

Perfis Formados a Frio – Método da Resistência Direta

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Dimensionamento de Perfis Formados a Frio

Método da Resistência direta

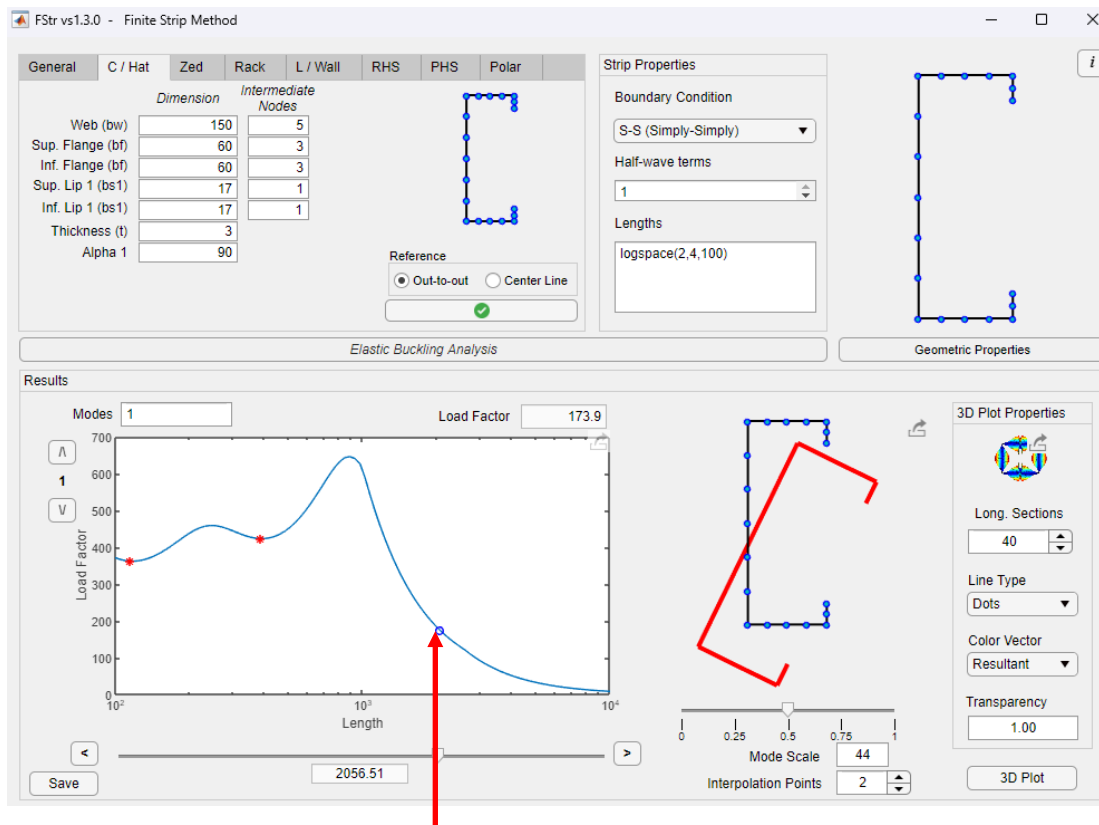
ANEXO C da NBR14762/10

É possível dimensionar qualquer tipo de perfil apenas sabendo as cargas de flambagem elástica Local, Distorcional e Global

Utilizaremos esse método com auxílio de uma ferramenta computacional chamada FsTr

