

Projeto de Mezaninos e Escadas

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Tipos usuais de piso para mezaninos

Painel Wall



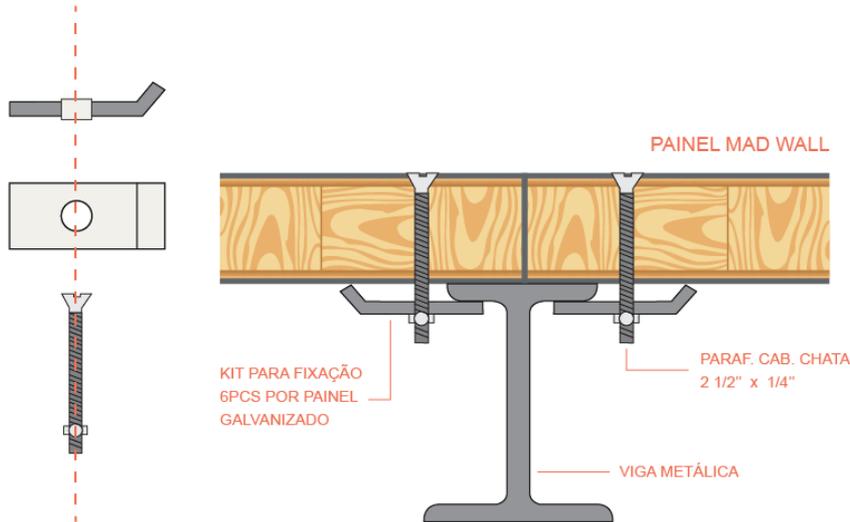
Medida mais comuns: 1200X2500X40mm

Sobrecarga para 300kgf/m² e 500kgf/m²

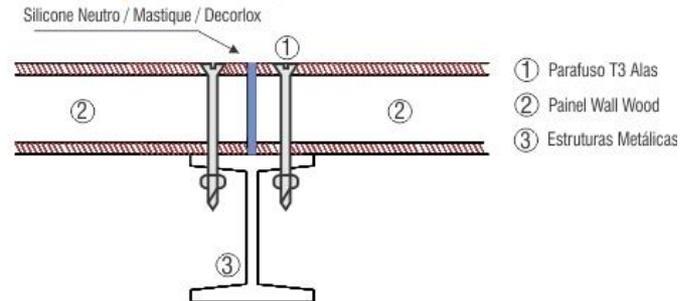
Tipos usuais de piso para mezaninos

Painel Wall - Fixação

(KIT DE FIXAÇÃO)

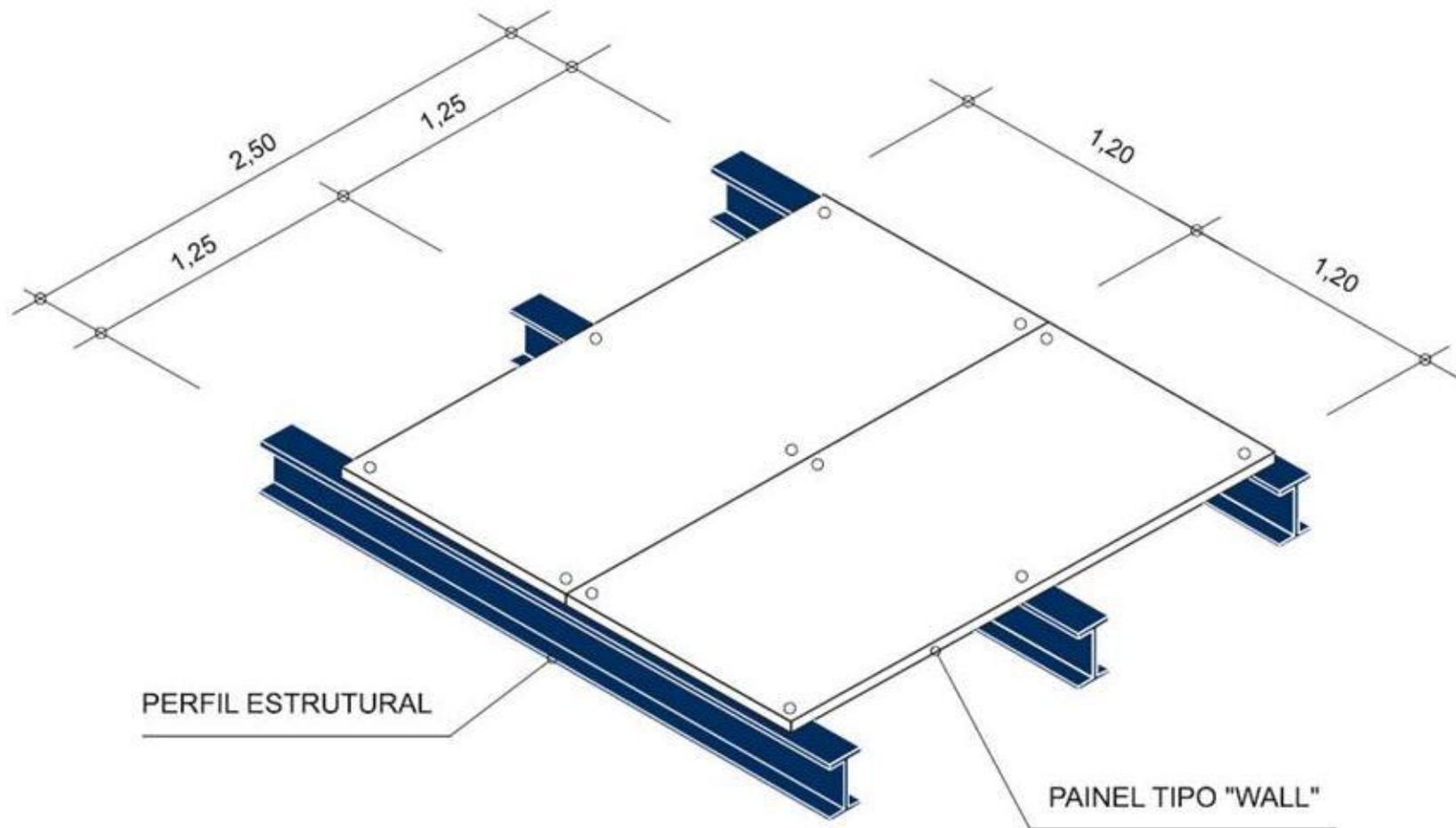


Amostra de Fixação em Perfil Tipo "I"



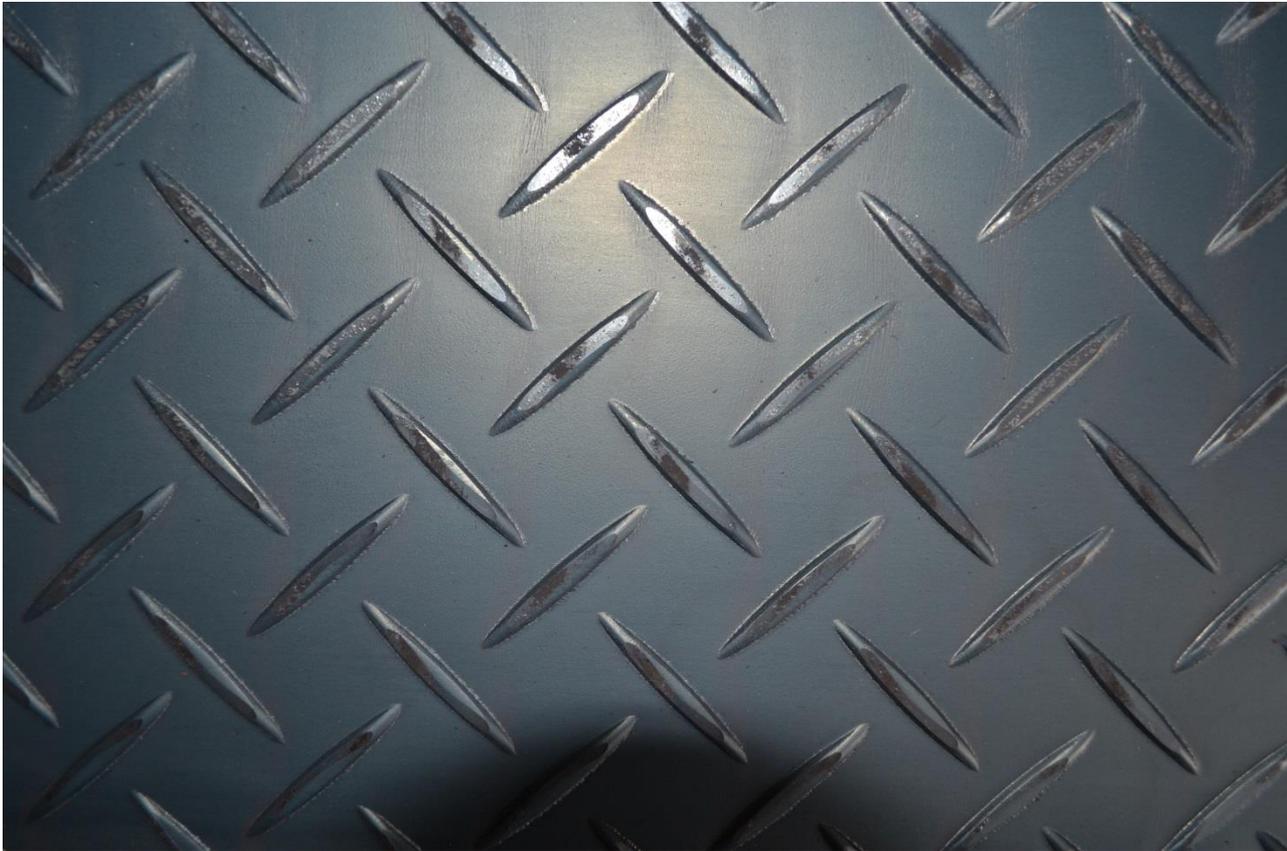
Tipos usuais de piso para mezaninos

Painel Wall - Modulações

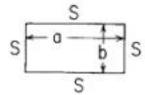


Tipos usuais de piso para mezaninos

Chapa xadrez



1. Rectangular plate; all edges simply supported



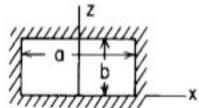
1a. Uniform over entire plate

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

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

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?

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

$$t = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot 0,077 \cdot (3 \cdot 10^{-4}) \cdot 75^4}{20000 \cdot 105}} = 0,295 \text{ mm}$$

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

Adotaremos Espessura 3,18mm, mas precisamos atualizar o peso da chapa.

Com peso de chapa 3,18mm

$$t = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot 0,07 \cdot (3 \cdot 10^{-4} + 0,00318 \cdot 78,5 \cdot 10^{-4}) \cdot 75^4}{20000 \cdot 105}} = 4,40\text{mm}$$

$$t = 75 \cdot \sqrt{\frac{0,4530 \cdot (1,5 \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 1,25 \cdot 0,00318 \cdot 78,5 \cdot 10^{-4})}{25}} = 2,21\text{mm}$$

A espessura de 3,18 não atende ao Estado Limite de Serviço (L/250), portanto vamos atualizar o peso da chapa novamente

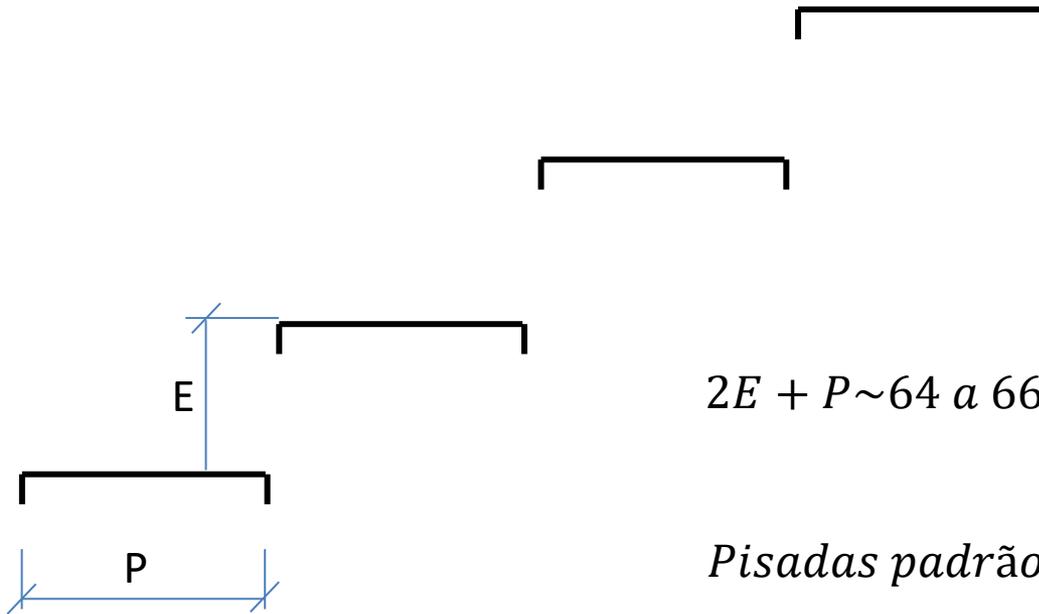
$$t = \sqrt[3]{\frac{250 \cdot 0,07 \cdot (3 \cdot 10^{-4} + 0,00476 \cdot 78,5 \cdot 10^{-4}) \cdot 75^4}{20000 \cdot 105}} = 4,46\text{mm}$$

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

A chapa a ser adotada deve ter espessura 4,76mm para essas condições

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:

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

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

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

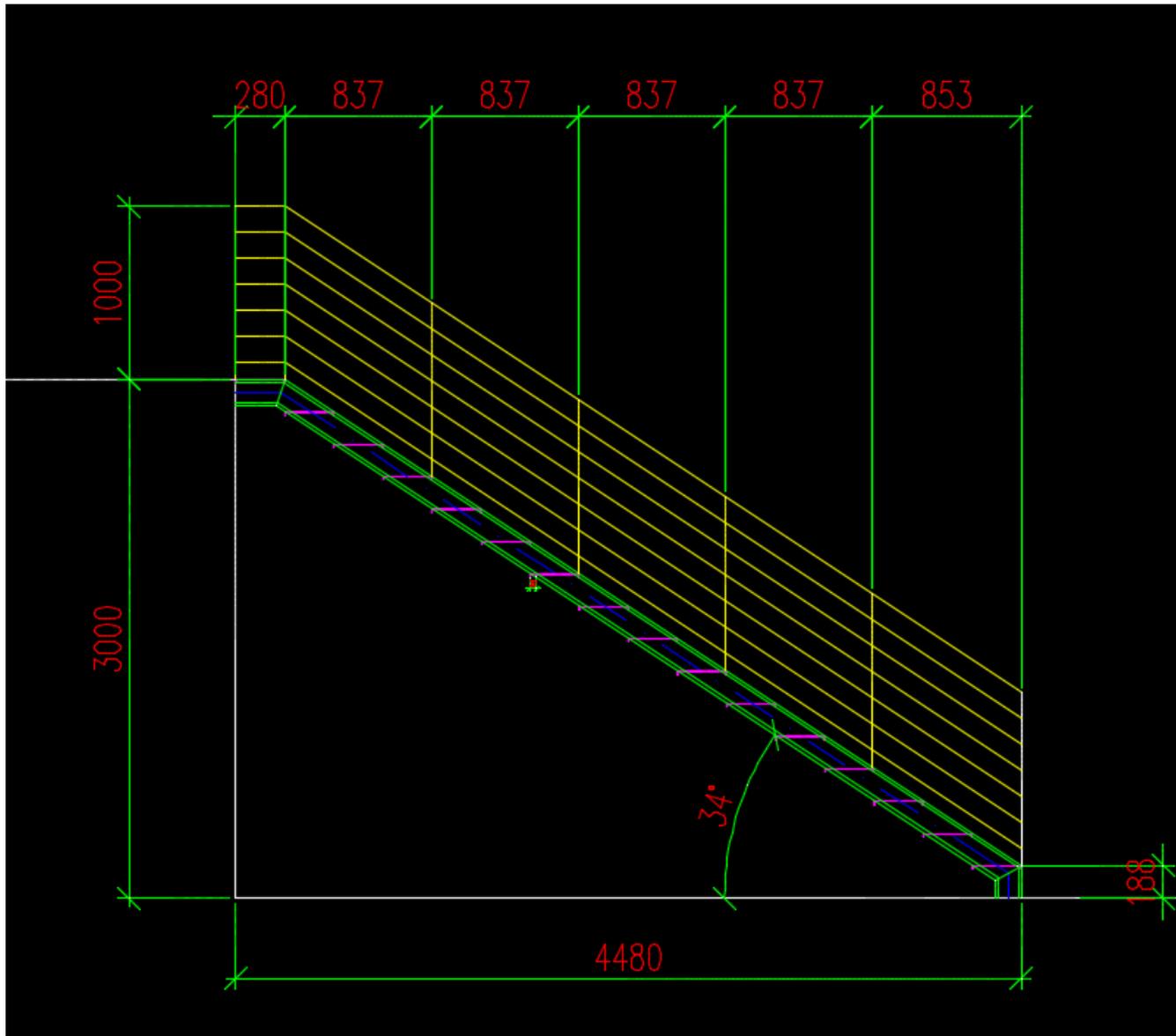
$$E = \frac{300}{16} = 18,75 \text{ cm cada espelho}$$

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

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

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

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	

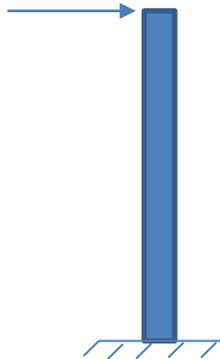
Tabela 12 (conclusão)

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.

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

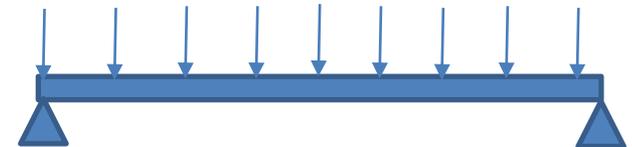
$$M = 1,5 \cdot 1,009 \cdot 110 = 166,48 \text{ kN.cm}$$



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

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:

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

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

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

com:

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

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

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

Cálculo da barra vertical:

$$M_{rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \quad 166,48 = \frac{Z_x \cdot 24}{1,1} \quad Z_x = 7,63 \text{ cm}^2$$

$$4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot t = 7,63 \text{ cm}^2 \quad R = \sqrt{\frac{7,63}{4 \cdot \pi \cdot 0,15}} = 2,01 \text{ cm}$$

$$D = 4,01 \text{ cm} \quad \text{Adotaremos tubo } \phi 44,45 \text{ mm } \# 1,5 \text{ mm}$$

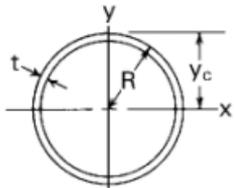
$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{44,45}{1,5} = 29,63 \quad \lambda_p = \frac{0,07 \cdot E}{F_y} = \frac{0,07 \cdot 20000}{24} = 58,33$$

Seção Compacta à Flambagem Local, portanto:

$$M_{rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \quad M_{rd} = \frac{4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot t \cdot F_y}{1,1} \quad M_{rd} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 2,22^2 \cdot 0,15 \cdot 24}{1,1}$$

$$M_{rd} = 202,68 \text{ kN.cm OK, perfil atende}$$

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

Cálculo da barra Horizontal:

$$M_{rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \quad 19,08 = \frac{Z_x \cdot 24}{1,1} \quad Z_x = 0,8745 \text{cm}^2$$

$$4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot t = 0,8745 \text{cm}^2 \quad R = \sqrt{\frac{0,8745}{4 \cdot \pi \cdot 0,15}} = 0,68 \text{cm}$$

$$D = 1,36 \text{cm}$$

Adotaremos tubo $\phi 44,45 \text{mm}$ #1,5mm para a região das mãos e Tubo $\phi 22,22 \text{mm}$ #1,5mm para as travessas intermediárias por questões de funcionalidade

Cálculo do peso do guarda Corpo:

Tubo $\phi 44,45$ #1,5mm

$$\text{Peso} = A_g \cdot 0,7850 \cdot L$$

$$\text{Peso} = 2\pi R t \cdot 0,7850 \cdot L$$

$$\text{Peso} = 2\pi \cdot 2,22 \cdot 0,15 \cdot 0,7850 \cdot 13,05$$

$$\text{Peso} = 21,43 \text{kg}$$

Tubo $\phi 22,22$ #1,5mm

$$\text{Peso} = A_g \cdot 0,7850 \cdot L$$

$$\text{Peso} = 2\pi R t \cdot 0,7850 \cdot L$$

$$\text{Peso} = 2\pi \cdot 1,11 \cdot 0,15 \cdot 0,7850 \cdot 32,08$$

$$\text{Peso} = 26,34 \text{kg}$$

$$\text{Peso Total} = 47,77 \text{kg}$$

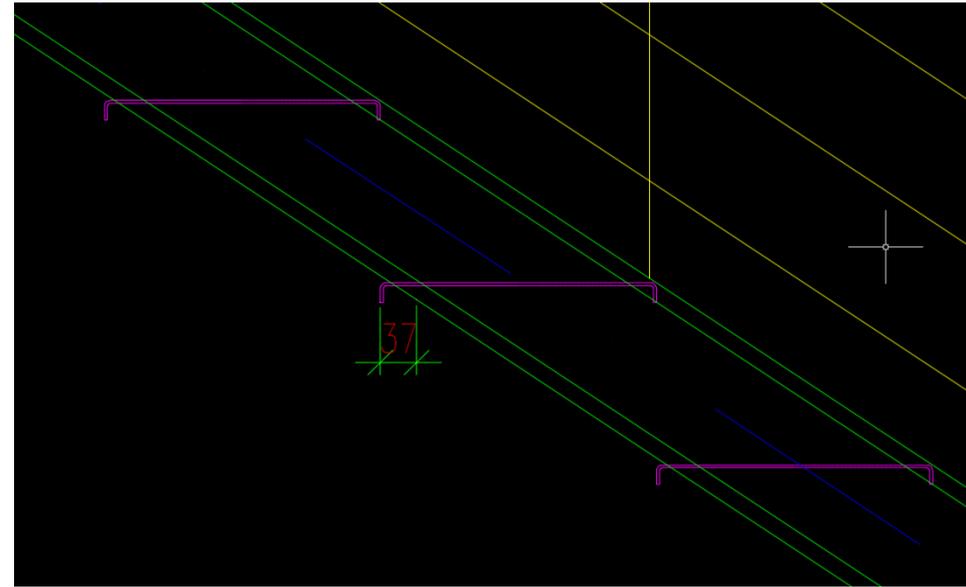
$$\text{Carga Gravitacional} = \frac{47,77}{4,48} = 10,66 \text{kg/m}$$

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)

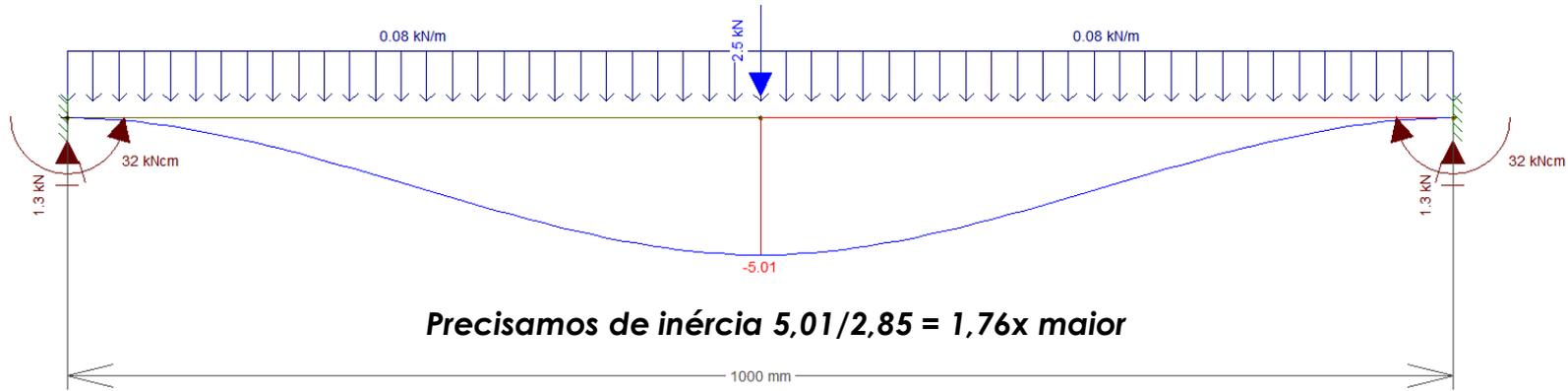


- ^t Nas escadas com trechos em balanço, devem ser verificados os efeitos da alternância das cargas. Para degraus isolados em balanço ou biapoiados, calcular o degrau com carga concentrada de $2,5\text{ kN}$ aplicada na posição mais desfavorável. A verificação com carga concentrada deve ser feita separadamente, 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:

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



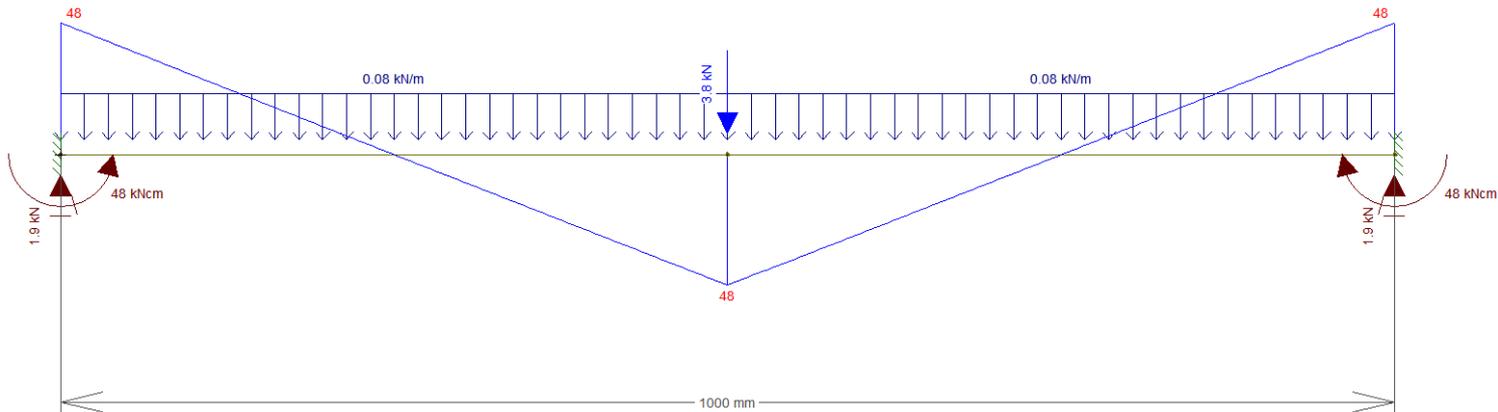
Section Properties

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

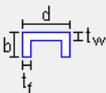
Cálculo da degrau (largura 1000mm)

- 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 $b_{ef} = h_{ef}$.

