

CÂMARA MUNICIPAL

BADY BASSIT - SP

REFORMA – CÂMARA MUNICIPAL DE BADY BASSITT

O presente memorial de cálculo refere-se às especificações técnicas ao projeto para a reforma da edificação térrea da Câmara Municipal de Bady Bassitt, localizado Rua Camilo de Moraes, 426, Bady Bassit – SP, 15115-000 – em referência e corresponde ao que segue:

AGOSTO 2025

MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

**SÃO JOSÉ DO RIO PRETO –SP
AGOSTO DE 2025**

Sumário

<u>1.</u>	<u>OBJETIVO</u>	<u>4</u>
<u>2.</u>	<u>NORMAS TÉCNICAS</u>	<u>4</u>
<u>3.</u>	<u>ESFORÇOS DE CÁLCULO E CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.....</u>	<u>5</u>
<u>4.</u>	<u>DIMENSIONAMENTO DA VIGA.....</u>	<u>7</u>
<u>5.</u>	<u>DIMENSIONAMENTO DOS PILARES.....</u>	<u>17</u>
<u>6.</u>	<u>LIGAÇÃO ENTRE PILAR E VIGA.....</u>	<u>25</u>
<u>7.</u>	<u>CHUMBADORES E PLACA DE ANCORAGEM</u>	<u>32</u>
<u>8.</u>	<u>DEFORMAÇÃO E ESTABILIDADE</u>	<u>35</u>
<u>9.</u>	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	<u>36</u>

1. OBJETIVO

Esta memória de cálculo tem como objetivo principal descrever o dimensionamento da estrutura metálica para uma edificação existente, com finalidade de reforço estrutural para a câmara municipal de Bady Bassit, garantindo a integridade da estrutura existente e a segurança da mesma após as intervenções da arquitetura.

2. NORMAS TÉCNICAS

ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;

ABNT NBR 6355: Perfis estruturais de aço formados a frio — Padronização.

NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações;

ABNT NBR 6120:2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;

ABNT NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio;

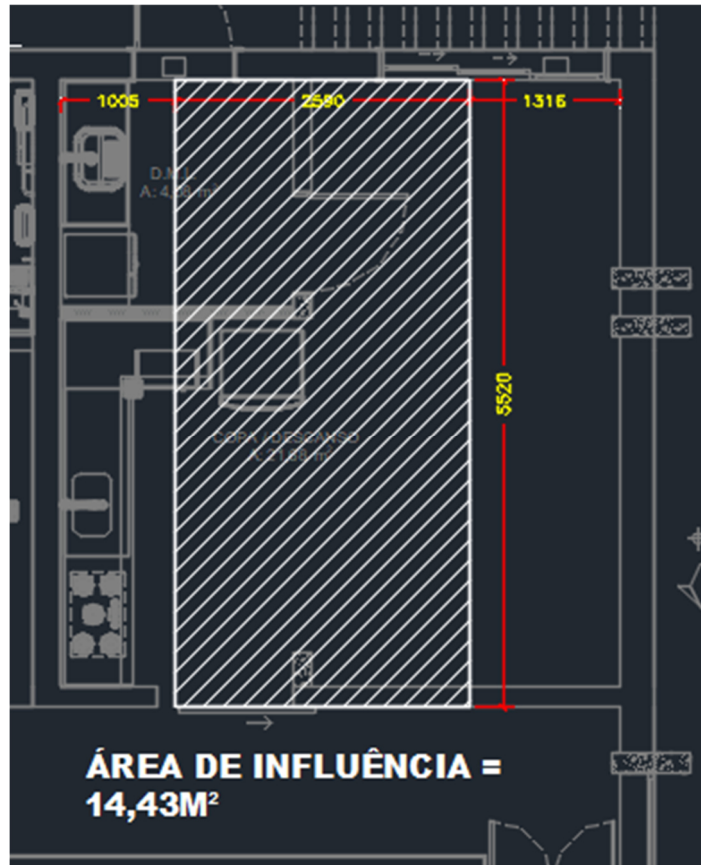
ABNT NBR 15980: Perfis laminados de aço para uso estrutural — Dimensões e tolerâncias;

ABNT NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;

ABNT NBR 6118 – Projeto de Estruturas em concreto;

ABNT NBR 6122 – Projeto e execução das fundações;

3. ESFORÇOS DE CÁLCULO E CONCEPÇÃO ESTRUTURAL



Área de influência considerada para fins de cálculo = 14,50m²;

Espessura da laje existente é de 15cm, maciça;

Peso Concreto armado: 2.500kgf/m²;

Os esforços que a nova estrutura deve absorver são:

- Carga Permanente (CP) na laje existente;
- Sobrecarga de utilização (SCU) da laje existente;
CP da laje existente = Peso próprio (PP) + Permanente de uso;
PP laje existente = $2.500\text{kgf/m}^2 \times 0,15\text{m} \times 14,50\text{m}^2 = 5.437,5\text{kgf}$;
Comprimento total da viga do pórtico é de 5,30m, então, temos:
PP laje = $5.437,5\text{kgf} / 5,30\text{m} = 1025\text{kgf/m}$

Ou seja, o peso próprio da laje existente é equivalente a uma carga de 1025kgf/m sobre a viga metálica de reforço.

CP da laje existente = 300kgf/m^2 (existem alguns objetos/equipamentos sobre a laje hoje), então CP da laje existente = $300\text{kgf/m}^2 \times 14,50\text{m} = 4.350\text{kgf} \rightarrow 4350\text{kgf}/5,30\text{m} = 820\text{kgf/m}$ **ou seja, a carga permanente existente na laje hoje que deverá ser absorvida pela viga de reforço equivale a 820kgf/m.**

