

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Memorial de Cálculo Estrutural

EM20251127

Galpão em aço 20m X 60m

Revisões:

R00 – Emissão inicial: 17.11.2025 – Jacob

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Sumário

1) Introdução	4
a. Objetivo:.....	4
b. Normas adotadas.....	4
c. Softwares e ferramentas utilizadas.....	4
2) Dados do Projeto	5
a. Geometria básica da edificação:	5
3) Cargas Gravitacionais	6
4) Determinação das cargas de vento	7
5) Verificações de Serviço (ELS)	14
Terças da Cobertura.....	14
Terças do Fechamento Lateral	15
Terças do Fechamento Frontal	16
Viga do Pórtico Principal	17
Colunas Laterais.....	18
Colunas de Oitão.....	19
6) Verificações de Segurança (ELU).....	19
Terças da Cobertura.....	20
Terças do Fechamento Lateral	32
Terças do Fechamento Frontal	44
Viga do Pórtico Principal	56
Colunas Laterais.....	69
Colunas de Oitão.....	82
Base das Colunas Laterais.....	95
Base das Colunas do oitão.....	105
Emenda das Vigas Principais	112
Emenda entre Viga e Colunas laterais.....	137
Análise de Estabilidade Global e Quantitativos	171

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

1) Introdução

a. Objetivo:

O objetivo desse documento é registrar para posteriores consultas os procedimentos e considerações utilizadas para dimensionar um galpão em estrutura metálica, conforme requisitos das normas aplicáveis citadas no item b.

O documento original encontra-se em poder do escritório Jacob Engenharia e Educação ME e uma cópia encontra-se em poder do cliente Sr. Fulano de Tal, Socio diretor da empresa Fulano de Tal ME, e se refere ao contrato de prestação de serviços firmado em 27 de Novembro de 2025 sob número 123456.

b. Normas adotadas

Foram adotadas as seguintes normas para elaboração desse memorial de cálculo estrutura:

- ABNT NBR8800/24 – Projetos de Estruturas de Aço e de Estruturas mistas de aço e concreto em edifícios
- ABNT NBR14.762/10 – Dimensionamento de perfis de aço formados a Frio
- ABNT NBR6120/19 – Cargas para cálculos de estruturas em edificações
- ABNT NBR6123/23 – Esforços devido ao vento nas edificações
- ANSI/AISC 360-16 – Specification for Structural Steel Buildings

c. Softwares e ferramentas utilizadas.

Para automação do procedimento de cálculo foram utilizadas ferramentas computacionais, listadas a seguir.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

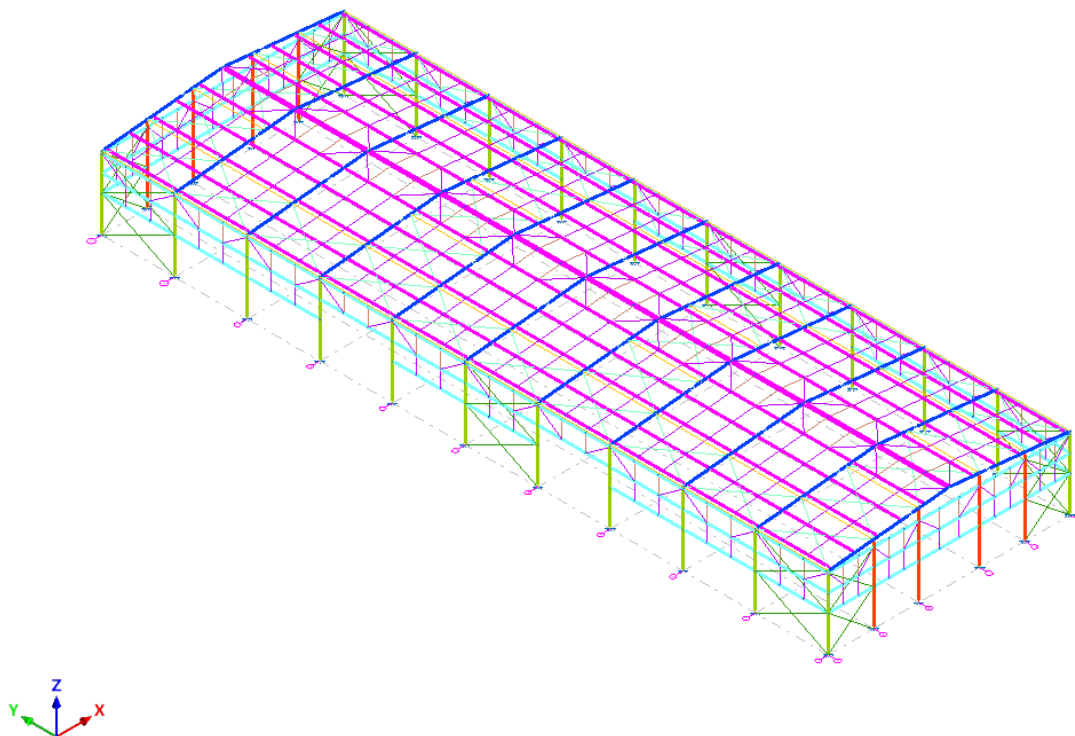
(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br



2) Dados do Projeto

a. Geometria básica da edificação:














JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Referência	Ativa	Cor
padrão	<input type="checkbox"/>	
ColunaPrincipal	<input type="checkbox"/>	
VIGACOBERTURA	<input type="checkbox"/>	
Colunas Oitão	<input type="checkbox"/>	
B.Travamento	<input type="checkbox"/>	
CH	<input type="checkbox"/>	
Terça Fechamento Lateral	<input type="checkbox"/>	
CV	<input type="checkbox"/>	
CF	<input type="checkbox"/>	
CR	<input type="checkbox"/>	
Terças de Cobertura	<input type="checkbox"/>	

Vão livre dos pórticos típicos: 20m

Distanciamento padrão entre pórticos típicos: 6m

Distanciamento padrão entre terças da cobertura: 1,94m

Distanciamento padrão entre terças do fechamento lateral: 1,42m

Distanciamento padrão entre terças dos fechamentos frontais: 1,42m

Distanciamento padrão entre os pilares frontais: 3,75m e 5m

Fechamentos laterais e frontais em alvenaria até 3m de altura

Fechamentos Laterais e frontais em telhas metálicas acima de 3m de altura

Cobertura em telhas Termoacústicas.

3) Cargas Gravitacionais

Foram considerados no cálculo:

Telhas termoacústicas: 0,12 kN/m²

Telhas Metálicas Simples: 0,06 kN/m²

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Painéis Fotovoltaicos: $0,15 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga de Uso: $0,25 \text{ kN/m}^2$ (Inclui luminárias e eletrocalhas até $0,05 \text{ kN/m}^2$)

Não foram considerados:

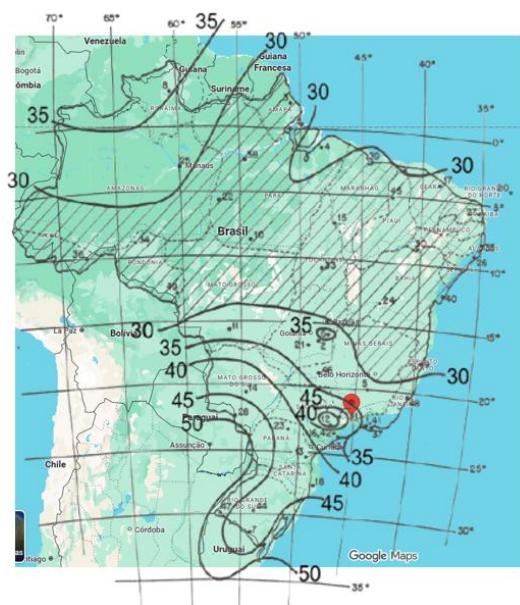
Forro

Sistemas de Combate a incêndio

Outras cargas gravitacionais não mencionadas anteriormente.

4) Determinação das cargas de vento

Cidade: São José dos Campos – SP



$V0 = 36 \text{ m/s}$

$S1 = 1,00$ Terreno plano ou fracamente acidentado (todas as direções)

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

S2 (V0, 180, PV) – Classe A, Cat IV

$$S_{2V_0, V_{180}} = b_m \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p \rightarrow 0,86 \cdot 1,00 \cdot \left(\frac{7}{10}\right)^{0,12} = 0,82$$

S2 (V90, 270) – Classe C, Cat IV

$$S_{2V_0, V_{180}} = b_m \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p \rightarrow 0,84 \cdot 0,95 \cdot \left(\frac{7}{10}\right)^{0,135} = 0,76$$

S3 = 1,00 (estrutura principal) , S3 = 0,92 (Painéis de vedação)

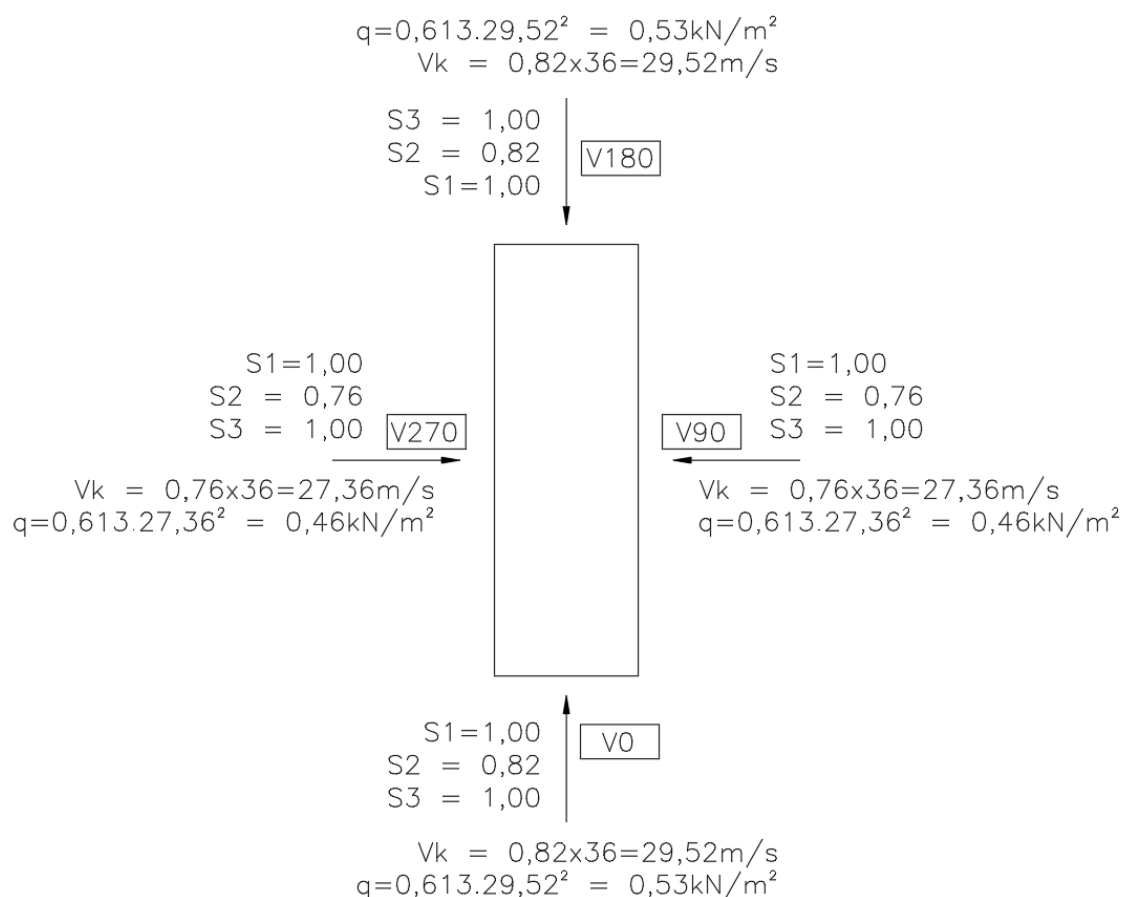


Figura 1: Carga Básica de vento por Direção

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

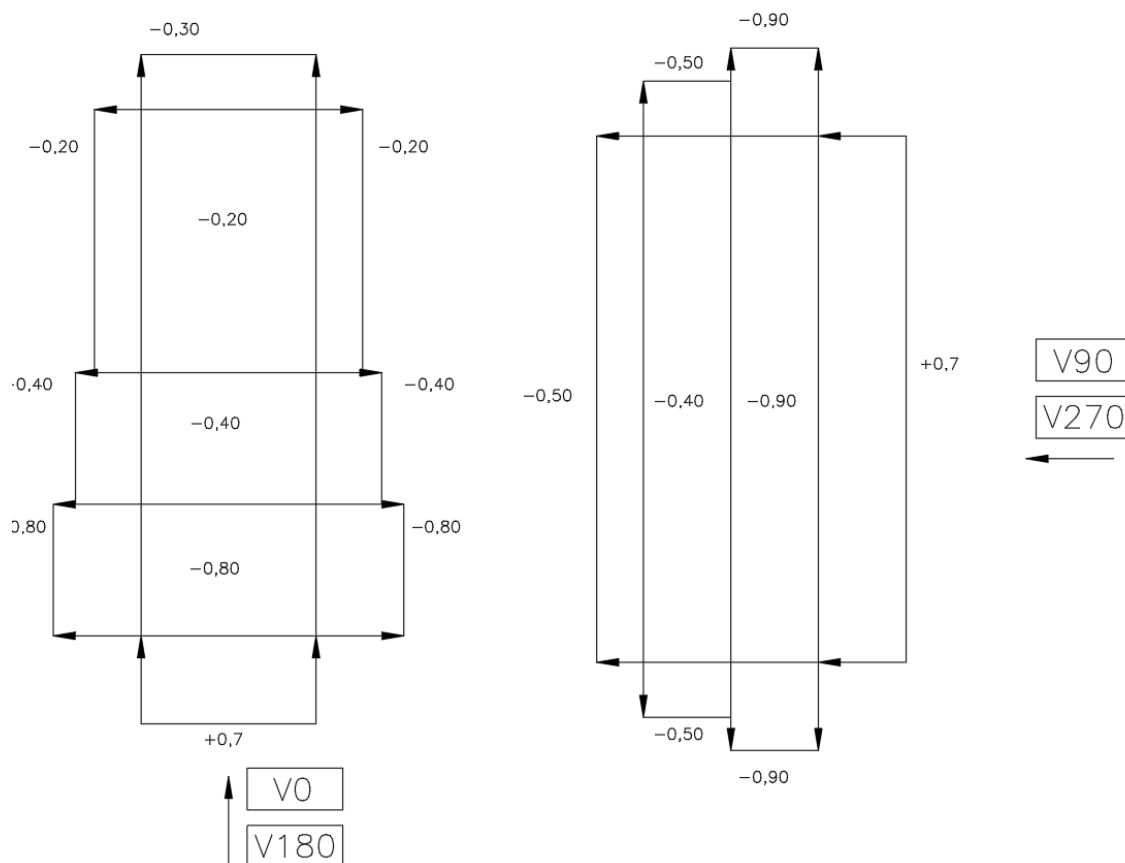
Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Determinação dos Cpes

$$h/b = 6/20 = 0,30 < 0,50$$

$$a/b = 60 / 20 = 3$$

i= 10% ~ 5 graus.



JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

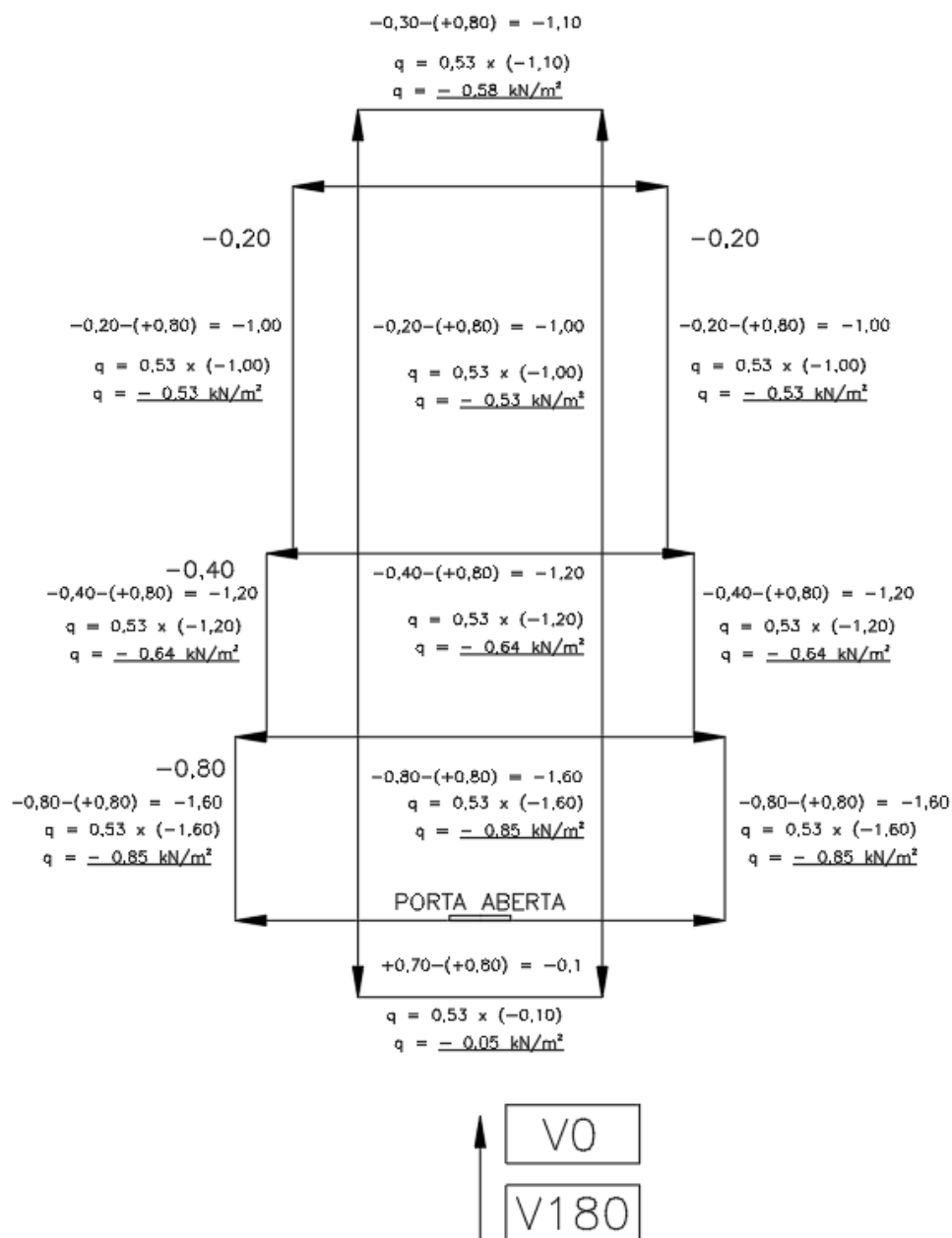
Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

ABERTURA DOMINANTE A BARLAVENTO: CPI = +0,80



JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

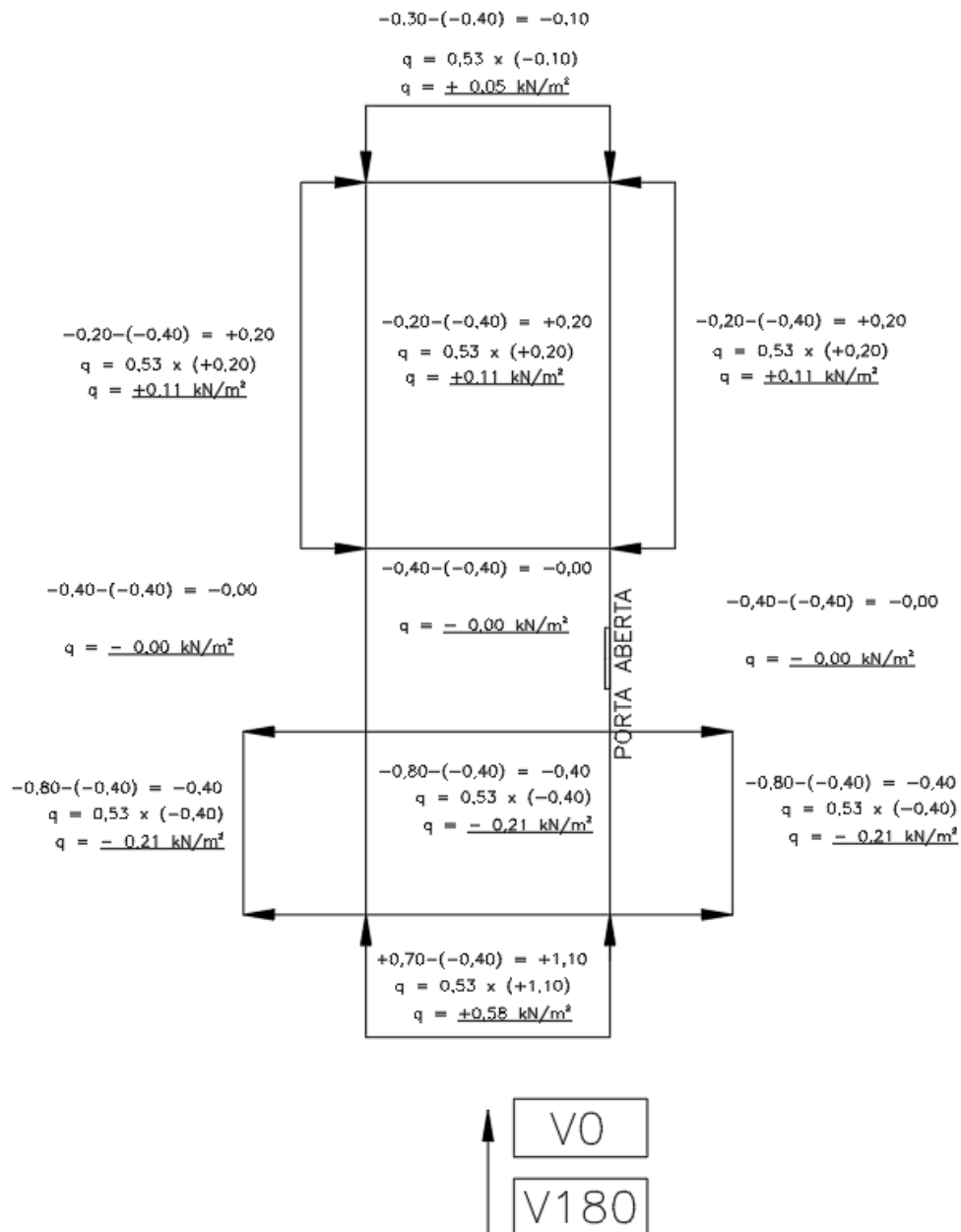
Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

ABERTURA DOMINANTE PARALELA AO VENTO: CPI = -0,40



JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

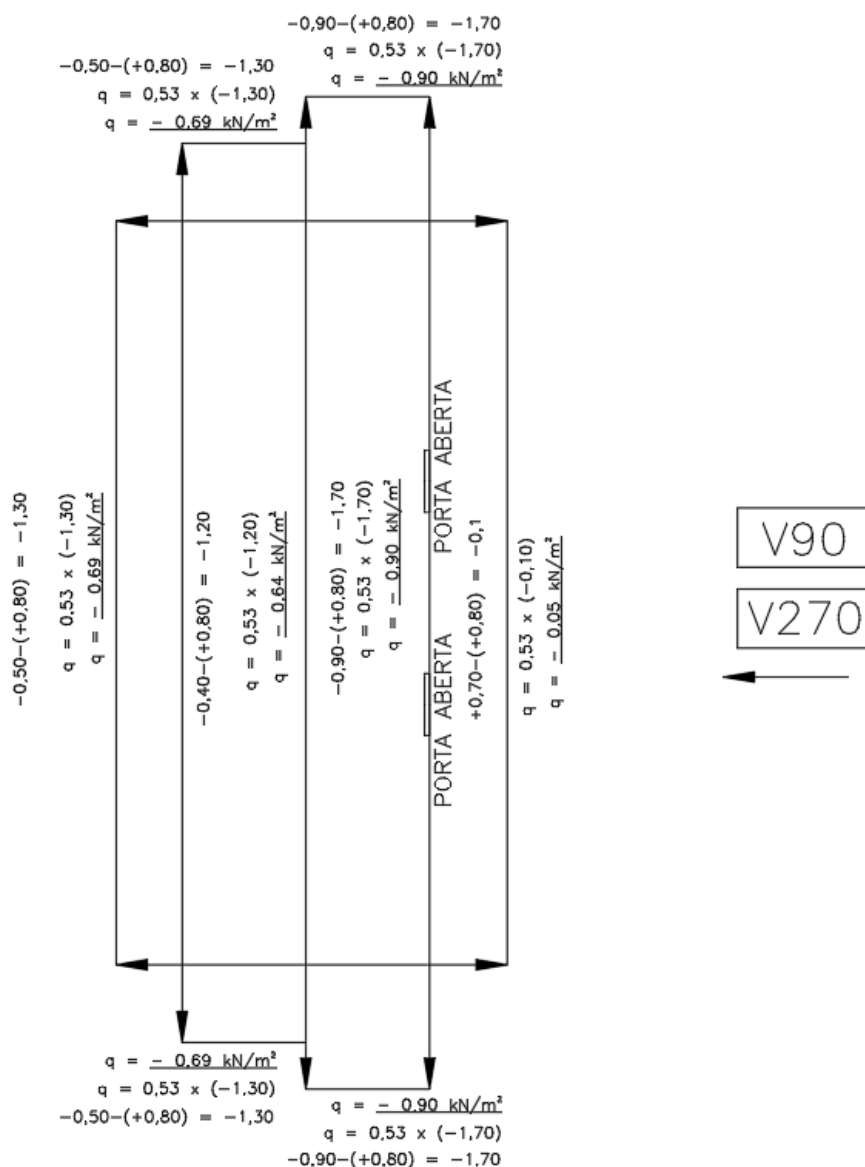
Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

ABERTURA DOMINANTE A BARLAVENTO: CPI = +0,80



JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

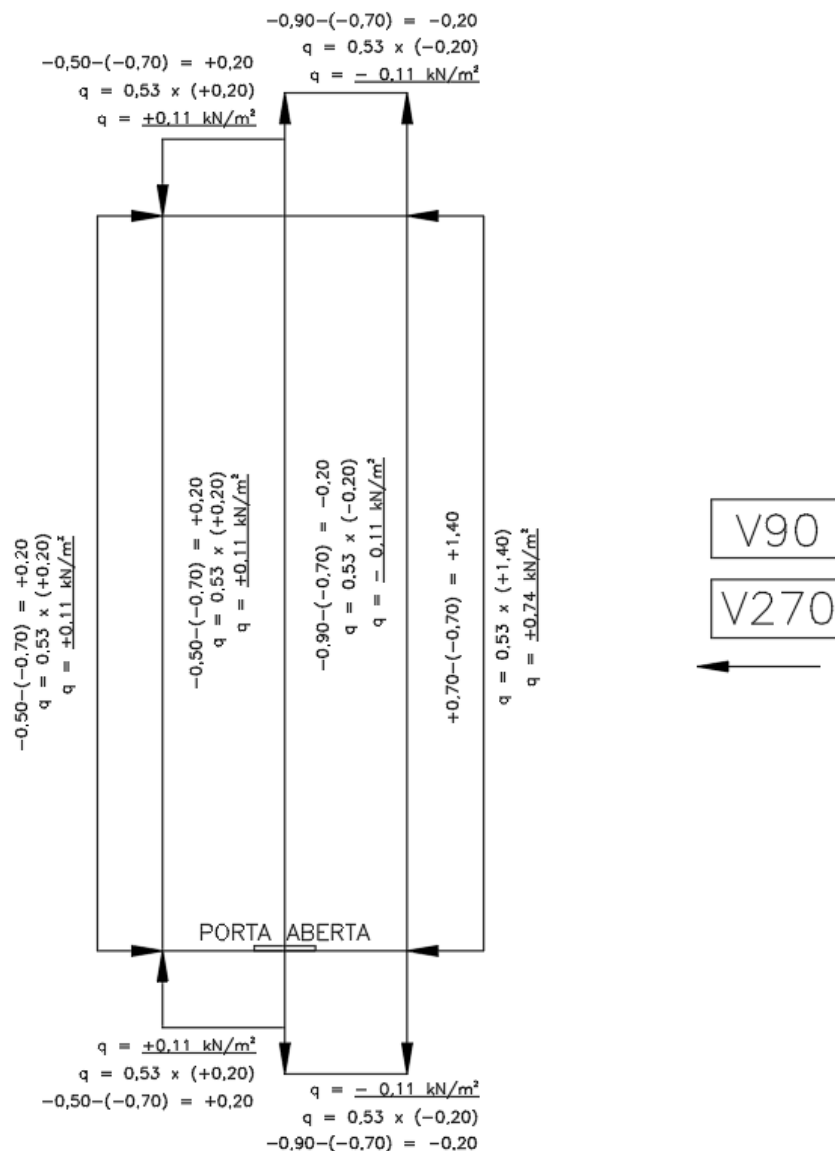
Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

ABERTURA DOMINANTE PARALELA AO VENTO: CPI = -0,70



JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

5) Verificações de Serviço (ELS)

