



MEMORIAL DESCRITIVO ESTRUTURA METÁLICA PORTARIA SUÍNOS

Concórdia – SC



SUMÁRIO

SUMÁRIO	2
1. Objetivo	3
2. Normas e especificações adotadas	3
3. Premissas adotadas	3
3.1 DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS	3
3.2 LIGAÇÕES DA ESTRUTURA	3
3.3 FECHAMENTO ESTRUTURA	3
3.4 TRATAMENTO	4
4. premissas de CÁLCULO	5



1. OBJETIVO

Este documento tem por objetivo apresentar o dimensionamento e os critérios adotados para o “Projeto de Cobertura em Estrutura Metálica” da “Portaria dos suínos”.

2. NORMAS E ESPECIFICAÇÕES ADOTADAS

ABNT NBR 6120:2019 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações.

ABNT NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações.

ABNT NBR 6355:2012 - Perfis estruturais de aço formados a frio – padronização.

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

ABNT NBR 14762:2010 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

ABNT NBR 15980:2020 – Perfis laminados de aço para uso estrutural – dimensões e tolerâncias.

3. PREMISSAS ADOTADAS

A estrutura em questão possui:

- Tesouras com banzos em perfil U100x40x2,00 mm e treliçado com dupla cantoneira L1x1/8”;
- Ligações na fabricação soldadas;
- Ligações na montagem soldadas.

3.1 DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

Especificação dos materiais utilizados:

- Perfil de chapa dobrada em aço ASTM A36 ($F_y=250\text{Mpa}$);

3.2 LIGAÇÕES DA ESTRUTURA

Especificação das ligações da estrutura:

- Tesouras, terças: Ligação soldada com eletrodo E70XX.

3.3 FECHAMENTO ESTRUTURA

- Terças de cobertura: Perfil U100x50x17X2,00 mm.



3.4 TRATAMENTO

Antes da pintura dos perfis e da estrutura, limpar os perfis com material decapante e logo após fazer o tratamento da superfície com primer fundo para controle de corrosão.



4. PREMISSAS DE CÁLCULO

BANZO TESOURA

Perfil: U100X40X2.00

Material: Aço (A-36)

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)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)								
N33	N10	0.506	3.47	51.85	5.24	0.05	-10.22	0.00								
Notas:																
(1) Inércia em relação ao eixo indicado																
(2) Momento de inércia à torção uniforme																
(3) Coordenadas do centro de gravidade																
	Flambagem		Flambagem lateral													
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.												
β	1.00	1.00	1.00	1.00												
L _K	0.506	0.506	0.506	0.506												
C _m	-	-	1.000	1.000												
C _b	-		1.000													
Notação:																
β: Coeficiente de flambagem																
L _K : Comprimento de flambagem (m)																
C _m : Coeficiente de momentos																
C _b : Fator de modificação para o momento crítico																

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _c M _x M _y	N _t M _x M _y	M _t	
N33/N10	(b _w /t) ≤ 90 Passa	$\lambda_{xx} \leq 200.0$ $\lambda_{yy} \leq 200.0$ Passa	x: 0.506 m η = 13.2	x: 0 m η = 26.4	M _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	M _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	x: 0.506 m η = 0.2	V _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽²⁾	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	M _{t,Sd} = 0.00 N.A. ⁽⁶⁾	PASSA η = 26.4
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação 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 M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _c M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _x M _y : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à 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 momento fletor. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante. ⁽³⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁵⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. ⁽⁶⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

Elemento: Alma

Em almas de perfis U não enrijecidos sujeitas à compressão uniforme, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 90.

(b/t) : 46 ✓

Sendo:



b: Comprimento do elemento.

b : 92.00 mm

t: A espessura.

t : 2.00 mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

O índice de esbeltez λ das barras comprimidas não deve exceder o valor 200.

λ_{xx} : 13.1 ✓

λ_{yy} : 41.1 ✓

Onde:

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

$K_x L_x$: 0.506 m

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

$K_y L_y$: 0.506 m

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

r_x : 3.87 cm

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

r_y : 1.23 cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

Deve satisfazer:

η : 0.132 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N10, para a combinação de ações 1.25·PP+1.25·Telha+1.5·SCn.

$N_{t,Sd}$: Esforço axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$N_{t,Sd}$: 1.064 t

A força normal de tração resistente de cálculo **$N_{t,Rd}$** deve ser tomada como:

$N_{t,Rd}$: 8.033 t

Onde:

A: Área bruta da seção transversal da barra.