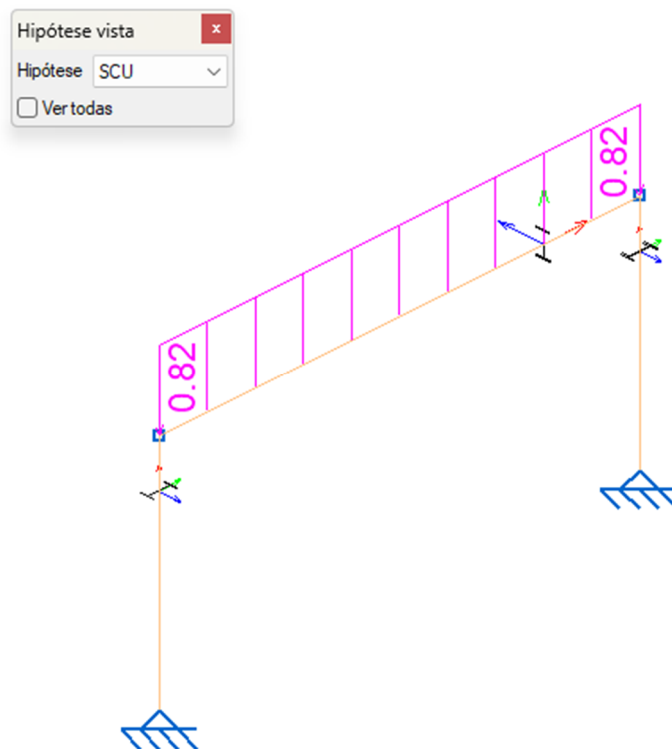
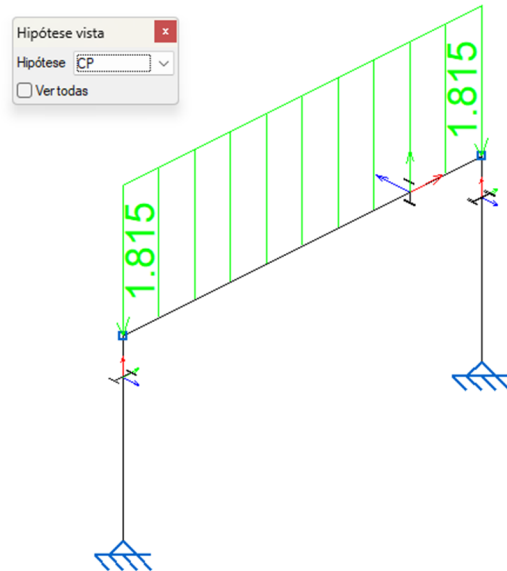
Portanto CP total = PP + CP = $1025\text{kgf/m} + 820\text{kgf/m} = 1815\text{kgf/m}$, ou seja, a viga metálica de reforço deverá absorver 1815kgf/m.

Para cálculo da Sobrecarga de Utilização (SCU) consideramos que a laje existente poderá ser usada para arquivos, depósitos e afins, cuja nbr 6120 sugere sobrecarga de 300kgf/m^2 , e, portanto, temos:
SCU = $300\text{kgf/m}^2 \times 14,50\text{m} = 4.350\text{kgf} \rightarrow 4350\text{kgf}/5,30\text{m} = 820\text{kgf/m}$ **ou seja, a sobrecarga de utilização da laje existente que deverá ser absorvida pela viga de reforço equivale a de 820kgf/m.**

Contudo, conclui-se que, a nova viga metálica receberá 1025kgf/m de carga permanente e 820kgf/m da sobrecarga de utilização e, portanto, nossa estrutura deverá resistir a esses esforços.

4. DIMENSIONAMENTO DA VIGA

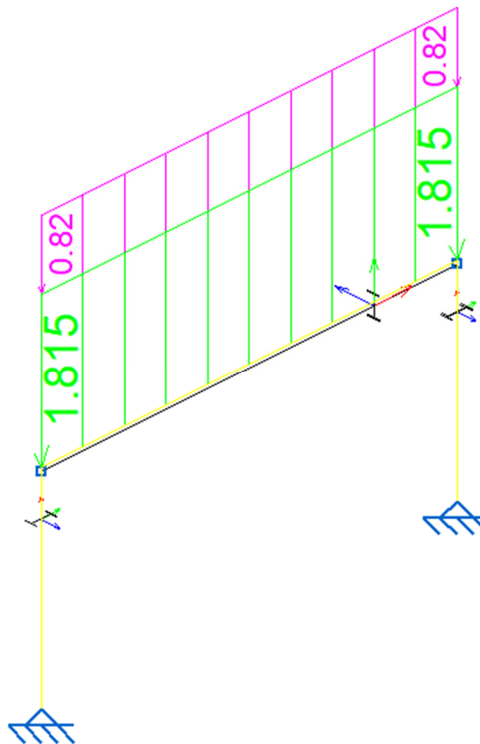
Com o auxílio de um software de elementos finitos (Metálicas 3D) dimensionamos nossa viga metálica, que, deverá suportar os esforços calculados no capítulo 3 desse memorial.



Hipótese vista

Hipótese SCU

☒ Ver todas



Perfil: W 250 x 38.5
Material: Aço (A-572 345MPa)

	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N2	N3	5.300	49.60	6057.00	594.00	17.63
Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme							
	Flambagem		Flambagem lateral				
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.			
	β	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
	L _K	5.300	5.300	0.000	0.000		
	C _b	-		1.000			
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico							

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	NM _x M _y	T	NMVT	$\sigma \tau f$	
N2/N3	$\lambda \leq 200.0$ Passa	N.A. ⁽¹⁾	$\eta = 8.4$	x: 0 m $\eta = 42.6$	N.A. ⁽²⁾	N.A. ⁽³⁾	x: 0 m $\eta = 32.0$	x: 0 m $\eta = 46.8$	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	N.A. ⁽⁶⁾	PASSA $\eta = 46.8$

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)										Estado
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	
Notação: λ: Limitação do índice de esbeltez N_t: Resistência à tração N_c: Resistência à compressão M_x: Resistência à flexão eixo X M_y: Resistência à flexão eixo Y V_x: Resistência ao esforço cortante X V_y: Resistência ao esforço cortante Y NM_xM_y: Resistência ao esforço axial e flexão combinados T: Resistência à torção NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante $\sigma \tau f$: Resistência a interações de esforços e momento de torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável											
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): (1) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. (2) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. (3) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante. (4) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor. (5) Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária. (6) Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.											

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{153.2} \quad \checkmark$$

Onde:

λ : Índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$\lambda_x : \underline{48.0}$$

$$\lambda_y : \underline{153.2}$$

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{5.300} \text{ m}$$

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{5.300} \text{ m}$$

r_x, r_y : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{11.05} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{3.46} \text{ cm}$$

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.084} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+1.5·SCU.