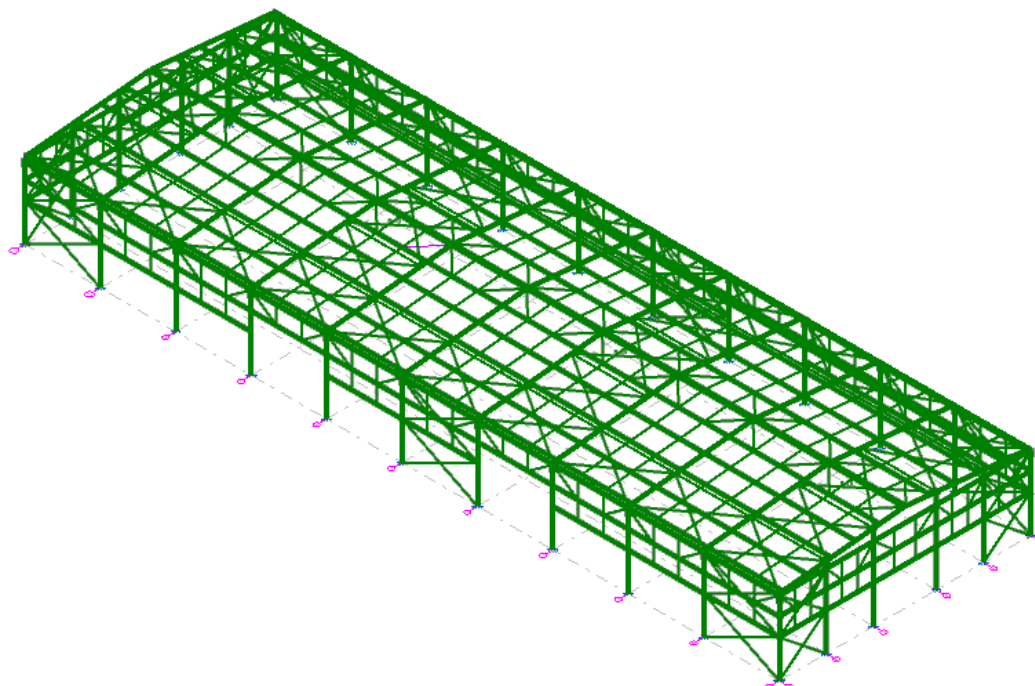
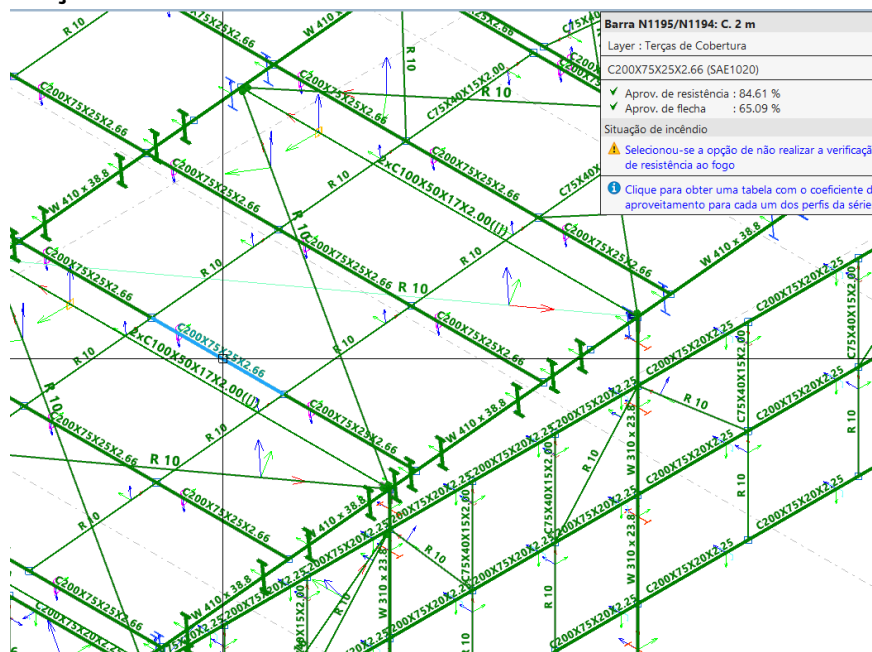


Figura 2: Verde = Aprovado; Vermelho = Reprovado

Terças da Cobertura



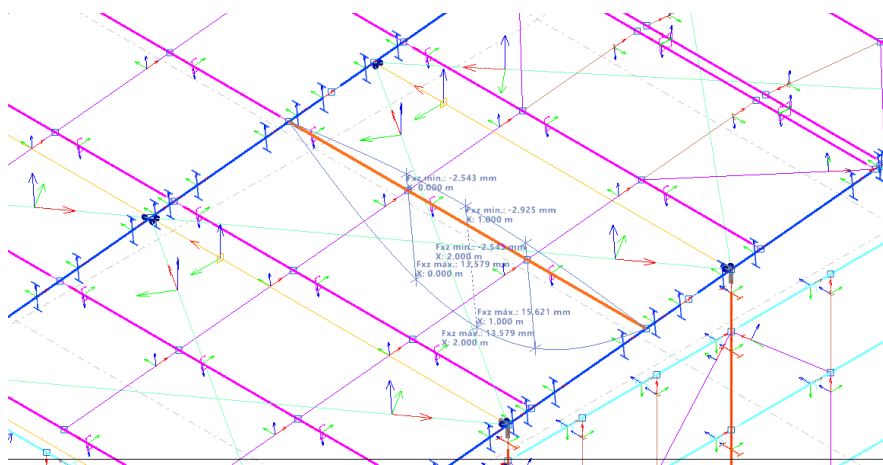
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

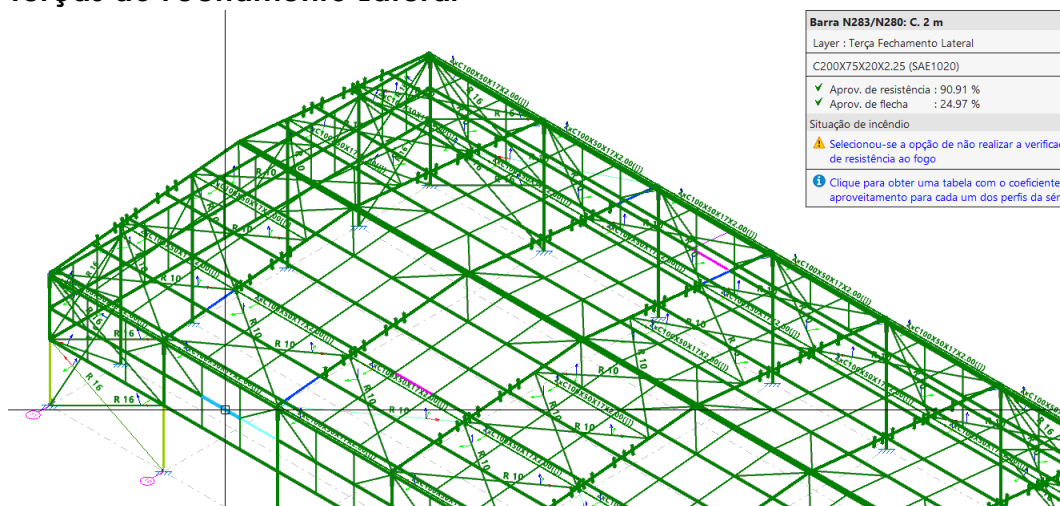
(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br



Flecha Limite = $6000/250 = 24\text{mm} > 15,62\text{mm}$ OK!

Terças do Fechamento Lateral



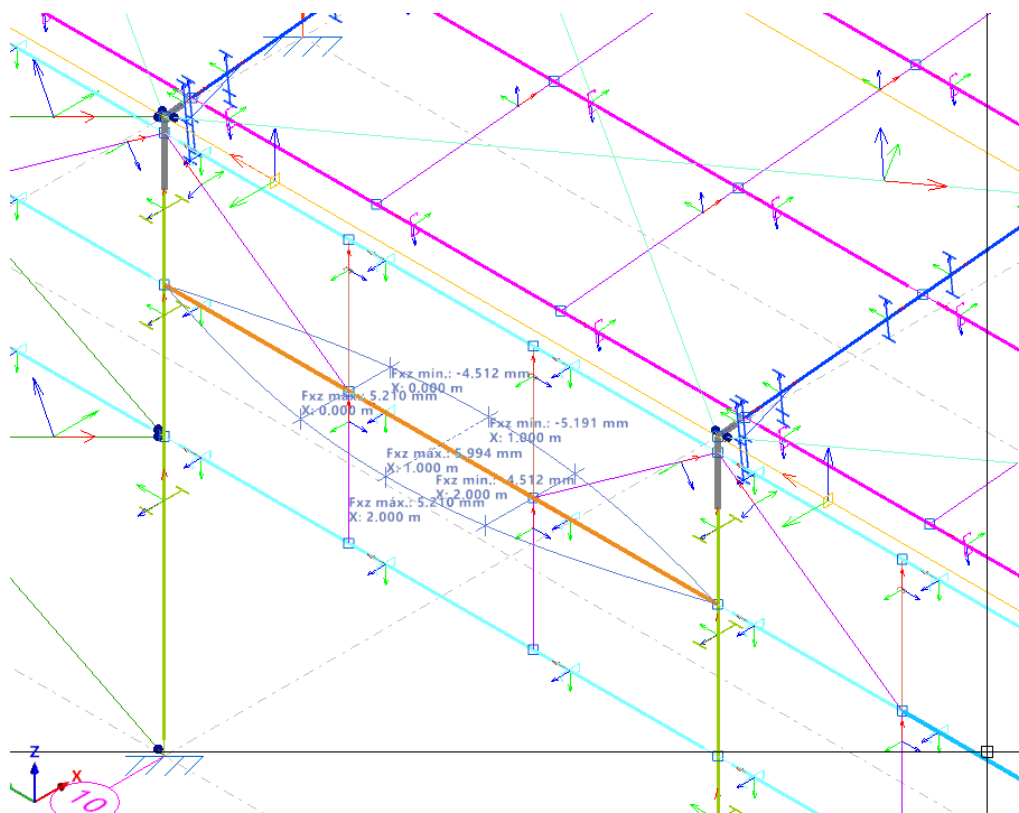
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

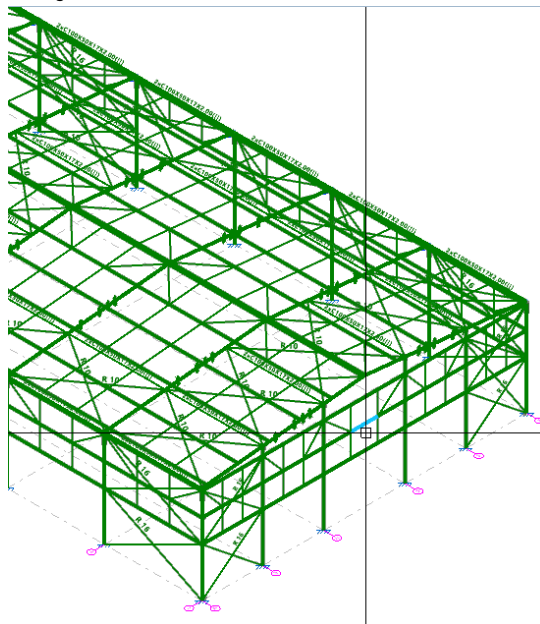
(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br



Flecha Limite = $6000/250 = 24\text{mm} > 5,21$ OK!

Terças do Fechamento Frontal



Barra N426/N427: C. 1.667 m
Layer : Terça Fechamento Lateral
C200X75X20X2.25 (SAE1020)
✓ Aprov. de resistência : 59.64 %
✓ Aprov. de flecha : 13.51 %
Situação de incêndio
⚠ Selecionou-se a opção de não realizar a verificação de resistência ao fogo
ℹ Clique para obter uma tabela com o coeficiente de aproveitamento para cada um dos perfis da série.

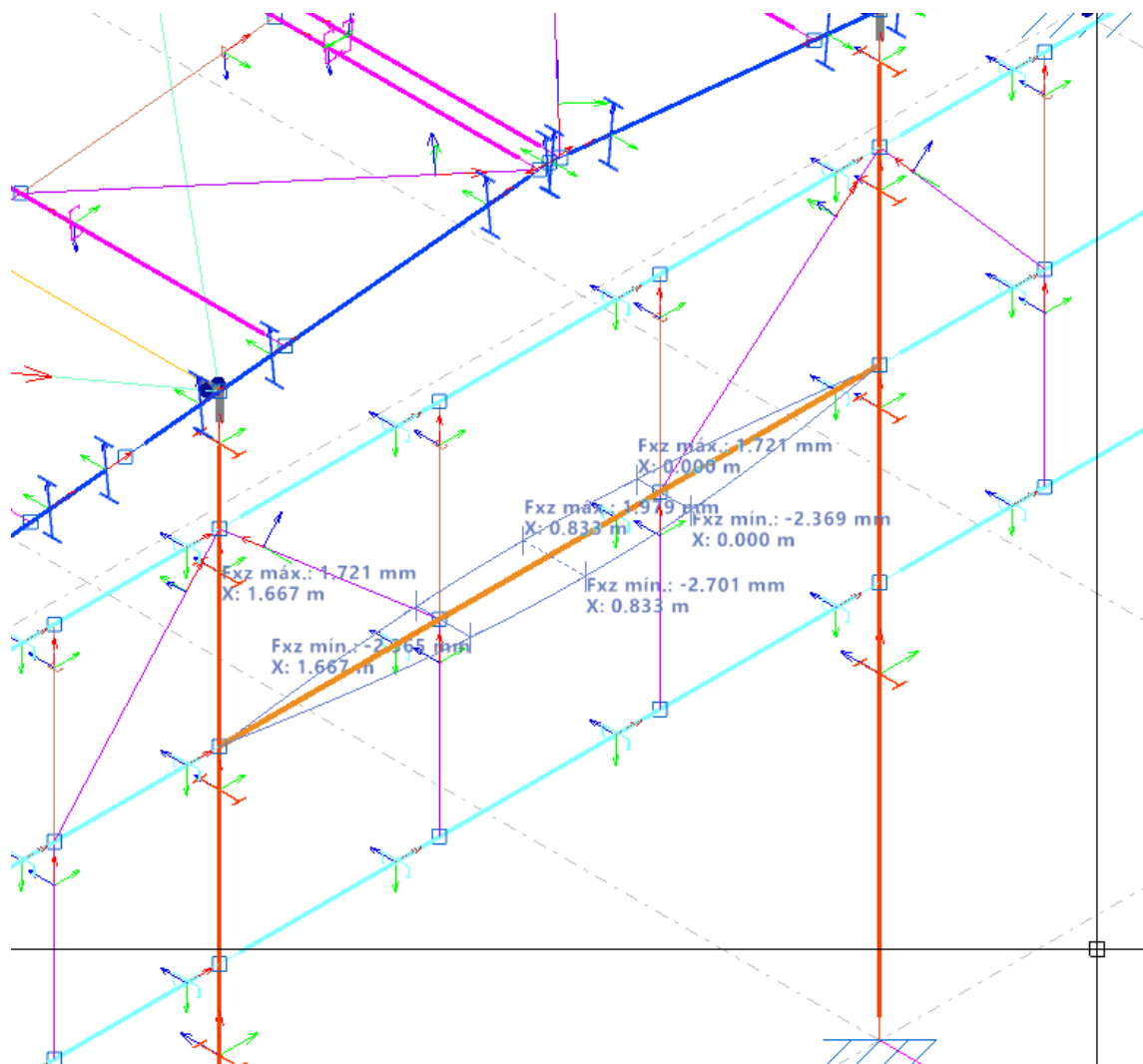
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br



Flecha Limite = $5000/250 = 20\text{mm} > 2,71$ OK!

Viga do Pórtico Principal

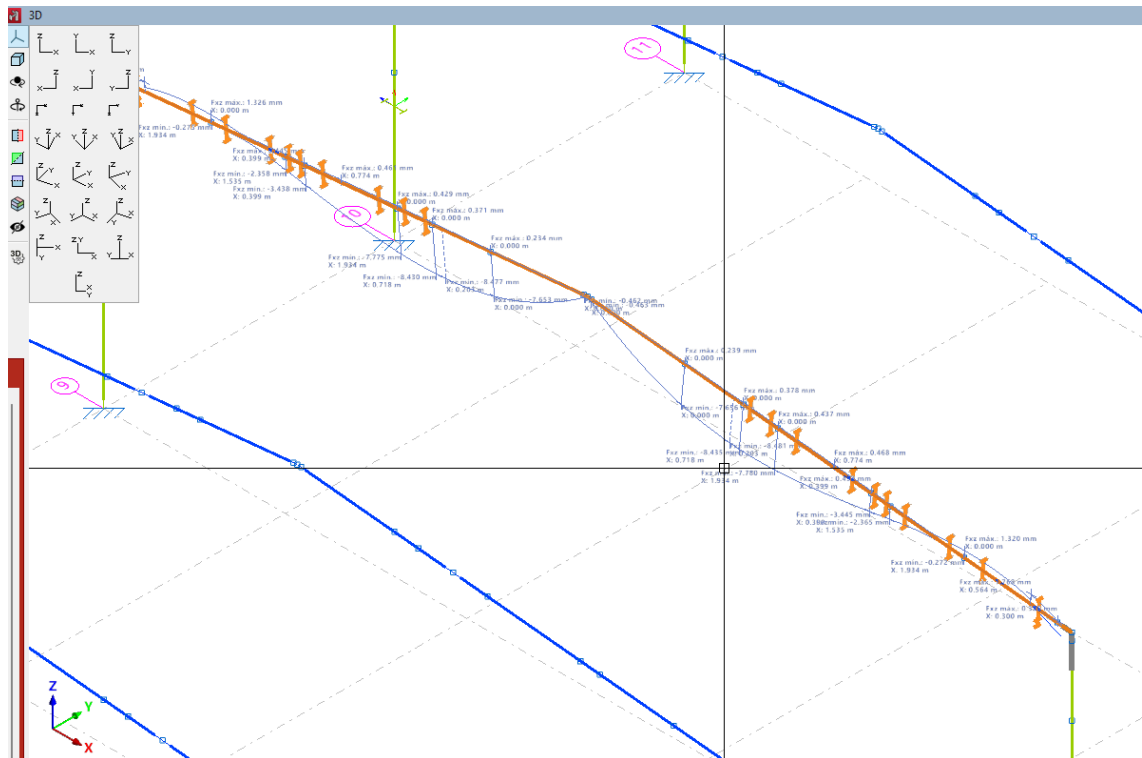
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

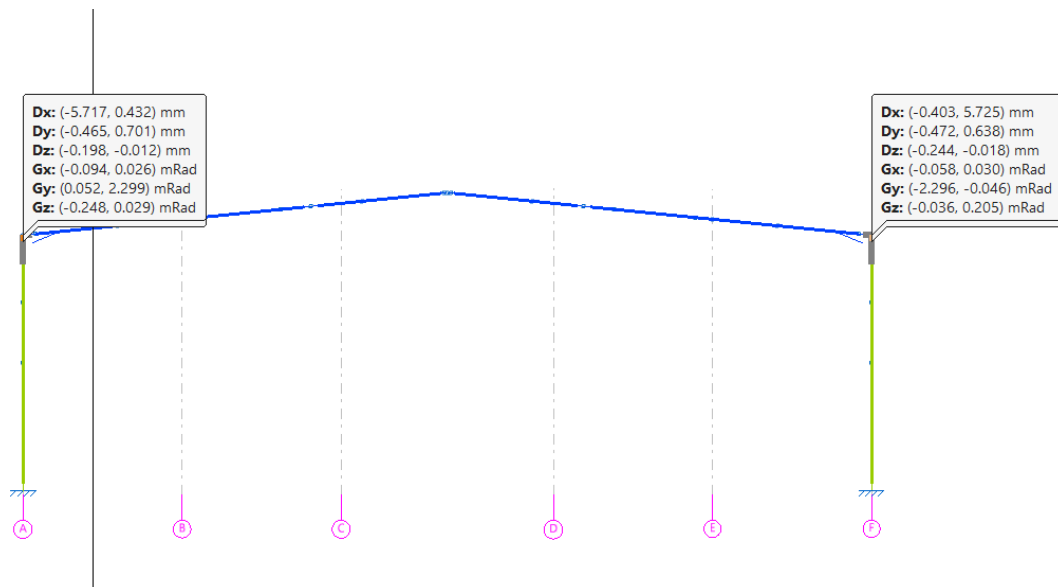
(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br



Flecha Limite = $20000/250 = 80\text{mm} > 8,43$ OK!

Colunas Laterais



Deslocamento limite = $6000/300 = 20\text{mm} > 5,73\text{mm}$ OK

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

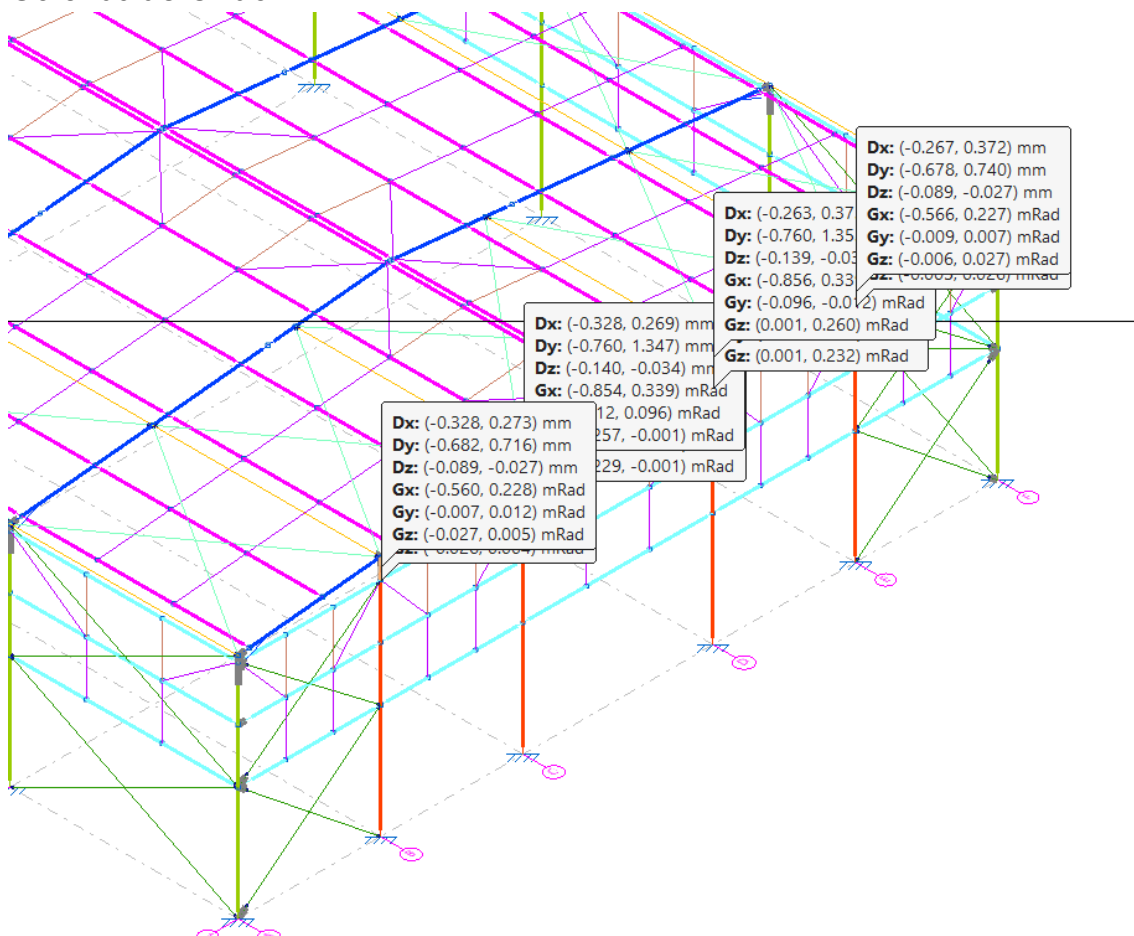
Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Colunas de Oitão



6) Verificações de Segurança (ELU)

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Terças da Cobertura

Barra N1189/N1188

Perfil: C200X75X25X2.66 Material: Aço (SAE1020)									
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)	
N1189	N1188	2.000	10.17	622.15	78.92	0.24	-14.19	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	3.00	1.00	1.00				
L _K		2.000	6.000	2.000	2.000				
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	
N1189/N1188	(b _w /t) ≤ 500 (b _t /t) ≤ 60 Passa	λ _{xx} ≤ 200.0 λ _{yy} ≤ 200.0 Passa	η = 3.0	η = 2.5	x: 1 m η = 81.1	x: 2 m η = 12.5	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 3.3	x: 0.8 m η = 49.3	x: 2 m η = 1.6	x: 1.4 m η = 70.0	x: 1.8 m η = 87.5	M _{t, Sd} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	PASSA η = 87.5
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 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 elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

(b/t) : 71 ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

b : 189.36 mm

t: A espessura.

t : 2.66 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) : 24 ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

b : 64.36 mm

t: A espessura.

t : 2.66 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} : 76.7 ✓

λ_{yy} : 71.8 ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

K_xL_x : 6.000 m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

K_yL_y : 2.000 m

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

r_x : 7.82 cm

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

r_y : 2.79 cm

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

Deve satisfazer:

η : 0.030 ✓

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.25·CP+1.4·V90(Cpi+0,80).

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

N_{t,Sd} : 6.69 kN

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

N_{t,Rd} : 221.90 kN

Onde:

A: Área bruta da seção transversal da barra.

A : 10.17 cm²

f_y: Tensão de escoamento.

f_y : 240.00 MPa

γ: Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.1

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

Deve satisfazer:

η : 0.025 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.25·PP+1.25·CP+0.75·SC-COB+0.75·PFV+1.4·V0(Cpi-0,40).

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

N_{c,Sd} : 2.84 kN

A resistência de cálculo à compressão **N_{c,Rd}** é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens:

N_{c,Rd} : 112.59 kN

a) Início de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

N_{c,Rd} : 112.59 kN

Onde:

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

A_{ef} : 8.99 cm²

χ_{yy} : 0.77

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

χ : Fator de redução associado à flambagem,

$$\chi_{xz} : \underline{0.63}$$

Sendo:

λ_o : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_o, yy : \underline{0.79}$

$$\lambda_o, xz : \underline{1.06}$$

Sendo:

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

A : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A : \underline{10.17} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

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):

$$N_e : \underline{218.42} \text{ kN}$$

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

$$N_{ey} : \underline{389.44} \text{ kN}$$

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

$$N_{exz} : \underline{218.42} \text{ kN}$$

Onde:

$$N_{ex} : \underline{341.13} \text{ kN}$$

$$N_{ez} : \underline{341.84} \text{ kN}$$

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

$$I_x : \underline{622.15} \text{ cm}^4$$

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

$$I_y : \underline{78.92} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{0.24} \text{ cm}^4$$

C_w : Constante de empenamento da seção.

$$C_w : \underline{6621.72} \text{ cm}^6$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

E: Módulo de elasticidade.

E : 200000 MPa

G: Módulo de elasticidade transversal.

G : 76923 MPa

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

K_xL_x : 6.000 m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

K_yL_y : 2.000 m

K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção.

K_zL_z : 2.000 m

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

r_o : 10.05 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 : 7.82 cm

r_y : 2.79 cm

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

x_o : -56.62 mm

y_o : 0.00 mm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

N_{c,Rd} : 117.55 kN

Onde:

A: Área bruta da seção transversal da barra.

A : 10.17 cm²

f_y: Tensão de escoamento.

f_y : 240.00 MPa

γ: Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.2

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

χ_{dist} : 0.58

Sendo:

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

λ_{dist} : 1.35

N_{dist}: Esforço axial 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)).

N_{dist} : 134.90 kN

Onde:

k_d: Coeficiente de flambagem por distorção.

k_d : 0.58

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

E: Módulo de elasticidade.	E : <u>200000</u> MPa
v: Coeficiente de Poisson.	v : <u>0.3</u>
b_w: Largura da alma.	b_w : <u>200.00</u> mm
b_f: Largura da aba.	b_f : <u>75.00</u> mm
D: Comprimento do enrijecedor da mesa.	D : <u>25.00</u> mm
t: A espessura.	t : <u>2.66</u> mm

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

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.811} \quad \checkmark$$

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável **M_{sd}** produz-se num ponto situado a uma distância de 1.000 m do nó N1189, para a combinação de hipóteses PP+CP+1.4·V90(Cpi+0,80) [NL].

$$\mathbf{M_{sd}} : \underline{9.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{11.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{13.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\mathbf{W_{ef}} : \underline{62.21} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{f_y} : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

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

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{13.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$W_{c,ef}$: 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.

$$W_{c,ef} : \underline{62.21} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

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

$$^{(2)}\chi_{FLT} : \underline{0.98}$$

— — —

Sendo:

$$\lambda_o : \underline{0.64}$$

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

$$W_c : \underline{62.21} \text{ cm}^3$$

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

$$M_e : \underline{36.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

C_b : Coeficiente de equivalência de momento na flexão.

$$C_b : \underline{1.00}$$

$$N_{ey} : \underline{389.44} \text{ kN}$$

$$N_{ez} : \underline{341.84} \text{ kN}$$

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

$$I_y : \underline{78.92} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{0.24} \text{ cm}^4$$

C_w : Constante de empenamento da seção.

$$C_w : \underline{6621.72} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidade transversal.

$$G : \underline{76923} \text{ MPa}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem lateral.

$$K_y L_y : \underline{2.000} \text{ m}$$

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

$$K_z L_z : \underline{2.000} \text{ m}$$

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

$$r_o : \underline{10.05} \text{ cm}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Sendo:

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

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

$$r_x : \underline{7.82} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{2.79} \text{ cm}$$

$$x_o : \underline{-56.62} \text{ mm}$$

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

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

$$M_{Rd} : \underline{11.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

f_y: Tensão de escoamento.

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

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

$$W : \underline{62.21} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

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

$$\chi_{dist} : \underline{0.87}$$

Sendo:

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

$$\lambda_{dist} : \underline{0.85}$$

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)).

$$M_{dist} : \underline{20.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

k_d: Coeficiente de flambagem por distorção.

$$k_d : \underline{1.45}$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.3}$$

b_w: Largura da alma.

$$b_w : \underline{200.00} \text{ mm}$$

b_f: Largura da aba.

$$b_f : \underline{75.00} \text{ mm}$$

D: Comprimento do enrijecedor da mesa.

$$D : \underline{25.00} \text{ mm}$$

t: A espessura.

$$t : \underline{2.66} \text{ mm}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.125} \checkmark$$

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{sd} é obtido para o nó N1188, $M_{sd} : \underline{0.40}$ kN·m para a combinação de hipóteses PP+CP+1.4·V90(Cpi+0,80) [NL].

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como: $M_{Rd} : \underline{3.17}$ kN·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.

$$W_{ef} : \underline{14.54} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

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

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

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.011} \checkmark$$

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N1189, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V270(Cpi-0,70).

$$V_{sd} : \underline{0.47} \text{ kN}$$

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

$$V_{sd} : \underline{0.24} \text{ kN}$$

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

$$^{(1)}V_{Rd} : \underline{22.41} \text{ kN}$$

para

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{34.15}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

para $h/t : 24.20$

para $1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : 44.27$

Onde:

t : Espessura da alma.	t : <u>2.66</u> mm
h : Largura da alma.	h : <u>64.36</u> mm
f_y : Tensão de escoamento.	f_y : <u>240.00</u> MPa
E : Módulo de elasticidade.	E : <u>200000</u> MPa
γ : Coeficiente de ponderação das resistências.	γ : <u>1.1</u>
K_v : Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	K_v : <u>1.20</u>

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

Deve satisfazer:

$\eta : 0.033$ ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **V_{sd}** produz-se no nó N1189, para a combinação de hipóteses PP+CP+1.4·V90(Cpi+0,80) [NL].