A : 3.47 cm²

f_y : Tensão de escoamento.

f_y : 2548.42 kgf/cm²

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.1



Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.264} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N33, para a combinação de ações PP+Telha+1.4·Vento.

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

$$\mathbf{N_{c,sd}} : \underline{1.499} \text{ t}$$

A força normal de compressão resistente de cálculo **N_{c,Rd}** deve ser tomada como:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{5.676} \text{ t}$$

Onde:

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

$$\mathbf{A_{ef}} : \underline{3.00} \text{ cm}^2$$

χ : Fator de redução associado à flambagem,

$$\chi_{yy} : \underline{0.91}$$

$$\chi_{xz} : \underline{0.89}$$

Sendo:

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0, yy} : \underline{0.46}$$

$$\lambda_{0, xz} : \underline{0.52}$$

Sendo:

N_e: Força normal de flambagem elástica da barra, conforme 9.7.2.

A: Área bruta da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A} : \underline{3.47} \text{ cm}^2$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$\mathbf{f_y} : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.2}$$

A força normal de flambagem elástica **N_e** é o menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\mathbf{N_e} : \underline{32.419} \text{ t}$$

a) Força normal de flambagem elástica por flexão em relação ao eixo Y.

$$\mathbf{N_{ey}} : \underline{41.224} \text{ t}$$

b) Força normal de flambagem elástica por flexo-torção.



$$N_{exz} : \underline{32.419} \text{ t}$$

Onde:

$$N_{ex} : \underline{408.248} \text{ t}$$

$$N_{ez} : \underline{33.091} \text{ t}$$

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

$$I_x : \underline{51.85} \text{ cm}^4$$

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

$$I_y : \underline{5.24} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{0.05} \text{ cm}^4$$

C_w : Constante de empenamento da seção.

$$C_w : \underline{86.47} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidade.

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

G : Módulo de elasticidade transversal.

$$G : \underline{784129} \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$K_x L_x : \underline{0.506} \text{ m}$$

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

$$K_y L_y : \underline{0.506} \text{ m}$$

$K_z L_z$: Comprimento efetivo de flambagem por torção.

$$K_z L_z : \underline{0.506} \text{ m}$$

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

$$r_0 : \underline{4.66} \text{ cm}$$

Sendo:

r_x, r_y : Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{3.87} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{1.23} \text{ cm}$$

x_0, y_0 : Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção.

$$x_0 : \underline{-22.82} \text{ mm}$$

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

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

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

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

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

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$



O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N10, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+Telha+1.4·Vento.

$$V_{sd} : \underline{0.003} \text{ t}$$

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $V_{sd} = 0.5 V_{sd}$.

$$V_{sd} : \underline{0.002} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{1.001} \text{ t}$$

para

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{33.46}$$

para

$$h/t : \underline{18.00}$$

para

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{43.38}$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

h: Largura da alma.

$$h : \underline{36.00} \text{ mm}$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

E: Módulo de elasticidade.

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

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v : Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:

$$K_v : \underline{1.20}$$

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

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

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.



Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

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



DUPLA CANTONEIRA

Perfil: L 1 x 1/8", Duplo U união genérica (Distância entre os perfis: 44.9 / 44.9 mm e Perfis independentes)
Material: Aço (A-36 250Mpa)

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)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
N32	N10	0.794	2.96	1.66	49.82	0.10	0.00	-5.19

Notas:

⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado

⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme

⁽³⁾ Coordenadas do centro de gravidade

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	1.00	1.00	1.00	1.00
L _K	0.794	0.794	0.794	0.794
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 _u	M _v	V _u	V _v	NM _u M _v	T	NMVT	$\sigma \tau f$	
N32/N10	$\lambda \leq 200.0$ Passa	x: 0.794 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 25.1$	x: 0.397 m $\eta = 0.3$	x: 0.397 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.A. ⁽¹⁾	N.A. ⁽²⁾	N.A. ⁽³⁾	x: 0.397 m $\eta = 27.5$	PASSA $\eta = 27.5$
Notação: λ : Limitação do índice de esbeltez N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _u : Resistência à flexão eixo U M _v : Resistência à flexão eixo V V _u : Resistência ao esforço cortante U V _v : Resistência ao esforço cortante V NM _u M _v : 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⁾ Este caso não está contemplado pela norma e, portanto, não é possível realizar a verificação. ⁽²⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor. ⁽³⁾ Não há interação entre a força axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.												