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

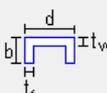
$$b_{ef} = 1,92 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\frac{20000}{25}} \cdot \left[1 - \frac{0,34}{83,5} \cdot \sqrt{\frac{20000}{25}} \right] = 15,37 \text{ cm}$$

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

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

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

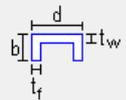
Precisamos de um W aproximadamente 3X maior

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

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

Alternativa 1: Aumentar as abas

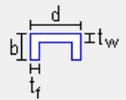
C-shape



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

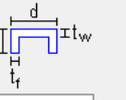
$$W = \frac{I}{y} = \frac{6,87}{3,016} = 2,28 \text{ cm}^3$$

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

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

Ainda não atende

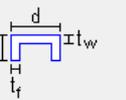
C-shape



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

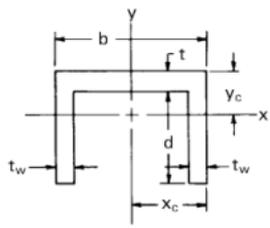
Alternativa 1: Aumentar as abas

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> $SF_x = \frac{Z_x(d+t-y_c)}{I_x}$ $Z_y = \frac{b^2 t}{4} + t_w d(b-t_w)$ $SF_y = \frac{Z_y b}{2I_y}$
--	--	--	---

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

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

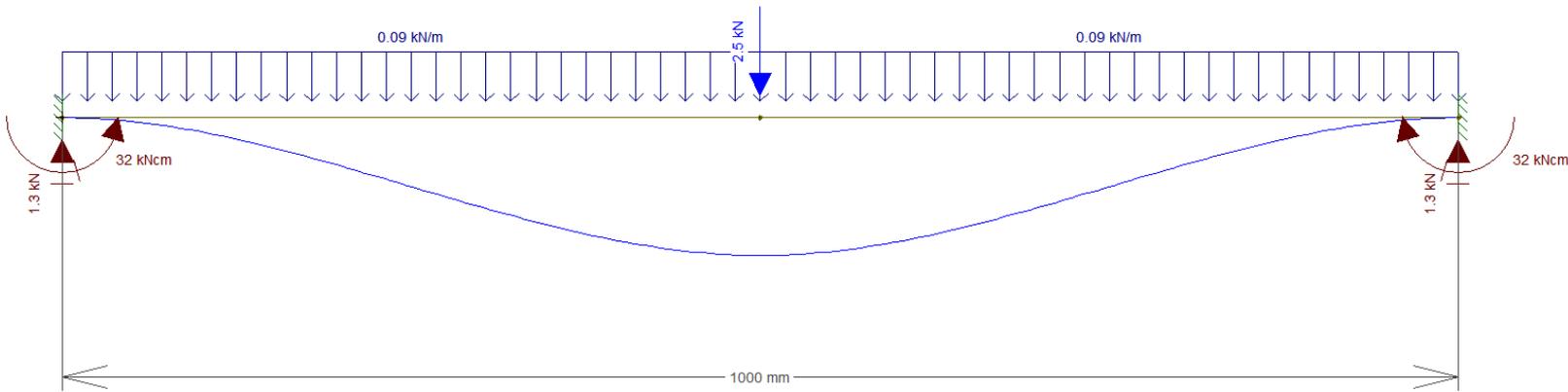
Alternativa 1: Aumentar as abas

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

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

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

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

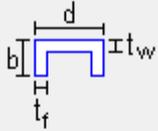


C-shape	
d:	280.00 mm
b:	40.00 mm
tw:	3.20 mm
tf:	3.20 mm
y:	34.24 mm
A:	11.32 cm ²
As:	2.56 cm ²
I:	10.19 cm ⁴

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



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

No centro Aplica-se FLA:

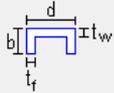
$$\lambda = \frac{280 - 4.4,76}{4,76} = 54,82$$

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

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

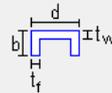
Seção continua Esbelta ao FLA

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



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

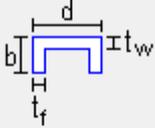
$$W = \frac{I}{y} = \frac{1,84}{1,664} = 1,10 \text{ cm}^3$$

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

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

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:

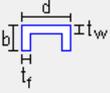
$$\lambda = \frac{280 - 4.6,35}{6,35} = 40,09$$

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

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

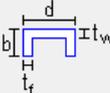
Seção continua Esbelta ao FLA

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



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

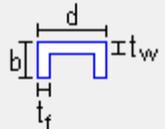
$$W = \frac{I}{y} = \frac{2,45}{1,594} = 1,53 \text{ cm}^3$$

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

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

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:

$$\lambda = \frac{280 - 4.7,94}{7,94} = 31,26$$

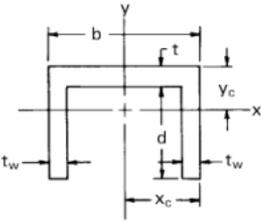
$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{20000}{25}} = 31,68$$

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

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> $SF_x = \frac{Z_x(d+t-y_c)}{I_x}$ $Z_y = \frac{b^2 t}{4} + t_w d(b-t_w)$ $SF_y = \frac{Z_y b}{2I_y}$
--	--	--	--

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

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

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

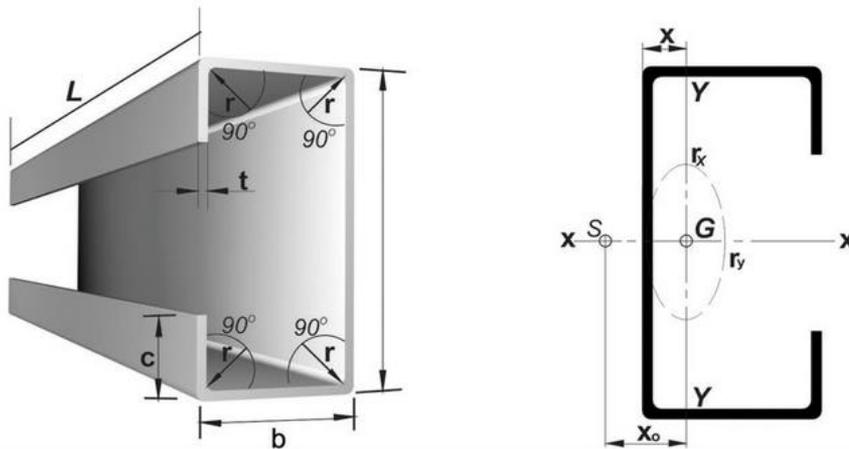
OK, Degrau aprovado nas dimensões 280 X 20 #7,94mm

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
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	38.6	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 cm²

As: 5.70 cm²

I: 301.90 cm⁴

d: 150.00 mm

y-bar: 75 mm

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

Cálculo da longarina (largura 1000mm)

Corrimãos: 0,1066kN/m

Longarina: 0,069 kN/m

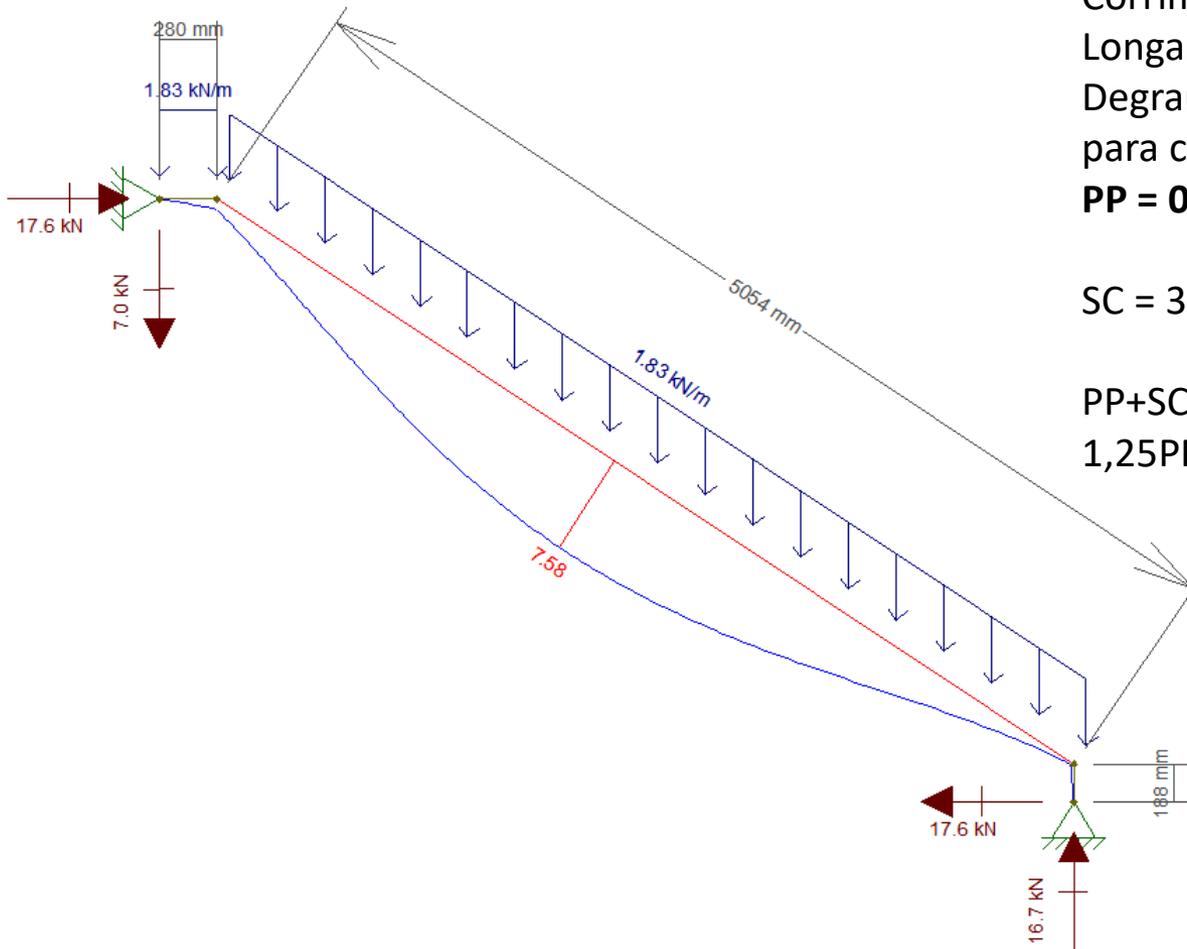
Degraus: (8,88 x 3,57 degraus, metade para cada longarina = 0,1585 kN/m

PP = 0,3341kN/m

SC = 3kN/m² x 0,5m = 1,5 kN/m

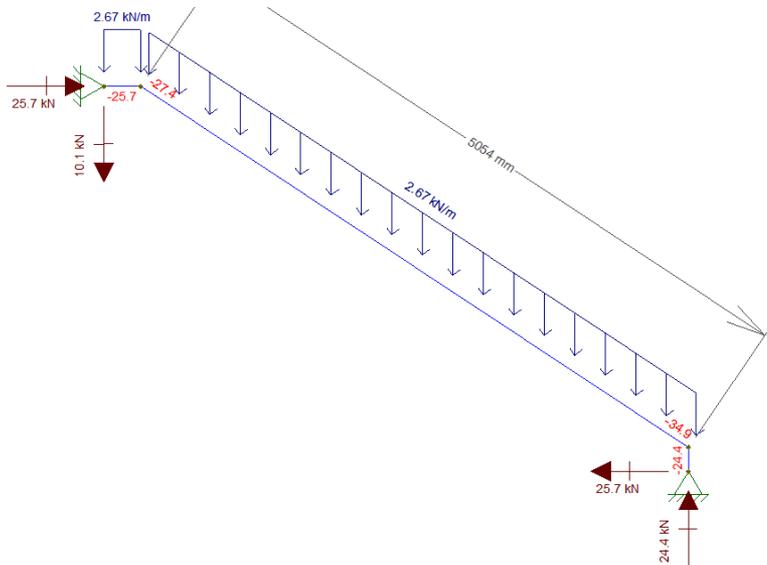
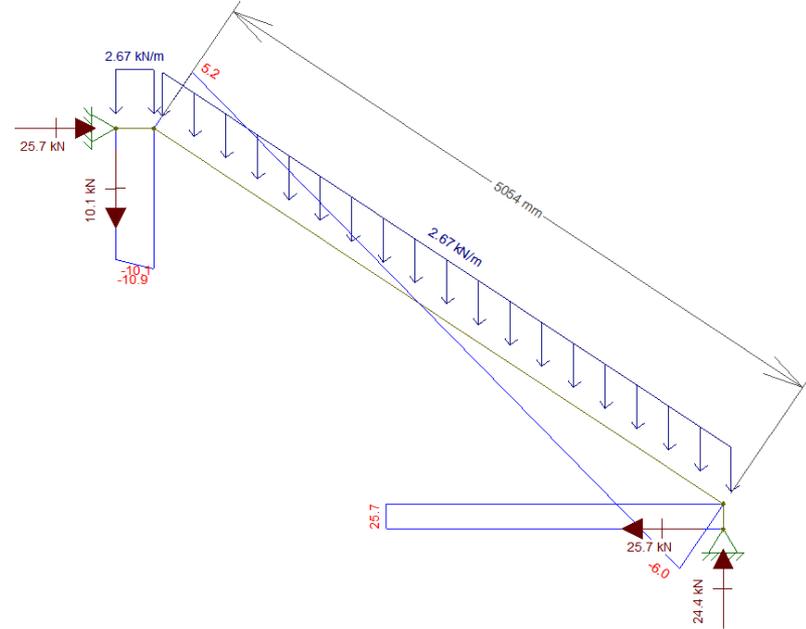
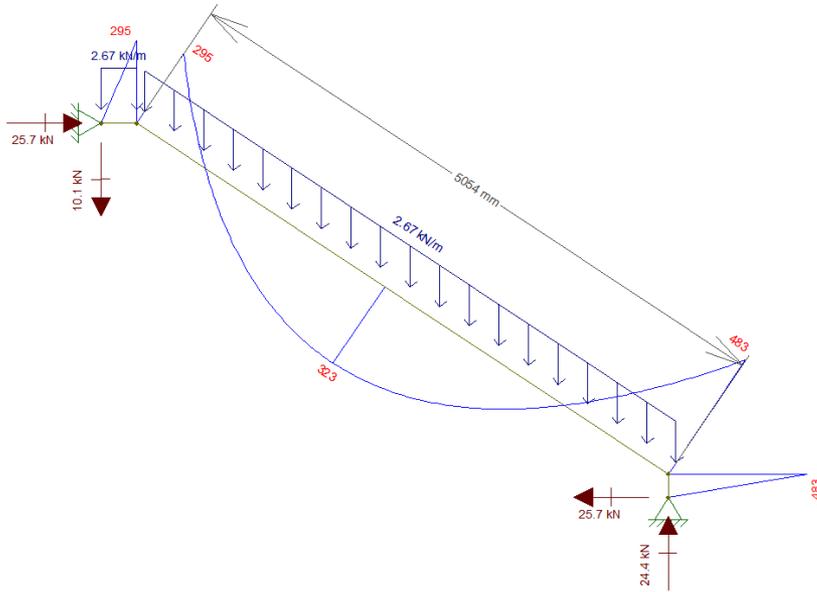
PP+SC = 0,3341 + 1,5 = 1,83 kN/m

1,25PP + 1,5SC = 2,67kN/m (ELU)



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

Cálculo da longarina (largura 1000mm)



$$M_{xSd} = 483 \text{ kN.cm}$$

$$V_{sd} = 25,7 \text{ kN}$$

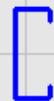
$$N = -34,9 \text{ kN}$$

File Help

Escolha do Perfil Cálculo dos Esforços

Dimensões (cm)

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



Ue

Comprimentos (cm)

Lx: 553
 Ly: 34
 Lt: 34

Esforços Solicitantes

Nd: 34,9 kN
 Mxd: 483 kN.cm
 Myd: kN.cm
 Vd: 25,7 kN

Coeficiente de Momento

Em X Cb: 1
 Em Y Cb: 1

Resultados

Resultado:
Flexão Composta

NBR 14762:2001
0,96 (se ≤ 1 , ok!)

 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

Esforços Solicitantes:

NSd= 34,9 kN

MxSd= 483 kN.cm

MySd= 0 kN.cm

Esforços Resistentes:

-> NcRd= 95 kN

-> MxRd= 812,46 kN.cm

-> MyRd= 212,94 kN.cm

Verificação a Flexão Composta [NBR 14762:2010 - 9.9]

Verificação de Flexo-Compressão

=> $0,37 + 0,59 + 0 = 0,96 \leq 1$ - Ok!

4 - Verificação da Esbelteza Limite

barra submetida a esforço de compressão:

 $\lambda_{limite} = 200$

Verificação em Relação a X

 $r_x = 5,87$ cm

Lx= 553 cm

 $\lambda_x = 94,25$ cm - ok!

Verificação em Relação a Y

ry= 2,22 cm

Ly= 34 cm

 $\lambda_y = 15,35$ cm - ok!

**Atenção: No DIM PERFIL
Compressão é positivo**

 Mostrar perfil

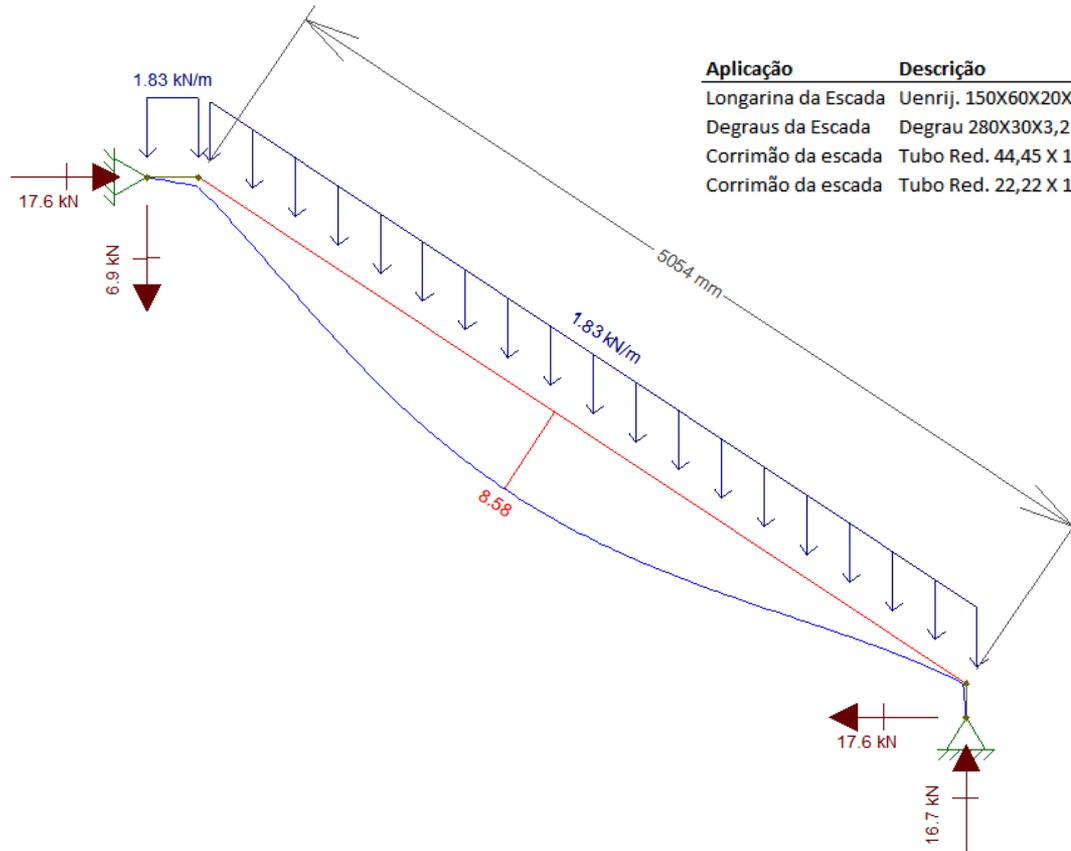
Calculo das Propriedades da Seção

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

Integral Properties

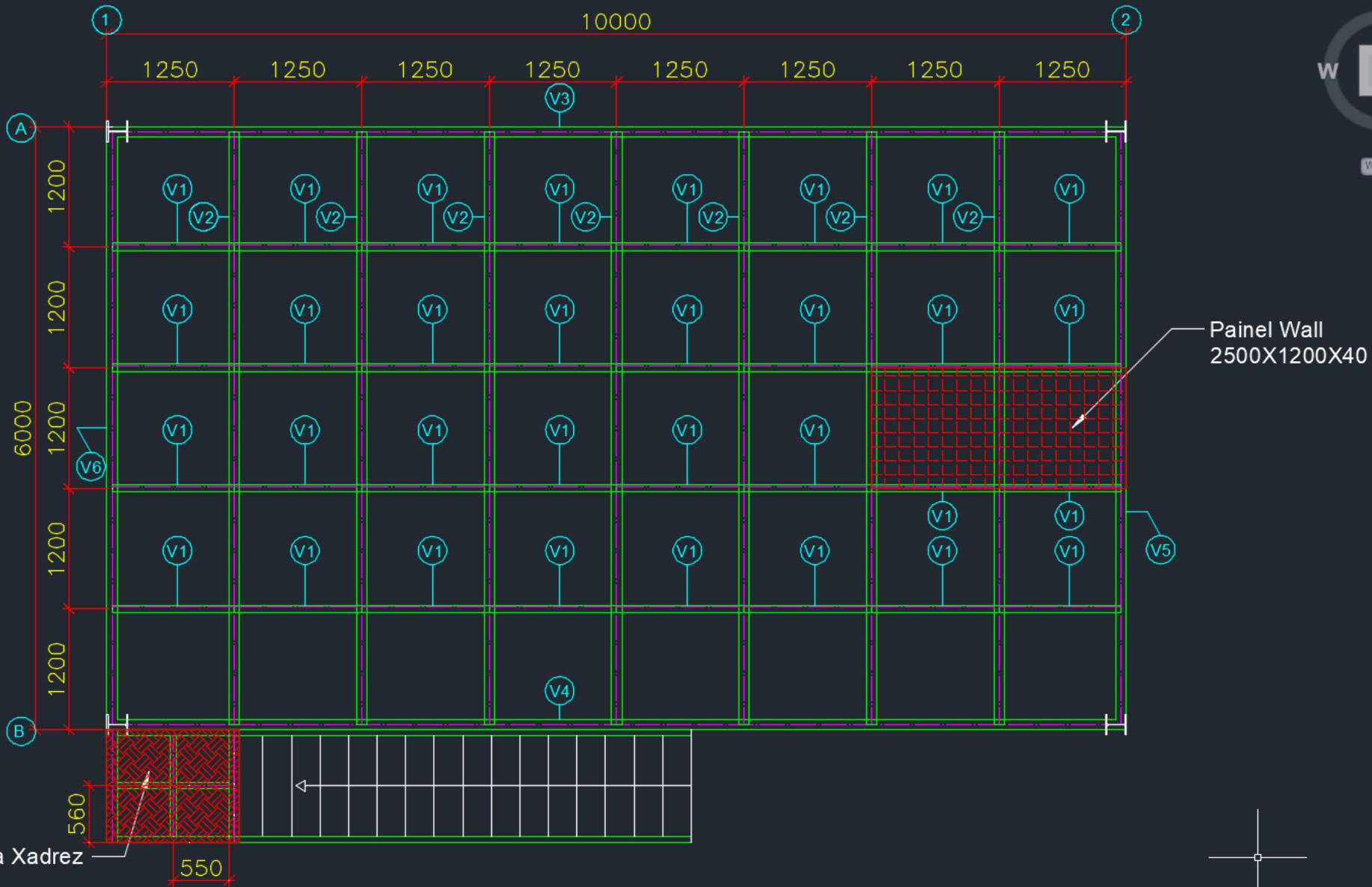


A:	7.75	cm ²
As:	5.03	cm ²
I:	266.92	cm ⁴
d:	150.00	mm
\bar{y} :	75.00	mm

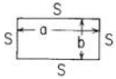


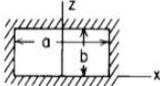
Aplicação	Descrição	Material	U.M	Quant.	Peso Unit.	Peso Total
Longarina da Escada	Uenrij. 150X60X20X2,65	ASTM CF-24 / SAE1020	m	11,04	6,08	67,15
Degraus da Escada	Degrau 280X30X3,2 Xadrez	ASTM A36	Unid	16,00	8,88	142,08
Corrimão da escada	Tubo Red. 44,45 X 1,5	SAE 1020	m	26,10	1,64	42,80
Corrimão da escada	Tubo Red. 22,22 X 1,5	SAE 1020	m	64,16	0,82	52,61
TOTAL						304,64 kg

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

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

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

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

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

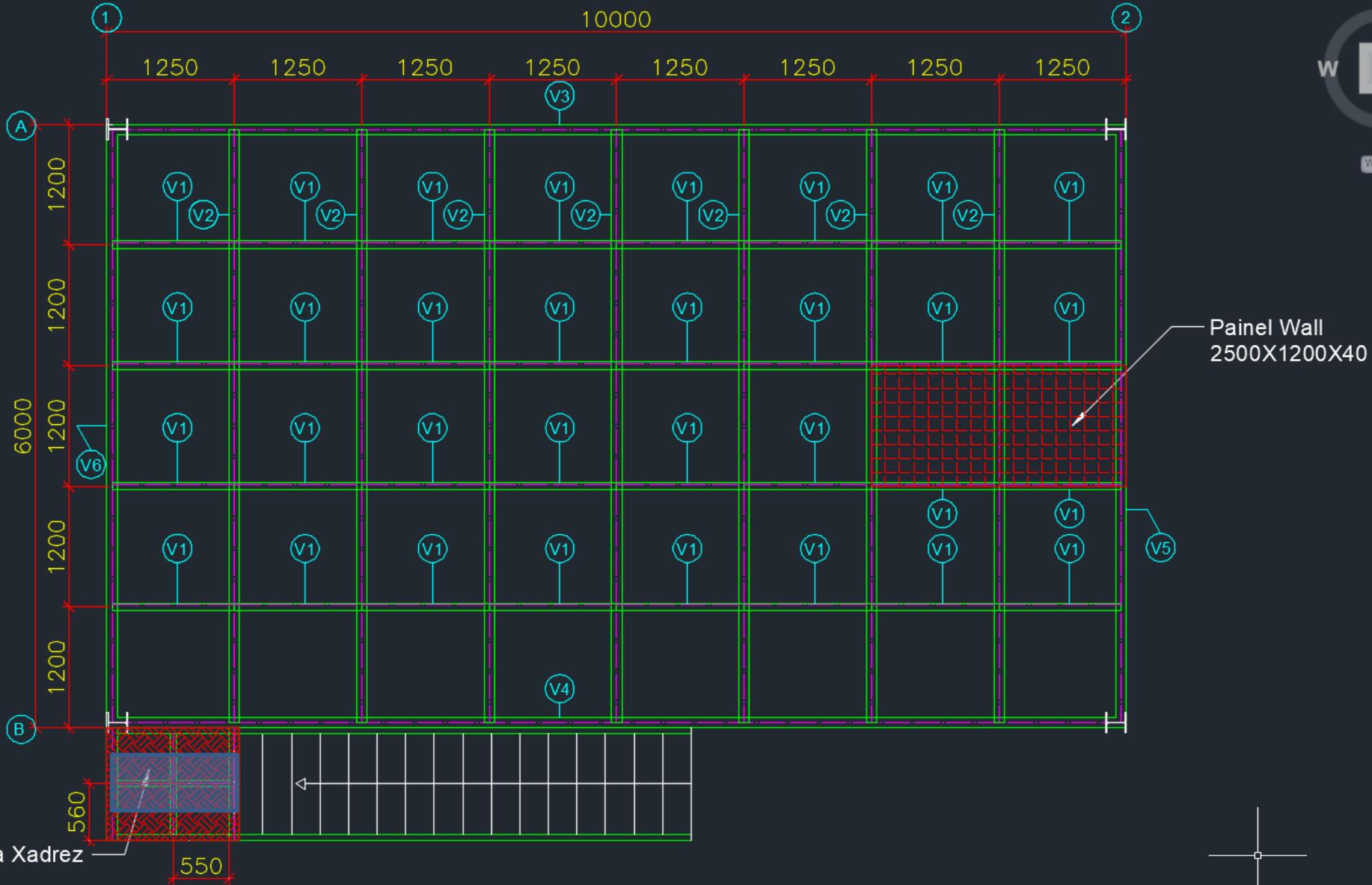
Adotaremos Espessura 4,76mm, mas precisamos atualizar o peso da chapa.

