

Projeto de Mezaninos e Escadas

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Tipos usuais de piso para mezaninos

Painel Wall



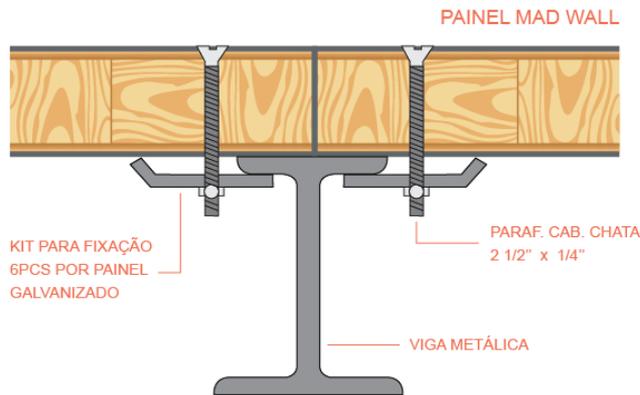
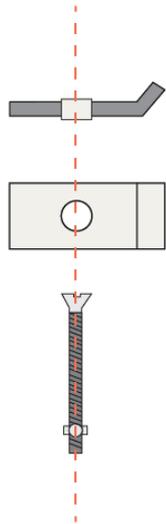
Medida mais comuns: 1200X2500X40mm

Sobrecarga para 300kgf/m² e 500kgf/m²

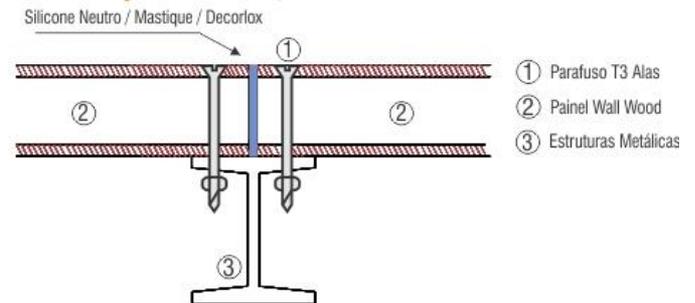
Tipos usuais de piso para mezaninos

Painel Wall - Fixação

(KIT DE FIXAÇÃO)

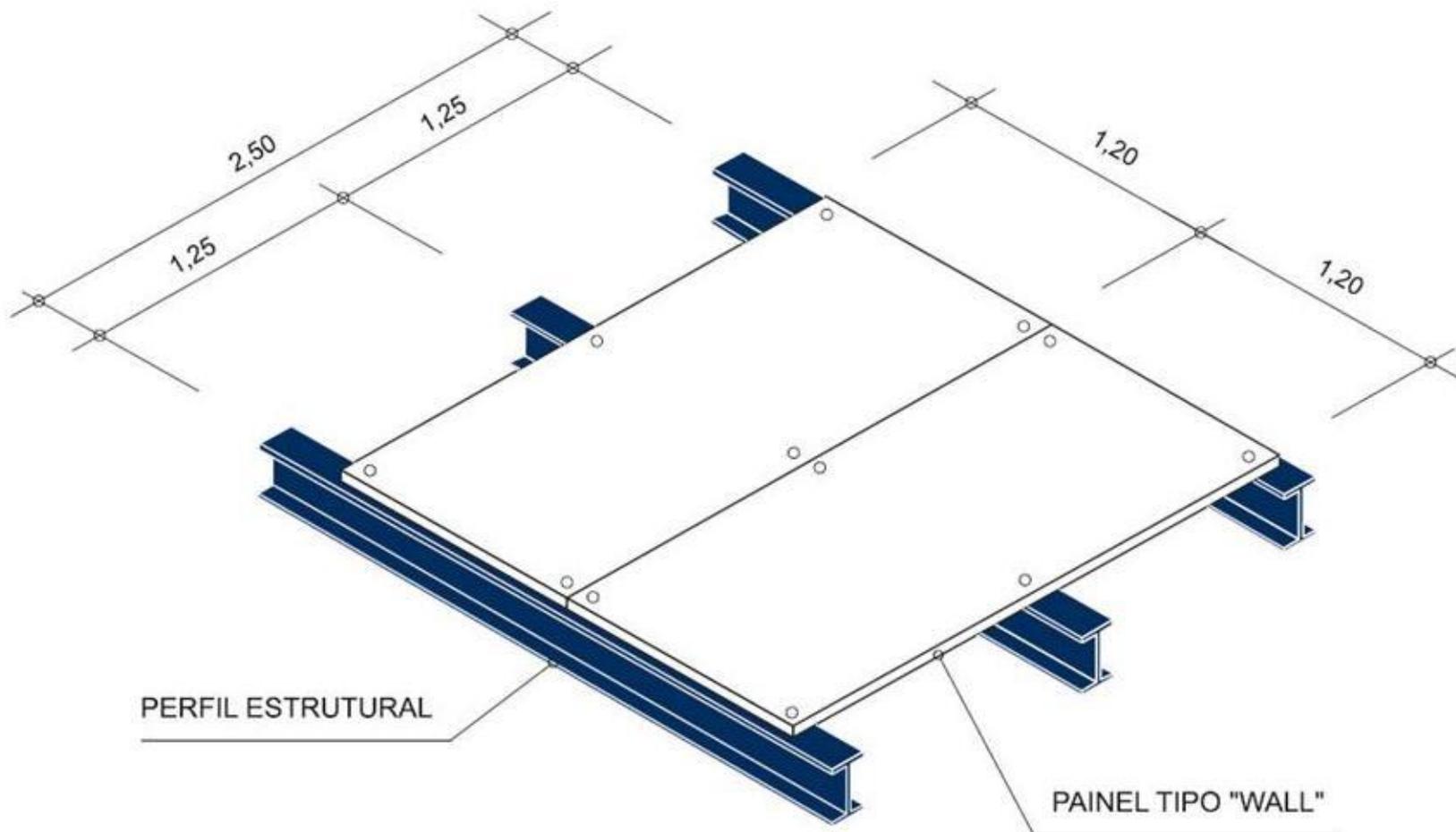


Amostra de Fixação em Perfil Tipo "I"



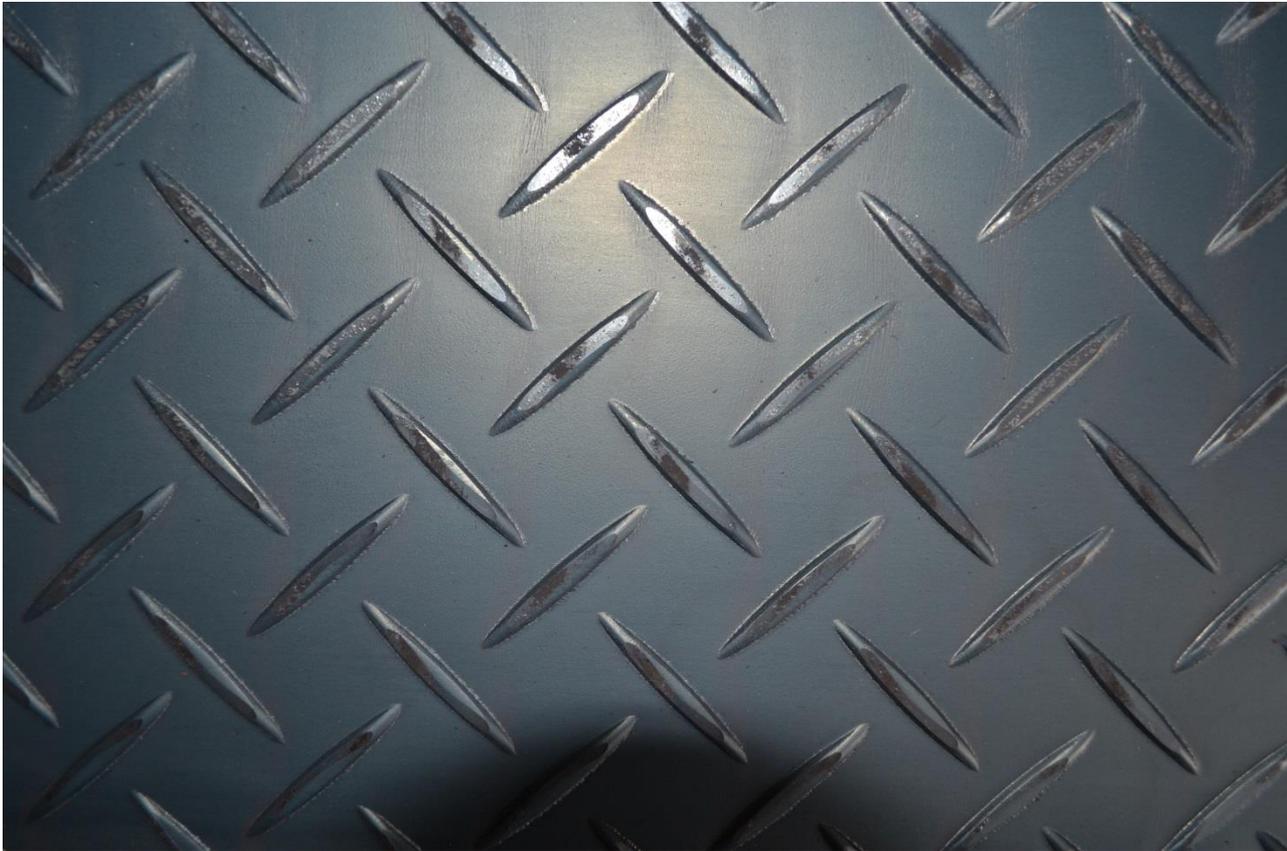
Tipos usuais de piso para mezaninos

Painel Wall - Modulações

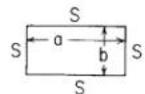


Tipos usuais de piso para mezaninos

Chapa xadrez



1. Rectangular plate; all edges simply supported



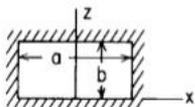
1a. Uniform over entire plate

$$\text{(At center)} \quad \sigma_{\max} = \sigma_b = \frac{\beta q b^2}{t^2} \quad \text{and} \quad y_{\max} = \frac{-\alpha q b^4}{E t^3}$$

$$\text{(At center of long sides)} \quad R_{\max} = \gamma q b$$

a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	4.0	5.0	∞
β	0.2874	0.3762	0.4530	0.5172	0.5688	0.6102	0.7134	0.7410	0.7476	0.7500
α	0.0444	0.0616	0.0770	0.0906	0.1017	0.1110	0.1335	0.1400	0.1417	0.1421
γ	0.420	0.455	0.478	0.491	0.499	0.503	0.505	0.502	0.501	0.500

8. Rectangular plate, all edges fixed



8a. Uniform over entire plate

$$\text{(At center of long edge)} \quad \sigma_{\max} = \frac{-\beta_1 q b^2}{t^2}$$

$$\text{(At center)} \quad \sigma = \frac{\beta_2 q b^2}{t^2} \quad \text{and} \quad y_{\max} = \frac{\alpha q b^4}{E t^3}$$

a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞
β_1	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000
β_2	0.1386	0.1794	0.2094	0.2286	0.2406	0.2472	0.2500
α	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267	0.0277	0.0284

Critério 1

$$t = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot \alpha \cdot q \cdot b^4}{E \cdot a}}$$

Critério 2

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_{sd}}{F y}}$$

Exemplo: Qual a espessura ideal para um piso de chapa xadrez apoiado sobre uma modulação 1050mm x 750mm, para suportar uma sobrecarga de 3kN/m²?

$$\frac{a}{b} = \frac{1050}{750} = 1,4 \rightarrow \alpha = 0,077, \beta = 0,4530$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot 0,077 \cdot (3 \cdot 10^{-4}) \cdot 75^4}{20000 \cdot 105}} = 4,43 \text{mm}$$

Adotaremos espessura 4,76mm.

$$t = 75 \cdot \sqrt{\frac{0,4530 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{25}} = 2,14 \text{mm}$$

Com peso de chapa 4,76mm

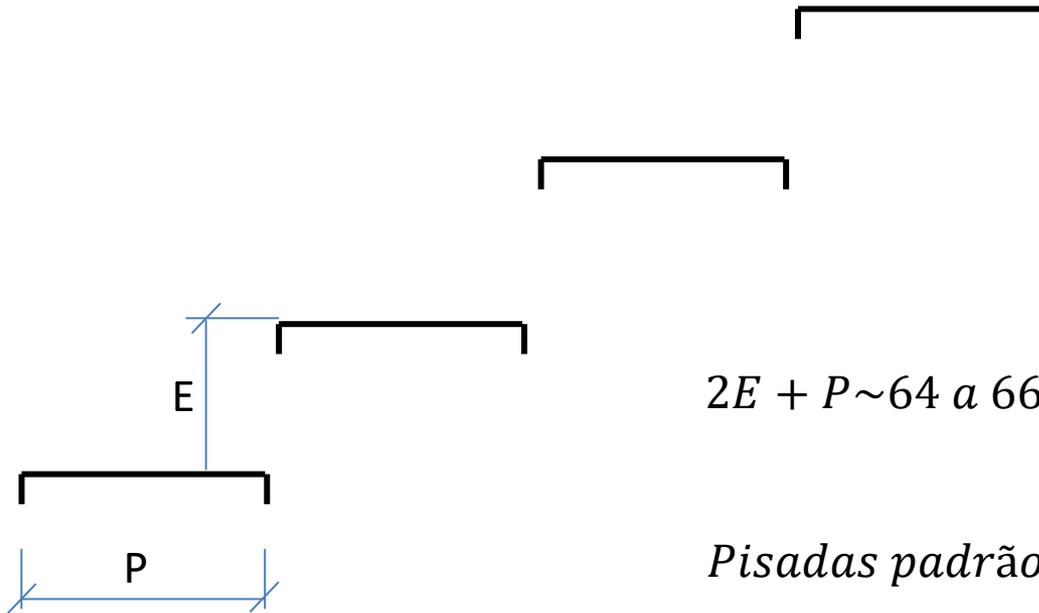
$$t = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot 0,077 \cdot (3 \cdot 10^{-4} + 0,00476 \cdot 78,5 \cdot 10^{-4}) \cdot 75^4}{20000 \cdot 105}} = 4,60mm$$

$$t = 75 \cdot \sqrt{\frac{0,4530 \cdot (1,5 \cdot 3 \cdot 10^{-4} + 1,25 \cdot 0,00476 \cdot 78,5 \cdot 10^{-4})}{25}} = 2,25mm$$

Chapa de 4,76 mm atende Devido limitação nos Estados Limites de Serviço

Projetos de escadas

Regra de Blondel:



$$2E + P \sim 64 \text{ a } 66\text{cm}$$

Pisadas padrão (em geral):

265mm, 280mm, 300mm

Projetos de escadas

Exemplo: Em um desnível de 3m, qual o espelho e a pisada ideais?

Se travarmos a pisada em 28cm, por exemplo teremos:

$$2E + P \sim 66cm$$

$$N = \frac{300}{19} = 15,78 \text{ espelhos} \sim 16 \text{ espelhos}$$

$$2 \cdot E + 28 = 66cm$$

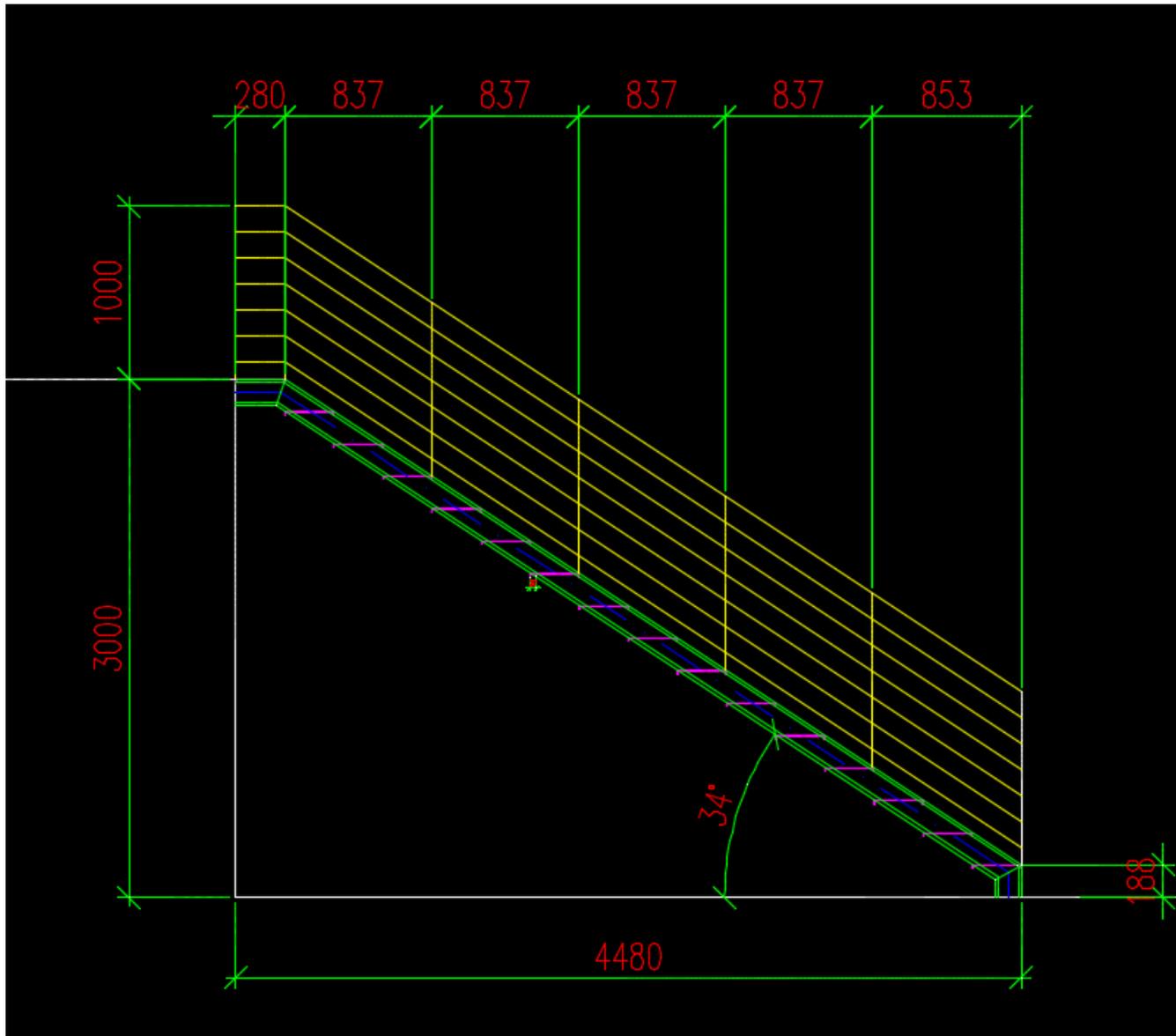
$$E = \frac{300}{16} = 18,75 \text{ cm cada espelho}$$

$$E = \frac{66 - 28}{2}$$

$$2 \cdot 18,75 + 28 = 65,5 \text{ OK}$$

$$E = \frac{66 - 28}{2} = 19cm$$

Projetos de escadas



Cálculo do Guarda Corpo

6.3 Forças horizontais variáveis

As estruturas que suportam guarda-corpos, parapeitos, portões ou qualquer outra barreira destinada a reter, parar, guiar ou prevenir quedas de pessoas, sejam estas barreiras permanentes ou temporárias, devem resistir às forças da Tabela 12. A barreira em si deve ser projetada para forças indicadas em Normas Brasileiras específicas ou, quando estas Normas não existirem, devem ser consideradas as forças da Tabela 12.

Independentemente da altura da barreira, as forças da Tabela 12 devem ser consideradas atuando a 1,1 m acima do piso acabado e perpendiculares ao eixo longitudinal da barreira.

Tabela 12 – Forças horizontais em guarda-corpos e outras barreiras destinadas à proteção de pessoas (continua)

Localização da barreira	Força horizontal kN/m
Passarelas acessíveis apenas para inspeção e manutenção	0,4
Áreas privativas de unidades residenciais, escritórios, quartos de hotéis, quartos e enfermarias de hospitais	1,0
Coberturas, terraços, passarelas etc. sem acesso público	

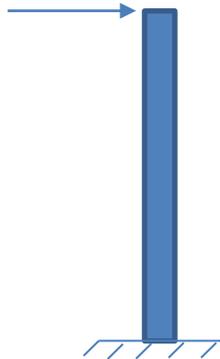
Tabela 12 (conclusão)

Localização da barreira	Força horizontal kN/m
Escadas privativas ou sem acesso público, escadas de emergência em edifícios	1,0
Escadas panorâmicas	2,0
Áreas com acesso público (exceto os casos descritos nos itens a seguir)	1,0 ^b
Zonas de fluxo de pessoas ^a em áreas de acesso público, barreiras paralelas à direção do fluxo das pessoas	2,0 ^b
Zonas de fluxo de pessoas ^a em áreas de acesso público, barreiras perpendiculares à direção do fluxo das pessoas	3,0 ^b
Áreas de possível acolhimento de multidões, galerias e <i>shopping centers</i> (exceto dentro das lojas), plataformas de passageiros	3,0 ^b
Arquibancadas, escadas, rampas e passarelas em locais de eventos esportivos NOTA Por se tratar de projeto especial, é necessário consultar Normas específicas (ver Bibliografia [4])	2,0
Áreas de estoque (incluindo livros e documentos) e atividades industriais	2,0

^a Compreende todas as áreas com acesso público e delimitadas por barreiras destinadas ao tráfego de pessoas em fluxo direcionado, incluindo rampas, passarelas e escadas.
^b Para barreiras sujeitas a eventos extremos (como superlotação, manifestações, tumultos etc.), recomenda-se considerar uma força horizontal igual a, no mínimo, 5,0 kN/m, aplicada da mesma forma que as forças da Tabela 12.

$$F = 1 \text{ kN/m} \cdot 1,009\text{m} = 1,009 \text{ kN}$$

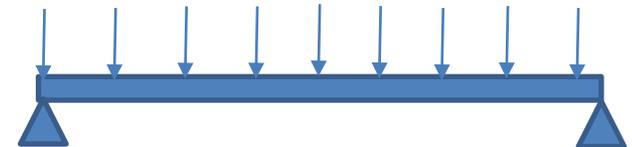
$$M = 1,5 \cdot 1,009 \cdot 110 = 166,48 \text{ kN.cm}$$



Barras Verticais a cada 1009mm

Barra Horizontal

1kN/m



$$M_{Sd} = \frac{q \cdot L^2}{8} \quad M_{Sd} = \frac{1,5 \cdot 0,01 \cdot 100,9^2}{8}$$

$$M_{Sd} = \frac{1,5 \cdot 0,01 \cdot 100,9^2}{8} = 19,08 \text{ kN.cm}$$

Perfil adotado será Tubo circular

Cálculo do Guarda Corpo

NBR14718

5 Requisitos específicos

5.1 Esforço estático horizontal

Qualquer tipo ou modelo de guarda-corpo, quando submetido ao ensaio descrito no anexo A, deve atender aos requisitos indicados a seguir:

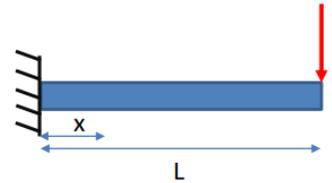
- não deve apresentar ruptura de qualquer de seus componentes;
- não deve ocorrer afrouxamento ou destacamento de componentes e dos elementos de fixação;
- a deformação sob carga (deslocamento do peitoril) não deve superar $L/250$, sendo L o vão considerado para ensaio;
- a deformação residual deve ser limitada a $L/1\ 000$ ou 3 mm, sendo L o vão considerado para ensaio.

5.2 Esforço estático vertical

Qualquer tipo ou modelo de guarda-corpo, quando submetido ao ensaio descrito no anexo B, deve atender aos requisitos indicados a seguir:

- não deve apresentar ruptura;
- não deve ocorrer afrouxamento ou destacamento de componentes e dos elementos de fixação;
- a deformação sob carga (deslocamento do peitoril) não deve superar $L/250$, sendo L o vão considerado para ensaio;
- a deformação residual deve ser limitada a $L/1\ 000$ ou 3 mm, sendo L o vão considerado para ensaio.

Barra em Balanço – Carga Pontual na extremidade



Deflexão

$$y(x) = -\frac{P \cdot x^2}{6EI} (3 \cdot L - x)$$

$$y_{max} = -\frac{P \cdot L^3}{3EI}$$

$$f_{max} = \frac{L}{250} = \frac{1100}{250} = 4,4mm$$

$$I_{nec} = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot f_{máx}} \rightarrow I_{nec} = \frac{1,009 \cdot 110^3}{3 \cdot 20000 \cdot 0,44} = 50,87 \text{ cm}^4$$

Supondo espessura de 3mm, vamos pré-dimensionar o diâmetro do tubo redondo

$$I = \pi \cdot R^3 \cdot t \quad R = \sqrt[3]{\frac{I}{\pi \cdot t}} \quad R = \sqrt[3]{\frac{50,87}{\pi \cdot 0,3}} = 3,78cm$$

$$D = 2R = 7,55cm$$

Adotaremos Diâm. 76,2 (3'')

Cálculo do Guarda Corpo- Montantes Verticais

G.2.7 Para as seções tubulares circulares, para o estado-limite de flambagem local da parede do tubo, o único aplicável, com D/t não superior a $0,45E/f_y$, tem-se:

b) $M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{s1}}$, para $\lambda \leq \lambda_p$

c) $M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{s1}} \left(\frac{0,021E}{D/t} + f_y \right) W$, para $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_t$

d) $M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{s1}} \frac{0,33E}{D/t} W$, para $\lambda > \lambda_t$

com:

$$\lambda = \frac{D}{t}$$

$$\lambda_p = \frac{0,07E}{f_y}$$

$$\lambda_t = \frac{0,31E}{f_y}$$

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{7,62}{0,3} = 25,4 \quad \lambda_p = \frac{0,07 \cdot 20000}{24} = 58,33$$

Seção Compacta

$$M_{Rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1}$$

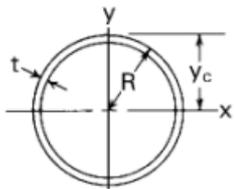
$$M_{Rd} = \frac{4 \cdot R^2 \cdot t \cdot F_y}{1,1}$$

$$M_{Rd} = \frac{4 \cdot 3,81^2 \cdot 0,3 \cdot 24}{1,1}$$

$$M_{Rd} = 380 \text{ kN.cm} > 166,48 \text{ OK!}$$

Perfil Adotado: $\emptyset 76,2 \times 3 \text{ mm SAE 1020 (CF-24)}$

17. Very thin annulus



$$A = 2\pi R t$$

$$y_c = R$$

$$I_x = I_y = \pi R^3 t$$

$$r_x = r_y = 0,707R$$

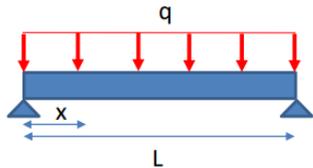
$$Z_x = Z_y = 4R^2 t$$

$$SF_x = SF_y = \frac{4}{\pi}$$

Cálculo do Guarda Corpo

Barra horizontal

Barra bi-apoiada– Carga Uniformemente Distribuída



Deflexão

$$y(x) = -\frac{q \cdot x}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3) \quad 0 \leq x \leq L$$

$$y_{max} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \quad x = \frac{L}{2}$$

$$f_{max} = \frac{L}{250} = \frac{1009}{250} = 4,03mm$$

$$I_{nec} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{máx}} \rightarrow I_{nec} = \frac{5 \cdot 0,01 \cdot 100,9^4}{384 \cdot 20000 \cdot 0,403} = 1,68 \text{ cm}^4$$

Supondo espessura de 1,5mm, vamos pré-dimensionar o diâmetro do tubo redondo

$$I = \pi \cdot R^3 \cdot t \quad R = \sqrt[3]{\frac{I}{\pi \cdot t}} \quad R = \sqrt[3]{\frac{1,68}{\pi \cdot 0,15}} = 1,53cm \quad D = 2R = 3,05 \text{ cm}$$

Por questões de funcionalidade, vamos adotar Tubo redondo Diâm. 3'' x 1,5mm para a Região das mãos.

Cálculo do Guarda Corpo- Barra Região das Mãos

G.2.7 Para as seções tubulares circulares, para o estado-limite de flambagem local da parede do tubo, o único aplicável, com D/t não superior a $0,45E/f_y$, tem-se:

$$b) M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{s1}}, \text{ para } \lambda \leq \lambda_p$$

$$c) M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{s1}} \left(\frac{0,021E}{D/t} + f_y \right) W, \text{ para } \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$$

$$d) M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{s1}} \frac{0,33E}{D/t} W, \text{ para } \lambda > \lambda_r$$

com:

$$\lambda = \frac{D}{t}$$

$$\lambda_p = \frac{0,07E}{f_y}$$

$$\lambda_r = \frac{0,31E}{f_y}$$

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{7,62}{0,15} = 50,8 \quad \lambda_p = \frac{0,07 \cdot 20000}{24} = 58,33$$

Seção Compacta

$$M_{Rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1}$$

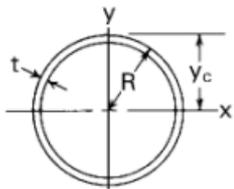
$$M_{Rd} = \frac{4 \cdot R^2 \cdot t \cdot F_y}{1,1}$$

$$M_{Rd} = \frac{4 \cdot 3,81^2 \cdot 0,15 \cdot 24}{1,1}$$

$$M_{Rd} = 190 \text{ kN.cm} > 19,08 \text{ OK!}$$

Perfil Adotado: $\emptyset 76,2 \times 1,5 \text{ mm SAE 1020 (CF-24)}$

17. Very thin annulus



$$A = 2\pi R t$$

$$y_c = R$$

$$I_x = I_y = \pi R^3 t$$

$$r_x = r_y = 0,707R$$

$$Z_x = Z_y = 4R^2 t$$

$$SF_x = SF_y = \frac{4}{\pi}$$

Cálculo do Guarda Corpo- Barras Horizontais Intermediárias

G.2.7 Para as seções tubulares circulares, para o estado-limite de flambagem local da parede do tubo, o único aplicável, com D/t não superior a $0,45E/f_y$, tem-se:

$$b) M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{s1}}, \text{ para } \lambda \leq \lambda_p$$

$$c) M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{s1}} \left(\frac{0,021E}{D/t} + f_y \right) W, \text{ para } \lambda_p < \lambda \leq \lambda_\tau$$

$$d) M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{s1}} \frac{0,33E}{D/t} W, \text{ para } \lambda > \lambda_\tau$$

com:

$$\lambda = \frac{D}{t}$$

$$\lambda_p = \frac{0,07E}{f_y}$$

$$\lambda_\tau = \frac{0,31E}{f_y}$$

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{3,175}{0,15} = 21,16 \quad \lambda_p = \frac{0,07 \cdot 20000}{24} = 58,33$$

Seção Compacta

$$M_{Rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1}$$

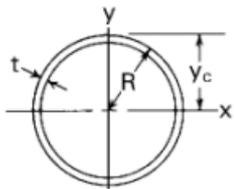
$$M_{Rd} = \frac{4 \cdot R^2 \cdot t \cdot F_y}{1,1}$$

$$M_{Rd} = \frac{4 \cdot 1,59^2 \cdot 0,15 \cdot 24}{1,1}$$

$$M_{Rd} = 33,1 \text{ kN} \cdot \text{cm} > 19,08 \text{ OK!}$$

Perfil Adotado: $\emptyset 32 \times 1,5 \text{ mm SAE 1020 (CF-24)}$

17. Very thin annulus



$$A = 2\pi R t$$

$$y_c = R$$

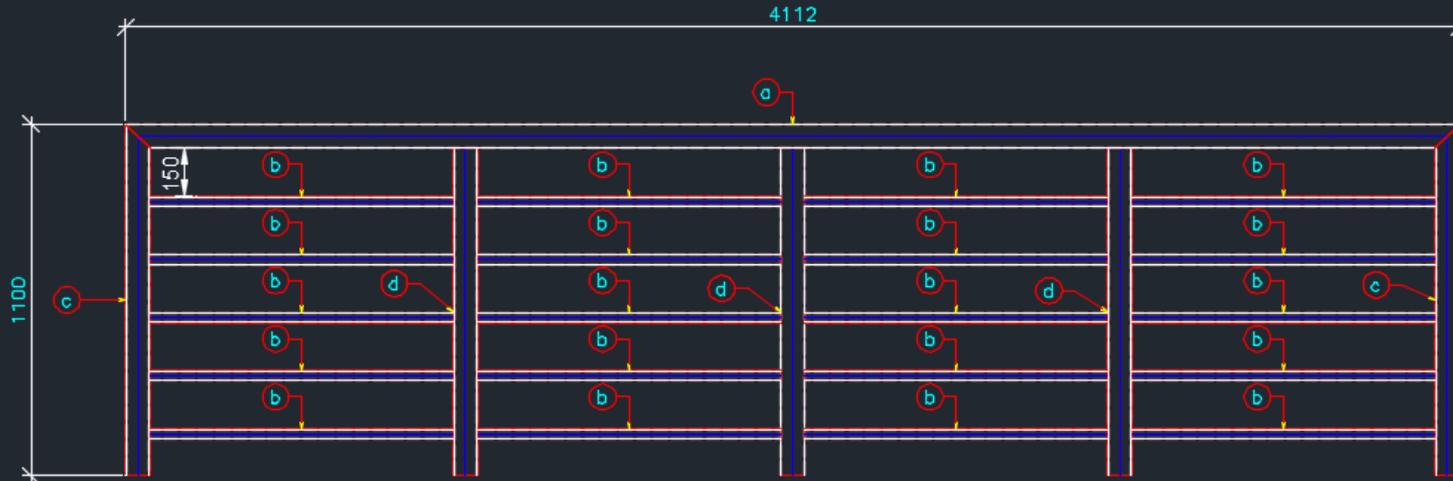
$$I_x = I_y = \pi R^3 t$$

$$r_x = r_y = 0,707R$$

$$Z_x = Z_y = 4R^2 t$$

$$SF_x = SF_y = \frac{4}{\pi}$$

Peso do Guarda Corpo



Lista de Material – Projeto

ITEM	QTD	DIMENSÕES	COMPRIMENTO	PESO UNITARIO	PESO TOTAL
	1	Treliça		60.79	60.79
a	1	TUBO RED. 76.2 x 1.5	4112	11.36	11.36
b	20	TUBO RED. 31.75 x 1.5	933	1.04	20.88
c	2	TUBO RED. 76.2 x 3	1100	5.96	11.91
d	3	TUBO RED. 76.2 x 3	1024	5.54	16.63
PESO TOTAL					60.79 kgf

Peso por metro linear (Horizontal): $60,79 / 4,112 = 14,78$ kg/m

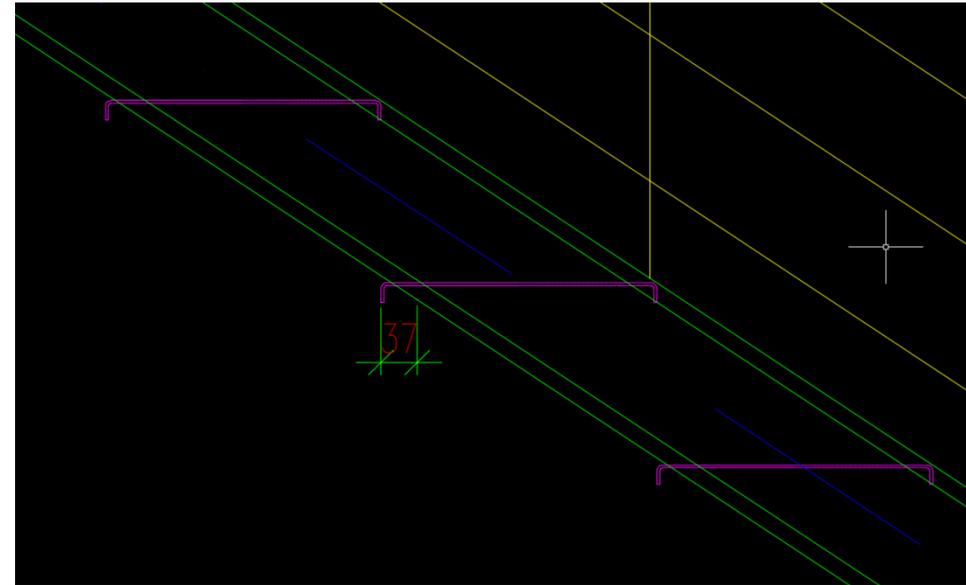
Peso por metro linear (Inclinado a 34° - Escada): $14,78 / \cos 34^\circ = 17,84$ kg/m

Cálculo da longarina

A viga da Escada deve suportar, além do peso próprio, a sobrecarga de 300kgf/m^2 (NBR6120)

Não há determinação específica para flechas, porém manteremos a limitação de $L/350$

Determina-se a altura da longarina (Viga da escada depois de desenhar os degraus para que não fique desproporcional)

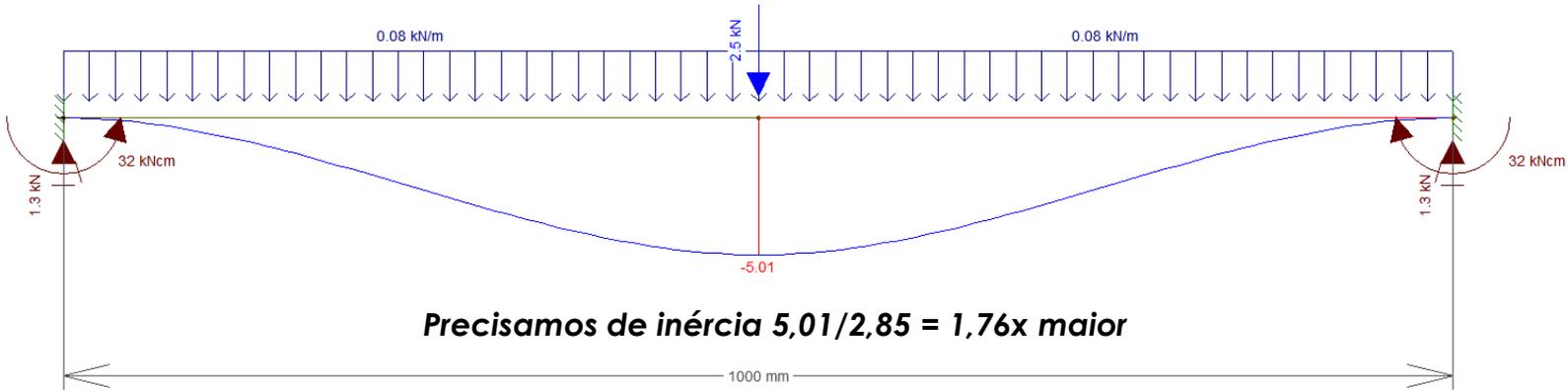


- ^t Nas escadas com trechos em balanço, devem ser verificados os efeitos da alternância das cargas. Para degraus isolados em balanço ou biapoiados, calcular o degrau com carga concentrada de $2,5\text{ kN}$ aplicada na posição mais desfavorável. A verificação com carga concentrada deve ser feita separadamente, sem consideração simultânea da carga variável uniformemente distribuída. Passarelas não inseridas nas edificações não fazem parte do escopo desta Norma, devendo-se consultar a ABNT NBR 7188.