Nota: A análise de peças compostas é realizada através da verificação de cada um dos perfis simples que as constituem. As verificações destes perfis são realizadas para os esforços calculados a partir daqueles que atuam sobre a peça composta, segundo as suas características mecânicas. Para as verificações de estabilidade, utiliza-se a esbeltez mecânica ideal, obtida em função da esbeltez da peça e uma esbeltez complementar que considera a distância das ligações entre os perfis simples.

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.

 λ : **158.2** ✓

Onde:



λ : Índice de esbeltez.

$$\lambda_u : 85.1$$

$$\lambda_v : 158.2$$

Sendo:

$K_u \cdot L_u$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo U.

$$K_u \cdot L_u : 0.794 \text{ m}$$

$K_v \cdot L_v$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo V.

$$K_v \cdot L_v : 0.794 \text{ m}$$

r_u, r_v : Raios de giração em relação aos eixos principais U, V, respectivamente.

$$r_u : 0.93 \text{ cm}$$

$$r_v : 0.50 \text{ cm}$$

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

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.051 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N10, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·Telha+1.5·SCn.

$N_{t,sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,sd} : 0.174 \text{ t}$$

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

$$N_{t,Rd} : 3.429 \text{ t}$$

Onde:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : 1.48 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 2548.42 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

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

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.251 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N32, para a combinação de ações PP+Telha+1.4·Vento.

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

$$N_{c,sd} : 0.238 \text{ t}$$



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

$$N_{c,Rd} : \underline{0.949} \text{ t}$$

Onde:

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

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\chi : \underline{0.277}$$

$$Q : \underline{1.000}$$

$$A_g : \underline{1.48} \text{ cm}^2$$

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

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

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

$$\chi : \underline{0.277}$$

Onde:

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 : \underline{1.780}$$

Sendo:

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

N_e : Força axial de flambagem elástica.

$$Q : \underline{1.000}$$

$$A_g : \underline{1.48} \text{ cm}^2$$

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

$$N_e : \underline{1.190} \text{ t}$$

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 monossimétrica, cujo eixo principal U é o eixo de simetria, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a) e (b):

$$N_e : \underline{1.190} \text{ t}$$

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

$$N_{ev} : \underline{1.190} \text{ t}$$

Onde:

$K_v \cdot L_v$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo V.

I_v : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo V.

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$K_v \cdot L_v : \underline{0.794} \text{ m}$$

$$I_v : \underline{0.37} \text{ cm}^4$$

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

(b) Para flambagem por flexotorção:

$$N_{euz} : \underline{3.802} \text{ t}$$

Onde:

$$N_{eu} : \underline{4.112} \text{ t}$$



Sendo:

$K_u \cdot L_u$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo U.

I_u : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo U.

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$K_u \cdot L_u : \underline{0.794} \text{ m}$$

$$I_u : \underline{1.29} \text{ cm}^4$$

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

$$N_{ez} : \underline{21.802} \text{ t}$$

Sendo:

$K_z \cdot L_z$: 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.

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

$$K_z \cdot L_z : \underline{0.794} \text{ m}$$

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

$$C_w : \underline{0.02} \text{ cm}^6$$

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

$$J : \underline{0.05} \text{ cm}^4$$

$$r_o : \underline{1.35} \text{ cm}$$

Onde:

r_u, r_v : Raios de giração em relação aos eixos principais U, V, respectivamente.

U_o, V_o : Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais U, V, respectivamente.

$$r_u : \underline{0.93} \text{ cm}$$

$$r_v : \underline{0.50} \text{ cm}$$

$$U_o : \underline{8.38} \text{ mm}$$

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

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

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 3 da Tabela F.1.

$$8.01 \leq 12.73$$

Sendo:

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

Onde:

b: Largura.

t: Espessura.

(b/t)_{lim}: Relação limite entre largura e espessura.

$$(b/t) : \underline{8.01}$$

$$b : \underline{25.40} \text{ mm}$$

$$t : \underline{3.17} \text{ mm}$$

$$(b/t)_{lim} : \underline{12.73}$$

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

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

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$



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

Este caso não está contemplado na norma. Aplica-se o critério da CYPE Ingenieros baseado na norma ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.397 m do nó N32, para a combinação de ações 1.5·PP+Telha.

