



MEMÓRIA DE CÁLCULO

REV. 0

PROGRAMA:

CENTRO DE ABAST. E COMERCIALIZAÇÃO DA
AGRICULTURA FAMILIAR/PESCA ARTESANAL

FOLHA

2 de 13

TÍTULO:

MEMÓRIA DE CÁLCULO DA ESTRUTURA METÁLICA DO MEZANINO ADM

ÍNDICE

1 OBJETIVO	3
2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3 NORMAS	3
3.1 ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.....	3
4 MATERIAL DE REFERENCIA	3
4.1 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	3
4.2 SOFTWARES ESTRUTURAIS UTILIZADOS.....	3
5 MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURA METÁLICA	4
5.1 VERIFICAÇÃO 01	4
5.2 VERIFICAÇÃO 02	8
6 CONCLUSÕES.....	13

PROGRAMA:

CENTRO DE ABAST. E COMERCIALIZAÇÃO DA
AGRICULTURA FAMILIAR/PESÇA ARTESANAL

FOLHA

3 de 13

TÍTULO:

MEMÓRIA DE CÁLCULO DA ESTRUTURA METÁLICA DO MEZANINO ADM

1 OBJETIVO

Este memorial de cálculo tem a finalidade de apresentar o dimensionamento estrutural da estrutura metálica do MEZANINO ADM DO MERCADO CARINHANHA. Neste contexto serão apresentados critérios e definições necessárias à execução do projeto no que diz respeito aos serviços de construção e montagem da estrutura em questão.

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 0607_MERC_PE_ARQ-02_R3 – PROJETO ARQUITETÔNICO

3 NORMAS

O projeto deverá ser elaborado de acordo com as prescrições das normas pertinentes, sendo dada especial atenção às seguintes:

3.1 ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

- NBR-6120 - Cargas para Cálculo de Estruturas em Edificações
- NBR-8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento
- NBR-8800 – Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
- NBR-14762– Dimensionamento de perfis formados a frio.

4 MATERIAL DE REFERENCIA

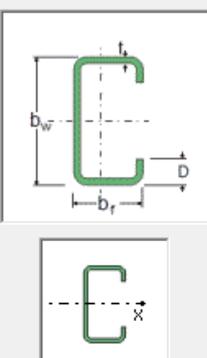
4.1 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- PFEIL, WALTER. Estruturas de aço – dimensionamento prático. 8ª ed. LTC.

4.2 SOFTWARES ESTRUTURAIS UTILIZADOS

- Tricalc;
- MCalc;

5 MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURA METÁLICA
5.1 VERIFICAÇÃO 01

Perfil <input type="text" value="U Enrigecido (F.F.)"/>	Solicitações de Cálculo (kN e m)			
Dimensões b _w 150 mm b _f 60 mm D 20 mm t 4,25 mm	N _{c,sd} <input type="text"/>	V _{x,sd} 6,7	M _{x,sd} 4,60	C _b 1
	N _{t,sd} <input type="text"/>	V _{y,sd} <input type="text"/>	M _{y,sd} <input type="text"/>	C _{mx} 1 C _{my} 1
ix, iy, ...	Comprimentos da Barra (m)			
UENR 150 x 60 x 20 x 4.25	K _x L _x 2,42	K _z L _z 2,42	λ _x 42,18	Travej. L/ 3
	K _y L _y 2,42	L _b 2,42	λ _y 114,46	Aço ASTM A36 f _y 250 MPa f _u 400 MPa
	Resistências de Cálculo			
	N _{c,Rd} 122,03	S _d /R _d = 0	V _{x,Rd} 49,84	S _d /R _d = 0,134
	N _{t,Rd} 266,59	S _d /R _d = 0	V _{y,Rd} 77,08	S _d /R _d = 0
	M _{x,Rd} 10,1	S _d /R _d = 0,455	M _{y,Rd} 2,88	S _d /R _d = 0
	$\frac{N_{c,sd}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} = 0,455$		$\frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{N_{t,sd}}{N_{t,Rd}} = 0,455$	
	$\frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} - \frac{N_{t,sd}}{N_{t,Rd}} = 0,455$			