Cálculo da degrau (largura 1000mm)

ELS:

$$f_{max} = \frac{L}{350} = 1000/350 = 2,85mm$$



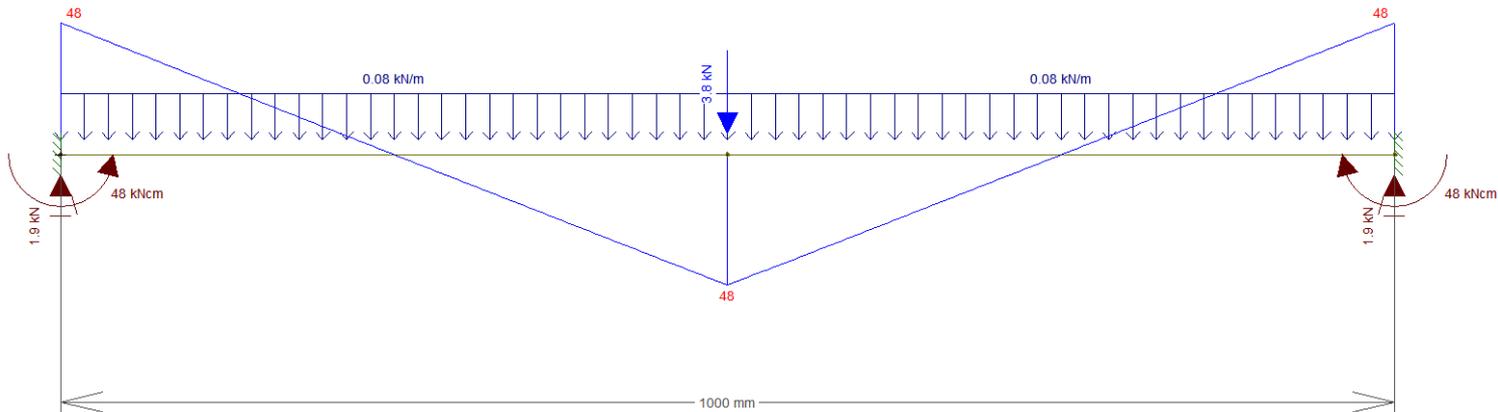
Section Properties

Degrau

C-shape

d:	280.00 mm
b:	20.00 mm
tw:	3.20 mm
tf:	3.20 mm
\bar{y} :	17.33 mm
A:	10.04 cm ²
As:	1.28 cm ²
I:	1.29 cm ⁴

ELU:



Cálculo da degrau (largura 1000mm)

Tabela G.1 — Parâmetros referentes ao momento fletor resistente

Tipo de seção e eixo de flexão	Estados-limites aplicáveis	M_r	M_{cr}	λ	λ_p	λ_r
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U não sujeitas a momento de torção, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	FLT	$(f_y - \sigma_z)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 1	$\frac{L_b}{r_y}$	$1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 1
	FLM	$(f_y - \sigma_z)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	$\frac{b/t}{\text{Ver Nota 8}}$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA	$f_y W$	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h}{t_w}$	$3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Seções I e H com apenas um eixo de simetria situado no plano médio da alma, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia (ver Nota 9)	FLT	$(f_y - \sigma_z)W_c$ $\leq f_y W_t$ Ver Nota 5	Ver Nota 2	$\frac{L_b}{r_{yc}}$	$1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 2
	FLM	$(f_y - \sigma_z)W_c$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	$\frac{b/t}{\text{Ver Nota 8}}$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA	$f_y W$	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h_c}{t_w}$	$\frac{h_c \sqrt{\frac{E}{f_y}}}{\left(0,54 \frac{M_{pt}}{M_r} - 0,09\right)^2} \leq \lambda_r$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U fletidas em relação ao eixo de menor momento de inércia	FLM Ver Nota 3	$(f_y - \sigma_z)W$	Ver Nota 6	$\frac{b/t}{\text{Ver Nota 8}}$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA Ver Nota 3	$f_y W_{ef}$ Ver Nota 4	$\frac{W_{ef}^2}{W} f_y$ Ver Nota 4	$\frac{h}{t_w}$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Seções sólidas retangulares fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	FLT	$f_y W$	$\frac{2,00 C_b E \sqrt{J_A}}{\lambda}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{0,13 E \sqrt{J_A}}{M_{pt}}$	$\frac{2,00 E \sqrt{J_A}}{M_r}$
Seções-caixão e tubulares retangulares, duplamente simétricas, fletidas em relação a um dos eixos de simetria que seja paralelo a dois lados	FLT Ver Nota 7	$(f_y - \sigma_z)W$ Ver Nota 5	$\frac{2,00 C_b E \sqrt{J_A}}{\lambda}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{0,13 E \sqrt{J_A}}{M_{pt}}$	$\frac{2,00 E \sqrt{J_A}}{M_r}$
	FLM	$f_y W_{ef}$ Ver Nota 4	$\frac{W_{ef}^2}{W} f_y$ Ver Nota 4	$\frac{b/t}{\text{Ver Nota 8}}$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	FLA	$f_y W$	-	$\frac{h}{t_w}$	Ver Nota 10	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Nas extremidades aplica-se FLM:

$$\lambda = \frac{20}{3,2} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 10,75$$

Degrau compacto ao FLM

No centro Aplica-se FLA:

$$\lambda = \frac{280 - 4,3,2}{3,2} = 83,5$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 31,68$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 39,6$$

Seção Esbelta ao FLA

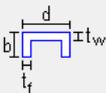
Cálculo da degrau (largura 1000mm)

- 4) W_{ef} é o módulo de resistência mínimo elástico, relativo ao eixo de flexão, para uma seção que tem uma mesa comprimida (ou alma comprimida no caso de perfil U fletido em relação ao eixo de menor inércia) de largura igual a b_{ef} , dada por F.3.2, com σ igual a f_y . Em alma comprimida de seção U fletida em relação ao eixo de menor momento de inércia, $b = h$, $t = t_w$ e $b_{ef} = h_{ef}$.

$$b_{ef} = 1,92 t \sqrt{\frac{E}{\sigma}} \left[1 - \frac{c_a}{b/t} \sqrt{\frac{E}{\sigma}} \right] \leq b$$

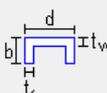
$$b_{ef} = 1,92 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\frac{20000}{25}} \cdot \left[1 - \frac{0,34}{83,5} \cdot \sqrt{\frac{20000}{25}} \right] = 15,37 \text{ cm}$$

C-shape



d:	153.70 mm
b:	20.00 mm
tw:	3.20 mm
tf:	3.20 mm
\bar{y} :	16.61 mm
A:	5.99 cm ²
As:	1.28 cm ²
I:	1.18 cm ⁴

C-shape



d:	280.00 mm
b:	20.00 mm
tw:	3.20 mm
tf:	3.20 mm
\bar{y} :	17.33 mm
A:	10.04 cm ²
As:	1.28 cm ²
I:	1.29 cm ⁴

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot F_y = \frac{0,71^2}{0,74} \cdot 25 = 17 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{1,1} = \frac{17}{1,1} = 15,48 \text{ kN.cm}$$

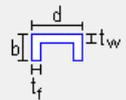
Precisamos de um W
aproximadamente 3X maior

$$W_{ef} = \frac{I_{ef}}{y} = \frac{1,18}{1,661} = 0,71 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{I}{y} = \frac{1,29}{1,733} = 0,74 \text{ cm}^3$$

Alternativa 1: Aumentar as abas

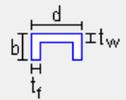
C-shape



d:	153.70 mm
b:	35.00 mm
tw:	3.20 mm
tf:	3.20 mm
\bar{y} :	28.28 mm
A:	6.95 cm ²
As:	2.24 cm ²
I:	6.17 cm ⁴

$$W_{ef} = \frac{I_{ef}}{y} = \frac{6,17}{2,828} = 2,18 \text{ cm}^3$$

C-shape



d:	280.00 mm
b:	35.00 mm
tw:	3.20 mm
tf:	3.20 mm
\bar{y} :	30.16 mm
A:	11.00 cm ²
As:	2.24 cm ²
I:	6.87 cm ⁴

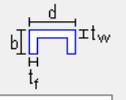
$$W = \frac{I}{y} = \frac{6,87}{3,016} = 2,28 \text{ cm}^3$$

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot F_y = \frac{2,18^2}{2,28} \cdot 25 = 52,10 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{1,1} = \frac{52,10}{1,1} = 47,37 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Ainda não atende

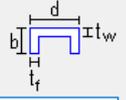
C-shape



d:	153.70 mm
b:	40.00 mm
tw:	3.20 mm
tf:	3.20 mm
\bar{y} :	31.92 mm
A:	7.27 cm ²
As:	2.56 cm ²
I:	9.07 cm ⁴

$$W_{ef} = \frac{I_{ef}}{y} = \frac{9,07}{3,192} = 2,84 \text{ cm}^3$$

C-shape



d:	280.00 mm
b:	40.00 mm
tw:	3.20 mm
tf:	3.20 mm
\bar{y} :	34.24 mm
A:	11.32 cm ²
As:	2.56 cm ²
I:	10.19 cm ⁴

$$W = \frac{I}{y} = \frac{10,19}{3,424} = 2,97 \text{ cm}^3$$

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot F_y = \frac{2,84^2}{2,97} \cdot 25 = 67,89 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{1,1} = \frac{67,89}{1,1} = 61,72 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

OK, Passa na verificação de FLA

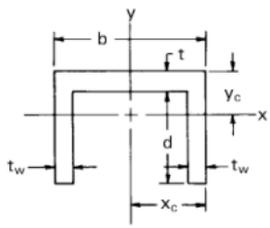
Alternativa 1: Aumentar as abas

Verificar se o FLM continua compacto:

$$\lambda = \frac{40}{3,2} = 12,5 \quad \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 10,75 \quad \lambda_r = 0,83 \sqrt{\frac{20000}{25 - 0,3 \cdot 25}} = 28,05$$

Devido às alterações na mesa, o degrau se tornou Semi-compacto ao FLM

$$b \cdot t = 28 \cdot 0,32 = 8,96 \text{ cm}^2$$

<p>5. Channel section</p> 	$A = tb + 2t_w d$ $y_c = \frac{bt^2 + 2t_w d(2t + d)}{2(tb + 2t_w d)}$ $x_c = \frac{b}{2}$	$I_x = \frac{b}{3}(d+t)^3 - \frac{d^3}{3}(b-2t_w) - A(d+t-y_c)^2$ $I_y = \frac{(d+t)b^3}{12} - \frac{d(b-2t_w)^3}{12}$ $r_x = \left(\frac{I_x}{A}\right)^{1/2}$ $r_y = \left(\frac{I_y}{A}\right)^{1/2}$	<p>If $2t_w d \geq bt$, then</p> $Z_x = \frac{d^2 t_w}{2} - \frac{b^2 t^2}{8t_w} + \frac{bt(d+t)}{2}$ <p>Neutral axis x is located a distance $(bt/2t_w + d)/2$ from the bottom.</p> <p>If $2t_w d \leq bt$, then</p> $Z_x = \frac{t^2 b}{4} + t_w d \left(t + d - \frac{t_w d}{b} \right)$ <p>Neutral axis x is located a distance $t_w d/b + t/2$ from the top.</p> $SF_x = \frac{Z_x(d+t-y_c)}{I_x}$ $Z_y = \frac{b^2 t}{4} + t_w d(b-t_w)$ $SF_y = \frac{Z_y b}{2I_y}$
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$2 \cdot t_w \cdot d = 2 \cdot 0,32 \cdot (4 - 0,32) = 2,335$$

$$Z_x = \frac{t^2 \cdot b}{4} + t_w \cdot d \left(t + d - \frac{t_w \cdot d}{b} \right) \quad Z_x = \frac{0,32^2 \cdot 28}{4} + 0,32 \cdot 3,68 \left(0,32 + 3,68 - \frac{0,32 \cdot 3,68}{28} \right) = 5,37 \text{ cm}^3$$

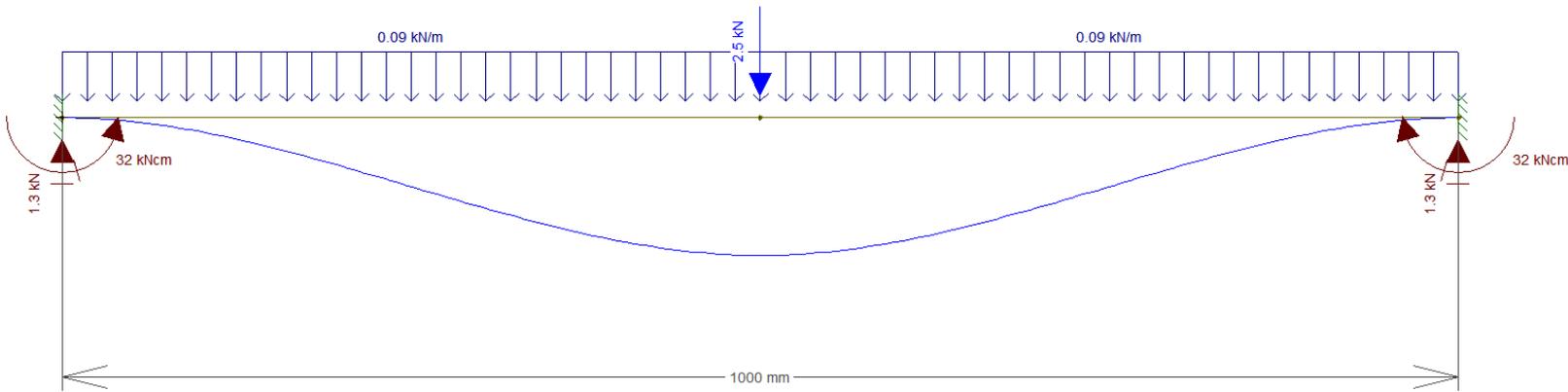
Alternativa 1: Aumentar as abas

$$M_{pl} = Z_x \cdot F_y = 5,37 \cdot 25 = 134,25 \text{ kN.cm}$$

$$M_r = (F_y - 0,3F_y) \cdot W = 0,7 \cdot 25 \cdot 2,97 = 51,97 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}}{1,1} \rightarrow \frac{134,25 - (134,25 - 51,97) \cdot \frac{12,5 - 10,75}{28,05 - 10,75}}{1,1} =$$

$$M_{Rd} = 114,47 \text{ kN.cm}$$



C-shape	
d:	280.00 mm
b:	40.00 mm
tw:	3.20 mm
tf:	3.20 mm
\bar{y} :	34.24 mm
A:	11.32 cm ²
As:	2.56 cm ²
I:	10.19 cm ⁴

OK, Degrau aprovado nas dimensões 280 X 40 #3,2mm

Peso de 1 degrau = 11,32cm² x 0,7850 = 8,88 kg/m

Alternativa 2: Aumentar espessura

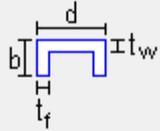
No centro Aplica-se FLA:

$$\lambda = \frac{280 - 4.4,76}{4,76} = 54,82$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 31,68$$

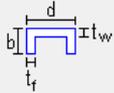
$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 39,6$$

Seção continua Esbelta ao FLA



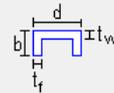
d:	280.00 mm
b:	20.00 mm
tw:	4.76 mm
tf:	4.76 mm
\bar{y} :	16.64 mm
A:	14.78 cm ²
As:	1.90 cm ²
I:	1.84 cm ⁴

$$b_{ef} = 1,92 \cdot 0,476 \cdot \sqrt{\frac{20000}{25}} \cdot \left[1 - \frac{0,34}{54,82} \cdot \sqrt{\frac{20000}{25}} \right] = 21,31 \text{ cm}$$



d:	213.10 mm
b:	20.00 mm
tw:	4.76 mm
tf:	4.76 mm
\bar{y} :	16.37 mm
A:	11.59 cm ²
As:	1.90 cm ²
I:	1.74 cm ⁴

$$W_{ef} = \frac{I_{ef}}{y} = \frac{1,74}{1,637} = 1,06 \text{ cm}^3$$



d:	280.00 mm
b:	20.00 mm
tw:	4.76 mm
tf:	4.76 mm
\bar{y} :	16.64 mm
A:	14.78 cm ²
As:	1.90 cm ²
I:	1.84 cm ⁴

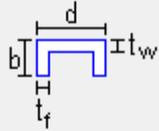
$$W = \frac{I}{y} = \frac{1,84}{1,664} = 1,10 \text{ cm}^3$$

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot F_y = \frac{1,06^2}{1,10} \cdot 25 = 25,53 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{1,1} = \frac{25,53}{1,1} = 23,21 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Não Aprovado

Alternativa 2: Aumentar espessura



d:	280.00	mm
b:	20.00	mm
tw:	6.35	mm
tf:	6.35	mm
\bar{y} :	15.94	mm
A:	19.51	cm ²
As:	2.54	cm ²
I:	2.45	cm ⁴

No centro Aplica-se FLA:

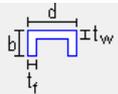
$$\lambda = \frac{280 - 4.6,35}{6,35} = 40,09$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 31,68$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 39,6$$

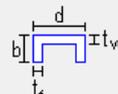
Seção continua Esbelta ao FLA

$$b_{ef} = 1,92 \cdot 0,635 \cdot \sqrt{\frac{20000}{25}} \cdot \left[1 - \frac{0,34}{40,09} \cdot \sqrt{\frac{20000}{25}} \right] = 26,21 \text{ cm}$$



d:	262.10	mm
b:	20.00	mm
tw:	6.35	mm
tf:	6.35	mm
\bar{y} :	15.88	mm
A:	18.38	cm ²
As:	2.54	cm ²
I:	2.40	cm ⁴

$$W_{ef} = \frac{I_{ef}}{y} = \frac{2,40}{1,588} = 1,51 \text{ cm}^3$$



d:	280.00	mm
b:	20.00	mm
tw:	6.35	mm
tf:	6.35	mm
\bar{y} :	15.94	mm
A:	19.51	cm ²
As:	2.54	cm ²
I:	2.45	cm ⁴

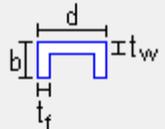
$$W = \frac{I}{y} = \frac{2,45}{1,594} = 1,53 \text{ cm}^3$$

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot F_y = \frac{1,51^2}{1,53} \cdot 25 = 37,25 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{1,1} = \frac{37,25}{1,1} = 33,86 \text{ kN.cm}$$

Não Aprovado

Alternativa 2: Aumentar espessura



d:	280.00	mm
b:	20.00	mm
tw:	7.94	mm
tf:	7.94	mm
\bar{y} :	15.24	mm
A:	24.15	cm ²
As:	3.18	cm ²
I:	3.16	cm ⁴

No centro Aplica-se FLA:

$$\lambda = \frac{280 - 4 \cdot 7,94}{7,94} = 31,26$$

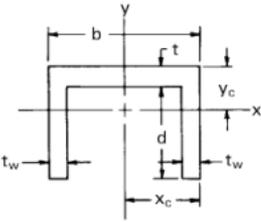
$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 31,68$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 39,6$$

Seção Compacta ao FLA

Alternativa 2: Aumentar espessura

$$b \cdot t = 28 \cdot 0,794 = 22,23 \text{ cm}^2$$

<p>5. Channel section</p> 	$A = tb + 2t_w d$ $y_c = \frac{bt^2 + 2t_w d(2t + d)}{2(tb + 2t_w d)}$ $x_c = \frac{b}{2}$	$I_x = \frac{b}{3}(d+t)^3 - \frac{d^3}{3}(b-2t_w) - A(d+t-y_c)^2$ $I_y = \frac{(d+t)b^3}{12} - \frac{d(b-2t_w)^3}{12}$ $r_x = \left(\frac{I_x}{A}\right)^{1/2}$ $r_y = \left(\frac{I_y}{A}\right)^{1/2}$	<p>If $2t_w d \geq bt$, then</p> $Z_x = \frac{d^2 t_w}{2} - \frac{b^2 t^2}{8 t_w} + \frac{bt(d+t)}{2}$ <p>Neutral axis x is located a distance $(bt/2t_w + d)/2$ from the bottom.</p> <p>If $2t_w d \leq bt$, then</p> $Z_x = \frac{t^2 b}{4} + t_w d \left(t + d - \frac{t_w d}{b} \right)$ <p>Neutral axis x is located a distance $t_w d/b + t/2$ from the top.</p> $SF_x = \frac{Z_x(d+t-y_c)}{I_x}$ $Z_y = \frac{b^2 t}{4} + t_w d(b-t_w)$ $SF_y = \frac{Z_y b}{2I_y}$
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$2 \cdot t_w \cdot d = 2 \cdot 0,794 \cdot (2 - 0,794) = 1,91$$

$$Z_x = \frac{t^2 \cdot b}{4} + t_w \cdot d \left(t + d - \frac{t_w \cdot d}{b} \right) \quad Z_x = \frac{0,794^2 \cdot 28}{4} + 0,794 \cdot 1,206 \left(0,794 + 1,206 - \frac{0,794 \cdot 1,206}{28} \right) = 6,29 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} = 6,29 \cdot \frac{25}{1,1} = 142,95 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

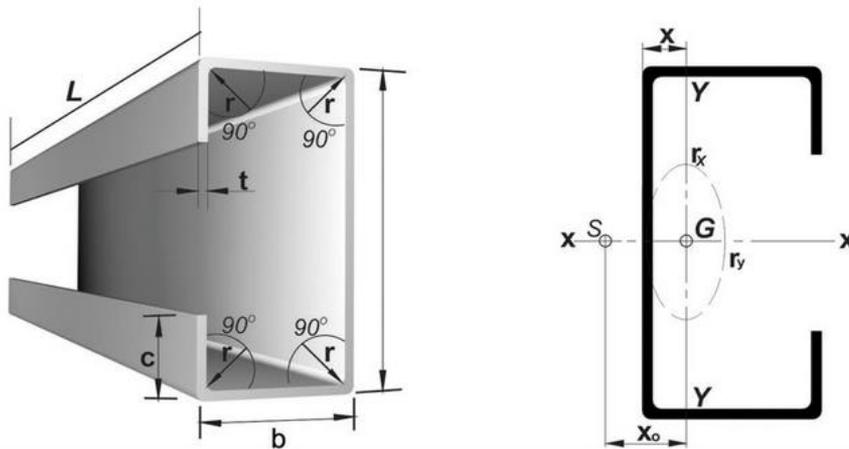
OK, Degrau aprovado nas dimensões 280 X 20 #7,94mm

Peso de 1 degrau = $24,15 \text{ cm}^2 \times 0,7850 = 18,95 \text{ kg/m}$

Adotaremos o degrau da alternativa 1 por ser mais leve.

Cálculo da Longarina

Como não há U enrijecido no ftool, devemos criar um perfil genérico inserindo informações básicas



PERFIL U ENRIJECIDO

DIMENSÕES				A	M	I _x	W _x	r _x	X	I _y	W _y	r _y	J	C _w	X ₀
a	b	c	t=r	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	cm
mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	cm
300	85	25	3.75	18.70	14.68	2420.9	161.4	11.38	2.21	163.8	26.1	2.96	0.876	29196.7	-5.54
			3.35	16.78	13.17	2182.7	145.5	11.41	2.21	149.1	23.7	2.98	0.628	26605.5	-5.57
			3.00	15.09	11.84	1970.4	131.4	11.43	2.21	135.7	21.6	3.00	0.453	24241.4	-5.60
			2.65	13.38	10.50	1754.5	117.0	11.45	2.21	121.8	19.4	3.02	0.313	21785.1	-5.63
			2.25	11.41	8.96	1503.2	100.2	11.48	2.21	105.3	16.7	3.04	0.193	18862.6	-5.67
2.00	10.17	7.98	1343.8	89.6	11.49	2.21	94.7	15.1	3.05	0.136	16972.4	-5.69			
250	85	25	3.75	16.82	13.20	1570.4	125.6	9.66	2.44	155.2	25.6	3.04	0.788	19549.4	-5.99
			3.35	15.10	11.86	1417.2	113.4	9.69	2.44	141.3	23.3	3.06	0.565	17833.2	-6.02
			3.00	13.59	10.66	1280.4	102.4	9.71	2.44	128.6	21.2	3.08	0.408	16263.6	-6.05
			2.65	12.05	9.46	1141.0	91.3	9.73	2.44	115.5	19.1	3.09	0.282	14629.0	-6.08
			2.25	10.29	8.07	978.4	78.3	9.75	2.44	99.8	16.5	3.12	0.174	12679.7	-6.12
2.00	9.17	7.20	875.1	70.0	9.77	2.44	89.8	14.8	3.13	0.122	11416.4	-6.14			
200	75	25	3.75	14.20	11.14	858.0	85.8	7.77	2.34	106.6	20.6	2.74	0.665	9015.7	-5.65
			3.35	12.76	10.02	775.8	77.6	7.80	2.34	97.2	18.8	2.76	0.477	8251.1	-5.68
			3.00	11.49	9.02	702.0	70.2	7.82	2.34	88.6	17.2	2.78	0.345	7546.2	-5.72
			2.65	10.20	8.01	626.6	62.7	7.84	2.34	79.7	15.4	2.80	0.239	6806.8	-5.75
200	75	20	2.25	8.49	6.66	524.8	52.5	7.86	2.21	63.2	11.9	2.73	0.143	5081.3	-5.45
			2.00	7.57	5.94	470.0	47.0	7.88	2.21	56.9	10.7	2.74	0.101	4586.0	-5.47
150	60	20	3.75	10.82	8.49	366.4	48.9	5.82	1.93	50.8	12.5	2.17	0.507	2436.0	-4.56
			3.35	9.74	7.65	333.5	44.2	5.84	1.93	46.6	11.5	2.19	0.364	2245.2	-4.60
			3.00	8.79	6.90	301.9	40.3	5.86	1.93	42.7	10.5	2.21	0.264	2066.0	-4.63
			2.65	7.81	6.13	270.3	36.0	5.88	1.93	38.8	9.5	2.22	0.183	1874.8	-4.66
			2.25	6.69	5.25	233.1	31.1	5.90	1.93	33.6	8.3	2.24	0.113	1641.3	-4.70
2.00	5.97	4.69	209.2	27.9	5.92	1.93	30.4	7.5	2.26	0.080	1487.0	-4.72			
1.50	4.52	3.55	159.9	21.3	5.95	1.93	23.5	5.8	2.28	0.034	1158.2	-4.77			
127	50	17	3.35	8.10	6.36	195.1	30.7	4.91	1.60	26.2	7.7	1.80	0.303	899.4	-3.78
			3.00	7.32	5.74	177.6	28.0	4.93	1.60	24.1	7.1	1.82	0.219	832.2	-3.81
			2.65	6.51	5.11	159.5	25.1	4.95	1.60	21.9	6.4	1.83	0.153	759.4	-3.85
			2.25	5.58	4.38	137.9	21.7	4.97	1.61	19.2	5.6	1.85	0.094	668.9	-3.88
			2.00	4.99	3.92	124.0	19.5	1.98	1.61	17.4	5.1	1.87	0.067	608.3	-3.90
1.50	3.79	2.97	95.1	15.0	5.01	1.61	13.5	4.0	1.89	0.028	477.4	-3.95			

Section Properties

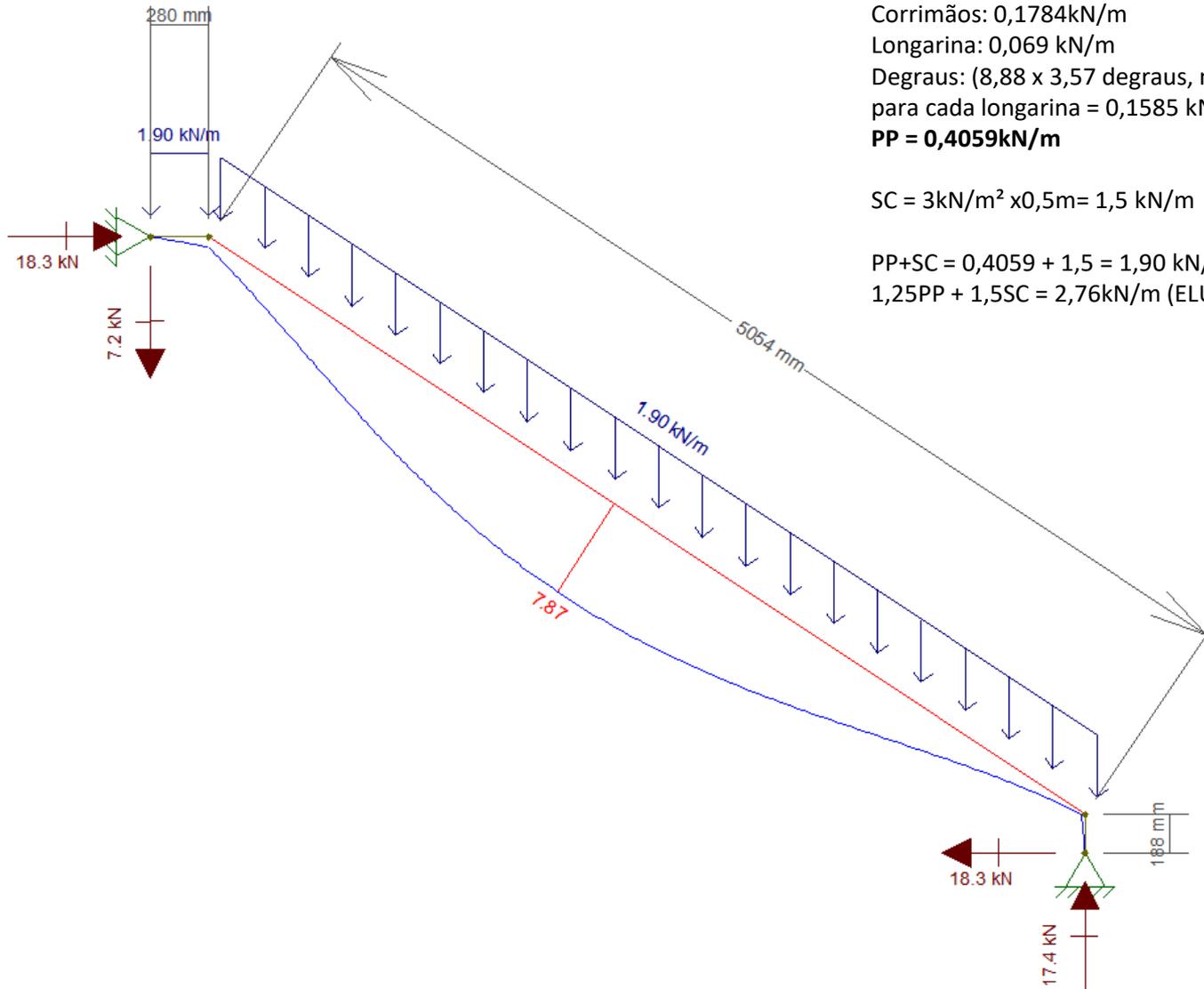
U Enrijecido

Integral Properties

A:	8.79	cm ²
As:	5.70	cm ²
I:	301.90	cm ⁴
d:	150.00	mm
ȳ:	75	mm

$$A_s = 2x(2x0,3) + 15 \cdot 0,3 = 5,7\text{cm}^2$$

Cálculo da longarina (largura 1000mm)



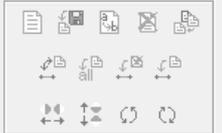
Corrimãos: 0,1784kN/m
 Longarina: 0,069 kN/m
 Degraus: (8,88 x 3,57 degraus, metade para cada longarina = 0,1585 kN/m
PP = 0,4059kN/m

SC = 3kN/m² x 0,5m = 1,5 kN/m

PP+SC = 0,4059 + 1,5 = 1,90 kN/m
 1,25PP + 1,5SC = 2,76kN/m (ELU)

Section Properties

U Enrijecido



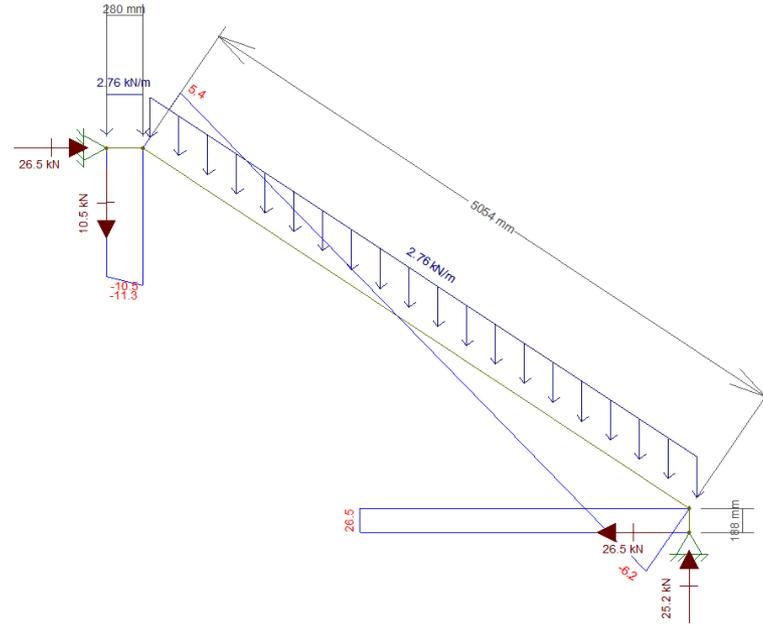
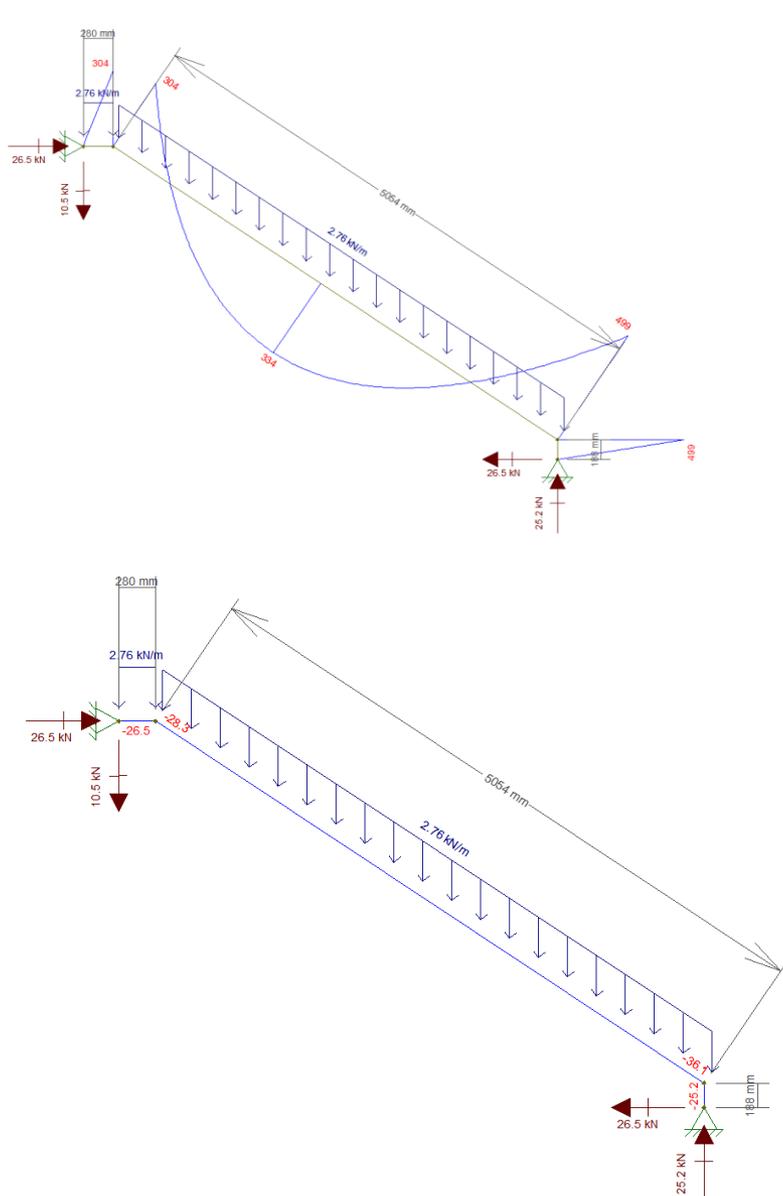
Integral Properties



A:	8.79 cm ²
As:	5.70 cm ²
I:	301.90 cm ⁴
d:	150.00 mm
ȳ:	75.00 mm

Flecha máxima = $L/350 = (5054/350) = 14,44\text{mm}$ OK!