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

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

Onde:

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

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

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

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

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

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{0.025} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$\mathbf{W_u} : \underline{0.72} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

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

$$\mathbf{0.08} > \mathbf{0.01}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\mathbf{M_u} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Sendo:

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

$$\mathbf{W_u} : \underline{0.72} \text{ cm}^3$$



f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 2548.42 kgf/cm²

M_e : 0.077 t·m

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

b: Largura da aba da cantoneira.

b : 25.40 mm

t: Espessura da cantoneira.

t : 3.17 mm

C_b: Fator de modificação para diagrama de momento fletor não-uniforme.

C_b : 1.00

L_{b,sup}: Distância entre pontos travados à flambagem lateral.

L_{b,sup} : 0.794 m

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

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

Não é necessária, já que a seção considera-se compacta.

Já que se cumpre ' $\lambda \leq \lambda_p$ ', não é necessário realizar esta verificação.

8.01 ≤ **15.27**

Onde:

λ : 8.01

Sendo:

b: Largura da aba da cantoneira.

b : 25.40 mm

t: Espessura da cantoneira.

t : 3.17 mm

λ_p : 15.27

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 2548.42 kgf/cm²

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

Este caso não está contemplado na norma. Aplica-se o critério da CYPE Ingenieros baseado na norma ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Deve satisfazer:

η : 0.005 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.397 m do nó N32, para a combinação de ações 1.5·PP+Telha.

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

M_{v,sd} : 0.000 t·m



Onde:

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

$$M_{x,Sd}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$M_{Rd} : \underline{0.014} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{Rd} : \underline{0.014} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$W_v : \underline{0.39} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

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

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

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

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

Não é necessária, já que a seção considera-se compacta.

Já que se cumpre ' $\lambda \leq \lambda_p$ ', não é necessário realizar esta verificação.

$$8.01 \leq 15.27$$

Onde:

$$\lambda : \underline{8.01}$$

Sendo:

b: Largura da aba da cantoneira.

$$b : \underline{25.40} \text{ mm}$$

t: Espessura da cantoneira.

$$t : \underline{3.17} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{15.27}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

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

Este caso não está contemplado na norma. Aplica-se o critério da CYPE Ingenieros baseado na norma ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Deve satisfazer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N32, para a combinação de ações 1.5·PP+Telha.

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

$$V_{u,sd}^+ : \underline{0.000} \text{ t}$$

Onde:

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

$$V_{x,sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}$$

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

$$V_{y,sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}$$

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

$$V_{Rd} : \underline{1.583} \text{ t}$$

Onde:

$$V_{pl} : \underline{1.741} \text{ t}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{1.14} \text{ cm}^2$$

Onde:

b_{horz}: Largura da aba horizontal.

$$b_{horz} : \underline{25.40} \text{ mm}$$

t_{horz}: Espessura da aba horizontal.

$$t_{horz} : \underline{3.17} \text{ mm}$$

b_{vert}: Largura da aba vertical.

$$b_{vert} : \underline{25.40} \text{ mm}$$

t_{vert}: Espessura da aba vertical.

$$t_{vert} : \underline{3.17} \text{ mm}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

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

Este caso não está contemplado na norma. Aplica-se o critério da CYPE Ingenieros baseado na norma ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Deve satisfazer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N32, para a combinação de ações 1.5·PP+Telha.

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

$$V_{v, sd} : \underline{0.000} \text{ t}$$

Onde:

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

$$V_{x, sd} : \underline{0.000} \text{ t}$$

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

$$V_{y, sd} : \underline{0.000} \text{ t}$$

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

$$V_{Rd} : \underline{1.583} \text{ t}$$

Onde:

$$V_{pl} : \underline{1.741} \text{ t}$$

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{1.14} \text{ cm}^2$$

Onde:

b_{horz} : Largura da aba horizontal.

$$b_{horz} : \underline{25.40} \text{ mm}$$

t_{horz} : Espessura da aba horizontal.

$$t_{horz} : \underline{3.17} \text{ mm}$$

b_{vert} : Largura da aba vertical.

$$b_{vert} : \underline{25.40} \text{ mm}$$

t_{vert} : Espessura da aba vertical.

$$t_{vert} : \underline{3.17} \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

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)

Este caso não está contemplado pela norma e, portanto, não é possível realizar a verificação.