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Barras Comprimidas



Carga Crítica de Flambagem
global para $L_x = L_y =$
2056,21mm: 173,9 kN

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{A \cdot F_y}{N_e}}$$

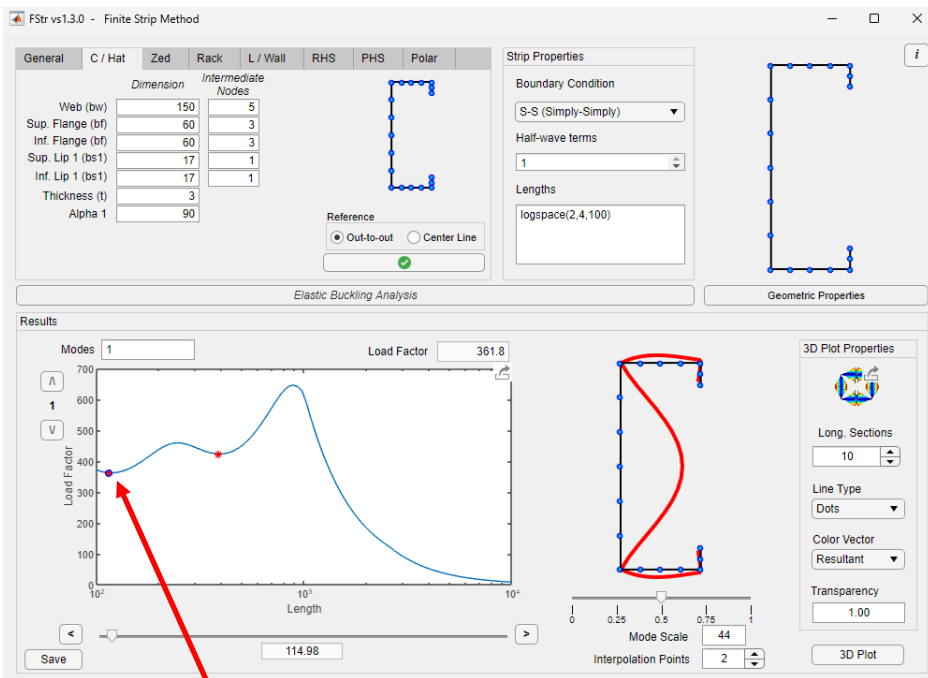
Se $\lambda_0 \leq 1,5$

$$N_{cRe} = (0,658 \lambda_0^2) \cdot A \cdot F_y$$

Se $\lambda_l > 1,5$

$$N_{cRe} = \left(\frac{0,877}{\lambda_0^2} \right) \cdot A \cdot F_y$$

Barras Comprimidas



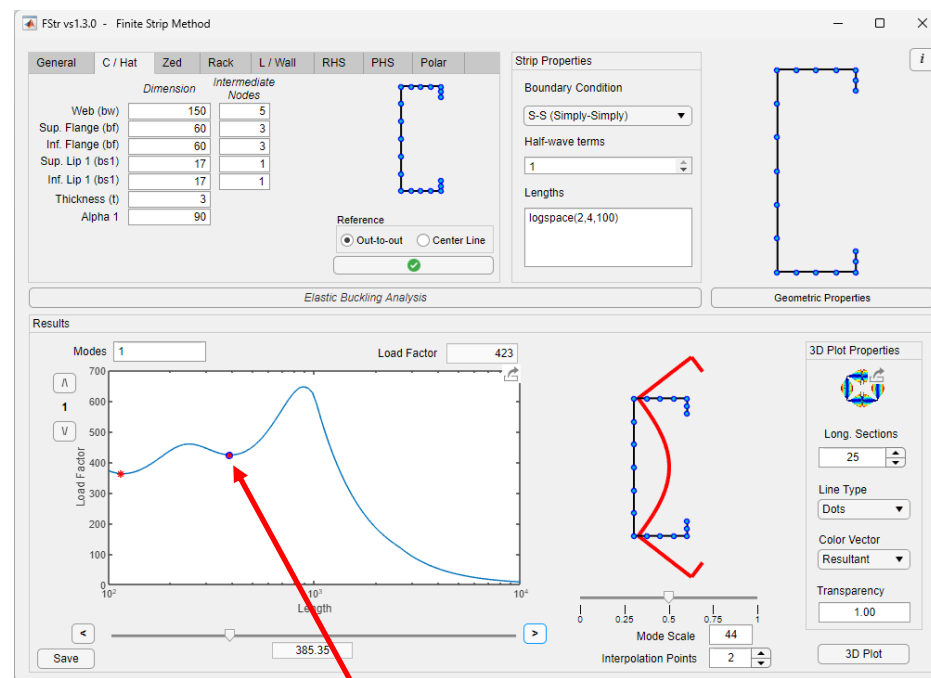
Carga Crítica para Flambagem
Local: 361,8 kN

$$\lambda_l = \sqrt{\frac{N_{c, Re}}{N_l}}$$

$$Se \lambda_l \leq 0,776 \quad N_{c, Rl} = N_{c, Re}$$

$$Se \lambda_l > 0,776 \quad N_{c, Rl} = \left(1 - \frac{0,15}{\lambda_l^{0,8}}\right) \frac{N_{c, Re}}{\lambda_l^{0,8}}$$

NcRd é o menor dos três valores, dividido por 1,20



Carga Crítica para Flambagem
Distorcional: 423 kN

$$\lambda_{dist} = \sqrt{\frac{A \cdot F_y}{N_{dist}}}$$

$$Se \lambda_{dist} \leq 0,561 \quad N_{c, Rl} = A \cdot F_y$$

$$Se \lambda_{dist} > 0,561 \quad N_{c, Rdist} = \left(1 - \frac{0,25}{\lambda_{dist}^{1,2}}\right) \frac{A f_y}{\lambda_{dist}^{1,2}}$$