N_{c,sd}: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{N_{c,sd}} : \underline{2.845} \text{ t}$$

A força axial de compressão resistente de cálculo, N_{c,Rd}, deve ser determinada pela expressão:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{33.924} \text{ t}$$

Onde:

χ: Fator de redução total associado à resistência à compressão.

$$\chi : \underline{0.215}$$

Q: Fator de redução total associado à flambagem local.

$$\mathbf{Q} : \underline{0.996}$$

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A_g} : \underline{49.60} \text{ cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

$$\lambda_0 > 1.5 \rightarrow \chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2}$$

$$\chi : \underline{0.215}$$

Onde:

λ₀: Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}}$$

$$\lambda_0 : \underline{2.020}$$

Sendo:

Q: Fator de redução total associado à flambagem local.

$$\mathbf{Q} : \underline{0.996}$$

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A_g} : \underline{49.60} \text{ cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

N_e: Força axial de flambagem elástica.

$$\mathbf{N_e} : \underline{42.550} \text{ t}$$

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

$$\mathbf{N_e} : \underline{42.550} \text{ t}$$

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

$$\mathbf{N_{ex}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2}$$

$$\mathbf{N_{ex}} : \underline{433.877} \text{ t}$$

Onde:

K_x·L_x: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$\mathbf{K_x \cdot L_x} : \underline{5.300} \text{ m}$$

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{6057.00} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{42.550 \text{ t}}$$

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{5.300 \text{ m}}$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{594.00 \text{ cm}^4}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736 \text{ kgf/cm}^2}$$

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right]$$

$$N_{ez} : \underline{\infty}$$

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção.

$$K_z \cdot L_z : \underline{0.000 \text{ m}}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736 \text{ kgf/cm}^2}$$

C_w : Constante de empenamento da seção transversal.

$$C_w : \underline{93242.00 \text{ cm}^6}$$

G: Módulo de elasticidade transversal do aço.

$$G : \underline{784913 \text{ kgf/cm}^2}$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$J : \underline{17.63 \text{ cm}^4}$$

r_0 : Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)}$$

$$r_0 : \underline{11.58 \text{ cm}}$$

Onde:

r_x, r_y : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{11.05 \text{ cm}}$$

$$r_y : \underline{3.46 \text{ cm}}$$

x_0, y_0 : Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$x_0 : \underline{0.00 \text{ mm}}$$

$$y_0 : \underline{0.00 \text{ mm}}$$

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

As barras submetidas a força axial de compressão, nas quais os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) maiores que os valores limite dados na Tabela F.1, têm o fator de redução total Q dado por:

$$Q = Q_s \cdot Q_a$$

$$Q : \underline{0.996}$$

Onde:

Q_s : Fator de redução que tem em conta a flambagem local dos elementos AL. Quando existem dois ou mais elementos AL com fatores de redução Q_s diferentes, adota-se o menor destes fatores.

$$Q_s : \underline{1.000}$$

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela F.1.

$$(b/t) \leq 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$6.56 \leq 13.48$$

$$Q_s = 1.000$$

$$Q_s : \underline{1.000}$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

(b/t) : 6.56

Onde:

b: Largura.

b : 73.50 mm

t: Espessura.

t : 11.20 mm

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

Q_a: Fator de redução que leva em conta a flambagem local dos elementos AA.

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g}$$

Q_a : 0.996

Sendo:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

A_g : 49.60 cm²

A_{ef}: Área efetiva da seção transversal da barra.

A_{ef} : 49.38 cm²

$$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_{ef}) \cdot t$$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

$$(b/t) > 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

36.30 > **35.87**

$$b_{ef} = 1.92 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot \left[1 - \frac{c_a}{b/t} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \leq b$$

b_{ef} : 236.31 mm

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

(b/t) : 36.30

Onde:

b: Largura.

b : 239.60 mm

t: Espessura.

t : 6.60 mm

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

C_a: Coeficiente para elementos que não sejam mesas ou almas de seções tubulares retangulares.

C_a : 0.34

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.426 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+1.5·SCU.

M_{sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

M_{sd} : 7.055 t·m

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$36.30 \leq 137.24$$

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : 36.30$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.

$$h : 239.60 \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : 6.60 \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : 137.24$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : 2038736 \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 3516.82 \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : 16.555 \text{ t}\cdot\text{m}$$

- (a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 22.174 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : 462.37 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 3516.82 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

- (b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

- (c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$6.56 \leq 9.15$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 16.555 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : 6.56$$

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

$$b_f : 147.00 \text{ mm}$$

t_f: Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : 11.20 \text{ mm}$$

$$\lambda_p : 9.15$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E: 2038736 kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 3516.82 kgf/cm²

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

M_{pl}: 18.210 t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x: 517.80 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 3516.82 kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

36.30 ≤ 90.53

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

M_{Rd}: 16.555 t·m

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

λ: 36.30

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.

h: 239.60 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w: 6.60 mm

$$\lambda_p = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

λ_p: 90.53

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E: 2038736 kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 3516.82 kgf/cm²

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

M_{pl}: 18.210 t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x: 517.80 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 3516.82 kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: 1.10

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.320} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+1.5·SCU.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{Sd} : \underline{10.629} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$36.30 \leq 59.22$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{33.171} \text{ t}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{36.30}$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{239.60} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : \underline{36.488} \text{ t}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = d \cdot t_w$$

$$A_w : \underline{17.29} \text{ cm}^2$$

d: Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{262.00} \text{ mm}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.468} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+1.5·SCU.

N_{c,Sd}: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{2.845} \text{ t}$$

M_{x,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{x,Sd}} : \underline{7.055} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{y,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{y,Sd}} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} < 0.2$$

$$\mathbf{0.084} < \mathbf{0.200}$$

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.468}$$

Onde:

N_{c,Rd}: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3).

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{33.924} \text{ t}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$$\mathbf{M_{x,Rd}} : \underline{16.555} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{y,Rd}} : \underline{2.584} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

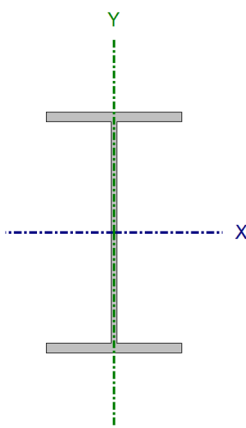
Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.