Cálculo da longarina (largura 1000mm)



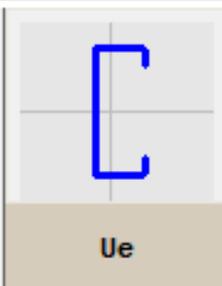
$$M_{xSd} = 499 \text{ kN.cm}$$

$$V_{sd} = 26,5 \text{ kN}$$

$$N = -36,1 \text{ kN}$$

Dimensões (cm)

$\alpha = 0$
 $b_w = 15$
 $b_f = 6$
 $D = 2$
 $t = 0.265$
 $\beta = 90$



Comprimentos (cm)

Lx: 553
 Ly: 34
 Lt: 34

Esforços Solicitantes

Nd: 36,1 kN
 Mxd: 499 kN.cm
 Myd: kN.cm
 Vd: 26,5 kN

Coefficiente de Momento

Em X Cb: 1
 Em Y Cb: 1

Item a ser calculado: Var

Inequações de verificação p/ Flexão Composta

- [-] NBR 14762:2010
 - [-] Flexão Composta
 - [+] Nrd
 - [-] Mrd
 - [+] Mxrd
 - [+] Myrd
 - Flexão Composta
 - Cortante
 - Flexão e Cisalhamento

Resultados

Resultado: Flexão Composta **NBR 14762:2001**
 0,99 (se <=1, ok!)

CALCULAR Relatório: Limpar anterior

Abrir Relatório Salvar Relatório Gerar Tabela

4 - Verificação da Esbeltez Limite
 barra submetida a esforço de compressão:
 $\lambda_{limite} = 200$
 Verificação em Relação a X
 $i_x = 5,87$ cm
 $L_x = 553$ cm
 $\lambda_x = 94,25$ cm - ok!
 Verificação em Relação a Y
 $i_y = 2,22$ cm
 $L_y = 34$ cm
 $\lambda_y = 15,35$ cm - ok!

Atenção: No DIM PERFIL Compressão é positivo

Mostrar perfil

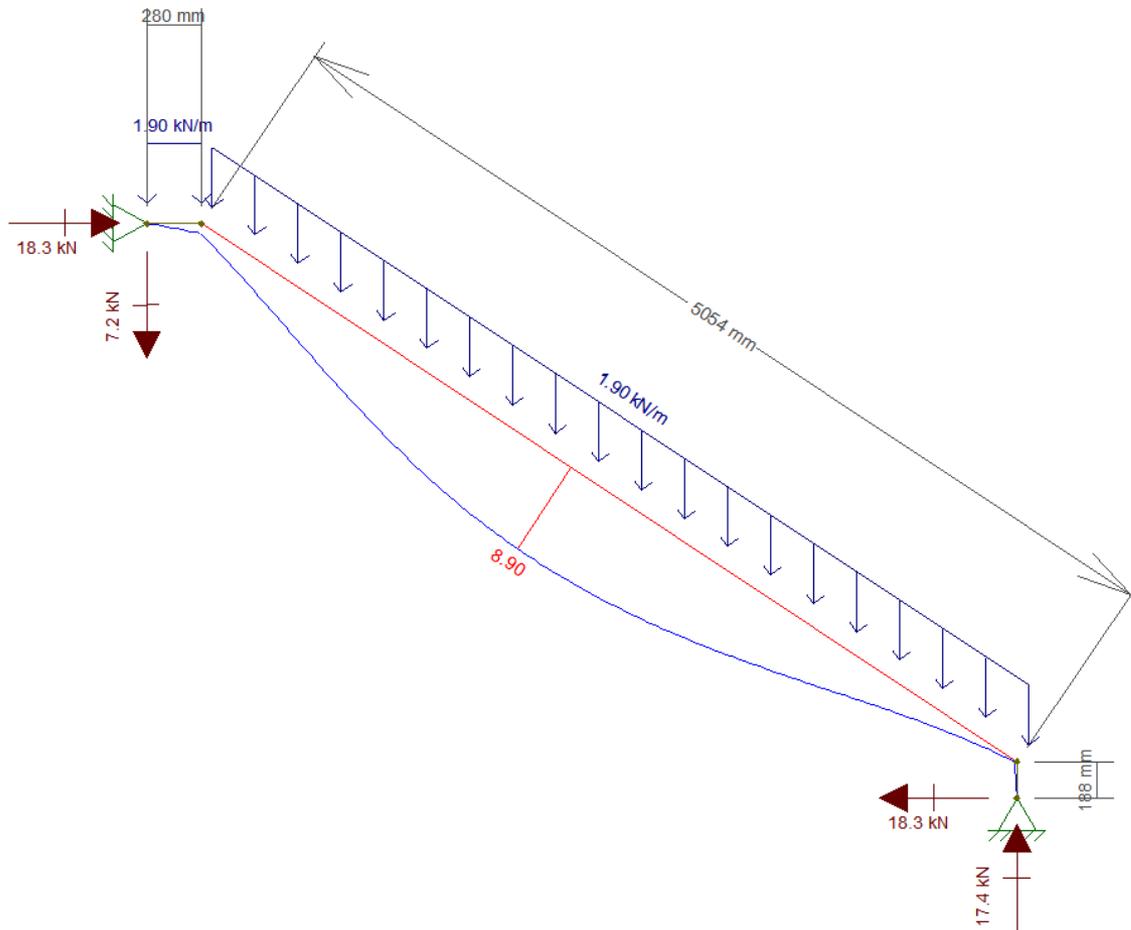
Calculo das Propriedades da Seção

$b_f = 6 \text{ cm}$	$b_w = 15 \text{ cm}$	$D = 2 \text{ cm}$
$\alpha = 0^\circ$	$\beta = 90^\circ$	$A = 7.75326 \text{ cm}^2$
$I_x = 266.92281 \text{ cm}^4$	$I_y = 38.03979 \text{ cm}^4$	$I_{xy} = 0 \text{ cm}^4$
$I_t = 0.1811 \text{ cm}^4$	$x_g = -1.9219 \text{ cm}$	$y_g = -7.5 \text{ cm}$
$x_0 = -4.55787 \text{ cm}$	$y_0 = 0 \text{ cm}$	$r_0 = 7.75291 \text{ cm}$
$r_x = 5.86747 \text{ cm}$	$r_y = 2.21502 \text{ cm}$	$W_x = 35.58971 \text{ cm}^3$
$W_y = 9.32783 \text{ cm}^3$	$I_w = 1792.37343 \text{ cm}^6$	$r_m = 0.3975 \text{ cm}$
$\phi_p = 0^\circ$	$m = 6.08631 \text{ kg/m}$	

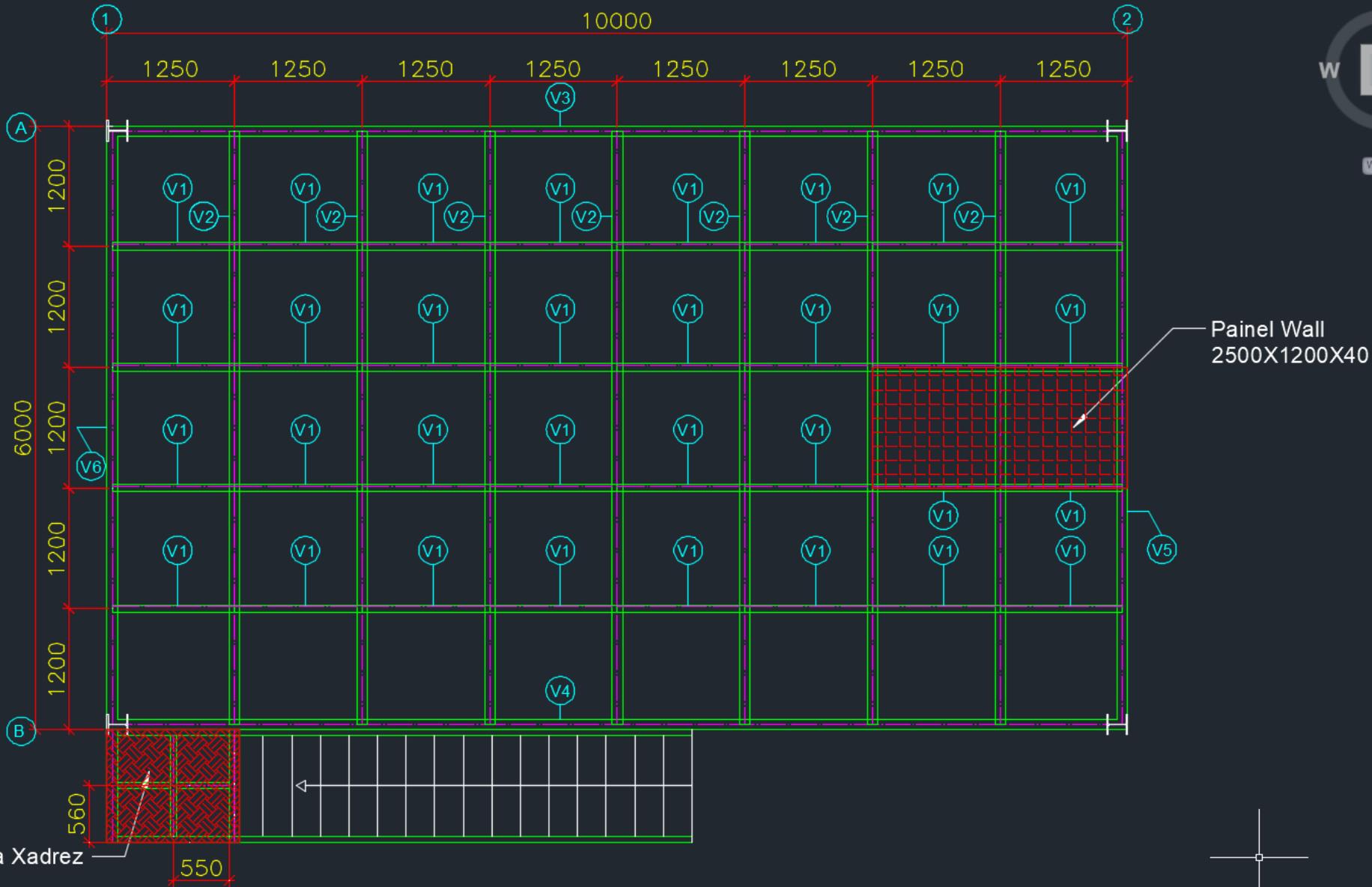
Integral Properties



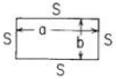
A:	7.75	cm ²
As:	5.03	cm ²
I:	266.92	cm ⁴
d:	150.00	mm
ȳ:	75.00	mm

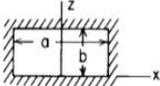


Calcular o Mezanino abaixo: Distância piso a piso= 3 m – Bases Engastadas SC = 500kg/m²



Determinação da espessura da chapa xadrez da plataforma de acesso:

<p>1. Rectangular plate; all edges simply supported</p> 	<p>1a. Uniform over entire plate</p>	<p>(At center) $\sigma_{\max} = \sigma_b = \frac{\beta q b^2}{l^2}$ and $y_{\max} = \frac{-\alpha q b^4}{E l^3}$</p> <p>(At center of long sides) $R_{\max} = \gamma q b$</p>																																										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>a/b</th> <th>1.0</th> <th>1.2</th> <th>1.4</th> <th>1.6</th> <th>1.8</th> <th>2.0</th> <th>3.0</th> <th>4.0</th> <th>5.0</th> <th>∞</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>β</td> <td>0.2874</td> <td>0.3762</td> <td>0.4530</td> <td>0.5172</td> <td>0.5688</td> <td>0.6102</td> <td>0.7134</td> <td>0.7410</td> <td>0.7476</td> <td>0.7500</td> </tr> <tr> <td>α</td> <td>0.0444</td> <td>0.0616</td> <td>0.0770</td> <td>0.0906</td> <td>0.1017</td> <td>0.1110</td> <td>0.1335</td> <td>0.1400</td> <td>0.1417</td> <td>0.1421</td> </tr> <tr> <td>γ</td> <td>0.420</td> <td>0.455</td> <td>0.478</td> <td>0.491</td> <td>0.499</td> <td>0.503</td> <td>0.505</td> <td>0.502</td> <td>0.501</td> <td>0.500</td> </tr> </tbody> </table>	a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	4.0	5.0	∞	β	0.2874	0.3762	0.4530	0.5172	0.5688	0.6102	0.7134	0.7410	0.7476	0.7500	α	0.0444	0.0616	0.0770	0.0906	0.1017	0.1110	0.1335	0.1400	0.1417	0.1421	γ	0.420	0.455	0.478	0.491	0.499	0.503	0.505	0.502
a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	4.0	5.0	∞																																		
β	0.2874	0.3762	0.4530	0.5172	0.5688	0.6102	0.7134	0.7410	0.7476	0.7500																																		
α	0.0444	0.0616	0.0770	0.0906	0.1017	0.1110	0.1335	0.1400	0.1417	0.1421																																		
γ	0.420	0.455	0.478	0.491	0.499	0.503	0.505	0.502	0.501	0.500																																		

<p>8. Rectangular plate, all edges fixed</p> 	<p>8a. Uniform over entire plate</p>	<p>(At center of long edge) $\sigma_{\max} = \frac{-\beta_1 q b^2}{l^2}$</p> <p>(At center) $\sigma = \frac{\beta_2 q b^2}{l^2}$ and $y_{\max} = \frac{\alpha q b^4}{E l^3}$</p>																														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>a/b</th> <th>1.0</th> <th>1.2</th> <th>1.4</th> <th>1.6</th> <th>1.8</th> <th>2.0</th> <th>∞</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>β_1</td> <td>0.3078</td> <td>0.3834</td> <td>0.4356</td> <td>0.4680</td> <td>0.4872</td> <td>0.4974</td> <td>0.5000</td> </tr> <tr> <td>β_2</td> <td>0.1386</td> <td>0.1794</td> <td>0.2094</td> <td>0.2286</td> <td>0.2406</td> <td>0.2472</td> <td>0.2500</td> </tr> <tr> <td>α</td> <td>0.0138</td> <td>0.0188</td> <td>0.0226</td> <td>0.0251</td> <td>0.0267</td> <td>0.0277</td> <td>0.0284</td> </tr> </tbody> </table>	a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞	β_1	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000	β_2	0.1386	0.1794	0.2094	0.2286	0.2406	0.2472	0.2500	α	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267
a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞																									
β_1	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000																									
β_2	0.1386	0.1794	0.2094	0.2286	0.2406	0.2472	0.2500																									
α	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267	0.0277	0.0284																									

Critério 1

$$t = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot \alpha \cdot q \cdot b^4}{E \cdot a}}$$

Critério 2

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_{sd}}{F_y}}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{560}{550} \approx 1,0 \rightarrow \alpha = 0,0444, \beta = 0,2874$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot 0,0444 \cdot (5 \cdot 10^{-4}) \cdot 55^4}{20000 \cdot 56}} = 3,56 \text{ mm}$$

$$t = 55 \cdot \sqrt{\frac{0,2874 \cdot 1,5 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{25}} = 1,61 \text{ mm}$$

Adotaremos Espessura 4,76mm, mas precisamos atualizar o peso da chapa.

$$t = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot 0,0444 \cdot (5 \cdot 10^{-4} + 0,00476 \cdot 78,5 \cdot 10^{-4}) \cdot 55^4}{20000 \cdot 56}} = 3,65 \text{ mm}$$

$$t = 55 \cdot \sqrt{\frac{0,2874 \cdot (1,5 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,25 \cdot 0,00476 \cdot 78,5 \cdot 10^{-4})}{25}} = 1,66 \text{ mm}$$

A chapa a ser adotada deve ter espessura 4,76mm (37,36 kg/m²) para essas condições

Carregamentos:

Permanentes

Peso Chapa Xadrez: $0,38 \text{ kN/m}^2 \times 0,56\text{m} = 0,213 \text{ kN/m}$ (x 1,25 = 0,266 kN/m)

Sobrecarga de Uso: $5 \text{ kN/m}^2 \times 0,56\text{m} = 2,8 \text{ kN/m}$ (x 1,5 = 4,2 kN/m)

Peso Próprio da Peça: Estimado $0,10 \text{ kN/m}$ (x 1,25 = 0,125 kN/m)

Carregamento ELS: $0,213 + 2,8 + 0,10 = 3,11 \text{ kN/m}$

Carregamento ELU: $0,266 + 4,2 + 0,125 = 4,59 \text{ kN/m}$

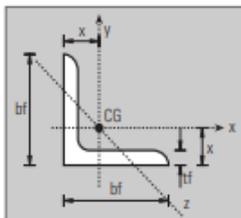
Pré- Dimensionamento:

$$F_{m\acute{a}x} = \frac{L}{350} = \frac{110}{350} = 0,314\text{cm}$$

$$I_{Nec} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot F_{m\acute{a}x}} = \frac{5 \cdot 0,0311 \cdot 110^4}{384 \cdot 20000 \cdot 0,314} = 9,44\text{cm}^4$$

Tabela E.1 — Cantoneiras de abas iguais

Propriedades para dimensionamento



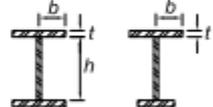
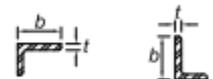
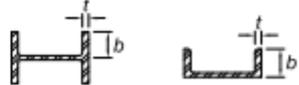
b_f		P	A	t_f		$I_x = I_y$	$W_x = W_y$	$r_x = r_y$	$r_z \text{ min}$	x
pol	cm	kg/m	cm ²	pol	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm
1/2"	1,270	0,55	0,70	1/8"	0,317	0,10	0,11	0,37	0,25	0,43
5/8"	1,588	0,71	0,90	1/8"	0,317	0,20	0,19	0,47	0,32	0,51
3/4"	1,905	0,87	1,11	1/8"	0,317	0,36	0,27	0,57	0,38	0,59
7/8"	2,220	1,04	1,32	1/8"	0,317	0,58	0,38	0,66	0,46	0,66
		1,49	1,90	3/16"	0,476	0,79	0,54	0,66	0,48	0,74
1"	2,540	1,19	1,48	1/8"	0,317	0,83	0,49	0,79	0,48	0,76
		1,73	2,19	3/16"	0,476	1,25	0,66	0,76	0,48	0,81
		2,22	2,84	1/4"	0,635	1,66	0,98	0,76	0,48	0,86
1 1/4"	3,175	1,50	1,93	1/8"	0,317	1,67	0,82	0,97	0,64	0,89
		2,20	2,77	3/16"	0,476	2,50	1,15	0,97	0,61	0,97
		2,86	3,62	1/4"	0,635	3,33	1,47	0,94	0,61	1,02
1 1/2"	3,810	1,83	2,32	1/8"	0,317	3,33	1,15	1,17	0,76	1,07
		2,68	3,42	3/16"	0,476	4,58	1,64	1,17	0,74	1,12
		3,48	4,45	1/4"	0,635	5,83	2,13	1,15	0,74	1,19
1 3/4"	4,445	2,14	2,71	1/8"	0,317	5,41	1,64	1,40	0,89	1,22
		3,15	4,00	3/16"	0,476	7,50	2,30	1,37	0,89	1,30
		4,12	5,22	1/4"	0,635	9,57	3,13	1,35	0,86	1,35
		5,04	6,45	5/16"	0,794	11,20	3,77	1,32	0,86	1,41
2"	5,080	2,46	3,10	1/8"	0,317	7,91	2,13	1,60	1,02	1,40
		3,63	4,58	3/16"	0,476	11,70	3,13	1,58	1,02	1,45
		4,74	6,06	1/4"	0,635	14,60	4,10	1,55	0,99	1,50
		5,83	7,42	5/16"	0,794	17,50	4,91	1,53	0,99	1,55
		6,99	8,76	3/8"	0,952	20,00	5,73	1,50	0,99	1,63
2 1/2"	6,350	4,57	5,80	3/16"	0,476	23,00	4,91	1,98	1,24	1,75
		6,10	7,67	1/4"	0,635	29,00	6,40	1,96	1,24	1,83
		7,44	9,48	5/16"	0,794	35,00	7,87	1,93	1,24	1,88
		8,78	11,16	3/8"	0,952	41,00	9,35	1,91	1,22	1,93
3"	7,620	5,52	7,03	3/16"	0,476	40,00	7,21	2,39	1,50	2,08
		7,29	9,29	1/4"	0,635	50,00	9,50	2,36	1,50	2,13
		9,07	11,48	5/16"	0,794	62,00	11,60	2,34	1,50	2,21
		10,71	13,61	3/8"	0,952	75,00	13,60	2,31	1,47	2,26
		12,34	15,67	7/16"	1,111	83,00	15,60	2,31	1,47	2,31
		14,00	17,74	1/2"	1,270	91,00	18,00	2,29	1,47	2,36
4"	10,160	9,81	12,51	1/4"	0,635	125,00	16,40	3,17	2,00	2,77
		12,19	15,48	5/16"	0,794	154,00	21,30	3,15	2,00	2,84
		14,57	18,45	3/8"	0,952	183,00	24,60	3,12	2,00	2,90
		16,80	21,35	7/16"	1,111	208,00	29,50	3,12	1,98	2,95
		19,03	24,19	1/2"	1,270	233,00	32,80	3,10	1,98	3,00
		21,26	26,96	9/16"	1,429	254,00	36,10	3,07	1,98	3,07
		23,35	29,73	5/8"	1,588	279,00	39,40	3,05	1,96	3,12
5"	12,700	18,30	23,29	3/8"	0,952	362,00	39,50	3,94	2,51	3,53
		24,10	30,64	1/2"	1,270	470,00	52,50	3,91	2,49	3,63
		29,80	37,8	5/8"	1,588	566,00	64,00	3,86	2,46	3,76
		35,10	44,76	3/4"	1,905	653,00	73,80	3,81	2,46	3,86

$$M_{Sd} = \frac{q \cdot L^2}{8}$$

$$M_{Sd} = \frac{0,0459 \cdot 110^2}{8} = 69,42 \text{ kN.cm}$$

A NBR8800 não nos fornece critérios para dimensionamento de cantoneiras simples sujeitas à flexão, por isso vamos utilizar os critérios da AISC 360

TABLE B4.1b
Width-to-Thickness Ratios: Compression Elements
Members Subject to Flexure

Case	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	Limiting Width-to-Thickness Ratio		Examples
			λ_p (compact/ noncompact)	λ_r (noncompact/ slender)	
10	Flanges of rolled I-shaped sections, channels, and tees	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
11	Flanges of doubly and singly symmetric I-shaped built-up sections	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95\sqrt{\frac{k_c E}{F_c}}$ ^{(a) [b]}	
12	Legs of single angles	b/t	$0.54\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
13	Flanges of all I-shaped sections and channels in flexure about the minor axis	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
14	Stems of tees	d/t	$0.84\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.52\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{50,8}{4,76} = 10,67$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 15,27$$

Seção Compacta ao FLM

$$M_{Rd} = 0,9 \cdot 1,5 \cdot W_x \cdot F_y$$

$$M_{Rd} = 0,9 \cdot 1,5 \cdot 3,13 \cdot 25$$

$$M_{Rd} = 105,63 \text{ kN.cm} > 69,42 \text{ kN.cm OK!}$$

3. Leg Local Buckling

The limit state of leg local buckling applies when the toe of the leg is in compression.

- (a) For compact sections, the limit state of leg local buckling does not apply.
- (b) For sections with noncompact legs

$$M_n = F_y S_c \left[2.43 - 1.72 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] \quad (\text{F10-6})$$

- (c) For sections with slender legs

$$M_n = F_{cr} S_c \quad (\text{F10-7})$$

where

$$F_{cr} = \frac{0.71E}{\left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (\text{F10-8})$$

S_c = elastic section modulus to the toe in compression relative to the axis of bending, in.³ (mm³). For bending about one of the geometric axes of an equal-leg angle with no lateral-torsional restraint, S_c shall be 0.80 of the geometric axis section modulus.

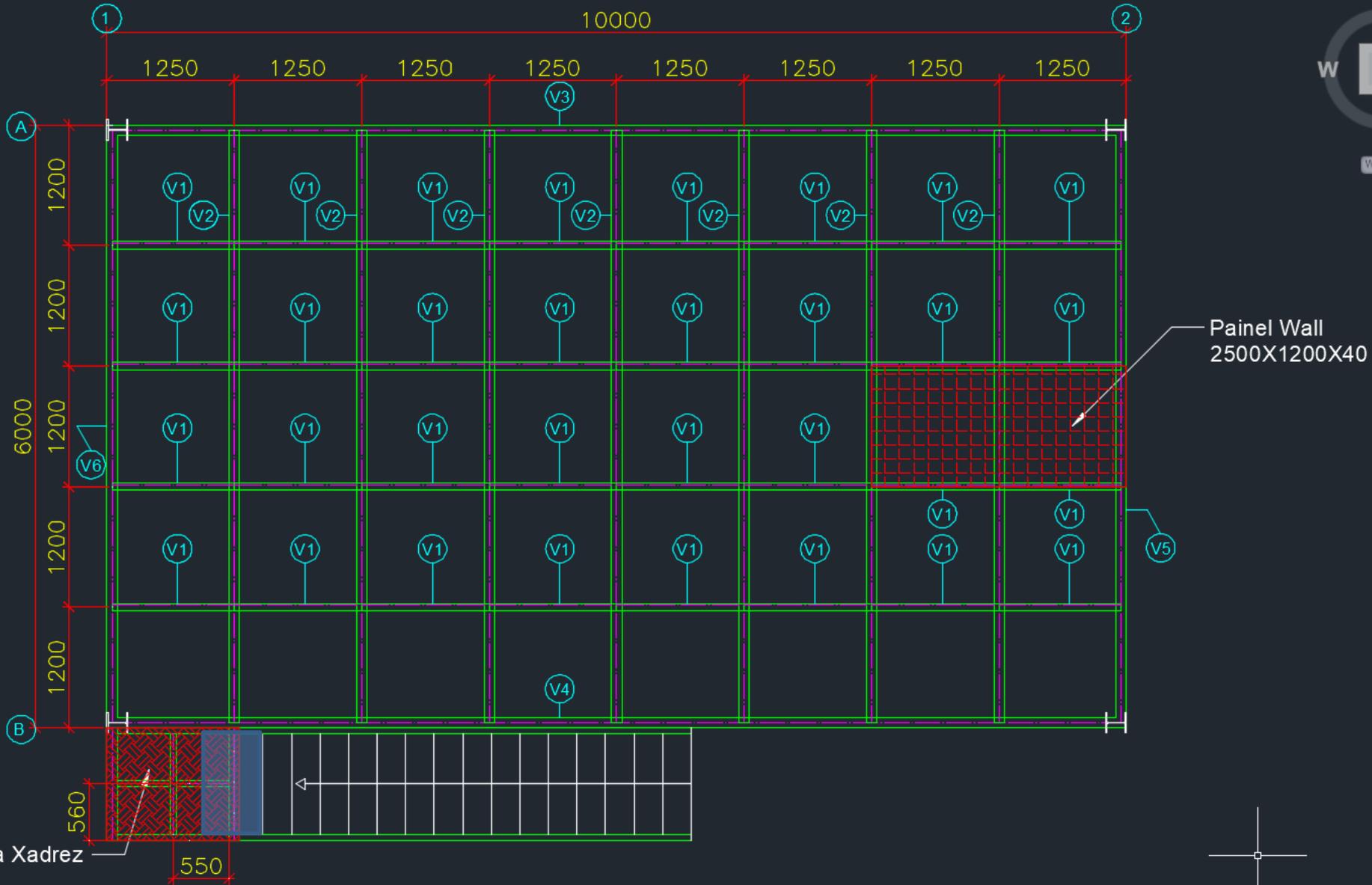
b = full width of leg in compression, in. (mm)

Adotaremos L2'' X 3/16'' (3,63 kg/m)

1. Yielding

$$M_n = 1.5M_y \quad (\text{F10-1})$$

Cálculo da Viga de sustentação da escada



Carregamentos:

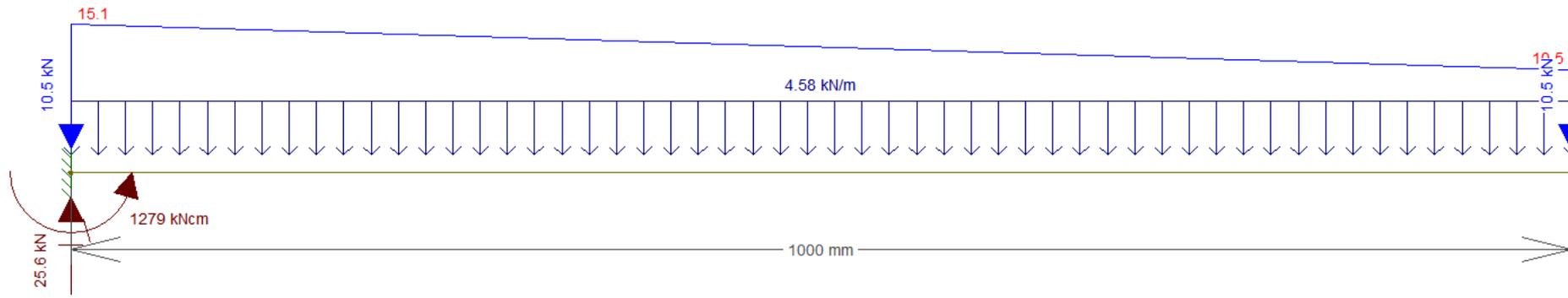
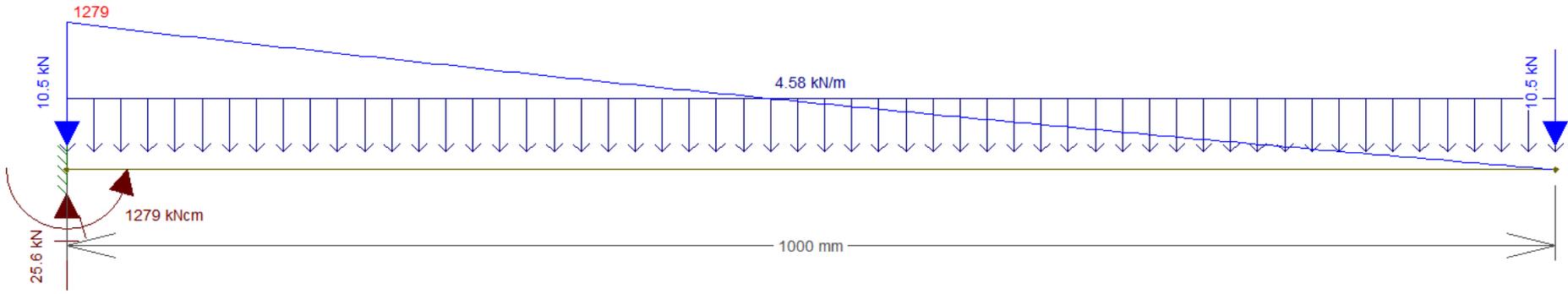
Permanentes

Peso Chapa Xadrez: $0,38 \text{ kN/m}^2 \times 0,55 = 0,209 \text{ kN/m}$ (x 1,25 = 0,261 kN/m)
Sobrecarga de Uso: $5 \text{ kN/m}^2 \times 0,55\text{m} = 2,75 \text{ kN/m}$ (x 1,5 = 4,13 kN/m)
Peso Próprio da Peça: Estimado $0,15 \text{ kN/m}$ (x 1,25 = 0,19 kN/m)

Carregamento ELS: $0,209 + 2,75 + 0,15 = 3,109 \text{ kN/m}$

Carregamento ELU: $0,261 + 4,13 + 0,19 = 4,581 \text{ kN/m}$

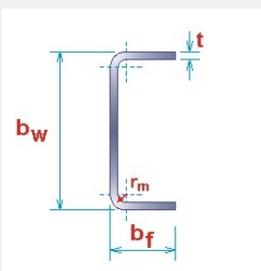
Flecha Máxima = $2L/350 = 2.1000/350 = 5,71\text{mm}$



DimPerfil 4.0 - Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio

File Help

Escolha do Perfil | Cálculo dos Esforços



Dimensões do perfil [cm]

Escolha do Perfil (NBR 6355)

bw = 15 t = 0.2
 bf = 5 α =
 D = 3 β = 90
 De = θ =

CONFIGURAR

Propriedades Geométricas a serem calculadas

Seção Bruta
 Seção Efetiva NBR 14762/2010

Tensão de trabalho - σ: 25 kN/cm² **Atualizar**

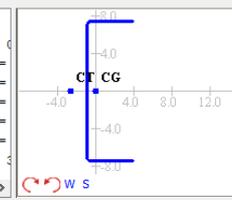
Deslocamentos

N 10 kN
 Mx 10 kN.cm
 My 10 kN.cm

Propriedades Geométricas da Seção

Calculo das Propriedades da Seção

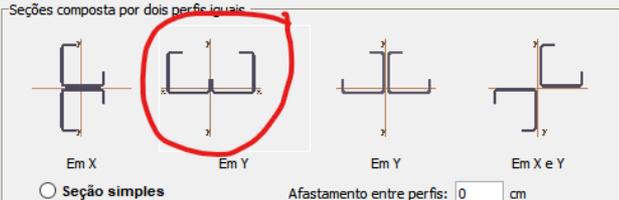
bf = 5 cm	bw = 15 cm	α = 0
A = 4.8685 cm ²	Ix = 158.50807 cm ⁴	Iy =
Ixy = 0 cm ⁴	It = 0.06485 cm ⁴	xg =
yg = -7.5 cm	x0 = -2.64064 cm	y0 =
r0 = 6.46383 cm	rx = 5.70595 cm	ry =
Wx = 21.13441 cm ³	Wy = 2.79958 cm ³	Iw =
zm = 0.3 cm	φp = 0 °	m = 3



By Edson Lubas Silva

Configurações

Seções composta por dois perfis iguais



Seção simples

Afastamento entre perfis: 0 cm

raio do dobramento (rm): 1,5*t



PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL:

E (kN/cm²): 20000 - G(kN/cm²): 7700

fu (kN/cm²): 40

fy (kN/cm²): 24

Rodar Seção para Eixo Principais de Inércia

Relatório

Exibir índice analítico

Considerar o efeito do trabalho a frio

Gerar Relatório

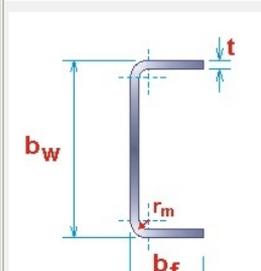
Mostrar Gráficamente passo a passo

OK

DimPerfil 4.0 - Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio

File Help

Escolha do Perfil | Cálculo dos Esforços



Dimensões do perfil [cm]

Escolha do Perfil (NBR 6355)

bw = 15 t = 0.2
 bf = 5 α =
 D = 3 β = 90
 De = θ =

CONFIGURAR

Propriedades Geométricas a serem calculadas

Seção Bruta
 Seção Efetiva NBR 14762/2010

Tensão de trabalho - σ: 25 kN/cm² **Atualizar**

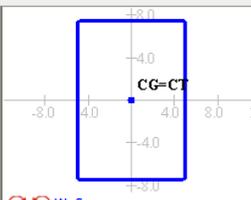
Deslocamentos

N 10 kN
 Mx 10 kN.cm
 My 10 kN.cm

Propriedades Geométricas da Seção

Calculo das Propriedades da Seção

bf = 5 cm	bw = 15 cm	α = 0
A = 9.73699 cm ²	Ix = 316.90675 cm ⁴	Iy =
Ixy = 0 cm ⁴	It = 352.26033 cm ⁴	xg =
yg = -7.5 cm	x0 = 0 cm	y0 =
r0 = 7.13404 cm	rx = 5.70497 cm	ry =
Wx = 42.25423 cm ³	Wy = 35.03009 cm ³	Iw =
zm = 0.3 cm	φp = 0 °	m =



By Edson Lubas Silva

Adotaremos Seção Caixão [150X60X20X3,00

DimPerfil 4.0 - Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio

File Help

Escolha do Perfil Cálculo dos Esforços

Dimensões (cm)

$\alpha = 0$
 $bw = 15$
 $bf = 6$
 $D = 2$
 $t = 0.3$
 $\beta = 90$

Comprimentos (cm)

Lx: 100
 Ly: 0
 Lt: 0

Esforços Solicitantes

Nd: kN
 Mxd: 1279 kN.cm
 Myd: 320 kN.cm
 Vd: 15.1 kN

Coefficiente de Momento

Cb: 1
 Em X
 Cb: 1
 Em Y

Resultados

Resultado: NBR 14762:2001
Flexão Composta 0,95 (se <=1, ok!)