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

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

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

Cálculo das Vigas de Travamento da Plataforma



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: $0,266 + 4,2 + 0,125 = 4,591 \text{ kN/m}$

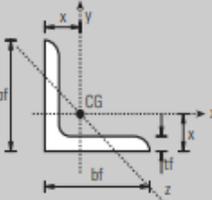
Carregamento ELU: $1,25 \cdot 0,266 + 1,5 \cdot 4,2 + 1,25 \cdot 0,125 = 6,79 \text{ kN/m}$

Pré- Dimensionamento:

$$F_{m\acute{a}x} = \frac{L}{350} = \frac{110}{350} = 0,314\text{cm} \quad I_{Nec} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot F_{m\acute{a}x}} = \frac{5 \cdot 0,04591 \cdot 110^4}{384 \cdot 20000 \cdot 0,314} = 13,93\text{cm}^4$$

Tabela E.1 — Cantoneiras de abas iguais

Propriedades para dimensionamento



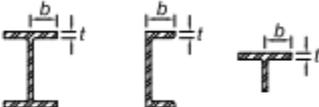
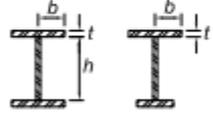
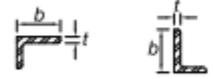
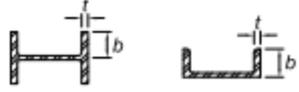
b_f		P	A	t_f		$I_x = I_y$	$W_x = W_y$	$r_x = r_y$	$r_z \text{ min}$	x
pol	cm	kg/m	cm ²	pol	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm
1/2"	1,270	0,55	0,70	1/8"	0,317	0,10	0,11	0,37	0,25	0,43
5/8"	1,588	0,71	0,90	1/8"	0,317	0,20	0,19	0,47	0,32	0,51
3/4"	1,905	0,87	1,11	1/8"	0,317	0,36	0,27	0,57	0,38	0,59
7/8"	2,220	1,04	1,32	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

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

$$M_{sd} = \frac{0,0679 \cdot 110^2}{8} = 102,7 \text{ kN.cm}$$

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	$0.84\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.52\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{63,5}{4,76} = 13,34$$

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

Seção Compacta ao FLM

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

$$M_{Rd} = 0,9 \cdot 1,5 \cdot 4,91 \cdot 25$$

$$M_{Rd} = 165,71 \text{ kN.cm} > 102,7 \text{ kN.cm OK!}$$

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)

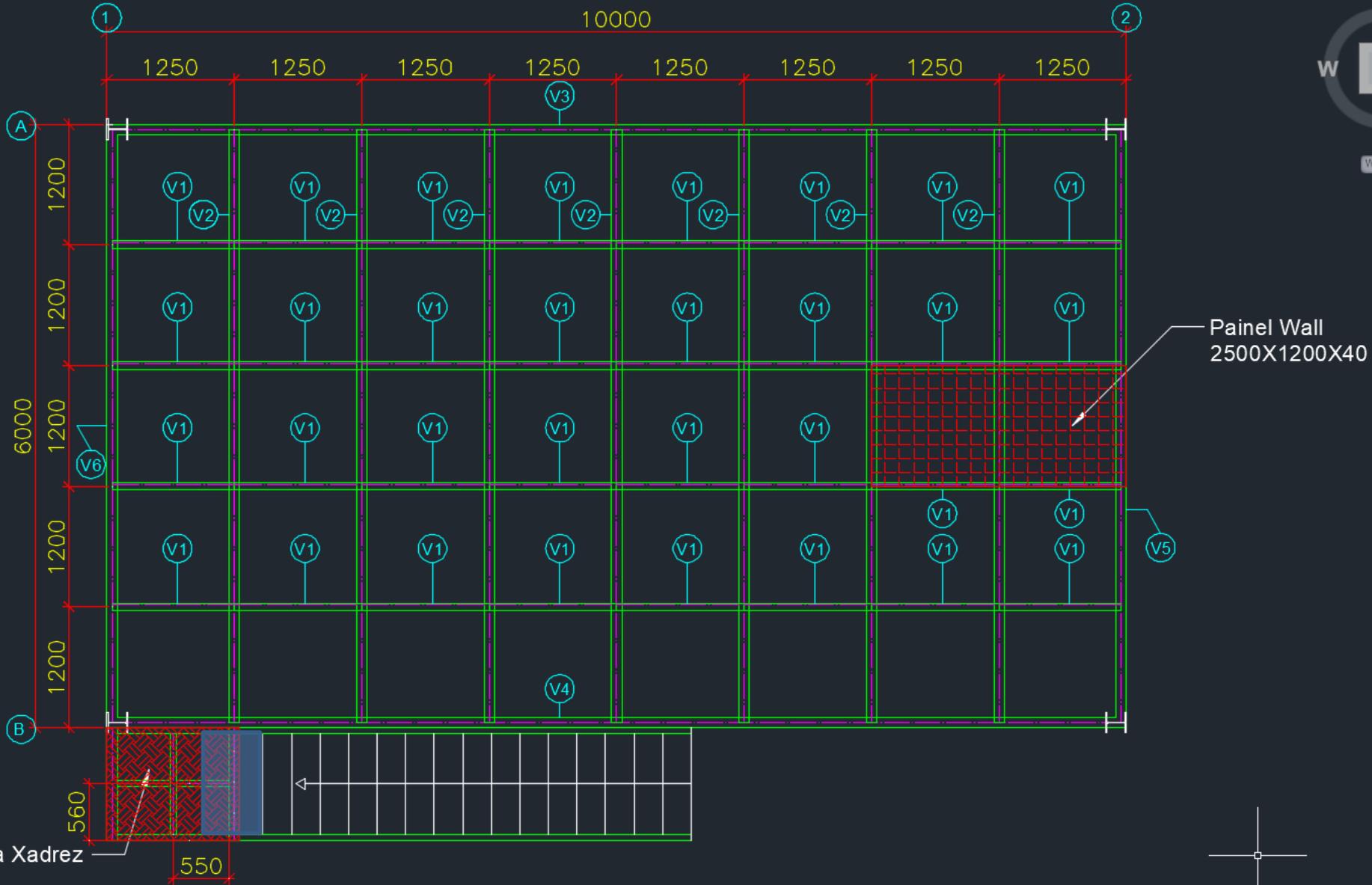
Adotaremos L2.1/2 X 3/16 (4,57 kg/m)

1. Yielding

$$M_n = 1.5M_y$$

(F10-1)

Cálculo da Viga de sustentação da escada



Carregamentos:

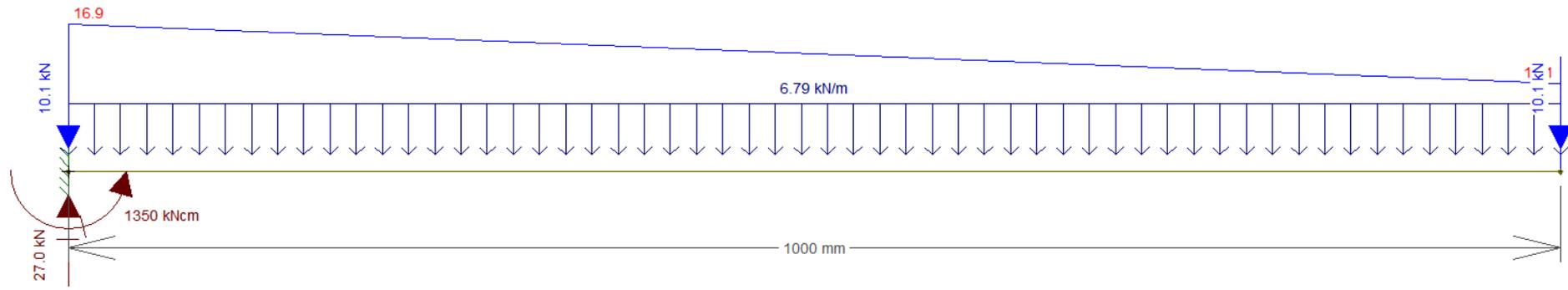
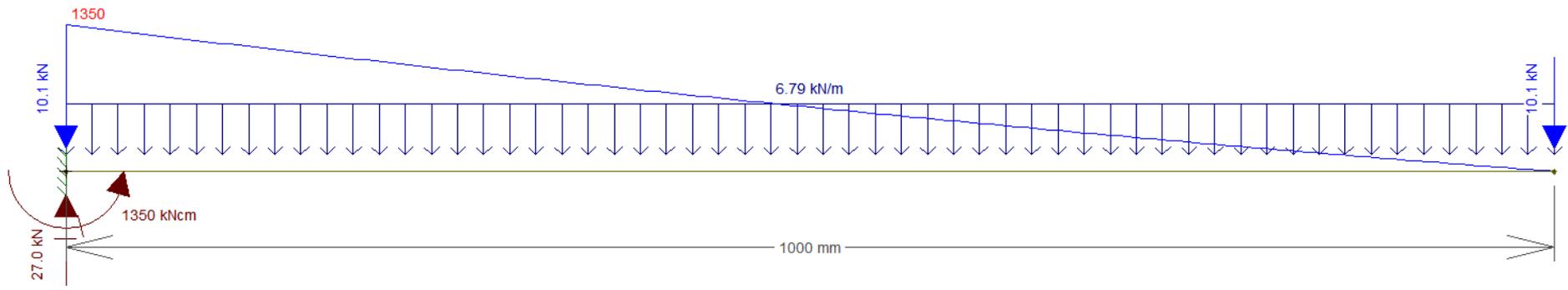
Permanentes

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: $0,261 + 4,13 + 0,19 = 4,58 \text{ kN/m}$

Carregamento ELU: $1,25 \cdot 0,261 + 1,5 \cdot 4,13 + 1,25 \cdot 0,19 = 6,76 \text{ kN/m}$

Flecha Máxima = $2L/350 = 2 \cdot 1000/350 = 5,71\text{mm}$



Altern. 1 – [I]150X60X20X3,00

DimPerfil 4.0 - Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio

Escolha do Perfil Cálculo dos Esforços

Dimensões (cm): $\alpha = 0$, $bw = 15$, $bf = 6$, $D = 2$, $t = 0,3$, $\beta = 90$

Comprimentos (cm): $Lx = 100$, $Ly = \beta$, $Lt = \beta$

Esforços Solicitantes: $Nd = 0$ kN, $Mxd = 1350$ kN.cm, $Myd = 337$ kN.cm, $Vd = 16,9$ kN

Coefficiente de Momento: $Cb = 1$

Resultado: **NBR 14762:2001**
Flexão Composta
1 (se ≤ 1 , Ok!)

Item a ser calculado: **CALCULAR**

Inequações de verificação p/ Flexão Composta

- NBR 14762:2010
 - Flexão Composta
 - Mrd
 - Mxd
 - Myrd
 - Flexão Composta

$\sigma = 24 \text{ kN/cm}^2$
 máxima coordenada $X = 6,32 \text{ cm}$ (fibra comprimida)
 $Iy_ef_MLE = 377,98 \text{ cm}^4$
 $Wycef_MLE = 59,84 \text{ cm}^3$
 $\gamma = 1,1$
 $Wycef = 59,84 \text{ cm}^3$
 $Myft = 1305,66 \text{ kN.cm}$

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-9.8.2]

$Myres = 1305,66 \text{ kN.cm}$
 $Myft = 1305,66 \text{ kN.cm}$
 $Myd = 1305,66 \text{ kN.cm}$

Esforços Solicitantes:
 $NSd = 0 \text{ kN}$
 $MxSd = 1350 \text{ kN.cm}$
 $MySd = 337 \text{ kN.cm}$

Esforços Resistentes:
 $\rightarrow NcRd = 275,84 \text{ kN}$
 $\rightarrow McRd = 1818,11 \text{ kN.cm}$
 $\rightarrow MyRd = 1305,66 \text{ kN.cm}$

Verificação a Flexão Composta [NBR 14762:2010 - 9.9]
 Verificação de Flexão-Compressão
 $\Rightarrow 0 + 0,74 + 0,26 = 1 \leq 1$ - Ok!

Calculo das Propriedades da Seção

$bf = 6 \text{ cm}$	$bw = 15 \text{ cm}$	$D = 2 \text{ cm}$
$\alpha = 0^\circ$	$\beta = 90^\circ$	$A = 17.41646 \text{ cm}^2$
$Ix = 594.39473 \text{ cm}^4$	$Iy = 395.36008 \text{ cm}^4$	$Ixy = 0 \text{ cm}^4$
$It = 670.86303 \text{ cm}^4$	$xg = -6.15 \text{ cm}$	$yg = -7.5 \text{ cm}$
$x0 = 0 \text{ cm}$	$y0 = 0 \text{ cm}$	$r0 = 7.53848 \text{ cm}$
$rx = 5.84195 \text{ cm}$	$ry = 4.76449 \text{ cm}$	$Wx = 79.25263 \text{ cm}^3$
$Wy = 64.28619 \text{ cm}^3$	$Iw = 0 \text{ cm}^6$	$rm = 0.45 \text{ cm}$
$\phi p = 0^\circ$	$m = 13.67192 \text{ kg/m}$	

Altern. 2 – [I]150X60X20X3,00

Laminado

Identificação: Perfil **W 250 x 17,9**

Dimensões:

$d = 251 \text{ mm}$	$Ag = 23,1 \text{ cm}^2$	$Wx = 182,6 \text{ cm}^3$
$tw = 4,8 \text{ mm}$	$P = 17,9 \text{ kgf/m}$	$Wy = 18,1 \text{ cm}^3$
$bf = 101 \text{ mm}$	$Ix = 2291 \text{ cm}^4$	$Zx = 211 \text{ cm}^3$
$tf = 5,3 \text{ mm}$	$Iy = 91 \text{ cm}^4$	$Zy = 28,8 \text{ cm}^3$
	$IT = 2,54 \text{ cm}^4$	

Perfil indicado para elementos sujeitos à flexão composta (Ex.: vigas)

Resultados:

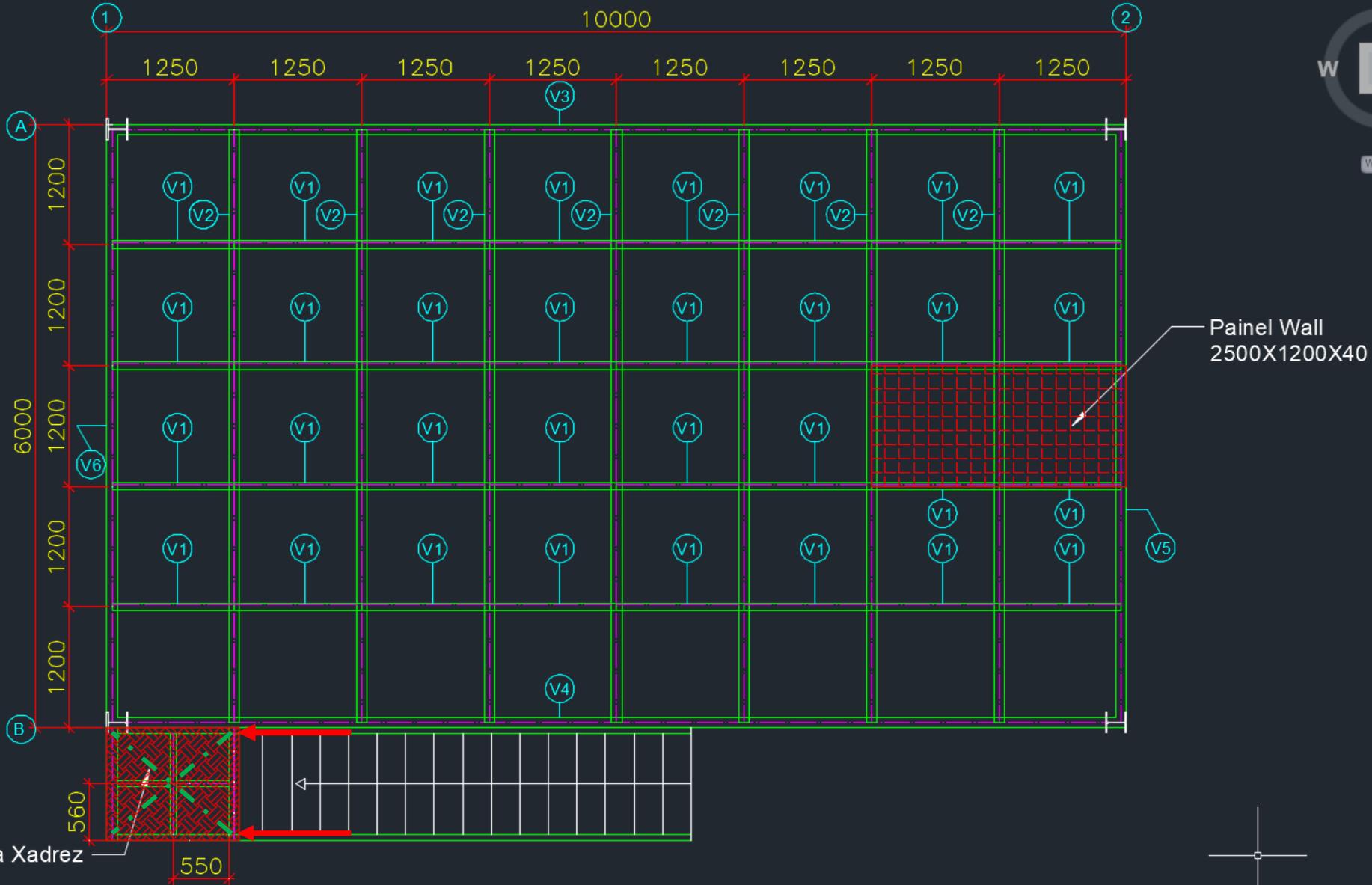
Compr. Flambagem	Solicitações	Rd(Nd) 0,00 kN
Lfix 100 cm	Nd 0,00 kN	Rd(Vd) 149,09 kN OK!
Lfly 1 cm	Vd 16,9 kN	Rd(Mdx) 4747,50 kN.cm OK!
Lb 1 cm	Mdx 1350 kN.cm	Rd(Mdy) 509,06 kN.cm OK!
	Mdy 337 kN.cm	Rd(Md+Nd) 0,95 ≤ 1 OK!

Calcular Mais Leve Relatório **OK**

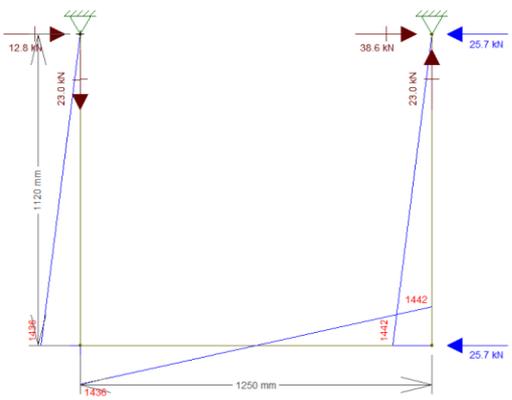
Como há reação Horizontal, é necessário prever um momento fletor em torno do eixo Y-Y para checar a necessidade de contraventos

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

Previsão de um sistema contraventado



Alternativa 1: Duplo U Enrijecido 150X60X20X3 – Sem contraventamentos



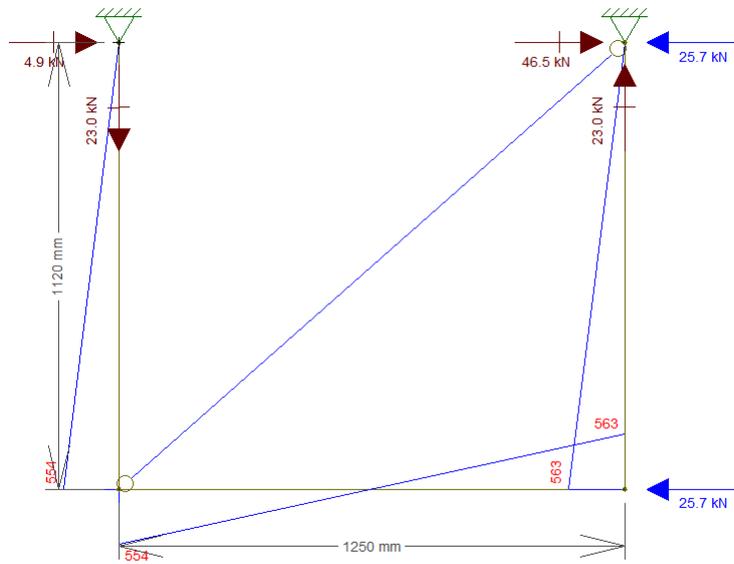
Section Properties

Duplo U Enrijecido

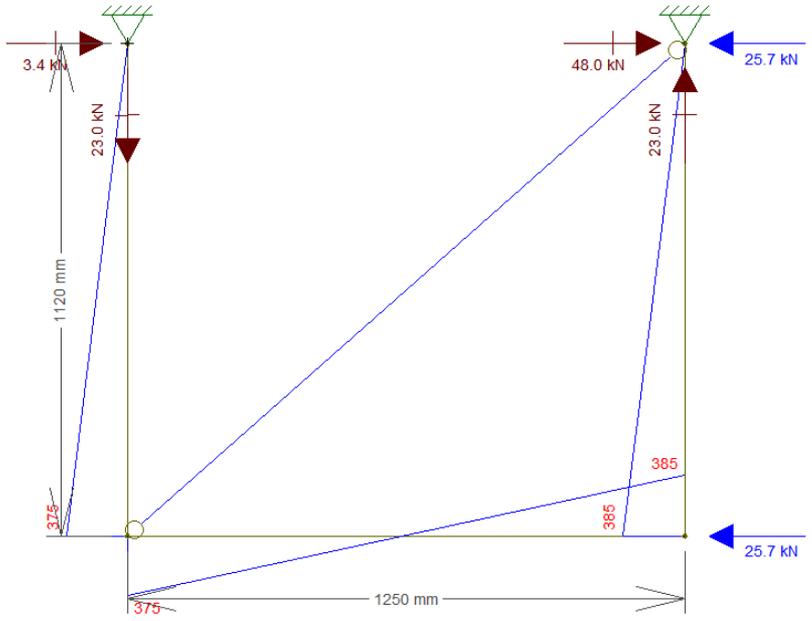
Integral Properties

A:	17.41 cm ²
A _s :	7.20 cm ²
I _x :	395.36 cm ⁴
d:	120.00 mm
r _y :	60.00 mm

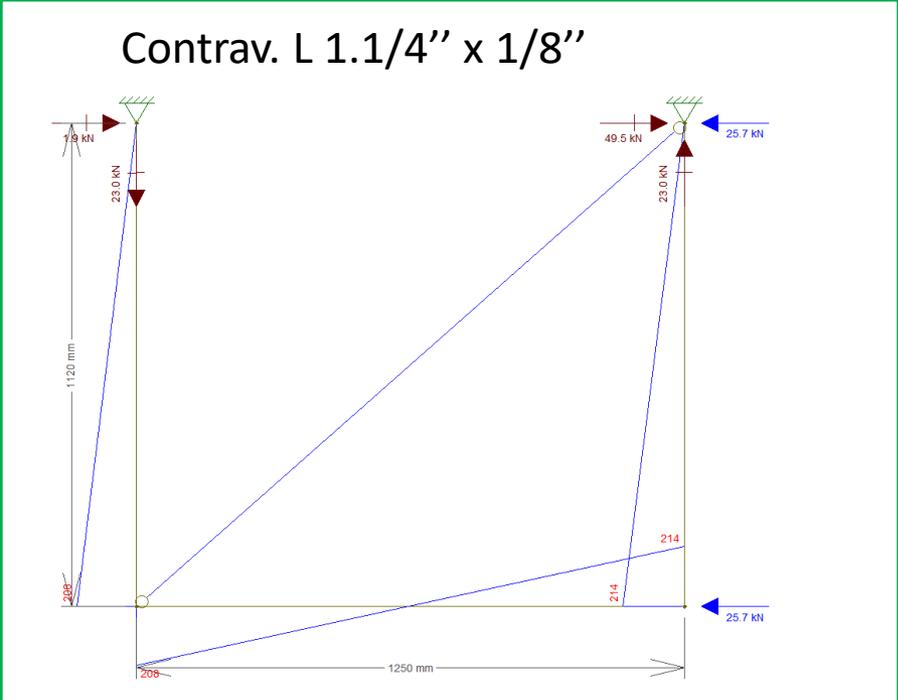
Contrav. Barra red. Diam. 3/8



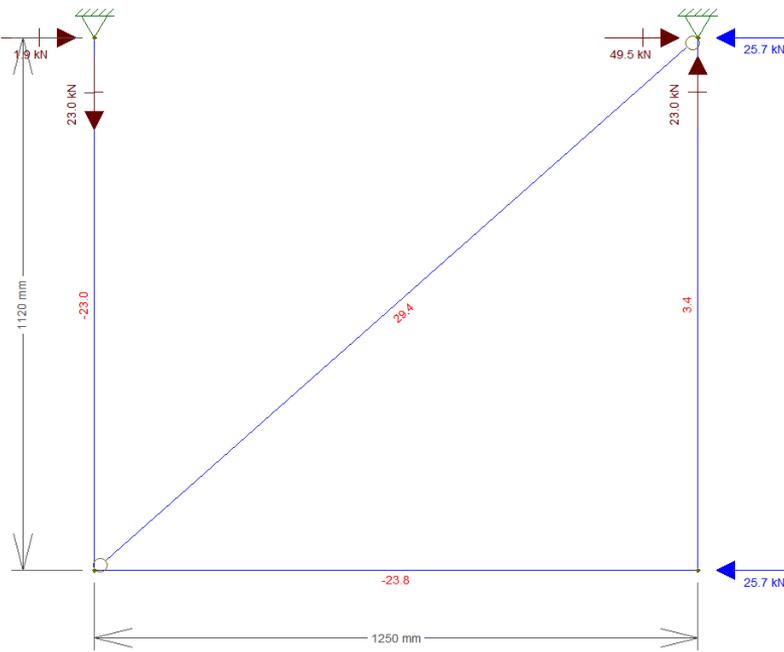
Contrav. Barra red. Diam. 1/2



Contrav. L 1.1/4" x 1/8"



Verificação da Cantoneira do contraventamento à tração



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

Escoamento da seção bruta:

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

Comprimento de solda para equilíbrio entre as verificações de tração:

$$l_c = 4,23 \quad e_c = 4,23 \cdot 9,18 = 38,83 \text{ mm}$$

Comprimento de solda para 45 kN e perna dw = 3mm:

$$45 = \frac{0,6 \cdot 0,707 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot l_c \cdot 41,5}{1,35} \rightarrow l_c = 5,75 \text{ cm}$$

Adotaremos $l_c = 60 \text{ mm}$

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)

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

Comprimentos (cm)

Lx: 100
Ly: 0
Lt: 0

Esforços Solicitantes

Nd: -3.4 kN
Mxd: 1350 kN.cm
Myd: 214 kN.cm
Vd: 16.9 kN

Coefficiente de Momento

Em X Cb: 1
Em Y Cb: 1

Ue

Resultados

Resultado: **NBR 14762:2001**
Flexão Composta **0,92 (se <=1, ok!)**

Relatório: Limpar anterior

ABRIL 2010 13:00 kN.cm
Myrd= 1305,66 kN.cm
Esforços Solicitantes:
NSd= -3,4 kN
MxSd= 1350 kN.cm
MySd= 214 kN.cm
Esforços Resistentes:
-> NtRd= 380 kN
-> MxRd= 1818,11 kN.cm
-> MyRd= 1305,66 kN.cm
Verificação a Flexão Composta [NBR 14762:2010 - 9.9]
Verificação de Flexo-Tração
=> 0,01 + 0,74 + 0,16 = 0,92 ≤ 1 - Ok!
2 - Verificação da Esbeltez Limite
barra submetida a esforço de tração:
 $\lambda_{limite} = 300$
Verificação em Relação a X
 $r_x = 5,84$ cm
Lx= 100 cm
 $\lambda_x = 17,12$ cm - ok!
Verificação em Relação a Y
 $r_y = 4,76$ cm
Ly= 1 cm
 $\lambda_y = 0,21$ cm - ok!