5. DIMENSIONAMENTO DOS PILARES

Perfil: W 250 x 38.5

Material: Aço (A-572 345MPa)

	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N1	N2	2.480	49.60	6057.00	594.00	17.63
	Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
	Plano ZX		Plano ZY	Aba sup.		Aba inf.	
β	0.70		0.70	0.00		0.00	
L _K	1.736		1.736	0.000		0.000	
C _b	-			1.000			
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico							

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	NM _x M _y	T	NMVT	σ τ f	
N1/N2	λ ≤ 200.0 Passa	N.A. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 8.2	x: 2.48 m η = 42.6	N.A. ⁽²⁾	N.A. ⁽³⁾	η = 8.6	x: 2.48 m η = 46.7	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	N.A. ⁽⁶⁾	PASSA η = 46.7

Notação:

λ: Limitação do índice de esbeltez
 N_t: Resistência à tração
 N_c: Resistência à compressão
 M_x: Resistência à flexão eixo X
 M_y: Resistência à flexão eixo Y
 V_x: Resistência ao esforço cortante X
 V_y: Resistência ao esforço cortante Y
 NM_xM_y: Resistência ao esforço axial e flexão combinados
 T: Resistência à torção
 NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante
 σ τ f: Resistência a interações de esforços e momento de torção
 x: Distância à origem da barra
 η: Coeficiente de aproveitamento (%)
 N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):

- ⁽¹⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
⁽³⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
⁽⁴⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.
⁽⁵⁾ Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.
⁽⁶⁾ Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{50.2} \quad \checkmark$$

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$\lambda_x : 15.7$$

$$\lambda_y : 50.2$$

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : 1.736 \text{ m}$$

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : 1.736 \text{ m}$$

r_x, r_y : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : 11.05 \text{ cm}$$

$$r_y : 3.46 \text{ cm}$$

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.082 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+1.5·SCU.

$N_{c,Sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,Sd} : 10.774 \text{ t}$$

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{c,Rd} : 131.441 \text{ t}$$

Onde:

χ : Fator de redução total associado à resistência à compressão.

$$\chi : 0.833$$

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : 0.996$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : 49.60 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 3516.82 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Fator de redução χ (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : 0.833$$

Onde:

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}}$$

$$\lambda_0 : 0.662$$

Sendo:

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : 0.996$$

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

N_e: Força axial de flambagem elástica.

$$A_g : \underline{49.60} \text{ cm}^2$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$N_e : \underline{396.595} \text{ t}$$

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

$$N_e : \underline{396.595} \text{ t}$$

- (a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{4044.072} \text{ t}$$

Onde:

K_x·L_x: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$K_x \cdot L_x : \underline{1.736} \text{ m}$$

$$I_x : \underline{6057.00} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

- (b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{396.595} \text{ t}$$

Onde:

K_y·L_y: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$K_y \cdot L_y : \underline{1.736} \text{ m}$$

$$I_y : \underline{594.00} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

- (c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right]$$

$$N_{ez} : \underline{\infty}$$

Onde:

K_z·L_z: Comprimento de flambagem por torção.

E: Módulo de elasticidade do aço.

C_w: Constante de empenamento da seção transversal.

G: Módulo de elasticidade transversal do aço.

J: Constante de torção da seção transversal.

r₀: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$K_z \cdot L_z : \underline{0.000} \text{ m}$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$C_w : \underline{93242.00} \text{ cm}^6$$

$$G : \underline{784913} \text{ kgf/cm}^2$$

$$J : \underline{17.63} \text{ cm}^4$$

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)}$$

$$r_0 : \underline{11.58} \text{ cm}$$

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

X₀, Y₀: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{11.05} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{3.46} \text{ cm}$$

$$X_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$Y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

As barras submetidas a força axial de compressão, nas quais os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) maiores que os valores limite dados na Tabela F.1, têm o fator de redução total Q dado por:

$$Q = Q_s \cdot Q_a \quad Q : \underline{0.996}$$

Onde:

Q_s : Fator de redução que tem em conta a flambagem local dos elementos AL. Quando existem dois ou mais elementos AL com fatores de redução Q_s diferentes, adota-se o menor destes fatores.

$$Q_s : \underline{1.000}$$

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela F.1.

$$(b/t) \leq 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad 6.56 \leq 13.48$$

$$Q_s = 1.000 \quad Q_s : \underline{1.000}$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : \underline{6.56}$$

Onde:

b : Largura.

$$b : \underline{73.50} \text{ mm}$$

t : Espessura.

$$t : \underline{11.20} \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

Q_a : Fator de redução que leva em conta a flambagem local dos elementos AA.

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g} \quad Q_a : \underline{0.996}$$

Sendo:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{49.60} \text{ cm}^2$$

A_{ef} : Área efetiva da seção transversal da barra.

$$A_{ef} : \underline{49.38} \text{ cm}^2$$

$$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_{ef}) \cdot t$$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

$$(b/t) > 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad 36.30 > 35.87$$

$$b_{ef} = 1.92 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot \left[1 - \frac{c_a}{b/t} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \leq b \quad b_{ef} : \underline{236.31} \text{ mm}$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : \underline{36.30}$$

Onde:

b : Largura.

$$b : \underline{239.60} \text{ mm}$$

t : Espessura.

$$t : \underline{6.60} \text{ mm}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

C_a: Coeficiente para elementos que não sejam mesas ou almas de seções tubulares retangulares.

C_a : 0.34

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.426 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+1.5·SCU.

M_{Sd}⁺: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

M_{Sd}⁺ : 7.055 t·m

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

36.30 ≤ 137.24

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

λ : 36.30

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.

h : 239.60 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w : 6.60 mm

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

λ_r : 137.24

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

M_{Rd} : 16.555 t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

M_{Rd} : 22.174 t·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

W_x : 462.37 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

- (b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

- (c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$6.56 \leq 9.15$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 16.555 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : 6.56$$

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

$$b_f : 147.00 \text{ mm}$$

t_f: Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : 11.20 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 9.15$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : 2038736 \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 3516.82 \text{ kgf/cm}^2$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 18.210 \text{ t}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$Z_x : 517.80 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 3516.82 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

- (d) Estado-límite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$36.30 \leq 90.53$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 16.555 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : 36.30$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.

$$h : 239.60 \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : 6.60 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 90.53$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

M_{pl} : 18.210 t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x : 517.80 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.086 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+1.5·SCU.

V_{sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

V_{sd} : 2.845 t

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

36.30 ≤ 59.22

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

V_{Rd} : 33.171 t

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

λ : 36.30

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

h : 239.60 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w : 6.60 mm

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

λ_p : 59.22

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

V_{pl} : 36.488 t

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = d \cdot t_w$$

A_w : 17.29 cm²

d: Altura total da seção transversal.

d : 262.00 mm

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta \leq 1$$

η : 0.467 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+1.5·SCU.