Relatório: Limpar anterior

CALCULAR

Item a ser calculado: Var

Inequações de verificação p/ Flexão Composta

- NBR 14762:2010
 - Flexão Composta
 - Nrd
 - Mrd
 - Mxrd
 - Myrd
 - Flexão Composta**
 - Cortante
 - Flexão e Cisalhamento

Mostrar perfil

Esforços Solicitantes:
 NSd= 0 kN
 MxSd= 1279 kN.cm
 MySd= 320 kN.cm
 Esforços Resistentes:
 -> NcRd= 275,84 kN
 -> MxRd= 1818,11 kN.cm
 -> MyRd= 1305,66 kN.cm
 Verificação a Flexão Composta [NBR 14762:2010 - 9.9]
 Verificação de Flexo-Compressão
 => $0 + 0,7 + 0,25 = 0,95 \leq 1$ - Ok!

By Edson Lubas Silva

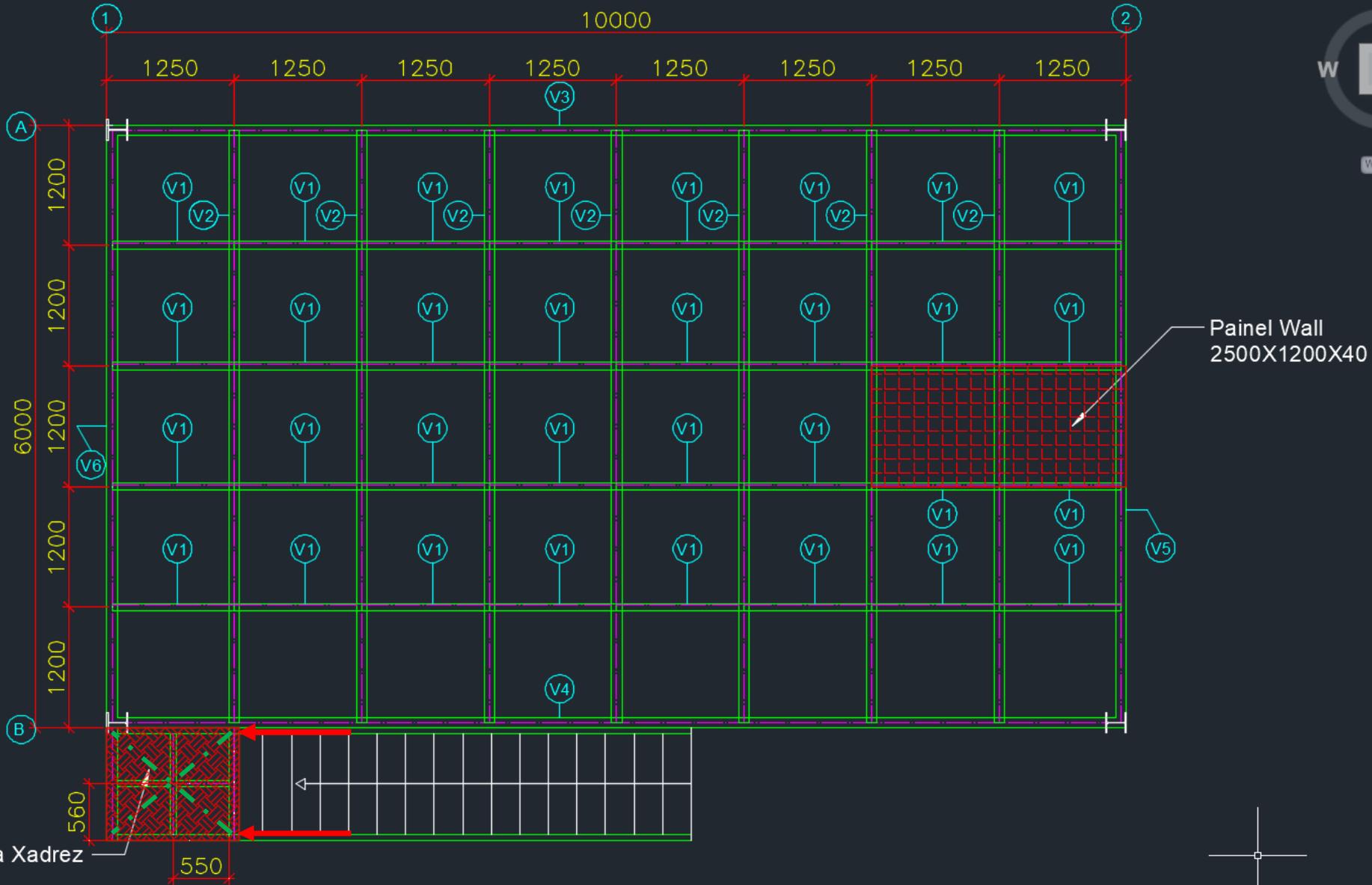
Calculo das Propriedades da Seção

$bf = 6$ cm	$bw = 15$ cm	$D = 2$ cm
$\alpha = 0$ °	$\beta = 90$ °	$A = 17.41646$ cm ²
$I_x = 594.39473$ cm ⁴	$I_y = 395.36008$ cm ⁴	$I_{xy} = 0$ cm ⁴
$I_t = 670.86303$ cm ⁴	$x_g = -6.15$ cm	$y_g = -7.5$ cm
$x_0 = 0$ cm	$y_0 = 0$ cm	$r_0 = 7.53848$ cm
$r_x = 5.84195$ cm	$r_y = 4.76449$ cm	$W_x = 79.25263$ cm ³
$W_y = 64.28619$ cm ³	$I_w = 0$ cm ⁶	$r_m = 0.45$ cm
$\varphi_p = 0$ °	$m = 13.67192$ kg/m	

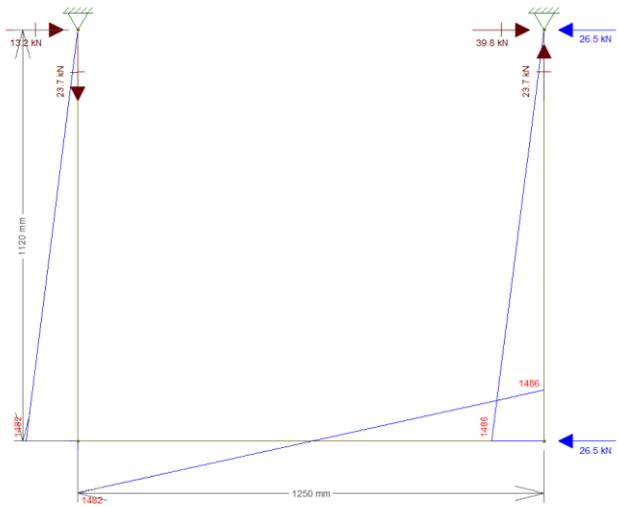
Como há reação Horizontal, é necessário prever um momento fletor em torno do eixo Y-Y para checar a necessidade de contraventos

Nesse caso foi adotado aproximadamente 25% do momento fletor Horizontal.

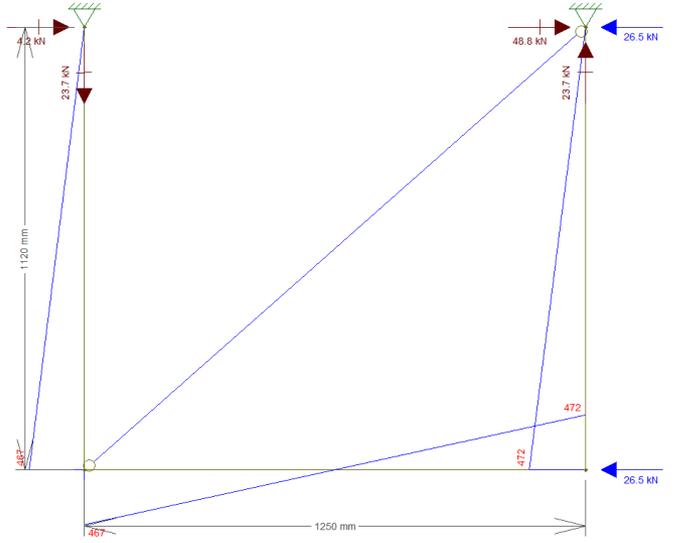
Previsão de um sistema contraventado



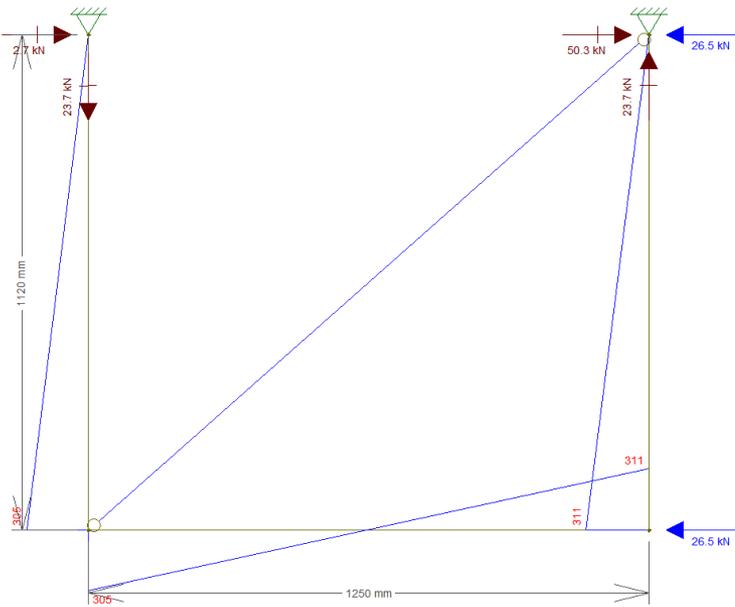
Alternativa 1: Duplo U Enrijecido 150X60X20X3 – Sem contraventamentos



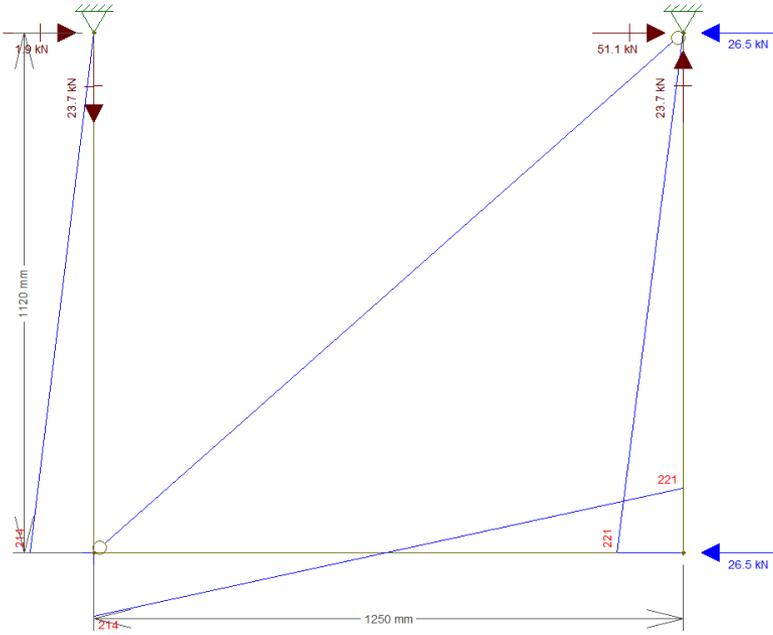
Contrav. Barra red. Diam. 3/8



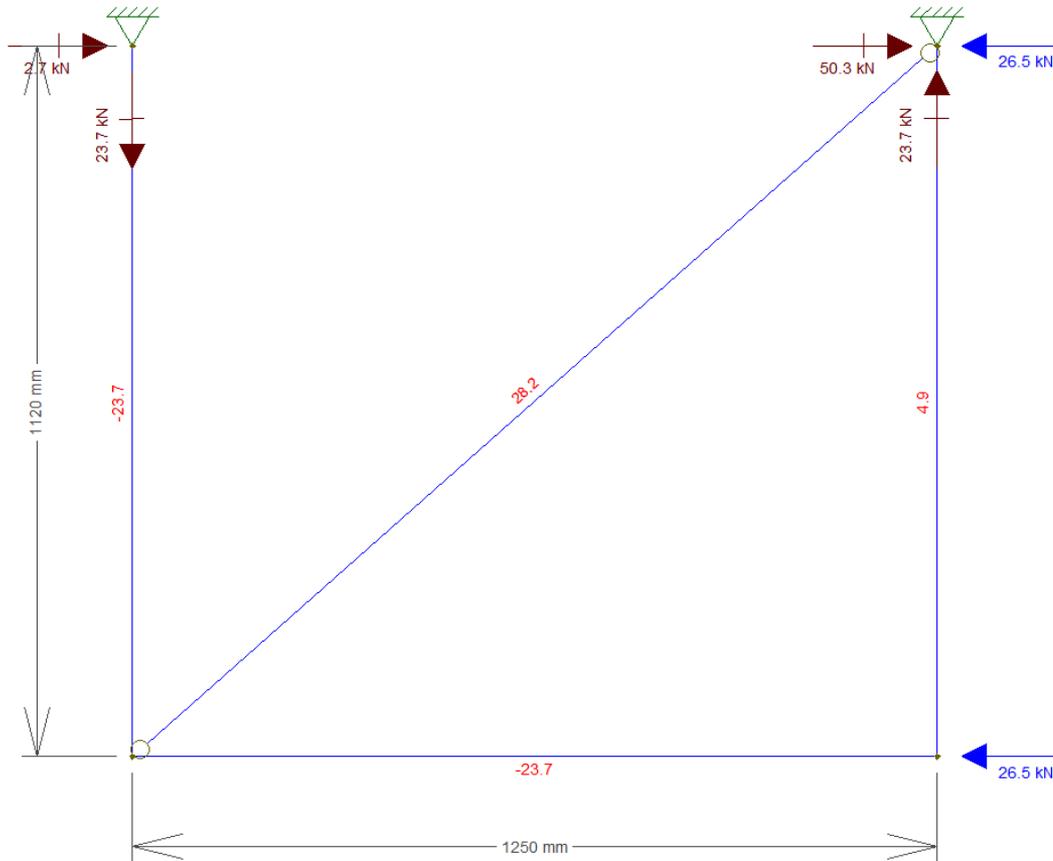
Contrav. Barra red. Diam. 1/2



Contrav. L 32 x 3,2mm



Verificação do Contraventamento barra Redonda diâmetro 1/2"



Escoamento da seção bruta:

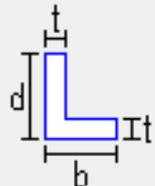
$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,1} = \frac{\pi \cdot 1,2^2 \cdot 25}{4 \cdot 1,1} = 25,7 \text{ kN} < 28,2 - \text{Não Atende}$$

Verificação do Contraventamento como Cantoneira L32X3,2

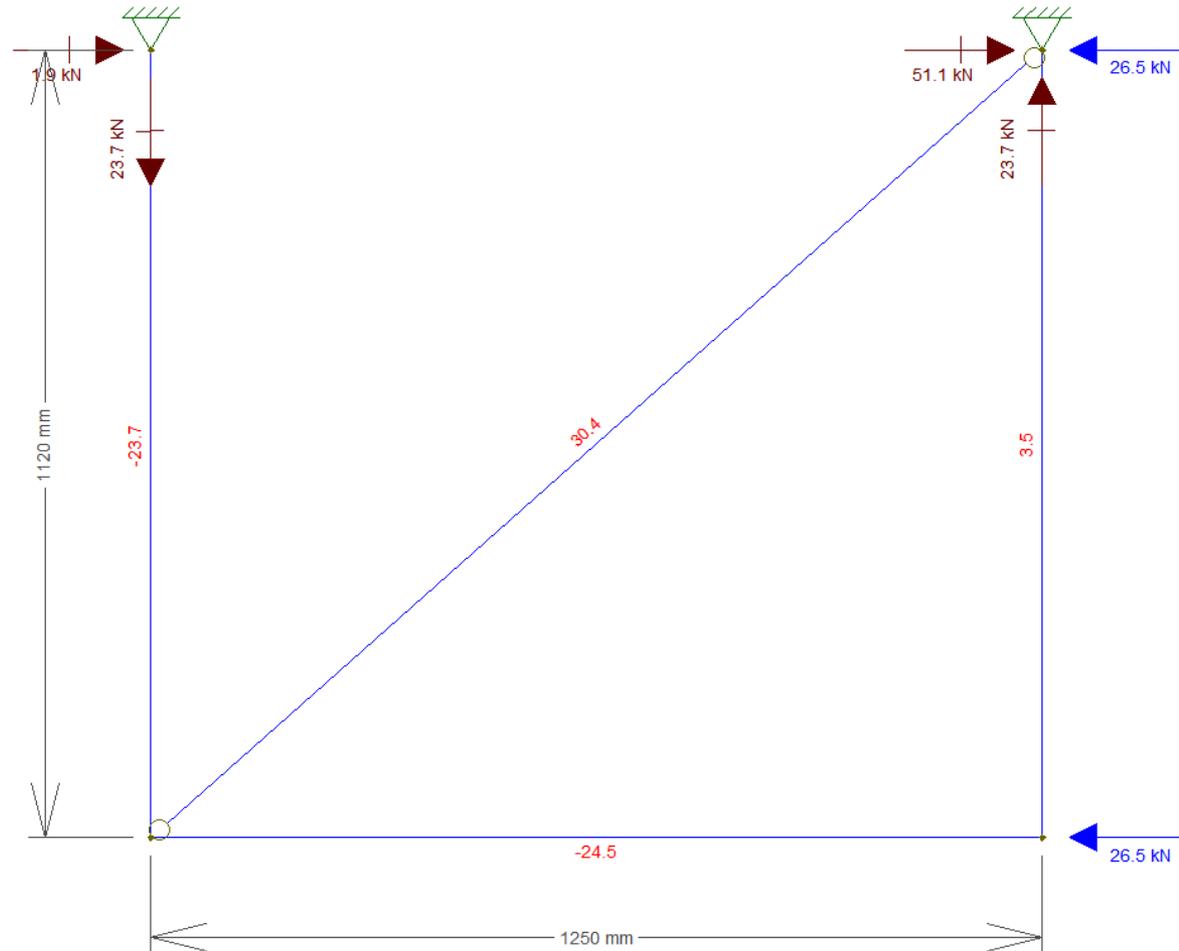
Escoamento da seção bruta:

$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,1} = \frac{1,95 \cdot 25}{1,1} = 44,31 \text{ kN OK!}$$

Angle



d:	32.00 mm
b:	32.00 mm
t:	3.20 mm
\bar{y} :	9.18 mm
A:	1.95 cm ²
A _s :	1.02 cm ²
I:	1.89 cm ⁴



Atualizando o perfil com os momentos, cortante e tração atuantes

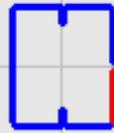
DimPerfil 4.0 - Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio

File Help

Escolha do Perfil Cálculo dos Esforços

Dimensões (cm)

$\alpha = 0$
 $b_w = 15$
 $b_f = 6$
 $D = 2$
 $t = 0.3$
 $\beta = 90$



Ue

Comprimentos (cm)

Lx: 100
Ly: 0
Lt: 0

Esforços Solicitantes

Nd: 24.5 kN
Mxd: 1279 kN.cm
Myd: 221 kN.cm
Vd: 15.1 kN

Coefficiente de Momento

Em X Cb: 1
Em Y Cb: 1

Resultados

Resultado: NBR 14762:2001
Flexão Composta 0,96 (se ≤ 1 , ok!)

CALCULAR

Relatório: Limpar anterior

Item a ser calculado:

Var

Inequações de verificação p/
Flexão Composta

- NBR 14762:2010
 - Flexão Composta
 - Nrd
 - Mrd
 - Mxrd
 - Myrd
 - Flexão Composta**
 - Cortante
 - Flexão e Cisalhamento

4 - Verificação da Esbeltez Limite

barra submetida a esforço de compressão:

$\lambda_{limite} = 200$

Verificação em Relação a X

$r_x = 5,84$ cm

$L_x = 100$ cm

$\lambda_x = 17,12$ cm - ok!

Verificação em Relação a Y

$r_y = 4,76$ cm

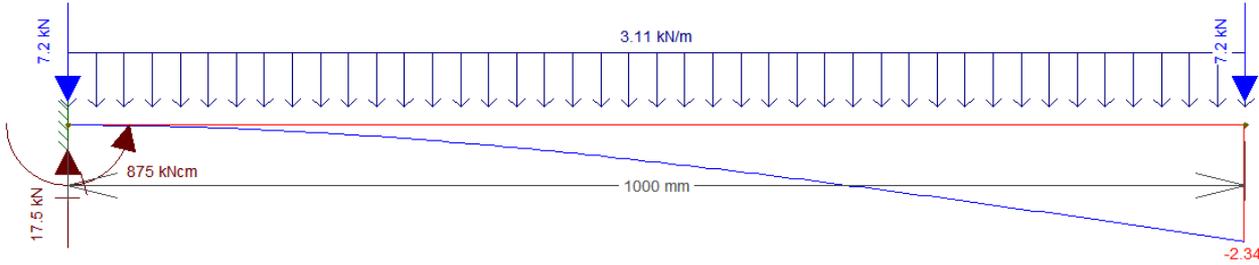
$L_y = 1$ cm

$\lambda_y = 0,21$ cm - ok!

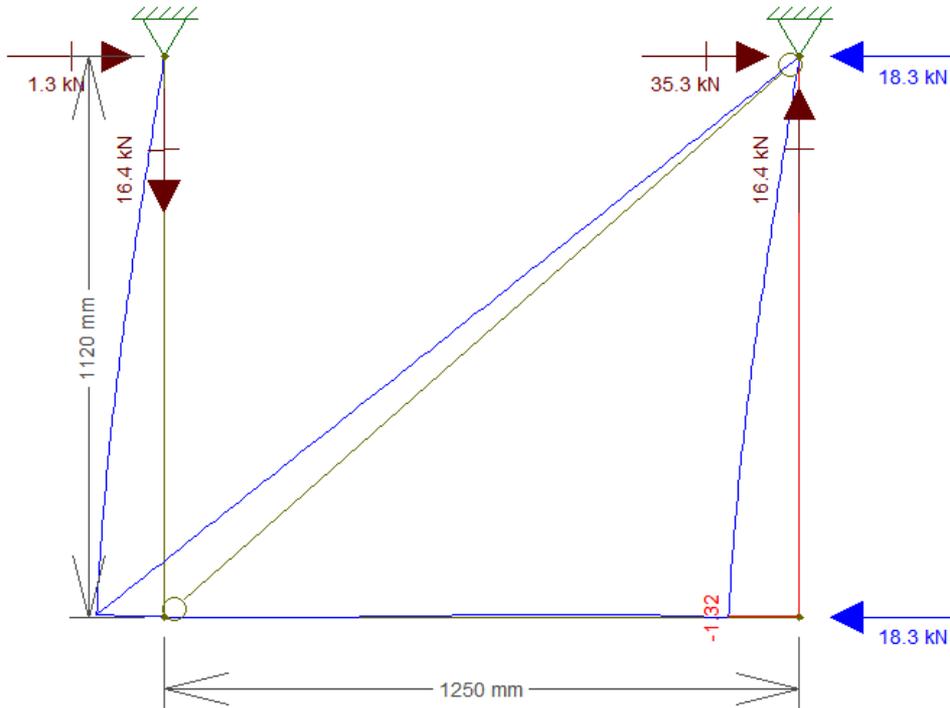
< >

Mostrar perfil

Deslocamento Vertical

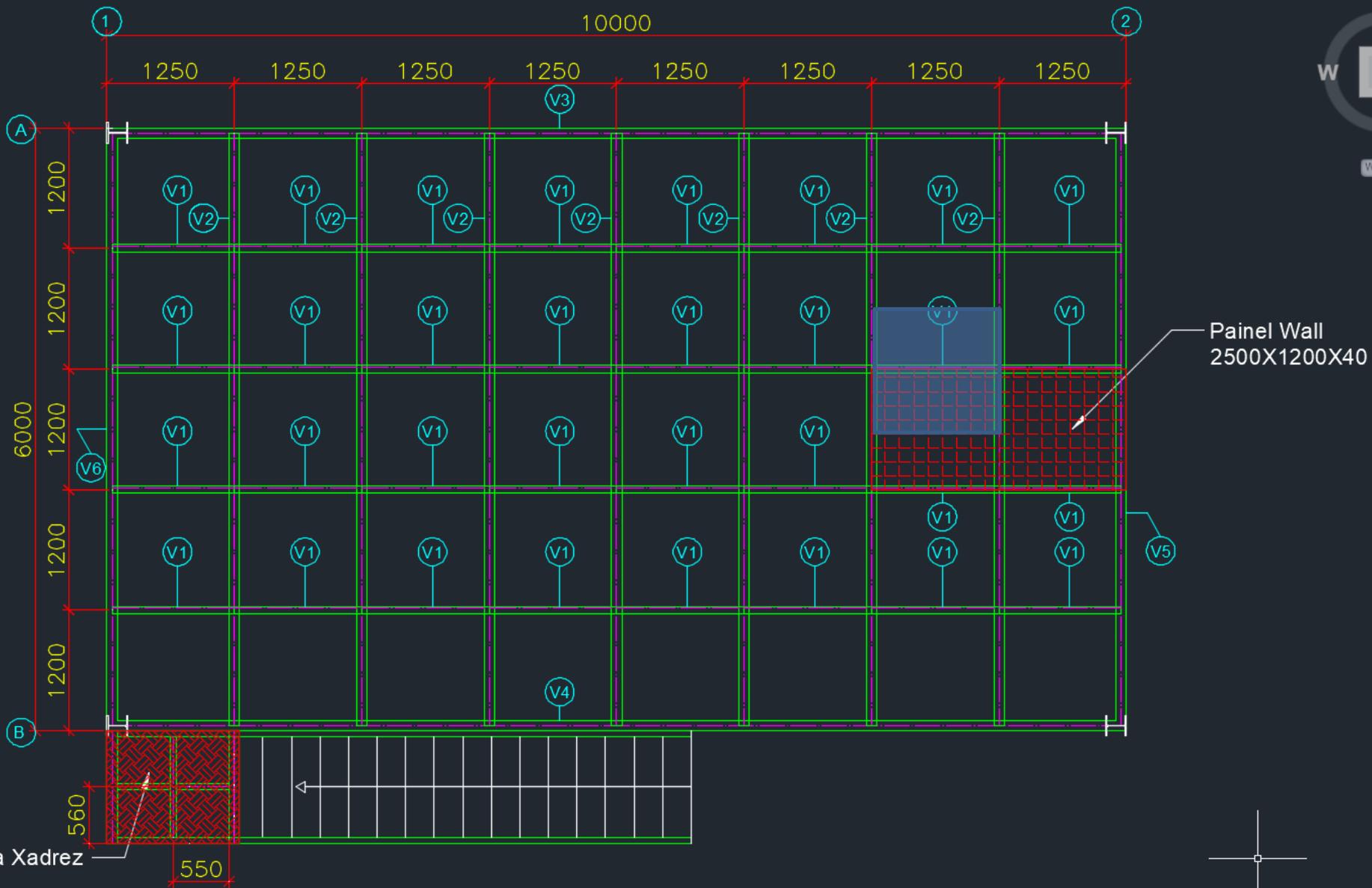


Deslocamento Horizontal



$$\Delta_{total} = \sqrt{2,34^2 + 1,32^2} = 2,68\text{mm} < 5,71 \text{ OK}$$

Cálculo da V1 típica



Carregamentos:

Permanentes

Peso do Painel Wall: $0,34 \text{ kN/m}^2 \times 1,20 = 0,408 \text{ kN/m}$ (x 1,4 = 0,571 kN/m)
Sobrecarga de Uso: $5 \text{ kN/m}^2 \times 1,20\text{m} = 6,00 \text{ kN/m}$ (x 1,5 = 9,00 kN/m)
Peso Próprio da Peça: Estimado $0,06 \text{ kN/m}$ (x 1,25 = 0,075 kN/m)

Carregamento ELS: $0,408 + 6,00 + 0,06 = 6,47 \text{ kN/m}$

Carregamento ELU: $0,571 + 9 + 0,075 = 9,64 \text{ kN/m}$

Pré dimensionamento de V1:

$$f_{max} = \frac{L}{350} = \frac{1250}{350} = 3,57\text{mm} \quad I_{nec} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{max}} = \frac{5 \cdot 0,0647 \cdot 125^4}{384 \cdot 20000 \cdot 0,357} = 28,80 \text{ cm}^4$$

$$M_{max} = \frac{q \cdot L^2}{8} \rightarrow M_{max} = \frac{0,0964 \cdot 125^2}{8} = 188,28 \text{ kN.cm} \quad M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W \cdot F_y}{1,1} \rightarrow 188,28 = \frac{1,5 \cdot W \cdot 25}{1,1} \rightarrow W = 5,52 \text{ cm}^3$$

Verificação da esbeltez da aba

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{76,2}{4,76} = 16 \quad \lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 15,27$$

$$\lambda_r = 0,91 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 25,73 \quad \text{Semi-compacta}$$

$$M_{Rd} = F_y \cdot W \left[2,43 - 1,72 \left(\frac{b}{t} \right) \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right]$$

$$M_{Rd} = 25,721 \left[2,43 - 1,72(16) \cdot \sqrt{\frac{25}{20000}} \right]$$

$$M_{Rd} = 262,62 \text{ kN} \cdot \text{cm} > 188,28 \text{ OK!}$$

3. Leg Local Buckling

The limit state of leg local buckling applies when the toe of the leg is in compression.

(a) For compact sections, the limit state of leg local buckling does not apply.

(b) For sections with noncompact legs

$$M_n = F_y S_c \left[2,43 - 1,72 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] \quad (\text{F10-6})$$

(c) For sections with slender legs

$$M_n = F_{cr} S_c \quad (\text{F10-7})$$

where

$$F_{cr} = \frac{0,71E}{\left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (\text{F10-8})$$

S_c = elastic section modulus to the toe in compression relative to the axis of bending, in.³ (mm³). For bending about one of the geometric axes of an equal-leg angle with no lateral-torsional restraint, S_c shall be 0.80 of the geometric axis section modulus.

b = full width of leg in compression, in. (mm)

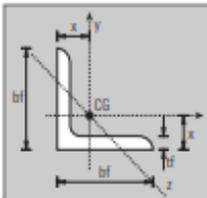


Tabela E.1 — Cantoneiras de abas iguais
Propriedades para dimensionamento

b_f		P	A	t_f		$I_x = I_y$	$W_x = W_y$	$r_x = r_y$	$r_{z \min}$	x
pol	cm	kg/m	cm ²	pol	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm
1/2"	1,270	0,55	0,70	1/8"	0,317	0,10	0,11	0,37	0,25	0,43
5/8"	1,588	0,71	0,90	1/8"	0,317	0,20	0,19	0,47	0,32	0,51
3/4"	1,905	0,87	1,11	1/8"	0,317	0,36	0,27	0,57	0,38	0,59
7/8"	2,220	1,04	1,32	1/8"	0,317	0,58	0,38	0,66	0,46	0,66
		1,49	1,90	3/16"	0,476	0,79	0,54	0,66	0,48	0,74
1"	2,540	1,19	1,48	1/8"	0,317	0,83	0,49	0,79	0,48	0,76
		1,73	2,19	3/16"	0,476	1,25	0,66	0,76	0,48	0,81
		2,22	2,84	1/4"	0,635	1,66	0,98	0,76	0,48	0,86
1 1/4"	3,175	1,50	1,93	1/8"	0,317	1,67	0,82	0,97	0,64	0,89
		2,20	2,77	3/16"	0,476	2,50	1,15	0,97	0,61	0,97
		2,86	3,62	1/4"	0,635	3,33	1,47	0,94	0,61	1,02
1 1/2"	3,810	1,83	2,32	1/8"	0,317	3,33	1,15	1,17	0,76	1,07
		2,68	3,42	3/16"	0,476	4,58	1,64	1,17	0,74	1,12
		3,48	4,45	1/4"	0,635	5,83	2,13	1,15	0,74	1,19
1 3/4"	4,445	2,14	2,71	1/8"	0,317	5,41	1,64	1,40	0,89	1,22
		3,15	4,00	3/16"	0,476	7,50	2,30	1,37	0,89	1,30
		4,12	5,22	1/4"	0,635	9,57	3,13	1,35	0,86	1,35
		5,04	6,45	5/16"	0,794	11,20	3,77	1,32	0,86	1,41
2"	5,080	2,46	3,10	1/8"	0,317	7,91	2,13	1,60	1,02	1,40
		3,63	4,58	3/16"	0,476	11,70	3,13	1,58	1,02	1,45
		4,74	6,06	1/4"	0,635	14,60	4,10	1,55	0,99	1,50
		5,83	7,42	5/16"	0,794	17,50	4,91	1,53	0,99	1,55
		6,99	8,76	3/8"	0,952	20,00	5,73	1,50	0,99	1,63
2 1/2"	6,350	4,57	5,80	3/16"	0,476	23,00	4,91	1,98	1,24	1,75
		6,10	7,67	1/4"	0,635	29,00	6,40	1,96	1,24	1,83
		7,44	9,48	5/16"	0,794	35,00	7,87	1,93	1,24	1,88
		8,78	11,16	3/8"	0,952	41,00	9,35	1,91	1,22	1,93
3"	7,620	5,52	7,03	3/16"	0,476	40,00	7,21	2,39	1,50	2,08
		7,29	9,29	1/4"	0,635	50,00	9,50	2,36	1,50	2,13
		9,07	11,48	5/16"	0,794	62,00	11,60	2,34	1,50	2,21
		10,71	13,61	3/8"	0,952	75,00	13,60	2,31	1,47	2,26
		12,34	15,67	7/16"	1,111	83,00	15,60	2,31	1,47	2,31
		14,00	17,74	1/2"	1,270	91,00	18,00	2,29	1,47	2,36
4"	10,160	9,81	12,51	1/4"	0,635	125,00	16,40	3,17	2,00	2,77
		12,19	15,48	5/16"	0,794	154,00	21,30	3,15	2,00	2,84
		14,57	18,45	3/8"	0,952	183,00	24,60	3,12	2,00	2,90
		16,80	21,35	7/16"	1,111	208,00	29,50	3,12	1,98	2,95
		19,03	24,19	1/2"	1,270	233,00	32,80	3,10	1,98	3,00
		21,26	26,96	9/16"	1,429	254,00	36,10	3,07	1,98	3,07
		23,35	29,73	5/8"	1,588	279,00	39,40	3,05	1,96	3,12
5"	12,700	18,30	23,29	3/8"	0,952	362,00	39,50	3,94	2,51	3,53
		24,10	30,64	1/2"	1,270	470,00	52,50	3,91	2,49	3,63
		29,80	37,8	5/8"	1,588	566,00	64,00	3,86	2,46	3,76
		35,10	44,76	3/4"	1,905	653,00	73,80	3,81	2,46	3,86
6"	15,240	22,22	28,12	3/8"	0,952	641,00	57,40	4,78	3,02	4,17
		29,20	37,09	1/2"	1,270	828,00	75,40	4,72	3,00	4,27
		36,00	45,86	5/8"	1,588	1.007,00	93,50	4,67	2,97	4,39
		42,70	54,44	3/4"	1,905	1.173,00	109,90	4,65	2,97	4,52
		49,30	62,76	7/8"	2,222	1.327,00	124,60	4,60	2,97	4,62

Verificação quanto ao esforço cortante

Conforme AISC 360

G3. SINGLE ANGLES AND TEES

The nominal shear strength, V_n , of a single-angle leg or a tee stem is:

$$V_n = 0.6F_y b t C_{v2} \quad (G3-1)$$

where

C_{v2} = web shear buckling strength coefficient, as defined in Section G2.2 with $h/t_w = b/t$ and $k_v = 1.2$

b = width of the leg resisting the shear force or depth of the tee stem, in. (mm)

t = thickness of angle leg or tee stem, in. (mm)

Reações de Apoio:

$$\text{ELS} = 6,47 \times 1,25 / 2 = 4,04 \text{ kN}$$

$$\text{ELU} = 9,64 \times 1,25 / 2 = 6,03 \text{ kN}$$

Conforme NBR8800

5.4.3.4 Seções formadas por duas cantoneiras fletidas em relação ao eixo perpendicular ao de simetria

Em seções formadas por duas cantoneiras iguais constituindo uma seção tipo T, fletidas em relação ao eixo central de inércia perpendicular ao eixo de simetria, a força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é dada pelo mesmo procedimento apresentado em 5.4.3.1.1, com k_v igual a 1,2, h igual à altura total da seção transversal (b) e t_w igual à espessura da aba perpendicular ao eixo de flexão de uma das cantoneiras (t), desde que a relação b/t não supere 260. A força cortante V_{pr} é determinada conforme 5.4.3.1.2, com:

$$A_w = 2 b t$$

Apesar de bastante parecidas e seguirem a mesma lógica, as especificações da NBR8800 não menciona claramente que a verificação serviria para uma cantoneira simples. Por questões de documentação, vamos adotar o item G.3 da AISC360.