Perfil U Enrigecido (Formado a frio)

 Perfil: UENR 150 x 60 x 20 x 4.25
 Aço: ASTM A36 f_y = 250 MPa f_u = 400 MPa

COMPRIMENTOS DA BARRA

 K_xL_x = 2,42 m K_zL_z = 2,42 m
 K_yL_y = 2,42 m L_b = 2,42 m

1. Cálculo da Tração

 C_T = 1,00 Coeficiente de redução da área líquida

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 266,59 \text{ kN} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 284,36 \text{ kN} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 266,59 \text{ kN} \quad \text{Resistência à tração}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{t,sd}}{N_{tRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

2. Cálculo da Compressão

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = 1301,32 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 176,75 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right] = 263,37 \text{ kN}$$

$$H = 1 - \frac{x_o^2}{r_o^2} = 0,66$$

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \cdot H} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ex} \cdot N_{ez} \cdot H}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right] = 244,27 \text{ kN}$$

$$N_e = 176,75 \text{ kN}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 1,29$$

$$\lambda_o \leq 1,5 \text{ então } \chi = 0,658 (\lambda_o)^2 = 0,50$$

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

$$A_{ef}^{FG} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem global}$$

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 122,03 \text{ kN} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

$$A_{ef}^{FL} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} = 244,38 \text{ kN} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd} = 122,03 \text{ kN} \quad \text{Força normal resistente de cálculo à compressão}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

3.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X}$$

$$d = 0,00 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$Y_{G \text{ final}} = Y_G + d = 0,07 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{Y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx}^{FL} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 11,70 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}$$

PROGRAMA:

CENTRO DE ABAST. E COMERCIALIZAÇÃO DA
AGRICULTURA FAMILIAR/PESCA ARTESANAL

FOLHA

6 de 13

TÍTULO:

MEMÓRIA DE CÁLCULO DA ESTRUTURA METÁLICA DO MEZANINO ADM

3.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$M_e = C_b \cdot r_o \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}} = 16,10 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

$$W_c = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,89 \quad 0,6 < \lambda_o < 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)$$

$$\chi_{FLT} = 0,86 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 215829,99 \text{ kN/m}^2$$

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X}$$

$$d = 0,00 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,07 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{cef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 10,10 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}$$

$$M_{Rdx} = 10,10 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0,46 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

4.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y}$$

$$d = 0,00 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$x_{G \text{ final}} = x_G + d = 0,04 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{x_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 2,90 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y}$$

4.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$C_s = -1,00$$

$$C_m = 1,00$$

$$j = 0,08 \text{ m} \quad \text{Parâmetro da seção transversal conforme Anexo E - NBR 14762:2010}$$

$$M_e = \frac{C_s \cdot N_{ex}}{C_m} \cdot \left[j + C_s \cdot \sqrt{j^2 + r_0^2} \cdot \left(\frac{N_{ez}}{N_{ex}} \right) \right] = 8,46 \text{ kN.m}$$

Momento fletor de flambagem lateral com torção

$W_c = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,61 \quad 0,6 < \lambda_o < 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)$$

$\chi_{FLT} = 0,99$ Fator de redução associado à flambagem lateral com torção

Cálculo de W_{cef} na tensão $\sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 248436,77 \text{ kN/m}^2$

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$ Área efetiva da seção

$I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y

$d = 0,00 \text{ m}$ Rebaixamento total do eixo baricêntrico

$X_{G \text{ final}} = X_G + d = 0,04 \text{ m}$ Posição final do eixo baricêntrico

$I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico

$W_{ef} = \frac{I_G}{X_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo elástico efetivo

$M_{Rdy}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 2,88 \text{ kN.m}$ Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT

$M_{yRd} = 2,88 \text{ kN.m}$ Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X

$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,00 < 1,00$ OK!

5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo X

$\lambda = \frac{h}{t} = 10,12$ Parâmetro de esbeltez

$k_v = 5,00$ Coeficiente de flambagem local por cisalhamento

$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31$ Parâmetro de esbeltez limite para plastificação

$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54$ Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento $\lambda \leq \lambda_p$ então

$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$

$V_{Rdx} = 49,84 \text{ kN}$ Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X

$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{V_{xSd}}{V_{xRd}} = 0,13 < 1,00$ OK!

6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$\lambda = \frac{h}{t} = 31,29$ Parâmetro de esbeltez

$k_v = 5,00$ Coeficiente de flambagem local por cisalhamento

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento} \quad \lambda \leq \lambda_p \quad \text{então}$$

$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$$

$V_{Rdy} = 77,08 \text{ kN}$ Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

7. Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,46$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,46$$

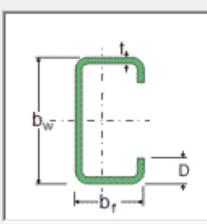
$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} =$$

5.2 VERIFICAÇÃO 02

Perfil U Enrigecido (F.F.)

Dimensões

b_w 150 mm
 b_f 60 mm
 D 20 mm
 t 4,25 mm



I_x, I_y, \dots

UENR

Solicitações de Cálculo (kN e m)

$N_{c,Sd}$ $V_{x,Sd}$ 6,7 $M_{x,Sd}$ 4,60 C_b 1
 $N_{t,Sd}$ $V_{y,Sd}$ $M_{y,Sd}$ C_{mX} 1
 C_{mY} 1

Comprimentos da Barra (m)

$K_x L_x$ 5,57 $K_z L_z$ 5,57 λ_x Travej. L/ Aço ASTM A36
 $K_y L_y$ 1,44 L_b 5,57 λ_y 3 f_y 250 MPa f_u 400 MPa

Resistências de Cálculo

$N_{c,Rd}$ 122,03 $S_d/R_d = 0$ $V_{x,Rd}$ 49,84 $S_d/R_d = 0,134$
 $N_{t,Rd}$ 266,59 $S_d/R_d = 0$ $V_{y,Rd}$ 77,08 $S_d/R_d = 0$
 $M_{x,Rd}$ 10,1 $S_d/R_d = 0,455$ $M_{y,Rd}$ 2,88 $S_d/R_d = 0$

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,455$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,455$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,455$$

Perfil U Enrigecido (Formado a frio)

Perfil: UENR 150 x 60 x 20 x 4,25
 Aço: ASTM A36 $f_y = 250 \text{ MPa}$ $f_u = 400 \text{ MPa}$

PROGRAMA:

CENTRO DE ABAST. E COMERCIALIZAÇÃO DA
AGRICULTURA FAMILIAR/PESCA ARTESANAL

FOLHA

9 de 13

TÍTULO:

MEMÓRIA DE CÁLCULO DA ESTRUTURA METÁLICA DO MEZANINO ADM

COMPRIMENTOS DA BARRA

$K_x L_x = 5,57 \text{ m}$ $K_z L_z = 5,57 \text{ m}$
 $K_y L_y = 1,44 \text{ m}$ $L_b = 5,57 \text{ m}$

1. Cálculo da Tração

$C_T = 1,00$ Coeficiente de redução da área líquida

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 266,59 \text{ kN} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 284,36 \text{ kN} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 266,59 \text{ kN} \quad \text{Resistência à tração}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

2. Cálculo da Compressão

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = 245,64 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 499,18 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right] = 132,61 \text{ kN}$$

$$H = 1 - \frac{x_o^2}{r_o^2} = 0,66$$

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \cdot H} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ex} \cdot N_{ez} \cdot H}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right] = 105,64 \text{ kN}$$

$$N_e = 105,64 \text{ kN}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 1,67$$

$$\lambda_o > 1,5 \text{ então } \chi = \frac{0,877}{(\lambda_o)^2} = 0,32$$

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

$$A_{ef}^{FG} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem global}$$

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 77,21 \text{ kN} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

$$A_{ef}^{FL} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} = 244,38 \text{ kN} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd} = 77,21 \text{ kN} \quad \text{Força normal resistente de cálculo à compressão}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

3.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X}$$

$$d = 0,00 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,07 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{ef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx}^{FL} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 11,70 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}$$