N_{c,Sd}: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

N_{c,Sd} : 10.629 t

M_{x,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

M_{x,Sd}⁺ : 7.055 t·m

M_{y,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

M_{y,Sd}⁻ : 0.000 t·m

$$N_{Sd} / N_{Rd} < 0.2$$

0.081 < 0.200

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

η : 0.467

Onde:

N_{c,Rd}: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3).

N_{c,Rd} : 131.441 t

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

M_{x,Rd} : 16.555 t·m

M_{y,Rd} : 2.584 t·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.2)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Não há interação entre os dois esforços cortantes nem entre o momento torsor, esforço axial, momentos fletores e esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.

6. LIGAÇÃO ENTRE PILAR E VIGA

Verificações

1) Viga W 250 x 38.5

– Pannel

Esbeltez do painel de alma (Critério de CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer a condição:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 70$$

$$36 \leq 70 \quad \checkmark$$

onde:

h_w : Altura da alma, tomada como a distância entre faces internas das mesas.

h_w : 240 mm

t_w : Espessura da alma.

t_w : 6.6 mm

Cisalhamento do painel de alma (ABNT NBR 8800:2008, 5.7.7)

Deve satisfazer a condição:

$$F_{x,Sd} \leq F_{x,Rd}$$

$$327.91 \leq 652.80 \quad \checkmark$$

$$F_{z,Sd} \leq F_{z,Rd}$$

$$327.91 \leq 650.81 \quad \checkmark$$

onde:

F_{Sd} : Força cortante solicitante de cálculo, transmitida pelas mesas da viga.

$F_{x,Sd}$: 327.91 kN

$F_{z,Sd}$: 327.91 kN

F_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo.

$F_{x,Rd}$: 652.80 kN

$F_{z,Rd}$: 650.81 kN

- para $F_{Sd} \leq 0,4 N_{pl}$: $F_{Rd} = V_{Rd}$

- para $F_{Sd} > 0,4 N_{pl}$: $F_{Rd} = V_{Rd} \left(1,4 - \frac{F_{Sd}}{N_{pl}} \right)$

onde:

N_{pl} : Força axial de compressão correspondente ao escoamento da seção transversal do pilar.

N_{pl} : 1555.64 kN

$0,4 \cdot N_{pl}$: 622.25 kN

V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo do pannel.

$V_{x,Rd}$: 652.80 kN

$V_{z,Rd}$: 650.81 kN

$$V_{Rd} = \frac{0.60 A_w f_y}{\gamma_{a1}}$$

onde:

A_w: Área efetiva de cisalhamento.

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

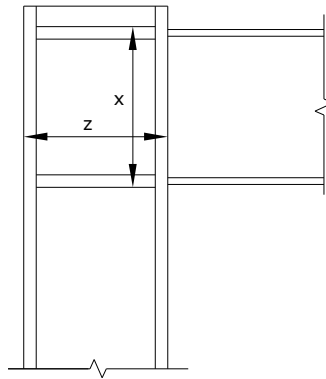
γ_{a1}: Coeficiente de ponderação da resistência para estados-limites últimos.

$$A_{x,w} : \underline{3469} \text{ mm}^2$$

$$A_{z,w} : \underline{3458} \text{ mm}^2$$

$$f_y : \underline{345.00} \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$



– Rigidificador superior

Tensão de Von Mises em enrijecedores (ABTN NBR 8800:2008, 5.5.2.3)

Deve satisfazer a condição:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$196.24 \text{ N/mm}^2 \leq 313.64 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

onde:

σ: Tensão normal

$$\sigma : \underline{196.24} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F_{\perp}}{L_{\perp} \cdot t}$$

F_⊥: Esforço de cálculo normal à seção.

$$F_{\perp} : \underline{141.29} \text{ kN}$$

L_⊥: Largura efetiva do lado normal ao esforço.

$$L_{\perp} : \underline{60} \text{ mm}$$

τ: Tensão tangencial

$$\tau : \underline{0.00} \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{F_{\parallel}}{L_{\parallel} \cdot t}$$

F_∥: Esforço de cálculo tangencial à seção.

$$F_{\parallel} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

L_∥: Largura efetiva do lado tangencial ao esforço.

$$L_{\parallel} : \underline{60} \text{ mm}$$

t: Espessura.

$$t : \underline{12.0} \text{ mm}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{345.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de ponderação da resistência para estados-limites últimos.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

– Rigidificador inferior

Tensão de Von Mises em enrijecedores (ABTN NBR 8800:2008, 5.5.2.3)

Deve satisfazer a condição:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$196.24 \text{ N/mm}^2 \leq 313.64 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

$$\sigma : 196.24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F_{\perp}}{L_{\perp} \cdot t}$$

$F_{\perp}$: Esforço de cálculo normal à seção.

$$F_{\perp} : 141.29 \text{ kN}$$

$L_{\perp}$: Largura efetiva do lado normal ao esforço.

$$L_{\perp} : 60 \text{ mm}$$

τ : Tensão tangencial

$$\tau : 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{F_{\parallel}}{L_{\parallel} \cdot t}$$

$F_{\parallel}$: Esforço de cálculo tangencial à seção.

$$F_{\parallel} : 0.00 \text{ kN}$$

$L_{\parallel}$: Largura efetiva do lado tangencial ao esforço.

$$L_{\parallel} : 60 \text{ mm}$$

t : Espessura.

$$t : 12.0 \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 345.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de ponderação da resistência para estados-limites últimos.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

– Rigidificador superior

Tensão de Von Mises em enrijecedores (ABTN NBR 8800:2008, 5.5.2.3)

Deve satisfazer a condição:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$196.24 \text{ N/mm}^2 \leq 313.64 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

$$\sigma : 196.24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F_{\perp}}{L_{\perp} \cdot t}$$

$F_{\perp}$: Esforço de cálculo normal à seção.

$$F_{\perp} : 141.29 \text{ kN}$$

$L_{\perp}$: Largura efetiva do lado normal ao esforço.

$$L_{\perp} : 60 \text{ mm}$$

τ : Tensão tangencial

$$\tau : 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{F_{\parallel}}{L_{\parallel} \cdot t}$$

$F_{\parallel}$: Esforço de cálculo tangencial à seção.

$$F_{\parallel} : 0.00 \text{ kN}$$

$L_{\parallel}$: Largura efetiva do lado tangencial ao esforço.

$$L_{\parallel} : 60 \text{ mm}$$

t : Espessura.

$$t : 12.0 \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 345.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de ponderação da resistência para estados-limites últimos.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

– Rigidificador inferior

Tensão de Von Mises em enrijecedores (ABTN NBR 8800:2008, 5.5.2.3)