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)



Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.275} \quad \checkmark$$

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se em um ponto situado a uma distância 0.397 m do nó N32 para a combinação de ações PP+Telha+1.4·Vento e no ponto da seção transversal de coordenadas $U = -9.54$ mm, $V = 15.72$ mm em relação aos eixos principais de inércia.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

$$\sigma_{Sd} : \underline{-176.25} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\sigma_{NSd} : \underline{-160.84} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

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

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{0.238} \text{ t}$$

Q : Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F).

$$\mathbf{Q} : \underline{1.000}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A_g} : \underline{1.48} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{Mu,Sd} : \underline{-4.98} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

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

$$\mathbf{M_{u,Sd}^+} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_u : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo U.

$$\mathbf{I_u} : \underline{1.29} \text{ cm}^4$$

V : Coordenada, em relação ao eixo V, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$\mathbf{V} : \underline{15.72} \text{ mm}$$

$$\sigma_{Mv,Sd} : \underline{-10.44} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

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

$$\mathbf{M_{v,Sd}^-} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_v : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo V.

$$\mathbf{I_v} : \underline{0.37} \text{ cm}^4$$

U : Coordenada, em relação ao eixo U, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$\mathbf{U} : \underline{-9.54} \text{ mm}$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \underline{641.01} \text{ kgf/cm}^2$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

$$\sigma_{Rd} : \underline{2316.75} \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 2548.42 kgf/cm²

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 641.01 kgf/cm²

Onde:

χ : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

χ : 0.277

Sendo:

λ_0 : 1.780

σ_e : 804.00 kgf/cm²

Onde:

N_e : Força axial de flambagem elástica.

N_e : 1.190 t

Q : Fator de redução total associado à flambagem local (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F).

Q : 1.000

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

A_g : 1.48 cm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 2548.42 kgf/cm²

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10



TERÇAS

Perfil: C100X50X17X2.00 Material: Aço (A-36)

	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)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
	N24	N3	3.450	4.41	70.09	15.75	0.06	-7.18	0.00
	Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme (3) Coordenadas do centro de gravidade								
	Flambagem			Flambagem lateral					
	Plano ZX			Plano ZY		Aba sup.		Aba inf.	
	β	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	L _K	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450
	C _m	-	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	C _b	-	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Fator de modificação para o momento crítico									

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _c M _x M _y	N _t M _x M _y	M _t	
N24/N3	x: 0.216 m (b _w /t) ≤ 500 (b _f /t) ≤ 60 Passa	λ _{xx} ≤ 300.0 λ _{yy} ≤ 300.0 Passa	N _t S _d = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	N _c S _d = 0.00 N.A. ⁽²⁾	x: 1.725 m η = 87.6	x: 1.725 m η = 14.3	x: 0 m η = 0.8	x: 0 m η = 6.0	x: 1.509 m η = 16.1	x: 1.509 m η = 2.0	N.A. ⁽³⁾	x: 1.725 m η = 99.4	M _t S _d = 0.00 N.A. ⁽⁴⁾	PASSA η = 99.4
Notação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura λ: Limitação 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 M _x V _y : Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M _y V _x : Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N _c M _x M _y : Resistência à flexo-compressão N _t M _x M _y : Resistência à flexo-tração M _t : Resistência à 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 esforço axial de compressão. (3) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada. (4) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.														

Valores máximos da relação comprimento-espessura (ABNT NBR 14762:2010 Artigo 9.1.2 Tabela 4)

A relação comprimento-espessura desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância 0.216 m do nó N24.

Elemento: Alma

Em elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

(b/t) : 46 ✓

Sendo:



b: Comprimento do elemento.

b : 92.00 mm

t: A espessura.

t : 2.00 mm

Elemento: Mesa

Em elementos comprimidos AA, tendo uma borda vinculada à alma ou mesa e a outra ao enrijecedor de borda simples, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 60.

(b/t) : 21 ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

b : 42.00 mm

t: A espessura.

t : 2.00 mm

Limitação de esbeltez (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7.4)

É recomendado que o índice de esbeltez λ das barras tracionadas não exceda o valor 300.