V_{sd} : 2.13 kN

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

⁽²⁾**V_{rd}** : 64.77 kN

para $1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : 69.71$

para $h/t : 71.19$

para $1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : 90.37$

Onde:

t : Espessura da alma.	t : <u>2.66</u> mm
h : Largura da alma.	h : <u>189.36</u> mm

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

f_y : Tensão de escoamento.

E : Módulo de elasticidade.

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

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

f_y : 240.00 MPa

E : 200000 MPa

γ : 1.1

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 0.800 m do nó N1189, para a combinação de hipóteses PP+CP+1.4·V90(Cpi+0,80) [NL].

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:

η : 0.493 ✓

Onde:

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo.

M_{sd} : 9.53 kN·m

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

$M_{o,Rd}$: 13.57 kN·m

V_{sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

V_{sd} : 0.43 kN

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

V_{Rd} : 64.77 kN

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

Os esforços de cálculo desfavoráveis M_{sd} e V_{sd} são obtidos no nó N1188, para a combinação de hipóteses PP+CP+1.4·V90(Cpi+0,80) [NL].

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:

η : 0.016 ✓

Onde:

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo.

M_{sd} : 0.40 kN·m

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

$M_{o,Rd}$: 3.17 kN·m

V_{sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

V_{sd} : 0.42 kN

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

V_{Rd} : 44.82 kN

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

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância 1.400 m do nó N1189, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V270(Cpi=0,70).

η : 0.700 ✓

Onde:

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

$N_{c,Sd}$: 0.74 kN

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

$M_{x,Sd}$: 7.60 kN·m

$M_{y,Sd}$: 0.16 kN·m

$N_{c,Rd}$: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.

$N_{c,Rd}$: 112.59 kN

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

$M_{x,Rd}$: 11.81 kN·m

$M_{y,Rd}$: 3.33 kN·m

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 1.800 m do nó N1189, para a combinação de hipóteses PP+CP+1.4·V90(Cpi=0,80) [NL].

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

η : 0.875 ✓

Onde:

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

$N_{t,Sd}$: 5.20 kN

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

$M_{x,Sd}$: 8.89 kN·m

$M_{y,Sd}$: 0.31 kN·m

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

N_{Rd} : 221.90 kN

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

$M_{x,Rd}$: 11.81 kN·m

$M_{y,Rd}$: 3.17 kN·m

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Terças do Fechamento Lateral

Barra N249/N246

Perfil: C200X75X20X2.25

Material: Aço (SAE1020)

Nós		Comprimento o (m)	Características mecânicas					
Inicia I	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)
N249	N246	2.000	8.44	520.03	62.40	0.14	-15.52	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	3.00	1.00	1.00				
L _K	2.000	6.000	2.000	2.000				
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	
N249/N246	(b _w /t) ≤ 500 (b _f /t) ≤ 60 Passa	λ _{xx} ≤ 200.0 λ _{yy} ≤ 200.0 Passa	η = 1.8	η = 0.7	x: 1 m η = 88.7	x: 2 m η = 5.2	x: 2 m η = 0.7	x: 0 m η = 3.7	x: 0.8 m η = 45.6	x: 2 m η = 0.3	x: 0.8 m η = 23.7	x: 1 m η = 90.9	M _{t, Sd} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	PASSA η = 90.9
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 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 elementos comprimidos com ambas as bordas vinculadas a elementos AA, a relação largura-espessura não deve ultrapassar o valor 500.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

(b/t) : 85 ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

b : 191.00 mm

t: A espessura.

t : 2.25 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) : 29 ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

b : 66.00 mm

t: A espessura.

t : 2.25 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} : 76.4 ✓

λ_{yy} : 73.5 ✓

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

K_xL_x : 6.000 m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

K_yL_y : 2.000 m

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

r_x : 7.85 cm

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

r_y : 2.72 cm

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

Deve satisfazer:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

η : 0.018 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações $1.5 \cdot PP + 1.5 \cdot CP + 0.75 \cdot SC - COB + 0.75 \cdot PFV + 1.4 \cdot V90(Cpi + 0,80)$ [NL].

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

$N_{t,Sd}$: 3.30 kN

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

$N_{t,Rd}$: 184.13 kN

Onde:

A : Área bruta da seção transversal da barra.

A : 8.44 cm²

f_y : Tensão de escoamento.

f_y : 240.00 MPa

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.1

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

Deve satisfazer:

η : 0.007 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações $PP + CP + 1.4 \cdot V0(Cpi - 0,40)$ [NL].

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

$N_{c,Sd}$: 0.54 kN

A resistência de cálculo à compressão $N_{c,Rd}$ é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens:

$N_{c,Rd}$: 79.68 kN

a) Início de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

$N_{c,Rd}$: 86.92 kN

Onde:

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

A_{ef} : 7.04 cm²

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

χ : Fator de redução associado à flambagem,

Sendo:

$$\chi_{yy} : \underline{0.76}$$
$$\chi_{xz} : \underline{0.62}$$

λ_o : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas. $\lambda_o, yy : \underline{0.81}$

$$\lambda_o, xz : \underline{1.07}$$

Sendo:

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

A: Área bruta da seção transversal da barra.

f_y: Tensão de escoamento.

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\mathbf{A} : \underline{8.44} \text{ cm}^2$$
$$\mathbf{f_y} : \underline{240.00} \text{ MPa}$$
$$\gamma : \underline{1.2}$$

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

$$\mathbf{N_e} : \underline{175.97} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N_{ey}} : \underline{307.96} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N_{exz}} : \underline{175.97} \text{ kN}$$

Onde:

$$\mathbf{N_{ex}} : \underline{285.14} \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_{ez}} : \underline{259.69} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{I_x} : \underline{520.03} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I_y} : \underline{62.40} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inércia à torção uniforme.

$$\mathbf{I_t} : \underline{0.14} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de empenamento da seção.

$$\mathbf{C_w} : \underline{4930.90} \text{ cm}^6$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

E: Módulo de elasticidade.

E : 200000 MPa

G: Módulo de elasticidade transversal.

G : 76923 MPa

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

K_xL_x : 6.000 m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

K_yL_y : 2.000 m

K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção.

K_zL_z : 2.000 m

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

r_o : 9.90 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 : 7.85 cm

r_y : 2.72 cm

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

x_o : -53.76 mm

y_o : 0.00 mm

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

N_{c,Rd} : 79.68 kN

Onde:

A: Área bruta da seção transversal da barra.

A : 8.44 cm²

f_y: Tensão de escoamento.

f_y : 240.00 MPa

γ: Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.2

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

χ_{dist} : 0.47

Sendo:

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

λ_{dist} : 1.65

N_{dist}: Esforço axial 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)).

N_{dist} : 74.08 kN

Onde:

k_d: Coeficiente de flambagem por distorção.

k_d : 0.54

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

E: Módulo de elasticidade.	E : <u>200000</u> MPa
v: Coeficiente de Poisson.	v : <u>0.3</u>
b_w: Largura da alma.	b_w : <u>200.00</u> mm
b_f: Largura da aba.	b_f : <u>75.00</u> mm
D: Comprimento do enrijecedor da mesa.	D : <u>20.00</u> mm
t: A espessura.	t : <u>2.25</u> mm

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

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.887} \quad \checkmark$$

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável **M_{sd}** produz-se num ponto situado a uma distância de 1.000 m do nó N249, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+0.75·SC-COB+0.75·PFV+1.4·V0(Cpi+0,80).

$$\mathbf{M_{sd}} : \underline{7.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{8.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{11.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\mathbf{W_{ef}} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$\mathbf{f_y} : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

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

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{11.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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.

$$W_{c,ef} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

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

$$^{(2)}\chi_{FLT} : \underline{0.97}$$

///

Sendo:

$$\lambda_o : \underline{0.67}$$

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

$$W_c : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

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

$$M_e : \underline{27.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

C_b : Coeficiente de equivalência de momento na flexão.

$$C_b : \underline{1.00}$$

$$N_{ey} : \underline{307.96} \text{ kN}$$

$$N_{ez} : \underline{259.69} \text{ kN}$$

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

$$I_y : \underline{62.40} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{0.14} \text{ cm}^4$$

C_w : Constante de empenamento da seção.

$$C_w : \underline{4930.90} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidade transversal.

$$G : \underline{76923} \text{ MPa}$$

$K_y L_y$: Comprimento efetivo de flambagem lateral.

$$K_y L_y : \underline{2.000} \text{ m}$$

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

$$K_z L_z : \underline{2.000} \text{ m}$$

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

r_o : 9.90 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 : 7.85 cm

r_y : 2.72 cm

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

x_o : -53.76 mm

y_o : 0.00 mm

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

M_{Rd} : 8.67 kN·m

Onde:

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

W : 52.00 cm³

f_y: Tensão de escoamento.

f_y : 240.00 MPa

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.1

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

χ_{dist} : 0.76

Sendo:

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

λ_{dist} : 1.03

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} : 11.79 kN·m

Onde:

k_d: Coeficiente de flambagem por distorção.

k_d : 1.39

E: Módulo de elasticidade.

E : 200000 MPa

ν : Coeficiente de Poisson.

ν : 0.3

b_w: Largura da alma.

b_w : 200.00 mm

b_f: Largura da aba.

b_f : 75.00 mm

D: Comprimento do enrijecedor da mesa.

D : 20.00 mm

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

t: A espessura.

t : 2.25 mm

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

Deve satisfazer:

η : 0.052 ✓

O momento fletor desfavorável de cálculo M_{sd} é obtido para o nó N246, para a combinação de hipóteses 1.5·PP+1.5·CP+1.4·V0(Cpi +0,80) [NL]. M_{sd} : 0.13 kN·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como: M_{Rd} : 2.57 kN·m

Onde:

W_{ef} : Módulo de resistência elástica 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} : 11.77 cm³

f_y : 240.00 MPa

γ : 1.1

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

Deve satisfazer:

η : 0.007 ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável V_{sd} produz-se no nó N246, para a combinação de hipóteses 1.5·PP+1.5·CP+1.4·V0(Cpi +0,80) [NL].

V_{sd} : 0.29 kN

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} : 0.14 kN

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

$^{(1)}V_{Rd}$: 19.44 kN

para

$1.08(EK_v/f_y)^{0.5}$: 34.15

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

para $h/t : 29.33$

para $1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : 44.27$

Onde:

t : Espessura da alma.	t : <u>2.25</u> mm
h : Largura da alma.	h : <u>66.00</u> mm
f_y : Tensão de escoamento.	f_y : <u>240.00</u> MPa
E : Módulo de elasticidade.	E : <u>200000</u> MPa
γ : Coeficiente de ponderação das resistências.	γ : <u>1.1</u>
K_v : Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	K_v : <u>1.20</u>

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

Deve satisfazer:

$\eta : 0.037$ ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **V_{sd}** produz-se no nó N249, para a combinação de hipóteses $1.25 \cdot PP + 1.25 \cdot CP + 0.75 \cdot SC - COB + 0.75 \cdot PFV + 1.4 \cdot V0(Cpi + 0,80)$.

V_{sd} : 1.71 kN

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

(2)V_{Rd} : 46.34 kN

para $1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : 69.71$

para $h/t : 84.89$

para $1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : 90.37$

Onde:

t: Espessura da alma. **t** : 2.25 mm

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

h: Largura da alma.

f_y: Tensão de escoamento.

E: Módulo de elasticidade.

γ: Coeficiente de ponderação das resistências.

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

h : 191.00 mm

f_y : 240.00 MPa

E : 200000 MPa

γ : 1.1

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 0.800 m do nó N249, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+0.75·SC-COB+0.75·PFV+1.4·V0(Cpi+0,80).

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:

η : 0.456 ✓

Onde:

M_{sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.

M_{sd} : 7.66 kN·m

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

M_{o,Rd} : 11.35 kN·m

V_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

V_{sd} : 0.34 kN

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

V_{Rd} : 46.34 kN

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

Os esforços de cálculo desfavoráveis **M_{sd}** e **V_{sd}** são obtidos no nó N246, para a combinação de hipóteses 1.5·PP+1.5·CP+1.4·V0(Cpi +0,80) [NL].

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:

η : 0.003 ✓

Onde:

M_{sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.

M_{sd} : 0.13 kN·m

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

M_{o,Rd}: Momento fletor resistente de cálculo conforme 9.8.2.1. **M_{o,Rd}** : 2.57 kN·m
V_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo. **V_{sd}** : 0.29 kN
V_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo conforme 9.8.3. **V_{Rd}** : 38.88 kN

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

Os esforços solicitantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância 0.800 m do nó N249, para a combinação de hipóteses PP+CP+1.4·V0(Cpi-0,40) [NL].

η : 0.237 ✓

Onde:

N_{c,sd}: Força normal de compressão solicitante de cálculo. **N_{c,sd}** : 0.54 kN
M_{x,sd}, M_{y,sd}: Momentos flettores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente. **M_{x,sd}** : 1.88 kN·m
M_{y,sd} : 0.03 kN·m
N_{c,Rd}: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7. **N_{c,Rd}** : 79.68 kN
M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos flettores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2. **M_{x,Rd}** : 8.67 kN·m
M_{y,Rd} : 2.40 kN·m

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 1.000 m do nó N249, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+0.75·SC-COB+0.75·PFV+1.4·V0(Cpi+0,80).

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

η : 0.909 ✓

Onde:

N_{t,sd}: Força normal de tração solicitante de cálculo. **N_{t,sd}** : 1.25 kN
M_{x,sd}, M_{y,sd}: Momentos flettores solicitantes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente. **M_{x,sd}** : 7.69 kN·m
M_{y,sd} : 0.04 kN·m
N_{Rd}: Força normal de tração resistente de cálculo conforme 9.6. **N_{Rd}** : 184.13 kN
M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos flettores resistentes de cálculo em relação aos eixos X e Y, respectivamente, calculados conforme 9.8.2. **M_{x,Rd}** : 8.67 kN·m
M_{y,Rd} : 2.40 kN·m

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

Terças do Fechamento Frontal

Barra N426/N427

Perfil: C200X75X20X2.25

Material: Aço (SAE1020)

Nós		Comprimento o (m)	Características mecânicas					
Inicia l	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)
N426	N427	1.667	8.44	520.03	62.40	0.14	-15.52	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	3.00	1.00	1.00
L _K	1.667	5.000	1.667	1.667
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	
N426/N427	(b _w /t) ≤ 500 (b _f /t) ≤ 60 Passa	λ _{xx} ≤ 200.0 λ _{yy} ≤ 200.0 Passa	η = 1.7	η = 0.8	x: 1.042 m η = 57.6	M _{Sd} = 0.00 N.A. ⁽¹⁾	x: 1.667 m η = 0.6	x: 0 m η = 3.1	x: 1.042 m η = 19.3	N.A. ⁽²⁾	x: 1.667 m η = 4.5	x: 0.625 m η = 59.6	M _{tSd} = 0.00 N.A. ⁽³⁾	PASSA η = 59.6

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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		
Notação:															
<p>b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura</p> <p>λ: Limitação de esbeltez</p> <p>N_t: Resistência à tração</p> <p>N_c: Resistência à compressão</p> <p>M_x: Resistência à flexão eixo X</p> <p>M_y: Resistência à flexão eixo Y</p> <p>V_x: Resistência ao esforço cortante X</p> <p>V_y: Resistência ao esforço cortante Y</p> <p>M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados</p> <p>M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados</p> <p>N_cM_xM_y: Resistência à flexo-compressão</p> <p>N_tM_xM_y: Resistência à flexo-tração</p> <p>M_t: Resistência à torção</p> <p>x: Distância à origem da barra</p> <p>η: Coeficiente de aproveitamento (%)</p> <p>N.A.: Não aplicável</p>															
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):															
<p>(1) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.</p> <p>(2) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não será executada.</p> <p>(3) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.</p>															

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

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) : 85 ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

b : 191.00 mm

t: A espessura.

t : 2.25 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) : 29 ✓

Sendo:

b: Comprimento do elemento.

b : 66.00 mm

t: A espessura.

t : 2.25 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} : 63.7 ✓

λ_{yy} : 61.3 ✓

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Onde:

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

K_xL_x : 5.000 m

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

K_yL_y : 1.667 m

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

r_x : 7.85 cm

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

r_y : 2.72 cm

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

Deve satisfazer:

η : 0.017 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.2·SC-COB+1.2·PFV+1.4·V0(Cpi +0,80) [NL].

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

N_{t,sd} : 3.16 kN

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

N_{t,Rd} : 184.13 kN

Onde:

A: Área bruta da seção transversal da barra.

A : 8.44 cm²

f_y: Tensão de escoamento.

f_y : 240.00 MPa

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.1

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

Deve satisfazer:

η : 0.008 ✓

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+CP+1.4·V270(Cpi-0,70) [NL].

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

N_{c,sd} : 0.61 kN

A resistência de cálculo à compressão **N_{c,Rd}** é dada pelo menor dos valores obtidos segundo os seguintes itens:

N_{c,Rd} : 79.68 kN

a) Início de ruptura da seção efetiva e flambagem global (9.7.2)

N_{c,Rd} : 98.16 kN

Onde:

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

A_{ef} : 6.87 cm²

χ : Fator de redução associado à flambagem,

χ_{yy} : 0.83

Sendo:

χ_{xz} : 0.71

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas.

$\lambda_{0, yy}$: 0.68

$\lambda_{0, xz}$: 0.90

Sendo:

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

A: Área bruta da seção transversal da barra.

A : 8.44 cm²

f_y: Tensão de escoamento.

f_y : 240.00 MPa

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

γ : 1.2

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

N_e : 251.57 kN

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

N_{ey} : 443.46 kN

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$N_{exz} : \underline{251.57} \text{ kN}$$

Onde:

$$N_{ex} : \underline{410.60} \text{ kN}$$

$$N_{ez} : \underline{369.03} \text{ kN}$$

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

$$I_x : \underline{520.03} \text{ cm}^4$$

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

$$I_y : \underline{62.40} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{0.14} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de empenamento da seção.

$$C_w : \underline{4930.90} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidade transversal.

$$G : \underline{76923} \text{ MPa}$$

K_xL_x: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x L_x : \underline{5.000} \text{ m}$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y L_y : \underline{1.667} \text{ m}$$

K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção.

$$K_z L_z : \underline{1.667} \text{ m}$$

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

$$r_o : \underline{9.90} \text{ cm}$$

Sendo:

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

$$r_x : \underline{7.85} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{2.72} \text{ cm}$$

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

$$x_o : \underline{-53.76} \text{ mm}$$

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

b) Flambagem por distorção (9.7.3)

$$N_{c,Rd} : \underline{79.68} \text{ kN}$$

Onde:

A: Área bruta da seção transversal da barra.

$$A : \underline{8.44} \text{ cm}^2$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderação das resistências.

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

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

$$\chi_{dist} : \underline{0.47}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Sendo:

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

λ_{dist} : 1.65

N_{dist} : Esforço axial 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)).

N_{dist} : 74.08 kN

Onde:

k_d : Coeficiente de flambagem por distorção.

k_d : 0.54

E : Módulo de elasticidade.

E : 200000 MPa

ν : Coeficiente de Poisson.

ν : 0.3

b_w : Largura da alma.

b_w : 200.00 mm

b_f : Largura da aba.

b_f : 75.00 mm

D : Comprimento do enrijecedor da mesa.

D : 20.00 mm

t : A espessura.

t : 2.25 mm

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

Deve satisfazer:

η : 0.576 ✓

O momento fletor solicitante de cálculo desfavorável M_{sd} produz-se num ponto situado a uma distância de 1.042 m do nó N426, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+0.75·SC-COB+0.75·PFV+1.4·V270(Cpi+0,80).

M_{sd} : 4.99 kN·m

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

M_{Rd} : 8.67 kN·m

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

M_{Rd} : 11.35 kN·m

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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.

$$W_{ef} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

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

b) Flambagem lateral com torção (9.8.2.2)

$$M_{Rd} : \underline{11.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{c,ef} : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

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

$$^{(1)}\chi_{FLT} : \underline{1.00}$$

— — —

Sendo:

$$\lambda_0 : \underline{0.56}$$

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

$$W_c : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

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

$$M_e : \underline{40.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

C_b : Coeficiente de equivalência de momento na flexão.

$$C_b : \underline{1.00}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$N_{ey} : \underline{443.46} \text{ kN}$$

$$N_{ez} : \underline{369.03} \text{ kN}$$

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

$$I_y : \underline{62.40} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{0.14} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de empenamento da seção.

$$C_w : \underline{4930.90} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidade transversal.

$$G : \underline{76923} \text{ MPa}$$

K_yL_y: Comprimento efetivo de flambagem lateral.

$$K_y L_y : \underline{1.667} \text{ m}$$

K_zL_z: Comprimento efetivo de flambagem por torção.

$$K_z L_z : \underline{1.667} \text{ m}$$

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

$$r_o : \underline{9.90} \text{ cm}$$

Sendo:

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

$$r_x : \underline{7.85} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{2.72} \text{ cm}$$

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

$$x_o : \underline{-53.76} \text{ mm}$$

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

c) Flambagem por distorção (9.8.2.3)

$$M_{Rd} : \underline{8.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$W : \underline{52.00} \text{ cm}^3$$

f_y: Tensão de escoamento.

$$f_y : \underline{240.00} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderação das resistências.

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

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

$$\chi_{dist} : \underline{0.76}$$

Sendo:

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

$$\lambda_{dist} : \underline{1.03}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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} : 11.79 kN·m

Onde:

k_d: Coeficiente de flambagem por distorção.

k_d : 1.39

E: Módulo de elasticidade.

E : 200000 MPa

v: Coeficiente de Poisson.

v : 0.3

b_w: Largura da alma.

b_w : 200.00 mm

b_r: Largura da aba.

b_r : 75.00 mm

D: Comprimento do enrijecedor da mesa.

D : 20.00 mm

t: A espessura.

t : 2.25 mm

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:

η : 0.006 ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **V_{sd}** produz-se no nó N427, para a combinação de hipóteses 1.5·PP+1.5·CP+0.75·SC-COB+0.75·PFV+1.4·V90(Cpi -0,70) [NL].

V_{sd} : 0.22 kN

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} : 0.11 kN

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

⁽¹⁾**V_{Rd}** : 19.44 kN

para

1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : 34.15

para

h/t : 29.33

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

para $1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{44.27}$

Onde:

t : Espessura da alma.	t : <u>2.25</u> mm
h : Largura da alma.	h : <u>66.00</u> mm
f_y : Tensão de escoamento.	f_y : <u>240.00</u> MPa
E : Módulo de elasticidade.	E : <u>200000</u> MPa
γ : Coeficiente de ponderação das resistências.	γ : <u>1.1</u>
K_v : Coeficiente de flambagem local por esforço cortante que, para uma mesa, é dado por:	K_v : <u>1.20</u>

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

Deve satisfazer:

$\eta : \underline{0.031}$ ✓

O esforço cortante solicitante de cálculo desfavorável **V_{sd}** produz-se no nó N426, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+0.75·SC-COB+0.75·PFV+1.4·V270(Cpi+0,80).

V_{sd} : 1.41 kN

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

(²)V_{Rd} : 46.34 kN

para $1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{69.71}$

para **h/t** : 84.89

para $1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{90.37}$

Onde:

t : Espessura da alma.	t : <u>2.25</u> mm
h : Largura da alma.	h : <u>191.00</u> mm
f_y : Tensão de escoamento.	f_y : <u>240.00</u> MPa
E : Módulo de elasticidade.	E : <u>200000</u> MPa
γ : Coeficiente de ponderação das resistências.	γ : <u>1.1</u>

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

Kv : 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 1.042 m do nó N426, para a combinação de hipóteses 1.25·PP+1.25·CP+0.75·SC-COB+0.75·PFV+1.4·V270(Cpi+0,80).

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:

η : 0.193 ✓

Onde:

M_{sd}: Momento fletor solicitante de cálculo.

M_{sd} : 4.99 kN·m

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

M_{o,Rd} : 11.35 kN·m

V_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

V_{sd} : 0.11 kN

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

V_{Rd} : 46.34 kN

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)

Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos no nó N427, para a combinação de hipóteses PP+1.5·CP+1.4·V90(Cpi -0,70) [NL].

η : 0.045 ✓

Onde:

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

N_{c,sd} : 0.36 kN

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

M_{x,sd} : 0.15 kN·m

M_{y,sd} : 0.06 kN·m

N_{c,Rd}: Força normal de compressão resistente de cálculo, conforme 9.7.

N_{c,Rd} : 79.68 kN

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

$M_{x,Rd}$: 8.67 kN·m

$M_{y,Rd}$: 2.57 kN·m

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 0.625 m do nó N426, para a combinação de hipóteses 1.5·PP+1.5·CP+0.75·SC-COB+0.75·PFV+1.4·V90(Cpi +0,80) [NL].

Os esforços devem satisfazer as seguintes expressões de interação:

η : 0.596 ✓

Onde:

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

$N_{t,Sd}$: 1.61 kN

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

$M_{x,Sd}$: 4.97 kN·m

$M_{y,Sd}$: 0.03 kN·m

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

N_{Rd} : 184.13 kN

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

$M_{x,Rd}$: 8.67 kN·m

$M_{y,Rd}$: 2.40 kN·m

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos


CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Viga do Pórtico Principal

Barra N1249/N1179

Perfil: W 410 x 38.8, Simples com mísulas (Mísula inicial inferior: 0.68 m.) Material: Aço (A-572 345MPa)									
	Nós		Comprimento to (m)	Características mecânicas ⁽¹⁾					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽⁴⁾ (mm)	y _g ⁽⁴⁾ (mm)
	N1249	N1179	1.934	87.03	62925.34	606.06	18.20	0.00	195.10
	Notas: ⁽¹⁾ As características mecânicas e o desenho mostrados correspondem à seção inicial do perfil (N1249) ⁽²⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽³⁾ Momento de inércia à torção uniforme ⁽⁴⁾ Coordenadas do centro de gravidade								
		Flambagem		Flambagem lateral					
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.				
β	1.94	10.34	1.94	1.94					
L _K	3.760	20.000	3.760	3.760					
C _b	-		1.730						
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico									

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2024)											Estado
	λ	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	NM _x M _y	T	NMVT	σ τ f	
N1249/N1179	λ ≤ 200.0 Passa	x: 0.564 m η = 4.4	x: 0 m η = 16.6	x: 0.566 m η = 75.6	x: 1.934 m η = 0.3	x: 0.564 m η < 0.1	x: 0 m η = 10.1	x: 0.566 m η = 81.5	x: 0.564 m η = 0.4	N.A. ⁽¹⁾	N.A. ⁽²⁾	PASSA η = 81.5
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 _x M _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⁾ Este caso não está contemplado pela norma e, portanto, não é possível realizar a verificação. ⁽²⁾ 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 8800:2024, Artigo 5.3.7)

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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.

$$\lambda : \underline{132.7} \checkmark$$

Onde:

λ : Índice de esbeltez.

$$\lambda_x : \underline{125.5}$$

$$\lambda_y : \underline{132.7}$$

Sendo:

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

$$L_x : \underline{20.000} \text{ m}$$

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

$$L_y : \underline{3.760} \text{ m}$$

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

$$r_x : \underline{15.94} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{2.83} \text{ cm}$$

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.044} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.564 m do nó N1249, para a combinação de ações PP+CP+1.4·V0(Cpi+0,80) [NL].

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

$$N_{t,Sd} : \underline{68.96} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{1577.59} \text{ kN}$$

Onde:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{50.30} \text{ cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$\eta : \underline{0.166} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1249, para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V270(Cpi-0,70) [NL].

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

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{61.18} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{369.65} \text{ kN}$$

Onde:

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

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\begin{array}{l} \chi : \underline{0.172} \\ \mathbf{A_{ef}} : \underline{68.59} \text{ cm}^2 \\ \mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa} \\ \gamma_{a1} : \underline{1.10} \end{array}$$

Fator de redução χ: (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.3)

$$\chi : \underline{0.172}$$

Onde:

λ_o: Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_o : \underline{2.259}$$

Sendo:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

N_e: Força axial de flambagem elástica.

$$\begin{array}{l} \mathbf{A_g} : \underline{83.45} \text{ cm}^2 \\ \mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa} \\ \mathbf{N_e} : \underline{564.07} \text{ kN} \end{array}$$

Área efetiva da seção transversal. (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.4)

$$\mathbf{A_{ef}} : \underline{68.59} \text{ cm}^2$$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela 4.

$$\mathbf{111.83} > \mathbf{67.19}$$

b_{ef}: Largura efetiva do elemento.

$$\mathbf{b_{ef}} : \underline{483.52} \text{ mm}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Onde:

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

b: Largura.

t: Espessura.

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

$$\begin{aligned} \mathbf{(b/t)} &: \frac{111.83}{715.69} \text{ mm} \\ \mathbf{b} &: \frac{715.69}{6.40} \text{ mm} \\ \mathbf{t} &: \frac{6.40}{6.40} \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\mathbf{(b/t)_{lim}} : \frac{67.19}{6.40}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

σ_{el}: Tensão de flambagem local.

$$\begin{aligned} \mathbf{E} &: \frac{200000}{200000} \text{ MPa} \\ \mathbf{f_y} &: \frac{345.00}{345.00} \text{ MPa} \\ \mathbf{\sigma_{el}} &: \frac{60.93}{60.93} \text{ MPa} \end{aligned}$$

C₁: Factor para cálculo de flambagem local (Tabela 5).

C₂: Factor para cálculo de flambagem local (Tabela 5).

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela 4.

$$\begin{aligned} \mathbf{C_1} &: \frac{0.18}{0.18} \\ \mathbf{C_2} &: \frac{1.31}{1.31} \end{aligned}$$

$$\mathbf{7.95} \leq \mathbf{25.25}$$

b_{ef}: Largura efetiva do elemento.

$$\mathbf{b_{ef}} : \frac{70.00}{70.00} \text{ mm}$$

Onde:

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

b: Largura.

t: Espessura.