Deve satisfazer a condição:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$196.24 \text{ N/mm}^2 \leq 313.64 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

$$\sigma : 196.24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F_{\perp}}{L_{\perp} \cdot t}$$

$F_{\perp}$: Esforço de cálculo normal à seção.

$$F_{\perp} : 141.29 \text{ kN}$$

$L_{\perp}$: Largura efetiva do lado normal ao esforço.

$$L_{\perp} : 60 \text{ mm}$$

τ : Tensão tangencial

$$\tau : 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{F_{\parallel}}{L_{\parallel} \cdot t}$$

$F_{\parallel}$: Esforço de cálculo tangencial à seção.

$$F_{\parallel} : 0.00 \text{ kN}$$

$L_{\parallel}$: Largura efetiva do lado tangencial ao esforço.

$$L_{\parallel} : 60 \text{ mm}$$

t : Espessura.

$$t : 12.0 \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 345.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de ponderação da resistência para estados-limites últimos.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

– Aba

Esforço transversal no banzo pelos enrijecedores (ABTN NBR 8800:2008, 5.5.2.3)

Deve satisfazer a condição:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$148.92 \text{ N/mm}^2 \leq 313.64 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

$$\sigma : 148.92 \text{ N/mm}^2$$

τ : Tensão tangencial

$$\tau : 0.00 \text{ N/mm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 345.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de ponderação da resistência para estados-limites últimos.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

Limitações (ABNT NBR 8800:2008, 6.2.6)

6.2.6.2 Soldas de filete

6.2.6.2.1 O tamanho mínimo da perna de uma solda de filete é dado na Tabela 10, em função da parte menos espessa soldada.

6.2.6.2.2 O tamanho máximo da perna de uma solda de filete que pode ser usado ao longo de bordas de partes soldadas é o seguinte:

- ao longo de bordas de material com espessura inferior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material;

b) ao longo de bordas de material com espessura igual ou superior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material subtraída de 1,5 mm, a não ser que nos desenhos essa solda seja indicada como reforçada durante a execução, de modo a obter a espessura total desejada da garganta.

6.2.6.2.3 O comprimento efetivo de uma solda de filete, dimensionada para uma solicitação de cálculo qualquer, não pode ser inferior a 4 vezes seu tamanho da perna e a 40 mm.

AWS D1.1/D1.1M, Complementary specifications.

2.3.3.7 Effective Throat of Skewed T-Joints.

The effective throat of a skewed T-joint in angles between 60° and 30° shall be the minimum distance from the root to the diagrammatic face, less the Z loss reduction dimension. The effective throat of a skewed T-joint in angles between 80° and 60° and in angles greater than 100° shall be taken as the shortest distance from the joint root to the weld face.

Força resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, 6.2.5)

6.2.5.1 A força resistente de cálculo, $F_{w,Rd}$, dos diversos tipos de solda está indicada na Tabela 8, na qual A_w é a área efetiva da solda, A_{MB} é a área do metal-base (produto do comprimento da solda pela espessura do metal-base menos espesso), f_y é a menor resistência ao escoamento entre os metais-base da junta e f_w a resistência mínima à tração do metal da solda.

Força resistente de cálculo das soldas, Tabela 8

Tipo de solda	Tipo de solicitação e orientação	Força resistente de cálculo, $F_{w,Rd}$
Filete	Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda.	Não precisa ser considerado.
	Cisalhamento na seção efetiva (a solicitação de cálculo é igual à resultante vetorial de todas as forças de cálculo na junta que produzam tensões normais ou de cisalhamento na superfície de contato das partes ligadas).	Metal-base deve atender a 6.5 onde: $0.6 f_y A_g / \gamma_{a1}$ Metal da solda: $0.6 A_w f_w / \gamma_{w2}$ ²⁾

²⁾ O valor de γ_{w2} é igual a 1,35 para combinações normais, especiais ou de construção e igual a 1,15 para combinações excepcionais.

6.2.4 Exigências relativas ao metal da solda e aos procedimentos de soldagem

6.2.4.1 Na Tabela 7, extraída da AWS D1.1, são apresentados alguns metais-base e eletrodos de solda que podem ser usados em procedimentos de soldagem pré-qualificados. Mais informações podem ser obtidas na AWS D1.1.

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)

Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna		
				$l_{w,min}$ (mm)	l_w (mm)	$d_{w,min}$ (mm)	$d_{w,max}$ (mm)	d_w (mm)
Solda do enrijecedor superior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	60	5	11	8
Solda do enrijecedor superior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	220	5	7	5
Solda do enrijecedor inferior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	60	5	11	8
Solda do enrijecedor inferior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	220	5	7	5
Solda do enrijecedor superior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	60	5	11	8
Solda do enrijecedor superior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	220	5	7	5
Solda do enrijecedor inferior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	60	5	11	8
Solda do enrijecedor inferior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	220	5	7	5
Solda da chapa de reforço à alma	De ângulo	SMAW	7	40	848	5	7	5

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)

Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna		
				$l_{w,min}$ (mm)	l_w (mm)	$d_{w,min}$ (mm)	$d_{w,max}$ (mm)	d_w (mm)

P.S.: Procedimento de soldagem.
t: Menor espessura do metal-base.
 l_w : Comprimento total da solda.
 d_w : Perna da solda.

Verificação de cordões de soldadura

Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l_w (mm)	Eléctrode	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
				f_w (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	S_d (N/mm ²)	R_d (N/mm ²)	Aprov. (%)	S_d (N/mm ²)	R_d (N/mm ²)	Aprov. (%)	γ_{a1}	γ_{w1}	γ_{w2}
Solda do enrijecedor superior às mesas	8	11	60	E70XX (485.0)	345.0	208.1	215.6	96.56	147.2	188.2	78.21	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor superior à alma	5	7	220	E70XX (485.0)	345.0	91.0	215.6	42.21	64.3	188.2	34.19	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior às mesas	8	11	60	E70XX (485.0)	345.0	208.1	215.6	96.56	147.2	188.2	78.21	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior à alma	5	7	220	E70XX (485.0)	345.0	91.0	215.6	42.21	64.3	188.2	34.19	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor superior às mesas	8	11	60	E70XX (485.0)	345.0	208.1	215.6	96.56	147.2	188.2	78.21	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor superior à alma	5	7	220	E70XX (485.0)	345.0	91.0	215.6	42.21	64.3	188.2	34.19	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior às mesas	8	11	60	E70XX (485.0)	345.0	208.1	215.6	96.56	147.2	188.2	78.21	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior à alma	5	7	220	E70XX (485.0)	345.0	91.0	215.6	42.21	64.3	188.2	34.19	1.10	1.25	1.35
Solda da chapa de reforço à alma	5	7	848	E70XX (485.0)	345.0	138.2	215.6	64.13	97.8	188.2	51.95	1.10	1.25	1.35

Sd: Solicitação de cálculo
Rd: Resistente de cálculo
- Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.