Item a ser calculado: Var

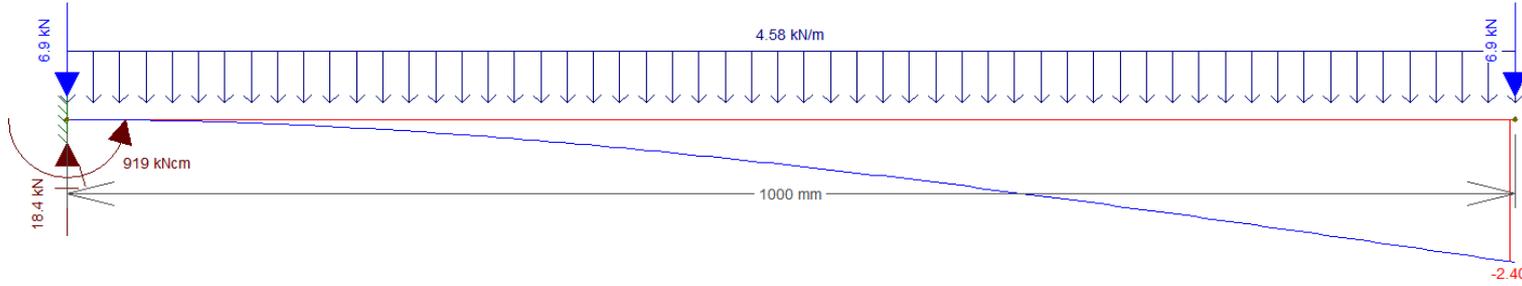
Inequações de verificação p/ Flexão Composta

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

Mostrar perfil

Abriu Relatório Salvar Relatório Gerar Tabela

Deslocamento Vertical

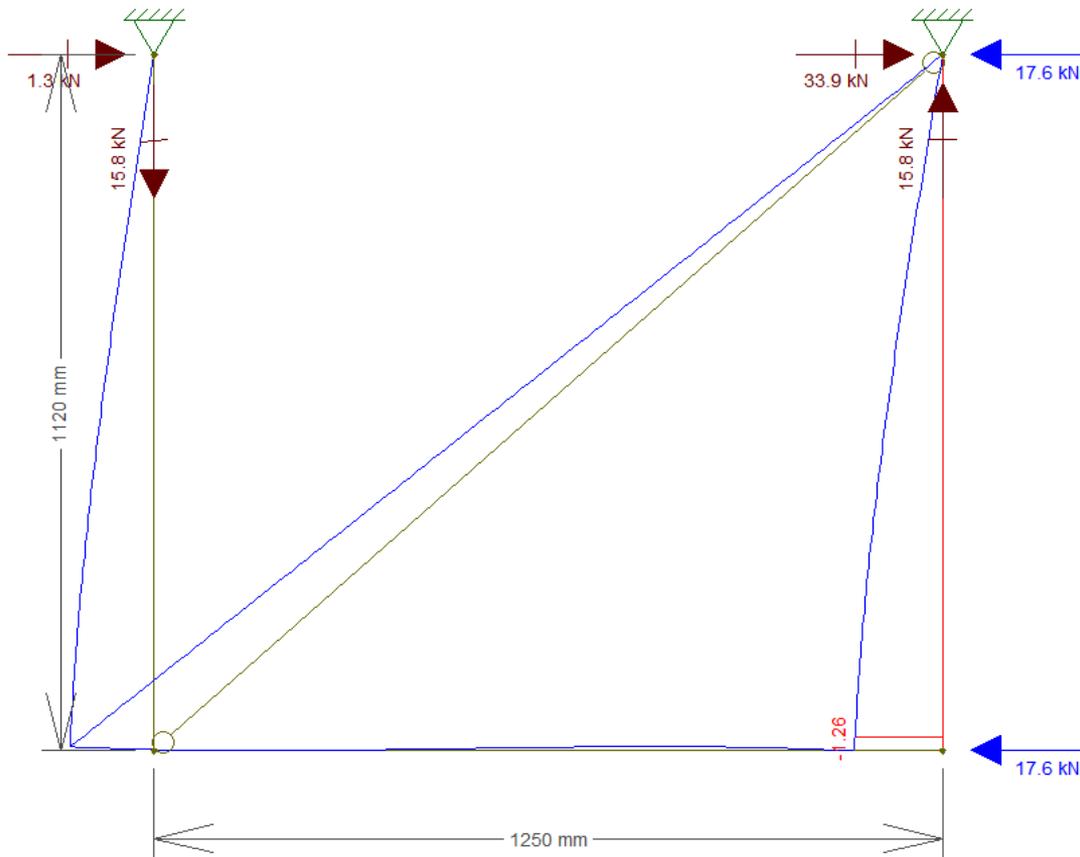


Integral Properties

A:	17.42 cm ²
As:	11.40 cm ²
I:	594.39 cm ⁴
d:	150.00 mm
ȳ:	75.00 mm

Deslocamento Horizontal

$$\Delta_{total} = \sqrt{2,40^2 + 1,26^2} = 2,71\text{mm} < 5,71 \text{ OK}$$

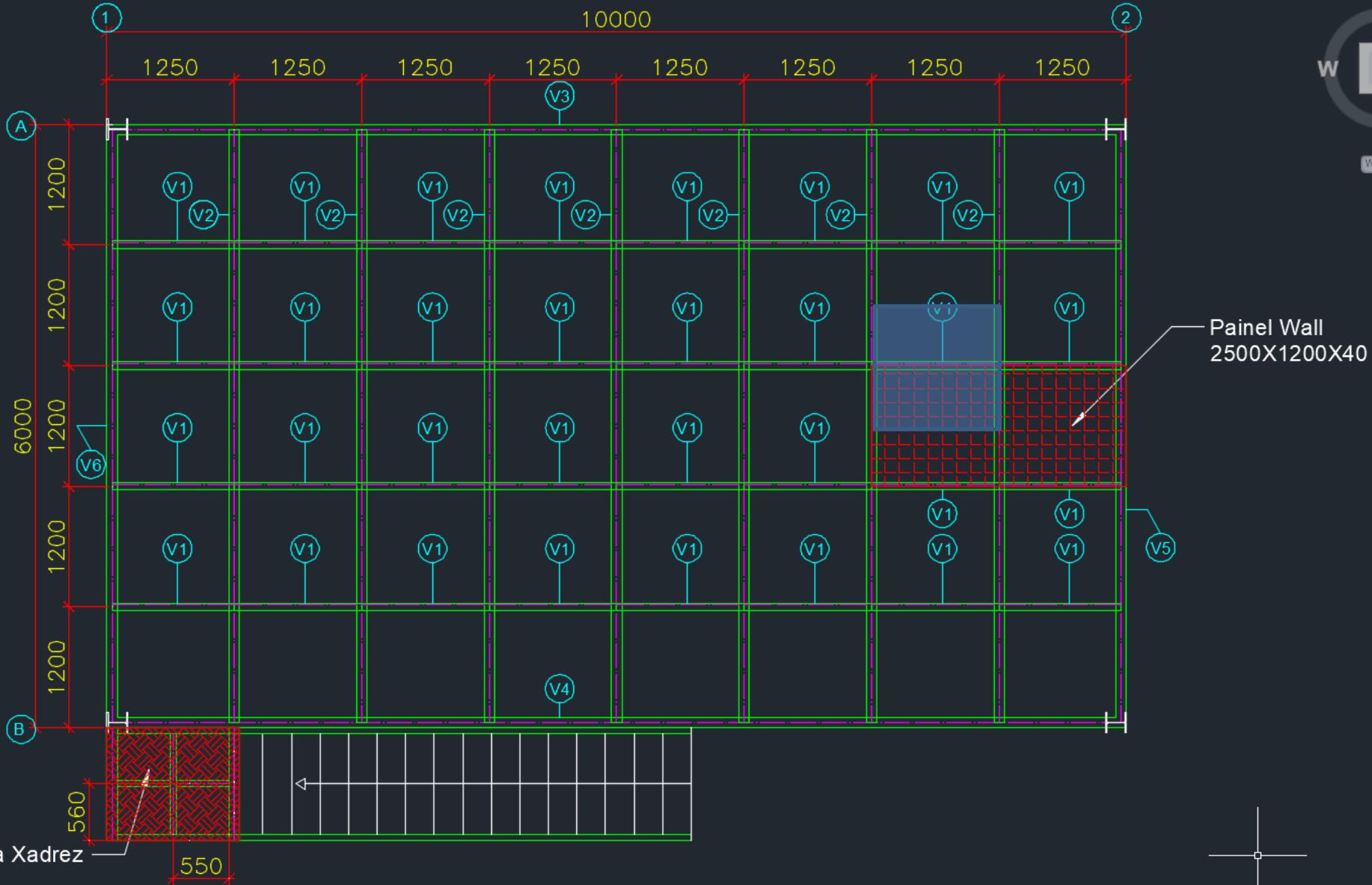


Duplo U Enrijecido

Integral Properties

A:	17.41 cm ²
As:	7.20 cm ²
I:	395.36 cm ⁴
d:	120.00 mm
ȳ:	60.00 mm

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)

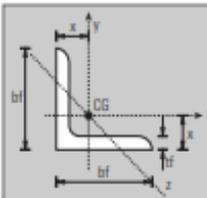


Tabela E.1 — Cantoneiras de abas iguais

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:

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

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

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)

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

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

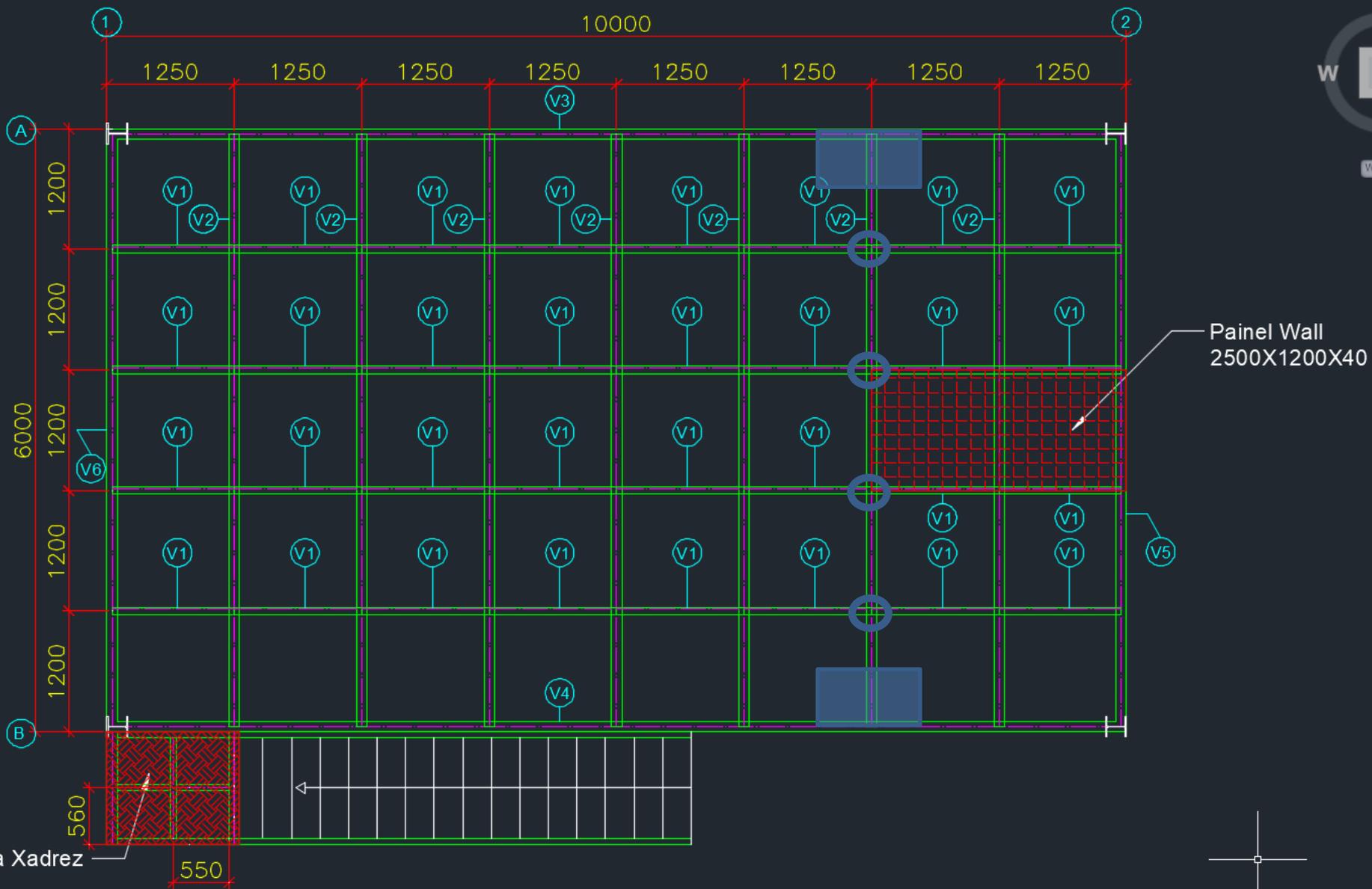
$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot F_y \cdot b \cdot t \cdot C_{v2}}{1,1}$$

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

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 Painel 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:

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

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

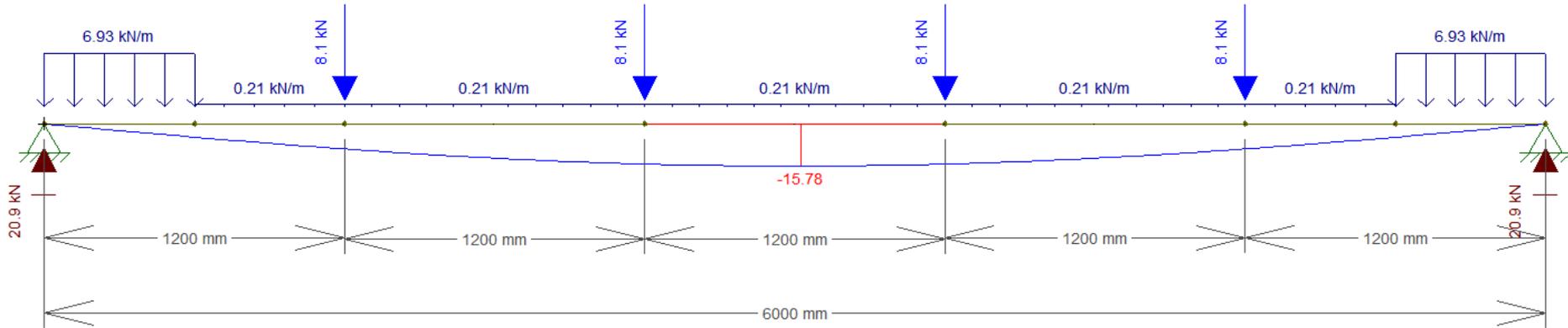
$$Z_x = \frac{1,10 \cdot M_{Sd}}{F_y} = \frac{1,10 \cdot 4630}{34,5} = \mathbf{148 \text{ cm}^3}$$

TABELA DE BITOLAS

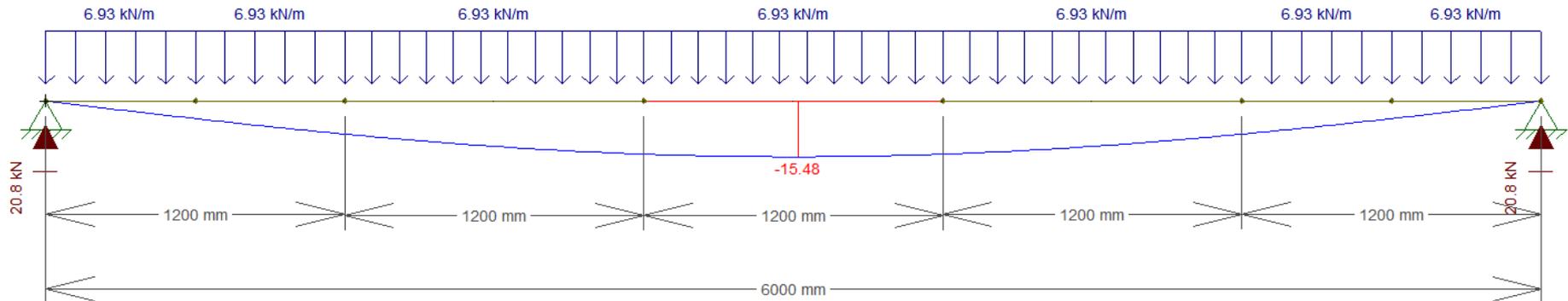
BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _i mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r _i cm	I _y cm ⁴	ESBELTEZ		C _v cm ³	u m ² /m	BITOLA in x lb/ft
				t _u mm	t _t mm				I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³			MESA-λ _t	ALMA-λ _w			
				b/2t _t	d'/t _u																		
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

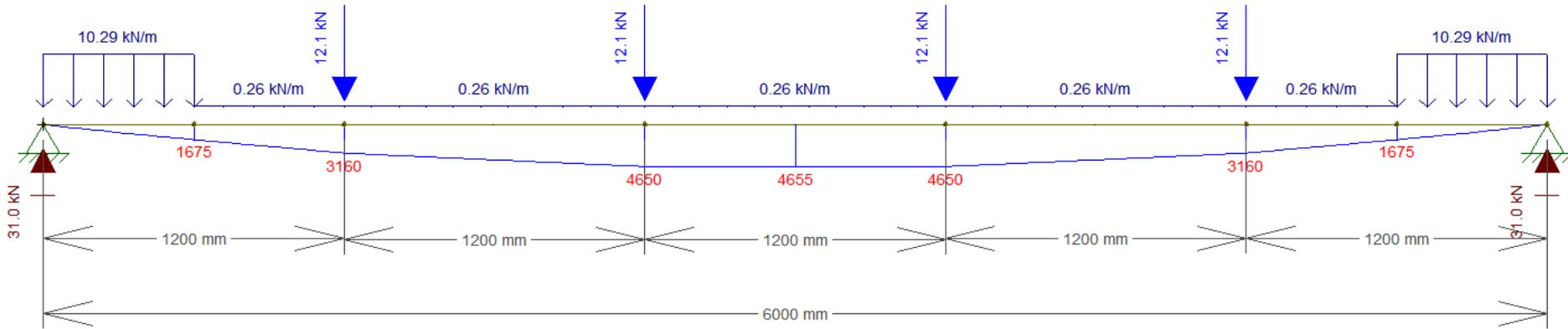


Método 2

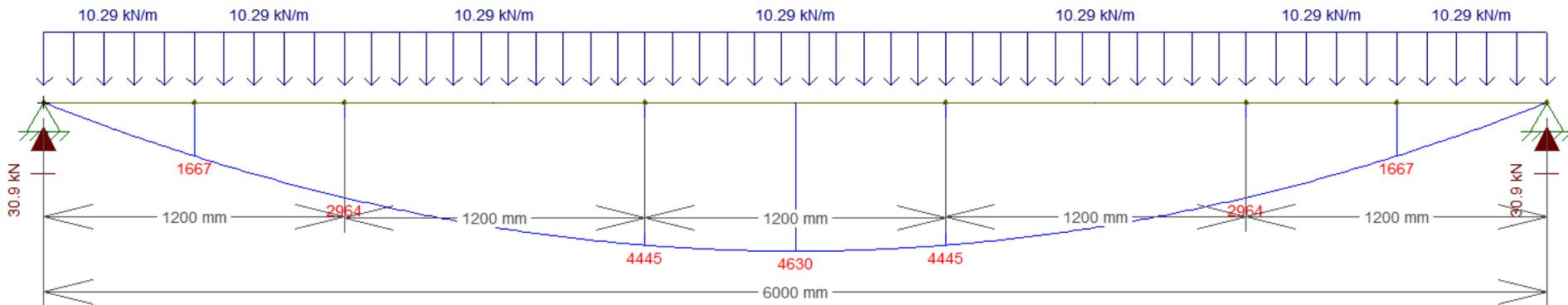


Modelagem V2 (Ftool-ELU – Momento Fletor)

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

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

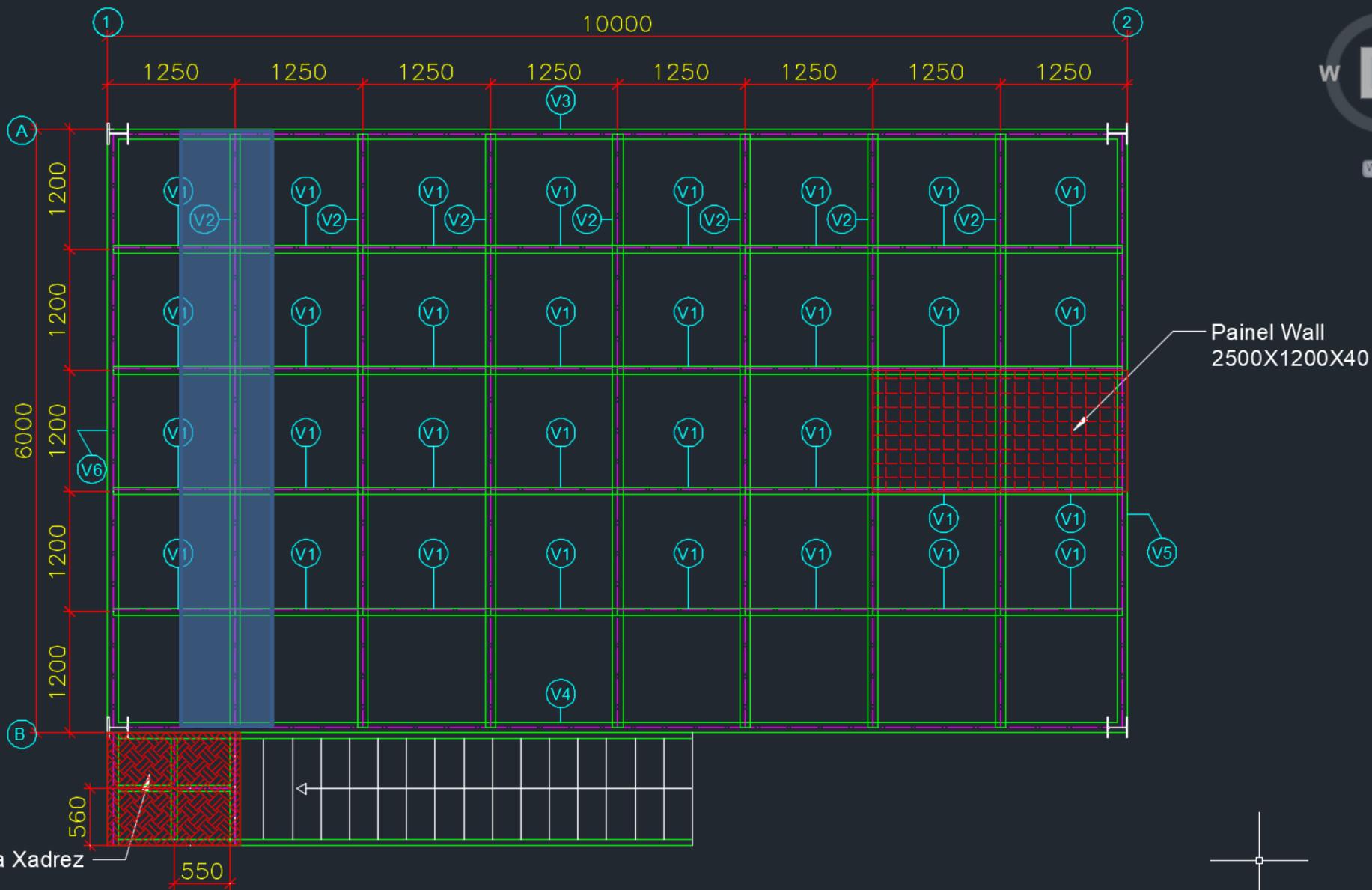
$$V_{Rd} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_y}{1,1} \rightarrow V_{Rd} = \frac{0,60 \cdot 30,3 \cdot 0,51 \cdot 34,5}{1,1} = 290,8 \text{ kN} > 31 \text{ kN} - \text{OK!}$$

Cálculo de V1

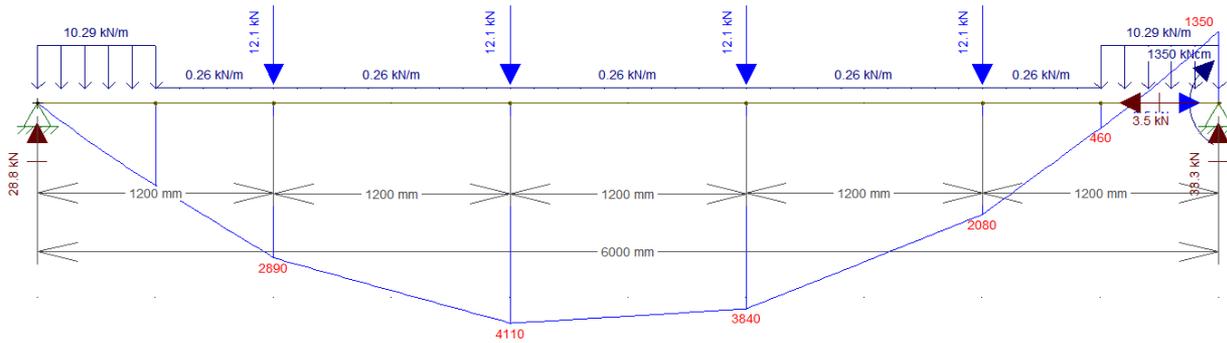
BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _i mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r _i cm	I _x cm⁴	ESBELTEZ		C _w cm⁴	u m²/m	BITOLA mm x kg/m
				t _m mm	t _t mm				I _x cm⁴	W _x cm³	r _x cm	Z _x cm³	I _y cm⁴	W _y cm³	r _y cm	Z _y cm³			ABA - λ _a b _i / 2t _i	ALMA - λ _h d' / t _a			
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	29,11	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	259	13,3	22,1	225	201	146,1	18.320	1.406,7	11,36	1.597,4	6.405	494,0	6,62	752,7	7,16	212,00	5,66	14,67	975.265	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	36,9	2,45	4,85	7,54	48,56	25.534	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