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

$$\begin{aligned} \mathbf{(b/t)} &: \frac{7.95}{70.00} \text{ mm} \\ \mathbf{b} &: \frac{70.00}{8.80} \text{ mm} \\ \mathbf{t} &: \frac{8.80}{8.80} \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\mathbf{(b/t)_{lim}} : \frac{25.25}{8.80}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\begin{aligned} \mathbf{E} &: \frac{200000}{200000} \text{ MPa} \\ \mathbf{f_y} &: \frac{345.00}{345.00} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.5)

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):

$$\mathbf{N_e} : \frac{564.07}{564.07} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N_{ex}} : \frac{630.52}{630.52} \text{ kN}$$

Onde:

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

$$\mathbf{L_x} : \frac{20.000}{20.000} \text{ m}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

I_x : 12777.00 cm⁴

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

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

N_{ey} : 564.07 kN

Onde:

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

L_y : 3.760 m

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

I_y : 404.00 cm⁴

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

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

N_{ez} : 1159.71 kN

Onde:

L_z : Comprimento de flambagem por torção.

L_z : 3.760 m

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

C_w : Constante de empenamento da seção transversal.

C_w : 153190.00 cm⁶

G : Módulo de elasticidade transversal do aço.

G : 77000 MPa

J : Constante de torção da seção transversal.

J : 11.69 cm⁴

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

r_o : 16.19 cm

Onde:

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

r_x : 15.94 cm

r_y : 2.83 cm

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

X_o : 0.00 mm

Y_o : 0.00 mm

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : 0.756 ✓

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.566 m do nó N1249, para a combinação de ações $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CP + 1.5 \cdot SC - COB + 1.5 \cdot PFV + 0.84 \cdot V270(Cpi-0,70)$ [NL].

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

M_{sd} : 125.20 kN·m

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D).

59.59 ≤ **137.24**

Onde:

λ : 59.59

Sendo:

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

h : 381.40 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w : 6.40 mm

λ_r : 137.24

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

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} : 165.70 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : 301.30 kN·m

Onde:

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

W_x : 640.45 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

132.67 > **42.38**

132.67 ≤ **167.33**

M_{Rd} : 165.70 kN·m

Onde:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$\lambda : \underline{132.67}$$

Sendo:

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

$$\mathbf{L_{b,inf}} : \underline{3.760} \text{ m}$$

r_y: Raio de giração da seção em relação ao eixo principal de inércia perpendicular ao eixo de flexão.

$$\mathbf{r_y} : \underline{2.83} \text{ cm}$$

$$\lambda_p : \underline{42.38}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

$$\lambda_r : \underline{167.33}$$

Sendo:

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

$$\mathbf{I_y} : \underline{404.00} \text{ cm}^4$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$\mathbf{J} : \underline{11.69} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de empenamento da seção transversal.

$$\mathbf{C_w} : \underline{153190.00} \text{ cm}^6$$

$$\beta_1 : \underline{0.066} \text{ cm}^{-1}$$

$$\mathbf{M_{pl}} : \underline{254.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$\mathbf{Z_x} : \underline{736.80} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{M_r} : \underline{154.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Sendo:

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

$$\mathbf{W_x} : \underline{640.45} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_r : \underline{103.50} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{C_b} : \underline{1.73}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

$$7.95 \leq 9.15$$

$$M_{Rd} : \underline{231.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{7.95}$$

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{140.00} \text{ mm}$$

t_f: Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{8.80} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} : \underline{254.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$Z_x : \underline{736.80} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

$$59.59 \leq 90.53$$

$$M_{Rd} : \underline{231.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{59.59}$$

Sendo:

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

$$h : \underline{381.40} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.40} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{90.53}$$

Sendo:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

E: Módulo de elasticidade do aço.

E: 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

M_{pl}: 254.20 kN·m

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x: 736.80 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: 1.10

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : 0.003 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1179, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP+0.75·PFV+1.4·V180(Cpi +0,80) [NL].

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

M_{sd}⁺: 0.08 kN·m

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

M_{Rd}: 27.15 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd}: 27.15 kN·m

Onde:

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

W_y: 57.71 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

7.95 ≤ 9.15

M_{Rd}: 28.51 kN·m

Onde:

λ : 7.95

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

b_f : 140.00 mm

t_f: Espessura da mesa comprimida.

t_f : 8.80 mm

λ_p : 9.15

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

M_{pl} : 31.36 kN·m

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico.

Z_y : 90.90 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

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

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.564 m do nó N1249, para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.2·SC-COB+1.2·PFV+1.4·V180(Cpi+0,80) [NL].

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

V_{sd} : 0.03 kN

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

$$7.95 \leq 29.01$$

V_{Rd} : 463.68 kN

Onde:

λ : 7.95

Sendo:

b_f: Largura das mesas.

b_f : 140.00 mm

t_f: Espessura das mesas.

t_f : 8.80 mm

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$\lambda_p : \underline{29.01}$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$\mathbf{k_v} : \underline{1.20}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{V_{pl}} : \underline{510.05} \text{ kN}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$\mathbf{A_w} : \underline{24.64} \text{ cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.101} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1249, para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V270(Cpi-0,70) [NL].

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

$$\mathbf{V_{sd}} : \underline{33.12} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{111.83 > 76.22}$$

$$\mathbf{V_{Rd}} : \underline{328.02} \text{ kN}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{111.83}$$

Sendo:

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

$$\mathbf{h} : \underline{715.69} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{6.40} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{61.20}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$\lambda_r : \underline{76.22}$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$\underline{k_v : 5.34}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\underline{E : 200000 \text{ MPa}}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\underline{f_y : 345.00 \text{ MPa}}$$

$$\underline{V_{pl} : 971.46 \text{ kN}}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$\underline{A_w : 46.93 \text{ cm}^2}$$

d: Altura total da seção transversal.

$$\underline{d : 733.29 \text{ mm}}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.815} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.566 m do nó N1249, para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V270(Cpi-0,70) [NL].

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

$$\underline{N_{c,sd} : 51.75 \text{ kN}}$$

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

$$\underline{M_{x,sd} : 125.20 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

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

$$\underline{M_{y,sd} : 0.04 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{0.115 < 0.200}$$

$$\eta : \underline{0.815}$$

Onde:

N_{c,Rd}: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3).

$$\underline{N_{c,Rd} : 449.72 \text{ kN}}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2).

$$\underline{M_{x,Rd} : 165.70 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{y,Rd} : 27.15 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.2.1)

Já que a norma não proporciona uma verificação geral para seções não tubulares submetidas exclusivamente à torção, considera-se que este elemento também deve cumprir o seguinte critério:

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.564 m do nó N1249, para a combinação de ações PP+CP+1.4·V180(Cpi+0,80) [NL].

T_{sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{T_{sd}} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento de torção resistente de cálculo, **T_{rd}**, é determinado pela expressão:

$$\mathbf{T_{rd}} : \underline{2.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

$$\mathbf{W_T} : \underline{13.28} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.2.2)

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

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2024, 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.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

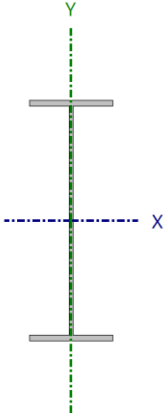
Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Colunas Laterais

Barra N268/N269

Perfil: W 410 x 46.1

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)
N268	N269	1.425	59.20	15690.00	514.00	20.06
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	2.11	4.21	2.11	2.11		
L _K	3.000	6.000	3.000	3.000		
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 8800:2024)										Estado	
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT		$\sigma \tau f$
N268/N269	$\lambda \leq 200.0$ Passa	$x: 0.886\text{ m}$ $\eta = 3.0$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 7.2$	$x: 0.887\text{ m}$ $\eta = 68.6$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 1.8$	$\eta = 0.1$	$\eta = 8.6$	$x: 0.887\text{ m}$ $\eta = 72.2$	$\eta < 0.1$	N.A. ⁽¹⁾	N.A. ⁽²⁾	PASSA $\eta = 72.2$
<p>Notação:</p> <p>λ: Limitação do índice de esbeltez</p> <p>N_t: Resistência à tração</p> <p>N_c: Resistência à compressão</p> <p>M_x: Resistência à flexão eixo X</p> <p>M_y: Resistência à flexão eixo Y</p> <p>V_x: Resistência ao esforço cortante X</p> <p>V_y: Resistência ao esforço cortante Y</p> <p>NM_xM_y: Resistência ao esforço axial e flexão combinados</p> <p>T: Resistência à torção</p> <p>NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante</p> <p>$\sigma \tau f$: Resistência a interações de esforços e momento de torção</p> <p>x: Distância à origem da barra</p> <p>η: Coeficiente de aproveitamento (%)</p> <p>N.A.: Não aplicável</p>												
<p>Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):</p> <p>(1) Este caso não está contemplado pela norma e, portanto, não é possível realizar a verificação.</p> <p>(2) 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.</p>												

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.7)

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 : **101.8** ✓

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

λ_x : 36.9

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$\lambda_y : \underline{101.8}$$

Sendo:

L_x: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. **L_x** : 6.000 m

L_y: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. **L_y** : 3.000 m

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, **r_x** : 16.28 cm
respectivamente. **r_y** : 2.95 cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.886 m do nó N268, para a combinação de ações PP+CP+1.4·V90(Cpi+0,80) [NL].

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

$$\mathbf{N_{t,Sd}} : \underline{55.59} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{1856.73} \text{ kN}$$

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A_g} : \underline{59.20} \text{ cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.072} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N268, para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V270(Cpi-0,70) [NL].

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

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{61.75} \text{ kN}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

$$N_{c,Rd} : \underline{860.33} \text{ kN}$$

Onde:

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

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

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\chi : \underline{0.468}$$

$$A_{ef} : \underline{58.56} \text{ cm}^2$$

$$f_y : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

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

Fator de redução χ : (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.3)

$$\chi : \underline{0.468}$$

Onde:

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 : \underline{1.346}$$

Sendo:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

N_e : Força axial de flambagem elástica.

$$A_g : \underline{59.20} \text{ cm}^2$$

$$f_y : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

$$N_e : \underline{1127.33} \text{ kN}$$

Área efetiva da seção transversal. (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.4)

$$A_{ef} : \underline{58.56} \text{ cm}^2$$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela 4.

$$54.37 > 52.41$$

b_{ef} : Largura efetiva do elemento.

$$b_{ef} : \underline{371.39} \text{ mm}$$

Onde:

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

b : Largura.

t : Espessura.

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

$$(b/t) : \underline{54.37}$$

$$b : \underline{380.60} \text{ mm}$$

$$t : \underline{7.00} \text{ mm}$$

$$(b/t)_{lim} : \underline{52.41}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \frac{200000}{\text{MPa}}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \frac{345.00}{\text{MPa}}$$

σ_{el}: Tensão de flambagem local.

$$\sigma_{el} : \frac{257.75}{\text{MPa}}$$

C₁: Factor para cálculo de flambagem local (Tabela 5).

$$C_1 : \frac{0.18}{\text{MPa}}$$

C₂: Factor para cálculo de flambagem local (Tabela 5).

$$C_2 : \frac{1.31}{\text{MPa}}$$

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela 4.

$$6.25 \leq 19.70$$

b_{ef}: Largura efetiva do elemento.

$$b_{ef} : \frac{70.00}{\text{mm}}$$

Onde:

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

$$(b/t) : \frac{6.25}{\text{mm}}$$

b: Largura.

$$b : \frac{70.00}{\text{mm}}$$

t: Espessura.

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

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

$$(b/t)_{lim} : \frac{19.70}{\text{mm}}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \frac{200000}{\text{MPa}}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \frac{345.00}{\text{MPa}}$$

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.5)

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):

$$N_e : \frac{1127.33}{\text{kN}}$$

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

$$N_{ex} : \frac{8603.01}{\text{kN}}$$

Onde:

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

$$L_x : \frac{6.000}{\text{m}}$$

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

$$I_x : \frac{15690.00}{\text{cm}^4}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \frac{200000}{\text{MPa}}$$

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

$$N_{ey} : \frac{1127.33}{\text{kN}}$$

Onde:

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

$$L_y : \frac{3.000}{\text{m}}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

I_y : 514.00 cm⁴

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

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

N_{ez} : 2139.41 kN

Onde:

L_z : Comprimento de flambagem por torção.

L_z : 3.000 m

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

C_w : Constante de empenamento da seção transversal.

C_w : 196571.00 cm⁶

G : Módulo de elasticidade transversal do aço.

G : 77000 MPa

J : Constante de torção da seção transversal.

J : 20.06 cm⁴

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

r_o : 16.54 cm

Onde:

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

r_x : 16.28 cm

r_y : 2.95 cm

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

X_o : 0.00 mm

Y_o : 0.00 mm

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : 0.686 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.887 m do nó N268, para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V270(Cpi-0,70) [NL].

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

M_{sd} : 136.44 kN·m

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D).

54.37 ≤ **137.24**

Onde:

λ : 54.37

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Sendo:

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

h : 380.60 mm

tw: Espessura da alma.

tw : 7.00 mm

λ_r : 137.24

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

fy: Resistência ao escoamento do aço.

fy : 345.00 MPa

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} : 198.98 kN·m

- (a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : 366.32 kN·m

Onde:

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

W_x : 778.66 cm³

fy: Resistência ao escoamento do aço.

fy : 345.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

- (b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

101.81 > **42.38**

101.81 ≤ **122.51**

M_{Rd} : 198.98 kN·m

Onde:

λ : 101.81

Sendo:

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

$L_{b,inf}$: 3.000 m

r_y : Raio de giração da seção em relação ao eixo principal de inércia perpendicular ao eixo de flexão.

r_y : 2.95 cm

λ_p : 42.38

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E: 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

λ_r: 122.51

Sendo:

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

I_y: 514.00 cm⁴

J: Constante de torção da seção transversal.

J: 20.06 cm⁴

C_w: Constante de empenamento da seção transversal.

C_w: 196571.00 cm⁶

β₁: 0.047 cm⁻¹

M_{pl}: 307.43 kN·m

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x: 891.10 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

M_r: 188.05 kN·m

Sendo:

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

W_x: 778.66 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

σ_r: 103.50 MPa

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

C_b: 1.00

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: 1.10

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

6.25 ≤ 9.15

M_{Rd}: 279.48 kN·m

Onde:

λ: 6.25

Sendo:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

b_f: Largura da mesa comprimida.

b_f: 140.00 mm

t_f: Espessura da mesa comprimida.

t_f: 11.20 mm

λ_p: 9.15

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E: 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

M_{pl}: 307.43 kN·m

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x: 891.10 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA
(ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

54.37 ≤ 90.53

M_{Rd}: 279.48 kN·m

Onde:

λ: 54.37

Sendo:

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

h: 380.60 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w: 7.00 mm

λ_p: 90.53

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E: 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

M_{pl}: 307.43 kN·m

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x: 891.10 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 345.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: 1.10

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.018} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N268, para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.2·SC-COB+1.2·PFV+1.4·V180(Cpi+0,80) [NL].

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

$$\mathbf{M_{sd}^+} : \underline{0.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{34.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2.2):

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{34.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$\mathbf{W_y} : \underline{73.43} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

(b) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

$$\mathbf{6.25} \leq \mathbf{9.15}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{36.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{6.25}$$

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

$$\mathbf{b_f} : \underline{140.00} \text{ mm}$$

t_f: Espessura da mesa comprimida.

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

$$\lambda_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{M_{pl}} : \underline{39.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico.

Z_y : 115.20 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : 0.001 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações $1.5 \cdot PP + 1.5 \cdot CP + 0.75 \cdot SC - COB + 0.75 \cdot PFV + 1.4 \cdot V180(Cpi + 0,80)$ [NL].

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

V_{sd} : 0.36 kN

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

$6.25 \leq 29.01$

V_{Rd} : 590.14 kN

Onde:

λ : 6.25

Sendo:

b_r : Largura das mesas.

b_r : 140.00 mm

t_r : Espessura das mesas.

t_r : 11.20 mm

λ_p : 29.01

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.

k_v : 1.20

E : Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

V_{pl} : 649.15 kN

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 31.36 cm²

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

η : 0.086 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CP + 1.5 \cdot SC - COB + 1.5 \cdot PFV + 0.84 \cdot V270(Cpi-0,70)$ [NL].

V_{sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.
A força cortante resistente de cálculo, **V_{Rd}**, é determinada pela expressão:

V_{sd} : 45.84 kN

54.37 ≤ 61.20

V_{Rd} : 530.86 kN

Onde:

λ : 54.37

Sendo:

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

h : 380.60 mm

t_w: Espessura da alma.

t_w : 7.00 mm

λ_p : 61.20

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

k_v : 5.34

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

V_{pl} : 583.95 kN

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : 28.21 cm²

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

d: Altura total da seção transversal.
 γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

d : 403.00 mm
 γ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

η : 0.722 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.887 m do nó N268, para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V270(Cpi-0,70) [NL].

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

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

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

$N_{c,sd}$: 61.20 kN
 $M_{x,sd}$: 136.44 kN·m
 $M_{y,sd}$: 0.02 kN·m

0.071 < 0.200

η : 0.722

Onde:

$N_{c,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3).

$M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2).

$N_{c,Rd}$: 860.33 kN
 $M_{x,Rd}$: 198.98 kN·m
 $M_{y,Rd}$: 34.54 kN·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.2.1)

Já que a norma não proporciona uma verificação geral para seções não tubulares submetidas exclusivamente à torção, considera-se que este elemento também deve cumprir o seguinte critério:

Deve satisfazer:

η < 0.001 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+CP+1.4·V180(Cpi+0,80) [NL].

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

T_{sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.
O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

T_{sd} : 0.00 kN·m

T_{Rd} : 3.37 kN·m

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

W_T : 17.91 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.2.2)

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

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2024, 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.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos


CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Colunas de Oitão

Barra N24/N412

Perfil: W 310 x 23.8 Material: Aço (A-572 345MPa)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Area (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N24	N412	3.000	30.70	4346.00	116.00	4.65
	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	2.25	1.00	1.00		
L _k				3.000	6.750	3.000	3.000
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 8800:2024)											Estado
	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	$\sigma \tau f$	
N24/N412	$\lambda \leq 200.0$ Passa	x: 3 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 10.3$	x: 0 m $\eta = 70.8$	x: 0 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 7.2$	x: 0 m $\eta = 71.7$	$\eta < 0.1$	N.A. ⁽¹⁾	N.A. ⁽²⁾	PASSA $\eta = 71.7$
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 $\sigma \tau f$: 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⁾ 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 8800:2024, Artigo 5.3.7)

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 : **154.3** ✓

Onde:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

λ : Índice de esbeltez.

$$\lambda_x : 56.7$$

$$\lambda_y : 154.3$$

Sendo:

L_x : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X. $L_x : 6.750$ m

L_y : Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y. $L_y : 3.000$ m

r_x, r_y : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente. $r_x : 11.90$ cm
 $r_y : 1.94$ cm

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.010 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N412, para a combinação de ações PP+CP+1.4·V270(Cpi+0,80) [NL].

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

$$N_{t,sd} : 9.85 \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : 962.86 \text{ kN}$$

Onde:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : 30.70 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 345.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.103 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N24, para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V90(Cpi-0,70) [NL].

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

$$N_{c,Ed} : \underline{20.87} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{202.84} \text{ kN}$$

Onde:

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

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

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\begin{aligned} \chi &: \underline{0.211} \\ A_{ef} &: \underline{30.70} \text{ cm}^2 \\ f_y &: \underline{345.00} \text{ MPa} \\ \gamma_{a1} &: \underline{1.10} \end{aligned}$$

Fator de redução χ : (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.3)

$$\chi : \underline{0.211}$$

Onde:

λ_0 : Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 : \underline{2.040}$$

Sendo:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

N_e : Força axial de flambagem elástica.

$$\begin{aligned} A_g &: \underline{30.70} \text{ cm}^2 \\ f_y &: \underline{345.00} \text{ MPa} \\ N_e &: \underline{254.42} \text{ kN} \end{aligned}$$

Área efetiva da seção transversal. (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.4)

$$A_{ef} : \underline{30.70} \text{ cm}^2$$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela 4.

$$52.07 \leq 78.16$$

b_{ef} : Largura efetiva do elemento.

$$b_{ef} : \underline{291.60} \text{ mm}$$

Onde:

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

b : Largura.

t : Espessura.

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

$$\begin{aligned} (b/t) &: \underline{52.07} \\ b &: \underline{291.60} \text{ mm} \\ t &: \underline{5.60} \text{ mm} \end{aligned}$$

$$(b/t)_{lim} : \underline{78.16}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela 4.

7.54 ≤ 29.38

b_{ef}: Largura efetiva do elemento.

b_{ef} : 50.50 mm

Onde:

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

(b/t) : 7.54

b: Largura.

b : 50.50 mm

t: Espessura.

t : 6.70 mm

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

(b/t)_{lim} : 29.38

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.3.5)

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 : 254.42 kN

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

N_{ex} : 1882.83 kN

Onde:

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

L_x : 6.750 m

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

I_x : 4346.00 cm⁴

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

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

N_{ey} : 254.42 kN

Onde:

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

L_y : 3.000 m

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

I_y : 116.00 cm⁴

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Nez : 632.57 kN

Onde:

Lz: Comprimento de flambagem por torção.

E: Módulo de elasticidade do aço.

Cw: Constante de empenamento da seção transversal.

G: Módulo de elasticidade transversal do aço.

J: Constante de torção da seção transversal.

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

Lz : 3.000 m

E : 200000 MPa

Cw : 25594.00 cm⁶

G : 77000 MPa

J : 4.65 cm⁴

ro : 12.06 cm

Onde:

rx,ry: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

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

rx : 11.90 cm

ry : 1.94 cm

Xo : 0.00 mm

Yo : 0.00 mm

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

η : 0.708 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N24, para a combinação de ações PP+CP+1.4·V270(Cpi+0,80) [NL].

Msd: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

Msd : 31.12 kN·m

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D).

52.07 ≤ **137.24**

Onde:

λ : 52.07

Sendo:

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

tw: Espessura da alma.

h : 291.60 mm

tw : 5.60 mm

λr : 137.24

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

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} : 43.97 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : 134.07 kN·m

Onde:

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

W_x : 284.98 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

154.33 > 124.93

M_{Rd} : 43.97 kN·m

Onde:

λ : 154.33

Sendo:

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

L_{b,inf} : 3.000 m

r_y: Raio de giração da seção em relação ao eixo principal de inércia perpendicular ao eixo de flexão.

r_y : 1.94 cm

λ_r : 124.93

Sendo:

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

I_y : 116.00 cm⁴

J: Constante de torção da seção transversal.

J : 4.65 cm⁴

C_w: Constante de empenamento da seção transversal.

C_w : 25594.00 cm⁶

β₁ : 0.074 cm⁻¹

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$M_r : \underline{68.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Sendo:

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

$$W_x : \underline{284.98} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_r : \underline{103.50} \text{ MPa}$$

$$M_{cr} : \underline{48.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Sendo:

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

$$I_y : \underline{116.00} \text{ cm}^4$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$J : \underline{4.65} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de empenamento da seção transversal.

$$C_w : \underline{25594.00} \text{ cm}^6$$

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

$$L_{b,inf} : \underline{3.000} \text{ m}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

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

$$C_b : \underline{1.00}$$

$$M_{pl} : \underline{114.95} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$Z_x : \underline{333.20} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

$$7.54 \leq 9.15$$

$$M_{Rd} : \underline{104.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{7.54}$$

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{101.00} \text{ mm}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

t_f : Espessura da mesa comprimida. t_f : 6.70 mm

λ_p : 9.15

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço. E : 200000 MPa

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 345.00 MPa

M_{pl} : 114.95 kN·m

Onde:

Z_x : Módulo de resistência plástico. Z_x : 333.20 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 345.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA
(ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

$$52.07 \leq 90.53$$

M_{Rd} : 104.50 kN·m

Onde:

λ : 52.07

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas. h : 291.60 mm

t_w : Espessura da alma. t_w : 5.60 mm

λ_p : 90.53

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço. E : 200000 MPa

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 345.00 MPa

M_{pl} : 114.95 kN·m

Onde:

Z_x : Módulo de resistência plástico. Z_x : 333.20 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 345.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

η : 0.006 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N24, para a combinação de ações $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CP + 1.2 \cdot SC - COB + 1.2 \cdot PFV + 1.4 \cdot V270(Cpi-0,70)$ [NL].

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

M_{sd} : 0.07 kN·m

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

M_{Rd} : 10.81 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2.2):

M_{Rd} : 10.81 kN·m

Onde:

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

W_y : 22.97 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2024, Anexo D):

7.54 ≤ **9.15**

M_{Rd} : 11.57 kN·m

Onde:

λ : 7.54

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

b_f : 101.00 mm

t_f: Espessura da mesa comprimida.

t_f : 6.70 mm

λ_p : 9.15

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 MPa

M_{pl} : 12.73 kN·m

Onde:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Z_y : Módulo de resistência plástico.	Z_y : <u>36.90</u> cm ³
f_y : Resistência ao escoamento do aço.	f_y : <u>345.00</u> MPa
γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.	γ_{a1} : <u>1.10</u>

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

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

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.2·SC-COB+1.2·PFV+1.4·V90(Cpi+0,80) [NL].

V_{sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. **V_{sd}** : 0.03 kN
A força cortante resistente de cálculo, **V_{Rd}**, é determinada pela expressão:

$$7.54 \leq 29.01$$

$$\mathbf{V_{Rd}} : \underline{254.69} \text{ kN}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{7.54}$$

Sendo:

b_f : Largura das mesas.	b_f : <u>101.00</u> mm
t_f : Espessura das mesas.	t_f : <u>6.70</u> mm

$$\lambda_p : \underline{29.01}$$

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.	k_v : <u>1.20</u>
E : Módulo de elasticidade do aço.	E : <u>200000</u> MPa
f_y : Resistência ao escoamento do aço.	f_y : <u>345.00</u> MPa

$$\mathbf{V_{pl}} : \underline{280.15} \text{ kN}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$\mathbf{A_w} : \underline{13.53} \text{ cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.072} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N24, para a combinação de ações PP+CP+1.4·V270(Cpi+0,80) [NL].

V_{sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.
A força cortante resistente de cálculo, **V_{Rd}**, é determinada pela expressão:

$$\mathbf{V_{sd}} : \underline{23.03} \text{ kN}$$

$$\mathbf{52.07 \leq 61.20}$$

$$\mathbf{V_{Rd}} : \underline{321.41} \text{ kN}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{52.07}$$

Sendo:

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

$$\mathbf{h} : \underline{291.60} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{5.60} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{61.20}$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$\mathbf{k_v} : \underline{5.34}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{345.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{V_{pl}} : \underline{353.56} \text{ kN}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$\mathbf{A_w} : \underline{17.08} \text{ cm}^2$$

d: Altura total da seção transversal.

$$\mathbf{d} : \underline{305.00} \text{ mm}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.717} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N24, para a combinação de ações PP+CP+1.4·V270(Cpi+0,80) [NL].

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

$$\mathbf{N_{t,Sd}} : \underline{8.35} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{M_{x,Sd}} : \underline{31.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{y,Sd}} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{0.009 < 0.200}$$

$$\eta : \underline{0.717}$$

Onde:

N_{t,Rd}: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.2).

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{962.86} \text{ kN}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2).

$$\mathbf{M_{x,Rd}} : \underline{43.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{y,Rd}} : \underline{10.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.2.1)

Já que a norma não proporciona uma verificação geral para seções não tubulares submetidas exclusivamente à torção, considera-se que este elemento também deve cumprir o seguinte critério:

Deve satisfazer:

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

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.35·PP+1.35·CP+1.5·SC-COB+1.5·PFV+0.84·V180(Cpi-0,40) [NL].

T_{s,d}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{T_{s,d}} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$T_{Rd} : \underline{1.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Onde:

W_T : Módulo de resistência à torção.

$W_T : \underline{6.94} \text{ cm}^3$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$f_y : \underline{345.00} \text{ MPa}$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.2.2)

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

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2024, 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.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

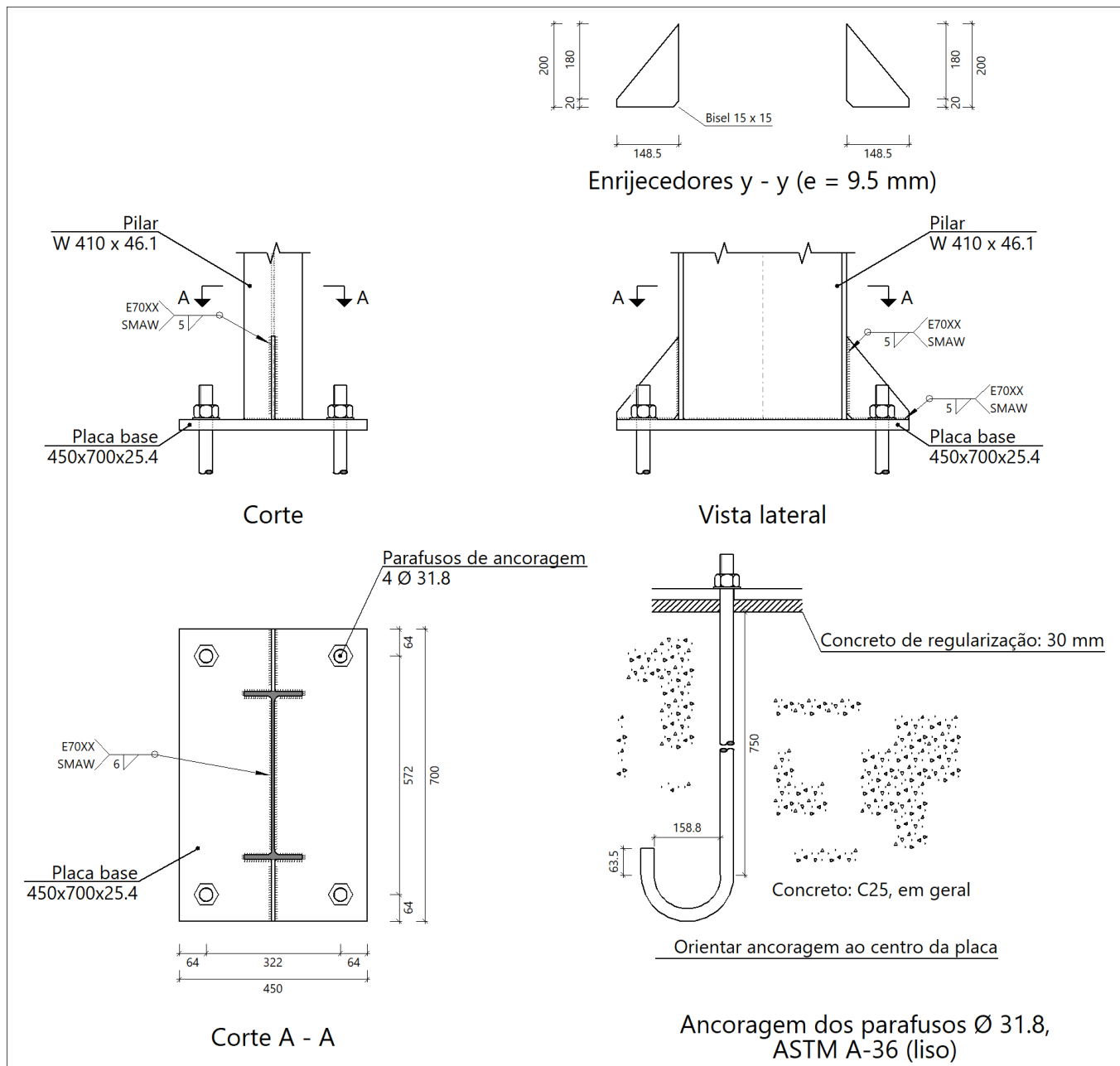
CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Base das Colunas Laterais

a) Detalhe



b) Descrição dos componentes da ligação

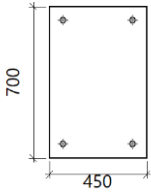
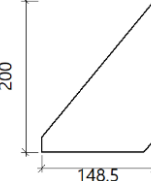
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		450	700	25.4	4	31.8	A-36 250Mpa	250.0	400.0
Enrijecedor		148.5	200	9.5	-	-	A-36 250Mpa	250.0	400.0

c) Verificação

1) Pilar W 410 x 46.1

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)								
Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna		
				lw,min (mm)	lw (mm)	d _{w,min} (mm)	d _{w,max} (mm)	d _w (mm)
Soldadura perimetral à placa	De ângulo	SMAW	7	40	1213	5	7	6
P.S.: Procedimento de soldagen. t: Menor espessura do metal-base. lw: Comprimento total da solda. dw: 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}		
Soldadura perimetral à placa	6	7	1213	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.										
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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Referência:		
Verificação	Valores	Estado
Distância mínima entre chumbadores: <i>3 diâmetros</i>	Mínimo: 95 mm Calculado: 322 mm	Passa
Distância mínima chumbador-perfil: <i>1.5 diâmetros</i>	Mínimo: 47 mm Calculado: 125 mm	Passa
Distância mínima chumbador-borda: <i>2 diâmetros</i>	Mínimo: 63 mm Calculado: 64 mm	Passa
Esbeltez dos enrijecedores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.4	Passa
Comprimento mínimo do parafuso: <i>Calcula-se o comprimento de ancoragem necessário por aderência.</i>	Mínimo: 37 cm Calculado: 75 cm	Passa
Ancoragem chumbador no concreto: - Tração:	Máximo: 117.27 kN Calculado: 97.37 kN	Passa
- Cortante:	Máximo: 82.09 kN Calculado: 10.89 kN	Passa
- Tração + Cortante:	Máximo: 117.27 kN Calculado: 112.94 kN	Passa
Tração chumbadores:	Máximo: 178.2 kN Calculado: 97.35 kN	Passa
Tensão de Von Mises nos chumbadores:	Máximo: 225 MPa Calculado: 125.494 MPa	Passa
Esmagamento chumbador na placa: <i>Limite de esforço de corte em um chumbador atuando contra a placa</i>	Máximo: 453.63 kN Calculado: 11.22 kN	Passa
Tensão de Von Mises em seções globais: - Direita:	Máximo: 250 MPa Calculado: 76.9986 MPa	Passa
- Esquerda:	Calculado: 76.7084 MPa	Passa
- Acima:	Calculado: 120.338 MPa	Passa
- Abaixo:	Calculado: 121.062 MPa	Passa
Flecha global equivalente: <i>Limite da deformabilidade dos balanços</i>	Mínimo: 250	
- Direita:	Calculado: 4086.85	Passa
- Esquerda:	Calculado: 4103.49	Passa
- Acima:	Calculado: 9528.16	Passa
- Abaixo:	Calculado: 9472.63	Passa
Tensão de Von Mises local: <i>Tensão por tração de chumbadores sobre placas em balanço</i>	Máximo: 250 MPa Calculado: 0 MPa	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Informação adicional:		

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Referência:		
Verificação	Valores	Estado
- Relação ruptura desfavorável seção de concreto: 0.0787		

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

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)
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	De ângulo	SMAW	10	40	149	5	10	5
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	De ângulo	SMAW	10	40	185	5	10	5
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	De ângulo	SMAW	10	40	149	5	10	5
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	De ângulo	SMAW	10	40	185	5	10	5
<i>P.S.: Procedimento de soldagem.</i> <i>t: Menor espessura do metal-base.</i> <i>l_w: Comprimento total da solda.</i> <i>d_w: Perna 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}
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	5	10	149	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	5	10	185	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	5	10	149	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	5	10	185	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	lw (mm)	Eléctrodo	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}
S _d : Solicitação de cálculo R _d : Resistente de cálculo - Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.														

d) Quantit.

Soldas				
Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E70XX	Em fábrica	De filete	5	904
			6	1213

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Porcas	Classe 8S	4	1 1/4", ASTM A563
Anilhas	Tipo 1	4	1 1/4", ASTM F436

Placas de base				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250Mpa	Placa base	1	450x700x25.4	62.81
	Enrijecedores não passantes	2	148/0x200/20x9.5	2.44
	Total			65.24
ASTM A-36 (liso)	Parafusos de ancoragem	4	Ø 31.8 - L = 837 + 363	29.83
	Total			29.83

Verificações

1) Pilar W 410 x 46.1

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

Limitações (ABNT NBR 8800:2008, 6.2.6)

6.2.6.2 Soldas de filete

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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, Especificações complementares.

2.3.3.7 Garganta efetiva de ligações em T.

A garganta efetiva de ligações em T em ângulos entre 60° e 30° deve ser igual à altura do maior triângulo que se possa inscrever na secção do metal de colaboração, menos o coeficiente de redução Z. A garganta efetiva de ligações em T em ângulos entre 80° e 60° e em ângulos maiores a 100° deve ser considerada igual à altura do maior triângulo que se possa inscrever na secção do metal de colaboração.

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: Metal da solda:
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.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)								
Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna		
				lw,min (mm)	lw (mm)	dw,min (mm)	dw,max (mm)	dw (mm)
Soldadura perimetral à placa	De ângulo	SMAW	7	40	1213	5	7	6
<i>P.S.: Procedimento de soldagem. t: Menor espessura do metal-base. lw: Comprimento total da solda. dw: Perna da solda.</i>								

Verificação de cordões de soldadura																
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l _w (mm)	Eléctrodo	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal- base)			Coeficientes de ponderação				
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	γ _{a1}	γ _{w1}	γ _{w2}		
Soldadura perimetral à placa	6	7	1213	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.										
Sd: Solicitação de cálculo Rd: Resistente de cálculo - Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.																

2) Placa de ancoragem

Referência: -Placa base: Largura X: 450 mm Largura Y: 700 mm Espessura: 25 mm -Parafusos: 4Ø31.75 mm L=75 cm Dobra a 180 graus -Disposição: Posição X: Centrada Posição Y: Centrada -Enrijecedores: Paralelos X: - Paralelos Y: 1(200x20x9.5)		
Verificação	Valores	Estado
Distância mínima entre chumbadores: <i>3 diâmetros</i>	Mínimo: 95 mm Calculado: 322 mm	Passa
Distância mínima chumbador-perfil: <i>1.5 diâmetros</i>	Mínimo: 47 mm Calculado: 125 mm	Passa
Distância mínima chumbador-borda: <i>2 diâmetros</i>	Mínimo: 63 mm Calculado: 64 mm	Passa
Esbeltez dos enrijecedores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.4	Passa
Comprimento mínimo do parafuso: <i>Calcula-se o comprimento de ancoragem necessário por aderência.</i>	Mínimo: 37 cm Calculado: 75 cm	Passa
Ancoragem chumbador no concreto: - Tração:	Máximo: 117.27 kN Calculado: 97.37 kN	Passa

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Referência: -Placa base: Largura X: 450 mm Largura Y: 700 mm Espessura: 25 mm -Parafusos: 4Ø31.75 mm L=75 cm Dobra a 180 graus -Disposição: Posição X: Centrada Posição Y: Centrada -Enrijecedores: Paralelos X: - Paralelos Y: 1(200x20x9.5)		
Verificação	Valores	Estado
- Cortante:	Máximo: 82.09 kN Calculado: 10.89 kN	Passa
- Tração + Cortante:	Máximo: 117.27 kN Calculado: 112.94 kN	Passa
Tração chumbadores:	Máximo: 178.2 kN Calculado: 97.35 kN	Passa
Tensão de Von Mises nos chumbadores:	Máximo: 225 MPa Calculado: 125.494 MPa	Passa
Esmagamento chumbador na placa: <i>Limite de esforço de corte em um chumbador atuando contra a placa</i>	Máximo: 453.63 kN Calculado: 11.22 kN	Passa
Tensão de Von Mises em seções globais:	Máximo: 250 MPa	
- Direita:	Calculado: 76.9986 MPa	Passa
- Esquerda:	Calculado: 76.7084 MPa	Passa
- Acima:	Calculado: 120.338 MPa	Passa
- Abaixo:	Calculado: 121.062 MPa	Passa
Flecha global equivalente: <i>Limite da deformabilidade dos balanços</i>	Mínimo: 250	
- Direita:	Calculado: 4086.85	Passa
- Esquerda:	Calculado: 4103.49	Passa
- Acima:	Calculado: 9528.16	Passa
- Abaixo:	Calculado: 9472.63	Passa
Tensão de Von Mises local: <i>Tensão por tração de chumbadores sobre placas em balanço</i>	Máximo: 250 MPa Calculado: 0 MPa	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Informação adicional:		
- Relação ruptura desfavorável seção de concreto: 0.0787		

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:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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, Especificações complementares.

2.3.3.7 Garganta efetiva de ligações em T.

A garganta efetiva de ligações em T em ângulos entre 60° e 30° deve ser igual à altura do maior triângulo que se possa inscrever na secção do metal de colaboração, menos o coeficiente de redução Z. A garganta efetiva de ligações em T em ângulos entre 80° e 60° e em ângulos maiores a 100° deve ser considerada igual à altura do maior triângulo que se possa inscrever na secção do metal de colaboração.

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: Metal da solda:
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)
Enrijecedor y-y ($x = 0$): Soldadura à placa base	De ângulo	SMAW	10	40	149	5	10	5

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)								
Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna		
				lw,min (mm)	lw (mm)	dw,min (mm)	dw,max (mm)	dw (mm)
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	De ângulo	SMAW	10	40	185	5	10	5
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	De ângulo	SMAW	10	40	149	5	10	5
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	De ângulo	SMAW	10	40	185	5	10	5
<i>P.S.: Procedimento de soldagem.</i> <i>t: Menor espessura do metal-base.</i> <i>lw: Comprimento total da solda.</i> <i>dw: Perna da solda.</i>								

Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	lw (mm)	Eléctrodo	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal- base)			Coeficientes de ponderação		
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov · (%)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov · (%)	γa1	γw1	γw2
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	5	10	149	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	5	10	185	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	5	10	149	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	5	10	185	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Sd: Solicitação de cálculo Rd: Resistente de cálculo - Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.														

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

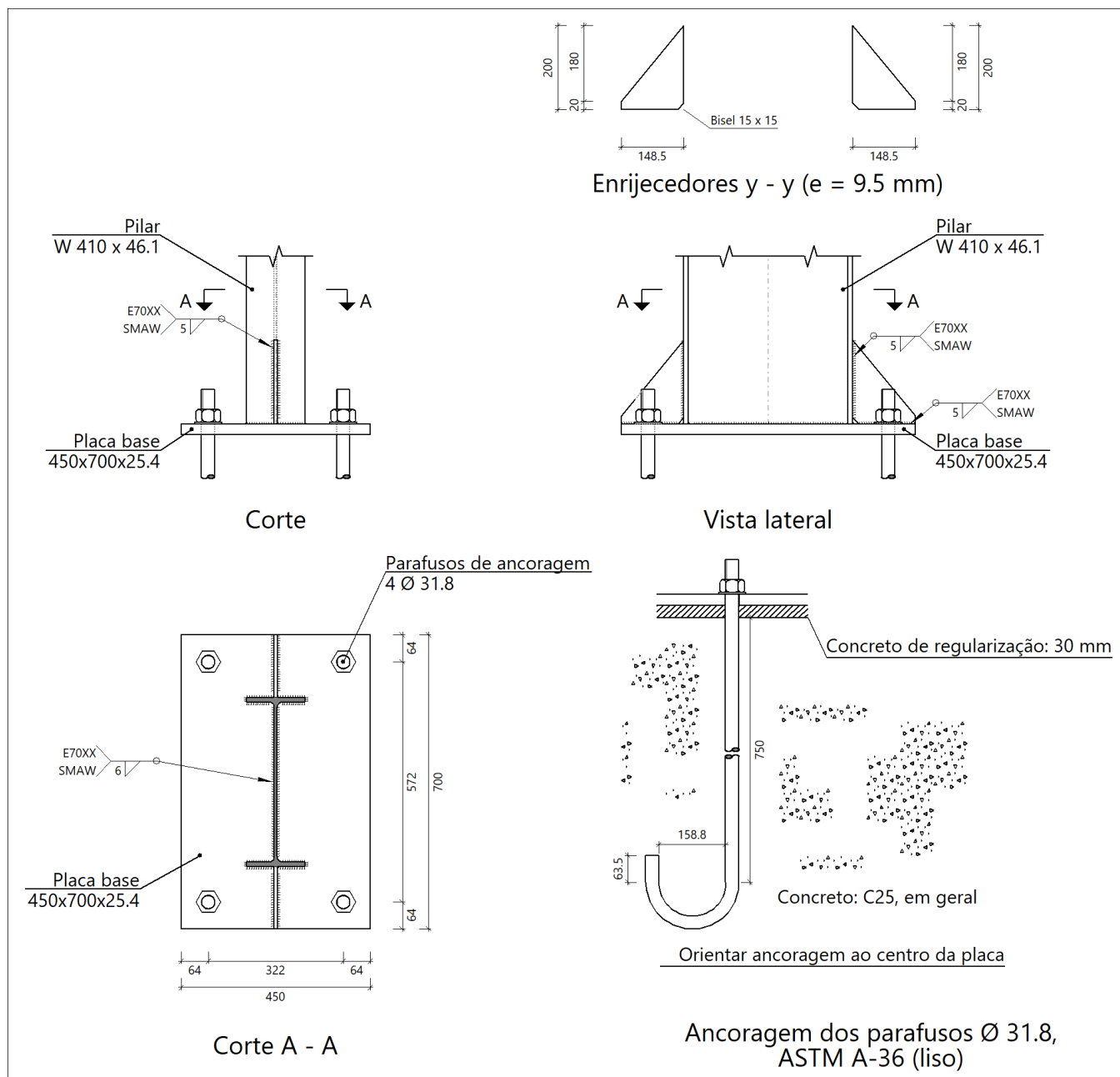
CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Base das Colunas do oitão

a) Detalhe



b) Descrição dos componentes da ligação

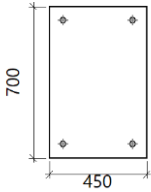
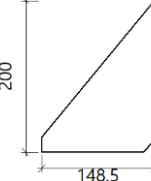
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Placa base		450	700	25.4	4	31.8	A-36 250Mpa	250.0	400.0
Enrijecedor		148.5	200	9.5	-	-	A-36 250Mpa	250.0	400.0

c) Verificação

1) Pilar W 410 x 46.1

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

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)
Soldadura perimetral à placa	De ângulo	SMAW	7	40	1213	5	7	6
P.S.: Procedimento de soldagen. 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)	Eléctrodo	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação				
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	γ _{a1}	γ _{w1}	γ _{w2}		
Soldadura perimetral à placa	6	7	1213	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.										
Sd: Solicitação de cálculo Rd: Resistente de cálculo - Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.																

2) Placa de ancoragem

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Referência:		
Verificação	Valores	Estado
Distância mínima entre chumbadores: <i>3 diâmetros</i>	Mínimo: 95 mm Calculado: 322 mm	Passa
Distância mínima chumbador-perfil: <i>1.5 diâmetros</i>	Mínimo: 47 mm Calculado: 125 mm	Passa
Distância mínima chumbador-borda: <i>2 diâmetros</i>	Mínimo: 63 mm Calculado: 64 mm	Passa
Esbeltez dos enrijecedores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.4	Passa
Comprimento mínimo do parafuso: <i>Calcula-se o comprimento de ancoragem necessário por aderência.</i>	Mínimo: 37 cm Calculado: 75 cm	Passa
Ancoragem chumbador no concreto: - Tração:	Máximo: 117.27 kN Calculado: 97.37 kN	Passa
- Cortante:	Máximo: 82.09 kN Calculado: 10.89 kN	Passa
- Tração + Cortante:	Máximo: 117.27 kN Calculado: 112.94 kN	Passa
Tração chumbadores:	Máximo: 178.2 kN Calculado: 97.35 kN	Passa
Tensão de Von Mises nos chumbadores:	Máximo: 225 MPa Calculado: 125.494 MPa	Passa
Esmagamento chumbador na placa: <i>Limite de esforço de corte em um chumbador atuando contra a placa</i>	Máximo: 453.63 kN Calculado: 11.22 kN	Passa
Tensão de Von Mises em seções globais: - Direita:	Máximo: 250 MPa Calculado: 76.9986 MPa	Passa
- Esquerda:	Calculado: 76.7084 MPa	Passa
- Acima:	Calculado: 120.338 MPa	Passa
- Abaixo:	Calculado: 121.062 MPa	Passa
Flecha global equivalente: <i>Limite da deformabilidade dos balanços</i>	Mínimo: 250	
- Direita:	Calculado: 4086.85	Passa
- Esquerda:	Calculado: 4103.49	Passa
- Acima:	Calculado: 9528.16	Passa
- Abaixo:	Calculado: 9472.63	Passa
Tensão de Von Mises local: <i>Tensão por tração de chumbadores sobre placas em balanço</i>	Máximo: 250 MPa Calculado: 0 MPa	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Informação adicional:		

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Referência:		
Verificação	Valores	Estado
- Relação ruptura desfavorável seção de concreto: 0.0787		

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

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)
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	De ângulo	SMAW	10	40	149	5	10	5
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	De ângulo	SMAW	10	40	185	5	10	5
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	De ângulo	SMAW	10	40	149	5	10	5
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	De ângulo	SMAW	10	40	185	5	10	5
<i>P.S.: Procedimento de soldagem.</i> <i>t: Menor espessura do metal-base.</i> <i>l_w: Comprimento total da solda.</i> <i>d_w: Perna 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}
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	5	10	149	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	5	10	185	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à placa base	5	10	149	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								
Enrijecedor y-y (x = 0): Soldadura à peça	5	10	185	E70XX (485.0)	250.0	Não precisa ser considerado.								

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	lw (mm)	Eléctrodo	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov. (%)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov. (%)	γ _{a1}	γ _{w1}	γ _{w2}
Sd: Solicitação de cálculo Rd: Resistente de cálculo - Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.														

d) Quantit.

Soldas				
Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E70XX	Em fábrica	De filete	5	904
			6	1213

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Porcas	Classe 8S	4	1 1/4", ASTM A563
Anilhas	Tipo 1	4	1 1/4", ASTM F436

Placas de base				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250Mpa	Placa base	1	450x700x25.4	62.81
	Enrijecedores não passantes	2	148/0x200/20x9.5	2.44
	Total			65.24
ASTM A-36 (liso)	Parafusos de ancoragem	4	Ø 31.8 - L = 837 + 363	29.83
	Total			29.83

Verificações

1) Pilar W 310 x 23.8

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 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.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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:
	Cisalhamento (soma vetorial) na seção efetiva.	Metal - base:

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	7	40	101	7
Solda da alma	Em bisel simples	SMAW	6	40	272	6
Solda da aba inferior	Em bisel simples	SMAW	7	40	101	7

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

Verificação de cordões de soldadura																
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	lw (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	7	101	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	6	6	272	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	7	7	101	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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Referência: -Placa base: Largura X: 300 mm Largura Y: 500 mm Espessura: 22 mm -Parafusos: 4Ø19.05 mm L=55 cm Dobra a 180 graus -Disposição: Posição X: Centrada Posição Y: Centrada		
Verificação	Valores	Estado
Distância mínima entre chumbadores: <i>3 diâmetros</i>	Mínimo: 57 mm Calculado: 221 mm	Passa
Distância mínima chumbador-perfil: <i>1.5 diâmetros</i>	Mínimo: 28 mm Calculado: 83 mm	Passa
Distância mínima chumbador-borda: <i>2 diâmetros</i>	Mínimo: 38 mm Calculado: 40 mm	Passa
Comprimento mínimo do parafuso: <i>Calcula-se o comprimento de ancoragem necessário por aderência.</i>	Mínimo: 22 cm Calculado: 55 cm	Passa
Ancoragem chumbador no concreto: - Tração: - Cortante: - Tração + Cortante:	Máximo: 51.6 kN Calculado: 39.85 kN Máximo: 36.12 kN Calculado: 5.78 kN Máximo: 51.6 kN Calculado: 48.11 kN	Passa Passa Passa
Tração chumbadores:	Máximo: 64.13 kN Calculado: 39.43 kN	Passa
Tensão de Von Mises nos chumbadores:	Máximo: 225 MPa Calculado: 143.696 MPa	Passa
Esmagamento chumbador na placa: <i>Limite de esforço de corte em um chumbador atuando contra a placa</i>	Máximo: 235.74 kN Calculado: 5.76 kN	Passa
Tensão de Von Mises em seções globais: - Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Máximo: 250 MPa Calculado: 37.8542 MPa Calculado: 37.8486 MPa Calculado: 190.217 MPa Calculado: 190.213 MPa	Passa Passa Passa Passa
Flecha global equivalente: <i>Limite da deformabilidade dos balanços</i> - Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Mínimo: 250 Calculado: 12155.9 Calculado: 12155.9 Calculado: 509.98 Calculado: 509.991	Passa Passa Passa Passa
Tensão de Von Mises local: <i>Tensão por tração de chumbadores sobre placas em balanço</i>	Máximo: 250 MPa Calculado: 0 MPa	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Informação adicional:		

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Referência:

-Placa base: Largura X: 300 mm Largura Y: 500 mm Espessura: 22 mm

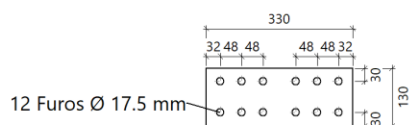
-Parafusos: 4Ø19.05 mm L=55 cm Dobra a 180 graus

-Disposição: Posição X: Centrada Posição Y: Centrada

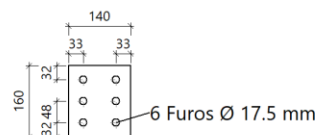
Verificação	Valores	Estado
- Relação ruptura desfavorável seção de concreto: 0.0746		

Emenda das Vigas Principais

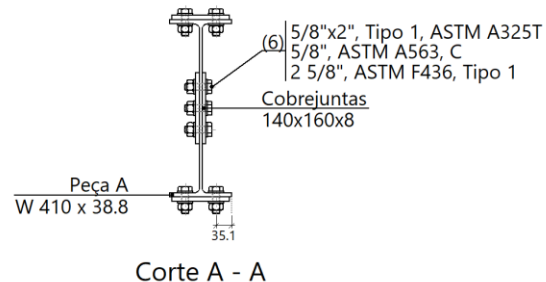
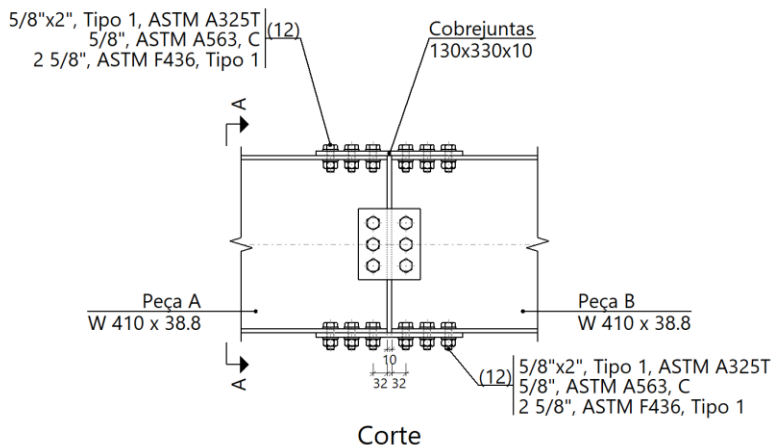
a) Detalhe



Cobrejuntas externas das mesas
(e = 10 mm)



Cobrejuntas de alma (e = 8 mm)



b) Descrição dos componentes da ligação

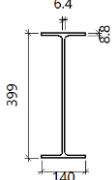
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

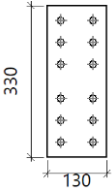
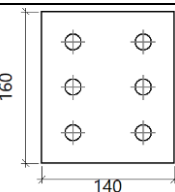
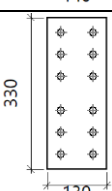
Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

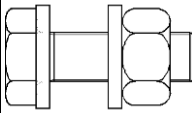
CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Perfis									
Peça	Descrição	Geometria					Aço		
		Esquema	Altura total (mm)	Largura da aba (mm)	Espessura da mesa (mm)	Espessura da alma (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Peça	W 410 x 38.8		399	140	8.8	6.4	A-572 345MPa	345.0	450.0

Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Cobrejuntas		130	330	10	12	17.5	A-36 250Mpa	250.0	400.0
Cobrejuntas		140	160	8	6	17.5	A-36 250Mpa	250.0	400.0
Cobrejuntas		130	330	10	12	17.5	A-572 345MPa	345.0	450.0

Parafusos						
Descrição	Geometria			Aço		
	Esquema	Diâmetro	Comprimento (mm)	Classe	f _y (MPa)	f _u (MPa)
5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T 5/8", ASTM A563, C 2 5/8", ASTM F436, Tipo 1		5/8"	50.8	ASTM A325	635.0	825.0

c) Verificação

1) Cobrejuntas

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

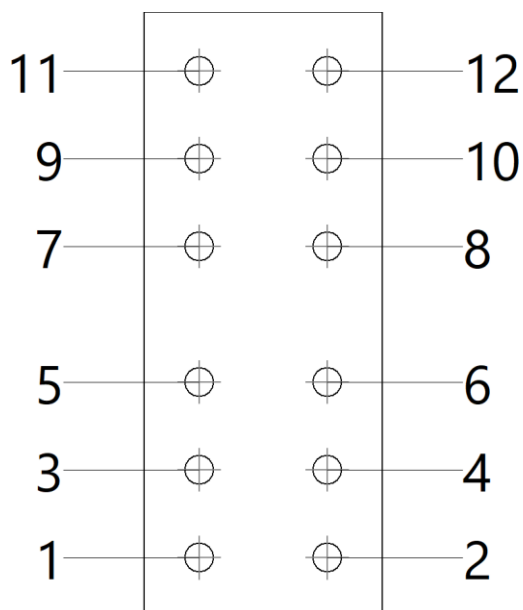
(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Cobrejuntas externas da mesa superior	Tração	kN	175.83	281.70	62.42
	Esmagamento	kN	28.01	82.76	33.85
	Rasgamento	kN	165.78	290.14	57.14
	Compressão	kN	181.63	295.45	61.47
	Fletor	--	--	--	0.00
Cobrejuntas de alma	Esmagamento	kN	11.47	67.77	16.92
	Rasgamento	kN	22.50	115.06	19.55
Cobrejuntas externas da mesa inferior	Compressão	kN	124.66	407.73	30.57
	Esmagamento	kN	21.47	93.08	23.07
	Rasgamento	kN	128.63	368.53	34.90
	Tração	kN	129.07	316.92	40.73
	Fletor	--	--	--	0.18

– Aba superior

Parafusos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3)



Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
1	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
2	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
3	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
4	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
5	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
6	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
7	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
8	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
9	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
10	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
11	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
12	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48

--: Não precisa ser considerado.

Resistência					
Parafuso	Cisalhamento				Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
1	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	28.392	83.883	33.85	
2	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	28.391	83.884	33.85	
3	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	30.217	107.519	28.10	
4	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	30.156	107.492	28.05	
5	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	28.408	81.960	34.66	
6	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	28.407	81.960	34.66	
7	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	28.391	81.938	34.65	
8	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	28.392	81.938	34.65	
9	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	30.156	107.492	28.05	
10	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	30.217	107.519	28.10	

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

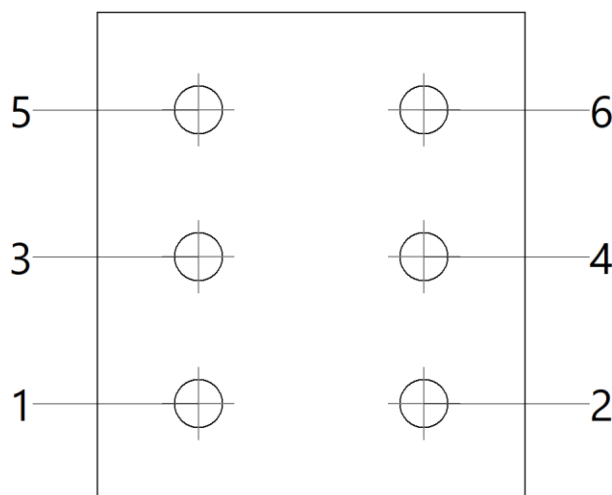
(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência					
Parafuso	Cisalhamento				Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
11	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	28.407	83.932	33.85	
12	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	28.408	83.932	33.85	

– Alma

Parafusos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3)



Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
1	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	32	74	48
2	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	32	74	48
3	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	--	74	48
4	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	--	74	48
5	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	32	74	48
6	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	32	74	48
--: Não precisa ser considerado.						

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

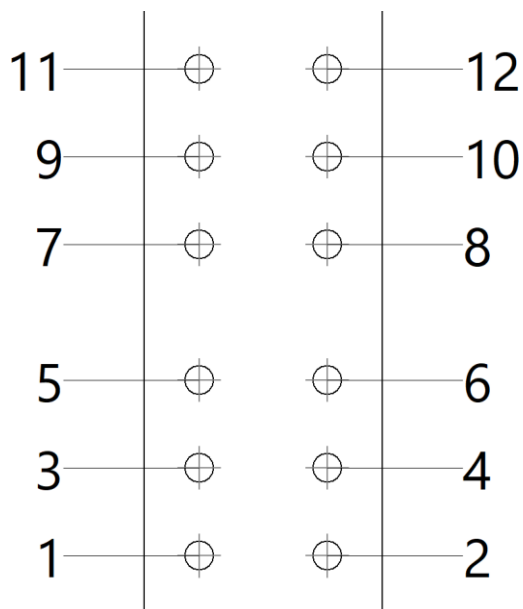
(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência					
Parafuso	Cisalhamento				Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
1	Seção transversal	22.930	96.767	23.70	34.47
	Esmagamento	22.930	66.519	34.47	
2	Seção transversal	22.930	96.767	23.70	34.87
	Esmagamento	22.930	65.760	34.87	
3	Seção transversal	15.000	96.767	15.50	19.19
	Esmagamento	15.000	78.176	19.19	
4	Seção transversal	15.000	96.767	15.50	19.19
	Esmagamento	15.000	78.176	19.19	
5	Seção transversal	22.930	96.767	23.70	34.47
	Esmagamento	22.930	66.519	34.47	
6	Seção transversal	22.930	96.767	23.70	34.87
	Esmagamento	22.930	65.760	34.87	

– Aba inferior

Parafusos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3)



Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
1	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
2	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
3	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
4	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
5	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
6	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
7	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
8	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
9	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
10	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
11	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
12	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
--: Não precisa ser considerado.						

Resistência					
Parafuso	Cisalhamento				Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
1	Seção transversal	21.411	48.384	44.25	44.25
	Esmagamento	21.411	93.103	23.00	
2	Seção transversal	21.465	48.384	44.36	44.36
	Esmagamento	21.472	93.075	23.07	
3	Seção transversal	21.411	48.384	44.25	44.25
	Esmagamento	21.411	107.492	19.92	
4	Seção transversal	21.465	48.384	44.36	44.36
	Esmagamento	21.472	107.524	19.97	
5	Seção transversal	21.411	48.384	44.25	44.25
	Esmagamento	21.411	81.906	26.14	
6	Seção transversal	21.465	48.384	44.36	44.36
	Esmagamento	21.472	81.931	26.21	
7	Seção transversal	30.217	48.384	62.45	62.45
	Esmagamento	28.408	83.092	34.19	
8	Seção transversal	30.149	48.384	62.31	62.31
	Esmagamento	28.407	83.093	34.19	

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência					
Parafuso	Cisalhamento				Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
9	Seção transversal	30.217	48.384	62.45	62.45
	Esmagamento	30.217	107.492	28.11	
10	Seção transversal	30.149	48.384	62.31	62.31
	Esmagamento	30.156	107.519	28.05	
11	Seção transversal	30.217	48.384	62.45	62.45
	Esmagamento	28.392	93.111	30.49	
12	Seção transversal	30.149	48.384	62.31	62.31
	Esmagamento	28.391	93.111	30.49	

2) Peça A W 410 x 38.8

Verificações de resistência					
Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Aba	Esmagamento	kN	28.41	81.96	34.66
	Rasgamento	kN	165.78	324.31	51.12
	Tração	kN	165.78	308.22	53.79
Alma	Esmagamento	kN	22.93	66.52	34.47
	Rasgamento	kN	45.00	114.79	39.20

3) Peça B W 410 x 38.8

Verificações de resistência					
Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Aba	Esmagamento	kN	28.39	81.94	34.65
	Rasgamento	kN	165.78	324.31	51.12
	Tração	kN	165.78	308.22	53.79
Alma	Esmagamento	kN	22.93	65.76	34.87
	Rasgamento	kN	45.00	114.79	39.20

d) Quantit.

Chapas				
Material	Tipo	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250Mpa	Chapas	2	140x160x8	2.81
		1	130x330x10	3.37
	Total			6.18
A-572 345MPa	Chapas	1	130x330x10	3.37
	Total			3.37

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Parafusos	ASTM A325	30	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T
Porcas	Grau C	30	5/8", ASTM A563
Anilhas	Tipo 1	60	5/8", ASTM F436

Verificações

1) Cobrejuntas

Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Cobrejuntas externas da mesa superior	Tração	kN	175.83	281.70	62.42
	Esmagamento	kN	28.01	82.76	33.85
	Rasgamento	kN	165.78	290.14	57.14
	Compressão	kN	181.63	295.45	61.47
	Fletor	--	--	--	0.00
Cobrejuntas de alma	Esmagamento	kN	11.47	67.77	16.92
	Rasgamento	kN	22.50	115.06	19.55
Cobrejuntas externas da mesa inferior	Compressão	kN	124.66	407.73	30.57
	Esmagamento	kN	21.47	93.08	23.07
	Rasgamento	kN	128.63	368.53	34.90
	Tração	kN	129.07	316.92	40.73
	Fletor	--	--	--	0.18

– Aba superior

Parafusos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3)

6.3.3.2 Cisalhamento

A força de cisalhamento resistente de cálculo de um parafuso ou barra redonda rosqueada é, por plano de corte, igual a:

a) para parafusos de alta resistência e barras redondas rosqueadas, quando o plano de corte passa pela rosca e para parafusos comuns em qualquer situação:

onde A_b é a área bruta, baseada no diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada, d_b , dada em 6.3.2.2.

6.3.3.3 Pressão de contato em furos

A força resistente de cálculo à pressão de contato na parede de um furo, já levando em conta o rasgamento entre dois furos consecutivos ou entre um furo extremo e a borda, é dada por:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

a) no caso de furos-padrão, furos alargados, furos pouco alongados em qualquer direção e furos muito alongados na direção da força:

- quando a deformação no furo para forças de serviço for uma limitação de projeto

onde:

L_f: Distância, na direção da força, entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda livre.

d_b: Diâmetro do parafuso.

t: Espessura da parte ligada.

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

6.3.3.4 Tração e cisalhamento combinados

Quando ocorrer a ação simultânea de tração e cisalhamento, deve ser atendida a seguinte equação de interação:

onde:

F_{t,sd}: Força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra redonda rosqueada.

F_{v,sd}: Força de cisalhamento solicitante de cálculo no plano considerado do parafuso ou barra redonda rosqueada.

F_{t,Rd} e F_{v,Rd} são dados respectivamente em F_{v,Rd}

Alternativamente ao uso da equação da interação, a força de tração solicitante de cálculo (F_{t,sd}) por parafuso ou barra redonda rosqueada deve atender às exigências:

Meio de ligação	Limitação adicional do valor da força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra redonda rosqueada
Parafusos ASTM A325	(1)
	(2)
(1) Plano de corte passa pela rosca. (2) Plano de corte não passa pela rosca.	

6.3.7 Pega longa

Exceto nos casos dos parafusos de alta resistência montados com protensão inicial, quando o comprimento de pega excede 5 d_b, a força de cisalhamento resistente de cálculo dos parafusos ou barras redondas rosqueadas deve ser reduzida em 1% para cada 1,5 mm adicionais de pega (d_b é o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada).

6.3.9 Espaçamento mínimo entre furos

A distância entre centros de furos-padrão, alargados ou alongados, não pode ser inferior a 2,7 d_b, sendo d_b o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

6.3.10 Espaçamento máximo entre parafusos

O espaçamento máximo entre parafusos que ligam uma chapa a um perfil ou a outra chapa, em contato contínuo, deve ser determinado como a seguir:

- a) em elementos pintados ou não sujeitos à corrosão, o espaçamento não pode exceder 24 vezes a espessura da parte ligada menos espessa, nem 300 mm;
- b) em elementos sujeitos à corrosão atmosférica, executados com aços resistentes à corrosão, não pintados, o espaçamento não pode exceder 14 vezes a espessura da parte ligada menos espessa, nem 180 mm.

6.3.11 Distância mínima de um furo às bordas

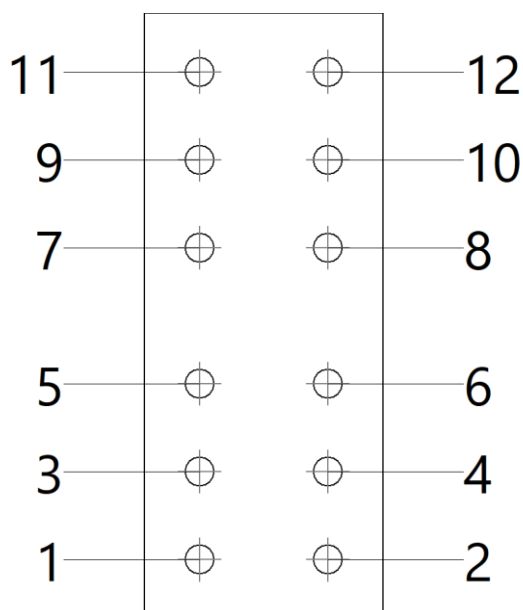
6.3.11.1 Furos-padrão

A distância do centro de um furo-padrão a qualquer borda de uma parte ligada não pode ser inferior ao valor indicado na Tabela 14, na qual d_b é o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada.

Tabela 14 - Distância mínima do centro de um furo-padrão à borda		
Diâmetro d_b pol	Borda cortada com serra ou tesoura (mm)	Borda laminada ou cortada a maçarico (mm)
5/8"	29	22

6.3.12 Distância máxima de um parafuso ou barra rosqueada às bordas

Para qualquer borda de uma parte ligada, a distância do centro do parafuso, ou barra redonda rosqueada, mais próximo até essa borda não pode exceder a 12 vezes a espessura da parte ligada considerada, nem 150 mm.



JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
1	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
2	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
3	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
4	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
5	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
6	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
7	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
8	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
9	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
10	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
11	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
12	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
--: Não precisa ser considerado.						

Resistência					
Parafuso	Cisalhamento				Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
1	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	28.392	83.883	33.85	
2	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	28.391	83.884	33.85	
3	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	30.217	107.519	28.10	
4	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	30.156	107.492	28.05	
5	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	28.408	81.960	34.66	
6	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	28.407	81.960	34.66	
7	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	28.391	81.938	34.65	
8	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência					
Parafuso	Cisalhamento				Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
	Esmagamento	28.392	81.938	34.65	
9	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	30.156	107.492	28.05	
10	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	30.217	107.519	28.10	
11	Seção transversal	30.156	48.384	62.33	62.33
	Esmagamento	28.407	83.932	33.85	
12	Seção transversal	30.209	48.384	62.44	62.44
	Esmagamento	28.408	83.932	33.85	

– Alma

Parafusos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3)

6.3.3.2 Cisalhamento

A força de cisalhamento resistente de cálculo de um parafuso ou barra redonda rosqueada é, por plano de corte, igual a:

a) para parafusos de alta resistência e barras redondas rosqueadas, quando o plano de corte passa pela rosca e para parafusos comuns em qualquer situação:

onde A_b é a área bruta, baseada no diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada, d_b , dada em 6.3.2.2.

6.3.3.3 Pressão de contato em furos

A força resistente de cálculo à pressão de contato na parede de um furo, já levando em conta o rasgamento entre dois furos consecutivos ou entre um furo extremo e a borda, é dada por:

a) no caso de furos-padrão, furos alargados, furos pouco alongados em qualquer direção e furos muito alongados na direção da força:

- quando a deformação no furo para forças de serviço for uma limitação de projeto

onde:

L_f : Distância, na direção da força, entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda livre.

d_b : Diâmetro do parafuso.

t : Espessura da parte ligada.

f_u : Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

6.3.3.4 Tração e cisalhamento combinados

Quando ocorrer a ação simultânea de tração e cisalhamento, deve ser atendida a seguinte equação de interação:

onde:

$F_{t,sd}$: Força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra redonda rosqueada.

$F_{v,sd}$: Força de cisalhamento solicitante de cálculo no plano considerado do parafuso ou barra redonda rosqueada.

$F_{t,Rd}$ e $F_{v,Rd}$ são dados respectivamente em $F_{v,Rd}$

Alternativamente ao uso da equação da interação, a força de tração solicitante de cálculo ($F_{t,sd}$) por parafuso ou barra redonda rosqueada deve atender às exigências:

Meio de ligação	Limitação adicional do valor da força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra redonda rosqueada
Parafusos ASTM A325	(1)
	(2)
(1) Plano de corte passa pela rosca. (2) Plano de corte não passa pela rosca.	

6.3.7 Pega longa

Exceto nos casos dos parafusos de alta resistência montados com protensão inicial, quando o comprimento de pega excede $5 d_b$, a força de cisalhamento resistente de cálculo dos parafusos ou barras redondas rosqueadas deve ser reduzida em 1% para cada 1,5 mm adicionais de pega (d_b é o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada).

6.3.9 Espaçamento mínimo entre furos

A distância entre centros de furos-padrão, alargados ou alongados, não pode ser inferior a $2,7 d_b$, sendo d_b o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada.

6.3.10 Espaçamento máximo entre parafusos

O espaçamento máximo entre parafusos que ligam uma chapa a um perfil ou a outra chapa, em contato contínuo, deve ser determinado como a seguir:

- em elementos pintados ou não sujeitos à corrosão, o espaçamento não pode exceder 24 vezes a espessura da parte ligada menos espessa, nem 300 mm;
- em elementos sujeitos à corrosão atmosférica, executados com aços resistentes à corrosão, não pintados, o espaçamento não pode exceder 14 vezes a espessura da parte ligada menos espessa, nem 180 mm.

6.3.11 Distância mínima de um furo às bordas

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

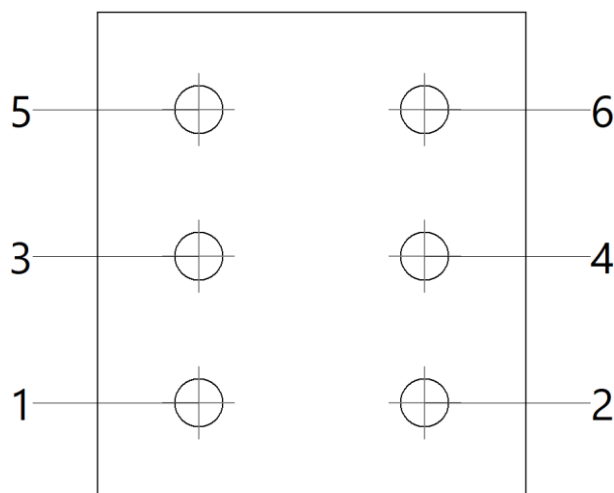
6.3.11.1 Furos-padrão

A distância do centro de um furo-padrão a qualquer borda de uma parte ligada não pode ser inferior ao valor indicado na Tabela 14, na qual d_b é o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada.

Tabela 14 - Distância mínima do centro de um furo-padrão à borda		
Diâmetro d_b	Borda cortada com serra ou tesoura (mm)	Borda laminada ou cortada a maçarico (mm)
pol		
5/8"	29	22

6.3.12 Distância máxima de um parafuso ou barra rosqueada às bordas

Para qualquer borda de uma parte ligada, a distância do centro do parafuso, ou barra redonda rosqueada, mais próximo até essa borda não pode exceder a 12 vezes a espessura da parte ligada considerada, nem 150 mm.



Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
1	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	32	74	48
2	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	32	74	48
3	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	--	74	48
4	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	--	74	48

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
5	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	32	74	48
6	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	33	32	74	48
--: Não precisa ser considerado.						

Resistência					
Parafuso	Cisalhamento				Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
1	Seção transversal	22.930	96.767	23.70	34.47
	Esmagamento	22.930	66.519	34.47	
2	Seção transversal	22.930	96.767	23.70	34.87
	Esmagamento	22.930	65.760	34.87	
3	Seção transversal	15.000	96.767	15.50	19.19
	Esmagamento	15.000	78.176	19.19	
4	Seção transversal	15.000	96.767	15.50	19.19
	Esmagamento	15.000	78.176	19.19	
5	Seção transversal	22.930	96.767	23.70	34.47
	Esmagamento	22.930	66.519	34.47	
6	Seção transversal	22.930	96.767	23.70	34.87
	Esmagamento	22.930	65.760	34.87	

– Aba inferior

Parafusos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3)

6.3.3.2 Cisalhamento

A força de cisalhamento resistente de cálculo de um parafuso ou barra redonda rosqueada é, por plano de corte, igual a:

a) para parafusos de alta resistência e barras redondas rosqueadas, quando o plano de corte passa pela rosca e para parafusos comuns em qualquer situação:

onde A_b é a área bruta, baseada no diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada, d_b , dada em 6.3.2.2.

6.3.3.3 Pressão de contato em furos

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

A força resistente de cálculo à pressão de contato na parede de um furo, já levando em conta o rasgamento entre dois furos consecutivos ou entre um furo extremo e a borda, é dada por:

a) no caso de furos-padrão, furos alargados, furos pouco alongados em qualquer direção e furos muito alongados na direção da força:

- quando a deformação no furo para forças de serviço for uma limitação de projeto

onde:

L_f: Distância, na direção da força, entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda livre.

d_b: Diâmetro do parafuso.

t: Espessura da parte ligada.

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

6.3.3.4 Tração e cisalhamento combinados

Quando ocorrer a ação simultânea de tração e cisalhamento, deve ser atendida a seguinte equação de interação:

onde:

F_{t,sd}: Força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra redonda rosqueada.

F_{v,sd}: Força de cisalhamento solicitante de cálculo no plano considerado do parafuso ou barra redonda rosqueada.

F_{t,Rd} e F_{v,Rd} são dados respectivamente em F_{v,Rd}

Alternativamente ao uso da equação da interação, a força de tração solicitante de cálculo (F_{t,sd}) por parafuso ou barra redonda rosqueada deve atender às exigências:

Meio de ligação	Limitação adicional do valor da força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra redonda rosqueada
Parafusos ASTM A325	(1)
	(2)
(1) Plano de corte passa pela rosca. (2) Plano de corte não passa pela rosca.	

6.3.7 Pega longa

Exceto nos casos dos parafusos de alta resistência montados com protensão inicial, quando o comprimento de pega excede 5 d_b, a força de cisalhamento resistente de cálculo dos parafusos ou barras redondas rosqueadas deve ser reduzida em 1% para cada 1,5 mm adicionais de pega (d_b é o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada).

6.3.9 Espaçamento mínimo entre furos

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

A distância entre centros de furos-padrão, alargados ou alongados, não pode ser inferior a $2,7 d_b$, sendo d_b o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada.

6.3.10 Espaçamento máximo entre parafusos

O espaçamento máximo entre parafusos que ligam uma chapa a um perfil ou a outra chapa, em contato contínuo, deve ser determinado como a seguir:

- a) em elementos pintados ou não sujeitos à corrosão, o espaçamento não pode exceder 24 vezes a espessura da parte ligada menos espessa, nem 300 mm;
- b) em elementos sujeitos à corrosão atmosférica, executados com aços resistentes à corrosão, não pintados, o espaçamento não pode exceder 14 vezes a espessura da parte ligada menos espessa, nem 180 mm.

6.3.11 Distância mínima de um furo às bordas

6.3.11.1 Furos-padrão

A distância do centro de um furo-padrão a qualquer borda de uma parte ligada não pode ser inferior ao valor indicado na Tabela 14, na qual d_b é o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada.

Tabela 14 - Distância mínima do centro de um furo-padrão à borda		
Diâmetro d_b	Borda cortada com serra ou tesoura (mm)	Borda laminada ou cortada a maçarico (mm)
pol		
5/8"	29	22

6.3.12 Distância máxima de um parafuso ou barra rosqueada às bordas

Para qualquer borda de uma parte ligada, a distância do centro do parafuso, ou barra redonda rosqueada, mais próximo até essa borda não pode exceder a 12 vezes a espessura da parte ligada considerada, nem 150 mm.

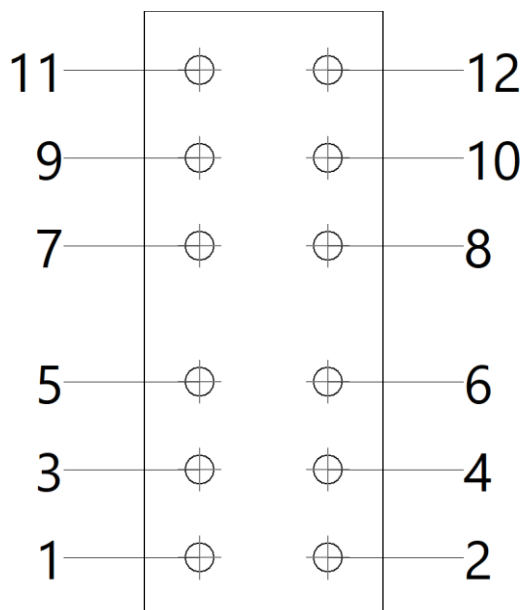
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br



Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
1	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
2	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
3	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
4	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
5	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
6	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
7	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
8	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
9	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
10	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	--	70	48
11	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
12	5/8"x2", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	30	32	70	48
--: Não precisa ser considerado.						

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência					
Parafuso	Cisalhamento				Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
1	Seção transversal	21.411	48.384	44.25	44.25
	Esmagamento	21.411	93.103	23.00	
2	Seção transversal	21.465	48.384	44.36	44.36
	Esmagamento	21.472	93.075	23.07	
3	Seção transversal	21.411	48.384	44.25	44.25
	Esmagamento	21.411	107.492	19.92	
4	Seção transversal	21.465	48.384	44.36	44.36
	Esmagamento	21.472	107.524	19.97	
5	Seção transversal	21.411	48.384	44.25	44.25
	Esmagamento	21.411	81.906	26.14	
6	Seção transversal	21.465	48.384	44.36	44.36
	Esmagamento	21.472	81.931	26.21	
7	Seção transversal	30.217	48.384	62.45	62.45
	Esmagamento	28.408	83.092	34.19	
8	Seção transversal	30.149	48.384	62.31	62.31
	Esmagamento	28.407	83.093	34.19	
9	Seção transversal	30.217	48.384	62.45	62.45
	Esmagamento	30.217	107.492	28.11	
10	Seção transversal	30.149	48.384	62.31	62.31
	Esmagamento	30.156	107.519	28.05	
11	Seção transversal	30.217	48.384	62.45	62.45
	Esmagamento	28.392	93.111	30.49	
12	Seção transversal	30.149	48.384	62.31	62.31
	Esmagamento	28.391	93.111	30.49	

2) Peça A W 410 x 38.8

– Aba

Pressão de contato em furos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3.3.3)

Deve satisfazer a condição:

$$0.35 \leq 1 \quad \checkmark$$

onde:

F_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$\mathbf{F_{sd,y}} : \underline{1.51} \text{ kN}$$

$$\mathbf{F_{sd,z}} : \underline{28.37} \text{ kN}$$

F_{c,Rd}: Força resistente de cálculo à pressão de contato na parede de um furo, já levando em conta o rasgamento entre dois furos consecutivos ou entre um furo extremo e a borda.

onde:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$F_{c,Rd,y} : 111.76 \text{ kN}$$

$$F_{c,Rd,z} : 81.91 \text{ kN}$$

onde:

t: Espessura da parte ligada.

$$t : 8.8 \text{ mm}$$

l_r: Distância livre, na direção da força, entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda da parte ligada.

$$l_{r,y} : 52 \text{ mm}$$

$$l_{r,z} : 23 \text{ mm}$$

d_b: Diâmetro do parafuso.

$$d_b : 16 \text{ mm}$$

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$f_u : 450.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\gamma_{a2} : 1.35$$

Colapso por rasgamento (Critério de CYPE Ingenieros, baseado em ABNT NBR 8800:2008, 6.5.6)

Deve satisfazer a condição:

$$165.78 \text{ kN} \leq 324.31 \text{ kN} \checkmark$$

onde:

F_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$F_{sd} : 165.78 \text{ kN}$$

F_{t,Rd}: Força resistente de cálculo ao colapso por rasgamento.

$$F_{t,Rd} : 324.31 \text{ kN}$$

onde:

A_n: Área líquida sujeita à rasgamento.

$$A_n : 1946 \text{ mm}^2$$

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$f_u : 450.00 \text{ N/mm}^2$$

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.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\gamma_{a2} : 1.35$$

Tração (ABNT NBR 8800:2008, 5.2)

Deve satisfazer a condição:

$$165.78 \text{ kN} \leq 308.22 \text{ kN} \checkmark$$

onde:

N_{t,Sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo.

$$N_{t,Sd} : 165.78 \text{ kN}$$

N_{t,Rd}: Força axial de tração resistente de cálculo.

$$N_{t,Rd} : 308.22 \text{ kN}$$

A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, a ser usada no dimensionamento é o menor dos valores obtidos, considerando-se os estados-limites últimos de escoamento da seção bruta e ruptura da seção líquida, de acordo com as expressões indicadas a seguir:

a) para escoamento da seção bruta

$$N_{pl,Rd} : 386.40$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

b) para ruptura da seção líquida

$$N_{u,Rd} : \underline{308.22}$$

onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{1232} \text{ mm}^2$$

A_e: Área líquida efetiva da seção transversal da barra.

$$A_e : \underline{925} \text{ mm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

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

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$f_u : \underline{450.00} \text{ N/mm}^2$$

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

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

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\gamma_{a2} : \underline{1.35}$$

– Alma

Pressão de contato em furos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3.3.3)

Deve satisfazer a condição:

$$0.34 \leq 1 \checkmark$$

onde:

F_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$F_{sd,y} : \underline{17.34} \text{ kN}$$

$$F_{sd,z} : \underline{15} \text{ kN}$$

F_{c,Rd}: Força resistente de cálculo à pressão de contato na parede de um furo, já levando em conta o rasgamento entre dois furos consecutivos ou entre um furo extremo e a borda.

onde:

$$F_{c,Rd,y} : \underline{59.57} \text{ kN}$$

$$F_{c,Rd,z} : \underline{81.28} \text{ kN}$$

onde:

t: Espessura da parte ligada.

$$t : \underline{6.4} \text{ mm}$$

l_r: Distância livre, na direção da força, entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda da parte ligada.

$$l_{r,y} : \underline{23} \text{ mm}$$

$$l_{r,z} : \underline{170} \text{ mm}$$

d_b: Diâmetro do parafuso.

$$d_b : \underline{16} \text{ mm}$$

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$f_u : \underline{450.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\gamma_{a2} : \underline{1.35}$$

Colapso por rasgamento (Critério de CYPE Ingenieros, baseado em ABNT NBR 8800:2008, 6.5.6)

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Deve satisfazer a condição:

$$45.00 \text{ kN} \leq 114.79 \text{ kN} \checkmark$$

onde:

F_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$\mathbf{F_{sd}} : \underline{45.00} \text{ kN}$$

F_{t,Rd}: Força resistente de cálculo ao colapso por rasgamento.

$$\mathbf{F_{t,Rd}} : \underline{114.79} \text{ kN}$$

onde:

A_n: Área líquida sujeita à rasgamento.

$$\mathbf{A_n} : \underline{689} \text{ mm}^2$$

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$\mathbf{f_u} : \underline{450.00} \text{ N/mm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

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

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

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

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\mathbf{\gamma_{a2}} : \underline{1.35}$$

3) Peça B W 410 x 38.8

– Aba

Pressão de contato em furos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3.3.3)

Deve satisfazer a condição:

$$0.35 \leq 1 \checkmark$$

onde:

F_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$\mathbf{F_{sd,y}} : \underline{1.17} \text{ kN}$$

$$\mathbf{F_{sd,z}} : \underline{28.37} \text{ kN}$$

F_{c,Rd}: Força resistente de cálculo à pressão de contato na parede de um furo, já levando em conta o rasgamento entre dois furos consecutivos ou entre um furo extremo e a borda.

onde:

$$\mathbf{F_{c,Rd,y}} : \underline{111.76} \text{ kN}$$

$$\mathbf{F_{c,Rd,z}} : \underline{81.91} \text{ kN}$$

onde:

t: Espessura da parte ligada.

$$\mathbf{t} : \underline{8.8} \text{ mm}$$

l_r: Distância livre, na direção da força, entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda da parte ligada.

$$\mathbf{l_{r,y}} : \underline{52} \text{ mm}$$

$$\mathbf{l_{r,z}} : \underline{23} \text{ mm}$$

d_b: Diâmetro do parafuso.

$$\mathbf{d_b} : \underline{16} \text{ mm}$$

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$\mathbf{f_u} : \underline{450.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\mathbf{\gamma_{a2}} : \underline{1.35}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Colapso por rasgamento (Critério de CYPE Ingenieros, baseado em ABNT NBR 8800:2008, 6.5.6)

Deve satisfazer a condição:

$$165.78 \text{ kN} \leq 324.31 \text{ kN} \checkmark$$

onde:

F_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$\mathbf{F_{sd}} : \underline{165.78 \text{ kN}}$$

F_{t,Rd}: Força resistente de cálculo ao colapso por rasgamento.

$$\mathbf{F_{t,Rd}} : \underline{324.31 \text{ kN}}$$

onde:

A_n: Área líquida sujeita à rasgamento.

$$\mathbf{A_n} : \underline{1946 \text{ mm}^2}$$

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$\mathbf{f_u} : \underline{450.00 \text{ N/mm}^2}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

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

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

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

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\mathbf{\gamma_{a2}} : \underline{1.35}$$

Tração (ABNT NBR 8800:2008, 5.2)

Deve satisfazer a condição:

$$165.78 \text{ kN} \leq 308.22 \text{ kN} \checkmark$$

onde:

N_{t,Sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo.

$$\mathbf{N_{t,Sd}} : \underline{165.78 \text{ kN}}$$

N_{t,Rd}: Força axial de tração resistente de cálculo.

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{308.22 \text{ kN}}$$

A força axial de tração resistente de cálculo, **N_{t,Rd}**, a ser usada no dimensionamento é o menor dos valores obtidos, considerando-se os estados-limites últimos de escoamento da seção bruta e ruptura da seção líquida, de acordo com as expressões indicadas a seguir:

a) para escoamento da seção bruta

$$\mathbf{N_{pl,Rd}} : \underline{386.40}$$

b) para ruptura da seção líquida

$$\mathbf{N_{u,Rd}} : \underline{308.22}$$

onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A_g} : \underline{1232 \text{ mm}^2}$$

A_e: Área líquida efetiva da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A_e} : \underline{925 \text{ mm}^2}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

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

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$\mathbf{f_u} : \underline{450.00 \text{ N/mm}^2}$$

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

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

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\mathbf{\gamma_{a2}} : \underline{1.35}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

– Alma

Pressão de contato em furos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3.3.3)

Deve satisfazer a condição:

$$0.35 \leq 1 \quad \checkmark$$

onde:

F_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$\mathbf{F_{sd,y}} : \underline{17.34} \text{ kN}$$

$$\mathbf{F_{sd,z}} : \underline{15} \text{ kN}$$

F_{c,Rd}: Força resistente de cálculo à pressão de contato na parede de um furo, já levando em conta o rasgamento entre dois furos consecutivos ou entre um furo extremo e a borda.

onde:

$$\mathbf{F_{c,Rd,y}} : \underline{59.57} \text{ kN}$$

$$\mathbf{F_{c,Rd,z}} : \underline{78.18} \text{ kN}$$

onde:

t: Espessura da parte ligada.

$$\mathbf{t} : \underline{6.4} \text{ mm}$$

l_f: Distância livre, na direção da força, entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda da parte ligada.

$$\mathbf{l_{f,y}} : \underline{23} \text{ mm}$$

$$\mathbf{l_{f,z}} : \underline{31} \text{ mm}$$

d_b: Diâmetro do parafuso.

$$\mathbf{d_b} : \underline{16} \text{ mm}$$

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$\mathbf{f_u} : \underline{450.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\mathbf{\gamma_{a2}} : \underline{1.35}$$

Colapso por rasgamento (Critério de CYPE Ingenieros, baseado em ABNT NBR 8800:2008, 6.5.6)

Deve satisfazer a condição:

$$45.00 \text{ kN} \leq 114.79 \text{ kN} \quad \checkmark$$

onde:

F_{sd}: Força cortante solicitante de cálculo.

$$\mathbf{F_{sd}} : \underline{45.00} \text{ kN}$$

F_{t,Rd}: Força resistente de cálculo ao colapso por rasgamento.

$$\mathbf{F_{t,Rd}} : \underline{114.79} \text{ kN}$$

onde:

A_n: Área líquida sujeita à rasgamento.

$$\mathbf{A_n} : \underline{689} \text{ mm}^2$$

f_u: Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

$$\mathbf{f_u} : \underline{450.00} \text{ N/mm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

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

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

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

γ_{a2}: Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura.

$$\mathbf{\gamma_{a2}} : \underline{1.35}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

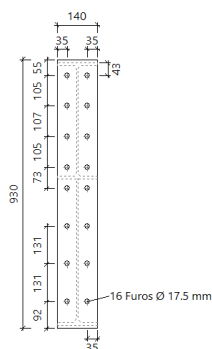
CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

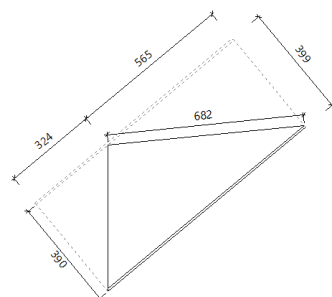
Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Emenda entre Viga e Colunas laterais

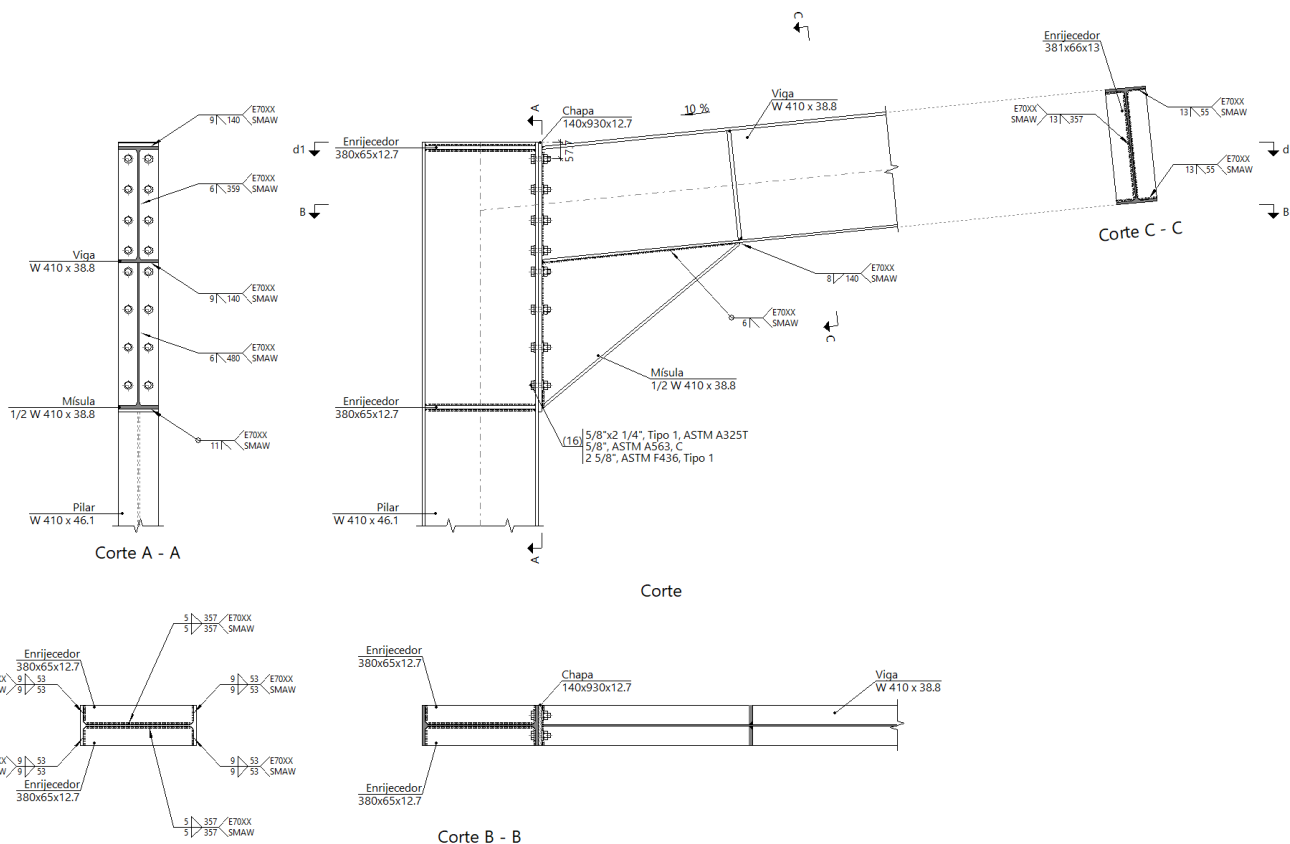
a) Detalhe



Chapa frontal da viga W 410 x 38.8
(e = 12.7 mm)



Detalhe da misula (1/2 W 410 x 38.8)



d1. Detalhe de soldas: enrijecedores
a Pilar W 410 x 46.1

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

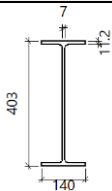
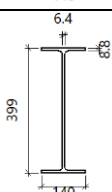
Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

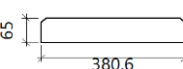
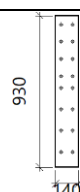
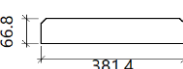
CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

b) Descrição dos componentes da ligação

Perfis									
Peça	Descrição	Geometria					Aço		
		Esquema	Altura total (mm)	Largura da aba (mm)	Espessura da mesa (mm)	Espessura da alma (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Pilar	W 410 x 46.1		403	140	11.2	7	A-572 345MPa	345.0	450.0
Viga	W 410 x 38.8		399	140	8.8	6.4	A-572 345MPa	345.0	450.0

Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Enrijecedor		380.6	65	12.7	-	-	A-36 250Mpa	250.0	400.0
Chapa frontal: Viga W 410 x 38.8		140	930	12.7	16	17.5	A-36 250Mpa	250.0	400.0
Enrijecedor de reforço do extremo da mísula		381.4	66.8	13	-	-	A-572 345MPa	345.0	450.0

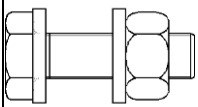
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Parafusos						
Descrição	Geometria			Aço		
	Esquema	Diâmetro	Comprimento (mm)	Classe	f _y (MPa)	f _u (MPa)
5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T 5/8", ASTM A563, C 2 5/8", ASTM F436, Tipo 1		5/8"	57.2	ASTM A325	635.0	825.0

c) Verificação

1) Pilar W 410 x 46.1

Verificações de resistência						
Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)	
Painel	Esbeltez	--	--	--	77.673	
	Cortante	kN	341.92	1199.79	28.50	
Rigidificador superior	Tensão de Von Mises	N/mm ²	91.92	227.27	40.44	
Rigidificador inferior	Tensão de Von Mises	N/mm ²	122.39	227.27	53.85	
Rigidificador superior	Tensão de Von Mises	N/mm ²	91.76	227.27	40.38	
Rigidificador inferior	Tensão de Von Mises	N/mm ²	122.59	227.27	53.94	
Aba	Rasgamento	N/mm ²	2.14	313.64	0.68	
	Cortante	N/mm ²	192.59	313.64	61.40	
Viga W 410 x 38.8	Aba	Tração por flexão	kN	77.98	136.91	56.96
		Tração	kN	12.52	197.72	6.33
	Alma	Tração	kN	77.97	167.77	46.47

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

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	53	5	11	9
Solda do enrijecedor superior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	357	5	7	5
Solda do enrijecedor inferior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	53	5	11	9
Solda do enrijecedor inferior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	357	5	7	5
Solda do enrijecedor superior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	53	5	11	9
Solda do enrijecedor superior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	357	5	7	5
Solda do enrijecedor inferior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	53	5	11	9
Solda do enrijecedor inferior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	357	5	7	5

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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)	Eléctrodo	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal- base)			Coeficientes de ponderação		
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	γ _{a1}	γ _{w1}	γ _{w2}
Solda do enrijecedor superior às mesas	9	11	53	E70XX (485.0)	250.0	91.7	215.6	42.55	64.9	136.4	47.56	1.1 0	1.2 5	1.3 5
Solda do enrijecedor superior à alma	5	7	357	E70XX (485.0)	250.0	24.6	215.6	11.41	17.4	136.4	12.76	1.1 0	1.2 5	1.3 5
Solda do enrijecedor inferior às mesas	9	11	53	E70XX (485.0)	250.0	122.1	215.6	56.65	86.4	136.4	63.33	1.1 0	1.2 5	1.3 5
Solda do enrijecedor inferior à alma	5	7	357	E70XX (485.0)	250.0	32.8	215.6	15.20	23.2	136.4	16.99	1.1 0	1.2 5	1.3 5
Solda do enrijecedor superior às mesas	9	11	53	E70XX (485.0)	250.0	91.6	215.6	42.48	64.7	136.4	47.48	1.1 0	1.2 5	1.3 5
Solda do enrijecedor superior à alma	5	7	357	E70XX (485.0)	250.0	24.6	215.6	11.39	17.4	136.4	12.74	1.1 0	1.2 5	1.3 5
Solda do enrijecedor inferior às mesas	9	11	53	E70XX (485.0)	250.0	122.3	215.6	56.75	86.5	136.4	63.43	1.1 0	1.2 5	1.3 5
Solda do enrijecedor inferior à alma	5	7	357	E70XX (485.0)	250.0	32.8	215.6	15.22	23.2	136.4	17.01	1.1 0	1.2 5	1.3 5
Sd: Solicitação de cálculo Rd: Resistente de cálculo - Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.														

2) Viga W 410 x 38.8

Verificações de resistência

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tração por flexão	kN	77.97	161.36	48.32
Aba	Compressão	kN	136.66	382.63	35.72
	Tração	kN	15.40	193.20	7.97
Alma	Tração	kN	77.97	195.94	39.79
Enrijecedores	Cortante	kN	60.70	933.04	6.51

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)									
Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna			Chanfro (mm)
				lw,min (mm)	lw (mm)	d _{w,min} (mm)	d _{w,max} (mm)	d _w (mm)	
Solda da aba superior	Em bisel simples	SMAW	9	40	140	--	--	--	9
Solda da alma	Em bisel simples	SMAW	6	40	359	--	--	--	6
Solda da aba inferior	Em bisel simples	SMAW	9	40	140	--	--	--	9
Solda da alma da mísula	Em bisel simples	SMAW	6	40	480	--	--	--	6
Solda da aba da mísula	Em bisel simples	SMAW	9	44	140	--	--	--	11
Solda da alma da mísula à aba inferior	Em bisel simples	SMAW	6	40	682	--	--	--	6
Solda da aba da mísula à aba inferior	De ângulo	SMAW	9	40	140	5	12	8	--
Solda do enrijecedor de reforço do extremo da mísula às abas	Em bisel simples	SMAW	9	52	357	--	--	--	13
Solda do enrijecedor de reforço do extremo da mísula à alma	Em bisel simples	SMAW	6	52	55	--	--	--	13

P.S.: Procedimento de soldagem.
t: Menor espessura do metal-base.
lw: Comprimento total da solda.
d_w: Perna da solda.
--: A verificação não é necessária.

Verificação de cordões de soldadura																
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	lw (mm)	Eléctrode	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal- base)			Coeficiente s de ponderaçã o				
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	γa1	γw1	γw2		
Solda da aba superior	9	9	140	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	6	6	359	E70XX (485.0)	250.0	A solda em bisel gera um cordão cuja resistência é igual à menor resistência das peças a unir.										

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	lw (mm)	Eléctrodo	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 inferior	9	9	140	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 da mísula	6	6	480	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 da mísula	11	9	140	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 da mísula à aba inferior	6	6	682	E70XX (485.0)	345.0	A solda em bisel gera um cordão cuja resistência é igual à menor resistência das peças a unir.								
Solda da aba da mísula à aba inferior	8	9	140	E70XX (485.0)	345.0	Não precisa ser considerado.								
Solda do enrijecedor de reforço do extremo da mísula às abas	13	9	357	E70XX (485.0)	345.0	A solda em bisel gera um cordão cuja resistência é igual à menor resistência das peças a unir.								
Solda do enrijecedor de reforço do extremo da mísula à alma	13	6	55	E70XX (485.0)	345.0	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.														

Parafusos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3)

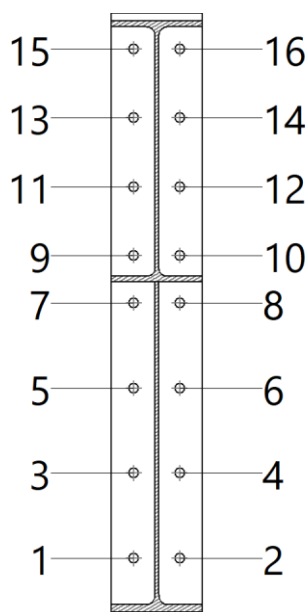
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br



Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
1	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
2	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
3	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
4	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
5	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
6	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
7	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	73
8	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	73
9	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	73
10	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	73
11	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105
12	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105
13	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
14	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105
15	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105
16	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105

--: Não precisa ser considerado.

Resistência										
Parafuso	Cisalhamento				Tração				Interação tração e esforço transverso	Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistência (kN)	Aprov. v. (%)	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistência (kN)	Aprov. v. (%)	Aprov. (%)	
1	Seção transversal	29.972	48.384	61.95	Espiga	50.754	89.104	56.96	61.95	61.95
	Esmagamento	29.972	142.240	21.07	Punção	50.754	204.617	24.80		
2	Seção transversal	29.972	48.384	61.95	Espiga	50.754	89.104	56.96	61.95	61.95
	Esmagamento	29.972	142.240	21.07	Punção	50.754	204.617	24.80		
3	Seção transversal	3.129	48.384	6.47	Espiga	41.306	89.104	46.36	46.36	46.36
	Esmagamento	3.129	142.240	2.20	Punção	41.306	204.617	20.19		
4	Seção transversal	3.129	48.384	6.47	Espiga	41.306	89.104	46.36	46.36	46.36
	Esmagamento	3.129	142.240	2.20	Punção	41.306	204.617	20.19		
5	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	31.777	89.104	35.66	35.66	35.66
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	31.777	204.617	15.53		
6	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	31.777	89.104	35.66	35.66	35.66
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	31.777	204.617	15.53		
7	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	22.295	89.104	25.02	25.02	25.02
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	22.295	204.617	10.90		
8	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	22.294	89.104	25.02	25.02	25.02

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência										
Parafuso	Cisalhamento				Tração				Interação tração e esforço transverso	Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	22.294	204.617	10.90		
9	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	20.294	89.104	22.78	22.78	22.78
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	20.294	204.617	9.92		
10	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	20.277	89.104	22.76	22.76	22.76
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	20.277	204.617	9.91		
11	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	25.958	89.104	29.13	29.13	29.13
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	25.958	204.617	12.69		
12	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	25.941	89.104	29.11	29.11	29.11
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	25.941	204.617	12.68		
13	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	31.916	89.104	35.82	35.82	35.82
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	31.916	204.617	15.60		
14	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	31.898	89.104	35.80	35.80	35.80
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	31.898	204.617	15.59		
15	Seção transversal	28.360	48.384	58.62	Espiga	34.690	89.104	38.93	58.62	58.62
	Esmagamento	28.360	142.240	19.94	Punção	34.690	204.617	16.95		
16	Seção transversal	28.360	48.384	58.62	Espiga	34.674	89.104	38.91	58.62	58.62
	Esmagamento	28.360	142.240	19.94	Punção	34.674	204.617	16.95		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	5545.17	112429.46
Calculada para momentos negativos	5545.17	101795.68

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

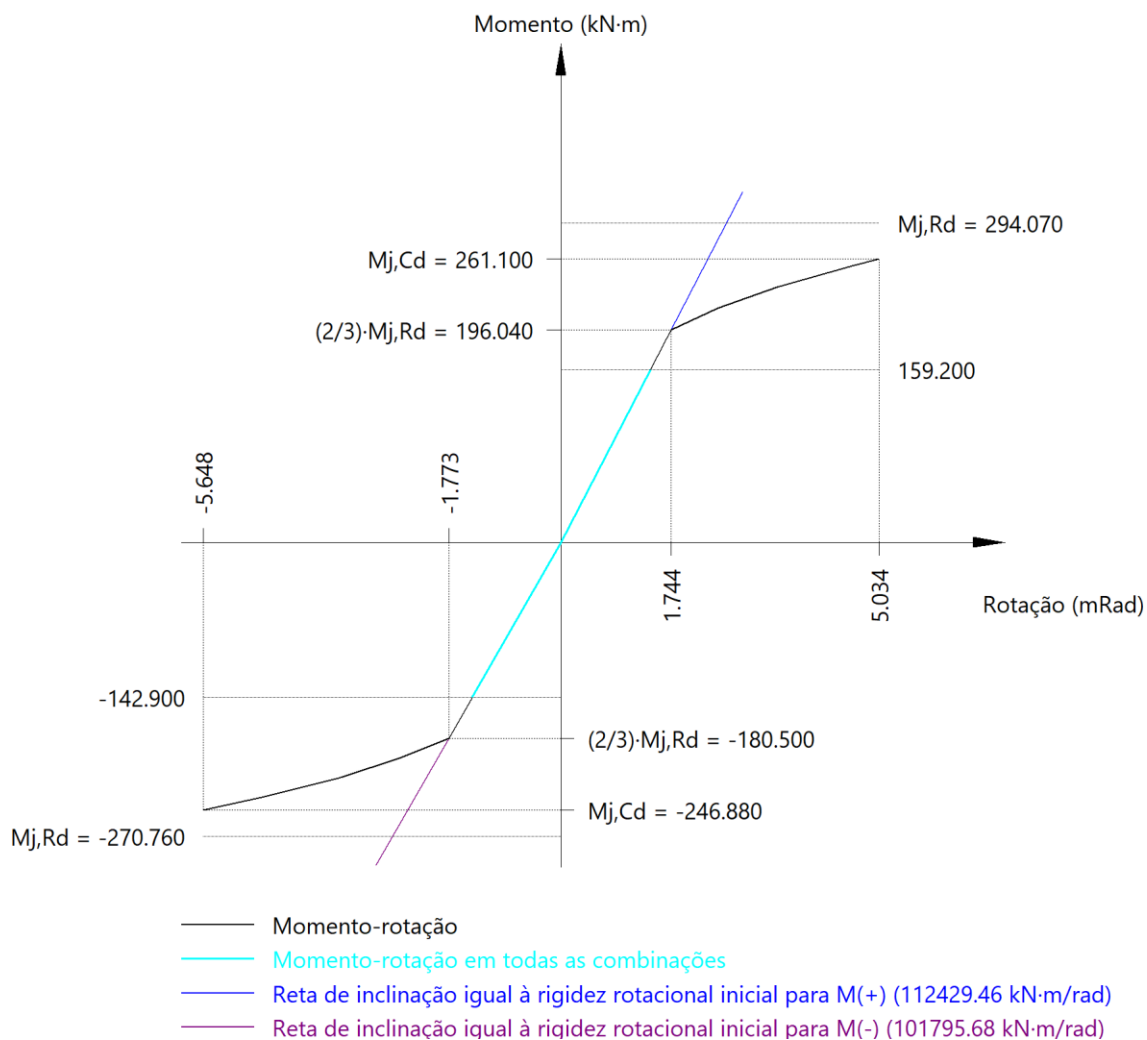
Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Comportamento da ligação para flexão simples no plano xz



Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Relação entre modos 1 e 3	--	1.24	1.80	69.13
Momento resistente	kNm	159.20	294.07	54.14
Capacidade de rotação	mRad	281.288	667	42.19

d) Quantit.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Soldas				
Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E70XX	Em fábrica	De filete	5	2856
			8	140
			9	851
		De topo em bisel simples	7	1521
			9	280
			12	249
			13	932

Chapas				
Material	Tipo	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250Mpa	Enrijecedores	4	380x65x12.7	9.87
	Chapas	1	140x930x12.7	12.98
	Total			22.85
A-572 345MPa	Enrijecedores	2	381x66x13	5.20
	Total			5.20

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Parafusos	ASTM A325	16	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T
Porcas	Grau C	16	5/8", ASTM A563
Anilhas	Tipo 1	32	5/8", ASTM F436

Verificações

1) Pilar W 410 x 46.1

– Painel

Esbeltez do painel de alma (Critério de CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer a condição:

$$54 \leq 70 \checkmark$$

onde:

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

$$h_w : 381 \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : 7.0 \text{ mm}$$

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Deve satisfazer a condição:

$$341.92 \leq 1199.79 \checkmark$$

$$149.16 \leq 530.86 \checkmark$$

onde:

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

F_{Rd}: Força cortante resistente de cálculo.

$$F_{x,sd} : \underline{341.92 \text{ kN}}$$

$$F_{z,sd} : \underline{149.16 \text{ kN}}$$

$$F_{x,Rd} : \underline{1199.79 \text{ kN}}$$

$$F_{z,Rd} : \underline{530.86 \text{ kN}}$$

- para

- para

onde:

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

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

$$N_{pl} : \underline{1856.73 \text{ kN}}$$

$$0,4 \cdot N_{pl} : \underline{742.69 \text{ kN}}$$

$$V_{x,Rd} : \underline{1199.79 \text{ kN}}$$

$$V_{z,Rd} : \underline{530.86 \text{ kN}}$$

onde:

A_w: Área efetiva de cisalhamento.

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

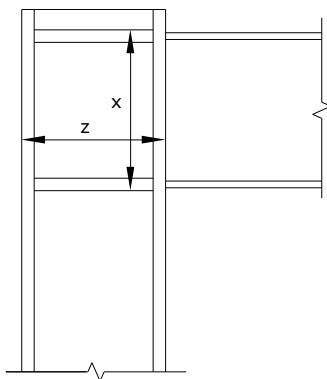
γ_{a1}: Coeficiente de ponderação da resistência para estados-limites últimos.

$$A_{x,w} : \underline{6376 \text{ mm}^2}$$

$$A_{z,w} : \underline{2821 \text{ mm}^2}$$

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

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



– Rigidificador superior

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

Deve satisfazer a condição:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$91.92 \text{ N/mm}^2 \leq 227.27 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

$$\sigma : \underline{-91.92} \text{ N/mm}^2$$

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

$$F_{\perp} : \underline{-62.10} \text{ kN}$$

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

$$L_{\perp} : \underline{53} \text{ mm}$$

τ : Tensão tangencial

$$\tau : \underline{-0.05} \text{ N/mm}^2$$

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

$$F_{\parallel} : \underline{-0.04} \text{ kN}$$

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

$$L_{\parallel} : \underline{53} \text{ mm}$$

t : Espessura.

$$t : \underline{12.7} \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ N/mm}^2$$

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:

$$122.39 \text{ N/mm}^2 \leq 227.27 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

$$\sigma : \underline{122.39} \text{ N/mm}^2$$

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

$$F_{\perp} : \underline{82.69} \text{ kN}$$

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

$$L_{\perp} : \underline{53} \text{ mm}$$

τ : Tensão tangencial

$$\tau : \underline{-0.01} \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$L_{\parallel} : \underline{53} \text{ mm}$$

t : Espessura.

$$t : \underline{12.7} \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ N/mm}^2$$

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

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

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

– Rigidificador superior

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

Deve satisfazer a condição:

$$91.76 \text{ N/mm}^2 \leq 227.27 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

$$\sigma : \underline{-91.76} \text{ N/mm}^2$$

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

$$F_{\perp} : \underline{-62.00} \text{ kN}$$

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

$$L_{\perp} : \underline{53} \text{ mm}$$

τ : Tensão tangencial

$$\tau : \underline{-0.05} \text{ N/mm}^2$$

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

$$F_{\parallel} : \underline{-0.04} \text{ kN}$$

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

$$L_{\parallel} : \underline{53} \text{ mm}$$

t : Espessura.

$$t : \underline{12.7} \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ N/mm}^2$$

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:

$$122.59 \text{ N/mm}^2 \leq 227.27 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

$$\sigma : \underline{122.59} \text{ N/mm}^2$$

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

$$F_{\perp} : \underline{82.83} \text{ kN}$$

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

$$L_{\perp} : \underline{53} \text{ mm}$$

τ : Tensão tangencial

$$\tau : \underline{-0.01} \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$L_{\parallel} : \underline{53} \text{ mm}$$

t : Espessura.

$$t : \underline{12.7} \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ N/mm}^2$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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

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

– Verificações por ligação com elemento "

– Aba

Rasgamento do banzo por tração dos enrijecedores (ABTN NBR 8800:2008, 5.5.2.3)

Deve satisfazer a condição:

$$2.14 \text{ N/mm}^2 \leq 313.64 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

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

τ : Tensão tangencial

$$\tau : \underline{1.24} \text{ N/mm}^2$$

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.

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

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

Deve satisfazer a condição:

$$192.59 \text{ N/mm}^2 \leq 313.64 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

onde:

σ : Tensão normal

$$\sigma : \underline{192.59} \text{ N/mm}^2$$

τ : Tensão tangencial

$$\tau : \underline{0.01} \text{ N/mm}^2$$

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.

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

– Verificações por ligação com elemento 'Viga W 410 x 38.8'

– Aba

Peça em T equivalente (EN 1993-1-8:2005, 6.2.6.5)

Na ausência de Norma Brasileira aplicável, se realiza a comprovação de acordo com o Eurocode 3 Part 1-8.

Deve satisfazer a condição:

$$0.57 \leq 1 \checkmark$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

onde:

$F_{T,Ed}$: Valor de cálculo do esforço de tração actuante.

$F_{T,Ed}$: 77.98 kN

$F_{T,Rd}$: Resistência à tração do banzo de uma peça em T.

$F_{T,Rd}$: 136.91 kN

O valor de cálculo da resistência à tração do banzo de uma peça em T, $F_{T,Rd}$, deverá ser considerado igual ao menor dos valores correspondentes aos três modos de rotura possíveis 1, 2 e 3.

A menor resistência foi obtida na fila: 1.

$F_{T,Rd}$: 136.91 kN

Valor de cálculo da resistência $F_{t,Rd}$ do banzo de uma peça em T. (Quadro 6.2)	
	Possibilidade de ocorrerem forças de alavanca:
Modo 1	$F_{T,1,Rd}$: 170.58 kN
Modo 2	$F_{T,2,Rd}$: 136.91 kN
Modo 3	$F_{T,3,Rd}$: 178.21 kN

onde:

Modo 1: Plastificação total do banzo.

Modo 2: Ruptura dos parafusos com plastificação do banzo.

Modo 3: Ruptura dos parafusos.

$M_{pl,1,Rd}$: 0.94 kN·m

$M_{pl,2,Rd}$: 0.94 kN·m

$\Sigma F_{t,Rd}$: Valor total de $F_{t,Rd}$ para todos os parafusos da peça em T.

$\Sigma F_{t,Rd}$: 178.21 kN

t_f : Espessura do banzo de uma peça em T.

t_f : 11.2 mm

m : Distância do eixo do parafuso até a linha de plastificação.

m : 22 mm

n : Igual a e_{min} mas $n \leq 1,25 \cdot m$.

n : 28 mm

$\Sigma l_{eff,1}$: Soma dos comprimentos efectivos do modo 1.

$\Sigma l_{eff,1}$: 132 mm

$\Sigma l_{eff,2}$: Soma dos comprimentos efectivos do modo 2.

$\Sigma l_{eff,2}$: 132 mm

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 250.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente de ponderação da resistência (γ_{M0} é igual a γ_{a1} da ABNT NBR 8800:2008).

γ_{M0} : 1.10

Tração (ABNT NBR 8800:2008, 5.2)

Deve satisfazer a condição:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

onde:

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

$N_{t,Rd}$: Força axial de tração resistente de cálculo.

onde:

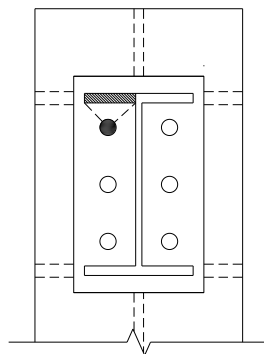
f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 250.00 N/mm²

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

γ_{a1} : 1.10

Fila	Área (mm ²)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Filas exteriores	--	--	--	--
Filas interiores	870	12.52	197.72	6.33
Σ		12.52	197.72	0.06



– Alma

Tração (ABNT NBR 8800:2008, 5.2)

Deve satisfazer a condição:

77.97 kN ≤ 167.77 kN ✓

onde:

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

$N_{t,Sd}$: 77.97 kN

$N_{t,Rd}$: Força axial de tração resistente de cálculo.

$N_{t,Rd}$: 167.77 kN

onde:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

A_g : 535 mm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 N/mm²

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

γ_{a1} : 1.10

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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;
- 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, Especificações complementares.

2.3.3.7 Garganta efetiva de ligações em T.

A garganta efetiva de ligações em T em ângulos entre 60° e 30° deve ser igual à altura do maior triângulo que se possa inscrever na secção do metal de colaboração, menos o coeficiente de redução Z. A garganta efetiva de ligações em T em ângulos entre 80° e 60° e em ângulos maiores a 100° deve ser considerada igual à altura do maior triângulo que se possa inscrever na secção do metal de colaboração.

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: Metal da solda:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Força resistente de cálculo das soldas, Tabela 8

Tipo de solda	Tipo de solicitação e orientação	Força resistente de cálculo, $F_{w,Rd}$
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	53	5	11	9
Solda do enrijecedor superior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	357	5	7	5
Solda do enrijecedor inferior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	53	5	11	9
Solda do enrijecedor inferior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	357	5	7	5
Solda do enrijecedor superior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	53	5	11	9
Solda do enrijecedor superior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	357	5	7	5
Solda do enrijecedor inferior às mesas	De ângulo	SMAW	11	40	53	5	11	9
Solda do enrijecedor inferior à alma	De ângulo	SMAW	7	40	357	5	7	5
<i>P.S.: Procedimento de soldagem. t: Menor espessura do metal-base. l_w: Comprimento total da solda. d_w: Perna da solda.</i>								

Verificação de cordões de soldadura

Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l _w (mm)	Eléctrodo	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	9	11	53	E70XX (485.0)	250.0	91.7	215.6	42.55	64.9	136.4	47.56	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor superior à alma	5	7	357	E70XX (485.0)	250.0	24.6	215.6	11.41	17.4	136.4	12.76	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior às mesas	9	11	53	E70XX (485.0)	250.0	122.1	215.6	56.65	86.4	136.4	63.33	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior à alma	5	7	357	E70XX (485.0)	250.0	32.8	215.6	15.20	23.2	136.4	16.99	1.10	1.25	1.35

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	l _w (mm)	Eléctrodo	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal-base)			Coeficientes de ponderação		
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	γ _{a1}	γ _{w1}	γ _{w2}
Solda do enrijecedor superior às mesas	9	11	53	E70XX (485.0)	250.0	91.6	215.6	42.48	64.7	136.4	47.48	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor superior à alma	5	7	357	E70XX (485.0)	250.0	24.6	215.6	11.39	17.4	136.4	12.74	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior às mesas	9	11	53	E70XX (485.0)	250.0	122.3	215.6	56.75	86.5	136.4	63.43	1.10	1.25	1.35
Solda do enrijecedor inferior à alma	5	7	357	E70XX (485.0)	250.0	32.8	215.6	15.22	23.2	136.4	17.01	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) Viga W 410 x 38.8

– Chapa frontal

Peça em T equivalente (EN 1993-1-8:2005, 6.2.6.5)

Na ausência de Norma Brasileira aplicável, se realiza a comprovação de acordo com o Eurocode 3 Part 1-8.

Deve satisfazer a condição:

$$0.48 \leq 1 \quad \checkmark$$

onde:

F_{T,Ed}: Valor de cálculo do esforço de tração actuante.

F_{T,Ed} : 77.97 kN

F_{T,Rd}: Resistência à tração do banzo de uma peça em T.

F_{T,Rd} : 161.36 kN

O valor de cálculo da resistência à tração do banzo de uma peça em T, F_{T,Rd}, deverá ser considerado igual ao menor dos valores correspondentes aos três modos de rotura possíveis 1, 2 e 3.

A menor resistência foi obtida na fila: 1.

F_{T,Rd} : 161.36 kN

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Valor de cálculo da resistência $F_{t,Rd}$ do banzo de uma peça em T. (Quadro 6.2)	
Possibilidade de ocorrerem forças de alavanca:	
Modo 1	$F_{T,1,Rd}$: 280.88 kN
Modo 2	$F_{T,2,Rd}$: 161.36 kN
Modo 3	$F_{T,3,Rd}$: 178.21 kN

onde:

Modo 1: Plastificação total do banzo.

Modo 2: Ruptura dos parafusos com plastificação do banzo.

Modo 3: Ruptura dos parafusos.

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{1.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{1.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Valor total de $F_{t,Rd}$ para todos os parafusos da peça em T. $\Sigma F_{t,Rd} : \underline{178.21} \text{ kN}$

t_f : Espessura do banzo de uma peça em T. $t_f : \underline{12.7} \text{ mm}$

m : Distância do eixo do parafuso até a linha de plastificação. $m : \underline{28} \text{ mm}$

n : Igual a e_{min} mas $n \leq 1,25 \cdot m$. $n : \underline{35} \text{ mm}$

$\Sigma l_{eff,1}$: Soma dos comprimentos efectivos do modo 1. $\Sigma l_{eff,1} : \underline{156} \text{ mm}$

$\Sigma l_{eff,2}$: Soma dos comprimentos efectivos do modo 2. $\Sigma l_{eff,2} : \underline{156} \text{ mm}$

f_y : Resistência ao escoamento do aço. $f_y : \underline{345.00} \text{ N/mm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente de ponderação da resistência (γ_{M0} é igual a γ_{a1} da ABNT NBR 8800:2008). $\gamma_{M0} : \underline{1.10}$

– Aba

Seções quaisquer submetidas a momento de torção, força axial, momentos fletores e forças cortantes (ABNT NBR 8800:2008, 5.5.2.3)

A tensão resistente de cálculo para os estados-limites últimos a seguir deve ser igual ou superior à tensão solicitante de cálculo, expressa em termos de tensão normal, σ_{sd} , ou de tensão de cisalhamento, τ_{sd} , determinadas pela teoria da elasticidade, utilizando-se as combinações de ações de cálculo. Assim:

$$112.02 \text{ N/mm}^2 \leq 313.64 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

onde:

$$\sigma_{sd} : \underline{110.37} \text{ N/mm}^2$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

$$\tau_{\perp, Sd} : \underline{11.04} \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\parallel, Sd} : \underline{0.00} \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{t, Sd} : \underline{0.00} \text{ N/mm}^2$$

onde:

F_{Sd}: Força axial de compressão solicitante.

$$\mathbf{F_{Sd}} : \underline{136.66} \text{ kN}$$

V_{Sd}: Força cortante solicitante.

$$\mathbf{V_{Sd}} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

T_{Sd}: Momento de torção solicitante.

$$\mathbf{T_{Sd}} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

t: Espessura.

$$\mathbf{t} : \underline{8.8} \text{ mm}$$

J: Constante de torção.

$$\mathbf{J} : \underline{211250} \text{ mm}^4$$

α: Ângulo de inclinação.

$$\mathbf{\alpha} : \underline{5.73}^{\circ}$$

A_c: Área submetida a força axial.

$$\mathbf{A_c} : \underline{1238} \text{ mm}^2$$

A_v: Área submetida a forças cortantes.

$$\mathbf{A_v} : \underline{1238} \text{ mm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

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

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

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

Tração (ABNT NBR 8800:2008, 5.2)

Deve satisfazer a condição:

onde:

N_{t,Sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo.

N_{t,Rd}: Força axial de tração resistente de cálculo.

onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

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

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

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

Fila	Área (mm ²)	N _{t,Sd} (kN)	N _{t,Rd} (kN)	Aprov. (%)
Filas exteriores	616	6.67	193.20	3.45
Filas interiores	616	8.73	193.20	4.52
Σ		15.40	193.20	0.08

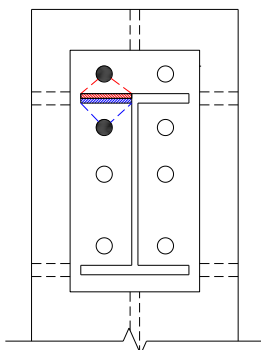
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br



– Alma

Tração (ABNT NBR 8800:2008, 5.2)

Deve satisfazer a condição:

$$77.97 \text{ kN} \leq 195.94 \text{ kN} \checkmark$$

onde:

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

$$N_{t,Sd} : \underline{77.97} \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$: Força axial de tração resistente de cálculo.

$$N_{t,Rd} : \underline{195.94} \text{ kN}$$

onde:

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{625} \text{ mm}^2$$

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.

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

– Enrijecedores

Elementos submetidos a cisalhamento (ABNT NBR 8800:2008, 6.5.5)

Deve satisfazer a condição:

$$60.70 \text{ kN} \leq 933.04 \text{ kN} \checkmark$$

onde:

F_{Sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

$$F_{Sd} : \underline{60.70} \text{ kN}$$

F_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo.

$$F_{Rd} : \underline{933.04} \text{ kN}$$

A força cortante resistente de cálculo de elementos de ligação submetidos a cisalhamento deve ser o menor valor obtido, conforme segue:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

onde:

A_g : Área bruta da seção transversal.

A_g : 4958 mm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 345.00 N/mm²

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

γ_{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:

- 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, Especificações complementares.

2.3.3.7 Garganta efetiva de ligações em T.

A garganta efetiva de ligações em T em ângulos entre 60° e 30° deve ser igual à altura do maior triângulo que se possa inscrever na seção do metal de colaboração, menos o coeficiente de redução Z. A garganta efetiva de ligações em T em ângulos entre 80° e 60° e em ângulos maiores a 100° deve ser considerada igual à altura do maior triângulo que se possa inscrever na seção do metal de colaboração.

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.

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

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:
	Cisalhamento (soma vetorial) na seção efetiva.	Metal - base:
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: Metal da solda:
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			Chanfro (mm)
				l _{w,min} (mm)	l _w (mm)	d _{w,min} (mm)	d _{w,max} (mm)	d _w (mm)	
Solda da aba superior	Em bisel simples	SMAW	9	40	140	--	--	--	9
Solda da alma	Em bisel simples	SMAW	6	40	359	--	--	--	6

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)									
Descrição	Tipo	P.S.	t (mm)	Comprimento		Perna			Chanfro (mm)
				lw,min (mm)	lw (mm)	dw,min (mm)	dw,max (mm)	dw (mm)	
Solda da aba inferior	Em bisel simples	SMAW	9	40	140	--	--	--	9
Solda da alma da mísula	Em bisel simples	SMAW	6	40	480	--	--	--	6
Solda da aba da mísula	Em bisel simples	SMAW	9	44	140	--	--	--	11
Solda da alma da mísula à aba inferior	Em bisel simples	SMAW	6	40	682	--	--	--	6
Solda da aba da mísula à aba inferior	De ângulo	SMAW	9	40	140	5	12	8	--
Solda do enrijecedor de reforço do extremo da mísula às abas	Em bisel simples	SMAW	9	52	357	--	--	--	13
Solda do enrijecedor de reforço do extremo da mísula à alma	Em bisel simples	SMAW	6	52	55	--	--	--	13
P.S.: Procedimento de soldagem. t: Menor espessura do metal-base. lw: Comprimento total da solda. dw: Perna da solda. --: A verificação não é necessária.									

Verificação de cordões de soldadura														
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	lw (mm)	Eléctrodo	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal- base)			Coeficientes de ponderação		
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov (%)	γa1	γw1	γw2
Solda da aba superior	9	9	140	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	6	6	359	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	9	9	140	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 da mísula	6	6	480	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 da mísula	11	9	140	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 da mísula à aba inferior	6	6	682	E70XX (485.0)	345.0	A solda em bisel gera um cordão cuja resistência é igual à menor resistência das peças a unir.								

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Verificação de cordões de soldadura															
Descrição	Perna (mm)	t (mm)	lw (mm)	Eléctrodo	Metal - base	Cisalhamento (Metal da solda)			Tensões (Metal- base)			Coeficientes de ponderação			
				f _w (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov · (%)	Sd (N/mm ²)	Rd (N/mm ²)	Aprov · (%)	γ _{a1}	γ _{w1}	γ _{w2}	
Solda da aba da mísula à aba inferior	8	9	140	E70XX (485.0)	345.0	Não precisa ser considerado.									
Solda do enrijecedor de reforço do extremo da mísula às abas	13	9	357	E70XX (485.0)	345.0	A solda em bisel gera um cordão cuja resistência é igual à menor resistência das peças a unir.									
Solda do enrijecedor de reforço do extremo da mísula à alma	13	6	55	E70XX (485.0)	345.0	A solda em bisel gera um cordão cuja resistência é igual à menor resistência das peças a unir.									
Sd: Solicitação de cálculo Rd: Resistente de cálculo - Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, não precisa ser considerado.															

Parafusos (ABNT NBR 8800:2008, 6.3)

6.3.3.1 Tração

A força de tração resistente de cálculo de um parafuso tracionado ou de uma barra redonda rosqueada tracionada é dada por:

onde:

f_{ub}: Resistência à ruptura do material do parafuso ou barra redonda rosqueada à tração.

A_{be}: Área efetiva.

6.3.3.2 Cisalhamento

A força de cisalhamento resistente de cálculo de um parafuso ou barra redonda rosqueada é, por plano de corte, igual a:

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

a) para parafusos de alta resistência e barras redondas rosqueadas, quando o plano de corte passa pela rosca e para parafusos comuns em qualquer situação:

onde A_b é a área bruta, baseada no diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada, d_b , dada em 6.3.2.2.

6.3.3.3 Pressão de contato em furos

A força resistente de cálculo à pressão de contato na parede de um furo, já levando em conta o rasgamento entre dois furos consecutivos ou entre um furo extremo e a borda, é dada por:

a) no caso de furos-padrão, furos alargados, furos pouco alongados em qualquer direção e furos muito alongados na direção da força:

- quando a deformação no furo para forças de serviço for uma limitação de projeto

onde:

L_f : Distância, na direção da força, entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda livre.

d_b : Diâmetro do parafuso.

t : Espessura da parte ligada.

f_u : Resistência à ruptura do aço da parede do furo.

6.3.3.4 Tração e cisalhamento combinados

Quando ocorrer a ação simultânea de tração e cisalhamento, deve ser atendida a seguinte equação de interação:

onde:

$F_{t,sd}$: Força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra redonda rosqueada.

$F_{v,sd}$: Força de cisalhamento solicitante de cálculo no plano considerado do parafuso ou barra redonda rosqueada.

$F_{t,Rd}$ e $F_{v,Rd}$ são dados respectivamente em $F_{v,Rd}$

Alternativamente ao uso da equação da interação, a força de tração solicitante de cálculo ($F_{t,sd}$) por parafuso ou barra redonda rosqueada deve atender às exigências:

Meio de ligação	Limitação adicional do valor da força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra redonda rosqueada
Parafusos ASTM A325	(1)
	(2)

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Meio de ligação	Limitação adicional do valor da força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra redonda rosqueada
⁽¹⁾ Plano de corte passa pela rosca. ⁽²⁾ Plano de corte não passa pela rosca.	

6.3.7 Pega longa

Exceto nos casos dos parafusos de alta resistência montados com protensão inicial, quando o comprimento de pega excede $5 d_b$, a força de cisalhamento resistente de cálculo dos parafusos ou barras redondas rosqueadas deve ser reduzida em 1% para cada 1,5 mm adicionais de pega (d_b é o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada).

6.3.9 Espaçamento mínimo entre furos

A distância entre centros de furos-padrão, alargados ou alongados, não pode ser inferior a $2,7 d_b$, sendo d_b o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada.

6.3.10 Espaçamento máximo entre parafusos

O espaçamento máximo entre parafusos que ligam uma chapa a um perfil ou a outra chapa, em contato contínuo, deve ser determinado como a seguir:

- a) em elementos pintados ou não sujeitos à corrosão, o espaçamento não pode exceder 24 vezes a espessura da parte ligada menos espessa, nem 300 mm;
- b) em elementos sujeitos à corrosão atmosférica, executados com aços resistentes à corrosão, não pintados, o espaçamento não pode exceder 14 vezes a espessura da parte ligada menos espessa, nem 180 mm.

6.3.11 Distância mínima de um furo às bordas

6.3.11.1 Furos-padrão

A distância do centro de um furo-padrão a qualquer borda de uma parte ligada não pode ser inferior ao valor indicado na Tabela 14, na qual d_b é o diâmetro do parafuso ou barra redonda rosqueada.

Tabela 14 - Distância mínima do centro de um furo-padrão à borda		
Diâmetro d_b pol	Borda cortada com serra ou tesoura (mm)	Borda laminada ou cortada a maçarico (mm)
5/8"	29	22

6.3.12 Distância máxima de um parafuso ou barra rosqueada às bordas

Para qualquer borda de uma parte ligada, a distância do centro do parafuso, ou barra redonda rosqueada, mais próximo até essa borda não pode exceder a 12 vezes a espessura da parte ligada considerada, nem 150 mm.

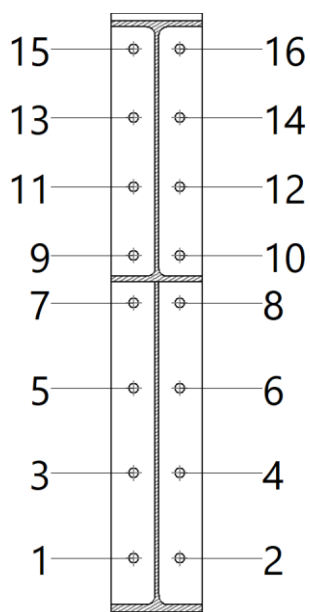
JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br



Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
1	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
2	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
3	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
4	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
5	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
6	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	131
7	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	73
8	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	73
9	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	73
10	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	73
11	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105
12	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105
13	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Disposições construtivas						
Parafuso	Descrição	Diâmetro do furo (mm)	Distâncias de um furo às bordas		Distâncias entre furos	
			x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
14	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105
15	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105
16	5/8"x2 1/4", Tipo 1, ASTM A325T	17.5	35	--	70	105

--: Não precisa ser considerado.

Resistência										
Parafuso	Cisalhamento				Tração				Interação tração e esforço transverso	Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistência (kN)	Aprov. v. (%)	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistência (kN)	Aprov. v. (%)	Aprov. (%)	
1	Seção transversal	29.972	48.384	61.95	Espiga	50.754	89.104	56.96	61.95	61.95
	Esmagamento	29.972	142.240	21.07	Punção	50.754	204.617	24.80		
2	Seção transversal	29.972	48.384	61.95	Espiga	50.754	89.104	56.96	61.95	61.95
	Esmagamento	29.972	142.240	21.07	Punção	50.754	204.617	24.80		
3	Seção transversal	3.129	48.384	6.47	Espiga	41.306	89.104	46.36	46.36	46.36
	Esmagamento	3.129	142.240	2.20	Punção	41.306	204.617	20.19		
4	Seção transversal	3.129	48.384	6.47	Espiga	41.306	89.104	46.36	46.36	46.36
	Esmagamento	3.129	142.240	2.20	Punção	41.306	204.617	20.19		
5	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	31.777	89.104	35.66	35.66	35.66
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	31.777	204.617	15.53		
6	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	31.777	89.104	35.66	35.66	35.66
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	31.777	204.617	15.53		
7	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	22.295	89.104	25.02	25.02	25.02
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	22.295	204.617	10.90		
8	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	22.294	89.104	25.02	25.02	25.02

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Resistência										
Parafuso	Cisalhamento				Tração				Interação tração e esforço transversal	Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	22.294	204.617	10.90		
9	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	20.294	89.104	22.78	22.78	22.78
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	20.294	204.617	9.92		
10	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	20.277	89.104	22.76	22.76	22.76
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	20.277	204.617	9.91		
11	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	25.958	89.104	29.13	29.13	29.13
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	25.958	204.617	12.69		
12	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	25.941	89.104	29.11	29.11	29.11
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	25.941	204.617	12.68		
13	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	31.916	89.104	35.82	35.82	35.82
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	31.916	204.617	15.60		
14	Seção transversal	2.813	48.384	5.81	Espiga	31.898	89.104	35.80	35.80	35.80
	Esmagamento	2.813	142.240	1.98	Punção	31.898	204.617	15.59		
15	Seção transversal	28.360	48.384	58.62	Espiga	34.690	89.104	38.93	58.62	58.62
	Esmagamento	28.360	142.240	19.94	Punção	34.690	204.617	16.95		
16	Seção transversal	28.360	48.384	58.62	Espiga	34.674	89.104	38.91	58.62	58.62
	Esmagamento	28.360	142.240	19.94	Punção	34.674	204.617	16.95		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	5545.17	112429.46
Calculada para momentos negativos	5545.17	101795.68

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

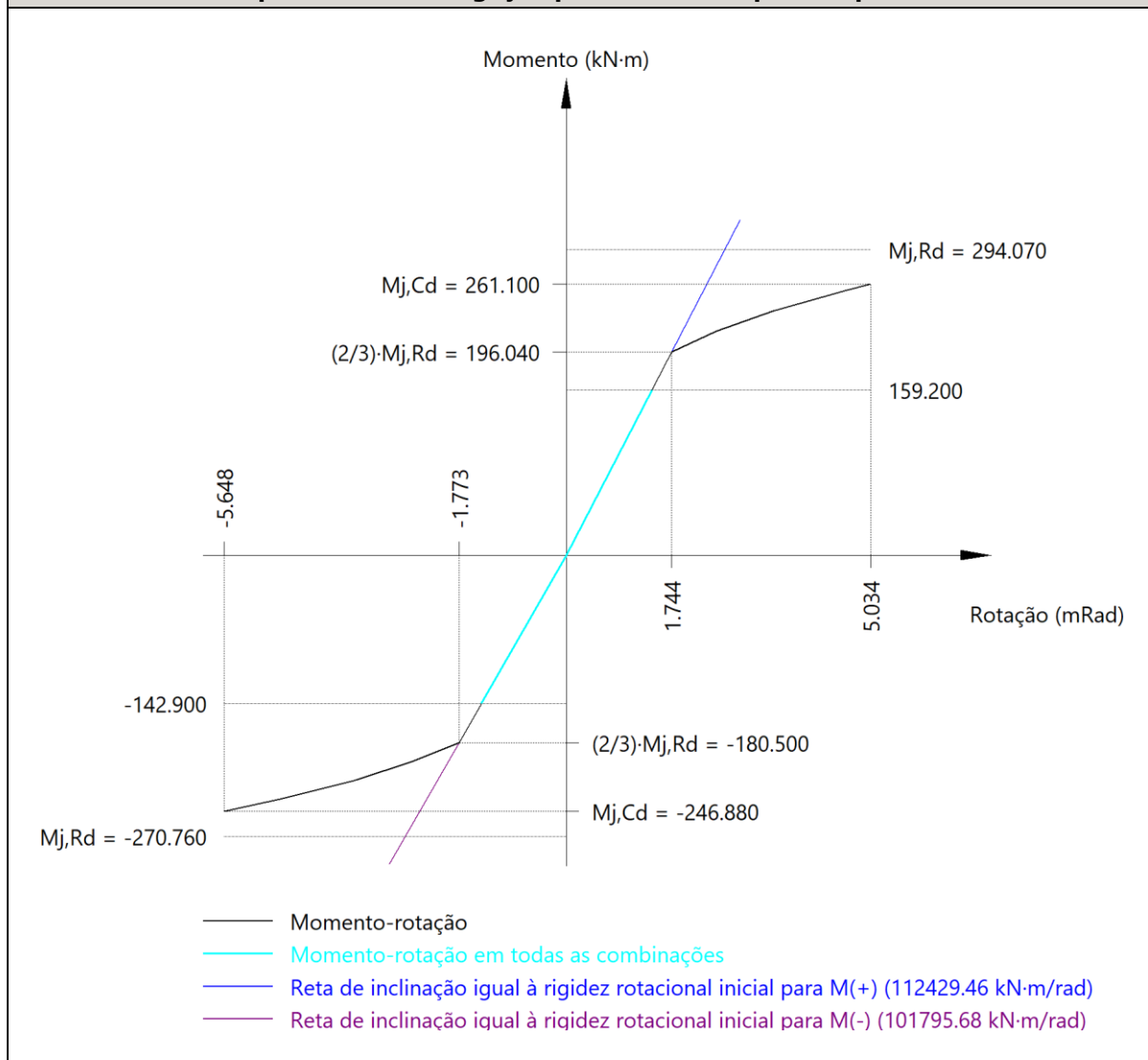
Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Comportamento da ligação para flexão simples no plano xz



Relação entre a resistência do banzo da peça em T em modo 1 e modo 3 (Critério de CYPE Ingenieros, baseado em ENV 1993-1-1:1996, Anexo J.3.8)

Deve satisfazer a condição:

$$1.24 \leq 1.80 \checkmark$$

$$\beta : 1.24$$

onde:

$F_{T,Rd1}$: Resistência do banzo da peça em T em modo 1.

$$F_{T,Rd1} : 221.76 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd3}$: Resistência do banzo da peça em T em modo 3.

$$F_{T,Rd3} : 178.21 \text{ kN}$$

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Valor de cálculo do momento resistente de juntas viga-coluna e de juntas de continuidade (EN 1993-1-8:2005, 6.2.7)

Na ausência de Norma Brasileira aplicável, se realiza a comprovação de acordo com o Eurocode 3 Part 1-8.

O valor de cálculo do momento aplicado, $M_{j,Ed}$, deverá satisfazer:

$$0.54 \leq 1.0 \quad \checkmark$$

O valor de cálculo do momento resistente, $M_{j,Rd}$, de uma junta viga-coluna com ligação aparafusada e com chapa de extremidade poderá ser determinado a partir de:

onde:

$F_{tr,Rd}$: Valor de cálculo da resistência à tração efetiva da fiada de parafusos r ;

h_r : Distância entre a fiada de parafusos r e o centro de compressão;

r : Número da linha de parafusos.

Capacidade de rotação (Critério de CYPE Ingenieros, baseado em ENV 1993-1-1:1996, Anexo J.3.8)

Deve satisfazer a condição:

$$0.28 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

ϕ_{Ed} : Rotação correspondente ao momento solicitante

$$\phi_{Ed} : \underline{1.42} \text{ mRad}$$

ϕ_{cd} : Capacidade de rotação da ligação

$$\phi_{cd} : \underline{5.03} \text{ mRad}$$

onde:

h : Distância entre o centro de compressão e a linha de parafusos

$$h : \underline{859} \text{ mm}$$

β : Relação entre a resistência da fila em modo 1 e modo 3

$$\beta : \underline{1.24}$$

São José dos Campos, 04 de Agosto de 2017

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Análise de Estabilidade Global e Quantitativos

1. DADOS DE OBRA

1.1. Análise da estabilidade global

Número de hipóteses de ação vertical: 4

Número de hipóteses de ação horizontal: 8

O momento de reviramento produzido pelas ações horizontais nas é:

	kN·m
V0(Cpi +0,80)	224.424
V0(Cpi -0,40)	224.424
V90(Cpi +0,80)	589.362
V90(Cpi -0,70)	594.169
V180(Cpi +0,80)	224.424
V180(Cpi -0,40)	253.893
V270(Cpi +0,80)	589.362
V270(Cpi -0,70)	594.169

O momento por efeito P-delta produzido pelas diferentes hipóteses de carga vertical, sob a atuação simultânea das hipóteses de ações horizontais é:

	Peso próprio kN·m	CP kN·m	SC-COB kN·m	PFV kN·m
V0(Cpi +0,80)	0.410	0.372	0.673	0.404
V0(Cpi -0,40)	0.410	0.373	0.674	0.404
V90(Cpi +0,80)	0.418	0.349	0.464	0.279
V90(Cpi -0,70)	0.477	0.408	0.583	0.350
V180(Cpi +0,80)	0.412	0.374	0.676	0.406
V180(Cpi -0,40)	0.455	0.417	0.753	0.452
V270(Cpi +0,80)	0.416	0.462	0.939	0.564
V270(Cpi -0,70)	0.477	0.523	1.060	0.636

As ações horizontais são incrementadas pela atuação simultânea das ações verticais segundo os seguintes fatores de amplificação (FA):

	Peso próprio	CP	SC-COB	PFV
V0(Cpi +0,80)	0.002	0.002	0.003	0.002
V0(Cpi -0,40)	0.002	0.002	0.003	0.002
V90(Cpi +0,80)	0.001	0.001	0.001	0.000
V90(Cpi -0,70)	0.001	0.001	0.001	0.001
V180(Cpi +0,80)	0.002	0.002	0.003	0.002
V180(Cpi -0,40)	0.002	0.002	0.003	0.002
V270(Cpi +0,80)	0.001	0.001	0.002	0.001
V270(Cpi -0,70)	0.001	0.001	0.002	0.001

JACOB ENGENHARIA LTDA – ESTRUTURAS METÁLICAS

Alameda Harvey Weeks, Sala 66 – Vista Verde São José dos Campos

CREA-SP 5069138036

(12) 9 8212 3908 Email: contato@jacobprojetos.com.br

Visite o site: www.calculistadeaco.com.br

Tabela resumo											
Material		Série	Perfil	Comprimento			Volume			Peso	
Tipo	Designação			Perfil (m)	Série (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Série (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Série (kg)
Aço dobrado			C75X40X15X2.00	162.859	1620.859	1620.859	0.056	1.421	1.421	439.09	11156.49
			C200X75X25X2.66	714.000			0.726			5700.46	

2.1.1.2. Quantitativos de superfícies

Perfis de aço: Quantitativos das superfícies a pintar					
Tipo	Série	Perfil	Superfície unitária (m²/m)	Comprimento (m)	Superfície (m²)
Aço laminado	I	W 410 x 46.1	1.352	132.000	178.464
		W 310 x 23.8	1.003	52.500	52.647
		W 410 x 38.8, Simples com mísulas	1.412	150.033	211.915
		W 410 x 38.8	1.345	71.065	95.596
	R	R 10	0.031	1091.416	34.288
		R 16	0.050	237.096	11.918
	Perfil I	I 152.00 x 5.90	0.632	6.000	3.793
	Subtotal				
Aço dobrado	C	C100X50X17X2.00, Caixa dupla soldada	0.402	288.000	115.769
		C200X75X20X2.25	0.755	456.000	344.116
		C75X40X15X2.00	0.347	162.859	56.590
		C200X75X25X2.66	0.770	714.000	549.810
	Subtotal				
Total					1654.905

Eng. Felipe Jacob Moraes Pereira

Engenheiro Mecânico
CREA-SP 5069138036-SP