2) Pilar W 250 x 38.5

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

Limitações (ABNT NBR 8800:2008, 6.2.6)

6.2.6.2 Soldas de filete

6.2.6.2.1 O tamanho mínimo da perna de uma solda de filete é dado na Tabela 10, em função da parte menos espessa soldada.

6.2.6.2.2 O tamanho máximo da perna de uma solda de filete que pode ser usado ao longo de bordas de partes soldadas é o seguinte:

- a) ao longo de bordas de material com espessura inferior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material;
- b) ao longo de bordas de material com espessura igual ou superior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material subtraída de 1,5 mm, a não ser que nos desenhos essa solda seja indicada como reforçada durante a execução, de modo a obter a espessura total desejada da garganta.

6.2.6.2.3 O comprimento efetivo de uma solda de filete, dimensionada para uma solicitação de cálculo qualquer, não pode ser inferior a 4 vezes seu tamanho da perna e a 40 mm.

AWS D1.1/D1.1M, Complementary specifications.

2.3.3.7 Effective Throat of Skewed T-Joints.

The effective throat of a skewed T-joint in angles between 60° and 30° shall be the minimum distance from the root to the diagrammatic face, less the Z loss reduction dimension. The effective throat of a skewed T-joint in angles between 80° and 60° and in angles greater than 100° shall be taken as the shortest distance from the joint root to the weld face.

Força resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, 6.2.5)

6.2.5.1 A força resistente de cálculo, $F_{w,Rd}$, dos diversos tipos de solda está indicada na Tabela 8, na qual A_w é a área efetiva da solda, A_{MB} é a área do metal-base (produto do comprimento da solda pela espessura do metalbase menos espesso), f_y é a menor resistência ao escoamento entre os metais-base da junta e f_w a resistência mínima à tração do metal da solda.

Força resistente de cálculo das soldas, Tabela 8		
Tipo de solda	Tipo de solicitação e orientação	Força resistente de cálculo, $F_{w,Rd}$
Filete	Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda.	Não precisa ser considerado.
	Cisalhamento na seção efetiva (a solicitação de cálculo é igual à resultante vetorial de todas as forças de cálculo na junta que produzam tensões normais ou de cisalhamento na superfície de contato das partes ligadas).	Metal-base deve atender a 6.5 onde: $0.6 f_y A_g / \gamma_{a1}$ Metal da solda: $0.6 A_w f_w / \gamma_{w2}$ ²⁾
²⁾ O valor de γ_{w2} é igual a 1,35 para combinações normais, especiais ou de construção e igual a 1,15 para combinações excepcionais.		

6.2.4 Exigências relativas ao metal da solda e aos procedimentos de soldagem

6.2.4.1 Na Tabela 7, extraída da AWS D1.1, são apresentados alguns metais-base e eletrodos de solda que podem ser usados em procedimentos de soldagem pré-qualificados. Mais informações podem ser obtidas na AWS D1.1.

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)

Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna		
				$l_{w,min}$ (mm)	l_w (mm)	$d_{w,min}$ (mm)	$d_{w,max}$ (mm)	d_w (mm)
Solda da aba superior	De ângulo	SMAW	11	40	147	5	11	7
Solda da alma	De ângulo	SMAW	7	40	220	5	7	5
Solda da aba inferior	De ângulo	SMAW	11	40	147	5	11	7

P.S.: Procedimento de soldagem.
t: Menor espessura do metal-base.
 l_w : Comprimento total da solda.
 d_w : Perna da solda.

Verificação de cordões de soldadura

Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l_w (mm)	Eléctrode	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
				f_w (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	S_d (N/mm ²)	R_d (N/mm ²)	Aprov. (%)	S_d (N/mm ²)	R_d (N/mm ²)	Aprov. (%)	γ_{a1}	γ_{w1}	γ_{w2}
Solda da aba superior	7	11	147	E70XX (485.0)	345.0	214.9	215.6	99.71	152.0	188.2	80.76	1.10	1.25	1.35
Solda da alma	5	7	220	E70XX (485.0)	345.0	182.3	215.6	84.58	128.9	188.2	68.51	1.10	1.25	1.35
Solda da aba inferior	7	11	147	E70XX (485.0)	345.0	214.9	215.6	99.71	152.0	188.2	80.76	1.10	1.25	1.35

S_d : Solicitação de cálculo
 R_d : Resistente de cálculo
- Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.

7. CHUMBADORES E PLACA DE ANCORAGEM

Verificações

1) Pilar W 250 x 38.5

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

Força resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, 6.2.5)

6.2.5.1 A força resistente de cálculo, $F_{w,Rd}$, dos diversos tipos de solda está indicada na Tabela 8, na qual A_w é a área efetiva da solda, A_{MB} é a área do metal-base (produto do comprimento da solda pela espessura do metal-base menos espesso), f_y é a menor resistência ao escoamento entre os metais-base da junta e f_w a resistência mínima à tração do metal da solda.

Força resistente de cálculo das soldas, Tabela 8		
Tipo de solda	Tipo de solicitação e orientação	Força resistente de cálculo, $F_{w,Rd}$
Penetração total	Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda.	Não precisa ser considerado.
	Tração ou compressão normal à seção efetiva da solda.	Metal - base: $A_{MB} f_y / \gamma_{a1}$
	Cisalhamento (soma vetorial) na seção efetiva.	Metal - base: $0.6 A_{MB} f_y / \gamma_{a1}$

6.2.4 Exigências relativas ao metal da solda e aos procedimentos de soldagem

6.2.4.1 Na Tabela 7, extraída da AWS D1.1, são apresentados alguns metais-base e eletrodos de solda que podem ser usados em procedimentos de soldagem pré-qualificados. Mais informações podem ser obtidas na AWS D1.1.