Verificação quanto ao esforço cortante

Reações de Apoio:

$$ELS = 6,47 \times 1,25 / 2 = 4,04 \text{ kN}$$

$$ELU = 9,64 \times 1,25 / 2 = 6,03 \text{ kN}$$

The web shear buckling coefficient, C_{v2} , is determined as follows:

(i) When $h/t_w \leq 1.10\sqrt{k_v E / F_y}$

$$C_{v2} = 1.0$$

(ii) When $1.10\sqrt{k_v E / F_y} < h/t_w \leq 1.37\sqrt{k_v E / F_y}$

$$C_{v2} = \frac{1.10\sqrt{k_v E / F_y}}{h/t_w}$$

(iii) When $h/t_w > 1.37\sqrt{k_v E / F_y}$

$$C_{v2} = \frac{1.51k_v E}{(h/t_w)^2 F_y}$$

A_{fc} = area of compression flange, in.² (mm²)

A_{ft} = area of tension flange, in.² (mm²)

b_{fc} = width of compression flange, in. (mm)

b_{ft} = width of tension flange, in. (mm)

k_v is as defined in Section G2.1

G3. SINGLE ANGLES AND TEES

The nominal shear strength, V_n , of a single-angle leg or a tee stem is:

$$V_n = 0.6F_y b t C_{v2} \quad (G3-1)$$

where

C_{v2} = web shear buckling strength coefficient, as defined in Section G2.2 with $h/t_w = b/t$ and $k_v = 1.2$

b = width of the leg resisting the shear force or depth of the tee stem, in. (mm)

t = thickness of angle leg or tee stem, in. (mm)

$$\frac{b}{t} = \frac{76,2}{4,76} = 16$$

$$\lambda_p = 1,1 \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \rightarrow 1,1 \sqrt{\frac{1,2 \cdot 20000}{25}} = 34, \text{ Compacto}$$

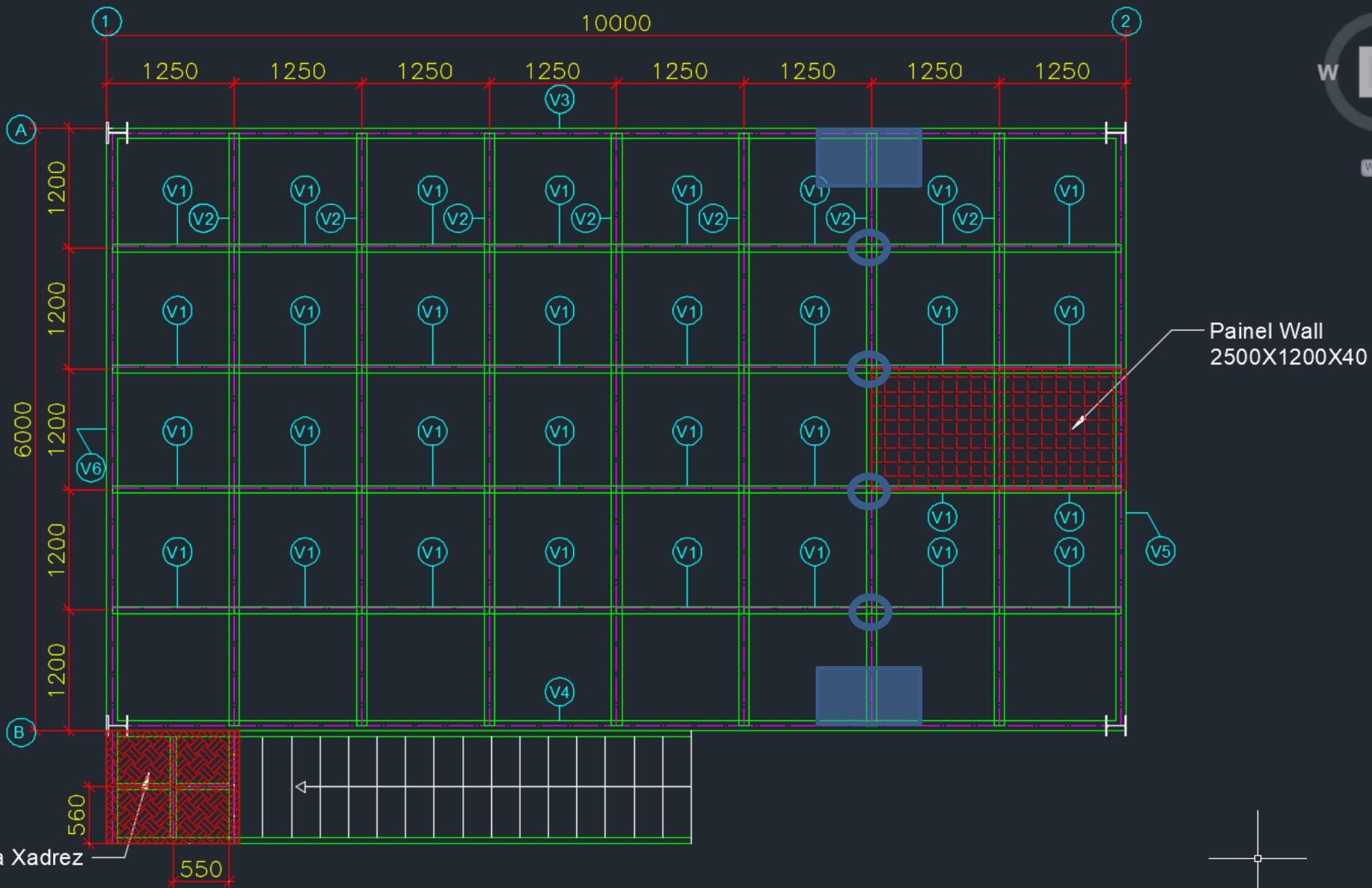
$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot F_y \cdot b \cdot t \cdot C_{v2}}{1,1}$$

$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot 25 \cdot 7,62 \cdot 0,476 \cdot 1,00}{1,1} = 49,46 \text{ kN} > 6,03 \text{ OK!}$$

Cálculo da V2 típica

○ Cargas pontuais geradas pelas V1

■ Carga Distribuída fora da área de influência de V1



Pré Dimensionamento V2

Carregamentos – Região De carga Distribuída: (Região não coberta pelas pontuais da V1)

Permanentes

Peso do Painei Wall: $0,34 \text{ kN/m}^2 \times 1,25 = 0,425 \text{ kN/m}$ (x 1,4 = 0,60 kN/m)
Sobrecarga de Uso: $5 \text{ kN/m}^2 \times 1,25\text{m} = 6,25 \text{ kN/m}$ (x 1,5 = 9,37 kN/m)
Peso Próprio da Peça: Estimado $0,25 \text{ kN/m}$ (x 1,25 = 0,32 kN/m)

Carregamento ELS: $0,425 + 6,25 + 0,25 = 6,93 \text{ kN/m}$ + Pontuais da V1 a cada 1,2m (4,04 x 2)

Carregamento ELU: $0,60 + 9,37 + 0,32 = 10,29 \text{ kN/m}$ + Pontuais de V1 a cada 1,2m (6,03 x 2)

Flecha Limite: $L/350 = 600/350 = 1,714\text{cm}$

Pré dimensionamento:

$$\text{ELS: } I_x = \frac{5.0,0693.600^4}{384.20000.1,714} = \mathbf{3411 \text{ cm}^4}$$

$$\text{ELU: } M_{Sd} = \frac{0,1029 \cdot 600^2}{8} = 4630 \text{ kN.cm}$$

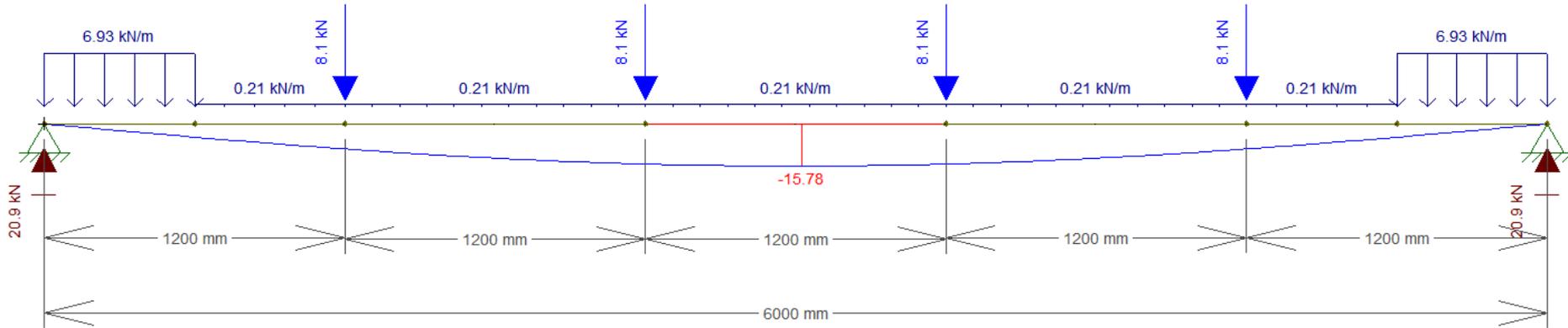
$$Z_x = \frac{1,10 \cdot M_{Sd}}{F_y} = \frac{1,10 \cdot 4630}{34,5} = \mathbf{148 \text{ cm}^3}$$

TABELA DE BITOLAS

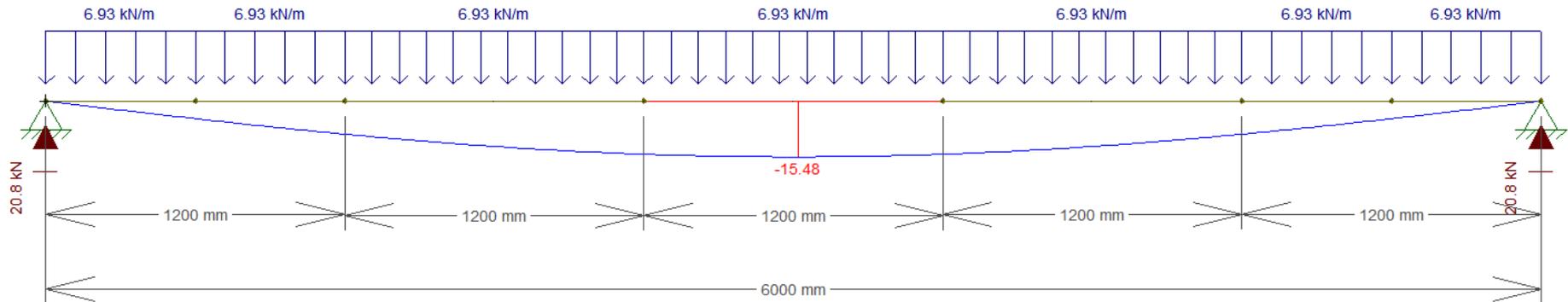
BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b ₁ mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r _i cm	I _y cm ⁴	ESBELTEZ		C _w cm ⁶	u m ² /m	BITOLA in x lb/ft
				t _e mm	t _r mm				I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³			MESA-λ _t b/2t _t	ALMA-λ _w d'/t _w			
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4,181	0,67	W 6 x 8,5
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6,683	0,69	W 6 x 12
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,10	4,75	11,52	20,48	20,417	0,88	W 6 x 15
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10,206	0,69	W 6 x 16
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	4,18	10,95	8,23	17,94	30,277	0,90	W 6 x 20
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	4,22	20,58	6,64	14,67	39,930	0,91	W 6 x 25
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,62	39,44	8,222	0,77	W 8 x 10
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11,098	0,79	W 8 x 13
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13,868	0,79	W 8 x 15
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32,477	0,92	W 8 x 18
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40,822	0,93	W 8 x 21
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	4,50	14,51	8,09	25,90	69,502	1,03	W 8 x 24
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5	4114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	4,53	23,19	7,03	21,86	83,948	1,04	W 8 x 28
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4543	447,6	8,81	495,3	1535	151,2	5,12	229,5	5,58	22,01	9,23	22,36	141,342	1,19	W 8 x 31
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5298	514,4	8,90	572,5	1784	174,9	5,16	265,8	5,61	33,34	8,10	19,85	166,710	1,19	W 8 x 35
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4977	488,0	8,55	551,3	1673	161,7	4,96	248,6	5,57	31,93	9,16	14,28	155,075	1,20	HP 8 x 36
W 200 x 59,0 (H)	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0	6140	584,8	8,99	655,9	2041	199,1	5,18	303,0	5,64	47,69	7,22	17,32	195,418	1,20	W 8 x 40
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7660	709,2	9,17	803,2	2537	246,3	5,28	374,5	5,70	81,66	5,92	15,80	249,976	1,22	W 8 x 48
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9498	855,7	9,26	984,2	3139	300,4	5,32	458,7	5,77	142,19	5,07	12,06	317,844	1,23	W 8 x 58
W 200 x 100,0 (H)*	100,0	229	210	14,5	23,7	182	158	127,1	11355	991,7	9,45	1152,2	3664	349,0	5,37	533,4	5,80	212,61	4,43	10,87	385,454	1,25	W 8 x 67
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	9,53	45,92	13,735	0,88	W 10 x 12
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18,629	0,89	W 10 x 15
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,07	36,10	22,955	0,89	W 10 x 17
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27,636	0,90	W 10 x 19
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73,104	1,07	W 10 x 22
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	3,93	17,63	6,56	33,27	93,242	1,08	W 10 x 26
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	3,96	27,14	5,69	28,95	112,398	1,09	W 10 x 30
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8728	709,6	10,47	790,5	2995	234,0	6,13	357,8	6,89	33,46	11,96	19,10	414,130	1,47	HP 10 x 42
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11257	889,9	11,02	983,3	3880	305,6	6,47	463,1	7,01	56,94	8,94	23,33	552,900	1,48	W 10 x 49
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12550	980,5	11,10	1088,7	4313	338,3	6,51	513,1	7,04	75,02	8,17	21,36	622,878	1,49	W 10 x 54
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12280	966,9	10,64	1093,2	4225	325,0	6,24	499,6	7,00	82,07	9,03	13,97	605,403	1,50	HP 10 x 57
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14237	1095,1	11,18	1224,4	4841	378,2	6,52	574,3	7,06	102,81	7,40	18,82	712,351	1,50	W 10 x 60
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16352	1238,8	11,27	1395,0	5549	431,8	6,57	656,3	7,10	147,70	6,56	16,87	828,031	1,51	W 10 x 68
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	18920	1406,7	11,38	1597,4	6405	494,6	6,62	752,7	7,16	212,00	5,86	14,87	975,265	1,53	W 10 x 77
W 250 x 131,0 (H)*	131,0	275	261	15,4	25,1	225	193	167,8	22243	1617,7	11,51	1855,6	7448	570,7	6,66	870,7	7,21	321,06	5,20	12,52	1.161.225	1,54	W 10 x 88
W 250 x 149,0 (H)*	149,0	282	263	17,3	28,4	225	193	190,5	26027	1845,9	11,69	2137,5	8624	655,8	6,73	1001,7	7,27	462,06	4,63	11,17	1.384.436	1,55	W 10 x 100
W 250 x 167,0 (H)*	167,0	289	265	19,2	31,8	225	193	214,0	30110	2083,7	11,86	2435,3	9880	745,7	6,79	1140,2	7,33	644,95	4,17	10,07	1.631.156	1,57	W 10 x 112
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4	2,42	3,27	8,86	53,25	21,628	0,98	W 12 x 14
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4346	285,0	11,89	333,2	116	22,9	1,94	36,9	2,45	4,65	7,54	48,50	25,594	0,99	W 12 x 16
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	5500	356,0	12,28	412,0	158	31,0	2,08	49,4	2,55	8,14	5,73	45,20	35,441	1,00	W 12 x 19
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6570	419,8	12,49	485,3	192	37,6	2,13	59,8	2,58	12,91	4,72	41,12	43,612	1,00	W 12 x 22
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9	4,38	13,20	8,51	46,66	163,728	1,25	W 12 x 26
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	9997	638,8	13,22	712,8	855	103,0	3,87	158,0	4,41	19,90	7,41	41,00	194,433	1,26	W 12 x 30
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	11909	751,4	13,33	842,5	1026	122,9	3,91	188,8	4,45	31,81	6,33	35,61	236,422	1,27	W 12 x 35
W 310 x 60,0*	60,0	303	203	7,5	13,1	277	245	76,1	12908	852,0	13,02	944,3	1829	228,7	4,90	275,4	5,48	40,46	6,29	26,11	383,747	1,38	W 12 x 40
W 310 x 67,0*	67,0	306	204	8,5	14,6	277	245	85,3	14559	951,5	13,06	1060,4	2069	202,8	4,92	310,5	5,51	55,35	6,99	28,80	438,542	1,38	W 12 x 45
W 310 x 74,0*	74,0	310	205	9,4	16,3	277	245	95,1	16501	1064,6	13,17	1192,0	2344	180,2	4,96	350,5	5,54	75,51	7,75	32,64	504,715	1,39	W 12 x 50
HP 310 x 79,0 (H)	79,0	299	306	11,0	11,0	277	245	100,0	16316	1091,3	12,77	1210,1	5258	343,7	7,25	525,4	8,20	46,72	13,91	22,27	1.089.258	1,77	HP 12 x 53
HP 310 x 93,0 (H)	93,0	303	308	13,1	13,1	277	245	119,2	19682	1299,1	12,85	1450,3	6387	414,7	7,32	635,5	8,26	77,33	11,76	18,69	1.340.320	1,78	HP 12 x 63

Modelagem V2 (Ftool-ELS)

Método 1

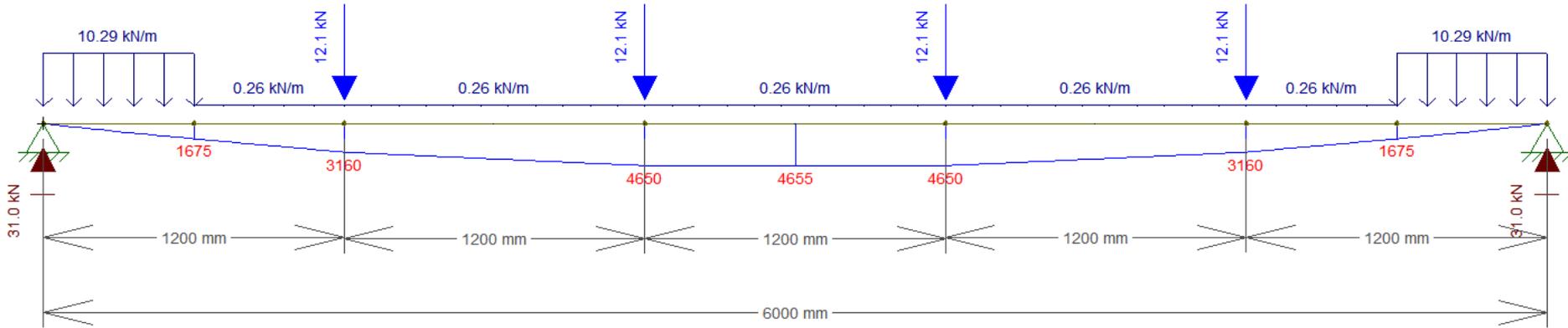


Método 2

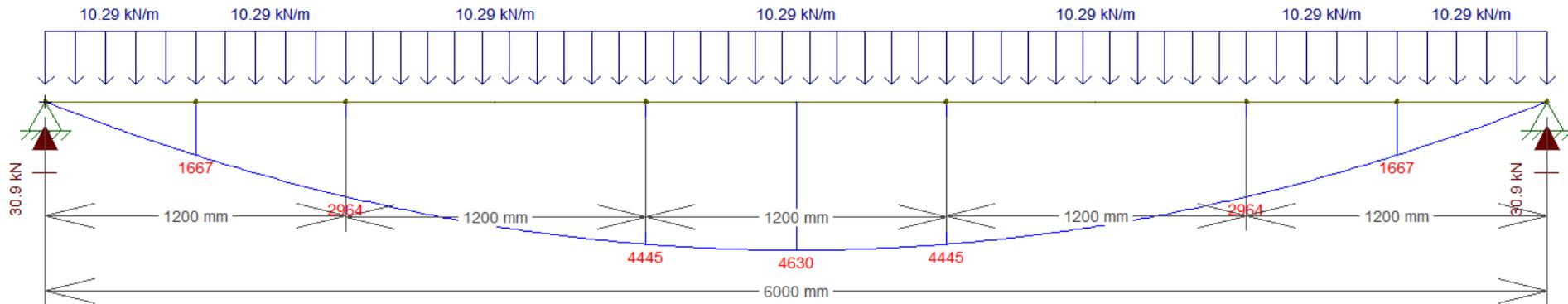


Modelagem V2 (Ftool-ELU – Momento Fletor)

Método 1



Método 2



Verificações V2 - ELU

Verificação da resistência à flexão

FLM: Seção compacta ao FLM: $bf/2tf = 8,86 < 9,26$

FLA: Seção Compacta ao FLA: $d'/tw = 53,25 < 92$

FLT: Mesa Comprimida totalmente contida pelo Painel Wall

Resolve-se pela equação A

$$M_{Rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \rightarrow M_{Rd} = \frac{291,9 \cdot 34,5}{1,1} = 9155 \text{ kN.cm} > 4655 \text{ kN.cm OK!}$$

Verificação da resistência à Cortante

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \quad \lambda = \frac{303 - 2 \cdot 5,7}{5,1} = 57,17 \quad \lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} \quad \lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 20000}{34,5}} = 59,22$$

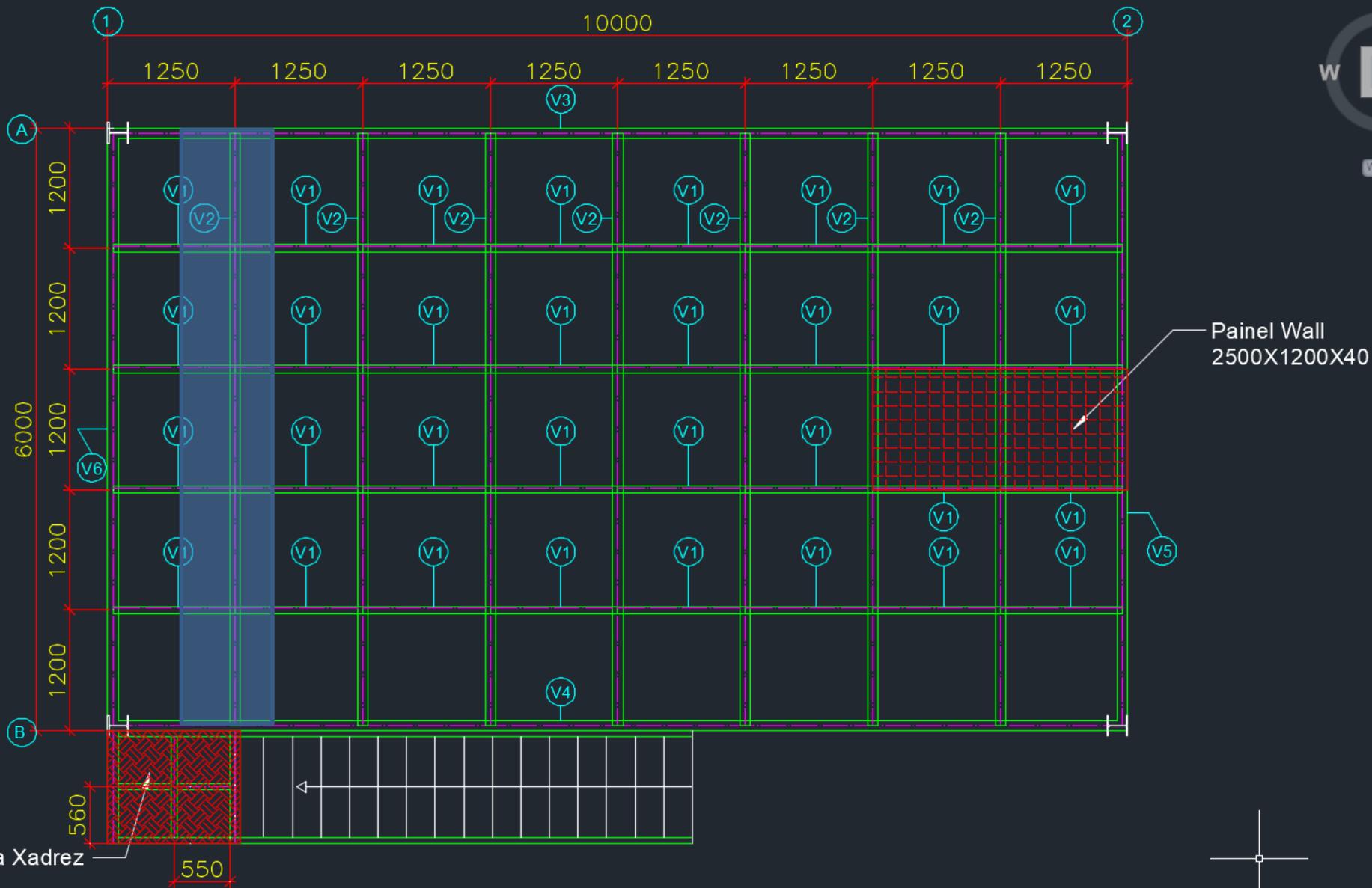
$$V_{Rd} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_y}{1,1} \rightarrow V_{Rd} = \frac{0,60 \cdot 30,3 \cdot 0,51 \cdot 34,5}{1,1} = 290,8 \text{ kN} > 31 \text{ kN} - \text{OK!}$$

Cálculo de V1

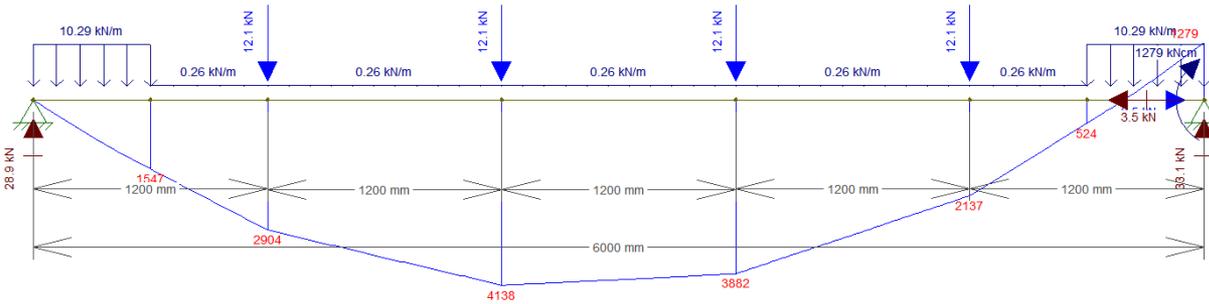
BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b ₁ mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r _i cm	I _y cm ⁴	ESBELTEZ		C _w cm ³	u m ² /m	BITOLA mm x kg/m
				t _w mm	t _i mm				I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³			ABA - λ ₁ b ₁ /2t _i	ALMA - λ ₂ d'/t _w			
				mm	mm				cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³							
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4.181	0,67	W 150 x 13,0
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6.683	0,69	W 150 x 18,0
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1.229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,10	4,75	11,52	20,48	20.417	0,88	W 150 x 22,5 (H)
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1.384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10.206	0,69	W 150 x 24,0
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1.739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	4,18	10,95	8,23	17,94	30.277	0,90	W 150 x 29,8 (H)
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2.244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	4,22	20,58	6,64	14,67	39.930	0,91	W 150 x 37,1 (H)
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1.305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,62	39,44	8.222	0,77	W 200 x 15,0
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1.686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11.098	0,79	W 200 x 19,3
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2.029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13.868	0,79	W 200 x 22,5
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2.611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32.477	0,92	W 200 x 26,6
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3.168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40.822	0,93	W 200 x 31,3
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3.437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	4,50	14,51	8,09	25,90	69.502	1,03	W 200 x 35,9 (H)
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5	4.114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	4,53	23,19	7,03	21,86	83.948	1,04	W 200 x 41,7 (H)
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4.543	447,6	8,81	495,3	1.535	151,2	5,12	229,5	5,58	22,01	9,23	22,36	141.342	1,19	W 200 x 46,1 (H)
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5.298	514,4	8,90	572,5	1.784	174,9	5,16	265,8	5,61	33,34	8,10	19,85	166.710	1,19	W 200 x 52,0 (H)
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4.977	488,0	8,55	551,3	1.673	161,7	4,96	248,6	5,57	31,93	9,16	14,28	155.075	1,20	HP 200 x 53,0 (H)
W 200 x 59,0 (H)	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0	6.140	584,8	8,99	655,9	2.041	199,1	5,18	303,0	5,64	47,69	7,22	17,32	195.418	1,20	W 200 x 59,0 (H)
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7.660	709,2	9,17	803,2	2.537	246,3	5,28	374,5	5,70	81,66	5,92	15,80	249.976	1,22	W 200 x 71,0 (H)
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9.498	855,7	9,26	984,2	3.139	300,4	5,32	458,7	5,77	142,19	5,07	12,06	317.844	1,23	W 200 x 86,0 (H)
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2.291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	9,53	45,92	13.735	0,88	W 250 x 17,9
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2.939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18.629	0,89	W 250 x 22,3
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3.473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,07	36,10	22.955	0,89	W 250 x 25,3
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4.046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27.636	0,90	W 250 x 28,4
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4.937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73.104	1,07	W 250 x 32,7
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6.057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	3,93	17,63	6,56	33,27	93.242	1,08	W 250 x 38,5
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7.158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	3,96	27,14	5,69	28,95	112.398	1,09	W 250 x 44,8
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8.728	709,6	10,47	790,5	2.995	234,0	6,13	357,8	6,89	33,46	11,96	19,10	417.130	1,47	HP 250 x 62,0 (H)
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11.257	889,9	11,02	983,3	3.880	305,5	6,47	463,1	7,01	56,94	8,94	23,33	552.900	1,48	W 250 x 73,0 (H)
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12.550	980,5	11,10	1.088,7	4.313	338,3	6,51	513,1	7,04	75,02	8,17	21,36	622.878	1,49	W 250 x 80,0 (H)
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12.280	966,9	10,64	1.093,2	4.225	325,0	6,24	499,6	7,00	82,07	9,03	13,97	605.403	1,50	HP 250 x 85,0 (H)
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14.237	1.095,1	11,18	1.224,4	4.841	378,2	6,52	574,3	7,06	102,81	7,40	18,82	712.351	1,50	W 250 x 89,0 (H)
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16.352	1.238,8	11,27	1.395,0	5.549	431,8	6,57	656,3	7,10	147,70	6,56	16,87	828.031	1,51	W 250 x 101,0 (H)
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	239	13,3	22,1	223	201	146,1	18.320	1.466,7	11,36	1.597,4	6.403	494,6	6,62	752,7	7,10	212,00	3,66	14,67	973.263	1,53	W 250 x 115,0 (H)
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3.776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4	2,42	3,27	8,86	53,25	21.628	0,98	W 310 x 21,0
W 310 x 23,6	23,6	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4.346	265,6	11,89	333,2	116	22,3	1,94	36,3	2,45	4,85	7,54	48,56	25.594	0,99	W 310 x 23,6
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	5.500	356,0	12,28	412,0	158	31,0	2,08	49,4	2,55	8,14	5,73	45,20	35.441	1,00	W 310 x 28,3
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6.570	419,8	12,49	485,3	192	37,6	2,13	59,8	2,58	12,91	4,72	41,12	43.612	1,00	W 310 x 32,7
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8.581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9	4,38	13,20	8,51	46,66	163.728	1,25	W 310 x 38,7
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	9.997	638,8	13,22	712,8	855	103,0	3,87	158,0	4,41	19,90	7,41	41,00	194.433	1,26	W 310 x 44,5
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	11.909	751,4	13,33	842,5	1.026	122,9	3,91	188,8	4,45	31,81	6,33	35,61	236.422	1,27	W 310 x 52,0
HP 310 x 79,0 (H)	79,0	299	306	11,0	11,0	277	245	100,0	16.316	1.091,3	12,77	1.210,1	5.258	343,7	7,25	525,4	8,20	46,72	13,91	22,27	1.089.258	1,77	HP 310 x 79,0 (H)
HP 310 x 93,0 (H)	93,0	303	308	13,1	13,1	277	245	119,2	19.682	1.299,1	12,85	1.450,3	6.387	414,7	7,32	635,5	8,26	77,33	11,76	18,69	1.340.320	1,78	HP 310 x 93,0 (H)
W 310 x 97,0 (H)	97,0	308	305	9,9	15,4	277	245	123,6	22.284	1.447,0	13,43	1.594,2	7.286	477,8	7,68	725,0	8,38	92,12	9,90	24,77	1.558.682	1,79	W 310 x 97,0 (H)
W 310 x 107,0 (H)	107,0	311	306	10,9	17,0	277	245	136,4	24.839	1.597,3	13,49	1.768,2	8.123	530,9	7,72	806,1	8,41	122,86	9,00	22,48	1.754.271	1,80	W 310 x 107,0 (H)
HP 310 x 110,0 (H)	110,0	308	310	15,4	15,5	277	245	141,0	23.703	1.539,1	12,97	1.730,6	7.707	497,3	7,39	763,7	8,33	125,66	10,00	15,91	1.646.104	1,80	HP 310 x 110,0 (H)

Cálculo da V2 Próxima à escada

A viga V2 próxima à escada recebe, além das cargas verticais, uma tração e um momento oriundos da movimentação da escada



Cálculo da V2 Próxima à escada

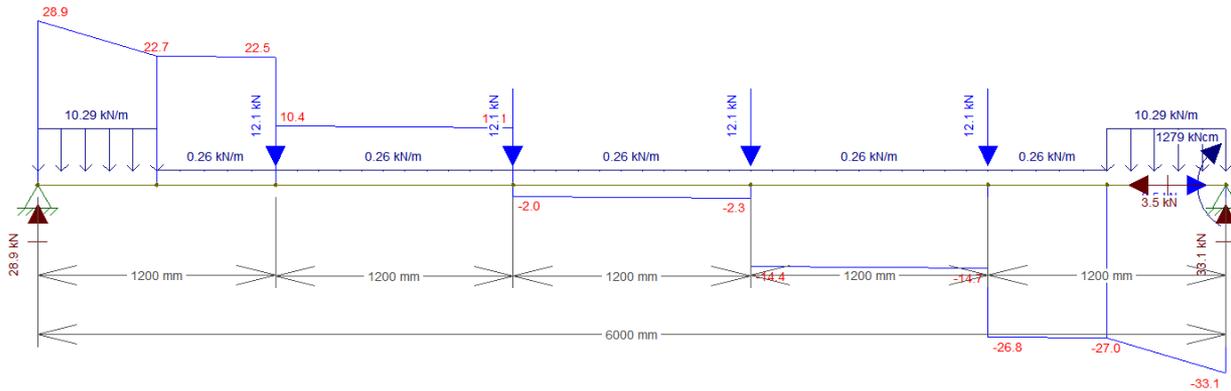


$$M_{Rd} = 9155 \text{ kN.cm} > 4138 \text{ kN.cm OK!}$$

$$V_{Rd} = 290 \text{ kN} > 33,1 \text{ kN OK!}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,1}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{27,2 \cdot 34,5}{1,1} = 853 \text{ kN}$$



Precisamos verificar à tração e aos esforços combinados

$$\frac{N_{SD}}{N_{Rd}} = \frac{3,5}{853} = 0,004 < 0,20$$

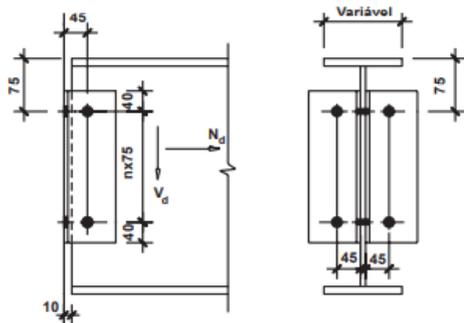
$$\frac{N_{SD}}{2N_{Rd}} + \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \rightarrow \frac{3,5}{2(853)} + \frac{4110}{9155} = 0,45 < 1 \text{ OK!}$$

Ligação entre V2 e Pórtico principal

PERFIS:
 W 310 x 21,0
 W 310 x 23,8
 W 310 x 28,3
 W 310 x 32,7
 W 310 x 38,7
 W 310 x 44,5
 W 310 x 52,0
 W 310 x 60,0
 W 310 x 67,0
 W 310 x 74,0

CANTONEIRA: L 76 x 76 x 6,4 x 155

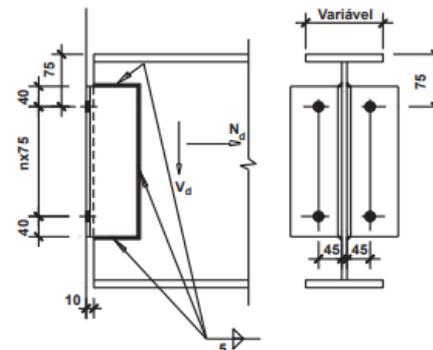
PARAFUSOS: 2 ø 3/4" A325N
 4 ø 3/4" A325N



PERFIS:
 W 310 x 21,0
 W 310 x 23,8
 W 310 x 28,3
 W 310 x 32,7
 W 310 x 38,7
 W 310 x 44,5
 W 310 x 52,0
 W 310 x 60,0
 W 310 x 67,0
 W 310 x 74,0

CANTONEIRA: L 76 x 76 x 6,4 x 155

PARAFUSOS: 4 ø 3/4" A325N



		LCPP 20-B		LCPP 21-B		LCPP 22-B	
NOTAS: 1 - Dimensões em mm. 2 - Os valores tabelados são referentes às resistências de cálculo das ligações, conforme NBR 8800:2008. 3 - Verificar obrigatoriamente o elemento suporte. 4 - As vigas devem ser verificadas à flambagem lateral considerando obrigatoriamente os recortes na região da ligação.							
				Ln (max) = 30 mm		Ln (max) = 25 mm	
		Vd (kN)					
		Sem recortes		Ln (max)		Ln (max)	
n	Perfis	Nd (kN)		80	130	170	80
1	W 310 x 21,0	0	155	142	142	142	142
		39	78	-	-	-	-
	W 310 x 23,8	0	170	155	155	155	155
		38	85	-	-	-	-
	W 310 x 28,3	0	183	163	163	163	163
		38	91	-	-	-	-
	W 310 x 32,7	0	201	177	177	177	177
		37	100	-	-	-	-
	W 310 x 38,7	0	177	157	157	157	157
		38	88	-	-	-	-
W 310 x 44,5	0	201	176	176	176	176	
	37	100	-	-	-	-	
W 310 x 52,0	0	231	200	200	200	200	
	34	116	-	-	-	-	
W 310 x 60,0	0	228	197	197	197	197	
	35	114	-	-	-	-	
W 310 x 67,0	0	234	221	221	221	221	
	34	117	-	-	-	-	
W 310 x 74,0	0	234	234	234	234	234	
	34	117	-	-	-	-	

		LCSP 20-B		LCSP 21-B		LCSP 22-B	
NOTAS: 1 - Dimensões em mm. 2 - Os valores tabelados são referentes às resistências de cálculo das ligações, conforme NBR 8800:2008. 3 - Verificar obrigatoriamente o elemento suporte. 4 - As vigas devem ser verificadas à flambagem lateral considerando obrigatoriamente os recortes na região da ligação.							
				Ln (max) = 30 mm		Ln (max) = 25 mm	
		Vd (kN)					
		Sem recortes		Ln (max)		Ln (max)	
n	Perfis	Nd (kN)		80	130	170	80
1	W 310 x 21,0	0	234	166	166	163	166
		34	117	-	-	-	-
	W 310 x 23,8	0	234	181	181	181	181
		34	117	-	-	-	-
	W 310 x 28,3	0	234	192	192	192	192
		34	117	-	-	-	-
	W 310 x 32,7	0	234	210	210	210	210
		34	117	-	-	-	-
	W 310 x 38,7	0	234	185	185	185	185
		34	117	-	-	-	-
W 310 x 44,5	0	234	209	209	209	209	
	34	117	-	-	-	-	
W 310 x 52,0	0	234	234	234	234	234	
	34	117	-	-	-	-	
W 310 x 60,0	0	234	234	234	234	234	
	34	117	-	-	-	-	
W 310 x 67,0	0	234	234	234	234	234	
	34	117	-	-	-	-	
W 310 x 74,0	0	234	234	234	234	234	
	34	117	-	-	-	-	

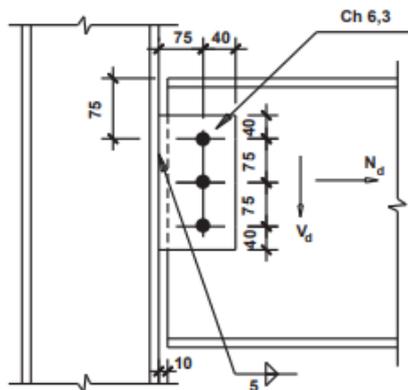
Ligação entre V2 e Pórtico principal

PERFIS: W 310
W 360
W 410
W 460

CHAPA: Ch 6,3 ASTM A36

PARAFUSOS: 3 Ø 3/4" A325N

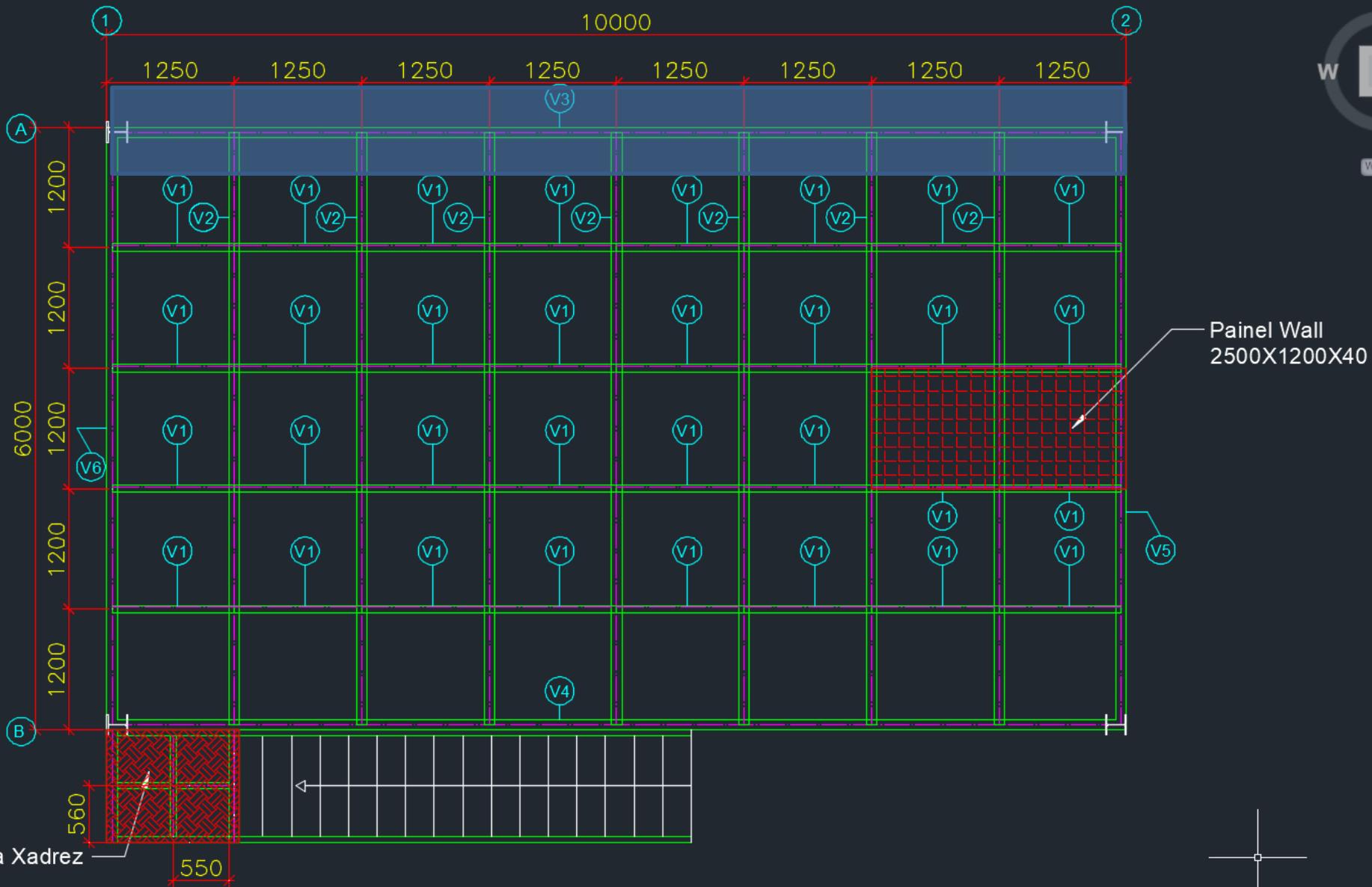
SOLDAS: ELETRODO E70XX



LCHS 30-B		
Perfis	N_d (kN)	V_d (kN)
W 310 (todos)	0	120
	30	60
W 360 (todos)	0	120
	30	60
W 410 (todos)	0	120
	30	60
W 460 (todos)	0	120
	30	60

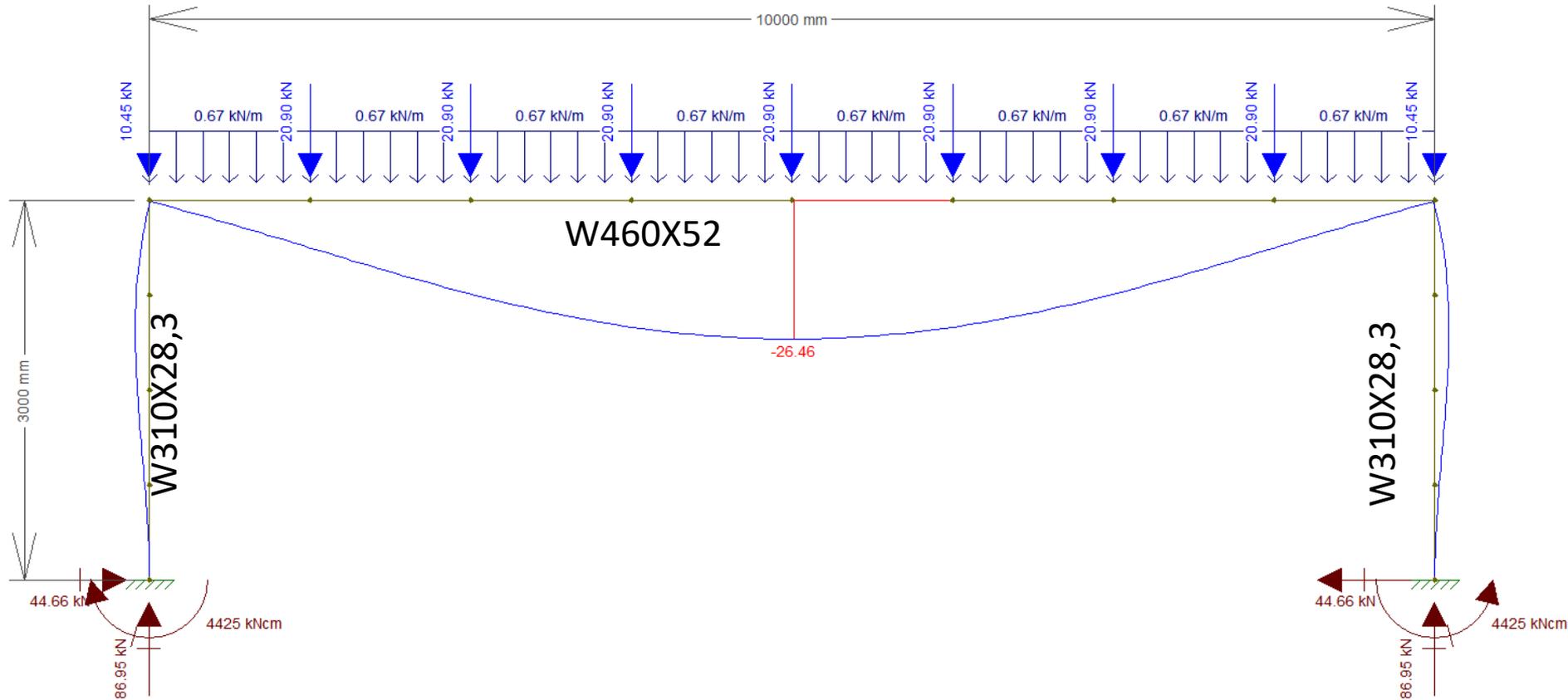
NOTAS:
 1 - Dimensões em mm.
 2 - Os valores tabelados são referentes às resistências de cálculo das ligações, conforme NBR 8800:2008.
 3 - Verificar obrigatoriamente o elemento suporte.

Cálculo do Eixo A



Cálculo do Eixo A

$$\text{Flecha Limite} = L / 350 = 10000 / 350 = 28,57\text{mm}$$



Carga distribuída sobre a viga: 0,52 (PP Viga) + 0,1478 (PP Guarda Corpo) = 0,67 kN/m

Outros elementos já estão contabilizados nas pontuais aplicadas

Estabilidade da estrutura – Cargas Horizontais

4.9.7.1 Estruturas de pequena deslocabilidade e média deslocabilidade

4.9.7.1.1 Nas estruturas de pequena deslocabilidade e média deslocabilidade, os efeitos das imperfeições geométricas iniciais devem ser levados em conta diretamente na análise, por meio da consideração, em cada andar, de um deslocamento horizontal relativo entre os níveis inferior e superior (deslocamento interpavimento) de $h/333$, sendo h a altura do andar (distância entre eixos de vigas). Admite-se também que esses efeitos sejam levados em conta por meio da aplicação, em cada andar, de uma força horizontal equivalente, denominada aqui força nocional, igual a 0,3% do valor das cargas gravitacionais de cálculo aplicadas em todos os pilares e outros elementos resistentes a cargas verticais, no andar considerado. Não é necessário somá-las às reações horizontais de apoio. Os efeitos das imperfeições geométricas iniciais devem ser considerados independentemente em duas direções ortogonais em planta da estrutura. Além disso, esses efeitos podem ser entendidos como um carregamento lateral mínimo da estrutura, exceto nas estruturas de pequena deslocabilidade, se for utilizada a condição prevista em 4.9.7.1.4.

4.9.4.8 A relação entre o deslocamento lateral do andar relativo à base obtido na análise de segunda ordem e aquele obtido na análise de primeira ordem, mencionada em 4.9.4.2, 4.9.4.3 e 4.9.4.4, pode ser aproximada de maneira aceitável pelo valor do coeficiente B_2 , calculado de acordo com o Anexo D, sem a consideração das imperfeições iniciais de material indicadas em 4.9.7.

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{sd}}{\sum H_{sd}}}$$

Se $B_2 < 1,1$ – Pequena Deslocabilidade

Se $1,1 \leq B_2 < 1,4$ – Média deslocabilidade

Se $B_2 > 1,4$ – Grande Deslocabilidade

$\sum N_{sd}$ é carga gravitacional total que atua no andar considerado, englobando as cargas atuantes nas subestruturas de contraventamento e nos elementos que não pertençam a essas subestruturas;

R_s é um coeficiente de ajuste, igual a 0,85 nas estruturas onde o sistema resistente a ações horizontais é constituído apenas por subestruturas de contraventamento formadas por pórticos nos quais a estabilidade lateral é assegurada pela rigidez à flexão das barras e pela capacidade de transmissão de momentos das ligações e igual a 1,0 para todas as outras estruturas;

Δ_h é o deslocamento horizontal relativo entre os níveis superior e inferior (deslocamento interpavimento) do andar considerado, obtido da análise de primeira ordem, na estrutura original (Figura D.1-a) ou na estrutura $\#t$ (Figura D.1-c). Se Δ_h possuir valores diferentes em um mesmo andar, deve ser tomado um valor ponderado para esse deslocamento, em função da proporção das cargas gravitacionais atuantes ou, de modo conservador, o maior valor;

$\sum H_{sd}$ é a força cortante no andar, produzida pelas forças horizontais de cálculo atuantes, usadas para determinar Δ_h e obtida na estrutura original (Figura D.1-a) ou na estrutura $\#t$ (Figura D.1-c);

H é a altura do andar (distância entre eixos de vigas de dois andares consecutivos ou entre eixos de vigas e a base, no caso do primeiro andar).

Carga gravitacional:

Painel Wall: $0,34 \times 10 \times 6 = 20,4$ kN

Vigas V1: $0,0552 \times 10 \times 4 = 2,21$ kN

Vigas V2: $0,21 \times 6 \times 9 = 11,34$ kN

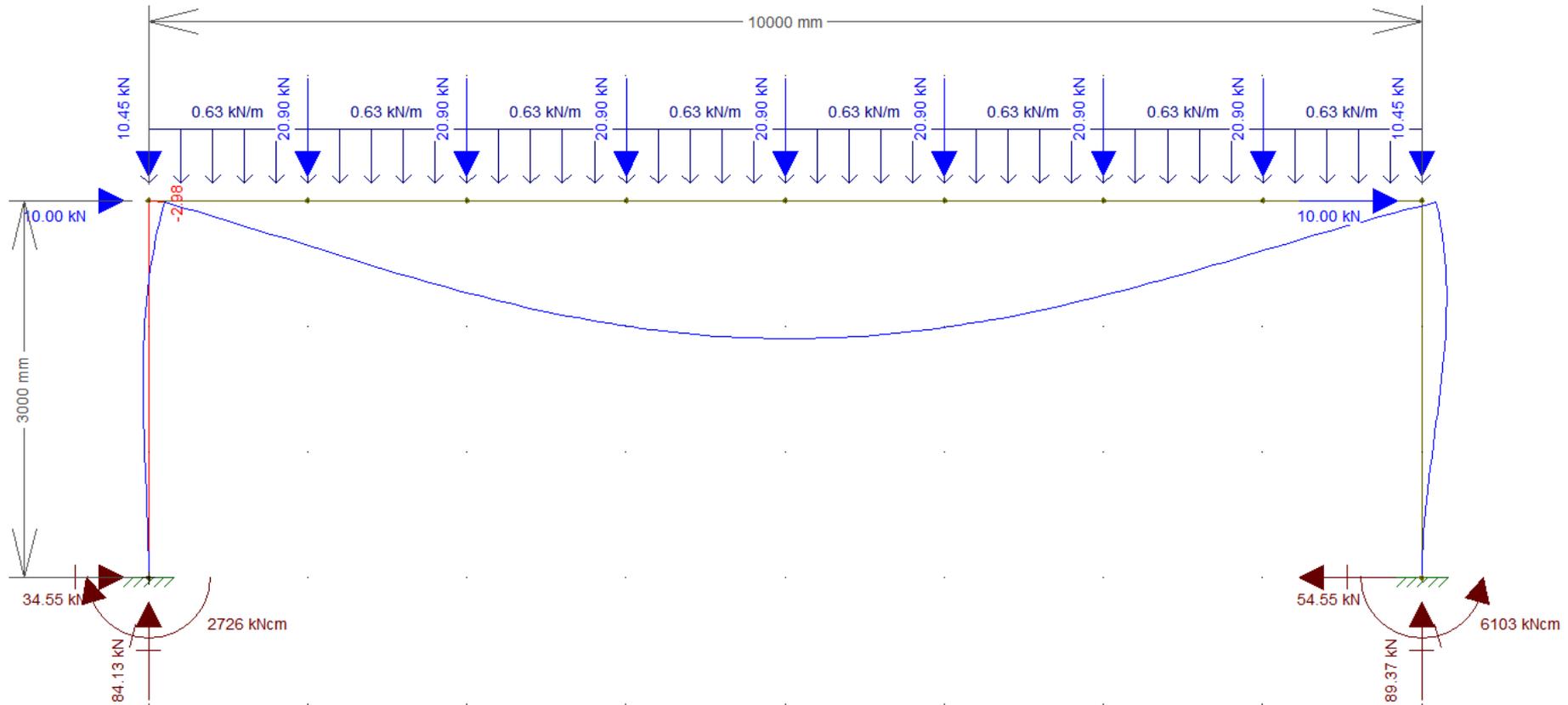
Vigas Pórtico: $0,52 \times 10 \times 2 = 10,4$ kN

Guarda Corpo: $0,1478 \times (6+10) \times 2 = 4,73$ kN

Sobrecarga = $5 \times 10 \times 6 = 300$ kN

TOTAL = 349,08 kN

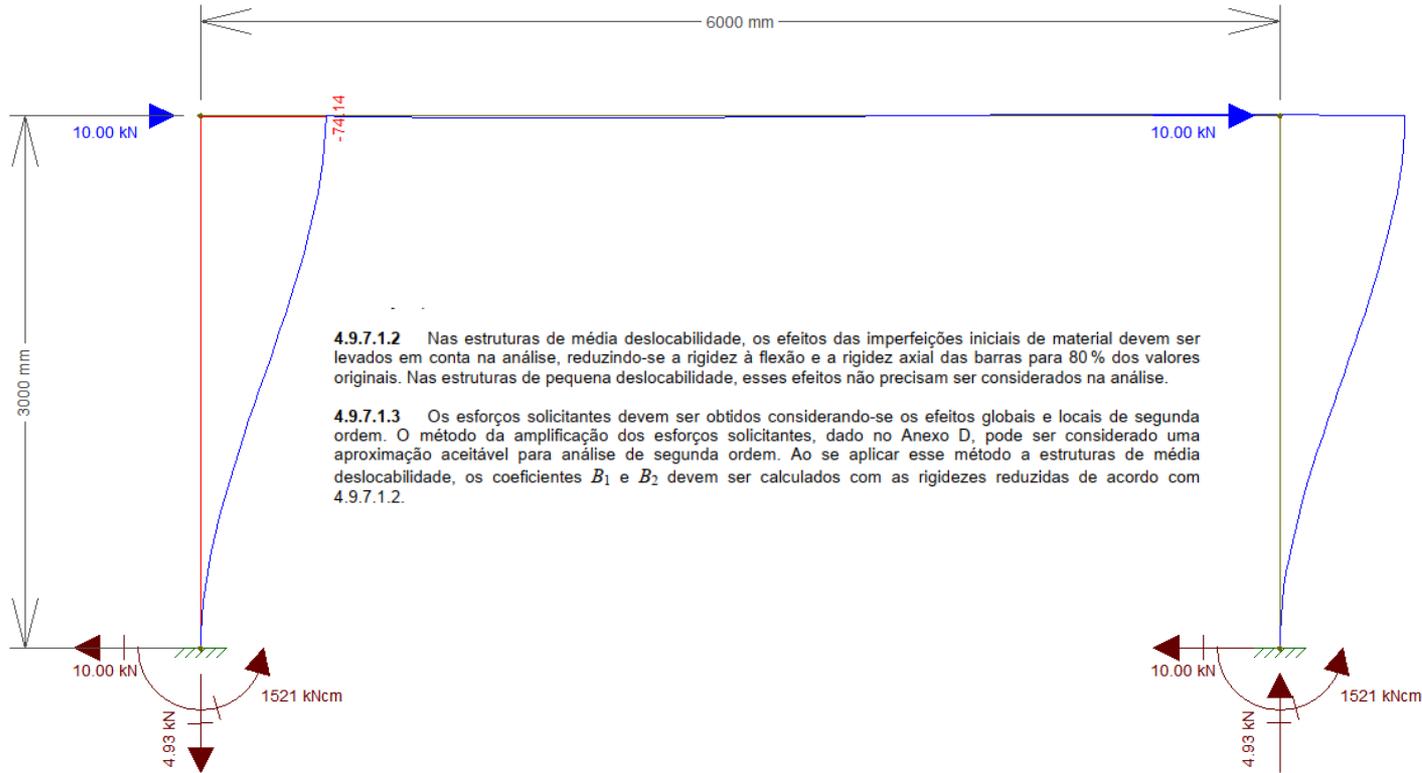
Estabilidade no eixo A



$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{Sd}}{\sum H_{Sd}}} \quad B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{0,85 \cdot 3000} \cdot \frac{2,98}{0,5 \cdot 349,08}} = 1,01$$

Pequena Deslocabilidade

Estabilidade no eixo 2 (6m)



4.9.7.1.2 Nas estruturas de média deslocabilidade, os efeitos das imperfeições iniciais de material devem ser levados em conta na análise, reduzindo-se a rigidez à flexão e a rigidez axial das barras para 80% dos valores originais. Nas estruturas de pequena deslocabilidade, esses efeitos não precisam ser considerados na análise.

4.9.7.1.3 Os esforços solicitantes devem ser obtidos considerando-se os efeitos globais e locais de segunda ordem. O método da amplificação dos esforços solicitantes, dado no Anexo D, pode ser considerado uma aproximação aceitável para análise de segunda ordem. Ao se aplicar esse método a estruturas de média deslocabilidade, os coeficientes B_1 e B_2 devem ser calculados com as rigidezes reduzidas de acordo com 4.9.7.1.2.

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{Sd}}{\sum H_{Sd}}} \quad B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{0,85 \cdot 3000} \cdot \frac{74,14}{2 \cdot 10} \cdot \frac{0,5 \cdot 349,08}{2 \cdot 10}} = 1,34$$

1,1 < B2 < 1,4 – Média deslocabilidade

Section Properties

Pilar

Gerdau-AcoMinas I-shapes (BR)

type: I shape

d: 310.00 mm

W310x28.3

d: 309.00 mm bf: 102.00 mm

tw: 6.00 mm tf: 8.90 mm

h: 291.00 mm d': 271.00 mm

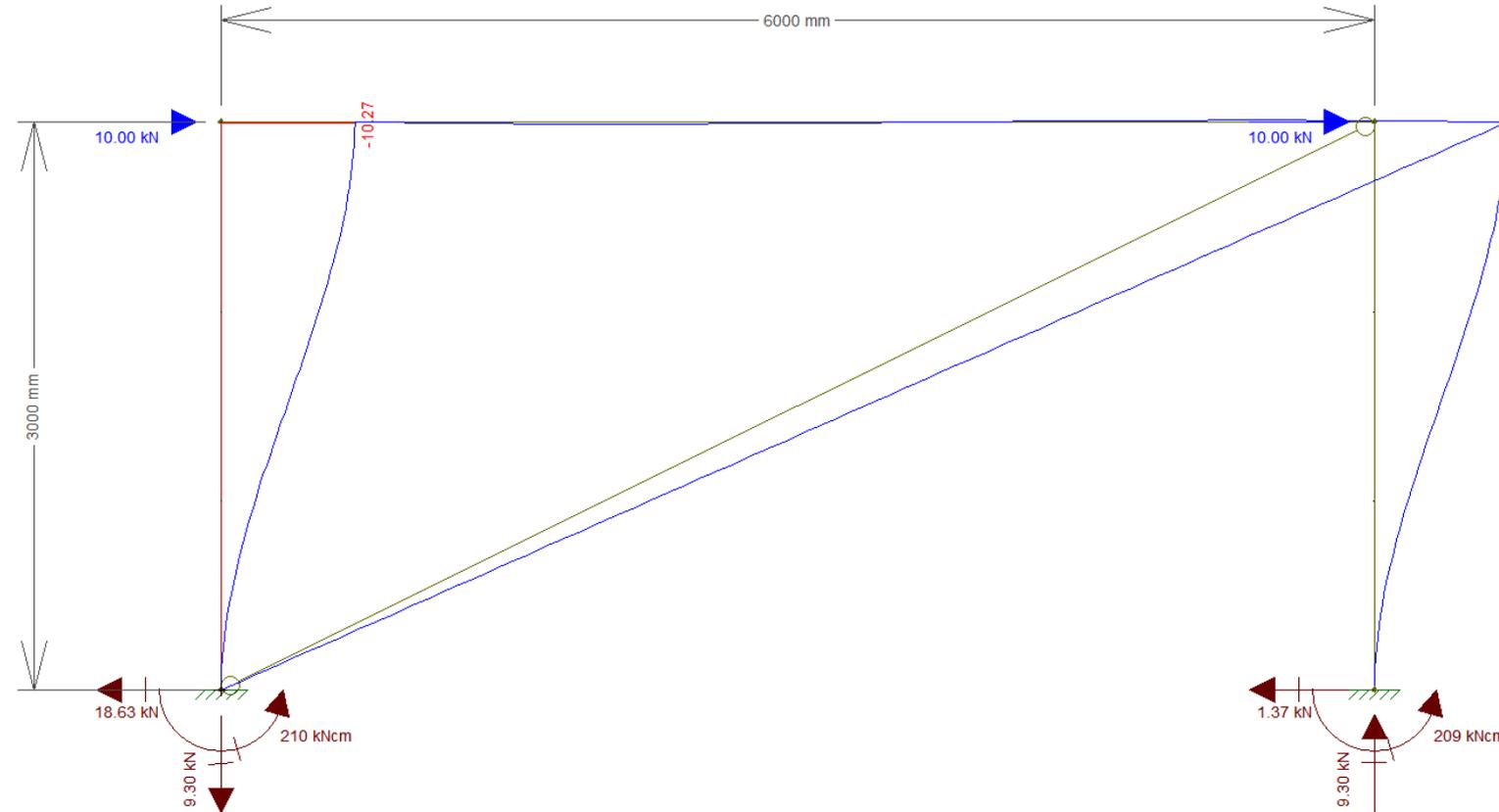
y: 51.00 mm

A: 36.50 cm²

As: 18.16 cm²

I: 158.00 cm⁴

Estabilidade no eixo 2 (6m)



Contrav

Circle

d: 9.52 mm

y: 4.76 mm

A: 0.71 cm²

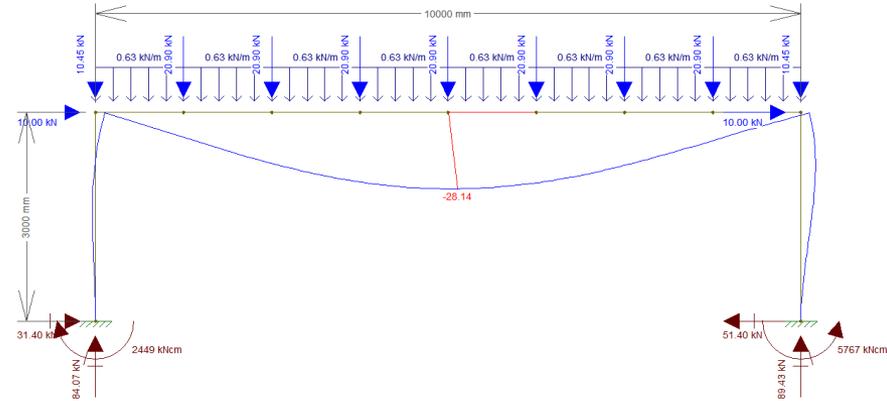
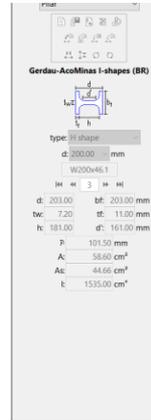
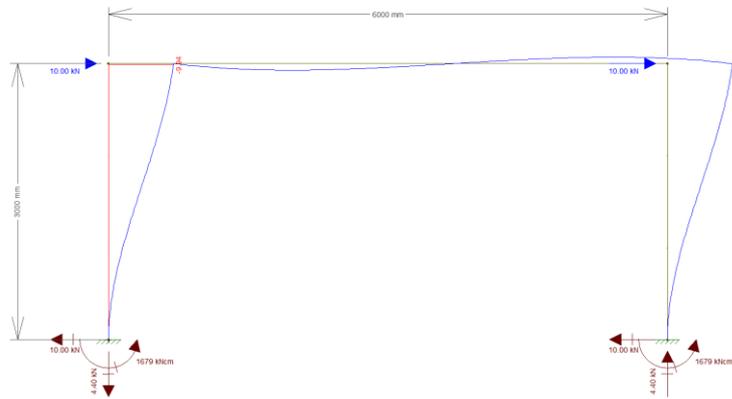
As: 0.36 cm²

I: 0.04 cm⁴

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{Sd}}{\sum H_{Sd}}} \quad B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{1,00 \cdot 3000} \cdot \frac{10,27}{2 \cdot 10} \cdot \frac{0,5 \cdot 349,08}}{2 \cdot 10}} = 1,03$$

Adicionando contraventamento apenas à tração, obtemos pequena deslocabilidade

Estabilidade no eixo 2



Obteríamos a mesma rigidez adotando um pilar W200X46,1 H, que seria o mais leve a ser aprovado nos dois planos

Seguiremos adiante com a opção do contraventamento

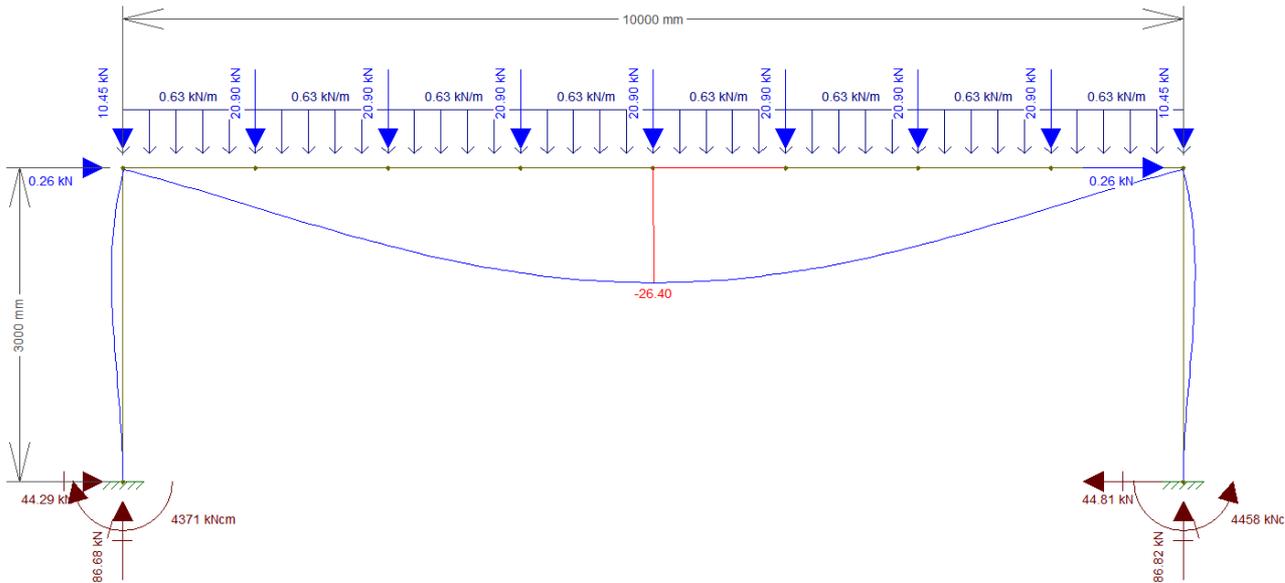
$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{Sd}}{\sum H_{Sd}}} \quad B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{0,85} \cdot \frac{9,94}{3000} \cdot \frac{0,5 \cdot 349,08}{2 \cdot 10}} = 1,03$$

Verificação ELS (Escada Descarregada)

Carga Horizontal Mínima:

$$0,3\% \times 349,08 = 1,043 \text{ kN}$$

Divididos igualmente entre 4 pilares: 0,26 kN



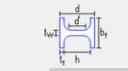
Displ./rotat. at local pos: x = 608 mm L = 1200 mm - Dx: 0.29 mm Dy: -7.21 mm Rz: 0.0 deg

Step: 0/mm

Section Properties

Pilar

Gerdauro-AcoMinas I-shapes (BR)



type: I-shape

d: 310.00 mm

W310x28.3

d: 309.00 mm

bf: 102.00 mm

tw: 6.00 mm

tf: 8.90 mm

hc: 291.00 mm

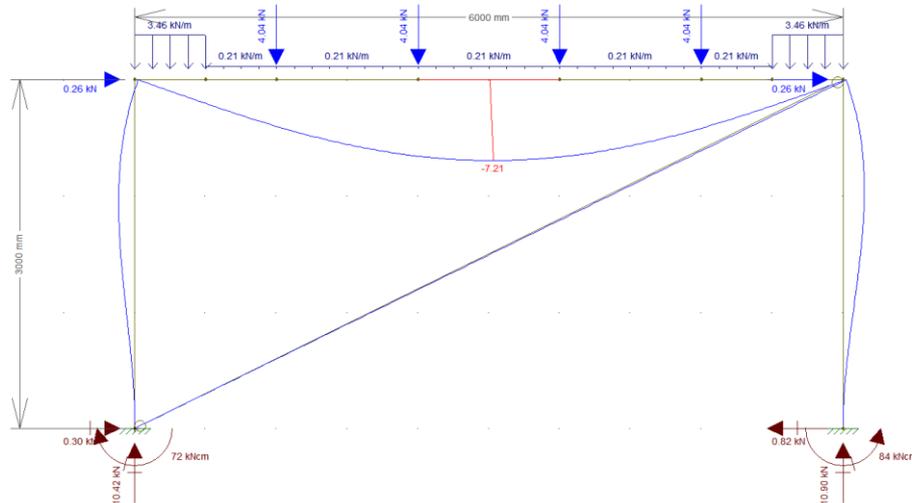
d: 271.00 mm

I: 51.00 mm⁴

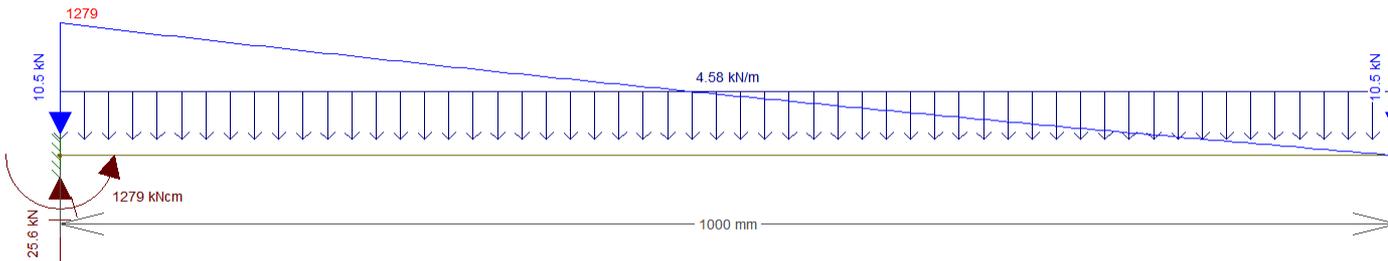
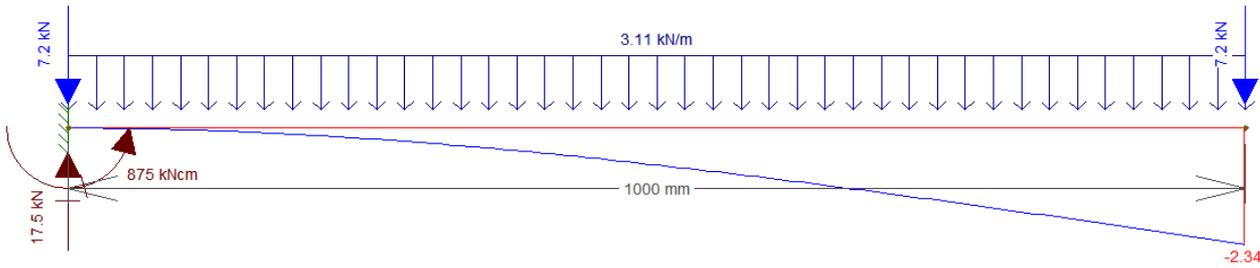
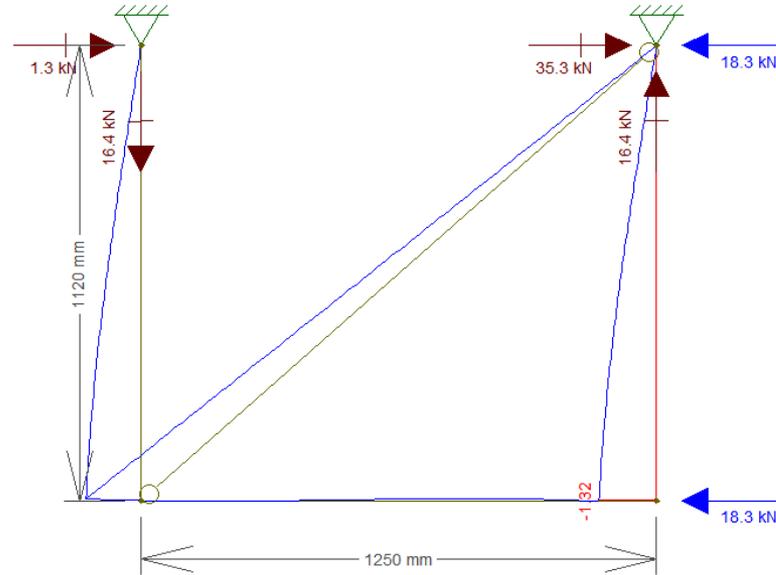
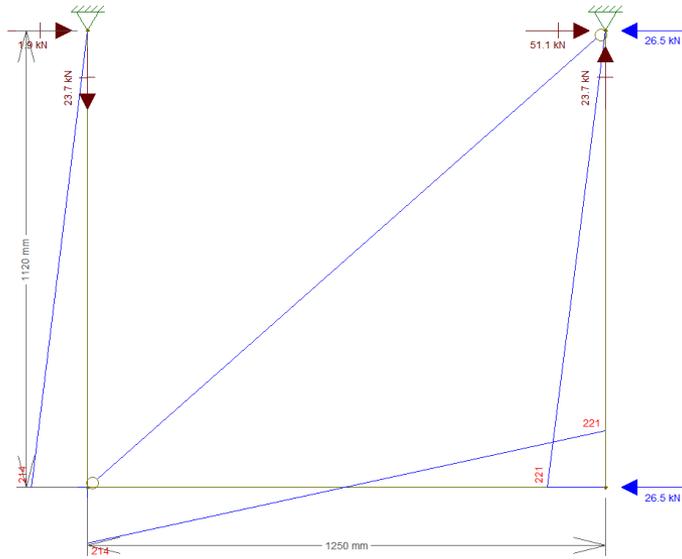
A: 36.50 cm²

Ac: 18.16 cm²

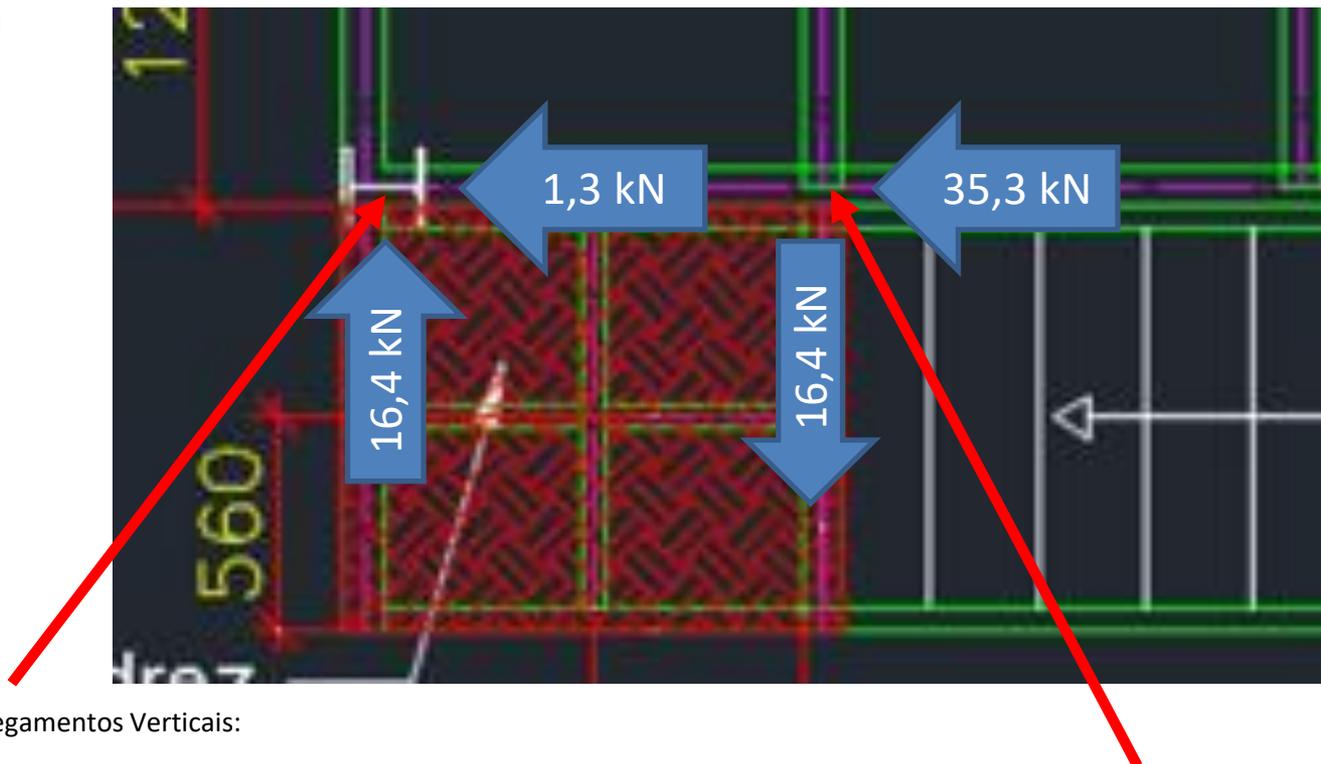
E: 158.00 cm⁴



Reações Escada



ELS



Carregamentos Verticais:

Permanentes

Peso Chapa Xadrez: $0,38 \text{ kN/m}^2 \times 0,55 = 0,209$

kN/m (x 1,25 = 0,261 kN/m)

Sobrecarga de Uso: $5 \text{ kN/m}^2 \times 0,55\text{m} = 2,75$

kN/m (x 1,5 = 4,13 kN/m)

Peso Próprio da Peça: Estimado 0,15 kN/m

(x 1,25 = 0,19 kN/m)

Carregamento ELS: $0,209 + 2,75 + 0,15 = 3,109$

kN/m – Reação = $3,109 \times 1,12 = \mathbf{3,48 \text{ kN}}$

Carregamento ELU: $0,261 + 4,13 + 0,19 = 4,581$

kN/m – Reação = $4,58 \times 1,12 = 5,12 \text{ kN}$

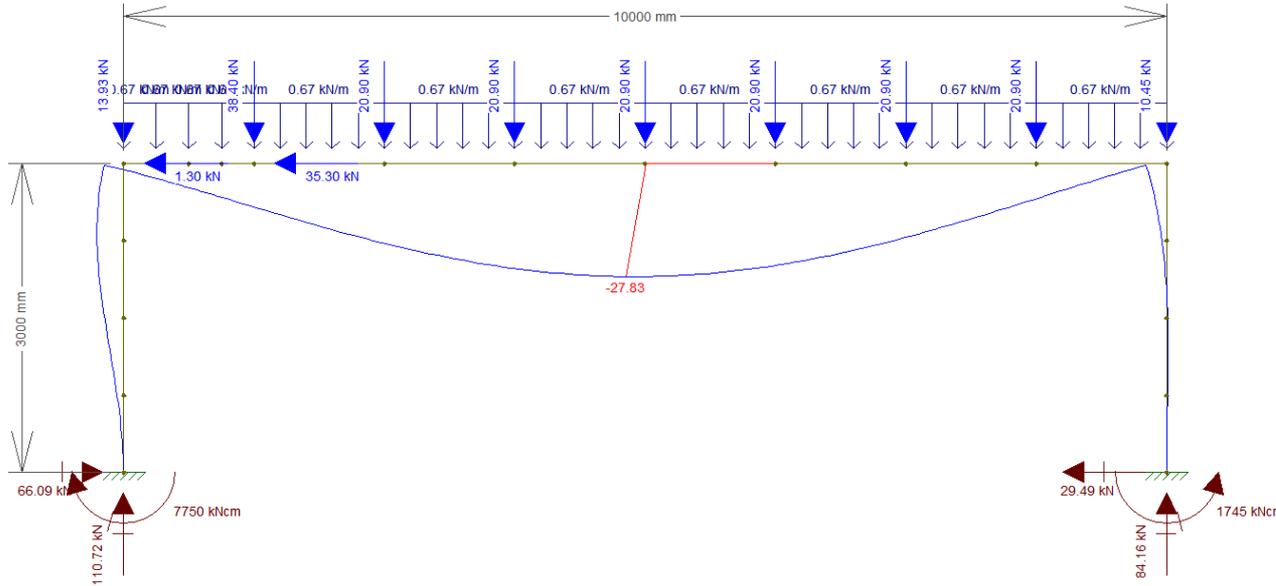
Carregamentos Verticais

Reação da V2: 20,9 kN

Reação da Escada: 17,5 kN

Reação Vertical Total = 38,4 kN

ELS



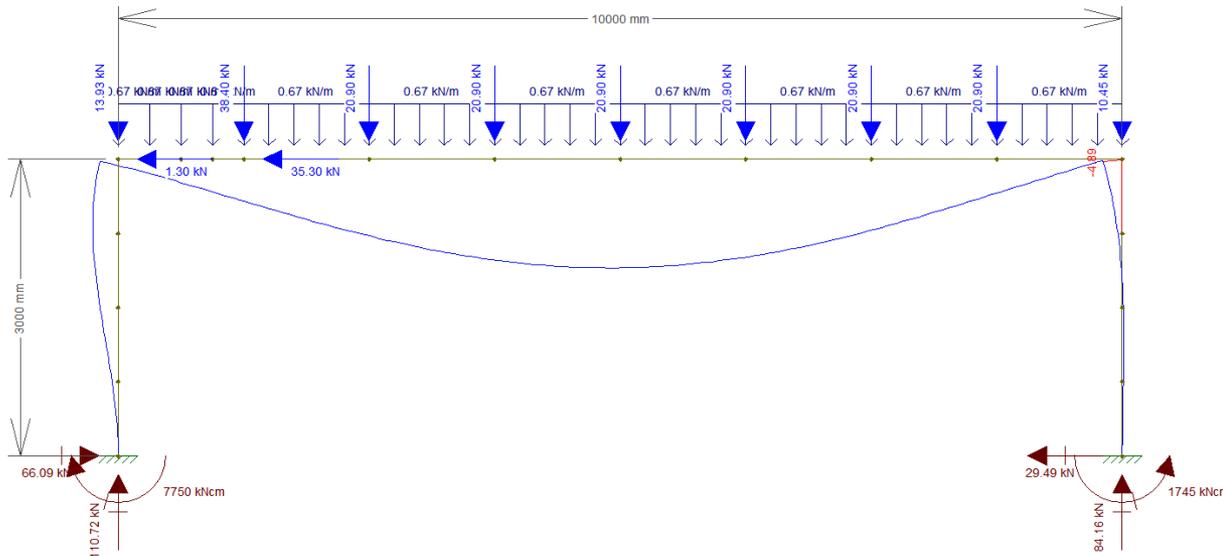
Viga: W460X52

Pilares: W310X28,3

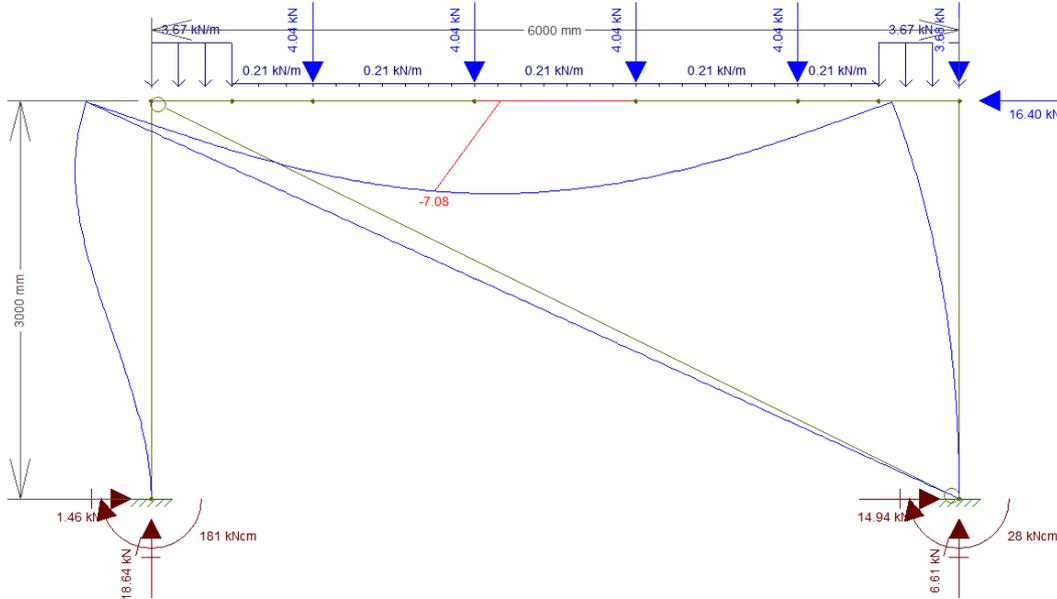
Deslocamentos Limites:

Viga 10m: $10000/350 = 28,6\text{mm}$ OK

Pilar H/300 = $3000/300 = 10\text{mm}$



ELS



Viga: W310X21

Pilares: W310X28,3

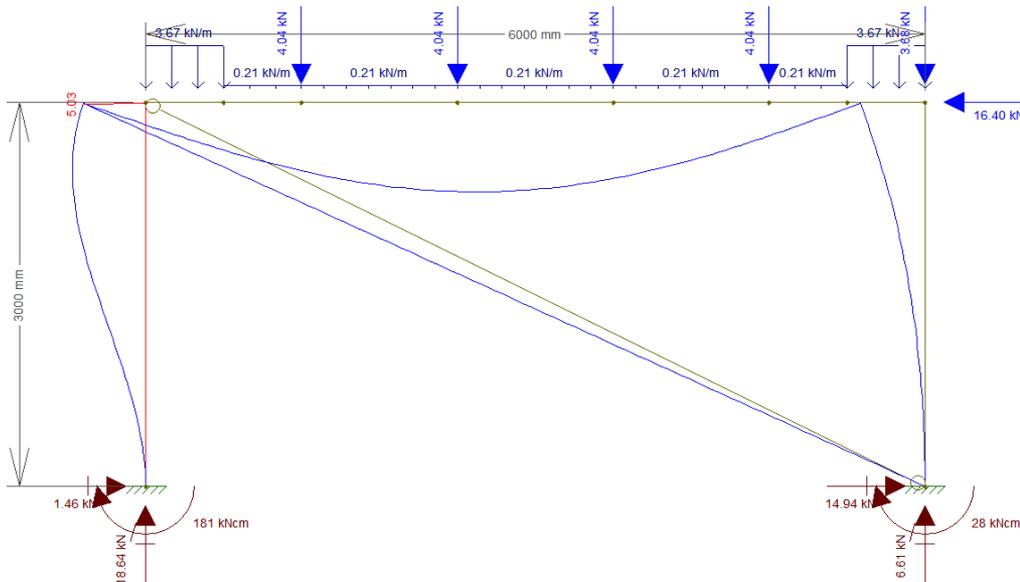
Deslocamentos Limites:

Viga 6m: $10000/350 = 17,14\text{mm OK}$

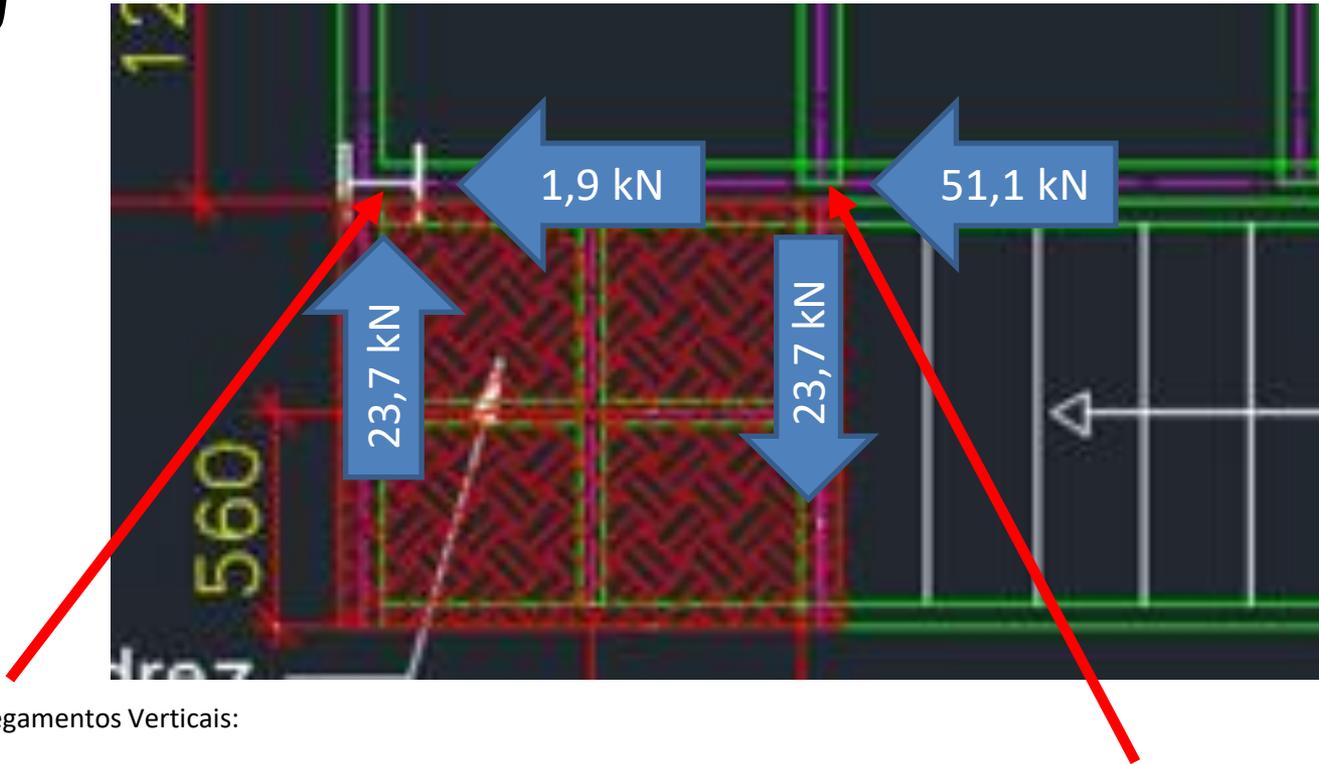
Pilar H/300 = $3000/300 = 10\text{mm}$

$$\Delta = \sqrt{4,89^2 + 5,03^2}$$

$$\Delta = 7,01\text{mm OK!}$$



ELU



Carregamentos Verticais:

Permanentes

Peso Chapa Xadrez: $0,38 \text{ kN/m}^2 \times 0,55 = 0,209$
 kN/m (x 1,25 = 0,261 kN/m)

Sobrecarga de Uso: $5 \text{ kN/m}^2 \times 0,55\text{m} = 2,75$
 kN/m (x 1,5 = 4,13 kN/m)

Peso Próprio da Peça: Estimado 0,15 kN/m
(x 1,25 = 0,19 kN/m)

Carregamento ELS: $0,209 + 2,75 + 0,15 = 3,109$
 kN/m – Reação = $3,109 \times 1,12 = 3,48 \text{ kN}$

Carregamento ELU: $0,261 + 4,13 + 0,19 = 4,581$
 kN/m – Reação = $4,58 \times 1,12 = 5,12 \text{ kN}$

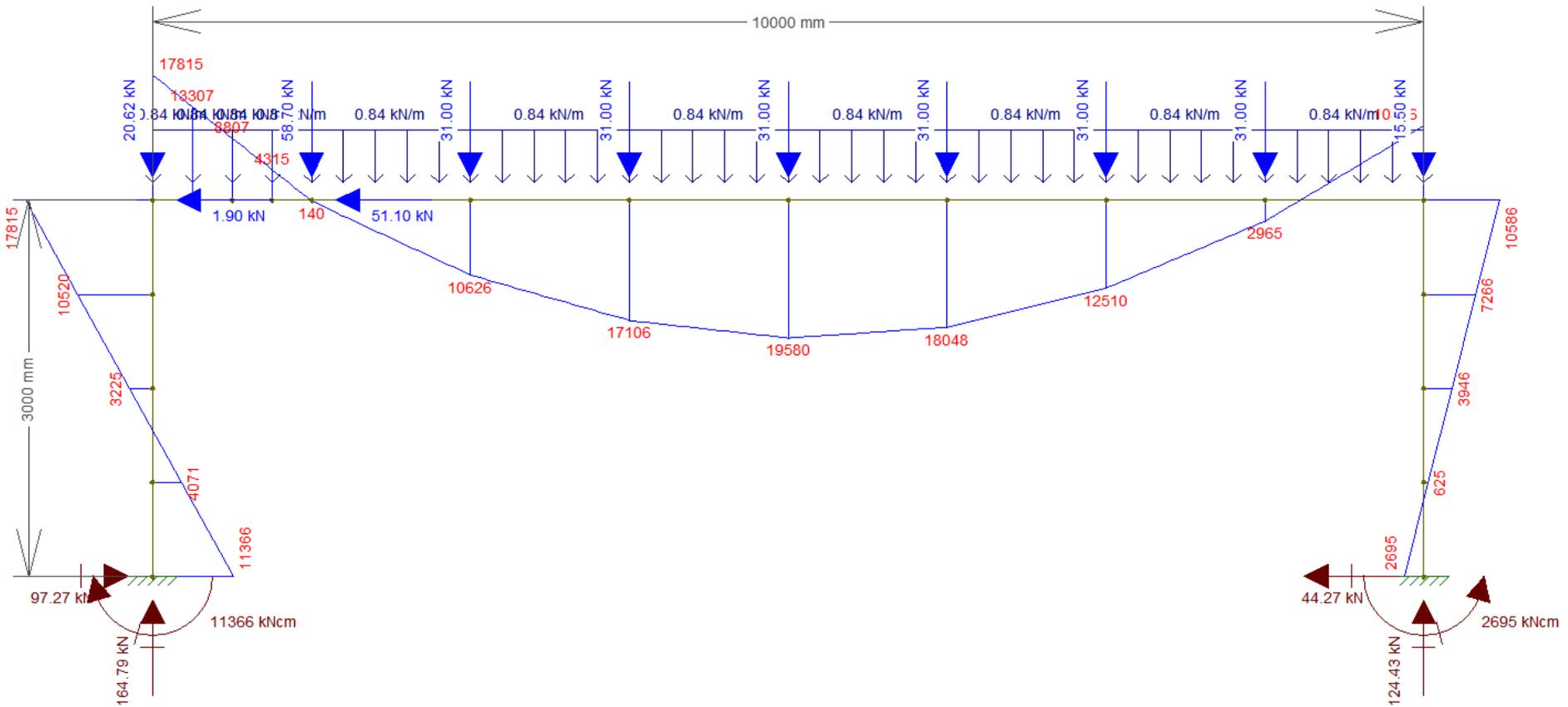
Carregamentos Verticais

Reação da V2: 33,1 kN

Reação da Escada: 25,6 kN

Reação Vertical Total = 58,7 kN

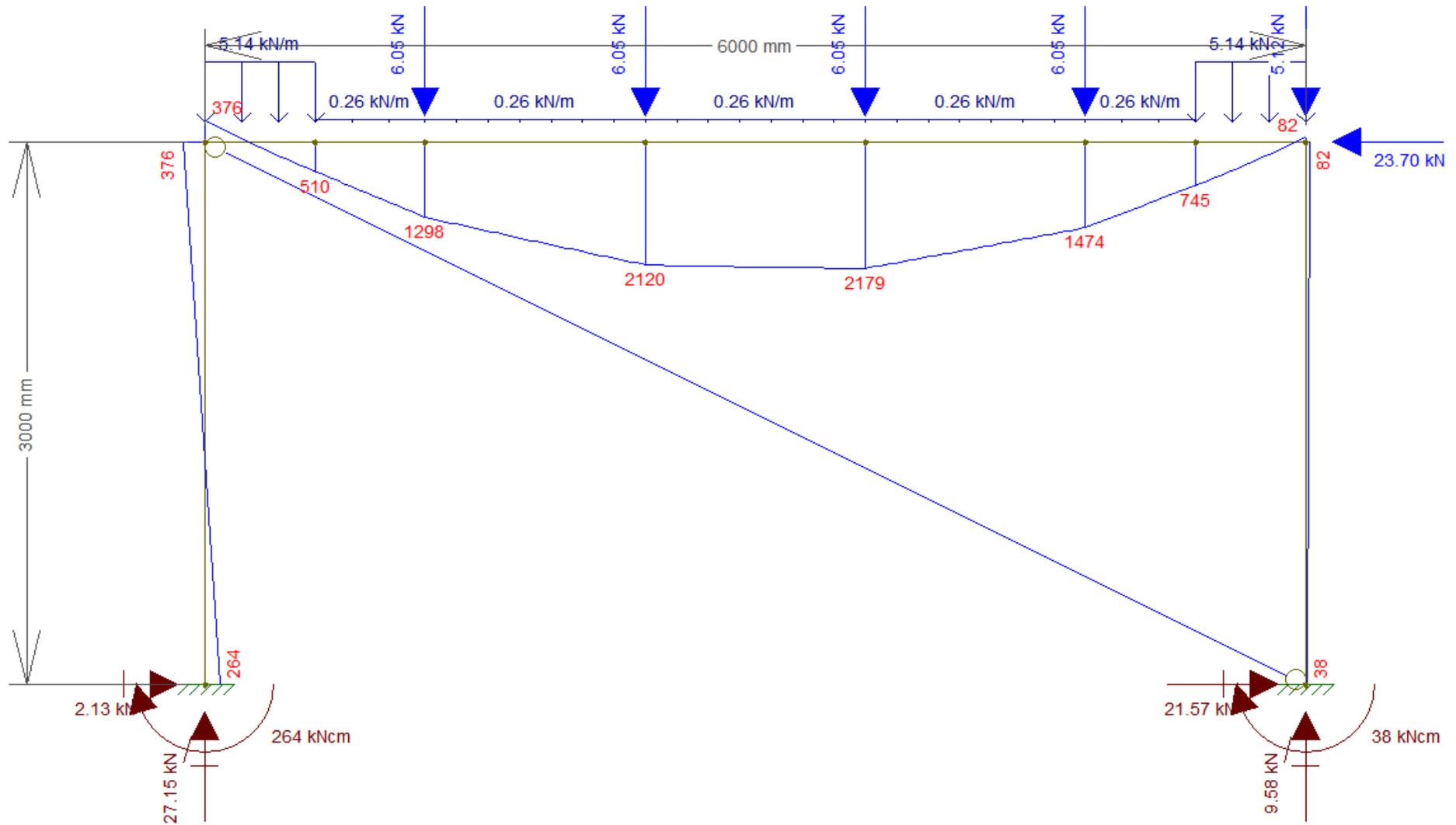
ELU – Momentos Fletores



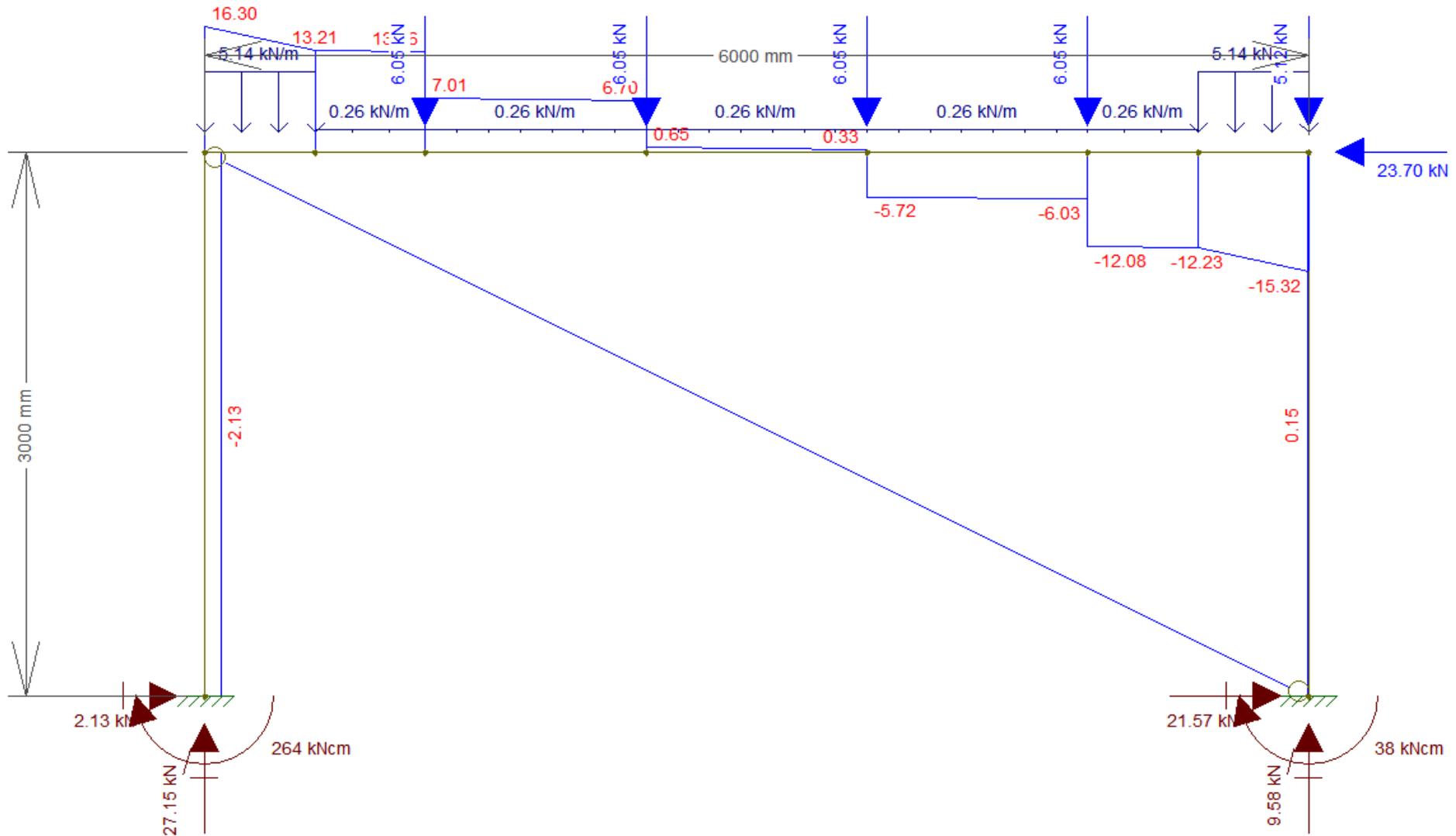
$$C_b = \frac{12,5 \cdot 17815}{2,5 \cdot 17815 + 3 \cdot 4071 + 4 \cdot 3225 + 3 \cdot 10520} = 2,20$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 10586}{2,5 \cdot 10586 + 3 \cdot 625 + 4 \cdot 3946 + 3 \cdot 7266} = 2,00$$

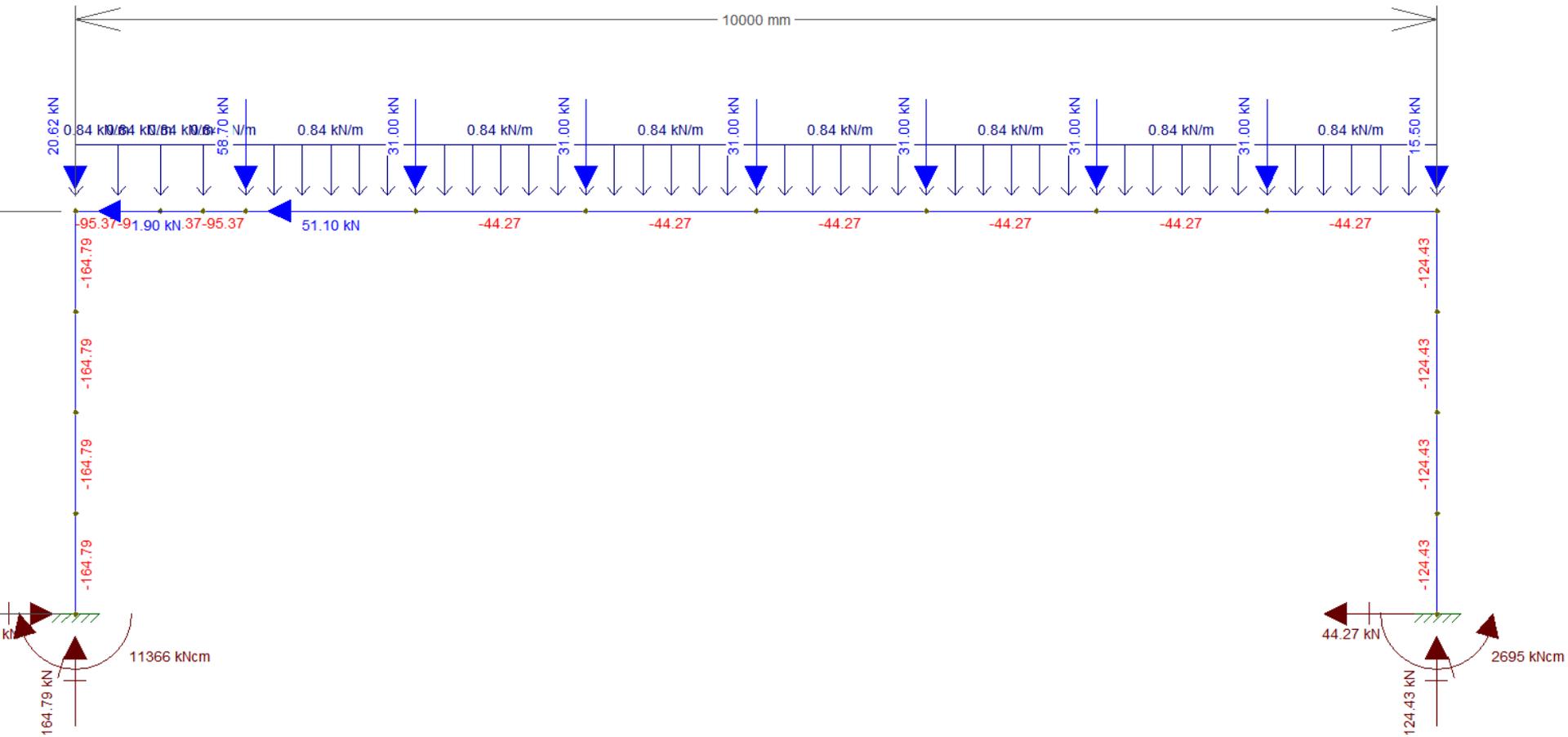
ELU – Momentos Fletores



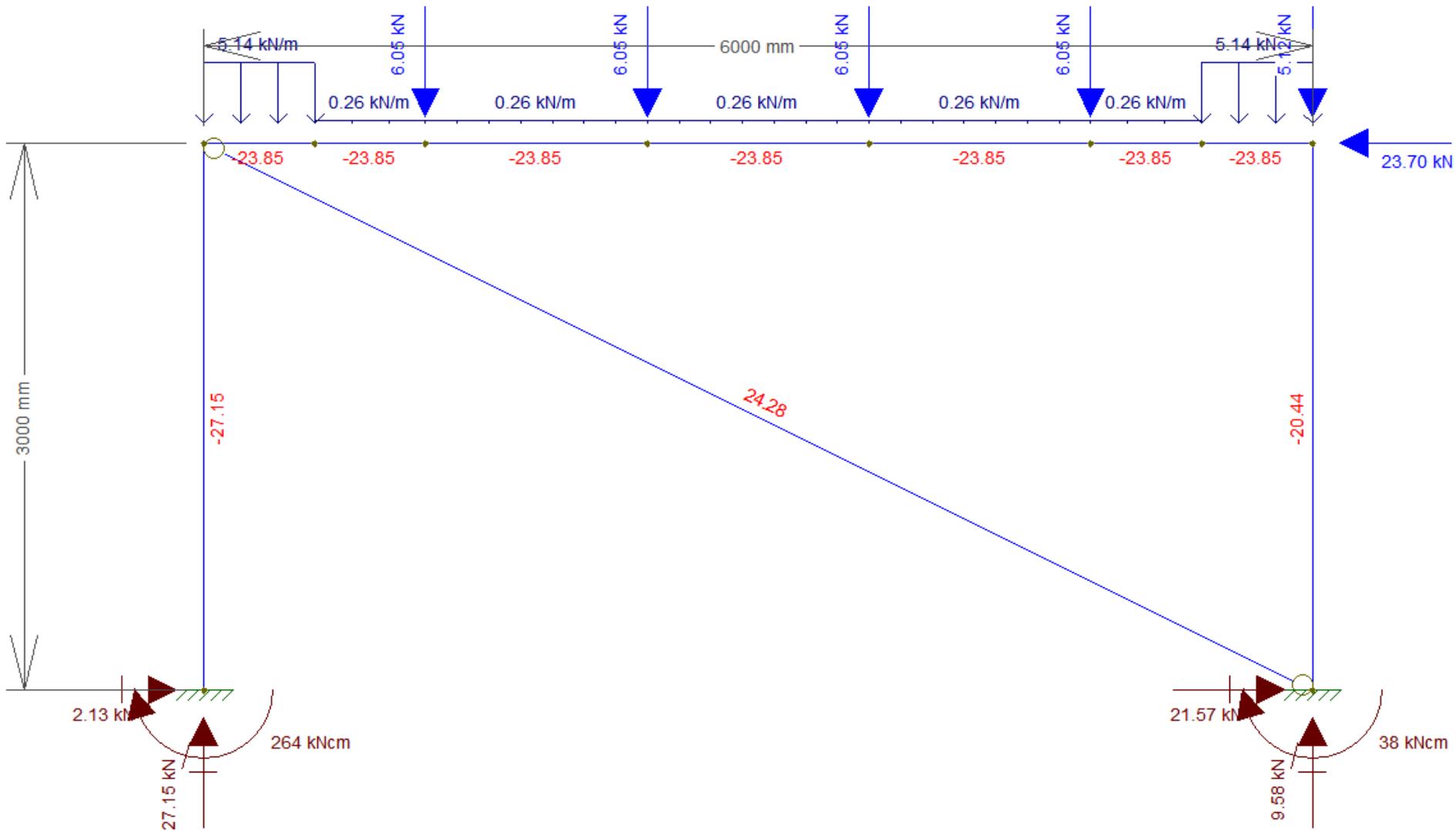
ELU – Esforços Cortantes



ELU – Esforços Axiais



ELU – Esforços Axiais



Dimensionamento de Perfis I e H Laminados Padrão Açominas

Listar Perfis que atendem

Resultado: 183,7%

W 310 x 28,3

d(mm)	309	Wx(cm ²)	356	rx(cm)	12,28
b(mm)	102	Wy(cm ²)	31	ry(cm)	2,08
d'(mm)	271	Zx(cm ³)	412	Área(cm ²)	36,5
tw(mm)	6	Zy(cm ³)	49,4	ho/tw	45,2
tf(mm)	8,9	Ix(cm ⁴)	5500	b/tf	5,7
h(mm)	291,2	Iy(cm ⁴)	158	Peso (kg/m)	28,3

Limite: 36,3 Esbelta
Limite: 13,7 25,1 Compacta

1. Verificação da Esbeltez do perfil

Limite	Real	Status	%	
300	17	OK	5,7%	λ_x
300	101	OK	33,7%	λ_y

2. Resistência à tração

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
1145	164,79	OK	14,4%	1,1

3. Resistência à Compressão

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
N.A	0	N.A	0,0%	1,1

Não há compressão solicitante

4. Resistência à Flexão eixo X-X

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
12922	17815	NOK	137,9%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
972	376	OK	38,7%	1,1

bef	22,9
ly	157,8
wef	23,2

6. Resistência ao esforço cortante eixo X

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
342	2,13	OK	0,6%	1,1

7. Resistência ao esforço cortante eixo Y

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
349	97,27	OK	27,9%	1,1

8. Resistência aos esforços Combinados

Nsd/Nrd 0,144

Combinação	Limite	Resultado	Cálculo
N, Mx, My	100%	NOK	183,7%

Esforços e Distâncias

Lx (mm)	3000		
Ly (mm)	3000		
N(kN)	164,79		
Vx(kN)	2,13		
Vy(kN)	97,27		
Mx(kN.cm)	17815		
My(kN.cm)	376		
kx	0,7		
ky	0,7	kz	1
d (mm)	0	Cb	2,20
Lb (mm)	3000		
Material		Ma	4071
ASTM A572GR50	Mb	3225	
Fy (kN/cm ²)	34,5	Mc	10520

Dados para Cálculo do Nrd

Q	0,93	r0(cm)	12,5
Nex(kN)	25233,5	Nez(kN)	917,66
Ney(kN)	724,9		
λ_0	1,27		
χ	0,508		

Esbeltez Limite FLX-X		Esbeltez Limite FLY-Y	
λ_{alma}	48,53	λ_{alma}	48,53
λ_p	91,65	λ_p	27,30
λ_r	138,94	λ_r	34,13
Mr	12282,00	Mr	800,73
Compacta		Esbelta	

Esbeltez Limite FLX-X		Esbeltez Limite FLY-Y	
λ_{mesa}	5,73	λ_{mesa}	5,73
λ_p	9,26	λ_p	9,26
λ_r	24,18	λ_r	24,18
Mr	8597,40	Mr	748,65
Compacta		Compacta	

Momento Plástica - Z, fy X-X		Momento Plástica - Z, fy Y-Y	
Mpl(kN.cm)	14214	Mpl(kN.cm)	1704

MRX-X		MRY-Y	
FLA	14214	FLA	1070
FLM	14214	FLM	1704

Perfil	Peso	%
W 360 x 44,0	44,00	89,50%
W 310 x 44,5	44,50	95,92%
W 410 x 46,1	46,10	84,51%
W 360 x 51,0	51,00	77,78%
W 310 x 52,0	52,00	81,10%
W 460 x 52,0	52,00	70,13%
W 410 x 53,0	53,00	68,34%
W 360 x 57,8	57,80	68,86%
W 200 x 59,0 (H)	59,00	94,07%
W 410 x 60,0	60,00	59,58%
W 460 x 60,0	60,00	58,92%
HP 250 x 62,0 (H)	62,00	84,05%
W 360 x 64,0	64,00	59,26%
W 530 x 66,0	66,00	51,14%
W 410 x 67,0	67,00	52,51%
W 460 x 68,0	68,00	50,79%
W 200 x 71,0 (H)	71,00	76,85%
W 360 x 72,0	72,00	52,76%
W 530 x 72,0	72,00	43,10%
W 250 x 73,0 (H)	73,00	63,22%
W 460 x 74,0	74,00	43,90%
W 530 x 74,0	74,00	43,79%
W 410 x 75,0	75,00	47,07%
HP 310 x 79,0 (H)	79,00	58,40%
W 360 x 79,0	79,00	48,87%
W 250 x 80,0 (H)	80,00	57,11%
W 460 x 82,0	82,00	39,59%
W 530 x 82,0	82,00	36,28%
HP 250 x 85,0 (H)	85,00	56,84%
W 410 x 85,0	85,00	41,24%
W 530 x 85,0	85,00	37,37%
W 200 x 86,0 (H)	86,00	62,74%
W 250 x 89,0 (H)	89,00	50,81%
W 460 x 89,0	89,00	35,93%
W 360 x 91,0 (H)	91,00	40,33%
W 530 x 92,0	92,00	31,57%
HP 310 x 93,0 (H)	93,00	46,05%
W 310 x 97,0 (H)	97,00	40,07%
W 460 x 97,0	97,00	33,16%
W 250 x 101,0 (H)	101,00	44,61%
W 360 x 101,0 (H)	101,00	34,70%
W 530 x 101,0	101,00	28,21%
W 610 x 101,0	101,00	26,08%
W 460 x 106,0	106,00	31,67%

Pilar esquerdo falha por FLT e na combinação de esforços

Dimensionamento de Perfis I e H Laminados Padrão Açominas

Listar Perfis que atendem

Resultado: 137,8%

W 310 x 28,3

d(mm)	309	$W_x(\text{cm}^2)$	356	$r_x(\text{cm})$	12,28		
b_f(mm)	102	$W_y(\text{cm}^2)$	31	$r_y(\text{cm})$	2,08		
d'(mm)	271	$Z_x(\text{cm}^3)$	412	Área(cm ²)	36,5		
tw(mm)	6	$Z_y(\text{cm}^3)$	49,4	ho/tw	45,2	Limite: 36,3	Esbelta
tf(mm)	8,9	$I_x(\text{cm}^4)$	5500	b/tf	5,7	Limite: 13,7	25,1 Compacta
h(mm)	291,2	$I_y(\text{cm}^4)$	158	Peso (kg/m)	28,3		

1. Verificação da Esbelteza do perfil

Limite	Real	Status	%	
200	17	OK	8,6%	λ_x
200	101	OK	50,5%	λ_y

2. Resistência à tração

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
N.A	0	N.A	0,0%	1,1

3. Resistência à Compressão

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
542	116,68	OK	21,5%	1,1

4. Resistência à Flexão eixo X-X

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
12922	10586	OK	81,9%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
972	376	OK	38,7%	1,1

6. Resistência ao esforço cortante eixo X

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
342	2,13	OK	0,6%	1,1

7. Resistência ao esforço cortante eixo Y

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
349	44,27	OK	12,7%	1,1

8. Resistência ao esforços Combinados

Nsd/Nrd 0,215

Combinação	Limite	Resultado	Cálculo
N.Mx.My	100%	NOK	137,8%

Perfil	Peso	%
W 360 x 32,9	32,90	95,37%
W 250 x 38,5	38,50	84,97%
W 310 x 38,7	38,70	73,65%
W 360 x 39,0	39,00	76,92%
W 200 x 41,7 (H)	41,70	86,84%
W 360 x 44,0	44,00	60,02%
W 310 x 44,5	44,50	63,32%
W 250 x 44,8	44,80	71,92%
W 200 x 46,1 (H)	46,10	77,23%
W 410 x 46,1	46,10	59,17%
W 360 x 51,0	51,00	51,96%
W 200 x 52,0 (H)	52,00	66,79%
W 310 x 52,0	52,00	53,35%
W 460 x 52,0	52,00	49,56%
HP 200 x 53,0 (H)	53,00	69,38%
W 410 x 53,0	53,00	46,37%
W 360 x 57,8	57,80	45,86%
W 200 x 59,0 (H)	59,00	58,31%
W 410 x 60,0	60,00	40,24%
W 460 x 60,0	60,00	41,30%
HP 250 x 62,0 (H)	62,00	52,19%
W 360 x 64,0	64,00	38,68%
W 530 x 66,0	66,00	36,66%
W 410 x 67,0	67,00	35,35%
W 460 x 68,0	68,00	35,40%
W 200 x 71,0 (H)	71,00	47,58%
W 360 x 72,0	72,00	34,39%
W 530 x 72,0	72,00	29,84%
W 250 x 73,0 (H)	73,00	39,23%
W 460 x 74,0	74,00	29,80%
W 530 x 74,0	74,00	31,72%
W 410 x 75,0	75,00	31,59%
HP 310 x 79,0 (H)	79,00	36,35%
W 360 x 79,0	79,00	32,40%
W 250 x 80,0 (H)	80,00	35,43%
W 460 x 82,0	82,00	26,79%
W 530 x 82,0	82,00	24,95%
HP 250 x 85,0 (H)	85,00	35,60%
W 410 x 85,0	85,00	27,61%
W 530 x 85,0	85,00	30,70%
W 200 x 86,0 (H)	86,00	38,83%
W 250 x 89,0 (H)	89,00	31,51%
W 460 x 89,0	89,00	24,53%
W 360 x 91,0 (H)	91,00	26,17%

Esforço e Distância			
Lx (mm)	3000		
Ly (mm)	3000		
N(kN)	-116,68		
Vx(kN)	2,13		
Vy(kN)	44,27		
Mx(kN.cm)	10586		
My(kN.cm)	376		
kx	0,7		
ky	0,7		
kz	1		
d (mm)	0		
Cb	2,01		
Lb (mm)	3000		
Material			
Ma	625		
ASTMA572GR50	Mb	3946	
Fy (kN/cm ²)	34,5	Mc	7266

Dados para Cálculo do Nrd			
Q	0,93		
Nex(kN)	25233,5	r0(cm)	12,5
Ney(kN)	724,9	Nez(kN)	917,66
λ_0	1,27		
χ	0,508		

Esbeltaza Limite FLA X-X		Esbeltaza Limite FLA Y-Y	
λ_{alma}	48,53	λ_{alma}	48,53
λ_p	91,65	λ_p	27,30
λ_r	138,94	λ_r	34,13
M_r	12282,00	M_r	800,73
Compacta		Esbelta	

Esbeltaza Limite FLM X-X		Esbeltaza Limite FLM Y-Y	
λ_{mesa}	5,73	λ_{mesa}	5,73
λ_p	9,26	λ_p	9,26
λ_r	24,18	λ_r	24,18
M_r	8537,40	M_r	748,65
Compacta		Compacta	

Momento Plástico - Zfy X-X		Momento Plástico - Zfy Y-Y	
$M_p(kN.cm)$	14214	$M_p(kN.cm)$	1704

MR X-X		MR Y-Y	
FLA	14214	FLA	1070
FLM	14214	FLM	1704

Pilar Direito Falha na combinação de esforços

Dimensionamento de Perfis I e H Laminados Padrão Açominas

Listar Perfis que atendem

Esforços e Distâncias	
Lx (mm)	10000
Ly (mm)	1250
N(kN)	-116,68
Vx(kN)	27,3
Vy(kN)	144,32
Mx(kN.cm)	19580
My(kN.cm)	0
kx	1
ky	1
kz	1
d (mm)	0
Lb (mm)	1250
Material	
Ma	19580
ASTM A572GR50	19580
MB	19580
Fy (kN/cm²)	34,5
Mc	19580

Dados para Cálculo de Nrd			
Q	0,88		
Nex(kN)	4323,7	r0(cm)	18,2
Ney(kN)	8209,6	Nez(kN)	12458,04
λ0	0,68		
χ	0,822		
Esbeltez Limite FLA X-X		Esbeltez Limite FLA Y-Y	
λalma	56,37	λalma	56,37
λp	91,65	λp	27,30
λc	128,04	λc	34,12

Resultado: 60,8%

W 460 x 52,0					
d(mm)	450	Wx(cm²)	949,8	rx(cm)	17,91
bf(mm)	152	Wy(cm²)	83,5	ry(cm)	3,09
d'(mm)	404	Zx(cm³)	1095,9	Área(cm²)	66,6
tw(mm)	7,6	Zy(cm³)	131,7	ho/tw	53,2
tf(mm)	10,8	Ix(cm4)	21370	b/tf	7,0
h(mm)	428,4	Iy(cm4)	634	Peso (kg/m)	52,0

Limite: 36,3 Esbelta
Limite: 13,7 25,1 Compacta

1. Verificação da Esbeltez do perfil

Limite	Real	Status	%	
200	56	OK	27,9%	λx
200	40	OK	20,2%	λy

2. Resistência à tração

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
N.A	0	N.A	0,0%	1,1

3. Resistência à Compressão

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
1514	116,68	OK	7,7%	1,1

4. Resistência à Flexão eixo X-X

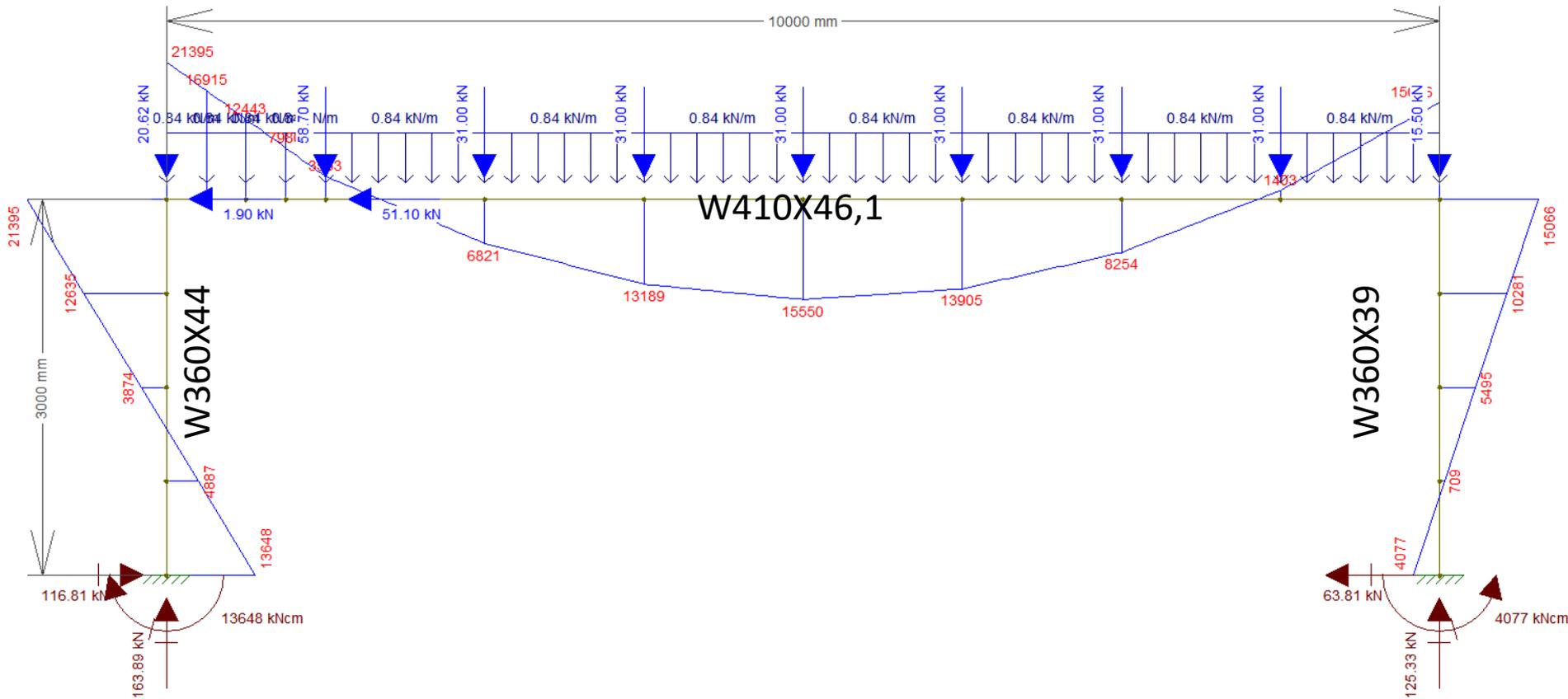
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
34371	19580	OK	57,0%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S	bef	
2619	0	N.A	0,0%	1,1	ly	633,2
					Wef	62,5

Perfil	Peso	%
W 410 x 38,8	38,80	93,41%
W 360 x 44,0	44,00	84,28%
W 310 x 44,5	44,50	92,56%
W 410 x 46,1	46,10	74,50%
W 360 x 51,0	51,00	73,49%
W 310 x 52,0	52,00	78,25%
W 460 x 52,0	52,00	60,82%
W 410 x 53,0	53,00	63,07%
W 360 x 57,8	57,80	65,10%
W 410 x 60,0	60,00	55,25%
W 460 x 60,0	60,00	51,59%
HP 250 x 62,0 (H)	62,00	89,15%
W 360 x 64,0	64,00	57,67%
W 530 x 66,0	66,00	43,05%
W 410 x 67,0	67,00	48,64%
W 460 x 68,0	68,00	44,50%
W 200 x 71,0 (H)	71,00	82,50%
W 360 x 72,0	72,00	51,36%
W 530 x 72,0	72,00	38,44%
W 250 x 73,0 (H)	73,00	67,10%
W 460 x 74,0	74,00	40,18%
W 530 x 74,0	74,00	37,12%
W 410 x 75,0	75,00	43,61%
HP 310 x 79,0 (H)	79,00	61,17%
W 360 x 79,0	79,00	45,97%
W 250 x 80,0 (H)	80,00	60,60%
W 460 x 82,0	82,00	36,23%
W 530 x 82,0	82,00	32,80%

Viga aprovada em todas as verificações



Após cada tentativa, deve-se atualizar os esforços e o C_b para proceder com a verificação. O processo é iterativo

A configuração acima foi obtida após algumas tentativas e não é a única possível

Dimensionamento de Perfis I e H Laminados Padrão Açominas

Esforços e Distâncias

Lx (mm)	3000	
Ly (mm)	3000	
N(kN)	-125,33	
Vx(kN)	2,13	
Vy(kN)	116,81	
Mx(kN.cm)	15066	
My(kN.cm)	374	
kx	0,7	
ky	0,7	
kz	1	
d (mm)	0	
Lb (mm)	3000	
Material	Ma	709
ASTM A572GR50	Mb	5495
Fy (kN/cm²)	Mc	10281

Dados para Cálculo de Nrd			
Q	0,93	r0(cm)	14,6
Nex(kN)	47397,7	Nez(kN)	1725,46
Ney(kN)	1720,5		
λ0	0,97		
χ	0,677		
Esbellez Limite FLA X-X		Esbellez Limite FLA Y-Y	
λalma	51,02	λalma	51,02
λp	91,65	λp	27,30

Resultado: **98,6%**

W 360 x 39,0					
d(mm)	353	Wx(cm²)	585,3	rx(cm)	14,35
bf(mm)	128	Wy(cm²)	58,6	ry(cm)	2,73
d'(mm)	308	Zx(cm³)	667,7	Área(cm²)	50,2
tw(mm)	6,5	Zy(cm³)	91,9	ho/tw	47,4
tf(mm)	10,7	Ix(cm4)	10331	b/tf	6,0
h(mm)	331,6	Iy(cm4)	375	Peso (kg/m)	39,0

Limite: 36,3 Esbelta
Limite: 13,7 25,1 Compacta

1. Verificação da Esbeltez do perfil

Limite	Real	Status	%	
200	15	OK	7,3%	λx
200	77	OK	38,5%	λy

2. Resistência à tração

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
N.A	0	N.A	0,0%	1,1

3. Resistência à Compressão

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
987	125,33	OK	12,7%	1,1

4. Resistência à Flexão eixo X-X

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
20942	15066	OK	71,9%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S	bef	25,1
1838	374	OK	20,3%	1,1	ly	374,6
					Wef	43,9

Listar Perfis que atendem

Perfil	Peso	%
W 410 x 38,8	38,80	93,41%
W 360 x 44,0	44,00	84,28%
W 310 x 44,5	44,50	92,56%
W 410 x 46,1	46,10	74,50%
W 360 x 51,0	51,00	73,49%
W 310 x 52,0	52,00	78,25%
W 460 x 52,0	52,00	60,82%
W 410 x 53,0	53,00	63,07%
W 360 x 57,8	57,80	65,10%
W 410 x 60,0	60,00	55,25%
W 460 x 60,0	60,00	51,59%
HP 250 x 62,0 (H)	62,00	89,15%
W 360 x 64,0	64,00	57,67%
W 530 x 66,0	66,00	43,05%
W 410 x 67,0	67,00	48,64%
W 460 x 68,0	68,00	44,50%
W 200 x 71,0 (H)	71,00	82,50%
W 360 x 72,0	72,00	51,36%
W 530 x 72,0	72,00	38,44%
W 250 x 73,0 (H)	73,00	67,10%
W 460 x 74,0	74,00	40,18%
W 530 x 74,0	74,00	37,12%
W 410 x 75,0	75,00	43,61%
HP 310 x 79,0 (H)	79,00	61,17%
W 360 x 79,0	79,00	45,97%
W 250 x 80,0 (H)	80,00	60,60%
W 460 x 82,0	82,00	36,23%

Pilar Direito (Poderíamos baixar, reduzindo My ao aumentar o contraventamento)

Dimensionamento de Perfis I e H Laminados Padrão Açominas

Listar Perfis que atendem

Esforços e Distâncias

Lx (mm)	10000
Ly (mm)	1250
N(kN)	-114,91
Vx(kN)	27,3
Vy(kN)	143,27
Mx(kN.cm)	21395
My(kN.cm)	0
kx	1
ky	1
kz	1
d (mm)	0
Cb	1,50
Lb (mm)	1250

Material	Ma	7980	
ASTM A572GR50	Mb	12443	
Fy (kN/cm²)	34,5	Mc	16915

Dados para Cálculo de Nrd			
Q	0,90		
Nex(kN)	3174,5	r0(cm)	16,5
Ney(kN)	6655,7	Nez(kN)	9874,51
λ0	0,76		
χ	0,784		

Esbeltez Limite FLA X-X		Esbeltez Limite FLA Y-Y	
λalma	54,37	λalma	54,37
λp	91,65	λp	27,30

Resultado: **80,9%**

W 410 x 46,1					
d(mm)	403	Wx(cm²)	778,7	rx(cm)	16,27
bf(mm)	140	Wy(cm²)	73,4	ry(cm)	2,95
d'(mm)	357	Zx(cm³)	891,1	Área(cm²)	59,2
tw(mm)	7	Zy(cm³)	115,2	ho/tw	51,0
tf(mm)	11,2	Ix(cm4)	15690	b/tf	6,3
h(mm)	380,6	Iy(cm4)	514	Peso (kg/m)	46,1

Limite: 36,3 Esbelta
Limite: 13,7 25,1 Compacta

1. Verificação da Esbeltez do perfil

Limite	Real	Status	%	
200	61	OK	30,7%	λx
200	42	OK	21,2%	λy

2. Resistência à tração

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
N.A	0	N.A	0,0%	1,1

3. Resistência à Compressão

Nrd(kN)	Nsd(kN)	Status	%	Coef. S
1314	114,91	OK	8,7%	1,1

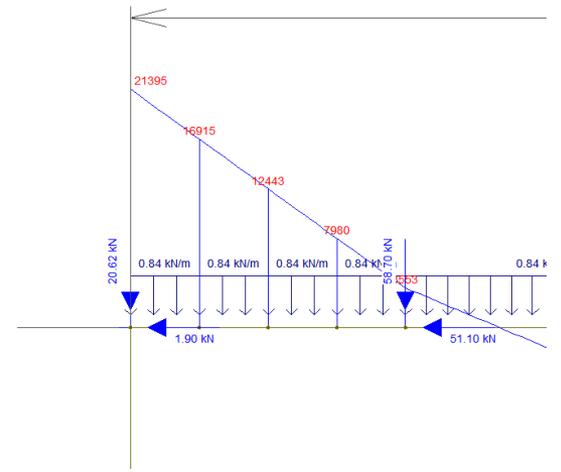
4. Resistência à Flexão eixo X-X

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
27948	21395	OK	76,6%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

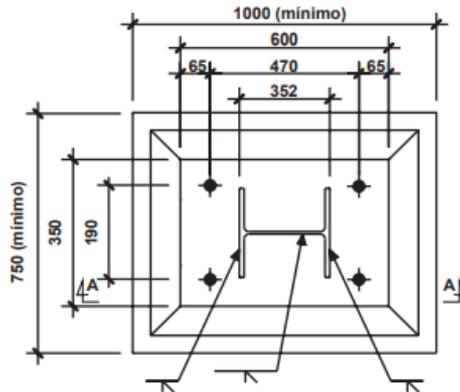
Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S	bef	27,4
2302	0	N.A	0,0%	1,1	ly	513,0
					Wef	55,0

Perfil	Peso	%
W 410 x 38,8	38,80	93,41%
W 360 x 44,0	44,00	84,28%
W 310 x 44,5	44,50	92,56%
W 410 x 46,1	46,10	74,50%
W 360 x 51,0	51,00	73,49%
W 310 x 52,0	52,00	78,25%
W 460 x 52,0	52,00	60,82%
W 410 x 53,0	53,00	63,07%
W 360 x 57,8	57,80	65,10%
W 410 x 60,0	60,00	55,25%



Placa de Base

PERFIS: W 360 x 44,6



PLACA DE BASE: ASTM A36

CHUMBADORES: ASTM A36

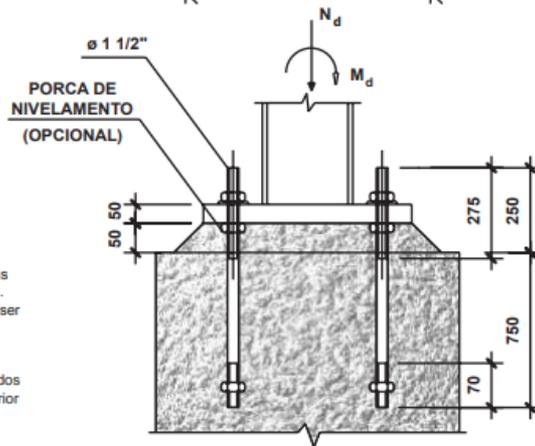
SOLDAS: ELETRODO E70XX

Verificar a necessidade de pré-aquecimento para soldagem no caso de soldas de filete.

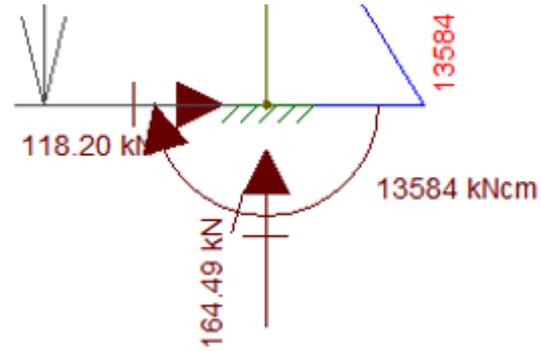
CONCRETO: $f_{ck} \geq 20$ Mpa

NOTAS:

- 1 - Dimensões em mm.
- 2 - Os valores tabelados são referentes às resistências de cálculo das ligações, conforme NBR 8800:2008.
- 3 - Almas ou mesas com espessuras ≥ 16 mm podem ser soldadas com solda K (—K—).
- 4 - Soldas de filete podem ser substituídas por soldas de penetração total.
- 5 - Para valores intermediários de N_d , adotar o menor dos valores de M_{dmax} correspondentes aos valores anterior e posterior de N_d , tabelados.



CORTE A-A



Lista Mezanino

Peça	Perfil	Material	Qtd	Unid	Peso Unit	Total
V1	L76,2X4,76	A36	40	m	5,52	220,8
V2	W310X21	ASTM A572GR50	54	m	21	1134
P1	W360X44	ASTM A572GR50	3	m	44	132
V3	W410X46,1	ASTM A572GR50	20	m	46,1	922
P2	W360X39	ASTM A572GR50	9	m	39	351
C1	B.Red. Diam 1,27mm	A36	27	m	1	27
Chapa Ligação	115X230X6,35	A36	18	PC	1,32	23,76
Chapa Base	600X350X50	A36	4	PC	82,42	329,68
TOTAL						3140,24
					Peso /m ²	52,34

N_d (kN)	M_{dmax} (kNm)	N_d (kN)	M_{dmax} (kNm)	N_d (kN)	M_{dmax} (kNm)
1211	174,9	787	174,7	363	274,4
1150	176,2	727	188,8	303	266,5
1090	176,4	666	203,1	242	254,3
1029	175,6	606	217,2	182	242,4
969	173,7	545	231,5	121	230,2
908	170,8	485	245,5	61	218,2
848	166,9	424	260,0	0	206,0