λ_{xx} : 86.6 ✓

λ_{yy} : 182.6 ✓

Onde:

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

$K_x L_x$: 3.450 m

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

$K_y L_y$: 3.450 m

r_x : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal X.

r_x : 3.98 cm

r_y : Raio de giração da seção bruta em relação ao eixo principal Y.

r_y : 1.89 cm

Resistência à tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.6)

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

Resistência à compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.7)

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

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

η : 0.876 ✓



O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável M_{Sd} produz-se num ponto situado a uma distância de 1.725 m do nó N24, para a combinação de hipóteses PP+Telha+1.4·Vento.

$$M_{Sd} : \underline{0.133} \text{ t}\cdot\text{m}$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor calculado em a), b) y c):

$$M_{Rd}^{pos} : \underline{0.141} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd}^{neg} : \underline{0.151} \text{ t}\cdot\text{m}$$

a) Início de escoamento da la seção efetiva (9.8.2.1)

$$M_{Rd} : \underline{0.325} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_{ef} : Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.

f_y : Tensão de escoamento.

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$W_{ef} : \underline{14.02} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

$$M_{Rd}^{pos} : \underline{0.141} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd}^{neg} : \underline{0.151} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$W_{c,ef}$: Módulo de resistência elástico da seção efetiva em relação à fibra comprimida, calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, adotando $\sigma = \chi_{FLT} f_y$.

f_y : Tensão de escoamento.

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

χ_{FLT} : Fator de redução associado à flambagem lateral com torção.

$$W_{c,ef}^{pos} : \underline{12.87} \text{ cm}^3$$

$$W_{c,ef}^{neg} : \underline{13.76} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

$$^{(3)}\chi_{FLT} : \underline{0.47}$$

Sendo:

$$\lambda_0 : \underline{1.45}$$

W_c : Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida.

$$W_c : \underline{14.02} \text{ cm}^3$$



O momento fletor de flambagem lateral com torção M_e , em regime elástico, pode ser calculado pela seguinte expressão para barras com seccão duplamente simétrica ou monossimétrica sujeitas à flexão em torno do eixo de simetria:

$$M_e : \underline{0.169} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

C_b : Coeficiente de equivalência de momento na flexão.

$$C_b : \underline{1.00}$$

$$N_{ey} : \underline{2.663} \text{ t}$$

$$N_{ez} : \underline{2.921} \text{ t}$$

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

$$I_y : \underline{15.75} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{0.06} \text{ cm}^4$$

C_w : Constante de empenamento da seção.

$$C_w : \underline{364.95} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidade.

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

G : Módulo de elasticidade transversal.

$$G : \underline{784129} \text{ kgf/cm}^2$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem lateral.

$$K_y L_y : \underline{3.450} \text{ m}$$

$K_z L_z$: Comprimento efetivo de flambagem por torção.

$$K_z L_z : \underline{3.450} \text{ m}$$

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

$$r_0 : \underline{6.08} \text{ cm}$$

Sendo:

r_x, r_y : Raios de giração da seção bruta em relação aos eixos principais de inércia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{3.98} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{1.89} \text{ cm}$$

x_0, y_0 : Coordenadas do centro de torção na direção dos eixos principais X e Y, respectivamente, em relação ao centróide da seção.

$$x_0 : \underline{-41.80} \text{ mm}$$

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

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

$$M_{Rd} : \underline{0.312} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W : Módulo resistente elástico da seção bruta em relação à fibra extrema com maior tensão.

$$W : \underline{14.02} \text{ cm}^3$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{2548.42} \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

χ_{dist} : Fator de redução associado à flambagem por distorção.

$$\chi_{dist} : \underline{0.96}$$



Sendo:

λ_{dist} : Índice de esbeltez reduzida associado à flambagem por distorção.

$$\lambda_{dist} : 0.72$$

M_{dist} : Momento fletor de flambagem por distorção elástica (A norma não contempla a formulação necessária para esta verificação, portanto, aplica-se o critério da norma AISI S100-07 (2007)).

$$M_{dist} : 0.683 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

k_d : Coeficiente de flambagem por distorção.

$$k_d : 1.65$$

E : Módulo de elasticidade.

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

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : 0.3$$

b_w : Largura da alma.

$$b_w : 100.00 \text{ mm}$$

b_f : Largura da aba.

$$b_f : 50.00 \text{ mm}$$

D : Comprimento do enrijecedor da mesa.

$$D : 17.00 \text{ mm}$$

t : A espessura.

$$t : 2.00 \text{ mm}$$

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.143 \checkmark$$

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável M_{Sd} produz-se num ponto situado a $M_{Sd} : 0.016 \text{ t}\cdot\text{m}$ uma distância de 1.725 m do nó N24, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·Telha+1.05·SCn+1.4·Vento.