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)						
Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Chanfro (mm)
				$l_{w,min}$ (mm)	l_w (mm)	
Solda da aba superior	Em bisel simples	SMAW	10	44	147	11
Solda da alma	Em bisel duplo	SMAW	7	40	200	7
Solda da aba inferior	Em bisel simples	SMAW	10	44	147	11
<i>P.S.: Procedimento de soldagem.</i> <i>t: Menor espessura do metal-base.</i> <i>l_w: Comprimento total da solda.</i>						

Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l _w (mm)	Eléctrode	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	S _d (N/mm ²)	R _d (N/mm ²)	Aprov. (%)	S _d (N/mm ²)	R _d (N/mm ²)	Aprov. (%)	γ _{a1}	γ _{w1}	γ _{w2}
Solda da aba superior	11	10	147	E70XX (485.0)	250.0	A solda em bisel gera um cordão cuja resistência é igual à menor resistência das peças a unir.								
Solda da alma	7	7	200	E70XX (485.0)	250.0	A solda em bisel gera um cordão cuja resistência é igual à menor resistência das peças a unir.								
Solda da aba inferior	11	10	147	E70XX (485.0)	250.0	A solda em bisel gera um cordão cuja resistência é igual à menor resistência das peças a unir.								
S _d : Solicitação de cálculo R _d : Resistente de cálculo - Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.														

2) Placa de ancoragem

Referência: -Placa base: Largura X: 300 mm Largura Y: 400 mm Espessura: 10 mm -Parafusos: 4Ø16 mm L=30 cm Dobra a 180 graus -Disposição: Posição X: Centrada Posição Y: Centrada		
Verificação	Valores	Estado
Distância mínima entre chumbadores: <i>3 diâmetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 221 mm	Passa
Distância mínima chumbador-perfil: <i>1.5 diâmetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 47 mm	Passa
Distância mínima chumbador-borda: <i>2 diâmetros</i>	Mínimo: 32 mm Calculado: 40 mm	Passa
Comprimento mínimo do parafuso: <i>Calcula-se o comprimento de ancoragem necessário por aderência.</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 30 cm	Passa
Ancoragem chumbador no concreto:		

Referência: -Placa base: Largura X: 300 mm Largura Y: 400 mm Espessura: 10 mm -Parafusos: 4Ø16 mm L=30 cm Dobra a 180 graus -Disposição: Posição X: Centrada Posição Y: Centrada		
Verificação	Valores	Estado
-Tração:	Máximo: 2.155 t Calculado: 0 t	Passa
-Cortante:	Máximo: 1.509 t Calculado: 0.664 t	Passa
-Tração + Cortante:	Máximo: 2.155 t Calculado: 0.948 t	Passa
Tração chumbadores:	Máximo: 4.426 t Calculado: 0 t	Passa
Tensão de Von Mises nos chumbadores:	Máximo: 2201.83 kgf/cm ² Calculado: 680.957 kgf/cm ²	Passa
Esmagamento chumbador na placa: <i>Limite de esforço de corte em um chumbador atuando contra a placa</i>	Máximo: 9.174 t Calculado: 0.711 t	Passa
Tensão de Von Mises em seções globais: - Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Máximo: 2548.42 kgf/cm ² Calculado: 1554.44 kgf/cm ² Calculado: 1554.44 kgf/cm ² Calculado: 1304.51 kgf/cm ² Calculado: 1304.51 kgf/cm ²	Passa Passa Passa Passa
Flecha global equivalente: <i>Limite da deformabilidade dos balanços</i> - Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Mínimo: 250 Calculado: 491.223 Calculado: 491.223 Calculado: 654.168 Calculado: 654.168	Passa Passa Passa Passa
Tensão de Von Mises local: <i>Tensão por tração de chumbadores sobre placas em balanço</i>	Máximo: 2548.42 kgf/cm ² Calculado: 0 kgf/cm ²	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Informação adicional: - Relação ruptura desfavorável seção de concreto: 0.0344		

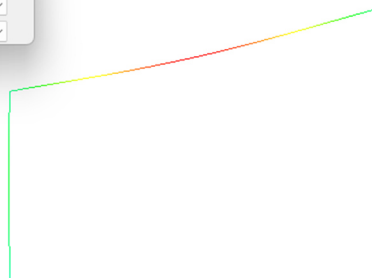
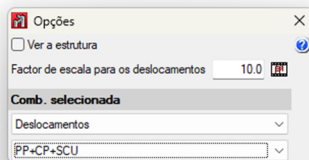
8. DEFORMAÇÃO E ESTABILIDADE

Deformações excessivas:

Tabela C.1 — Deslocamentos máximos

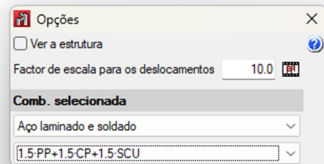
Descrição	δ^a
- Travessas de fechamento	$L/180^b$
	$L/120^{c,d}$
- Terças de cobertura ^{g)}	$L/180^e$
	$L/120^f$
- Vigas de cobertura ^{g)}	$L/250^h$
- Vigas de piso	$L/350^h$
- Vigas que suportam pilares	$L/500^h$
Vigas de rolamento: ^{j)}	
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal inferior a 200 kN	$L/600^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN, exceto pontes siderúrgicas	$L/800^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes siderúrgicas com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN	$L/1000^i$
- Deslocamento horizontal, exceto para pontes rolantes siderúrgicas	$L/400$
- Deslocamento horizontal para pontes rolantes siderúrgicas	$L/600$
Galpões em geral e edifícios de um pavimento:	
- Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base	$H/300$
- Deslocamento horizontal do nível da viga de rolamento em relação à base	$H/400^{k,l}$

Tabela C da NBR8800 – Deformações Excessivas



0 0.99 1.98 2.97 3.96 4.94 5.93 6.92 7.91 8.9 9.89 mm

Estrutura deforma, no máximo 9.8mm quando sujeita aos esforços mencionados no capítulo 3 sem combinação da norma. Relativo a uma deformação menor que $L/500$. Sendo, de acordo com a NBR6118 a deformação máxima aceitável equivalente a $L/350$ (15,14mm).



Estrutura deforma, no máximo 14.8mm quando analisada na combinação de Estado Limite Último (ELU). Relativo a uma deformação menor que $L/500$. Sendo, de acordo com a NBR6118 a deformação máxima aceitável equivalente a $L/350$ (15,14mm).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que, a estrutura de reforço dimensionada está dimensionada conforme as necessidades de usabilidade da mesma. Por sua vez, o projeto estrutural está econômico, eficiente e, principalmente seguro, apto a ser executado com excelência.

Giuliano Lopes Amaral
Arquiteto e Urbanista

Marcelo Alves Savazzi Júnior
CREA:5070404300
Engenheiro Civil