3.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$$M_e = C_b \cdot r_o \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}} = 19,06 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

$$W_c = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,82 \quad 0,6 < \lambda_o < 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)$$

$$\chi_{FLT} = 0,90 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 225406,05 \text{ kN/m}^2$$

$$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2 \quad \text{Área efetiva da seção}$$

$$I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X}$$

$$d = 0,00 \text{ m} \quad \text{Rebaixamento total do eixo baricêntrico}$$

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,07 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

$$I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4 \quad \text{Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico}$$

$$W_{cef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3 \quad \text{Módulo elástico efetivo}$$

$$M_{Rdx}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 10,55 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}$$

$$M_{Rdx} = 10,55 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0,44 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

4.1. Cálculo do momento resistente devido ao início do escoamento efetivo

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$ Área efetiva da seção
 $I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y
 $d = 0,00 \text{ m}$ Rebaixamento total do eixo baricêntrico
 $X_{G \text{ final}} = X_G + d = 0,04 \text{ m}$ Posição final do eixo baricêntrico
 $I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico
 $W_{ef} = \frac{I_G}{X_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo elástico efetivo
 $M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 2,90 \text{ kN.m}$ Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y

4.2. Cálculo do momento resistente devido ao estado limite Flambagem Lateral com Torção

$C_s = -1,00$
 $C_m = 1,00$
 $j = 0,08 \text{ m}$ Parâmetro da seção transversal conforme Anexo E - NBR 14762:2010
 $M_e = \frac{C_s \cdot N_{ex}}{C_m} \cdot \left[j + C_s \cdot \sqrt{j^2 + r_0^2 \cdot \left(\frac{N_{ex}}{N_{ex}} \right)} \right] = 3,98 \text{ kN.m}$ Momento fletor de flambagem lateral com torção
 $W_c = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra comprimida
 $\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,90$ $0,6 < \lambda_o < 1,336$ então $\chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)$

$\chi_{FLT} = 0,86$ Fator de redução associado à flambagem lateral com torção

Cálculo de W_{cef} na tensão $\sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 215654,13 \text{ kN/m}^2$

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$ Área efetiva da seção
 $I_{yef} = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo Y
 $d = 0,00 \text{ m}$ Rebaixamento total do eixo baricêntrico
 $X_{G \text{ final}} = X_G + d = 0,04 \text{ m}$ Posição final do eixo baricêntrico
 $I_G = I_{yef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4$ Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico
 $W_{ef} = \frac{I_G}{X_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3$ Módulo elástico efetivo
 $M_{Rdy}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 2,50 \text{ kN.m}$ Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT

$M_{yRd} = 2,50 \text{ kN.m}$ Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo X

$$\lambda = \frac{h}{t} = 10,12 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5,00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento} \quad \lambda \leq \lambda_p \quad \text{então}$$

$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$$

$$V_{Rdx} = 49,84 \text{ kN} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{xSd}}{V_{xRd}} = 0,13 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 31,29 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

$$k_v = 5,00 \quad \text{Coeficiente de flambagem local por cisalhamento}$$

$$\lambda_p = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 68,31 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para plastificação}$$

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} = 88,54 \quad \text{Parâmetro de esbeltez limite para para início de escoamento} \quad \lambda \leq \lambda_p \quad \text{então}$$

$$V_{Rd} = \frac{0,6 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{1,10}$$

$$V_{Rdy} = 77,08 \text{ kN} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{V_{ySd}}{V_{yRd}} = 0,00 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

7. Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,44$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,44$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,44$$



MEMÓRIA DE CÁLCULO

REV. 0

PROGRAMA:

CENTRO DE ABAST. E COMERCIALIZAÇÃO DA
AGRICULTURA FAMILIAR/PESCA ARTESANAL

FOLHA

13 de 13

TÍTULO:

MEMÓRIA DE CÁLCULO DA ESTRUTURA METÁLICA DO MEZANINO ADM

6 CONCLUSÕES

Após as análises dos perfis e das cargas solicitantes tanto no ELS (Estado Limite de Serviço) quanto no ELU (Estado Limite Último), concluímos que a estrutura apresenta um dimensionamento estável e seguro. Essa estrutura é capaz de resistir à carga de cálculo, atendendo às solicitações do cliente e viabilizando a execução da estrutura.