Barras Comprimidas

Flambagem Global

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{8,76.30}{173,9}} = 1,23$$

$$N_{cRe} = (0,658^{1,23^2}) \cdot 8,76.30 = 139,51 \text{ kN}$$

Flambagem Local

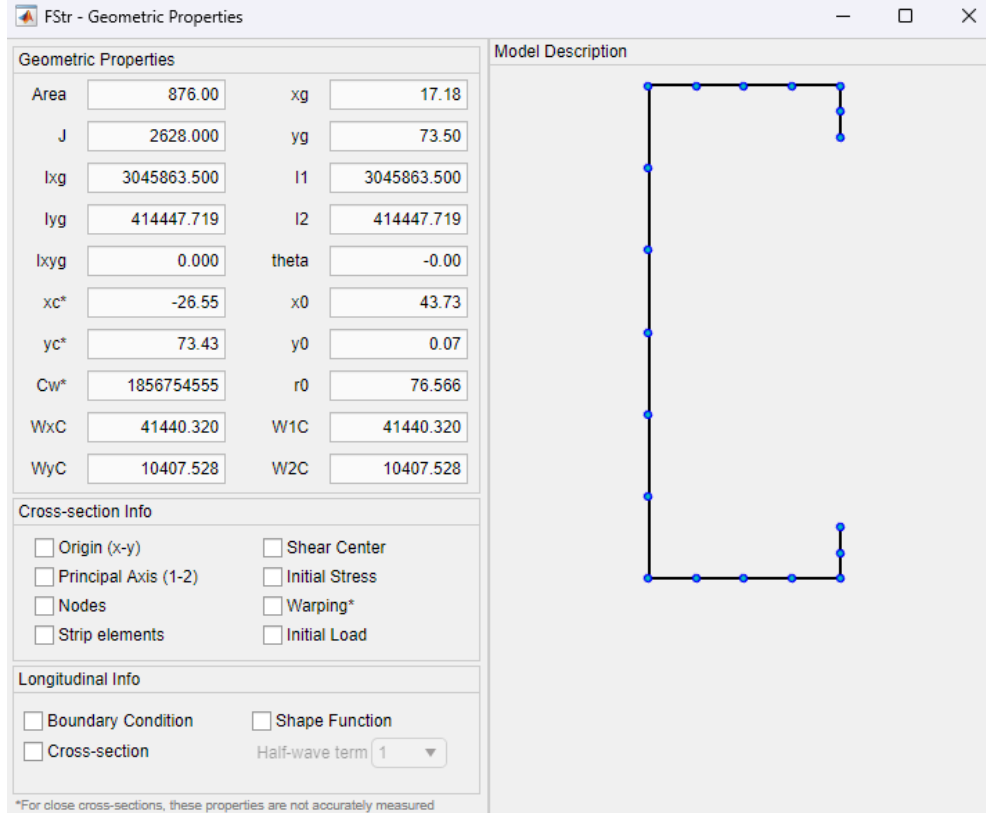
$$\lambda_l = \sqrt{\frac{139,51}{361,8}} = 0,62$$

$$\text{Se } \lambda_l \leq 0,776 \quad N_{cRl} = N_{cRe} = 139,51 \text{ kN}$$

Flambagem Distorcional

$$\lambda_{dist} = \sqrt{\frac{8,76.30}{423}} = 0,788$$

$$N_{cRdist} = \left(1 - \frac{0,25}{0,788^{1,2}}\right) \cdot \frac{8,76 \cdot 30}{0,788^{1,2}} = 233,4 \text{ kN}$$



$$N_{cRd} = \frac{139,51}{1,2} = 116,26 \text{ kN}$$

DimPerfil 4.0 - Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio

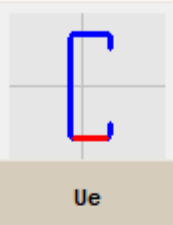
File Help

Escolha do Perfil

Cálculo dos Esforços

Dimensões (cm)

$\alpha = 0$
 $b_w = 15$
 $b_f = 6$
 $D = 2$
 $t = 0.3$
 $\beta = 90$



Comprimentos (cm)

Lx: 205,621
Ly: 205,621
Lt: 205,621

Esforços Solicitantes

Nd: kN
Mxd: kN.cm
Myd: kN.cm
Vd: kN

Coefficiente de Momento

Em X Cb: 1
Em Y Cb: 1

Resultados

Resultado:

NBR 14762:2001

Nc_MLE

117,413 kN

Item a ser calculado:

Var

Esforço Resistente à Compressão Centrada

NBR 14762:2010

Flexão Composta

Nrd

Nt

Nc_MLE

Ndist

Larguras efetivas

Mrd

Mxrd

Myrd

Flexão Composta

Mostrar perfil

CALCULAR

☒ Relatório: ☒ Limpar anterior

Abrir Relatório

Salvar Relatório

Gerar Tabela

Fe= 20,549 kN/cm²

flambagem por flexo-torção

A= 8,708 cm²

$\lambda_0 = 1,208$

X= 0,543

$\sigma = 16,284 \text{ kN/cm}^2$

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)