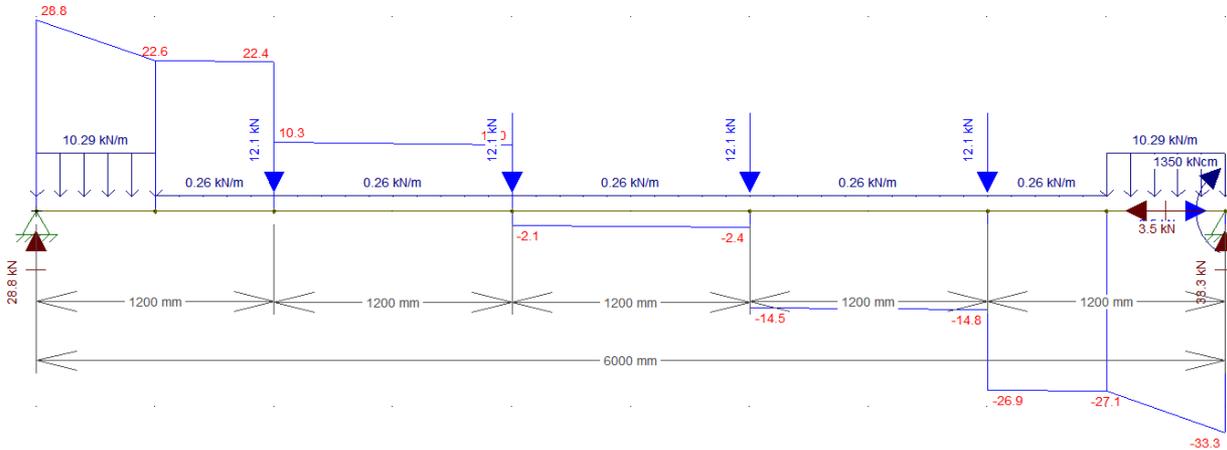


$$M_{Rd} = 9155 \text{ kN.cm} > 4110 \text{ kN.cm OK!}$$

$$V_{Rd} = 290 \text{ kN} > 33,3 \text{ kN OK!}$$

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

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



Precisamos verificar à tração e aos esforços combinados

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

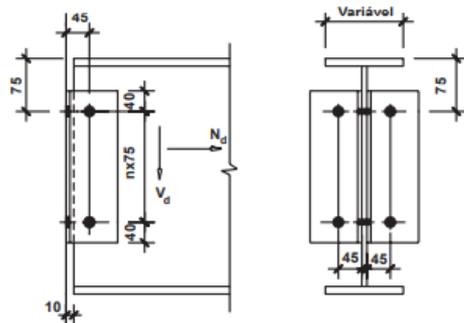
$$\frac{N_{SD}}{2N_{Rd}} + \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \rightarrow \frac{23}{2(853)} + \frac{4110}{9155} = 0,46 < 1 \text{ OK!}$$

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

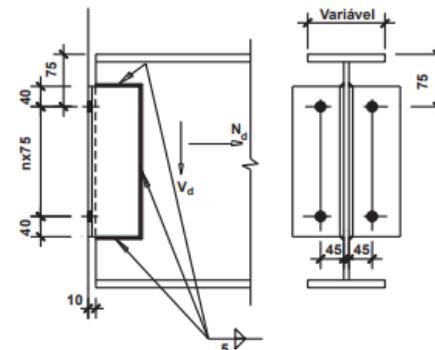
PARAFUSOS:
 2 ø 3/4" A325N
 4 ø 3/4" A325N



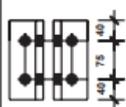
PERFIS:
 W 310 x 21,0
 W 310 x 23,8
 W 310 x 28,3
 W 310 x 32,7
 W 310 x 38,7
 W 310 x 44,5
 W 310 x 52,0
 W 310 x 60,0
 W 310 x 67,0
 W 310 x 74,0

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

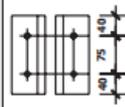
PARAFUSOS: 4 ø 3/4" A325N



		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.							
				$L_n(\max) = 30 \text{ mm}$		$L_n(\max) = 25 \text{ mm}$	
		V_d (kN)					
		Sem recortes		$L_n(\max)$		$L_n(\max)$	
n	Perfis	N_d (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.							
				$L_n(\max) = 30 \text{ mm}$		$L_n(\max) = 25 \text{ mm}$	
		V_d (kN)					
		Sem recortes		$L_n(\max)$		$L_n(\max)$	
n	Perfis	N_d (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	-	-	-	-	



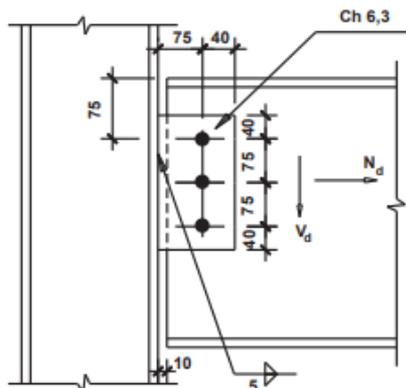
Ligação entre V2 e Pórtico principal

PERFIS: W 310
W 360
W 410
W 460

CHAPA: Ch 6,3 ASTM A36

PARAFUSOS: 3 Ø 3/4" A325N

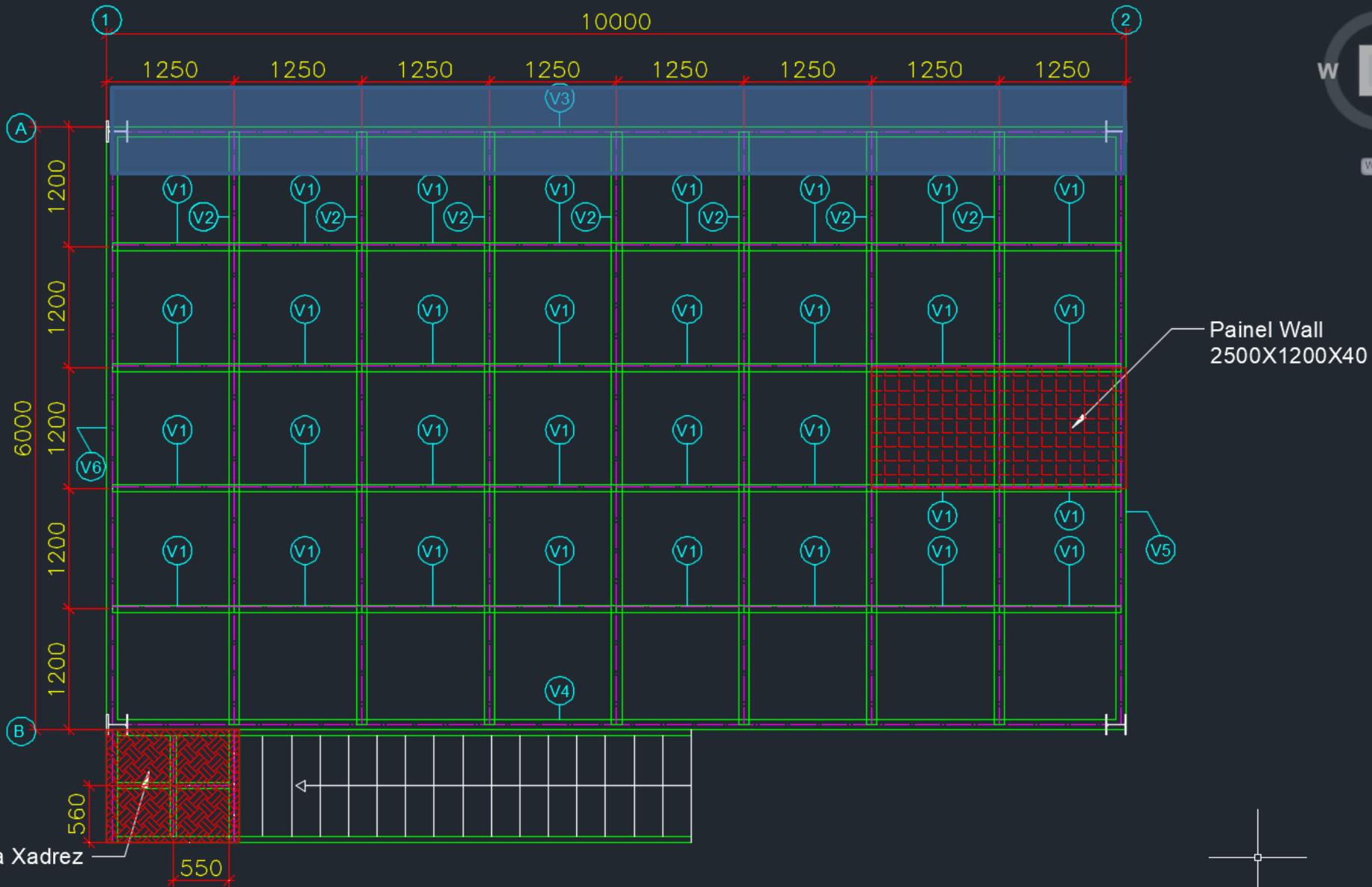
SOLDAS: ELETRODO E70XX



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

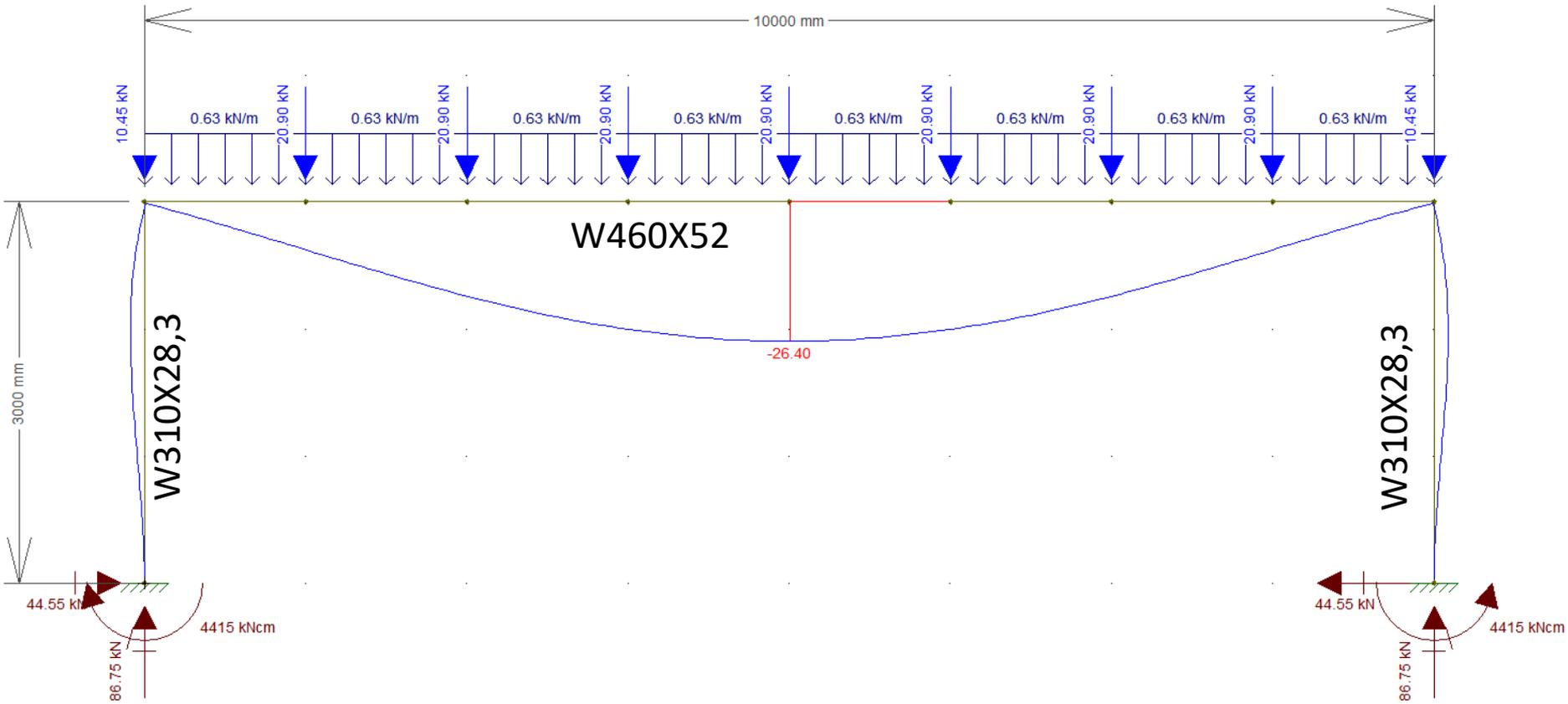
NOTAS:
 1 - Dimensões em mm.
 2 - Os valores tabelados são referentes às resistências de cálculo das ligações, conforme NBR 8800:2008.
 3 - Verificar obrigatoriamente o elemento suporte.

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) + 0,1066 (PP Guarda Corpo)

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 ℓt (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 ℓt (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

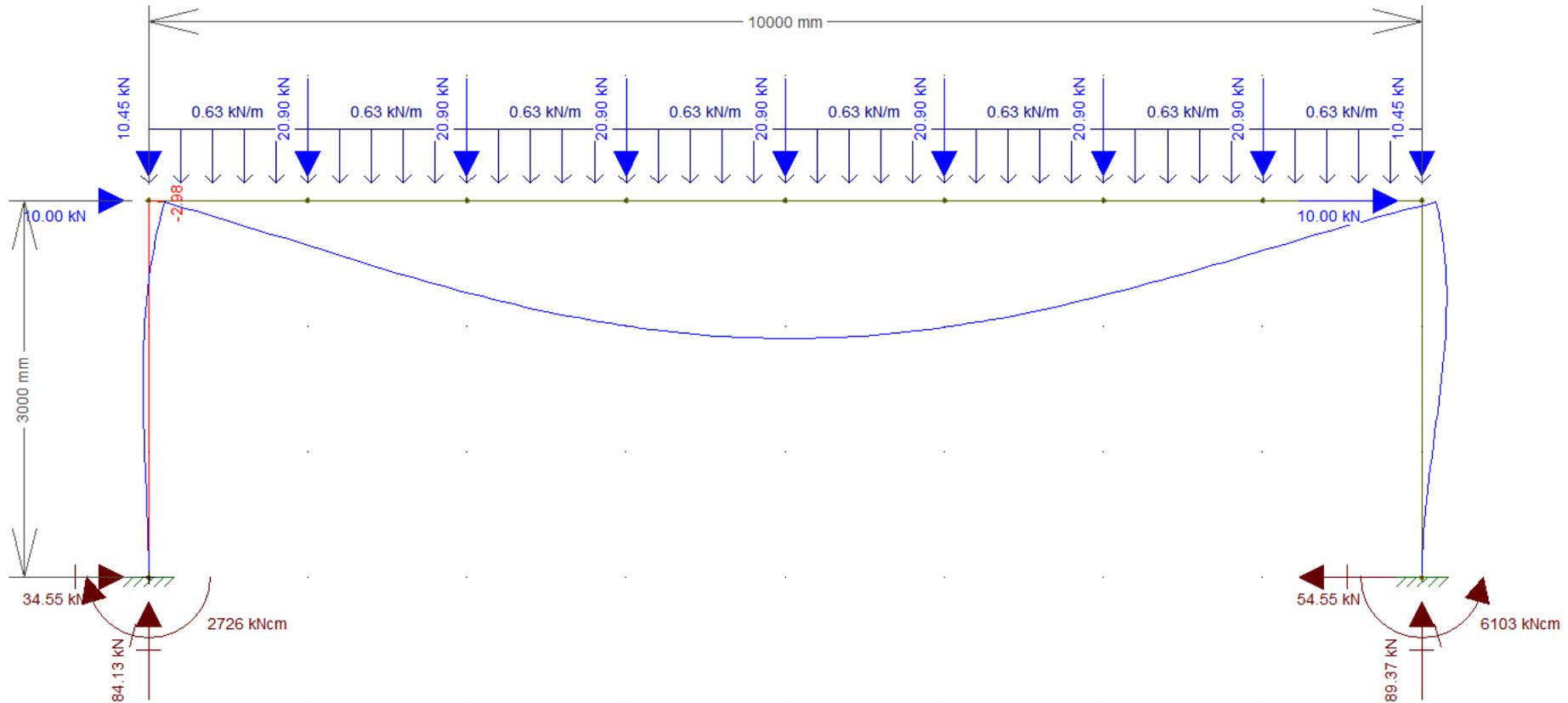
Vigas Pórtico: $0,52 \times 10 \times 2 = 10,4$ kN

Guarda Corpo: $0,1066 \times (6+10) \times 2 = 3,41$ kN

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

TOTAL = 347,76 kN

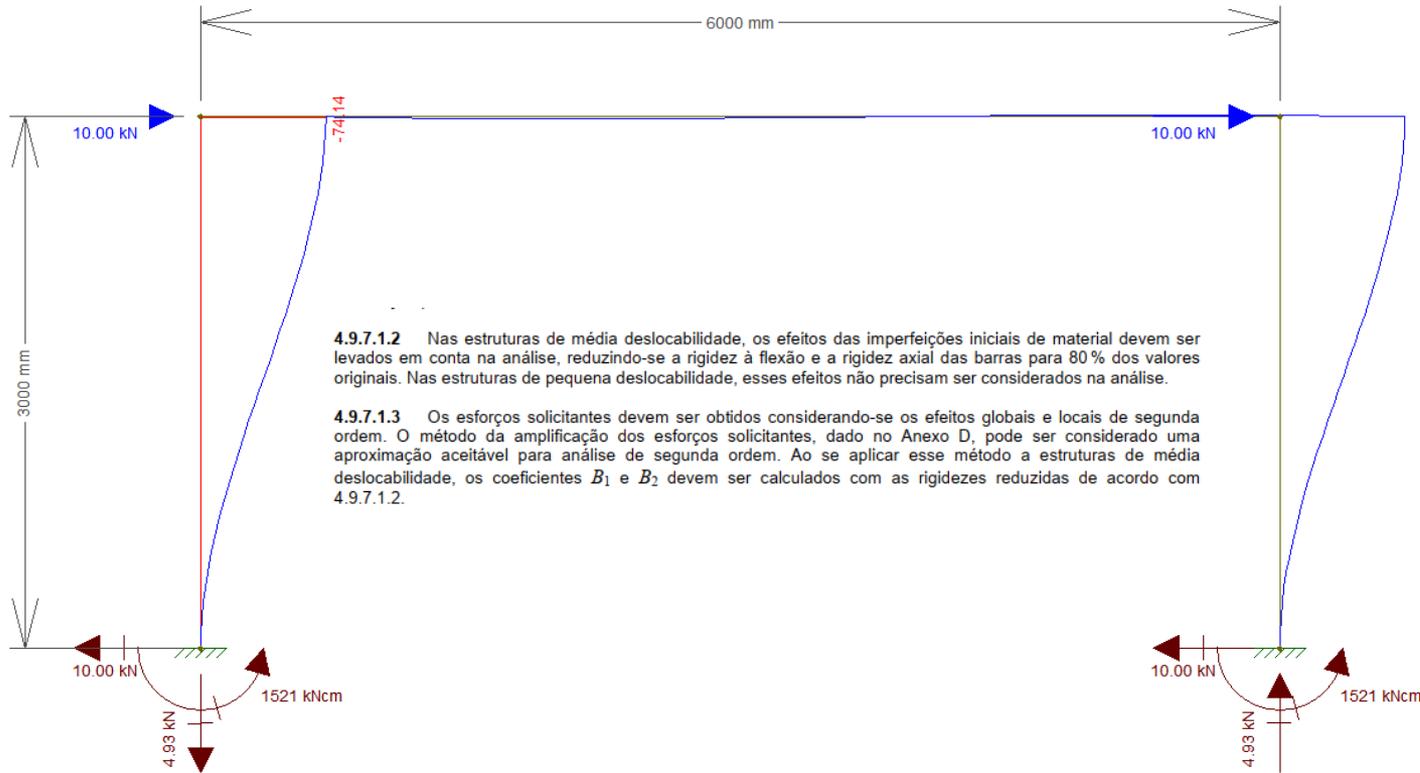
Estabilidade no eixo A



$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{Sd}}{\sum H_{Sd}}} \quad B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{0,85 \cdot 3000} \cdot \frac{2,98}{0,5 \cdot 347,76}} = 1,01$$

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.

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{Sd}}{\sum H_{Sd}}} \quad B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{0,85 \cdot 3000} \cdot \frac{74,14}{2 \cdot 10} \cdot \frac{0,5 \cdot 347,76}{2 \cdot 10}} = 1,34$$

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

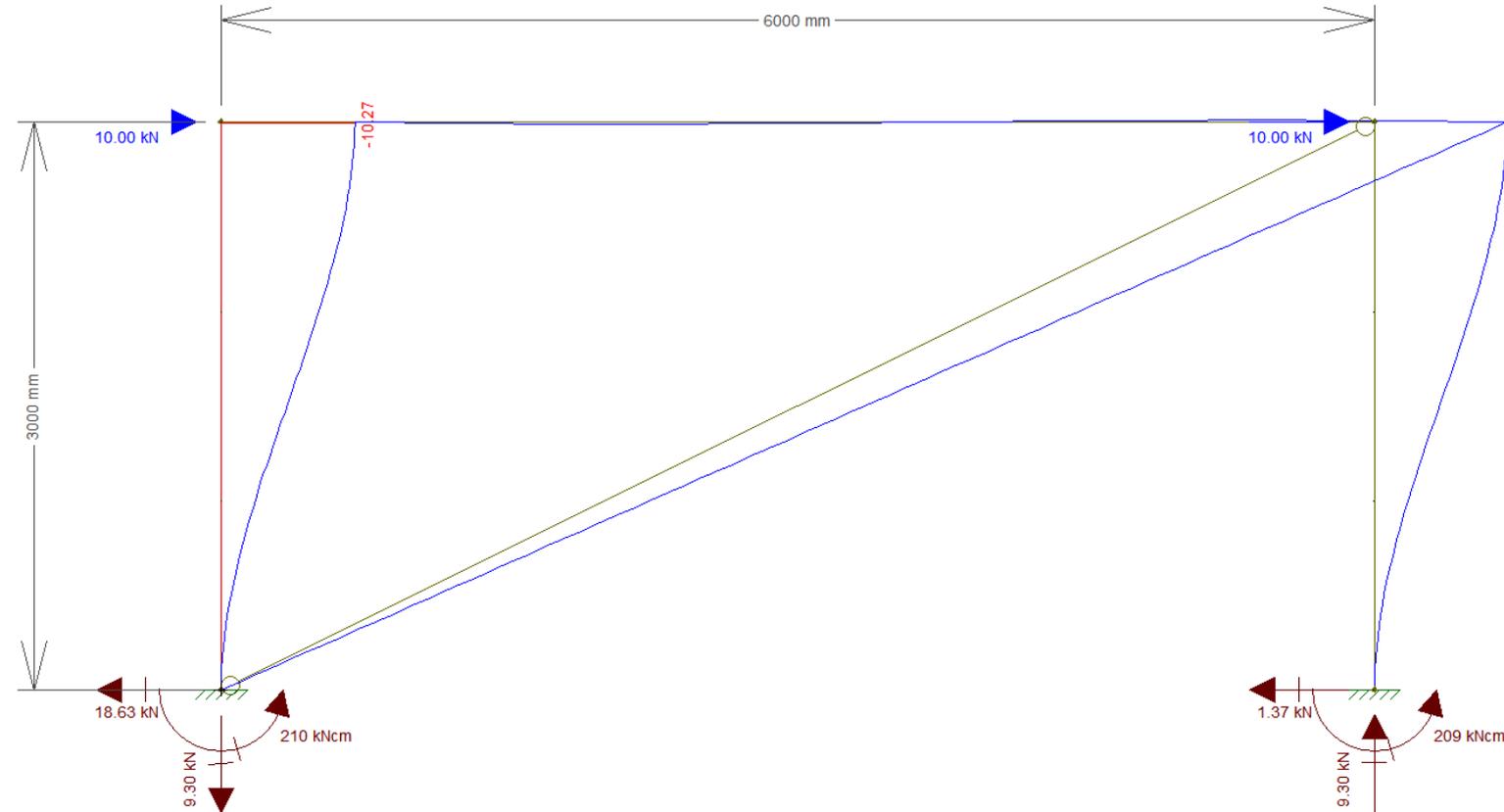
y: 51.00 mm

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

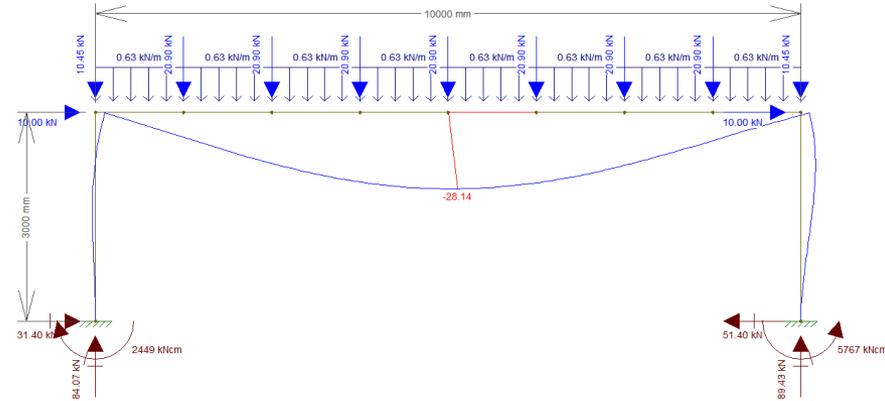
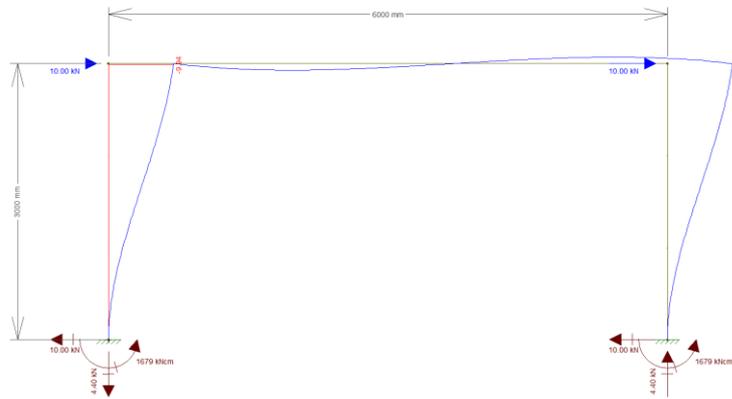
As: 0.36 cm²

I: 0.04 cm⁴

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{Sd}}{\sum H_{Sd}}} \quad B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{1,00 \cdot 3000} \cdot \frac{10,27}{2 \cdot 10} \cdot \frac{0,5 \cdot 347,76}{210}} = 1,03$$

