peso próprio	1.150
Linear - última		
FC - ELU - 2	PP - Peso próprio	1.150
	V0 - VENTO 0	0.720
Linear - última		
FC - ELU - 3	PP - Peso próprio	1.150
	V90 - VENTO 90	0.720
Linear - última		
FC - ELU - 4	PP - Peso próprio	1.150
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.300
Linear - última		
FC - ELU - 5	PP - Peso próprio	1.150

Nome	Casos de carga	Coef. [-]
Descrição		
Tipo		
Linear - última	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
FC - ELU - 6	PP - Peso próprio	1.150
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.300
Linear - última	V0 - VENTO 0	0.720
FC - ELU - 7	PP - Peso próprio	1.150
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.300
Linear - última	V90 - VENTO 90	0.720
FC - ELU - 8	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	V0 - VENTO 0	0.720
FC - ELU - 9	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	V90 - VENTO 90	0.720
FC - ELU - 10	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.300
FC - ELU - 11	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.300
	V0 - VENTO 0	0.720
FC - ELU - 12	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.300
	V90 - VENTO 90	0.720
FC - ELU - 13	PP - Peso próprio	1.150
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.910
Linear - última		
FC - ELU - 14	PP - Peso próprio	1.150
	V0 - VENTO 0	1.200
Linear - última		
FC - ELU - 15	PP - Peso próprio	1.150
	V90 - VENTO 90	1.200
Linear - última		
FC - ELU - 16	PP - Peso próprio	1.150
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.910
Linear - última	V0 - VENTO 0	1.200
FC - ELU - 17	PP - Peso próprio	1.150
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.910
Linear - última	V90 - VENTO 90	1.200
FC - ELU - 18	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.910
FC - ELU - 19	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	V0 - VENTO 0	1.200
FC - ELU - 20	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	V90 - VENTO 90	1.200
FC - ELU - 21	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.910
	V0 - VENTO 0	1.200
FC - ELU - 22	PP - Peso próprio	1.150
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.400
Linear - última	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.910
	V90 - VENTO 90	1.200
FF - ELS - FR - 2	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
Linear - serviço	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
FF - ELS - FR - 3	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com	0.000

Nome	Casos de carga	Coef. [-]
Descrição		
Tipo		
Linear - serviço	cura para LC1	
	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	V0 - VENTO 0	0.300
FF - ELS - FR - 4	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
Linear - serviço	AP - AÇÃO PERMANENTE	1.000
	V90 - VENTO 90	0.300
FF - ELS - FR - 5	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
Linear - serviço	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	0.400
	V0 - VENTO 0	0.300
FF - ELS - FR - 6	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
Linear - serviço	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	0.400
	V90 - VENTO 90	0.300
FC - ELS - FR - 1	PP - Peso próprio	1.000
Linear - serviço		
FC - ELS - FR - 2	PP - Peso próprio	1.000
	V0 - VENTO 0	0.300
Linear - serviço		
FC - ELS - FR - 3	PP - Peso próprio	1.000
	V90 - VENTO 90	0.300
Linear - serviço		
FC - ELS - FR - 4	PP - Peso próprio	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.400
Linear - serviço		
FC - ELS - FR - 5	PP - Peso próprio	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.400
Linear - serviço	V0 - VENTO 0	0.300
FC - ELS - FR - 6	PP - Peso próprio	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.400
Linear - serviço	V90 - VENTO 90	0.300
FC - ELS - FR - 7	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
Linear - serviço		
FC - ELS - FR - 8	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
Linear - serviço	V0 - VENTO 0	0.300
FC - ELS - FR - 9	PP - Peso próprio	1.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
Linear - serviço	V90 - VENTO 90	0.300
FC - ELS - FR - 10	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
Linear - serviço	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.400
	V0 - VENTO 0	0.300
FC - ELS - FR - 11	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
Linear - serviço	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.400
	V90 - VENTO 90	0.300
FC - ELS - RR - 1	PP - Peso próprio	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.000
Linear - serviço		
FC - ELS - RR - 2	PP - Peso próprio	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.000
Linear - serviço	V0 - VENTO 0	0.300
FC - ELS - RR - 3	PP - Peso próprio	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.000
Linear - serviço	V90 - VENTO 90	0.300
FC - ELS - RR - 4	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
Linear - serviço	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.000
FC - ELS - RR - 5	PP - Peso próprio	0.000

Nome	Casos de carga	Coef. [-]
Descrição		
Tipo		
Linear - serviço	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.000
	V0 - VENTO 0	0.300
FC - ELS - RR - 6	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	1.000
Linear - serviço	V90 - VENTO 90	0.300
	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
Linear - serviço	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.000
	PP - Peso próprio	0.000
FF - ELS - RR - 9	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.000
Linear - serviço	V0 - VENTO 0	0.300
	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
Linear - serviço	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.000
	V0 - VENTO 0	0.300
FF - ELS - RR - 10	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
Linear - serviço	AV - AÇÃO VARIÁVEL	1.000
	V90 - VENTO 90	0.300
	PP - Peso próprio	0.000
FF - ELS - RR - 11	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	V0 - VENTO 0	1.000
Linear - serviço	V0 - VENTO 0	1.000
	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
Linear - serviço	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	V90 - VENTO 90	1.000
	PP - Peso próprio	0.000
FF - ELS - RR - 13	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	0.600
Linear - serviço	V0 - VENTO 0	1.000
	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	0.000
Linear - serviço	AP - AÇÃO PERMANENTE	0.000
	AV - AÇÃO VARIÁVEL	0.600
	V90 - VENTO 90	1.000
FC - ELS - RR - 7	PP - Peso próprio	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.600
	Linear - serviço	
FC - ELS - RR - 8	PP - Peso próprio	1.000
	V0 - VENTO 0	1.000
	Linear - serviço	
FC - ELS - RR - 9	PP - Peso próprio	1.000
	V90 - VENTO 90	1.000
	Linear - serviço	
FC - ELS - RR - 10	PP - Peso próprio	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.600
	Linear - serviço	
FC - ELS - RR - 11	V0 - VENTO 0	1.000
	PP - Peso próprio	1.000
	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO	0.600
Linear - serviço	V90 - VENTO 90	1.000
	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
Linear - serviço	V0 - VENTO 0	1.000
	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
Linear - serviço	V90 - VENTO 90	1.000
	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
FC - ELS - RR - 14	PP - Peso próprio	0.000
	PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	1.000
	Linear - serviço	

Nome	Casos de carga	Coef. [-]
Descrição Tipo		
Linear - serviço	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO V0 - VENTO 0	0.600 1.000
FC - ELS - RR - 15	PP - Peso próprio PPC_SC - Peso próprio do concreto sem cura para LC1	0.000 1.000
Linear - serviço	AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO V90 - VENTO 90	0.600 1.000
ELK - 1	PP - Peso próprio PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000 1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO AV - AÇÃO VARIÁVEL V90 - VENTO 90	1.000 1.000 1.000 1.000
ELK - 2	PP - Peso próprio PPC_CC - Peso próprio do concreto com cura para LC1	1.000 1.000
Linear - última	AP - AÇÃO PERMANENTE AVC - AÇÃO VARIÁVEL DE CONSTRUÇÃO AV - AÇÃO VARIÁVEL V0 - VENTO 0	1.000 1.000 1.000 1.000

Versão estudantil

Versão estudantil