Aef_MLE= 8,653 cm²

$\gamma = 1,2$

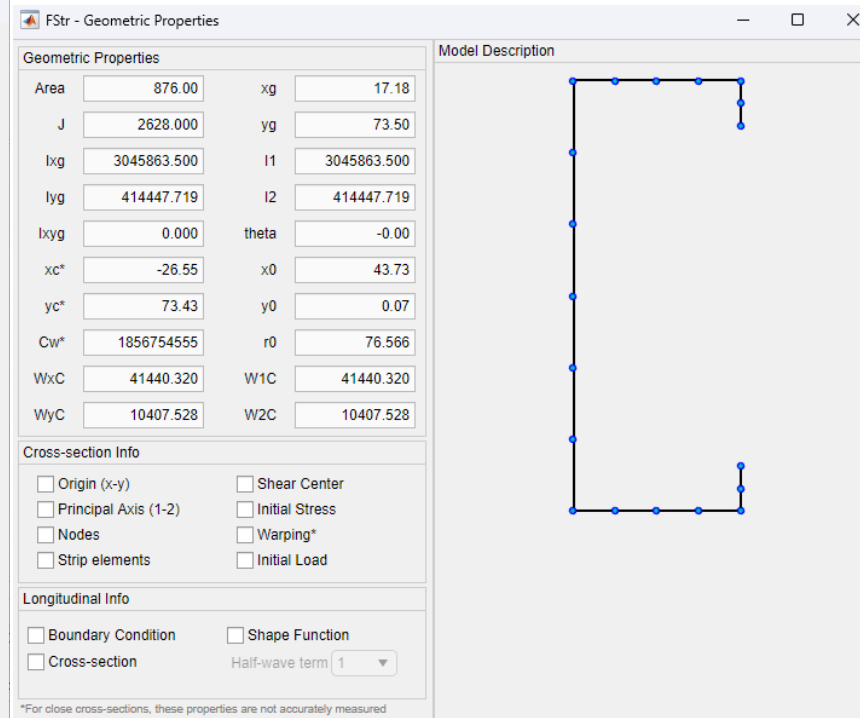
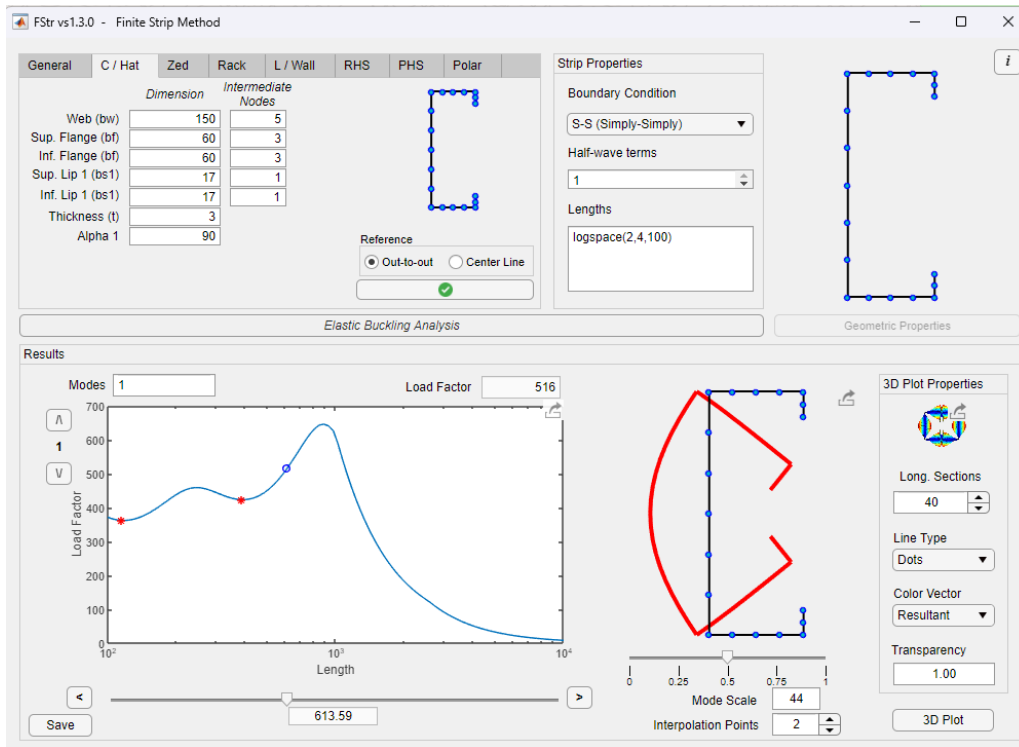
Nc= 117,413 kN

3v Edson Lubas Silva

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Barras Comprimidas

Caso de barra curta



Não é possível determinar a carga de flambagem elástica global de uma barra muito curta, por isso é necessário realizar o cálculo manualmente, usando as propriedades geométricas do perfil

Barras Comprimidas

Lx = 120cm, Ly = 60cm

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(k_x \cdot L_x)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \cdot 20000 \cdot 304,58}{(1.120)^2} = 4175 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(k_y \cdot L_y)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \cdot 20000 \cdot 41,44}{(1.60)^2} = 2272 \text{ kN}$$

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

$$N_{Ez} = \frac{1}{7,65^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 20000 \cdot 1856,75}{60^2} + 7700 \cdot 0,2628 \right] = 1744 \text{ kN}$$

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2[1 - (x_0 / r_0)^2]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4N_{ex}N_{ez}[1 - (x_0 / r_0)^2]}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{Exz} = \frac{4175 + 1744}{2 \left[1 - \left(\frac{4,37}{7,65} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 4175 \cdot 1744 \left[1 - \left(\frac{4,37}{7,65} \right)^2 \right]}{(4175 + 1744)^2}} \right] = \mathbf{1582 \text{ kN}}$$