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como:

$$M_{Rd} : 0.112 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_{ef} : Módulo de resistência elástico da seção efetiva calculado com base nas larguras efetivas dos elementos, conforme 9.2, com σ calculada para o estado limite último de escoamento da seção.

$$W_{ef} : 4.82 \text{ cm}^3$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : 2548.42 \text{ kgf/cm}^2$$



γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.1

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : 0.008 ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N24, para a combinação de hipóteses $1.25 \cdot PP + 1.25 \cdot Telha + 1.05 \cdot SCn + 1.4 \cdot Vento$.

V_{sd} : 0.018 t

A seção é composta por duas almas iguais. Sobre cada uma delas, o esforço de cálculo é $V_{sd} = 0.5 V_{sd}$.

V_{sd} : 0.009 t

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$(1)V_{Rd}$: 1.168 t

para

$1.08(EK_v/f_y)^{0.5}$: 33.46

para

h/t : 21.00

para

$1.4(EK_v/f_y)^{0.5}$: 43.38

Onde:

t: Espessura da alma.

t: 2.00 mm

h: Largura da alma.

h: 42.00 mm

f_y : Tensão de escoamento.

f_y : 2548.42 kgf/cm²

E: Módulo de elasticidade.

E: 2038736 kgf/cm²

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.1

K_v : Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:

K_v : 1.20

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.3)

Deve satisfazer:

η : 0.060 ✓



O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{Sd} produz-se no nó N24, para a combinação de hipóteses PP+Telha+1.4·Vento.

$$V_{Sd} : 0.154 \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo da alma V_{Rd} deve ser calculada por:

$$^{(1)}V_{Rd} : 2.558 \text{ t}$$

para

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : 68.31$$

para

$$h/t : 46.00$$

para

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : 88.54$$

Onde:

t: Espessura da alma.

$$t : 2.00 \text{ mm}$$

h: Largura da alma.

$$h : 92.00 \text{ mm}$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : 2548.42 \text{ kgf/cm}^2$$

E: Módulo de elasticidade.

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

γ: Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : 1.1$$

K_v: Coeficiente de flambagem local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : 5.00$$

Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis M_{Sd} e V_{Sd} produzem-se num ponto situado a uma distância 1.509 m do nó N24, para a combinação de hipóteses PP+Telha+1.4·Vento.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

$$\eta : 0.161 \checkmark$$

Onde:

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.

$$M_{Sd} : 0.130 \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{0,Rd}: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.

$$M_{0,Rd} : 0.325 \text{ t}\cdot\text{m}$$

V_{Sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Sd} : 0.019 \text{ t}$$

V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.

$$V_{Rd} : 2.558 \text{ t}$$

Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.8.4)



Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis M_{sd} e V_{sd} produzem-se num ponto situado a uma distância 1.509 m do nó N24, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·Telha+1.05·SCn+1.4·Vento.

Para barras sem enrijecedores transversais de alma, o momento fletor solicitante de cálculo e a força cortante solicitante de cálculo devem satisfazer à seguinte expressão de interação:

$$\eta : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

Onde:

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo.

$$M_{sd} : \underline{0.016} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{0,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1.

$$M_{0,Rd} : \underline{0.112} \text{ t}\cdot\text{m}$$

V_{sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

$$V_{sd} : \underline{0.002} \text{ t}$$

V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3.

$$V_{Rd} : \underline{2.335} \text{ t}$$

Resistência à flexo-compressão (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.

Resistência à flexo-tração (ABNT NBR 14762:2010, Artigo 9.9)

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância de 1.725 m do nó N24, para a combinação de hipóteses PP+Telha+1.4·Vento.

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

$$\eta : \underline{0.994} \quad \checkmark$$

Onde:

$N_{t,sd}$: Força normal de tração solicitante de cálculo.

$$N_{t,sd} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$M_{x,sd}$, $M_{y,sd}$: Momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente.

$$M_{x,sd} : \underline{0.133} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,sd} : \underline{0.013} \text{ t}\cdot\text{m}$$

N_{Rd} : Força normal de tração resistente de cálculo conforme 9.6.

$$N_{Rd} : \underline{10.227} \text{ t}$$

$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2.

$$M_{x,Rd} : \underline{0.151} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{0.112} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

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



Itajaí, 29 de novembro de 2024.

Eduardo José Bordin Rupp

Engenheiro Civil

Coordenador