





# MEMÓRIA DE CÁLCULO

REV. 0

PROGRAMA:

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

FOLHA

2 de 16

TÍTULO:

MEMÓRIA DE CÁLCULO COBERTURA FEIRA DO MERCADO CARINHANHA

## ÍNDICE

<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....</b>	<b>3</b>
<b>3 NORMAS .....</b>	<b>3</b>
3.1 ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.....	3
<b>4 MATERIAL DE REFERENCIA .....</b>	<b>3</b>
4.1 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	3
4.2 SOFTWARES ESTRUTURAIS UTILIZADOS.....	3
<b>5 MEMÓRIA DE CÁLCULO ESTRUTURA METÁLICA .....</b>	<b>4</b>
5.1 VERIFICAÇÃO 01 .....	4
5.2 VERIFICAÇÃO 02 .....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>16</b>

PROGRAMA:

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

FOLHA

3 de 16

TÍTULO:

MEMÓRIA DE CÁLCULO COBERTURA FEIRA DO MERCADO CARINHANHA

## 1 OBJETIVO

Este memorial de cálculo tem a finalidade de apresentar o dimensionamento estrutural da estrutura metálica da COBERTURA DA FEIRA 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

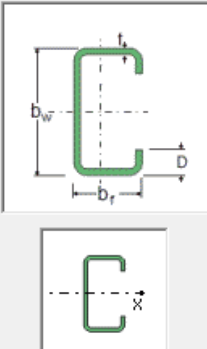
### 4.1 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 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 DA TERÇA COM 1 TRAVAMENTO**

Perfil <input type="text" value="U Enrigecido (F.F.)"/>	Solicitações de Cálculo (kN e m)		
Dimensões b <sub>w</sub> 150 mm b <sub>f</sub> 60 mm D 20 mm t 3 mm	N <sub>c,sd</sub> <input type="text"/> N <sub>t,sd</sub> <input type="text"/>	V <sub>x,sd</sub> 2,8 V <sub>y,sd</sub> <input type="text"/>	M <sub>x,sd</sub> 4,3 M <sub>y,sd</sub> <input type="text"/> C <sub>b</sub> 1 C <sub>mx</sub> 1 C <sub>my</sub> 1
	Comprimentos da Barra (m) K <sub>x</sub> L <sub>x</sub> 6,20    K <sub>z</sub> L <sub>z</sub> 6,20    λ <sub>x</sub> 106,45    Travej. L/ 3    Aço ASTM A36    Selecionar K <sub>y</sub> L <sub>y</sub> 3,10    L <sub>b</sub> 6,20    λ <sub>y</sub> 141,85    f <sub>y</sub> 250 MPa    f <sub>u</sub> 400 MPa		
ix, iy, ... <b>UENR 150 x 60 x 20 x 3</b>	Resistências de Cálculo N <sub>c,Rd</sub> 33,58    Sd/Rd = 0    V <sub>x,Rd</sub> 39,27    Sd/Rd = 0,071 N <sub>t,Rd</sub> 195    Sd/Rd = 0    V <sub>y,Rd</sub> 56,45    Sd/Rd = 0 M <sub>x,Rd</sub> 4,63    Sd/Rd = 0,928    M <sub>y,Rd</sub> 1,51    Sd/Rd = 0 $\frac{N_{c,sd}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} = 0,928$ $\frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{N_{t,sd}}{N_{t,Rd}} = 0,928$		

**Perfil U Enrigecido (Formado a frio)**

 Perfil: UENR 150 x 60 x 20 x 3  
 Aço: ASTM A36    f<sub>y</sub> = 250 MPa    f<sub>u</sub> = 400 MPa

**COMPRIMENTOS DA BARRA**

 K<sub>x</sub>L<sub>x</sub> = 6,2 m    K<sub>z</sub>L<sub>z</sub> = 6,2 m  
 K<sub>y</sub>L<sub>y</sub> = 3,1 m    L<sub>b</sub> = 6,2 m

**1. Cálculo da Tração**

 C<sub>T</sub> = 1,00    Coeficiente de redução da área líquida

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 195,00 \text{ kN} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 208,00 \text{ kN} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 195,00 \text{ kN} \quad \text{Resistência à tração}$$

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

**2. Cálculo da Compressão**

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = 149,47 \text{ kN}$$

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

84,17 kN

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

53,01 kN

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

0,65

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

45,95 kN

$N_e = 45,95$  kN

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

2,16

$\lambda_o > 1,5$  então  $\chi = \frac{0,877}{(\lambda_o)^2} = 0,19$

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

$A_{ef}^{FG} = 0,00$  m<sup>2</sup> Área efetiva devido à flambagem global

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20}$$

33,58 kN

Resistência à compressão devido à flambagem global

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

$A_{ef}^{FL} = 0,00$  m<sup>2</sup> Área efetiva devido à flambagem local

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} =$$

167,36 kN

Resistência à compressão devido à flambagem local

$N_{cRd} =$

33,58 kN

Força normal resistente de cálculo à compressão

$$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} =$$

0,00 < 1,00

OK!

### 3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

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

$A_{ef} = 0,00$  m<sup>2</sup> Área efetiva da seção

$I_{xef} = 0,00$  m<sup>4</sup> Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X

$d = 0,00$  m Rebaixamento total do eixo baricêntrico

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

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

$$W_{ef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} =$$

0,00 m<sup>3</sup>

Módulo elástico efetivo

$$M_{Rdx}^{FL} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} =$$

8,82 kN.m

Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento

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

$$M_e = C_b \cdot r_o \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}} = 5,10 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

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

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 1,38 \quad \lambda_o \geq 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = \frac{1}{\lambda_o^2}$$

$$\chi_{FLT} = 0,53 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 131303,26 \text{ kN/m}^2$$

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

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

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

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

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

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

$$M_{Rdx}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 4,63 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}$$

$$M_{Rdx} = 4,63 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} = 0,93 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

## 4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

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

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

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

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

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

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

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

$$M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 2,27 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y}$$

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

$$C_s = -1,00$$

$$C_m = 1,00$$

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

$$M_e = \frac{C_s \cdot N_{ex}}{C_m} \cdot \left[ j + C_s \cdot \sqrt{j^2 + r_0^2} \cdot \left( \frac{N_{ez}}{N_{ex}} \right) \right] = 1,74 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

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

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 1,20 \quad 0,6 < \lambda_o < 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)$$

$\chi_{FLT} = 0,67$  Fator de redução associado à flambagem lateral com torção

Cálculo de  $W_{cef}$  na tensão  $\sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 166468,86 \text{ kN/m}^2$

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$  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

$M_{Rdy}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 1,51 \text{ kN.m}$  Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT

$M_{yRd} = 1,51 \text{ kN.m}$  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

$\lambda = \frac{h}{t} = 16,00$  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

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

$V_{Rdx} = 39,27 \text{ kN}$  Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X

$\frac{SOLIC.}{RESIST.} = \frac{V_{xSd}}{V_{xRd}} = 0,07 < 1,00$  OK!

## 6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$\lambda = \frac{h}{t} = 46,00$  Parâmetro de esbeltez

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

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

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

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

$V_{Rdy} = 56,45 \text{ kN}$  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

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,93$$

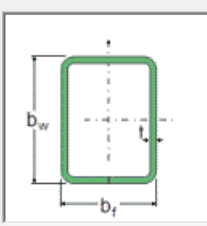
$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,93$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,93$$

### 5.2 PERFIL DA TAÇA COMPRIMIDO

Perfil  Box (F.F.)

**Dimensões**

$b_w$  100 mm 

$b_f$  100 mm

$t$  3 mm

$I_x, I_y, \dots$

**BOX 100 x 100 x 3**

**Solicitações de Cálculo (kN e m)**

$N_{c,Sd}$  51  $V_{x,Sd}$   $M_{x,Sd}$   $C_b$  1

$N_{t,Sd}$   $V_{y,Sd}$   $M_{y,Sd}$   $C_{mx}$  1

$C_{my}$  1

**Comprimentos da Barra (m)**

$K_x L_x$  2,85  $K_z L_z$  2,85  $\lambda_x$  72,51 **Travej. L/** **Aço** ASTM A36 **Selecionar**

$K_y L_y$  2,85  $L_b$  2,85  $\lambda_y$  72,51 3  $f_y$  250 MPa  $f_u$  400 MPa

**Resistências de Cálculo**

$N_{c,Rd}$  177,83  $Sd/Rd = 0,287$   $V_{x,Rd}$  72  $Sd/Rd = 0$

$N_{t,Rd}$  256,36  $Sd/Rd = 0$   $V_{y,Rd}$  72  $Sd/Rd = 0$

$M_{x,Rd}$  7,92  $Sd/Rd = 0$   $M_{y,Rd}$  7,92  $Sd/Rd = 0$

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,287 \quad \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0$$

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

#### Perfil Box (Formado a frio)

Perfil: BOX 100 x 100 x 3  
 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 16

TÍTULO:

MEMÓRIA DE CÁLCULO COBERTURA FEIRA DO MERCADO CARINHANHA

**COMPRIMENTOS DA BARRA**

$K_x L_x = 2,85 \text{ m}$        $K_z L_z = 2,85 \text{ m}$

$K_y L_y = 2,85 \text{ m}$        $L_b = 2,85 \text{ m}$

## 1. Cálculo da Tração

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

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 256,36 \text{ kN} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 273,45 \text{ kN} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$N_{tRd} = 256,36 \text{ kN}$       Resistência à tração

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

## 2. Cálculo da Compressão

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = 423,43 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 423,43 \text{ kN}$$

$N_e = 423,43 \text{ kN}$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 0,82$$

$\lambda_0 \leq 1,5$  então  $\chi = 0,658 (\lambda_0)^2 = 0,76$

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

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

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 177,83 \text{ kN} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

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

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} = 235,00 \text{ kN} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$N_{cRd} = 177,83 \text{ kN}$       Força normal resistente de cálculo à compressão

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,29 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

## 3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

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

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$  Área efetiva da seção  
 $I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4$  Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X  
 $d = 0,00 \text{ m}$  Rebaixamento total do eixo baricêntrico  
 $y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,05 \text{ m}$  Posição final do eixo baricêntrico  
 $I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4$  Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico  
 $W_{ef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3$  Módulo elástico efetivo  
 $M_{Rdx}^{FL} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 7,92 \text{ kN.m}$  Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento

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

$M_e = C_b \cdot \sqrt{N_{ey}} \cdot G \cdot I_t = 298,78 \text{ kN.m}$  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  
 $\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,17$   $\lambda_o \leq 0,6$  então  $\chi_{FLT} = 1,0$   
 $\chi_{FLT} = 1,00$  Fator de redução associado à flambagem lateral com torção  
 Cálculo de  $W_{cef}$  na tensão  $\sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 250000,00 \text{ kN/m}^2$

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$  Área efetiva da seção  
 $I_{xef} = 0,00 \text{ m}^4$  Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo X  
 $d = 0,00 \text{ m}$  Rebaixamento total do eixo baricêntrico  
 $y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,05 \text{ m}$  Posição final do eixo baricêntrico  
 $I_G = I_{xef} - A_{ef} \cdot d^2 = 0,00 \text{ m}^4$  Momento de inércia efetivo da seção em relação ao eixo baricêntrico  
 $W_{cef} = \frac{I_G}{y_{G \text{ final}}} = 0,00 \text{ m}^3$  Módulo elástico efetivo  
 $M_{Rdx}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 7,92 \text{ kN.m}$  Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT

$M_{Rdx} = 7,92 \text{ kN.m}$  Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X

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

## 4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

$A_{ef} = 0,00 \text{ m}^2$  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  
 $x_{G \text{ final}} = x_G + d = 0,05 \text{ m}$  Posição final do eixo baricêntrico

PROGRAMA:

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

FOLHA

11 de 16

TÍTULO:

MEMÓRIA DE CÁLCULO COBERTURA FEIRA DO MERCADO CARINHANHA

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

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

$$M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 7,92 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y}$$

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

### 5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo X

$$\lambda = \frac{h}{t} = 29,33 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

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

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

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

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

$$V_{Rdx} = 72,00 \text{ kN} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X}$$

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

### 6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 29,33 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

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

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

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

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

$$V_{Rdy} = 72,00 \text{ kN} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y}$$

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

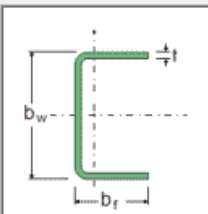
### 7. Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,29$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,00$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,00$$

### 5.3 BANZO SUPERIOR COMPRIMIDO

Perfil <input type="text" value="U (Formado a frio)"/>	Solicitações de Cálculo (kN e m)	
Dimensões b <sub>w</sub> 100 mm b <sub>f</sub> 40 mm t 3 mm	N <sub>c,sd</sub> 15    V <sub>x,sd</sub> M <sub>x,sd</sub> N <sub>t,sd</sub> V <sub>y,sd</sub> M <sub>y,sd</sub>	C <sub>b</sub> 1 C <sub>mx</sub> 1 C <sub>my</sub> 1
	Comprimentos da Barra (m) K <sub>x</sub> L <sub>x</sub> 4,77    K <sub>z</sub> L <sub>z</sub> 4,77    λ <sub>x</sub> 125,33    Travej. L/    Aço ASTM A36    Selecionar K <sub>y</sub> L <sub>y</sub> 1    L <sub>b</sub> 4,77    λ <sub>y</sub> 81,85    3    f <sub>y</sub> 250 MPa    f <sub>u</sub> 400 MPa	
[ 100 x 40 x 3 ]	Resistências de Cálculo N <sub>c,Rd</sub> 31,14    Sd/Rd = 0,482    V <sub>x,Rd</sub> 27,82    Sd/Rd = 0 N <sub>t,Rd</sub> 114,55    Sd/Rd = 0    V <sub>y,Rd</sub> 36    Sd/Rd = 0 M <sub>x,Rd</sub> 2,83    Sd/Rd = 0    M <sub>y,Rd</sub> 0,53    Sd/Rd = 0	
	$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,482$ $\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0$ $\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0$	

#### Perfil U (Formado a frio)

Perfil: [ 100 x 40 x 3  
 Aço: ASTM A36    f<sub>y</sub> = 250 MPa    f<sub>u</sub> = 400 MPa

#### COMPRIMENTOS DA BARRA

K<sub>x</sub>L<sub>x</sub> = 4,77 m    K<sub>z</sub>L<sub>z</sub> = 4,77 m  
 K<sub>y</sub>L<sub>y</sub> = 1 m    L<sub>b</sub> = 4,77 m

## 1. Cálculo da Tração

C<sub>T</sub> = 1,00    Coeficiente de redução da área líquida

$$N_{tRd1} = \frac{A \cdot f_y}{1,10} = 114,55 \text{ kN} \quad \text{Resistência de escoamento}$$

$$N_{tRd2} = \frac{C_T \cdot A_n \cdot f_u}{1,65} = 122,18 \text{ kN} \quad \text{Resistência à ruptura}$$

$$N_{tRd} = 114,55 \text{ kN} \quad \text{Resistência à tração}$$

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

## 2. Cálculo da Compressão

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = 63,33 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = 148,49 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \cdot \left[ \frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right] = 63,10 \text{ kN}$$

$$H = 1 - \frac{x_o^2}{r_o^2} = 0,77$$

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \cdot H} \cdot \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ex} \cdot N_{ez} \cdot H}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right] = 42,61 \text{ kN}$$

$$N_e = 42,61 \text{ kN}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_e}} = 1,72$$

$$\lambda_o > 1,5 \text{ então } \chi = \frac{0,877}{(\lambda_o)^2} = 0,30$$

a) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem global

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

$$N_{cRd} = \frac{\chi \cdot A_{ef} \cdot f_y}{1,20} = 31,14 \text{ kN} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem global}$$

b) Cálculo da resistência à compressão devido à flambagem local

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

$$N_{cRd}^{FL} = \frac{A_{ef}^{FL} \cdot f_y}{1,20} = 105,00 \text{ kN} \quad \text{Resistência à compressão devido à flambagem local}$$

$$N_{cRd} = 31,14 \text{ kN} \quad \text{Força normal resistente de cálculo à compressão}$$

$$\frac{\text{SOLIC.}}{\text{RESIST.}} = \frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} = 0,48 < 1,00 \quad \text{OK!}$$

### 3. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo X

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

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

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

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

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,05 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

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

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

$$M_{Rdx}^{PL} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 3,32 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o início do escoamento}$$

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

$$M_e = C_b \cdot r_o \cdot \sqrt{N_{ey} \cdot N_{et}} = 4,37 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

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

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,91 \quad 0,6 < \lambda_o < 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)$$

$$\chi_{FLT} = 0,85 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 213135,02 \text{ kN/m}^2$$

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

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

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

$$y_{G \text{ final}} = y_G + d = 0,05 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

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

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

$$M_{Rdx}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 2,83 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}$$

$$M_{Rdx} = 2,83 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

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

## 4. Cálculo da Resistência à Flexão - eixo Y

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

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

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

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

$$x_{G \text{ final}} = x_G + d = 0,03 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

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

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

$$M_{Rdy} = \frac{W_{ef} \cdot f_y}{1,10} = 0,58 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo Y}$$

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

$$C_s = -1,00$$

$$C_m = 1,00$$

$$j = 0,05 \text{ m} \quad \text{Parâmetro da seção transversal conforme Anexo E - NBR 14762:2010}$$

$$M_e = \frac{C_s \cdot N_{ex}}{C_m} \cdot \left[ j + C_s \cdot \sqrt{j^2 + r_0^2 \cdot \left( \frac{N_{ez}}{N_{ex}} \right)} \right] = 1,03 \text{ kN.m} \quad \text{Momento fletor de flambagem lateral com torção}$$

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

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{W_c \cdot f_y}{M_e}} = 0,79 \quad 0,6 < \lambda_o < 1,336 \quad \text{então} \quad \chi_{FLT} = 1,11 \cdot (1 - 0,278 \cdot \lambda_o^2)$$

$$\chi_{FLT} = 0,92 \quad \text{Fator de redução associado à flambagem lateral com torção}$$

$$\text{Cálculo de } W_{cef} \text{ na tensão} \quad \sigma = \chi_{FLT} \cdot f_y = 229868,80 \text{ kN/m}^2$$

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

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

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

$$x_{G \text{ final}} = x_G + d = 0,03 \text{ m} \quad \text{Posição final do eixo baricêntrico}$$

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

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

$$M_{Rdy}^{FLT} = \frac{\chi_{FLT} \cdot W_{cef} \cdot f_y}{1,10} = 0,53 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão para o estado limite FLT}$$

$$M_{yRd} = 0,53 \text{ kN.m} \quad \text{Resistência de cálculo à flexão em relação ao eixo X}$$

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

#### 5. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo X

$$\lambda = \frac{h}{t} = 11,33 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

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

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

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

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

$$V_{Rdx} = 27,82 \text{ kN} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo X}$$

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

## 6. Cálculo da Resistência ao cortante - eixo Y

$$\lambda = \frac{h}{t} = 29,33 \quad \text{Parâmetro de esbeltez}$$

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

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

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

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

$$V_{Rdy} = 36,00 \text{ kN} \quad \text{Resistência ao esforço cortante em relação ao eixo Y}$$

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

## 7. Equações de Interação

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,48$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,00$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,00$$

## 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.