Barras Comprimidas

Flambagem Global

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{8,76.30}{1582}} = 0,40$$

$$N_{cRe} = (0,658^{0,40^2}) \cdot 8,76.30 = 245,77 \text{ kN}$$

Flambagem Local

$$\lambda_l = \sqrt{\frac{245,77}{361,8}} = 0,824$$

$$\text{Se } \lambda_l > 0,776 \quad N_{c,Re} = \left(1 - \frac{0,15}{\lambda_\ell^{0,8}}\right) \frac{N_{c,Re}}{\lambda_\ell^{0,8}} \quad N_{cRl} = \left(1 - \frac{0,15}{0,824^{0,8}}\right) \cdot \frac{8,76 \cdot 30}{0,824^{0,8}} = 253,08 \text{ kN}$$

Flambagem Distorcional

$$\lambda_{dist} = \sqrt{\frac{8,76.30}{423}} = 0,788$$

$$N_{cRdist} = \left(1 - \frac{0,25}{0,788^{1,2}}\right) \cdot \frac{8,76 \cdot 30}{0,788^{1,2}} = 233,4 \text{ kN}$$

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

The screenshot shows the DimPerfil 4.0 software interface for dimensioning cold-formed steel profiles. The window title is "DimPerfil 4.0 - Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio".

Escolha do Perfil / Cálculo dos Esforços

Dimensões (cm):

- $\alpha = 0$
- $b_w = 15$
- $b_f = 6$
- $D = 2$
- $t = 0,3$
- $\beta = 90$

Comprimentos (cm):

- Lx: 120
- Ly: 60
- Lt: 60

Esforços Solicitantes:

- Nd: kN
- Mxd: kN.cm
- Myd: kN.cm
- Vd: kN

Coefficiente de Momento:

- Em X: Cb: 1
- Em Y: Cb: 1

Resultados:

Resultado: **Nc_MLE**

NBR 14762:2001 **186,936 kN**

Item a ser calculado: Var

Esforço Resistente à Compressão Centrada

- NBR 14762:2001
 - Flexão Composta
 - Nrd
 - Nt
 - Nc_MLE**
 - Ndist
 - Larguras efetivas
 - Mrd
 - Mxrd
 - Myrd
 - Flexão Composta

☐ Mostrar perfil

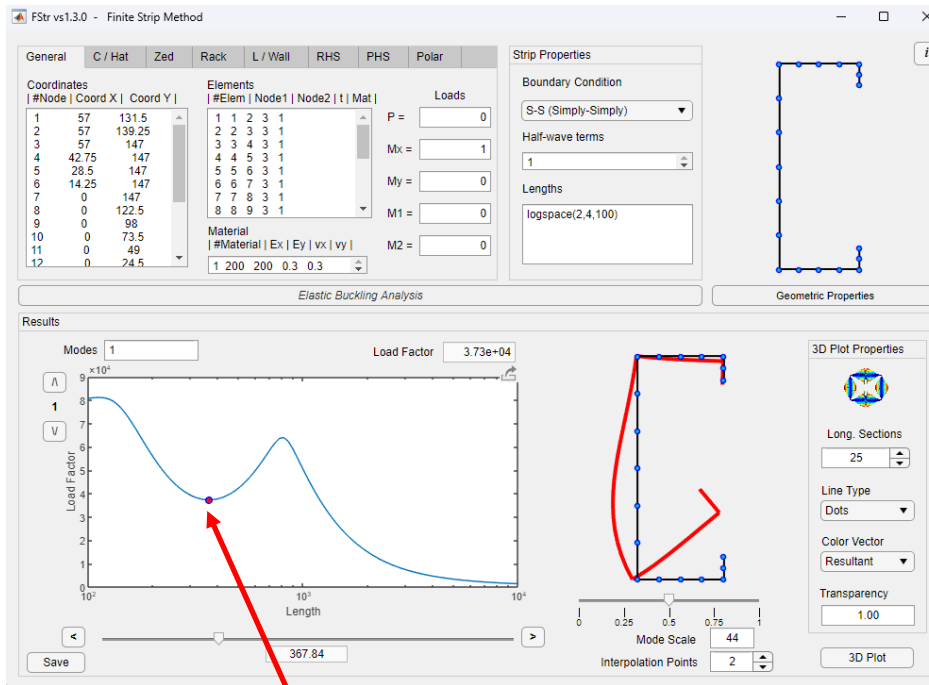
Fe = 175,694 kN/cm²
flambagem por flexo-torção
A = 8,708 cm²
 $\lambda_0 = 0,413$
 $\chi = 0,931$
 $\sigma = 27,931 \text{ kN/cm}^2$

MÉTODO DAS LARGURAS EFETIVAS (MLE)
Aef_MLE = 8,031 cm²
 $\gamma = 1,2$
Nc = 186,936 kN