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

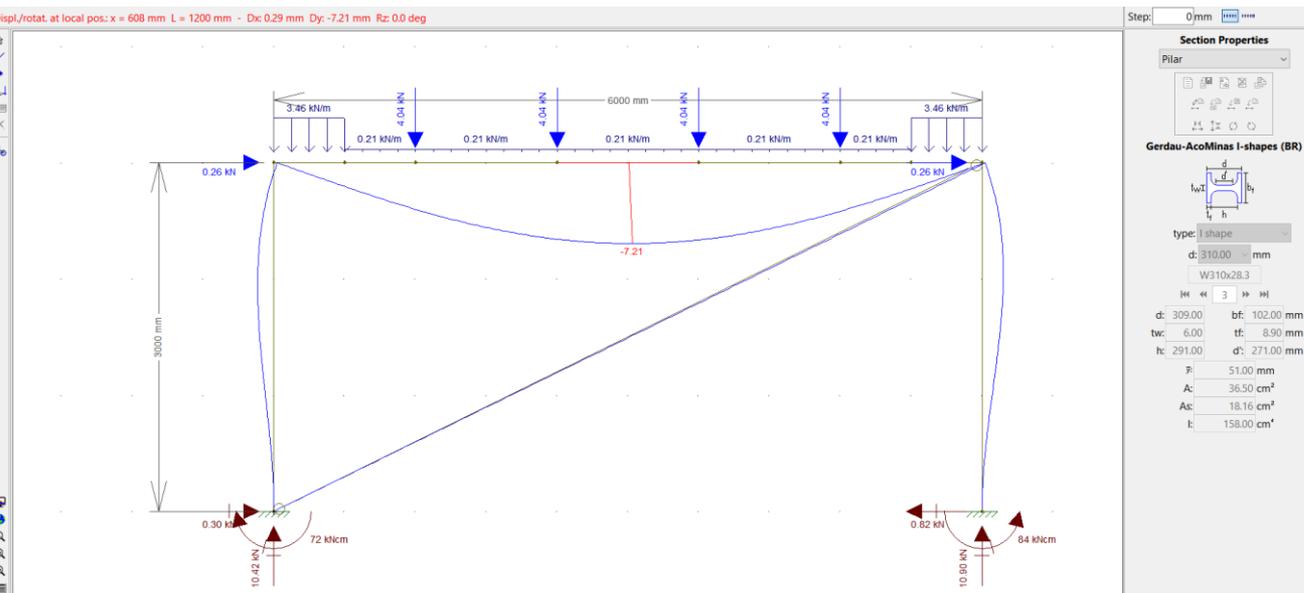
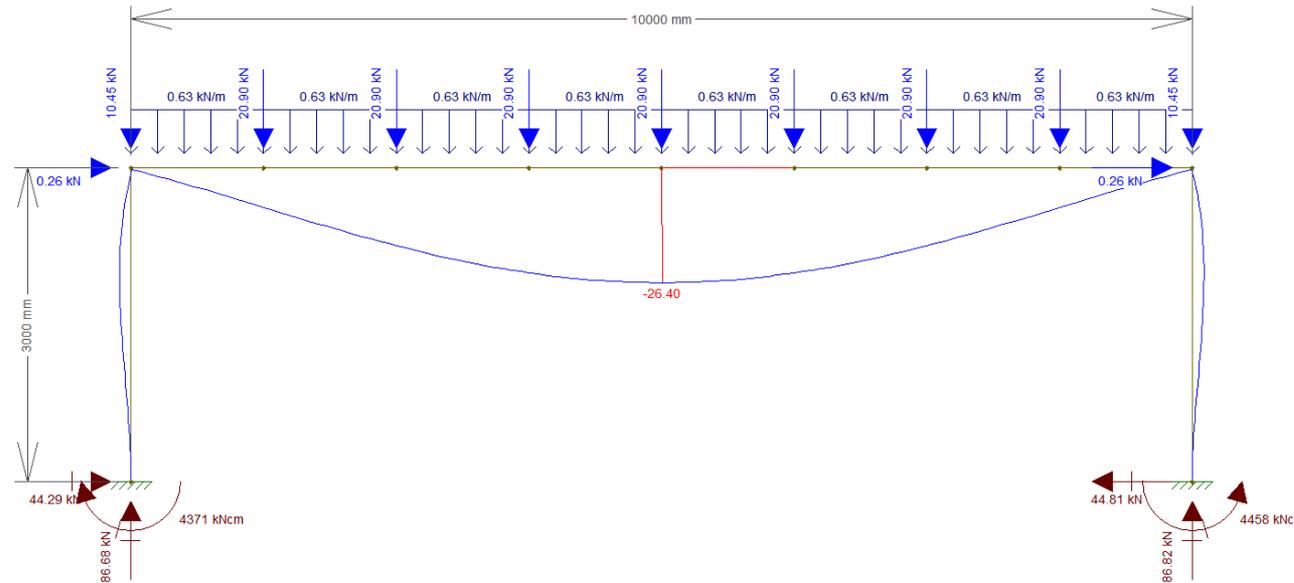
$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{Sd}}{\sum H_{Sd}}} \quad B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{0,85} \cdot \frac{9,94}{3000} \cdot \frac{0,5 \cdot 347,76}{2 \cdot 10}} = 1,03$$

Verificação ELS (Escada Descarregada)

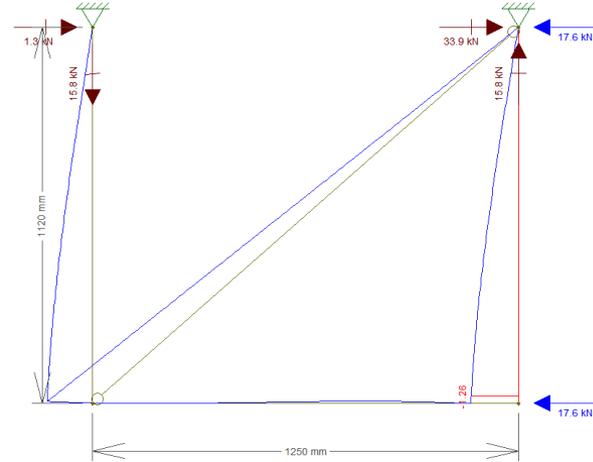
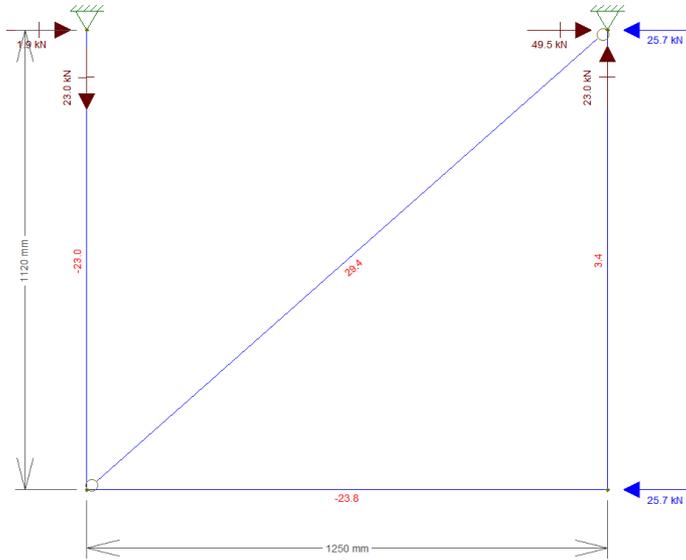
Carga Horizontal Mínima:

$$0,3\% \times 347,76 = 1,043 \text{ kN}$$

Divididos igualmente entre 4 pilares: 0,26 kN



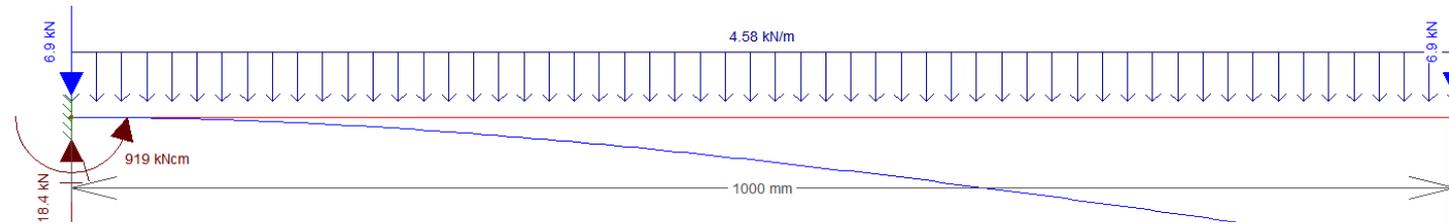
Reações Escada



Duplo U Enrijecido

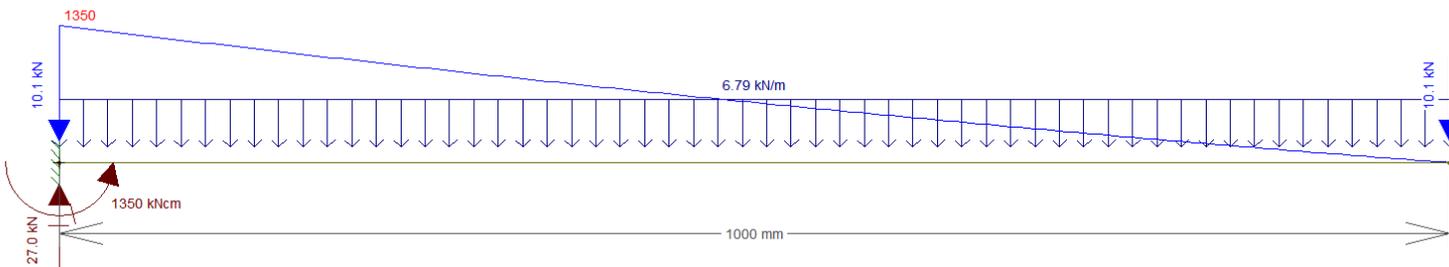
Integral Properties

A:	17.41 cm ²
As:	7.20 cm ²
I:	395.36 cm ⁴
d:	120.00 mm
ϕ:	60.00 mm

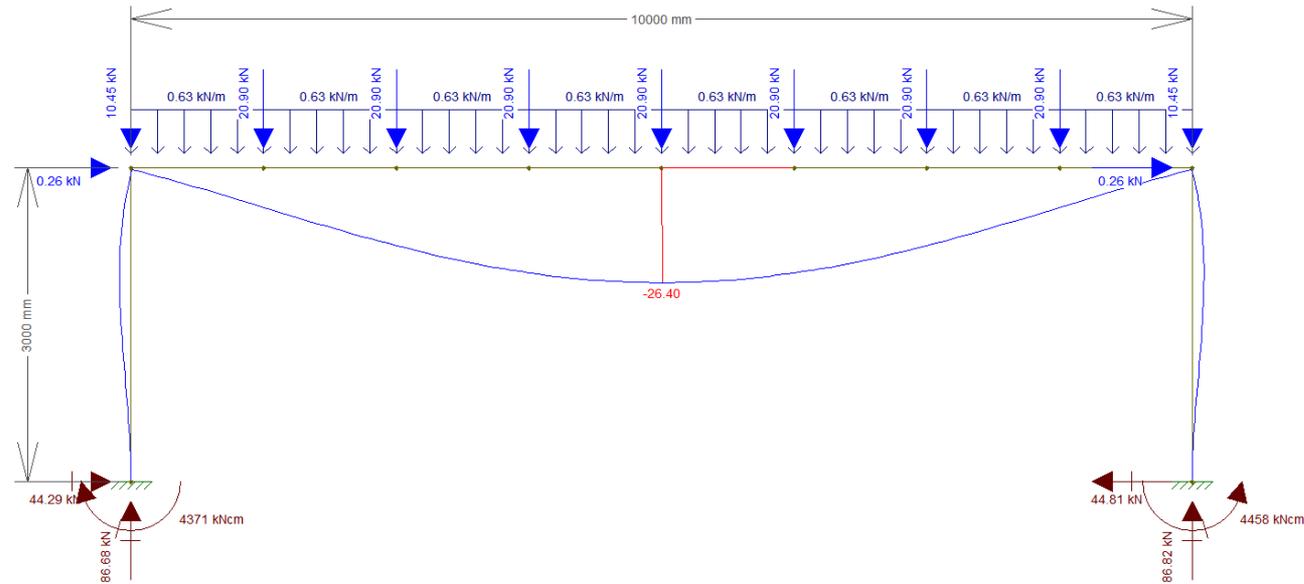


Integral Properties

A:	17.42 cm ²
As:	11.40 cm ²
I:	594.39 cm ⁴
d:	150.00 mm
ϕ:	75.00 mm



Verificação ELS (Escada descarregada)



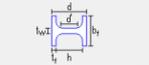
Displ./rotat. at local pos: x = 608 mm L = 1200 mm - Dx: 0.29 mm Dy: -7.21 mm Rz: 0.0 deg

Step: 0/mm

Section Properties

Pilar

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

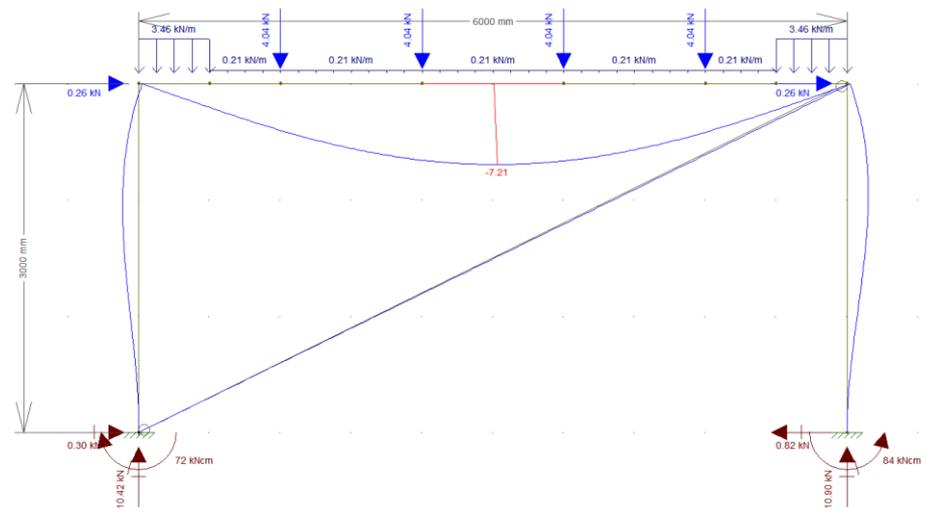
hc: 291.00 mm d': 271.00 mm

I: 51.00 mm⁴

A: 36.50 cm²

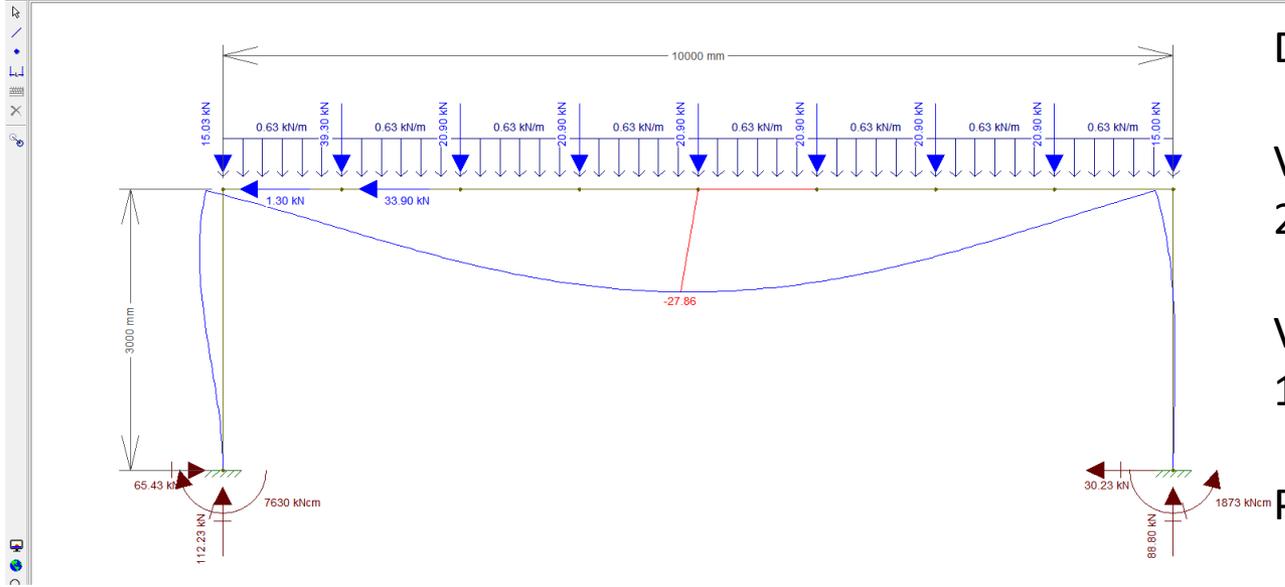
Ac: 18.16 cm²

I: 158.00 cm⁴



Verificação ELS (Escada carregada)

Displ./rotat. at local pos: x = 0 mm L = 1250 mm - Dx: -4.59 mm Dy: -27.86 mm Rz: -0.0 deg



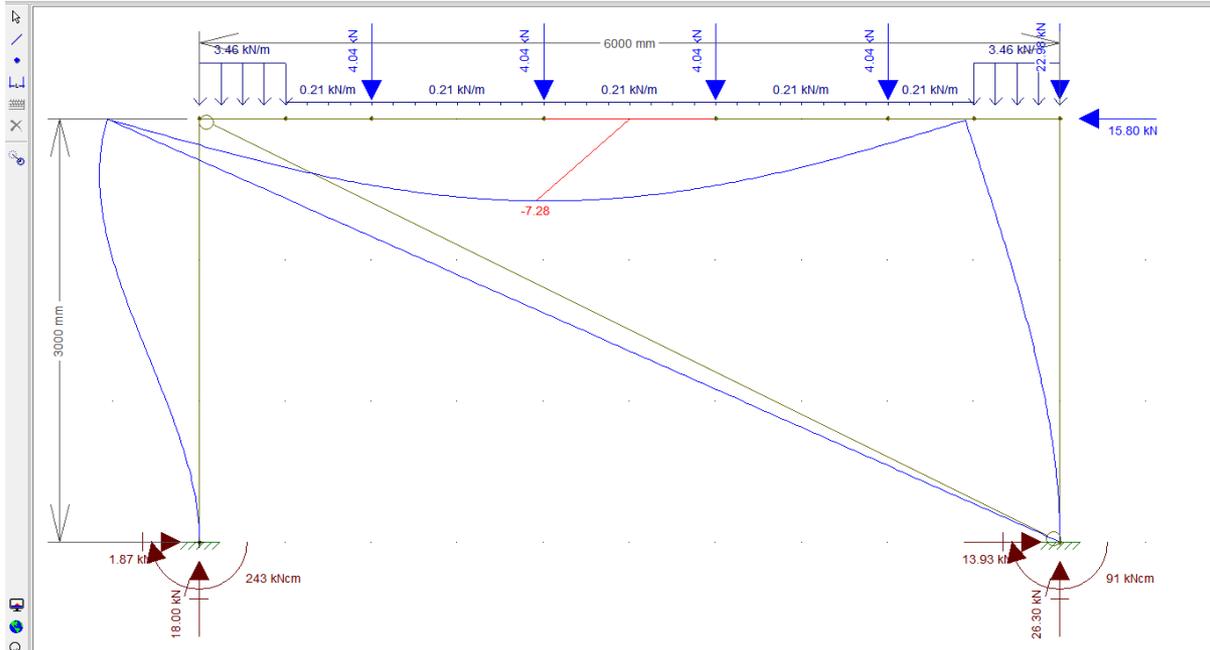
Deslocamentos Limites:

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

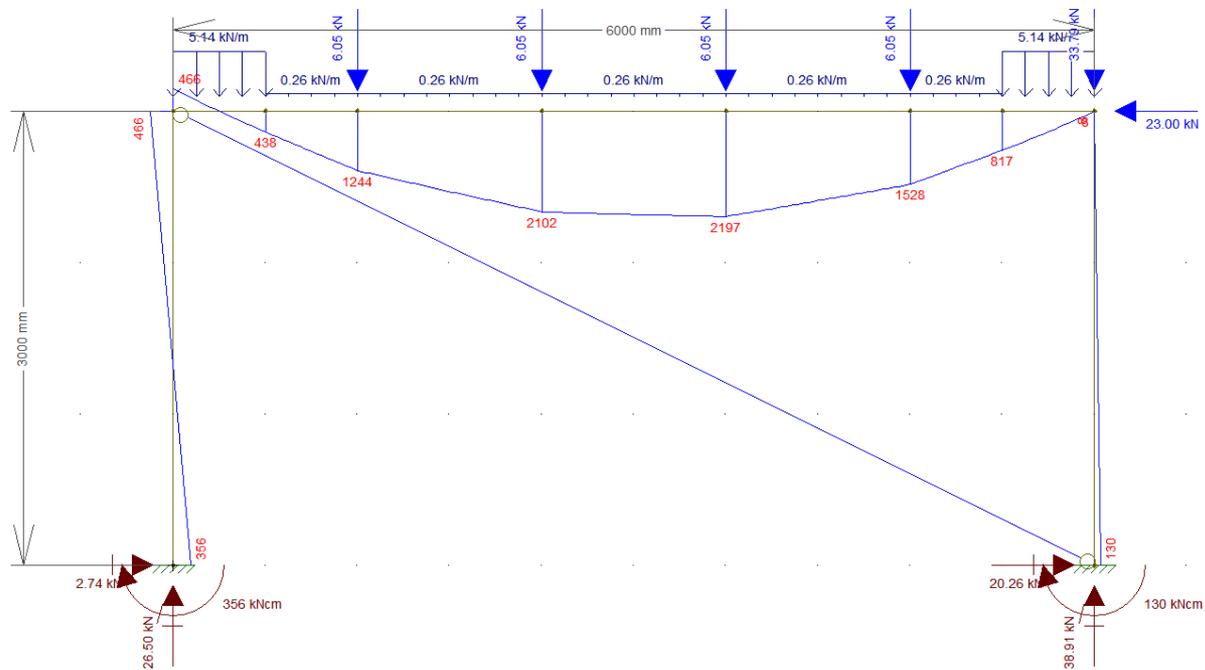
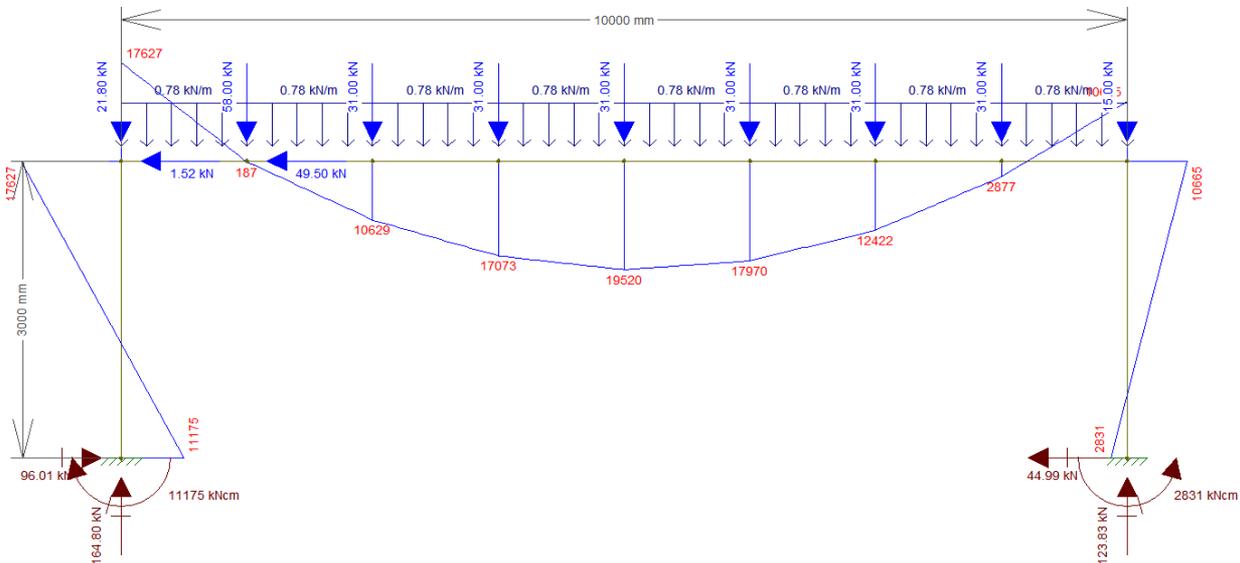
Viga 6m: $6000/350 = 17,14\text{mm OK}$

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

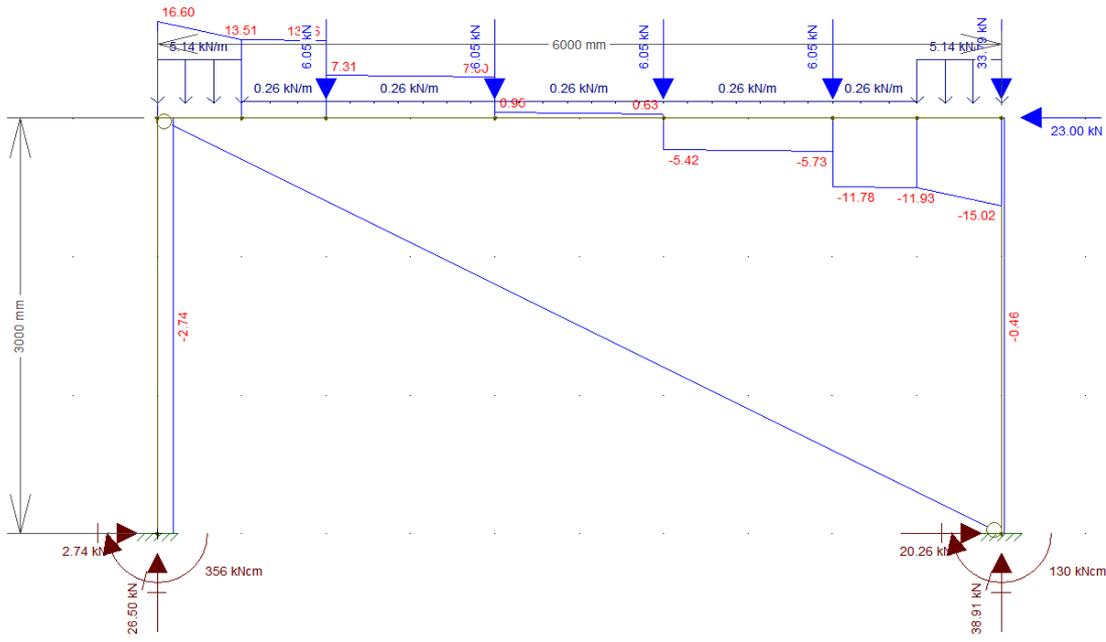
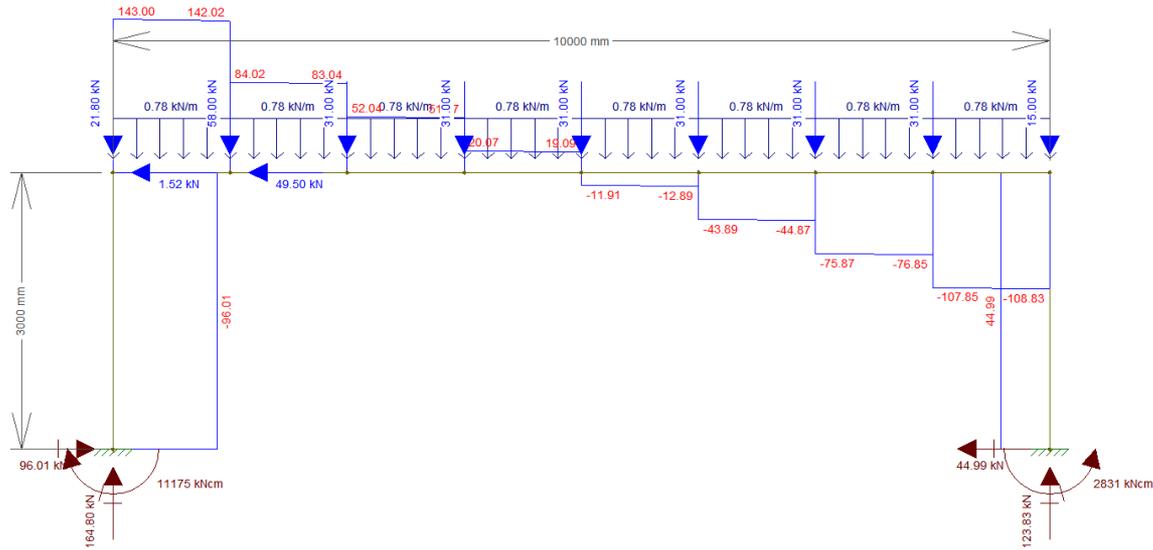
Displ./rotat. at local pos: x = 601 mm L = 1200 mm - Dx: -8.13 mm Dy: -7.28 mm Rz: -0.0 deg