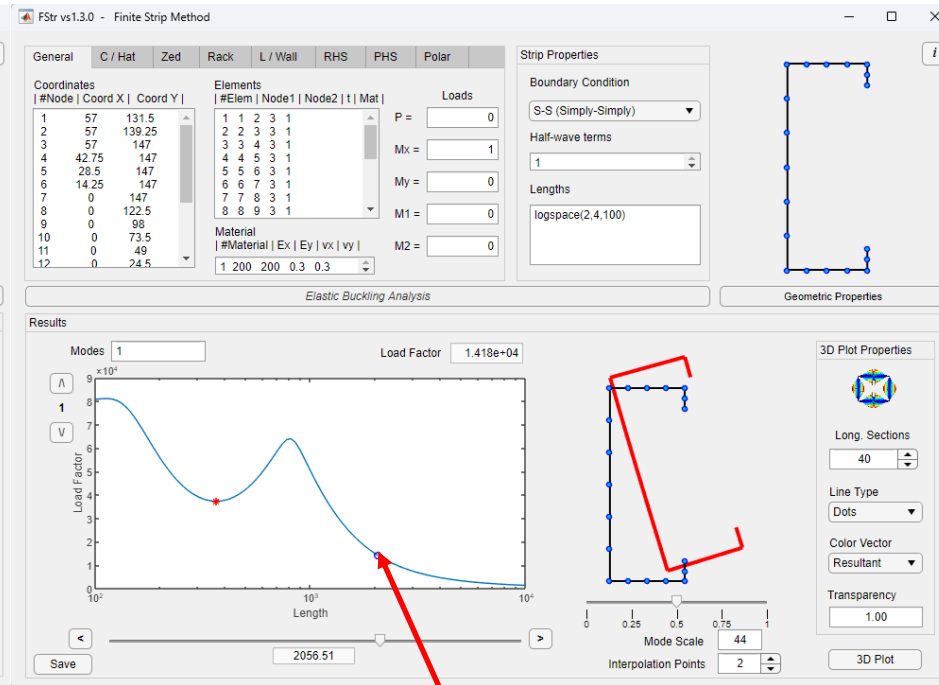
CALCULAR

☒ Relatório: ☒ Limpar anterior

Barras Flexionadas



Momento Crítico para
flambagem local e
distorcional: 3730 kN.cm



Momento Crítico para flambagem Lateral
com Torção: 1418 kN.cm ($L_b = 2056,51\text{mm}$)

Barras Flexionadas

Flambagem Lateral com Torção

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{W \cdot F_y}{M_e}}$$

Se $\lambda_0 \leq 0,60$ $M_{Re} = W \cdot F_y$

Se $0,6 < \lambda_0 < 1,336$ $M_{Re} = 1,11 \cdot (1 - 0,278\lambda_0^2) W \cdot F_y$

$\lambda_0 \geq 1,336$ $M_{Re} = \frac{W \cdot F_y}{\lambda_0^2}$

Flambagem Local

$$\lambda_l = \sqrt{\frac{M_{Re}}{M_l}}$$

Se $\lambda_l \leq 0,776$ $M_{Rl} = M_{Re}$

Se $\lambda_l > 0,776$ $M_{Rl} = \left(1 - \frac{0,15}{\lambda_l^{0,8}}\right) \frac{M_{Re}}{\lambda_l^{0,8}}$

Flambagem Distorcional

$$\lambda_{dist} = \sqrt{\frac{W \cdot F_y}{M_{dist}}}$$

Se $\lambda_{dist} \leq 0,673$ $N_{cRl} = W \cdot F_y$

Se $\lambda_{dist} > 0,673$ $M_{Rdist} = \left(1 - \frac{0,22}{\lambda_{dist}}\right) \frac{W f_y}{\lambda_{dist}}$

Barras Flexionadas

Flambagem Lateral com Torção

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{41,44.30}{1418}} = 0,9363$$

$$\text{Se } 0,6 < \lambda_0 < 1,336$$

$$M_{Re} = 1,11. (1 - 0,278.0,9363^2) 41,44.30 = 1043,64 \text{ kN.cm}$$

Flambagem Local

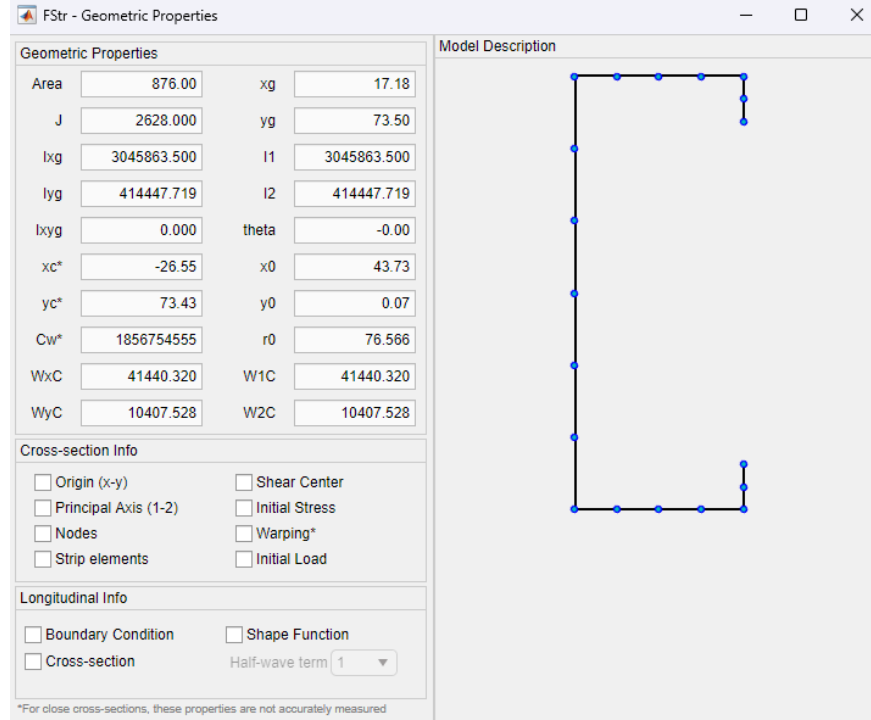
$$\lambda_l = \sqrt{\frac{1043,64}{3730}} = 0,52$$

$$\text{Se } \lambda_l \leq 0,776 \quad M_{Rl} = M_{Re} = 1043,64 \text{ kN.cm}$$