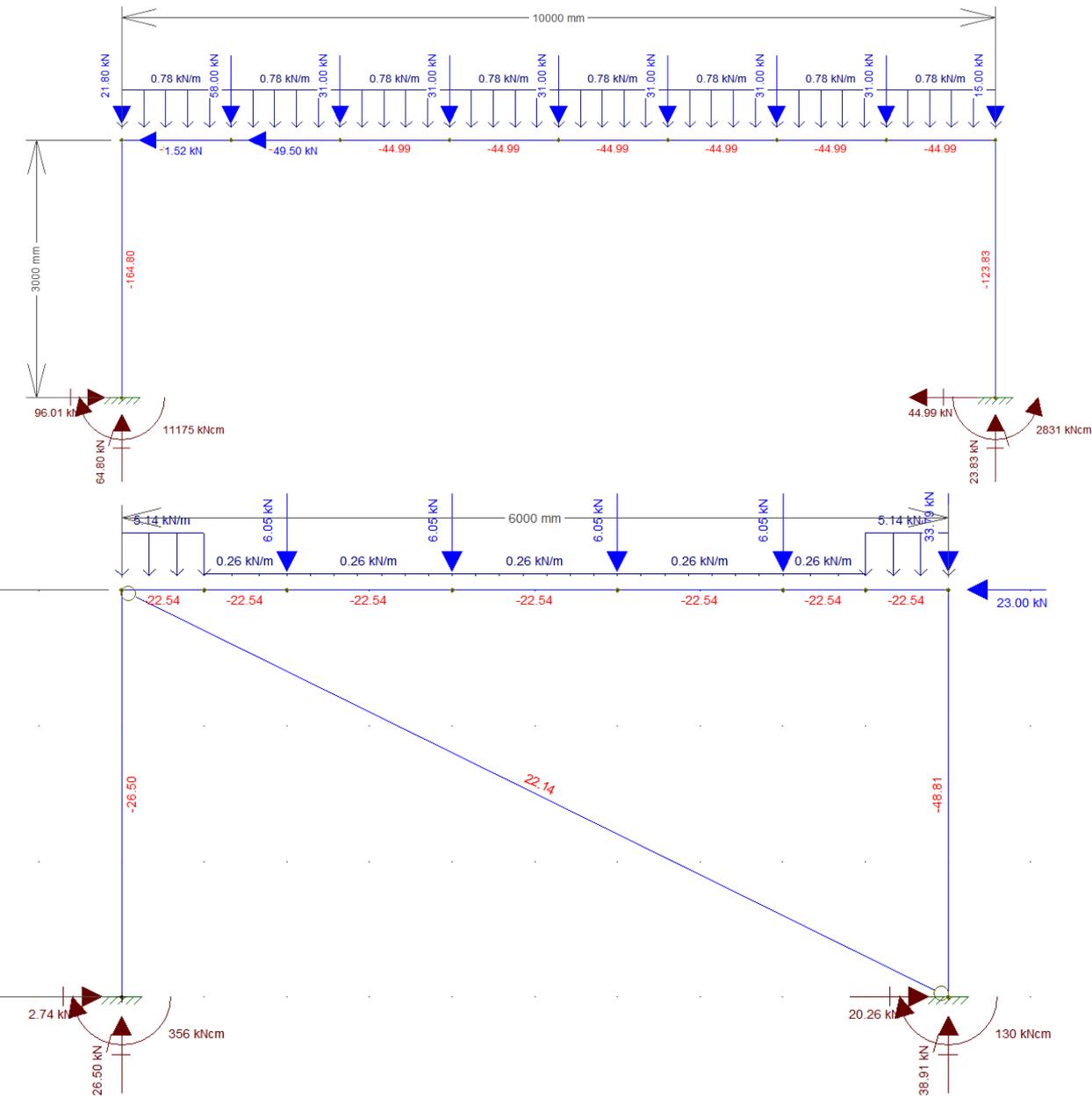
Esforços ELU – Momento Fletor



Esforços ELU – Cortante



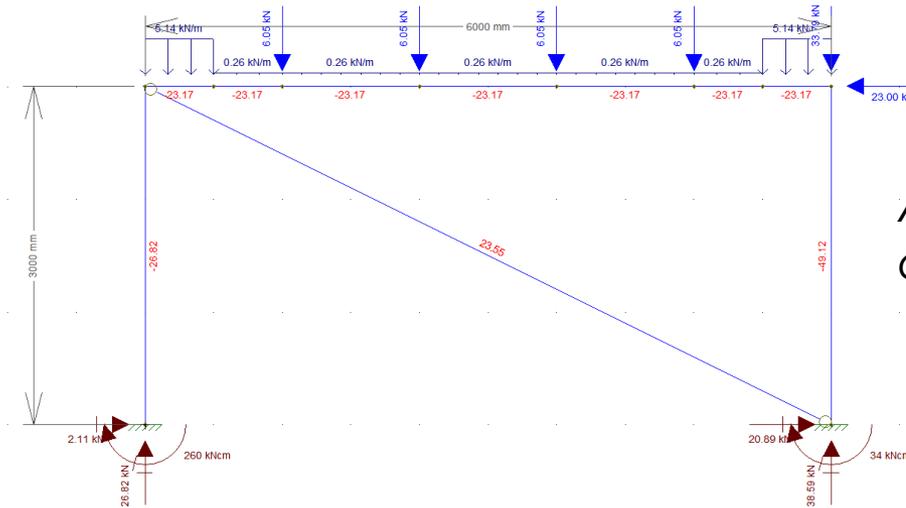
Esforços ELU – Axiais



Verificação da barra do contraventamento

Tração Solicitante: 22,14 kN barra Diam. 3/8''

$$Nt, Rd = \frac{A_g \cdot F_y}{1,1} \quad Nt, Rd = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot F_y}{4 \cdot 1,1} \quad Nt, Rd = \frac{\pi \cdot 0,952^2 \cdot 25}{4 \cdot 1,1} = 16,17 \text{ kN Não OK!}$$

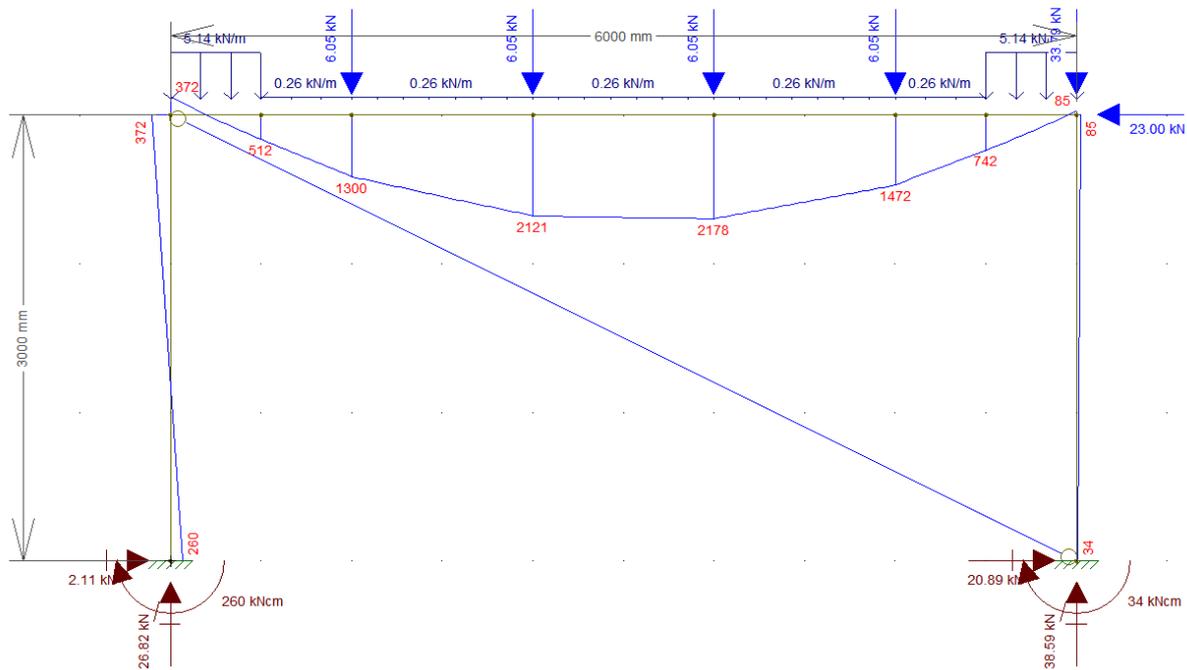
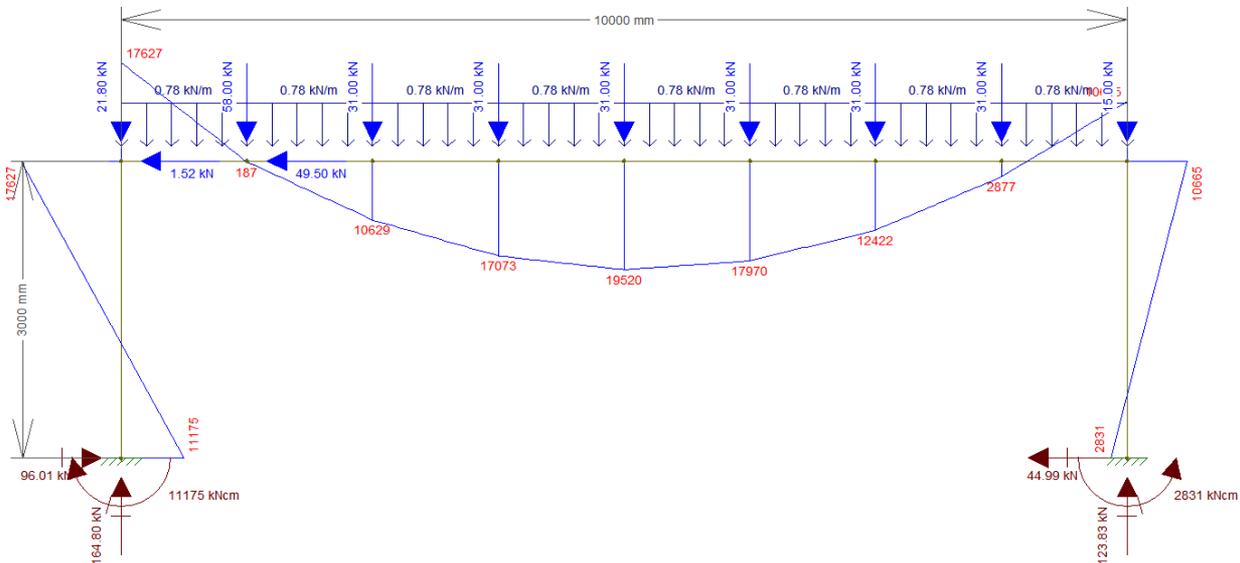


Ao trocar para Diam 1,27cm, a tração também se altera

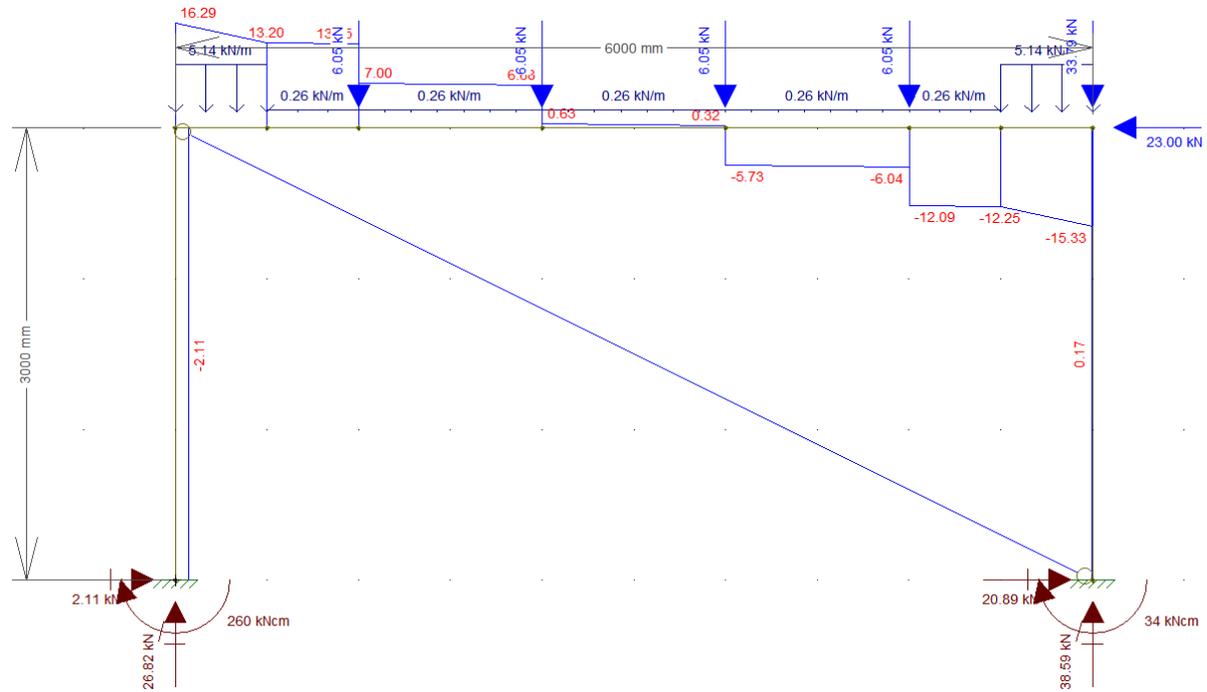
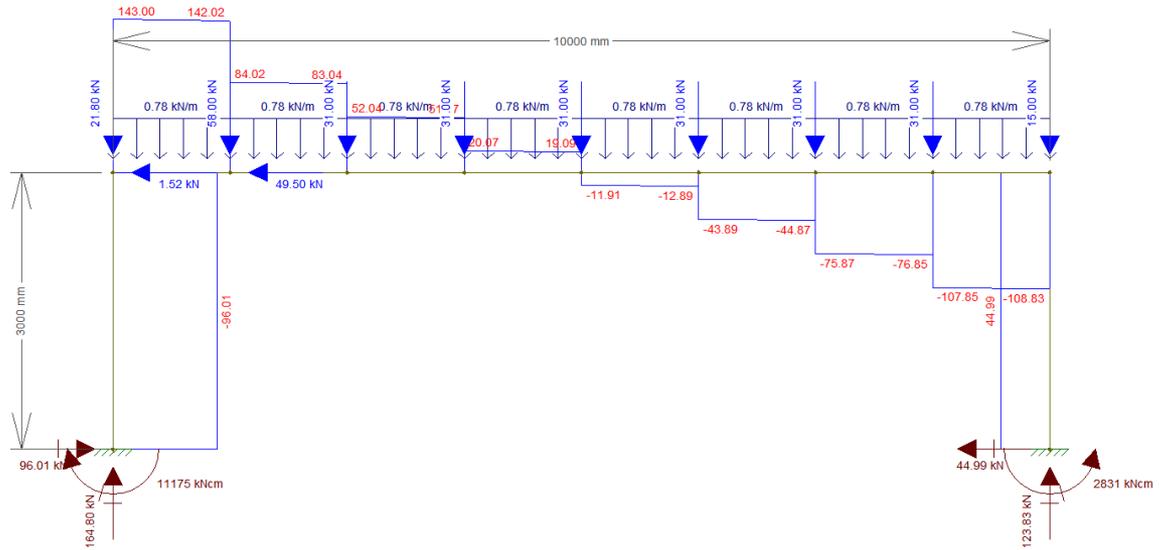
$$Nt, Rd = \frac{\pi \cdot 1,27^2 \cdot 25}{4 \cdot 1,1} = 28,79 \text{ kN OK!}$$

Precisamos atualizar os gráficos desse plano

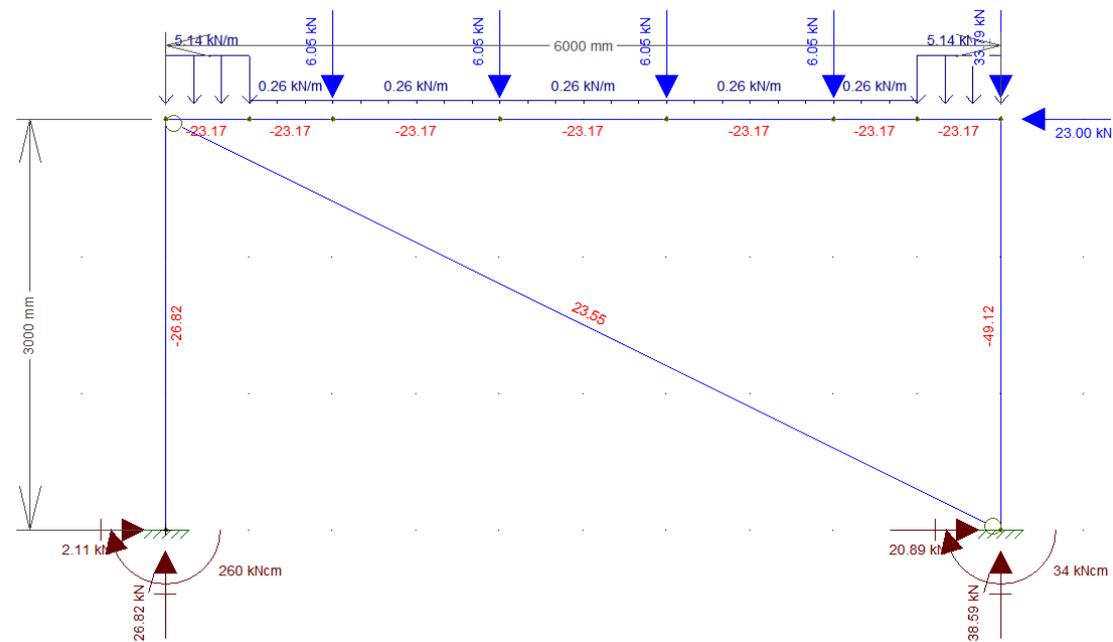
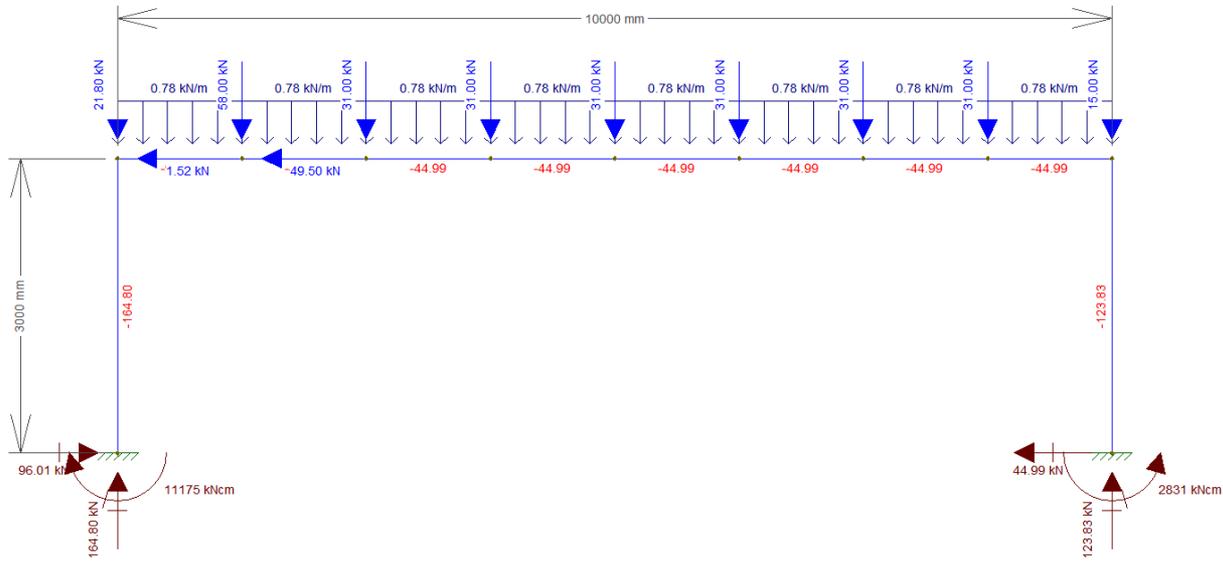
Esforços ELU – Momento Fletor



Esforços ELU – Cortante



Esforços ELU – Axiais



Verificação do Pilar

Esforços solicitantes:

$$M_x = 17627 \text{ kN.cm}$$

$$M_y = 372 \text{ kN.cm}$$

$$N_c = 164,80 \text{ kN}$$

$$V_y = 96,01$$

$$V_x = 2,11 \text{ kN}$$

Verificação à compressão

Esbeltez:

$$\lambda_x = \frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{0,7 \cdot 300}{12,28} = 17,10 \quad \lambda_y = \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{0,7 \cdot 300}{2,08} = 100,96$$

OK, flambagem pode ocorrer em torno de Y-Y

Verificação Flambagem Local:

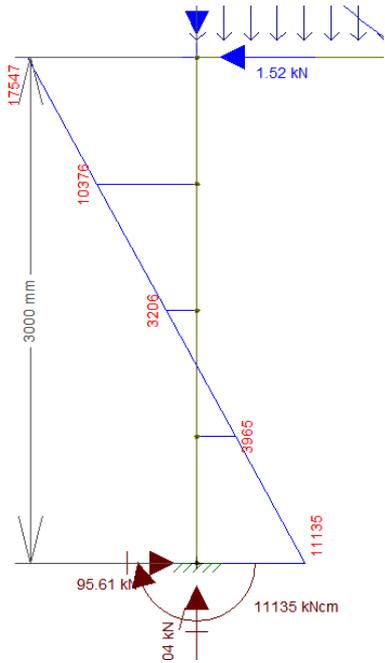
$$\frac{b_f}{2t_f} = 5,73 \rightarrow 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 13,48, Q_s = 1,00 \quad \frac{d'}{t_w} = 45,20 \rightarrow 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 35,86 \rightarrow \text{Calcular } Q_a$$

$$b_{ef} = 1,92 \cdot t \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left[1 - \frac{c_a}{b} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \rightarrow 1,92 \cdot 0,6 \sqrt{\frac{20000}{34,5}} \left[1 - \frac{0,34}{45,20} \cdot \sqrt{\frac{20000}{34,5}} \right] = 22,71$$

Verificação do Pilar

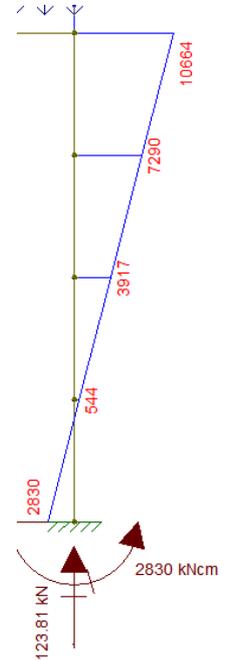
Esquerdo

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 17547}{2,5 \cdot 17547 + 3 \cdot 3965 + 4 \cdot 3206 + 3 \cdot 10376} = 2,19$$



Direito

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 10664}{2,5 \cdot 10664 + 3 \cdot 544 + 4 \cdot 3917 + 3 \cdot 7290} = 2,02$$



Dimensionamento de Perfis I e H Laminados Padrão Açominas

Listar Perfis que atendem

Resultado: **200,8%**

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	bhf	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 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	164,8	OK	30,4%	1,1

4. Resistência à Flexão eixo X-X

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
12922	17627	NOK	136,4%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
972	372	OK	38,3%	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	2,11	OK	0,6%	1,1

7. Resistência ao esforço cortante eixo Y

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
349	96,01	OK	27,5%	1,1

8. Resistência aos esforços Combinados

Nsd/Nrd 0,304

Combinação	Limite	Resultado	Cálculo
N.Mx.My	100%	NOK	200,8%

Esforços e Distâncias	
Lx (mm)	3000
Ly (mm)	3000
N(kN)	-164,8
Vx(kN)	2,11
Vy(kN)	96,01
Mx(kN.cm)	17627
My(kN.cm)	372
kx	0,7
ky	0,7
d (mm)	0
Lb (mm)	3000
Material	
ASTM A572GR50	
Fy (kN/cm ²)	34,5

Dados para Cálculo do NRd	
Q	0,93
Nex(kN)	25233,5
Ney(kN)	724,9
λ_0	1,27
χ	0,508

Esbelteza Limite FLA X-X		Esbelteza 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
Mr	12282,00	Mr	800,73
Compacta		Esbelta	

Esbelteza Limite FLM X-X		Esbelteza 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
Mr	8597,40	Mr	748,65
Compacta		Compacta	

Momento Plástica - Zfy X-X		Momento Plástica - Zfy Y-Y	
Mpl(kN.cm)	14214	Mpl(kN.cm)	1704

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

Perfil	Peso	%
W 360 x 44,0	44,00	90,35%
W 310 x 44,5	44,50	96,48%
W 410 x 46,1	46,10	86,23%
W 360 x 51,0	51,00	78,39%
W 310 x 52,0	52,00	81,35%
W 460 x 52,0	52,00	71,70%
W 410 x 53,0	53,00	69,15%
W 360 x 57,8	57,80	69,25%
W 200 x 59,0 (H)	59,00	93,66%
W 410 x 60,0	60,00	60,19%
W 460 x 60,0	60,00	60,06%
HP 250 x 62,0 (H)	62,00	83,70%
W 360 x 64,0	64,00	59,35%
W 530 x 66,0	66,00	52,37%
W 410 x 67,0	67,00	52,89%
W 460 x 68,0	68,00	51,55%
W 200 x 71,0 (H)	71,00	76,45%
W 360 x 72,0	72,00	52,80%
W 530 x 72,0	72,00	43,79%
W 250 x 73,0 (H)	73,00	62,97%
W 460 x 74,0	74,00	44,33%
W 530 x 74,0	74,00	44,68%
W 410 x 75,0	75,00	47,30%
HP 310 x 79,0 (H)	79,00	58,14%
W 360 x 79,0	79,00	48,85%
W 250 x 80,0 (H)	80,00	56,88%
W 460 x 82,0	82,00	39,89%
W 530 x 82,0	82,00	36,78%
HP 250 x 85,0 (H)	85,00	57,04%
W 410 x 85,0	85,00	41,38%
W 530 x 85,0	85,00	38,02%
W 200 x 86,0 (H)	86,00	62,38%
W 250 x 89,0 (H)	89,00	50,58%
W 460 x 89,0	89,00	36,14%
W 360 x 91,0 (H)	91,00	40,24%
W 530 x 92,0	92,00	31,93%
HP 310 x 93,0 (H)	93,00	45,83%
W 310 x 97,0 (H)	97,00	39,89%
W 460 x 97,0	97,00	33,30%
W 250 x 101,0 (H)	101,00	44,39%
W 360 x 101,0 (H)	101,00	34,61%
W 530 x 101,0	101,00	28,46%
W 610 x 101,0	101,00	26,46%
W 460 x 106,0	106,00	31,75%

Pilar esquerdo falha por FLT e na combinação de esforços

Dimensionamento de Perfis I e H Laminados Padrão Açominas

Listar Perfis que atendem

Esforços e Distâncias

Lx (mm)	3000
Ly (mm)	3000
N(kN)	-123,83
Vx(kN)	2,11
Vy(kN)	44,9
Mx(kN.cm)	10665
My(kN.cm)	372
kx	0,7
ky	0,7
kz	1
d (mm)	0
Cb	2,02
Lb (mm)	3000

Material

ASTM A572GR50

Fy (kN/cm²) 34,5

Dados para Cálculo do Nrd

Q	0,93
Ned(kN)	25233,5
Ney(kN)	724,9
λ0	1,27
χ	0,508
r0(cm)	12,5
Nez(kN)	917,66

Esbeltez Limite FLA X-X		Esbeltez Limite FLA Y-Y	
λalma	48,53	λalma	48,53
λp	91,65	λp	27,30
λr	138,94	λr	34,13
Mr	12282,00	Mr	800,73
Compacta		Esbelta	

Esbeltez Limite FLM X-X		Esbeltez Limite FLM Y-Y	
λmesa	5,73	λmesa	5,73
λp	9,26	λp	9,26
λr	24,18	λr	24,18
Mr	8597,40	Mr	748,65
Compacta		Compacta	

Momento Plástica - Zfy X-X		Momento Plástica - Zfy Y-Y	
Mpl(kN.cm)	14214	Mpl(kN.cm)	1704

MRd X-X		MRd Y-Y	
FLA	14214	FLA	1070
FIM	14214	FIM	1704

Resultado: 139,4%

W 310 x 28,3

d(mm)	309	wx(cm²)	356	rx(cm)	12,28
bf(mm)	102	wy(cm²)	31	ry(cm)	2,08
d2(mm)	271	Zx(cm³)	412	Área(cm²)	36,5
tw(mm)	6	Zy(cm³)	49,4	ho/tw	45,2
tf(mm)	8,9	Ix(cm⁴)	5500	b/tf	5,7
h(mm)	291,2	Iy(cm⁴)	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	%	
200	17	OK	8,6%	λx
200	101	OK	50,5%	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
542	123,83	OK	22,9%	1,1

4. Resistência à Flexão eixo X-X

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
12922	10665	OK	82,5%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
972	372	OK	38,3%	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	2,11	OK	0,6%	1,1

7. Resistência ao esforço cortante eixo Y

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
349	44,9	OK	12,9%	1,1

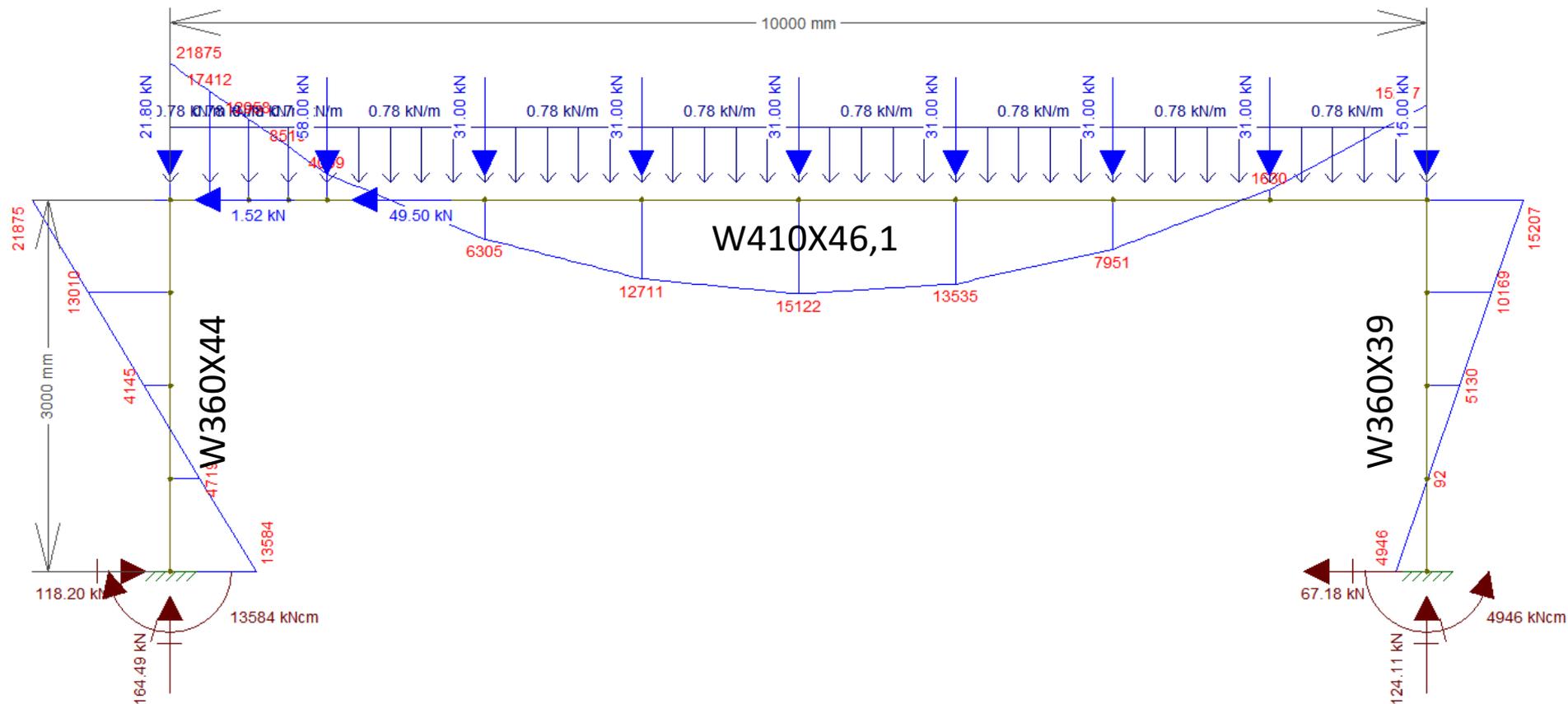
8. Resistência aos esforços Combinados

Nsd/Nrd 0,229

Combinação	Limite	Resultado	Cálculo
N, Mx, My	100%	NOK	139,4%

Perfil	Peso	%
W 360 x 32,9	32,90	96,02%
W 250 x 38,5	38,50	85,61%
W 310 x 38,7	38,70	74,23%
W 360 x 39,0	39,00	77,44%
W 200 x 41,7 (H)	41,70	87,58%
W 360 x 44,0	44,00	60,48%
W 310 x 44,5	44,50	63,82%
W 250 x 44,8	44,80	72,46%
W 200 x 46,1(H)	46,10	77,92%
W 410 x 46,1	46,10	59,58%
W 360 x 51,0	51,00	52,36%
W 200 x 52,0 (H)	52,00	67,39%
W 310 x 52,0	52,00	53,76%
W 460 x 52,0	52,00	49,90%
HP 200 x 53,0 (H)	53,00	69,98%
W 410 x 53,0	53,00	46,73%
W 360 x 57,8	57,80	46,21%
W 200 x 59,0 (H)	59,00	58,82%
W 410 x 60,0	60,00	40,56%
W 460 x 60,0	60,00	41,59%
HP 250 x 62,0 (H)	62,00	52,65%
W 360 x 64,0	64,00	39,00%
W 530 x 66,0	66,00	36,91%
W 410 x 67,0	67,00	35,62%
W 460 x 68,0	68,00	35,65%
W 200 x 71,0 (H)	71,00	48,00%
W 360 x 72,0	72,00	34,68%
W 530 x 72,0	72,00	30,08%
W 250 x 73,0 (H)	73,00	39,60%
W 460 x 74,0	74,00	30,04%
W 530 x 74,0	74,00	31,72%
W 410 x 75,0	75,00	31,83%
HP 310 x 79,0 (H)	79,00	36,68%
W 360 x 79,0	79,00	32,64%
W 250 x 80,0 (H)	80,00	35,76%
W 460 x 82,0	82,00	27,00%
W 530 x 82,0	82,00	25,16%
HP 250 x 85,0 (H)	85,00	35,94%
W 410 x 85,0	85,00	27,82%
W 530 x 85,0	85,00	30,70%
W 200 x 86,0 (H)	86,00	39,17%
W 250 x 89,0 (H)	89,00	31,81%
W 460 x 89,0	89,00	24,53%
W 360 x 91,0 (H)	91,00	26,39%

Pilar Direito Falha na combinação de esforços



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

Listar Perfis que atendem

Esforços e Distâncias

Lx (mm)	3000		
Ly (mm)	3000		
N(kN)	-164,5		
Vx(kN)	2,11		
Vy(kN)	118,2		
Mx(kN.cm)	21875		
My(kN.cm)	130		
ky	0,7		
ky	0,7		
kz	1		
d (mm)	0		
Cb	2,20		
Lb (mm)	3000		
Material			
Ma	4719		
ASTM A572GR50	Mb	4145	
Fy (kN/cm²)	34,5	Mc	13010

Dados para Cálculo do Nrd			
Q	0,95	r0 (cm)	15,1
Nex(kN)	56238,6	Nez(kN)	2937,02
Ney(kN)	3752,9		
λ0	0,80		
χ	0,765		

Esbeltez Limite FLA X-X		Esbeltez Limite FLA Y-Y	
λalma	48,17	λalma	48,17
λp	91,65	λp	27,30
λr	138,94	λr	34,13
Mr	24029,25	Mr	2473,77
Compacta		Esbelta	

Esbeltez Limite FLM X-X		Esbeltez Limite FLM Y-Y	
λmesa	8,72	λmesa	8,72
λp	9,26	λp	9,26
λr	24,18	λr	24,18
Mr	16820,48	Mr	2311,16
Compacta		Compacta	

Momento Plástica - Zfy X-X		Momento Plástica - Zfy Y-Y	
Mpl(kN.cm)	27058	Mpl(kN.cm)	5106

MR X-X		MR Y-Y	
FLA	27058	FLA	3302
FLM	27058	FLM	5106

Resultado: 99,5%

W 360 x 44,0

d(mm)	352	wx(cm²)	696,5	rx(cm)	14,58
bf(mm)	171	wy(cm²)	95,7	ry(cm)	3,77
d'(mm)	308	Zx(cm³)	784,3	Área(cm²)	57,7
tw(mm)	6,9	Zy(cm³)	148	ho/tw	44,6
tf(mm)	9,8	Ix(cm⁴)	12258	b/tf	8,7
h(mm)	332,4	Iy(cm⁴)	818	Peso (kg/m)	44,0

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

1. Verificação da Esbeltez do perfil

Limite	Real	Status	%	
200	14	OK	7,2%	λx
200	56	OK	27,9%	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
1309	164,5	OK	12,6%	1,1

4. Resistência à Flexão eixo X-X

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
24539	21875	OK	88,9%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
3002	130	OK	4,3%	1,1

bef	26,3
ly	817,4
wef	71,7

6. Resistência ao esforço cortante eixo X

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
631	2,11	OK	0,3%	1,1

7. Resistência ao esforço cortante eixo Y

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
457	118,2	OK	25,9%	1,1

8. Resistência aos esforços Combinados

Nsd/Nrd 0,126

Combinação	Limite	Resultado	Cálculo
N.Mx.My	100%	OK	99,5%

Perfil	Peso	%
W 310 x 38,7	38,70	93,98%
W 360 x 39,0	39,00	95,64%
W 360 x 44,0	44,00	75,98%
W 310 x 44,5	44,50	80,87%
W 250 x 44,8	44,80	92,51%
W 410 x 46,1	46,10	73,22%
W 360 x 51,0	51,00	65,87%
W 200 x 52,0 (H)	52,00	88,63%
W 310 x 52,0	52,00	68,19%
W 460 x 52,0	52,00	60,99%
HP 200 x 53,0 (H)	53,00	92,04%
W 410 x 53,0	53,00	58,28%
W 360 x 57,8	57,80	58,19%
W 200 x 59,0 (H)	59,00	77,36%
W 410 x 60,0	60,00	50,67%
W 460 x 60,0	60,00	50,99%
HP 250 x 62,0 (H)	62,00	69,15%
W 360 x 64,0	64,00	49,62%
W 530 x 66,0	66,00	44,71%
W 410 x 67,0	67,00	44,54%
W 460 x 68,0	68,00	43,77%
W 200 x 71,0 (H)	71,00	63,14%
W 360 x 72,0	72,00	44,13%
W 530 x 72,0	72,00	37,04%
W 250 x 73,0 (H)	73,00	51,96%
W 460 x 74,0	74,00	37,37%
W 530 x 74,0	74,00	38,10%
W 410 x 75,0	75,00	39,83%
HP 310 x 79,0 (H)	79,00	48,03%
W 360 x 79,0	79,00	41,10%
W 250 x 80,0 (H)	80,00	46,93%
W 460 x 82,0	82,00	33,62%
W 530 x 82,0	82,00	31,06%
HP 250 x 85,0 (H)	85,00	47,06%
W 410 x 85,0	85,00	34,84%
W 530 x 85,0	85,00	32,37%
W 200 x 86,0 (H)	86,00	51,53%
W 250 x 89,0 (H)	89,00	41,74%
W 460 x 89,0	89,00	30,45%
W 360 x 91,0 (H)	91,00	33,62%
W 530 x 92,0	92,00	26,95%
HP 310 x 93,0 (H)	93,00	37,84%
W 310 x 97,0 (H)	97,00	32,91%
W 460 x 97,0	97,00	28,06%

Pilar Esquerdo

Dimensionamento de Perfis I e H Laminados Padrão Açominas

Listar Perfis que atendem

Esforços e Distâncias

Lx (mm)	3000	
Ly (mm)	3000	
N (kN)	-124,11	
Vx (kN)	2,11	
Vy (kN)	67,18	
Mx (kN.cm)	15207	
My (kN.cm)	372	
kx	0,7	
ky	0,7	
kz	1	
d (mm)	0	
Lb (mm)	3000	
Cb	2,13	
Material	Ma	92
ASTMA572GR50	Mb	5130
Fy (kN/cm²)	Mc	10169
Fy (kN/cm²)	34,5	

Dados para Cálculo do Nrd

Q	0,93
Nex (kN)	47397,7
Ney (kN)	1720,5
λ0	0,97
χ	0,677
r0 (cm)	14,6
Nez (kN)	1725,46

Esbeltez Limite FLX-X		Esbeltez Limite FLY-Y	
λalma	51,02	λalma	51,02
λp	91,65	λp	27,30
λr	138,94	λr	34,13
Mr	20192,85	Mr	1514,36
Compacta		Esbelta	

Esbeltez Limite FLMX-X		Esbeltez Limite FLMY-Y	
λmesa	5,98	λmesa	5,98
λp	9,26	λp	9,26
λr	24,18	λr	24,18
Mr	14135,00	Mr	1415,19
Compacta		Compacta	

Momento Plástico -2.fy X-X		Momento Plástico -2.fy Y-Y	
Mpl (kN.cm)	23036	Mpl (kN.cm)	3171

MRX-X		MRY-Y	
FLA	23036	FLA	2022
FLM	23036	FLM	3171

Resultado: 99,1%

W 360 x 39,0

d (mm)	353	wx (cm²)	585,3	rx (cm)	14,35
bff (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	124,11	OK	12,6%	1,1

4. Resistência à Flexão eixo X-X

Mrd (kN.cm)	Msd (kN.cm)	Status	%	Coef. S
20942	15207	OK	72,6%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

Mrd (kN.cm)	Msd (kN.cm)	Status	%	Coef. S
1838	372	OK	20,2%	1,1

bef	25,1
ly	374,6
wef	43,9

6. Resistência ao esforço cortante eixo X

Vrd (kN)	Vsd (kN)	Status	%	Coef. S
515	2,11	OK	0,4%	1,1

7. Resistência ao esforço cortante eixo Y

Vrd (kN)	Vsd (kN)	Status	%	Coef. S
432	67,18	OK	15,6%	1,1

8. Resistência aos esforços Combinados

Nsd/Nrd 0,126

Combinação	Limite	Resultado	Cálculo
N.Mx.My	100%	OK	99,1%

Perfil	Peso	%
W 310 x 38,7	38,70	93,98%
W 360 x 39,0	39,00	95,64%
W 360 x 44,0	44,00	75,98%
W 310 x 44,5	44,50	80,87%
W 250 x 44,8	44,80	92,51%
W 410 x 46,1	46,10	73,22%
W 360 x 51,0	51,00	65,87%
W 200 x 52,0 (H)	52,00	88,63%
W 310 x 52,0	52,00	68,19%
W 460 x 52,0	52,00	60,99%
HP 200 x 53,0 (H)	53,00	92,04%
W 410 x 53,0	53,00	58,28%
W 360 x 57,8	57,80	58,19%
W 200 x 59,0 (H)	59,00	77,36%
W 410 x 60,0	60,00	50,67%
W 460 x 60,0	60,00	50,99%
HP 250 x 62,0 (H)	62,00	69,15%
W 360 x 64,0	64,00	49,62%
W 530 x 66,0	66,00	44,71%
W 410 x 67,0	67,00	44,54%
W 460 x 68,0	68,00	43,77%
W 200 x 71,0 (H)	71,00	63,14%
W 360 x 72,0	72,00	44,13%
W 530 x 72,0	72,00	37,04%
W 250 x 73,0 (H)	73,00	51,96%
W 460 x 74,0	74,00	37,37%
W 530 x 74,0	74,00	38,10%
W 410 x 75,0	75,00	39,83%
HP 310 x 79,0 (H)	79,00	48,03%
W 360 x 79,0	79,00	41,10%
W 250 x 80,0 (H)	80,00	46,93%
W 460 x 82,0	82,00	33,62%
W 530 x 82,0	82,00	31,06%
HP 250 x 85,0 (H)	85,00	47,06%
W 410 x 85,0	85,00	34,84%
W 530 x 85,0	85,00	32,37%
W 200 x 86,0 (H)	86,00	51,53%
W 250 x 89,0 (H)	89,00	41,74%
W 460 x 89,0	89,00	30,45%
W 360 x 91,0 (H)	91,00	33,62%
W 530 x 92,0	92,00	26,95%
HP 310 x 93,0 (H)	93,00	37,84%
W 310 x 97,0 (H)	97,00	32,91%
W 460 x 97,0	97,00	28,06%

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

Dimensionamento de Perfis I e H Laminados Padrão Açominas

Listar Perfis que atendem

Resultado: 92,6%

W 360 x 44,0

d(mm)	352	$W_x(\text{cm}^2)$	696,5	$r_x(\text{cm})$	14,58
b_f(mm)	171	$W_y(\text{cm}^2)$	95,7	$r_y(\text{cm})$	3,77
d'(mm)	308	$Z_x(\text{cm}^3)$	784,3	Área(cm ²)	57,7
tw(mm)	6,9	$Z_y(\text{cm}^3)$	148	ho/tw	44,6
tf(mm)	9,8	$I_x(\text{cm}^4)$	12258	b/tf	8,7
h(mm)	332,4	$I_y(\text{cm}^4)$	818	Peso(kg/m)	44,0

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

1. Verificação da Esbelteza do perfil

Limite	Real	Status	%	
200	9	OK	4,3%	λ_x
200	33	OK	16,6%	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
1589	116,68	OK	7,3%	1,1

4. Resistência à Flexão eixo X-X

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S
24599	21875	OK	88,9%	1,1

5. Resistência à Flexão eixo Y-Y

Mrd(kN.cm)	Msd(kN.cm)	Status	%	Coef. S	bef	26,3
3002	0	N.A	0,0%	1,1	ly	817,4
					wef	71,7

6. Resistência ao esforço cortante eixo X

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
631	0	N.A	0,0%	1,1

7. Resistência ao esforço cortante eixo Y

Vrd(kN)	Vsd(kN)	Status	%	Coef. S
457	142,7	OK	31,2%	1,1

8. Resistência aos esforços Combinados

Nsd/Nrd 0,073

Combinação	Limite	Resultado	Cálculo
N, Mx, My	100%	OK	92,6%

Armadura e Distância

Lx(mm)	1250		
Ly(mm)	1250		
N(kN)	-116,68		
Vx(kN)	0		
Vy(kN)	142,7		
Mx(kN.cm)	21875		
My(kN.cm)	0		
ky	1	kz	1
d(mm)	0	Cb	1,48
Lb(mm)	1250		

Material	Ma	8510
ASTMA572GR50	Mb	12958
Fy(kN/cm ²)	Mc	17412

Dados para Cálculo do NRD

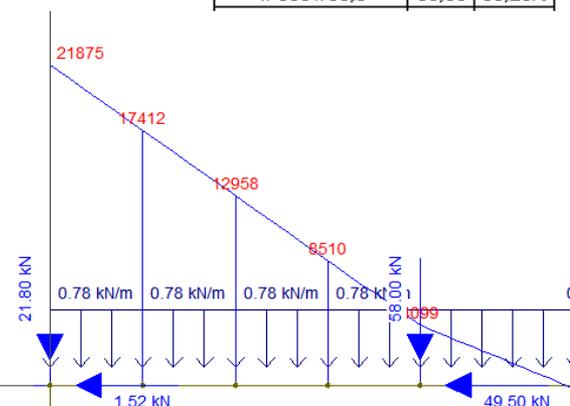
Q	0,95		
Nex(kN)	158727,9	r0(cm)	15,1
Ney(kN)	10592,2	Nez(kN)	14218,31
λ_0	0,42		
χ	0,928		

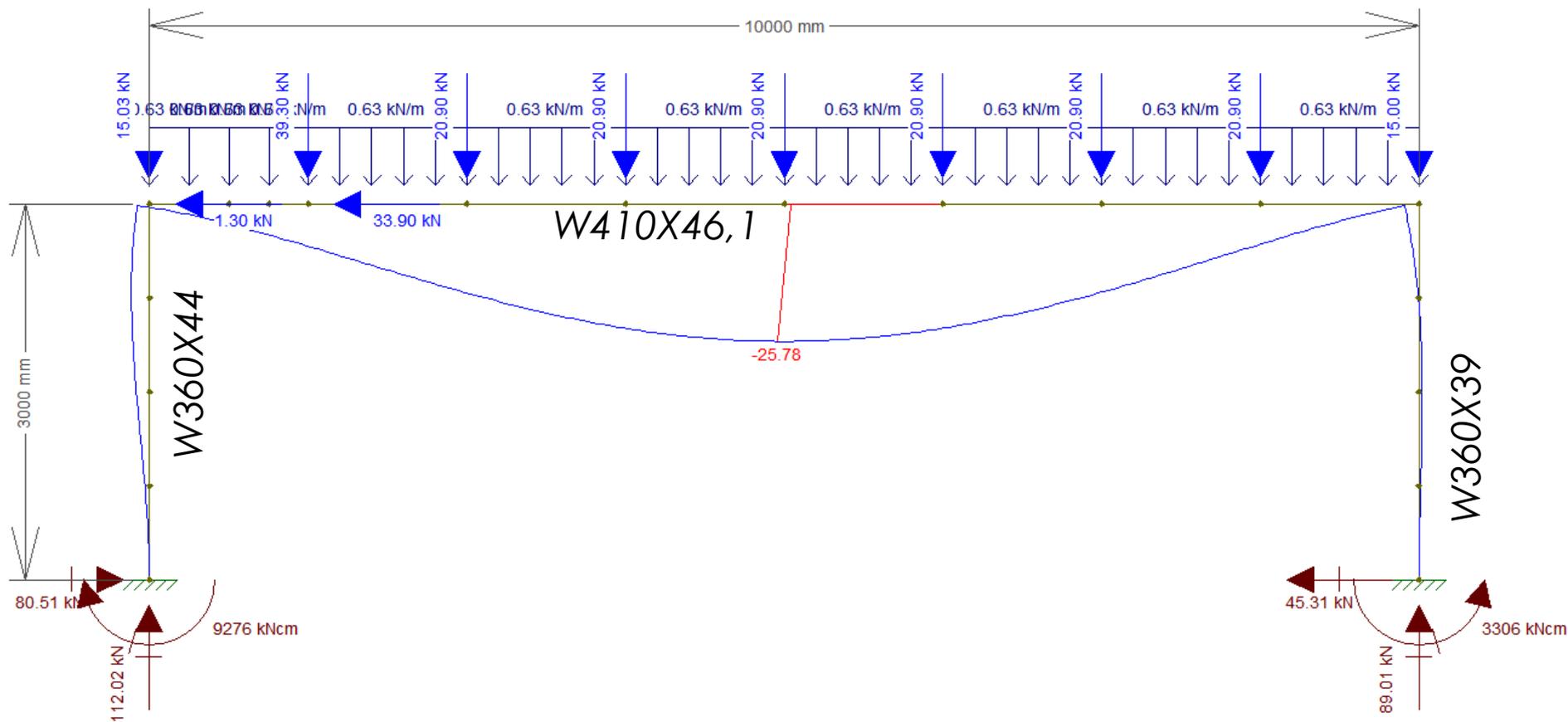
Esbeltos Limite FLA X-X		Esbeltos Limite FLA Y-Y	
λ_{alma}	48,17	λ_{alma}	48,17
λ_p	91,65	λ_p	27,30
λ_r	138,94	λ_r	34,13
Mr	24029,25	Mr	2473,77
Compacta		Esbelta	

Esbeltos Limite FLM X-X		Esbeltos Limite FLM Y-Y	
λ_{mesa}	8,72	λ_{mesa}	8,72
λ_p	9,26	λ_p	9,26
λ_r	24,18	λ_r	24,18
Mr	16820,48	Mr	2311,16
Compacta		Compacta	

Momento Plástica -Z, fy X-X		Momento Plástica -Z, fy Y-Y	
Mpl(kN.cm)	27058	Mpl(kN.cm)	5106

MR X-X		MR Y-Y	
FLA	27058	FLA	3302
FLM	27058	FLM	5106

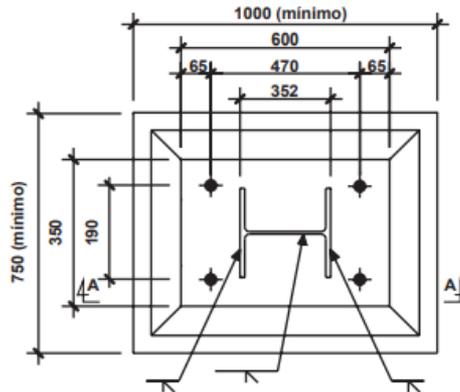




Precisamos checar se não afetamos nossa verificação de ELS

Placa de Base

PERFIS: W 360 x 44,6



PLACA DE BASE: ASTM A36

CHUMBADORES: ASTM A36

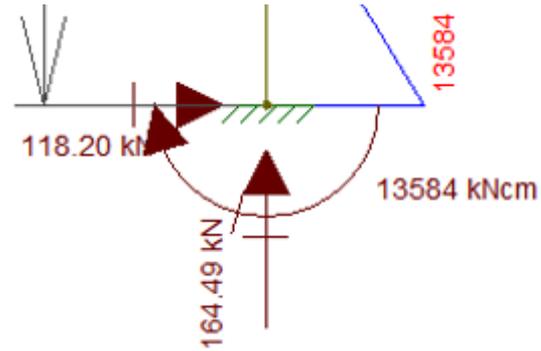
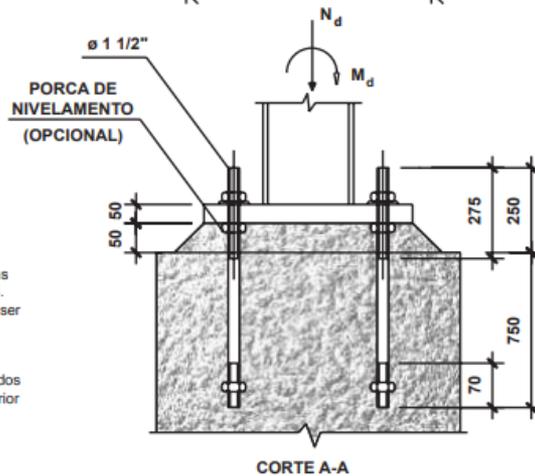
SOLDAS: ELETRODO E70XX

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.



Lista Mezanino

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

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