Flambagem Distorcional

$$\lambda_{dist} = \sqrt{\frac{41,44.30}{3730}} = 0,577$$

$$\text{Se } \lambda_{dist} \leq 0,673 \quad N_{cRl} = 41,44.30 = 1243,20 \text{ kN.cm}$$



DimPerfil 4.0 - Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio

File Help

Escolha do Perfil Cálculo dos Esforços

Dimensões (cm)

$\alpha = 0$
 $b_w = 15$
 $b_f = 6$
 $D = 2$
 $t = 0.3$
 $\beta = 90$

Comprimentos (cm)

Lx: 600
 Ly: 205,6
 Lt: 205,6

Esforços Solicitantes

Nd: kN
 Mxd: kN.cm
 Myd: kN.cm
 Vd: kN

Coefficiente de Momento

Em X Cb: 1
 Em Y Cb: 1

Ue

Resultados

Resultado:
Mxrd

NBR 14762:2001
932,42 kN.cm

☒ Relatório: ☒ Limpar anterior

CALCULAR

Abrir Relatório Salvar Relatório Gerar Tabela

Item a ser calculado: Var

Momento fletor em relação ao eixo X

Nrd
 Nt
 Nc_MLE
 Ndist
 Larguras efetivas
 Mrd
 Mxrd
 Myrd
 Flexão Composta
 Cortante
 Flexão e Cisalhamento

☐ Mostrar perfil

máxima coordenada $y = 1,5$ cm (para comprimida)
 $I_{xef} = 297,56 \text{ cm}^4$
 $W_{xcef_MLE} = 39,67 \text{ cm}^3$
 $\gamma = 1,1$
 $W_{cef} = 39,67 \text{ cm}^3$
 $M_{xflt} = 932,42 \text{ kN.cm}$

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [N]

$M_{xesc} = 1082,04 \text{ kN.cm}$
 $M_{xflt} = 932,42 \text{ kN.cm}$
 $M_{xdist} = 1082,04 \text{ kN.cm}$
 $M_{xrd} = 932,42 \text{ kN.cm}$

By Edson Lubas Silva

Exercício: Determinar a máxima capacidade à compressão do perfil abaixo

$L_x = 60\text{cm}$

$L_y = 170\text{cm}$ ASTM A36 --- $F_Y = 25 \text{ kN/cm}^2$

FStr - Geometric Properties

Geometric Properties

Area	600.00	xg	-41.56
J	800.000	yg	-52.68
I _{xg}	1298677.518	I ₁	1298677.518
I _{yg}	297023.261	I ₂	297023.261
I _{xgy}	-0.056	theta	0.00
xc*	-86.58	x0	45.01
yc*	-52.66	y0	0.02
C _w *	1276295205	r0	68.452
W _x C	21644.623	W ₁ C	21644.622
W _y C	7146.406	W ₂ C	7146.406

Cross-section Info

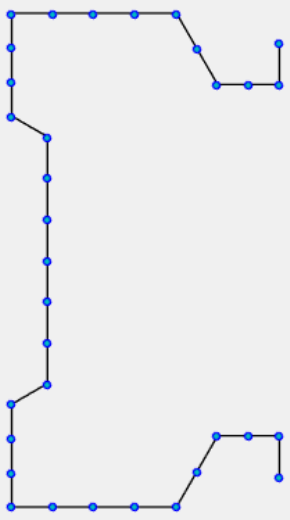
☐ Origin (x-y)	☐ Shear Center
☐ Principal Axis (1-2)	☐ Initial Stress
☐ Nodes	☐ Warping*
☐ Strip elements	☐ Initial Load

Longitudinal Info

☐ Boundary Condition	☐ Shape Function
☐ Cross-section	Half-wave term 1

*For close cross-sections, these properties are not accurately measured

Model Description

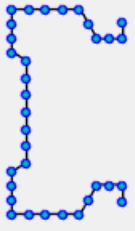


FStr vs1.3.0 - Finite Strip Method

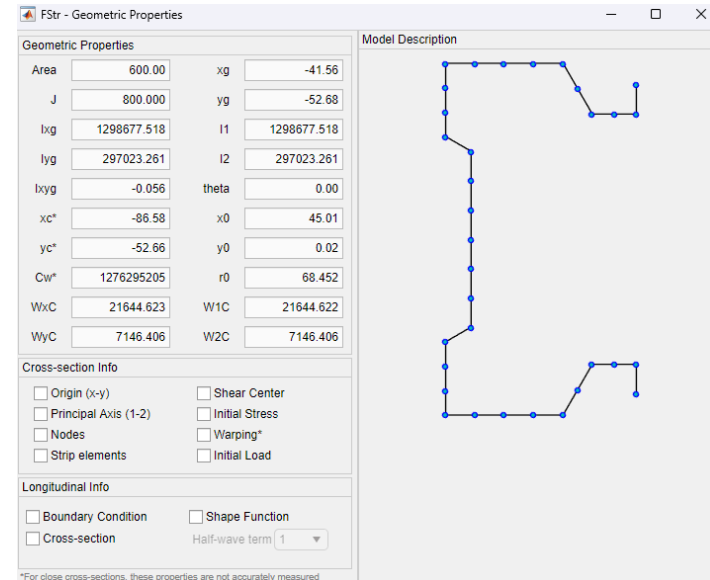
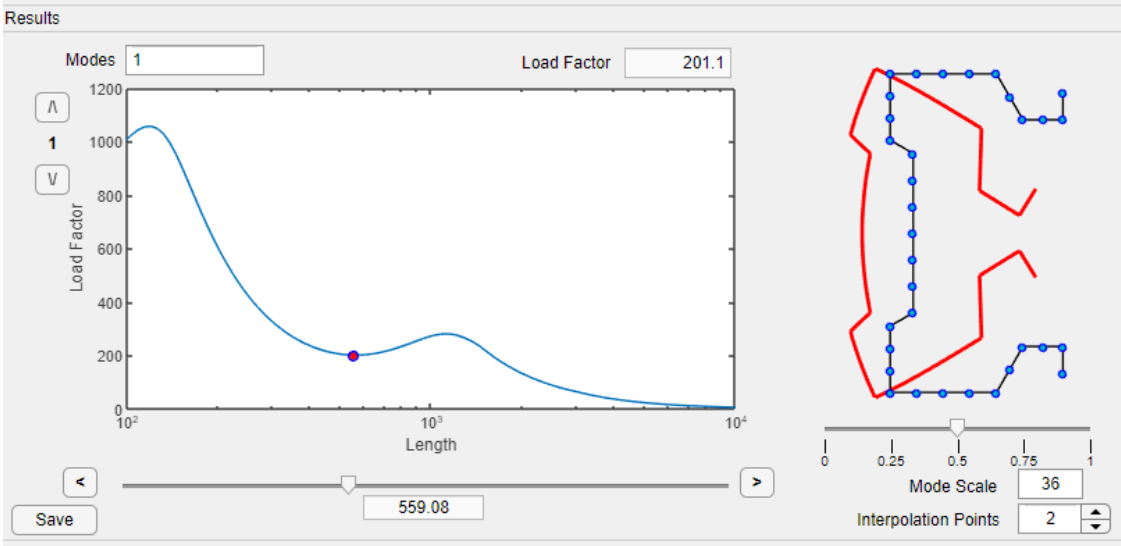
General C / Hat Zed Rack L / Wall RHS PHS Polar

Wall Distance Angle Thickness # Intermediate Nodes

1	10	-90	2	0
2	15	180	2	1
3	20	120	2	1
4	40	180	2	3
5	25	270	2	2
6	10	-30	2	0
7	60	-90	2	5
8	10	210	2	0
9	25	270	2	2
10	40	0	2	3
11	20	60	2	1



Elastic Buckling Analysis



Carga Crítica de Flambagem Local e Distorcional = 201,1 kN

L_x = 120cm, L_y = 60cm

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(k_x \cdot L_x)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \cdot 20000 \cdot 129,87}{(1 \cdot 120)^2} = 1780,23 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(k_y \cdot L_y)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \cdot 20000 \cdot 29,70}{(1 \cdot 60)^2} = 1628,48 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right] \quad N_{Ez} = \frac{1}{6,84^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 20000 \cdot 1276}{60^2} + 7700 \cdot 0,08 \right] = 1508,6 \text{ kN}$$

$$N_{Exz} = \frac{1780,23 + 1508,60}{2 \left[1 - \left(\frac{4,50}{6,84} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 1780,23 \cdot 1508,60 \left[1 - \left(\frac{4,50}{6,84} \right)^2 \right]}{(1780,23 + 1508,60)^2}} \right] = 983,49 \text{ kN}$$

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Flambagem Global

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{6,25}{983,49}} = 0,39$$

$$N_{cRe} = (0,658^{0,39^2}) \cdot 6,25 = 108,21 \text{ kN}$$

Flambagem Local

$$\lambda_l = \sqrt{\frac{108,21}{201,1}} = 0,733$$

$$N_{cRl} = 108,21 \text{ kN}$$

Flambagem Distorcional

$$\lambda_{dist} = \sqrt{\frac{6 \cdot 25}{201,1}} = 0,863$$

$$N_{cRd} = \frac{108,21}{1,2} = 90,17 \text{ kN}$$

$$\text{Se } \lambda_{dist} > 0,561$$

$$N_{cRdist} = \left(1 - \frac{0,25}{0,863^{1,2}}\right) \cdot \frac{6 \cdot 25}{0,863^{1,2}} = 125,60 \text{ kN}$$

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas