

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE UM  
EDIFÍCIO COMERCIAL EM ESTRUTURA  
METÁLICA**

RICARDO OLIVEIRA ALMEIDA

## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>FOLHA</u>
1	INTRODUÇÃO	3
2	OBJETIVO	3
3	PROGRAMAS UTILIZADOS	7
4	DESENVOLVIMENTO	7
5	CONCLUSÃO	42
6	NORMAS / BIBLIOGRAFIA ADOTADAS	42

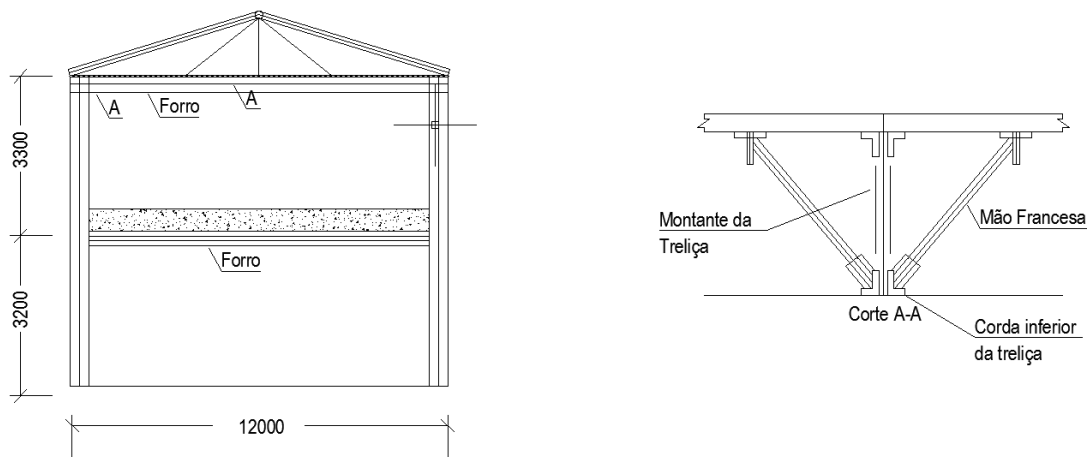
# 1 INTRODUÇÃO

A utilização de estruturas metálicas na engenharia de estruturas tem sido crescente no Brasil. Os perfis metálicos podem proporcionar estruturas com peso muito reduzido quando comparados com outros sistemas estruturais.

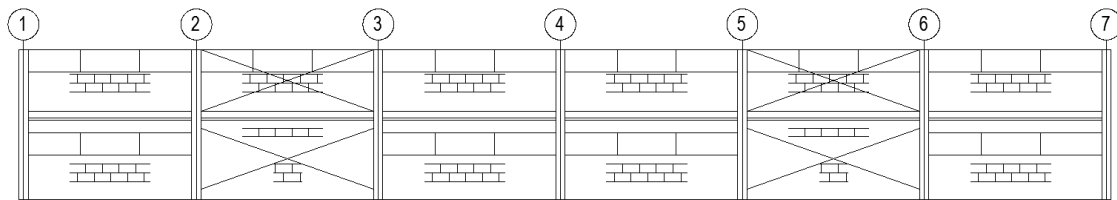
A facilidade de transporte e montagem das estruturas é uma grande vantagem desse tipo de construção, além de maior velocidade de construção e cargas menores para a fundação

# 2 OBJETIVO

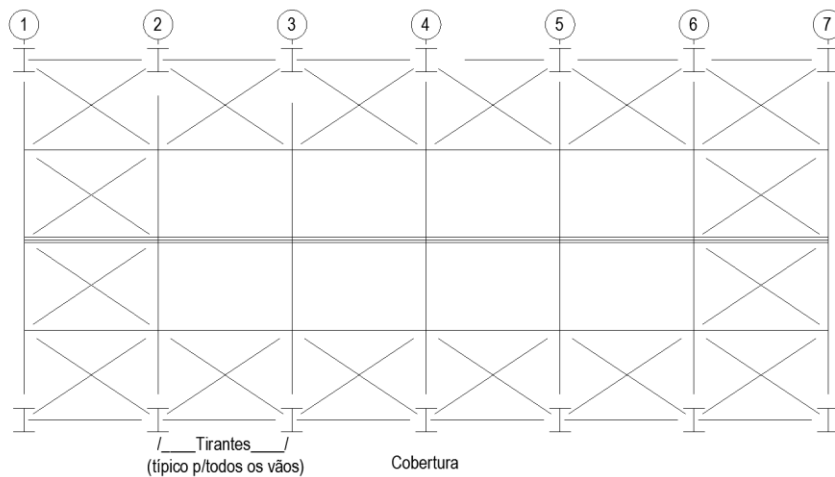
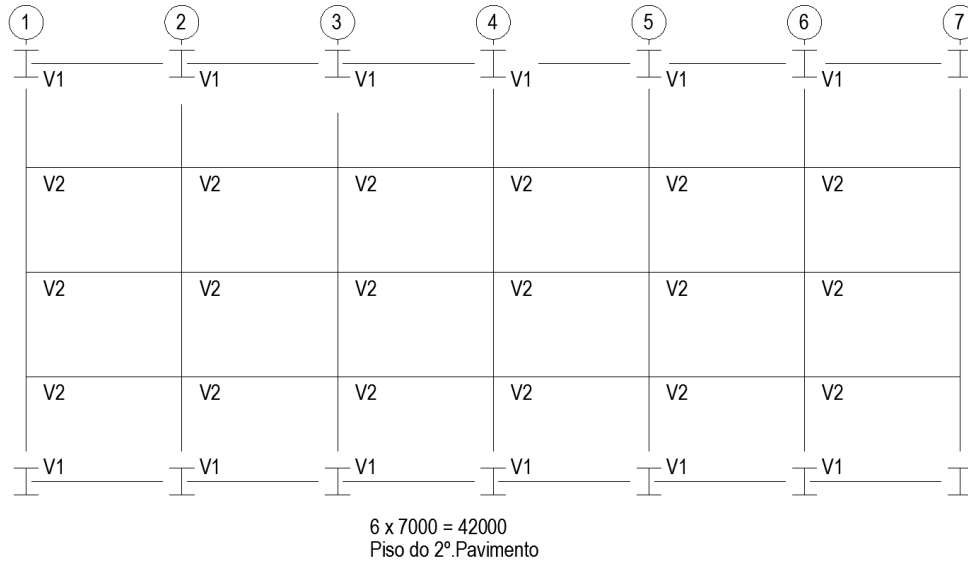
Esse trabalho tem como objetivo Analisar e Dimensionar a seguinte estrutura metálica para edifício comercial:



Seção Transversal



6 x 7000 = 42000  
Fachadas Laterais



**Considerando o edifício comercial apresentado nas figuras acima pede-se:**

**2.1) Pré-dimensionar as barras que compõem os pórticos internos, sabendo-se que:**

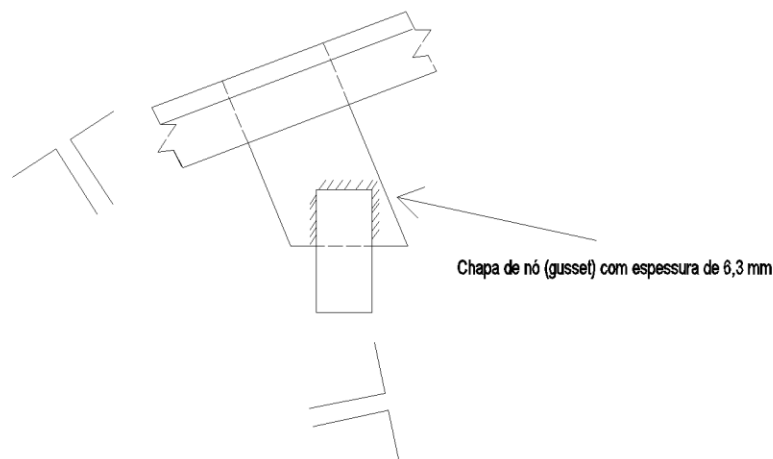
- a) Os pilares (barras 1 a 4) devem possuir perfil laminado do tipo H da Gerdau Açominas com altura de 250 mm ou 310 mm, em aço ASTM A572 – GR50;
- b) A viga do pórtico (barras 5 a 8) deve possuir perfil soldado da série VS da ABNT NBR 5884 com altura entre 550 mm e 650 mm (usar apenas os perfis tabelados no apêndice C da apostila do curso), em aço USI CIVIL 300;
- c) As cordas inferior (barras 9 a 12) e superior da treliça de cobertura (barras 13 a 16) devem possuir perfil em cantoneira dupla da série baseada em polegadas com abas entre 50,8 mm e 76,2 mm, em aço ASTM36;

d) Os montantes (barras 17,19 e 21) e as diagonais (barras 18 e 20) da treliça de cobertura devem possuir perfil em cantoneira dupla da série baseada em polegadas com abas entre 44,45 mm e 63,5 mm, em aço ASTM A36.

2.2) Obter todas as combinações últimas de ações possíveis, visando a análise estrutural pelo procedimento unificado do subitem 5.5.2.3 da apostila do curso. Adotar as ações agrupadas, conforme o subitem 4.3.2.3.2 da apostila do curso, levando-se em conta os fatores de combinação.

2.3) Efetuar a análise estrutural dos pórticos internos para a combinação 05, usando o método da amplificação dos esforços solicitantes (MAES), e obter, os máximos esforços solicitantes de cálculo nas barras.

2.4) Dimensionar as barras que podem estar submetidas a força axial de tração de cálculo da treliça de cobertura dos pórticos internos, sabendo-se que as mesmas terão ligação soldada por apenas uma das abas, como ilustra a figura a seguir, utilizando, se necessário, chapas espaçadoras. Usar cantoneira dupla da série baseada em polegadas, em aço ASTM A36. Em todas as barras da corda superior, todas as barras das diagonais e todas as barras dos montantes. Considerar estados-limites últimos e de serviço.



2.5) Dimensionar as barras que podem estar submetidas a força axial de compressão de cálculo da treliça de cobertura dos pórticos internos, prevendo chapas espaçadoras se necessárias. Usar cantoneira dupla da série baseada em polegadas, em aço ASTM A36. Todas as barras da corda inferior devem ter a mesma seção transversal, assim como todas as barras da corda inferior, todas as barras das diagonais e todos as barras dos montantes. Considerar estados-limites últimos e de serviço.

2.6) Dimensionar a viga dos pórticos internos em perfil soldado da série VS da ABNT NBR 5884 ( usar apenas os perfis tabelados no apêndice C da apostila do curso),em aço USI CIVIL 300.Considerar estados-limites últimos e de serviço.

2.7) Dimensionar as vigas V1 e V2 do piso do segundo pavimento,usando perfis I laminados da Gerdau AÇOMINAS,em aço ASTM A572-GR 50.Considerar estados-limites últimos de serviço.

2.8) Dimensionar os pilares dos pórticos internos em perfil H laminado da Gerdau Açominas,em aço ASTM A572 GR 50.Todos os pilares do 1º. e 2º. Pavimentos devem ter a mesma seção transversal.Considerar estados-limites últimos e de serviço.

2.9) Com os perfis obtidos no dimensionamento,verificar o deslocamento horizontal dos pórticos internos.

### 3 PROGRAMAS UTILIZADOS

Foram utilizados os seguintes programas nesse trabalho:

- SAP2000 v14
- Microsoft Excel

### 4 DESENVOLVIMENTO

#### 4.1 Pré Dimensionamento:

Pilares nível superior = HP 310x79 – A572 Gr 50

Pilares nível inferior = HP 310x93 – A572 Gr 50

Viga do pórtico interno = VS 600x81 – A36

Corde inferior e superior da treliça de cobertura = 2L 76 x 4.8 – A36

Montantes e diagonais da treliça de cobertura = 2L 63.5 x 4.8 – A36

#### 4.2 Carregamentos:

Carga Permanente:

No piso 2º Pavimento:

Estrutura (vigamento metálico) = 0,37 kN/m<sup>2</sup>

Forro = 0,20 kN/m<sup>2</sup>

Laje: 0,1 x 25 = 2,50 kN/m<sup>2</sup>

Revestimento da Laje = 0,50 kN/m<sup>2</sup>

Total = 3,57 kN/m<sup>2</sup>

Na Cobertura

Telhas = 0,07 kN/m<sup>2</sup>

Estrutura (tesoura treliçada, terças e mão francesa) = 0,17 kN/m<sup>2</sup>

Forro = 0,20 kN/m<sup>2</sup>

Total = 0,44 kN/m<sup>2</sup>

Sobrecarga:

No piso 2º Pavimento:

Valor usual = 2,0 kN/m<sup>2</sup>

Devido às paredes = 1,0 kN/m<sup>2</sup>

Total = 3,0 kN/m<sup>2</sup>

Na cobertura:

Valor usual = 0,25 kN/m<sup>2</sup>

#### 4.3 Combinações últimas de ações possíveis

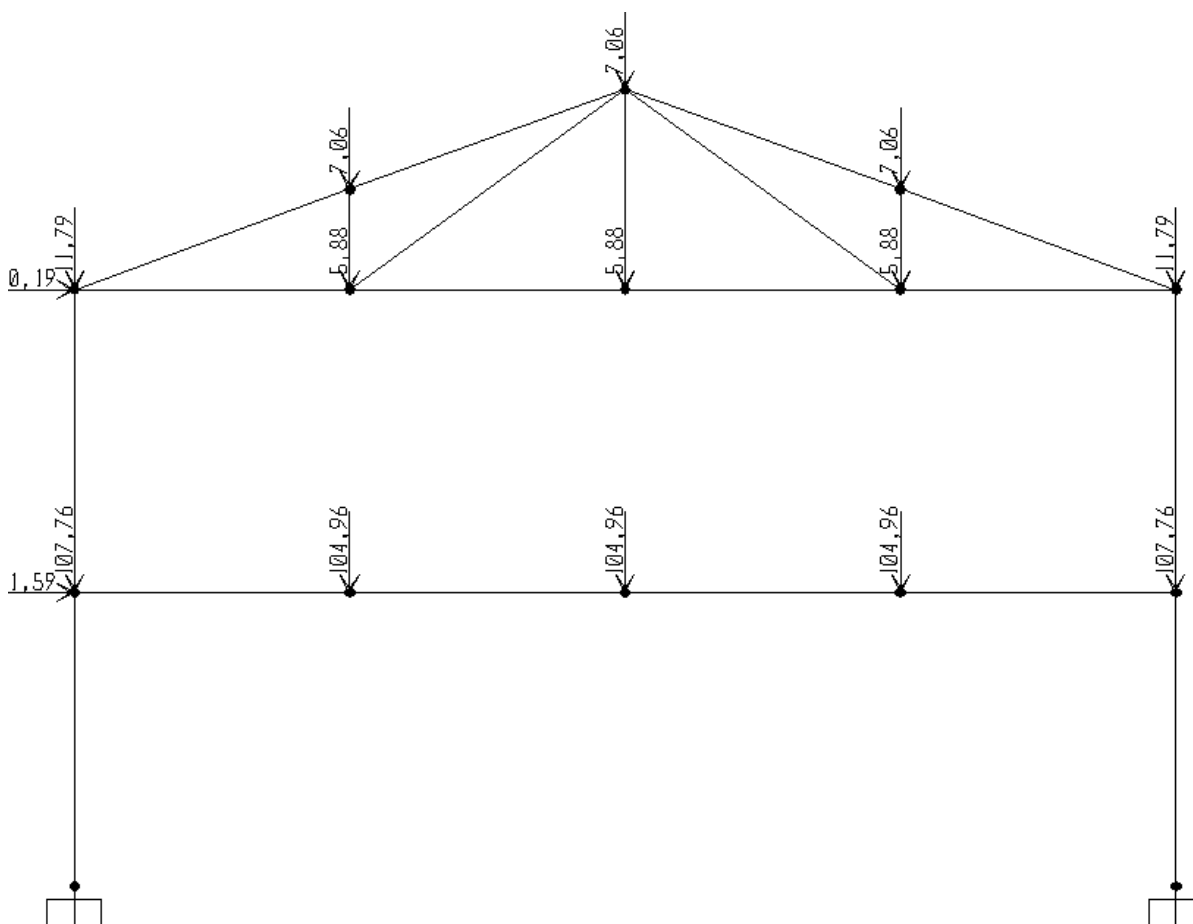
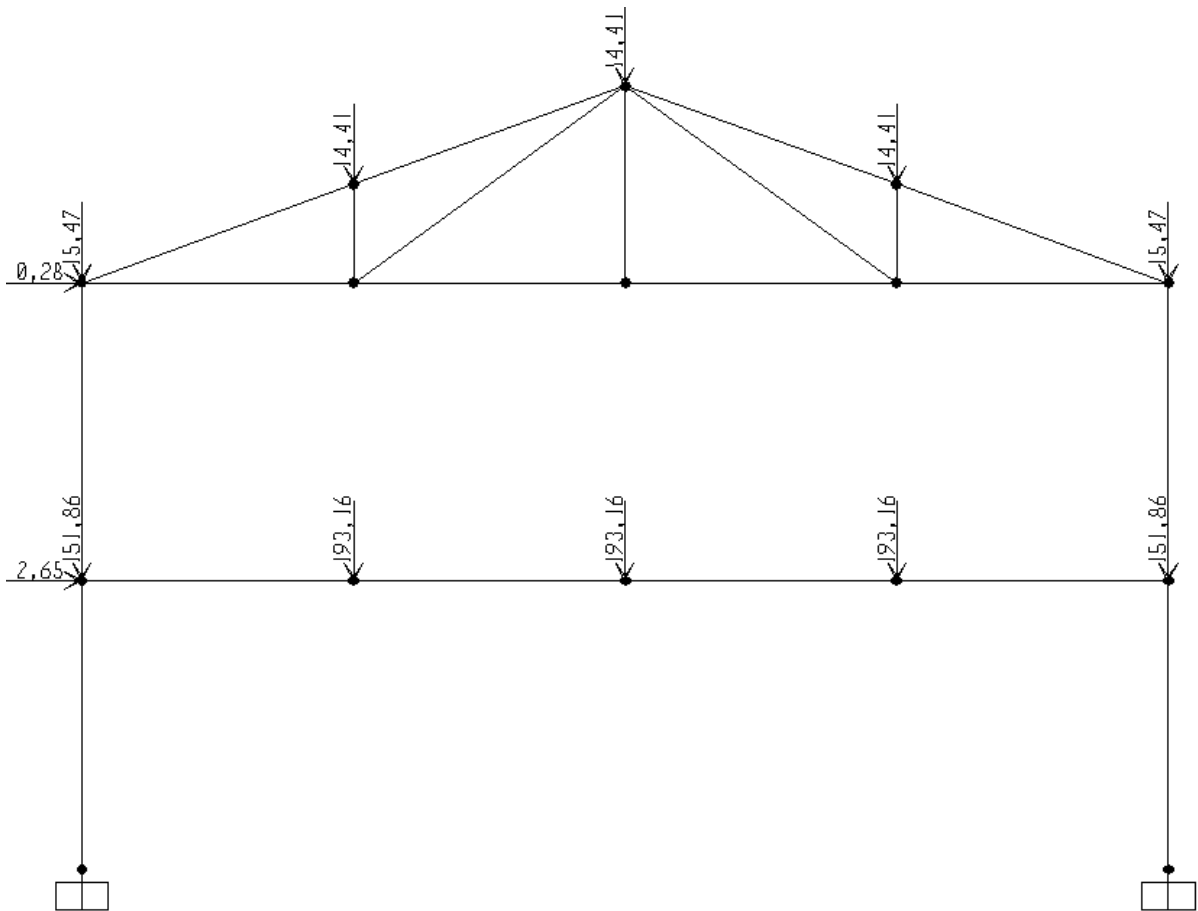


Figura 1 – Hipótese 01 – 1,4 x Carga Permanente + Imperfeições Geométricas + Imperfeições de material

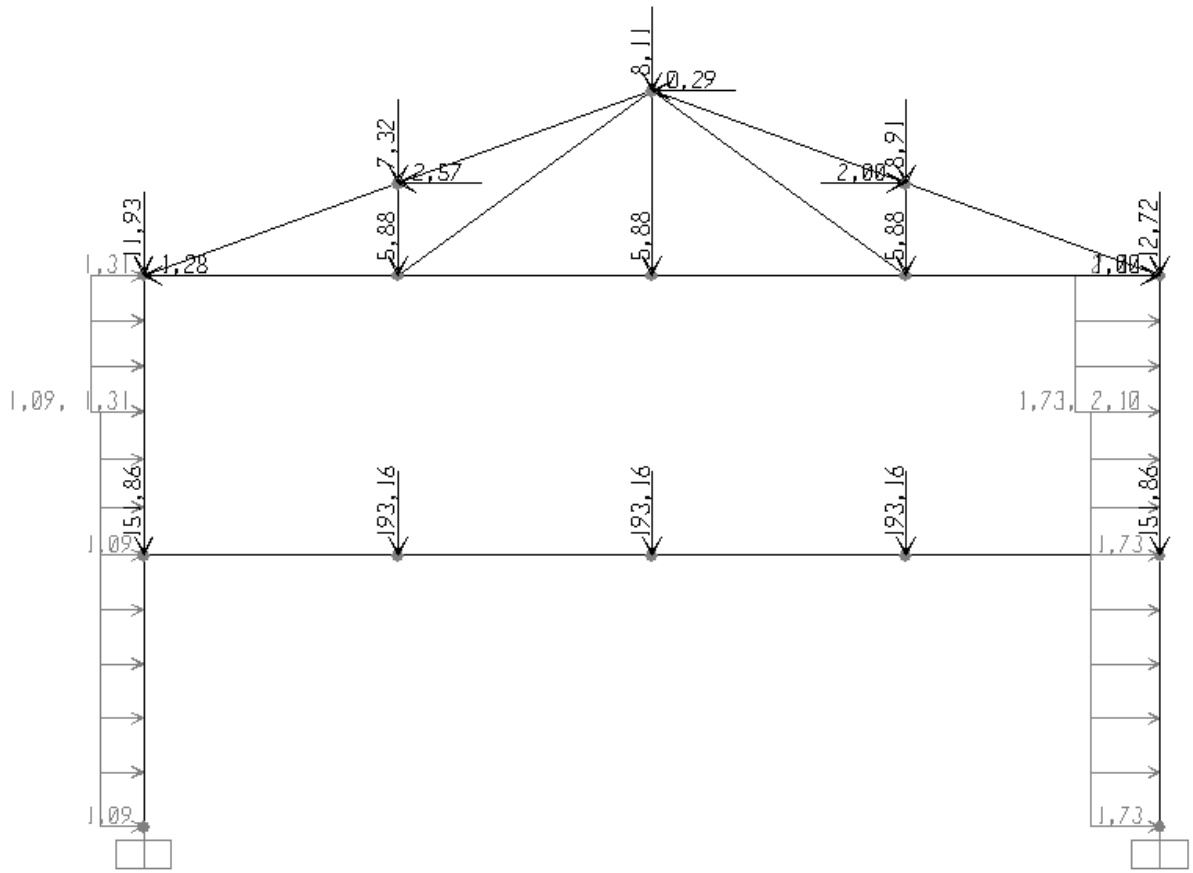




**Figura 2 – Hipótese 02 – 1,4x (Carga Permanente + Sobrecarga) + Imperfeições Geométricas + Imperfeições de Material**







**Figura 5 – Hipótese 05 – 1,4 x (Carga Permanente + Vento) + 1,4x0,7x Sobrecarga + Imperfeições de Material**

Material Property Data		Material Property Data	
<b>General Data</b>		<b>General Data</b>	
Material Name and Display Color	A572G50	Material Name and Display Color	A36
Material Type	Steel	Material Type	Steel
Material Notes	Modify/Show Notes...	Material Notes	Modify/Show Notes...
<b>Weight and Mass</b>		<b>Weight and Mass</b>	
Weight per Unit Volume	76.9729	Weight per Unit Volume	76.9729
Mass per Unit Volume	7.849	Mass per Unit Volume	7.849
<b>Isotropic Property Data</b>		<b>Isotropic Property Data</b>	
Modulus of Elasticity, E	16000000	Modulus of Elasticity, E	16000000
Poisson's Ratio, U	0.3	Poisson's Ratio, U	0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05	Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	6153846	Shear Modulus, G	6153846
<b>Other Properties for Steel Materials</b>		<b>Other Properties for Steel Materials</b>	
Minimum Yield Stress, Fy	344737.9	Minimum Yield Stress, Fy	248211.28
Minimum Tensile Stress, Fu	448159.3	Minimum Tensile Stress, Fu	399896
Effective Yield Stress, Fye	379211.7	Effective Yield Stress, Fye	372316.9
Effective Tensile Stress, Fue	492975.2	Effective Tensile Stress, Fue	439885.6

**Figura 6 – Propriedades dos Materiais**

#### 4.4 Análise Estrutural do Pórtico Interno para a Hipótese 05

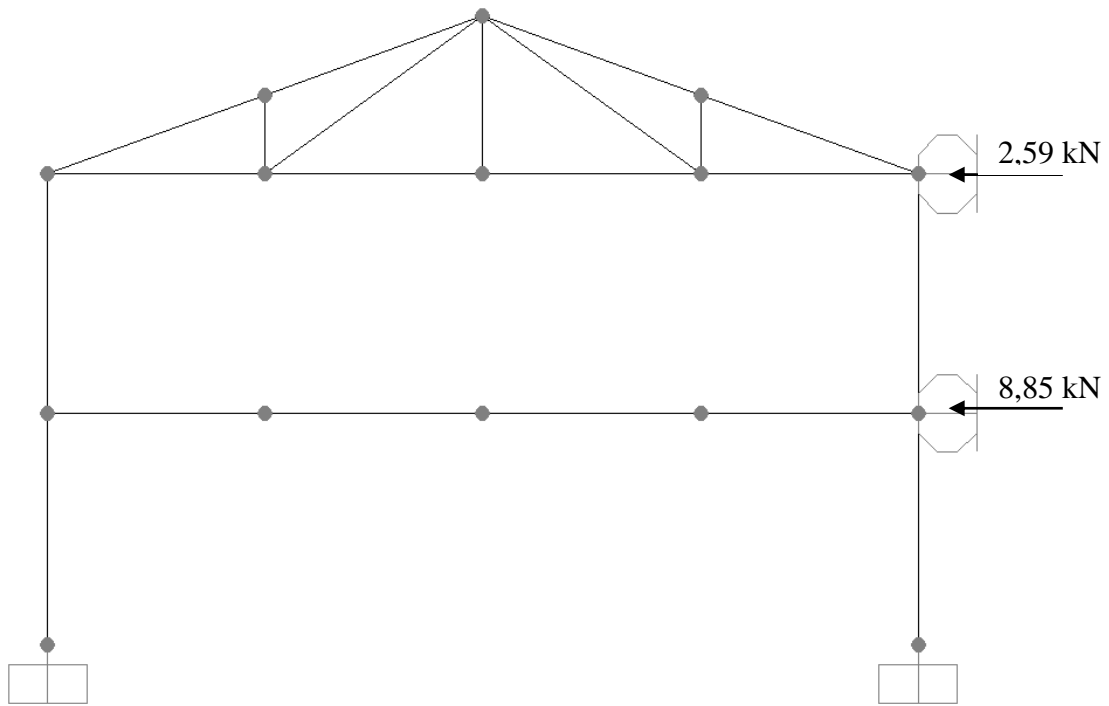


Figura 6 - Estrutura NT

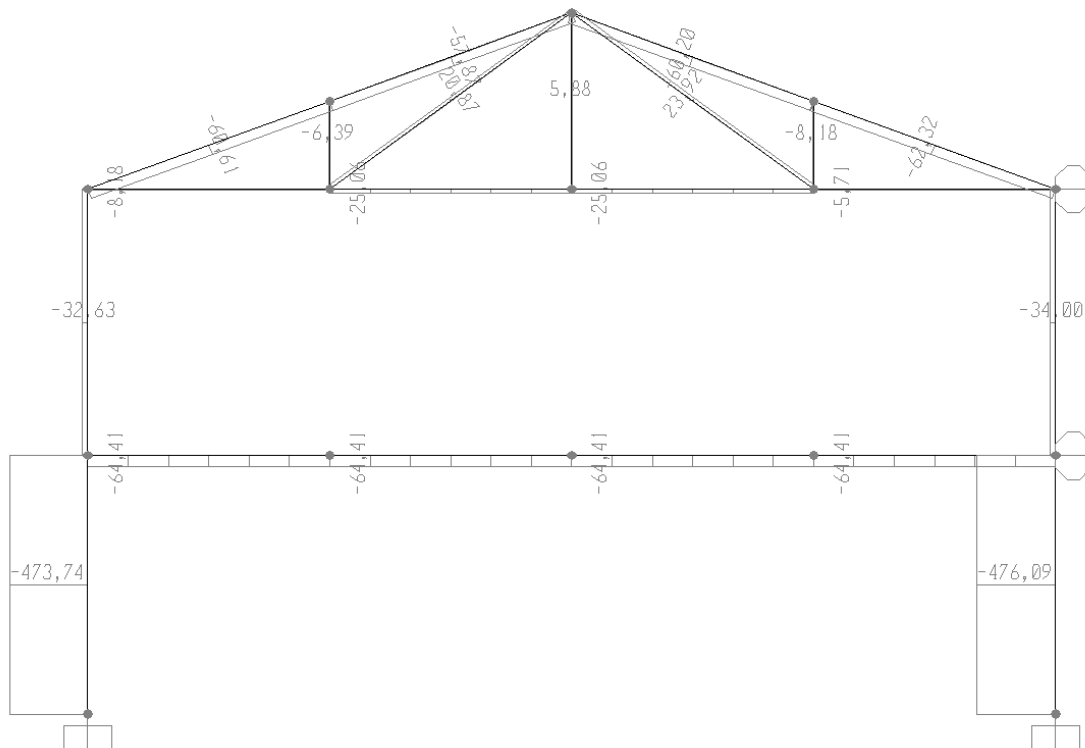
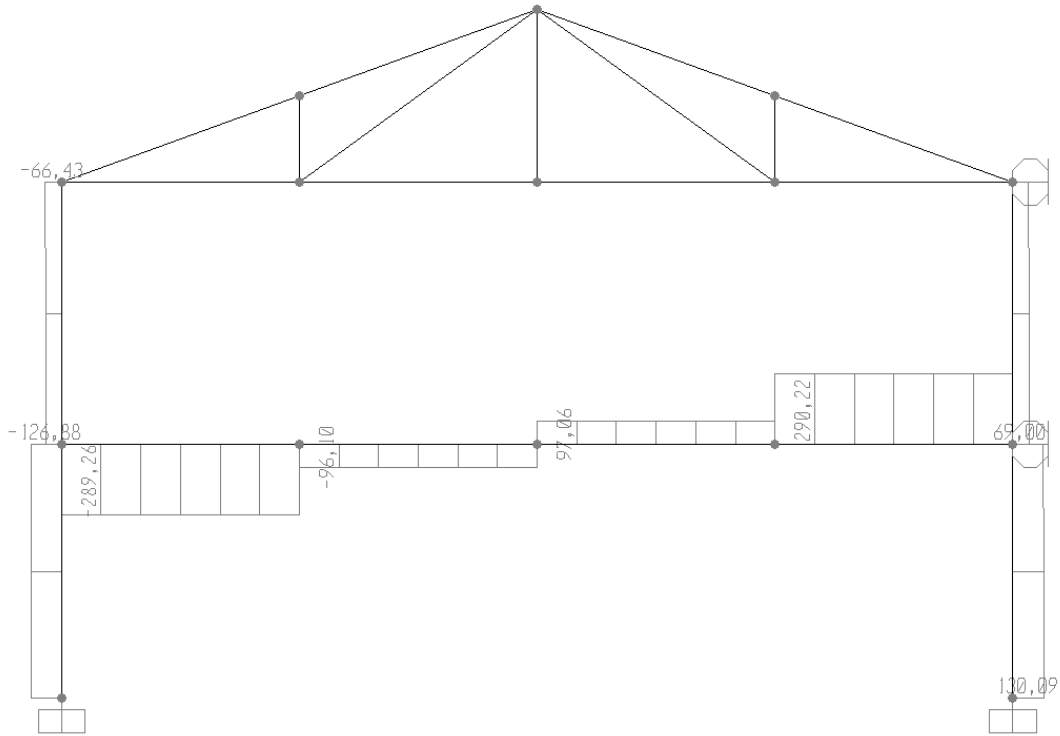
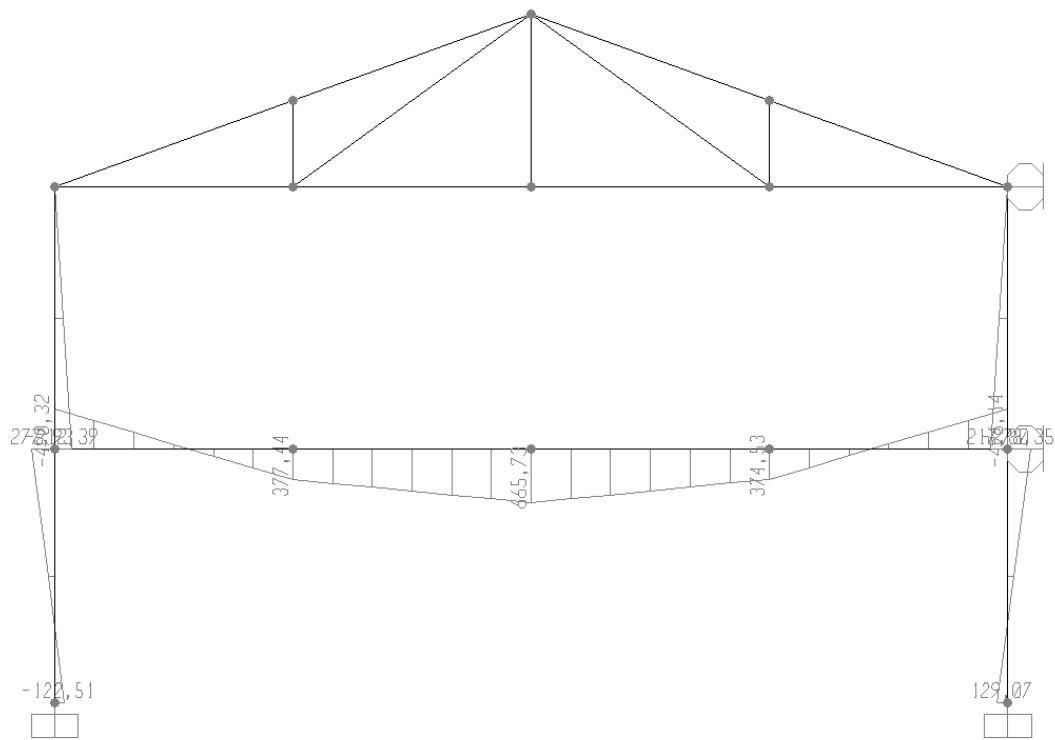


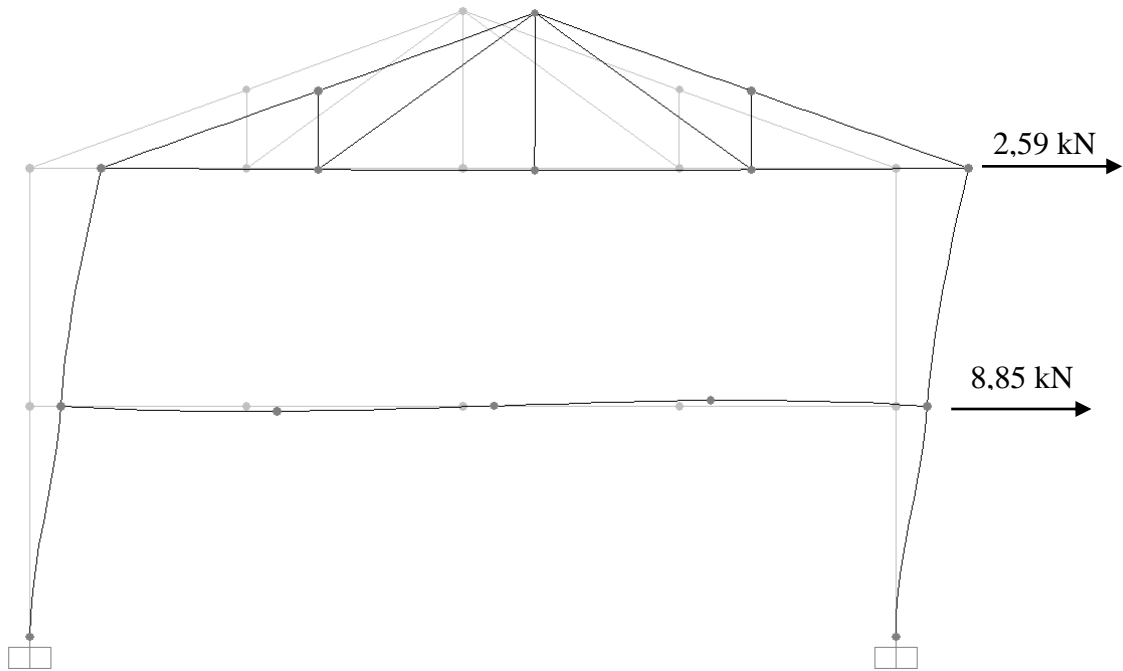
Figura 7 - Diagrama de Força Axial (kN)



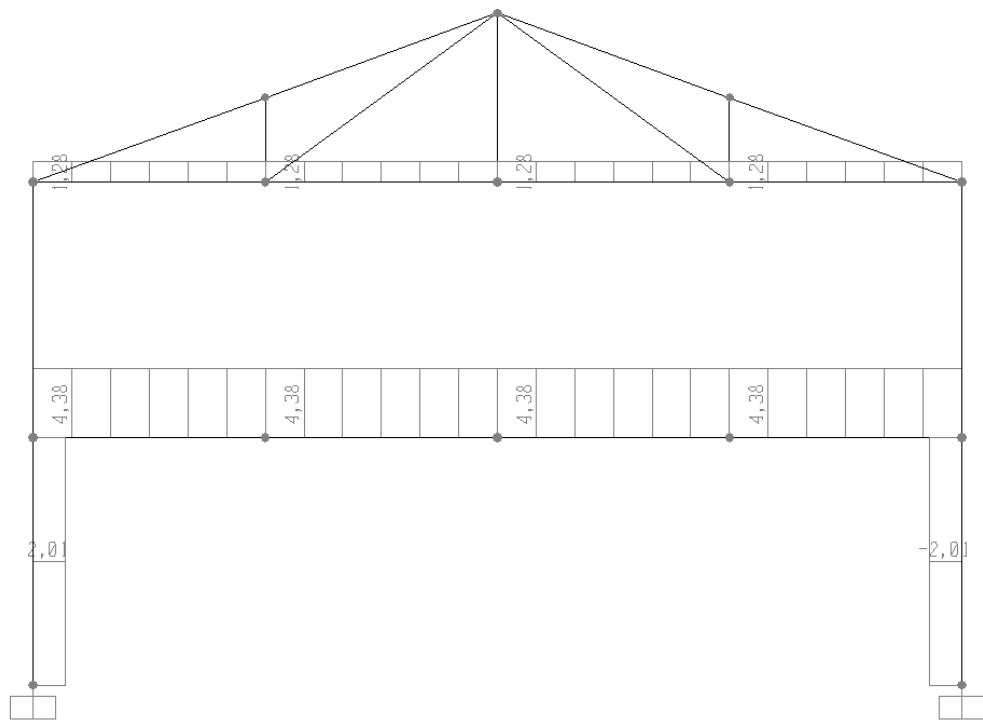
**Figura 8 - Diagrama de Força Cortante (kN)**



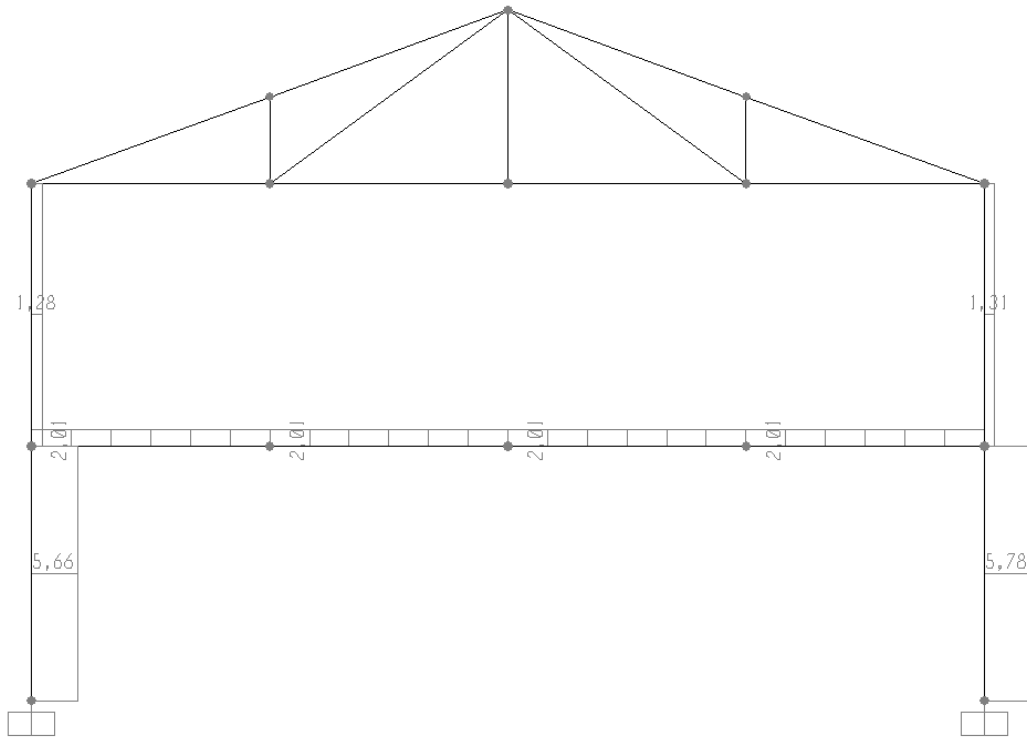
**Figura 9 - Diagrama de Momento Fletor (kN.m)**



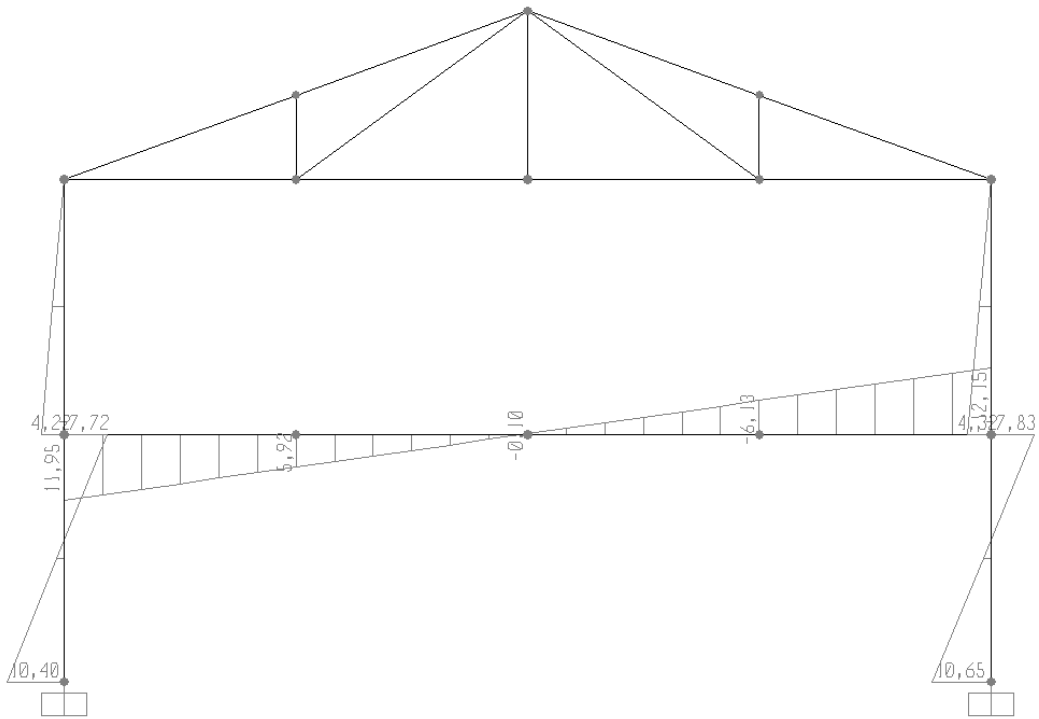
**Figura 10 - Estrutura It**



**Figura 11 - Diagrama Força Axial (kN)**



**Figura 11 – Diagrama de Força Cortante (kN)**



**Figura 12-Diagrama de momento Fletor (kN.m)**



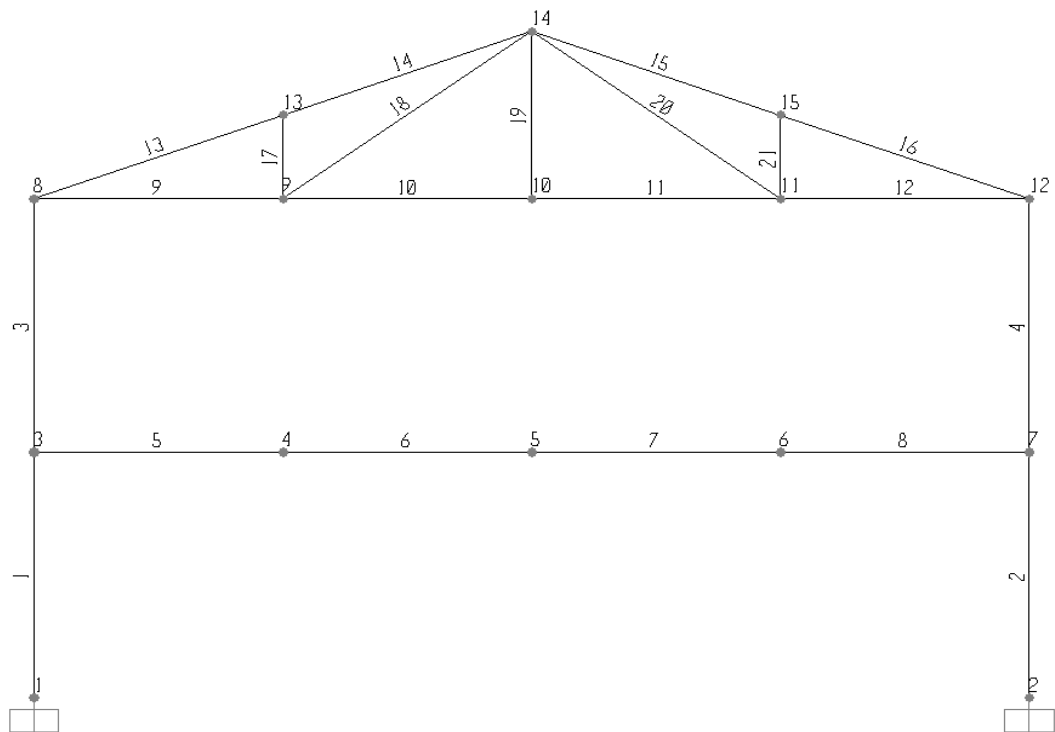


Figura 12 - Identificação Nós e Barras

CALCULO DO COEFICIENTE B1											
BARRA	M1	M2	Cm	Nnt	Nlt	Nsd1= Nnt + Nlt	Ix	L	Ne	B1	Usar
-	(kN.m)	(kN.m)		(kN)	(kN)	(kN)	cm4	cm	(kN)		
1	122,51	277,93	0,4	-473,74	2,01	-471,73	16316	320	25161	0,42	1,00
2	129,07	278,35	0,4	-476,09	-2,01	-478,10	16316	320	25161	0,41	1,00
3	0,00	212,39	0,6	-32,63	0,00	-32,63	16316	330	23659	0,60	1,00
4	0,00	217,80	0,6	-34,00	0,00	-34,00	16316	330	23659	0,60	1,00
5			1,0	-64,41	4,38	-60,03	92487	300	-	1,00	1,00
6			1,0	-64,41	4,38	-60,03	92487	300	-	1,00	1,00
7			1,0	-64,41	4,38	-60,03	92487	300	-	1,00	1,00
8			1,0	-64,41	4,38	-60,03	92487	300	-	1,00	1,00

CALCULO DO COEFICIENTE B2						
ANDAR	$\Delta i$	$\Delta h = \Delta i - \Delta i-1$	H (cm)	$\Sigma Nsd$ (KN)	$\Sigma Hsd$ (KN)	B2
1	0,12	0,21	320	949,83	9,59	1,08
2	0,26	0,05	330	66,63	3,98	1,00

BARRA	$N_{nt}$	$N_{lt}$	$V_{nt}$	$V_{lt}$	$M_{nt}$	$M_{lt}$	$N_{sd} = N_{nt} + B2 N_{lt}$	$V_{sd} = V_{nt} + V_{lt}$	$M_{sd} = B1.M_{nt} + B2 M_{lt}$	No
-	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN.m)	(kN.m)	(kN)	(kN)	(kN.m)	-
1	-473,74	2,01	-123,40	5,66	277,93	-7,72	-471,56	-117,74	269,57	3
2	-476,09	-2,01	130,09	5,78	-278,35	-7,83	-478,27	135,87	-286,83	2
3	-32,63	0,00	-62,48	1,28	-212,39	4,22	-32,63	-61,20	-207,82	3
4	-34,00	0,00	70,00	1,31	217,80	4,32	-34,00	71,31	222,48	7
5	-64,41	4,38	289,26	2,01	-490,32	11,95	-64,41	291,27	-477,38	3
6	-64,41	4,38	96,00	2,01	665,73	-0,10	-64,41	98,01	665,62	5
7	-64,41	4,38	97,06	2,01	665,73	-0,10	-64,41	99,07	665,62	5
8	-64,41	4,38	290,22	2,01	-496,14	-12,15	-64,41	292,23	-509,30	7

#### 4.5 Dimensionamento das barras submetidas à força axial de tração

##### Barra 20

Diagonais e montantes – 2L 63,5 x 4,8 ASTM A-36

Escoamento da Seção Bruta

$$N_{t, Rd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,10} = \frac{11,6 \times 25}{1,10} = 263,64 \text{ kN}$$

Ruptura da Seção Líquida

$$N_{t, Rd} = \frac{A_e \cdot F_u}{1,35} = \frac{9,86 \times 40}{1,35} = 292,14 \text{ kN}$$

$$A_e = C_t \times A_n = 0,85 \times 11,6 = 9,86 \text{ cm}^2$$

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 1 - \frac{1,75}{12} = 0,85$$

##### Eslidez

$$\lambda_{\max} = \frac{L}{r_{\min}} = \frac{371}{r_x} = \frac{371}{1,98} = 187,37 < 300 \quad \text{Ok!!}$$

##### Chapas Espaçadoras

$$\lambda_{\max} = \frac{L}{r_{\min}} = \frac{371}{r_x} = \frac{371}{1,98} = 187,37 < 300 \quad \text{Ok!! ( Não precisa de chapas espaçadoras)}$$

## 4.6 Dimensionamento das barras submetidas à força axial de compressão

### Barra 16

Corda Superior – 2 L 76 x 4,8 ASTM A-36

$$N_{c,sd} = 62,29 \text{ kN}$$

$$A_g = 2 \times 7,0 = 14 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2 \times 40 = 80 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 140 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 2,39 \text{ cm}$$

$$r_y = 3,16 \text{ cm}$$

Flambagem Local

$$\frac{b}{t} = \frac{76}{4,8} = 15,83$$

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = 0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 12,73$$

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{sup} = 0,91x \sqrt{\frac{E}{f_x}} = 25,74$$

$$Q = Q_s = 1,34 - 0,76x \left(\frac{b}{t}\right) x \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,91$$

### Instabilidade Global

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 20.000 \times 80}{(320)^2} = 154,21 \text{ kN}$$

$$\lambda_x = \frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{320}{2,39} = 133,89 = 187,37 < 200 \quad \text{Ok!!}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = \frac{\pi^2 \times 20.000 \times 140}{(320)^2} = 269,87 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \left( \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right) \quad c_w = 0$$

$$J = \frac{1}{3} x^2 (7,6 \times 0,48^3 + (7,6 - 0,48) \times 0,48^3) = 1,09 \text{ cm}^4$$

$$r_o = \sqrt{rx^2 + ry^2 + x_o^2 + y_o^2}$$

$$x_o = 0$$

$$y_o = 2,08 - \frac{0,48}{2} = 1,84$$

$$r_o = \sqrt{2,39^2 + 3,16^2 + 0^2 + 1,84^2} = 4,37 \text{ cm}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{4,37^2} \left( \frac{\pi^2 \times 20.000 \times 0^2}{(320)^2} + 7700 \times 1,09 \right) = 439,50 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[ 1 - \left( \frac{y_o}{r_o} \right)^2 \right]} = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 269,87 \times 439,50 \times \left[ 1 - \left( \frac{1,84}{4,37} \right)^2 \right]}{(269,87 + 439,50)^2}} \right)$$

$$= 226,92 \text{ kN}$$

$$\lambda_{yz} = \left( \sqrt{\frac{E \times A_g}{N_{eyz}}} \right) = \pi \sqrt{\frac{20000 \times 14}{226,92}} = 110,36 < 200 \Rightarrow \text{ok!!}$$

$$N_e = N_{ex} = 154,21 \text{ kN}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = \sqrt{\frac{0,91 \times 14 \times 25}{154,21}} = 1,44 \Rightarrow \chi = 0,420$$

### **Força Axial de Compressão resistente de cálculo**

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{0,420 \times 0,91 \times 14 \times 25}{1,10} = 121,61 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok!!}$$

## Barra 21

Montante - 2L 63 x 4,8 ASTM A-36

$$I_x = 45 \text{ cm}^4$$

$$N_c, S_d = -8,34 \text{ kN} \quad r_x = 1,98 \text{ cm}$$

$$A = 11,6 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 2 \times \left( 22,5 + 5,8 \times \left( 1,75 + \frac{0,630}{2} \right)^2 \right)$$

$$I_y = 94,47 \text{ cm}^4$$

### Flambagem Local

$$\frac{b}{t} = \frac{63}{4,8} = 13,125$$

$$\left( \frac{b}{t} \right)_{lim} = 0,45 \times \sqrt{\frac{20.000}{25}} = 12,73$$

$$\left( \frac{b}{t} \right)_{sup} = 0,91 \times \sqrt{\frac{20.000}{25}} = 25,74$$

### Flambagem Regime Inelástico

$$\left( \frac{b}{t} \right)_{lim} < \frac{b}{t} < \left( \frac{b}{t} \right)_{sup}$$

$$Q_s = 1,340 - 0,76 \times \frac{b}{t} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$Q_s = 1,340 - 0,76 \times \frac{63}{4,8} \times \sqrt{\frac{25}{20.000}}$$

$$Q_s = 0,987$$

$$Q = Q_a \times Q_s$$

$$Q = 1 \times 0,987 = 0,987$$

## Instabilidade Global

### Eixo x

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 20.000 \times 45}{(109)^2} = 746,88 \text{ kN}$$

$$\lambda_{x} = \frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{109}{1,95} = 55,05 < 200 \quad \text{ok!!}$$

### Eixo Y

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2} = \frac{\pi^2 \times 20.000 \times 94,47}{(109)^2} = 1567,94$$

### Eixo Z

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \left( \frac{\pi^2 \times E \times c_w}{(k_z L_z)} + GJ \right)$$

$$j = \frac{1}{3} \times 2(6,3 \times 0,48^3 + (6,3 - 0,48) \times 0,48^3) = 0,89$$

$$y_o = 1,75 - \frac{0,48}{2} = 1,51$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{99,47}{11,6}} = 2,85$$

$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2 + y_o^2}$$

$$x_o = 0$$

$$r_o = \sqrt{2,85^2 + 1,98^2 + 1,51^2}$$

$$r_o = 3,78$$

$$N_{ez} = \frac{1}{3,78^2} (0 + 7700 + 0,89) = 479,62 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[ 1 - \left( \frac{y_o}{r_o} \right)^2 \right]} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4N_{ey} \times N_{ez} \times \left[ 1 - \left( \frac{y_o}{r_o} \right)^2 \right]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right)$$

$$N_{eyz} = \frac{1567,99 + 979,62}{2[1 - (\frac{1,51}{3,75})^2]} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4.1567,99 \times 479,62 \times [1 - (\frac{1,51}{3,78})^2]}{(1,567,94 + 479,62)^2}} \right)$$

$$N_{eyz} = 1216,38 \times 0,603$$

$$N_{eyz} = 733,47$$

$$\lambda_{yz} = \pi \sqrt{\frac{E Ag}{N_{eyz}}}$$

$$\lambda_{yz} = \pi \sqrt{\frac{20.000 \times 11,6}{733,47}}$$

$$\lambda_{yz} = 55,85 < 200 \text{ ok!!}$$

$$N_e = N_{eyz}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{Q \cdot Ag \cdot F_y}{N_e}}$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{0,987 \cdot 11,6 \cdot 25}{733,47}} = 0,624$$

$$\chi = 0,851$$

### Força Axial de Compressão Resistente De Cálculo

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi Q Ag f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{0,851 \times 0,987 \times 11,6 \times 25}{1,10} = 221,43 \text{ kN} \Rightarrow \text{ok!!}$$

$$N_{c,sd} = 8,34$$

### Chapas Espaçadoras

$$\left( \frac{l}{r_{min}} \right) \leq \frac{1}{2} \left( \frac{K L}{r} \right)$$

$$l \leq \frac{1}{2} (55,85 \times 1,24)$$

$$l \leq 34,62$$

## 4.7 Dimensionamento das vigas do pórtico interno

Perfil Adotado VS 650 x 98 Usicivil 300

### Verificação ao momento Fletor

#### FLM

$$\lambda_o = \frac{b}{t} = \frac{300}{12,5} = 12$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{20.000}{30}} = 9,81$$

$$\lambda_r = 0,95 \sqrt{\frac{E}{\frac{(f_y - \sigma_r)}{k_c}}} = 0,95 \sqrt{\frac{20.000}{\frac{(0,7 f_y)}{0,45}}} = 19,67$$

$$K_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{tw}}} = \frac{4}{\sqrt{\frac{625}{8}}} = 0,45$$

$$M_{rk} = M_{pl} - (M_{pl} - M_r) = \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

$$M_{pl} = Z_x f_y = 3172 \times 30 = 95160 \text{ kN.m}$$

$$M_r = (f_y - \sigma_r) w_x = 21 \times 2846 = 59.766 \text{ kN.cm}$$

$$M_{rk} = 95160 - (95160 - 59766) \times \frac{12 - 9,81}{19,67 - 9,81} = 87.299 \text{ kN.cm}$$

#### FLA

$$\lambda = \frac{h}{tw} = 78,13$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{20.000}{30}} = 97,08$$

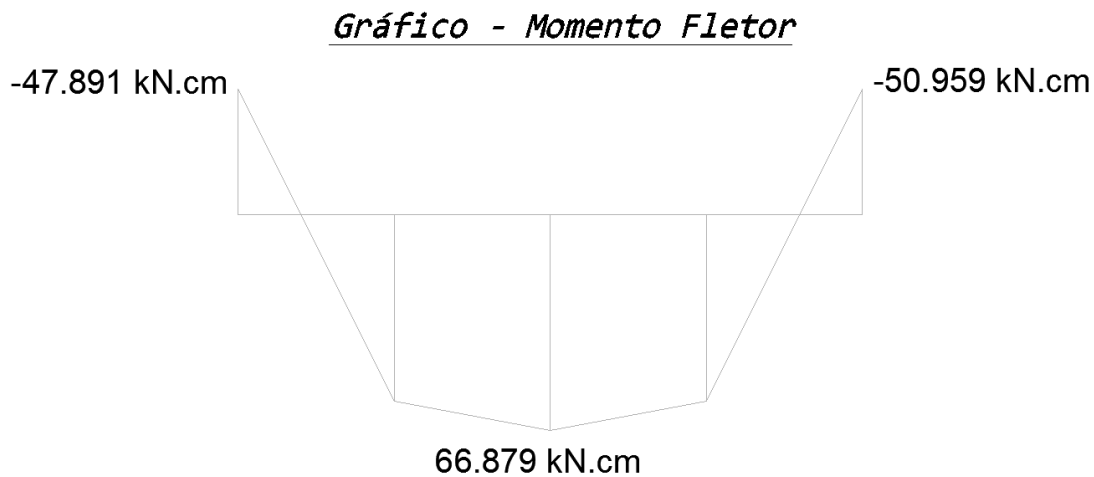


$$\lambda < \lambda_p \Rightarrow M_{rk} = M_{pl} = 95.160 \text{ kN.cm}$$

### **FLT**

Como foi considerado que a laje trava continuamente a mesa superior da viga podemos considerar que não ocorre FLT nas regiões de momento positivo, porém onde ocorre momento negativo devemos calcular  $M_{cr}$ , considerando o vão destravado como o próprio vão da viga  $\Rightarrow l_b = 1200 \text{ cm}$  e  $C_b = 3,0 - \frac{2M_1}{3M_0} - \frac{8}{3} \times \frac{M_2}{(M_0 + M_1)}$

$$M_{pl} = Z_x F_y = 3172,30 = 95160 \text{ kN.cm}$$



**Figura 13-Momento Fletor**

$$c_b = 3,0 - \frac{2 \times (-47.891)}{3 \times (-50.959)} - \frac{8 \times 66879}{3 \times (-50.959 - 47.891)} = 4,18$$

$$M_{cr} = \frac{c_b \times \pi^2 \times E \times I_y}{l_b^2} \sqrt{\frac{c_w}{I_y} \times \left(1 + 0,039 \frac{j l_b^2}{c_w}\right)}$$

$$M_{cr} = \frac{4,18 \times \pi^2 \times 20000 \times 5628}{1200^2} \sqrt{\frac{48,62}{5628} \times \left(1 + 0,039 \frac{49,73 \times 1200^2}{48,62}\right)}$$

$$= 71.764 \text{ kN.cm}$$

$$M_{cr} < M_{pl} \Rightarrow M_{rk} = 71.764 \text{ kN.cm} \leq 1,5w \times f_y = 1,5 \times 3172 \times 30 = 142.740 \text{ kN.cm}$$

### Resumo E.L.U.

$$FLM \Rightarrow M_{rk} = 87.299 \text{ kN.cm}$$

$$FLA \Rightarrow M_{rk} = 95.160 \text{ kN.cm}$$

$$FLM \Rightarrow M_{rk} = 71.764 \text{ kN.cm}$$

$$M_{sd} = 50.959 \text{ kN.cm} < M_{rd} = \frac{71.764}{1,1} = 65.240 \text{ kN.cm}$$

### Verificação ao esforço cortante

$$\lambda = \frac{h}{tw} \quad K_v = 5$$

$$\lambda_p = 1,10 \times \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} = 1,10 \times \sqrt{\frac{5 \times 20.000}{30}} = 63,51$$

$$\lambda_r = 1,37 \times \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} = 79,10$$

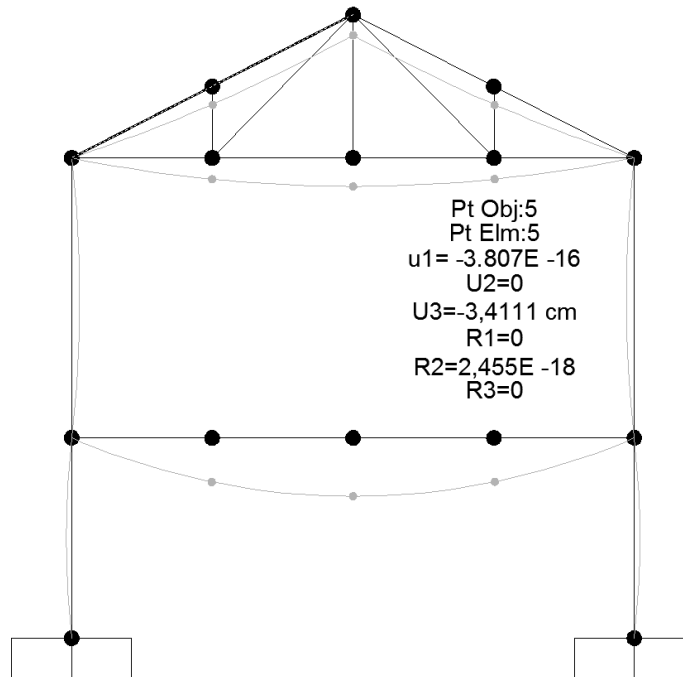
$$A_w = 52 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl} = 0,60 \times A_w \times f_y = 0,60 \times 52 \times 30 = 936 \text{ kN}$$

$$\lambda_p < \lambda < \lambda_r \Rightarrow V_{rk} = \frac{\lambda_p}{\lambda} \times V_{pl} = \frac{63,51}{78,13} \times 936 = 760,85 \text{ kN}$$

$$V_{rd} = \frac{V_{rk}}{1,1} = \frac{760,85}{1,1} = 691,68 \text{ kN} > V_{sd} = 292,29 \text{ kN ok!!}$$

## Verificação Estado Limite de Serviço



**Figura 14-Deslocamento**

Combinação Utilizada  $Fserv. = \sum_{i=1}^m FG_{i,k} + \Psi_1 FQ_{1,k} + \sum_{j=2}^n (\Psi_2)_j FQ_{j,k}$

Deformação Máxima permitida =  $\frac{L}{350} = \frac{1200}{350} = 3,43 > 3,41 \text{ ok!}$

#### 4.8 Dimensionamento das vigas de piso V1 e V2

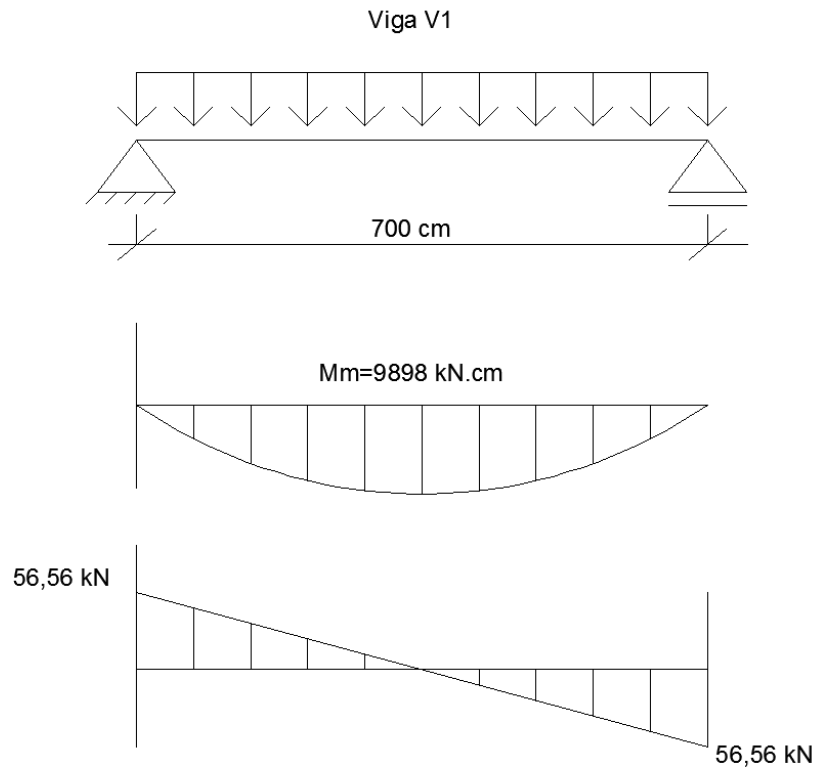


Figura 15-Carregamento,Momento Fletor e Diagrama de Cortante

0,20 kN/m<sup>2</sup> ( Forro)

0,37 kN/ m<sup>2</sup> (Estrutura)

2,50 kN/m<sup>2</sup> (Laje)

0,50 kN/m<sup>2</sup> (Revestimento)

3,57 kN/m<sup>2</sup> x 1,5 m = 5,36 kN/m

$$M_{sd} = 1,4 \times \frac{0,1646 \times 700^2}{8} = 14.114 \text{ kN.cm}$$

#### Pré-dimensionamento

$$M_{pl} = Z_x f_y$$

$$14114 = Z_x 34,5$$

$$Z_x \geq 409 \text{ cm}^3 \text{ (W 310 x 32,7) } Z_x = 485,3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Flecha } \frac{L}{350} = \frac{700}{350} = 2 \text{ cm}$$

$$V_{rd} = \frac{V_{rk}}{1,1} = \frac{760,85}{1,1}$$

$$\delta = \frac{5 \times q \times l^4}{384 EI} = \frac{5 \times 0,1646 \times 700^4}{384 \times 20000 I_x}$$

$$I_x \geq 12.850 \text{ cm}^4$$

$$(W 410 \times 38,8) I_x = 12.777 \text{ cm}^4$$

Perfil adotado W410 x 38,8 A572 Gr 50

### FLM

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{140}{8,8} = 7,95$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 9,15$$

$$\lambda < \lambda_p \Rightarrow M_{rk} = M_{pl} = Z_x F_y = 736,8 \times 34,5 = 25.420 \text{ kN.cm}$$

### FLA

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{381}{6,4} = 59,53$$

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 90,53$$

$$\lambda < \lambda_p \Rightarrow M_{rk} = M_{pl} = 25.420 \text{ kN.cm}$$

### FLT

Seção impedida de ocorrer Flt  $\Rightarrow M_{rk} = M_{pl} = 25.420 \text{ kN.cm}$

$$M_{rd} = \frac{M_{rk}}{1,10} = \frac{25.420}{1,1} = 23.109 \text{ kN.cm} > M_{sd} = 14253 \text{ kN.cm}$$

## Verificação ao Esforço Cortante

$$\lambda = \frac{h}{tw} = 59,53$$

$$K_v = 5$$

$$\lambda_p = 1,10 \times \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} = 59,22$$

$$\lambda_r = 1,37 \times \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} = 73,76$$

$$V_{rd} = \frac{V_{rk}}{1,10} = \frac{528,68}{1,10} = 477,63 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 79 < V_{ed} = 477,63 \text{ kN} \quad \text{ok!!}$$

$$A_w = 25,54 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl} = 0,60 \times A_w \times f_y = 0,60 \times 25,54 \times 34,5 = 528,68 \text{ kN}$$

### Viga V2

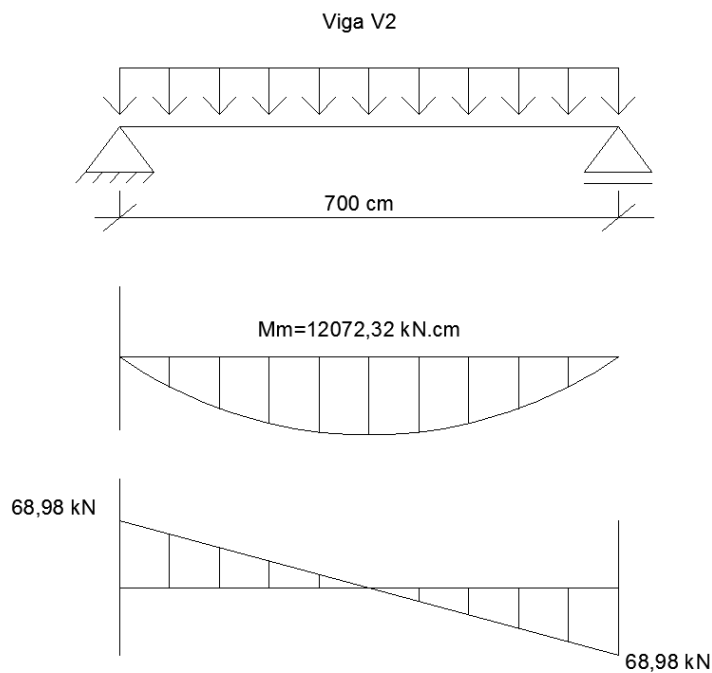


Figura 16-Carregamento, Momento Fletor e Diagrama de Cortante

$$C.P = \text{Estrut.} = 0,37 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Forro} = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Laje} = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\underline{\text{Rev.Laje} = 0,50 \text{ kN/m}^2}$$

$$3,57 \text{ kN/m}^2 \times 3,0 \text{ m} = 10,71 \text{ kN/m}$$

$$S.C. = \text{Usual} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\underline{\text{ADIC} = 1,0 \text{ kN/m}^2}$$

$$3,0 \text{ kN/m}^2 \times 3,0 \text{ m} = 9,0 \text{ kN/m}$$

$$CT = CP + SC$$

$$CT = 10,71 + 9,0$$

$$CT = 19,71 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 1,4 \times \frac{0,1971 \times 700^2}{8} = 16.901,25 \text{ kN.cm}$$

$$V_{sd} = 1,4 \times \frac{0,1971 \times 700}{2} = 96,58 \text{ kN}$$

### Pré-dimensionamento

$$M_{pl} = Z_x F_y$$

$$f_y = 34,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_{pl} = Z_x 34,5$$

$$\frac{16.901,25}{34,5} = Z_x \quad Z_x = 489,89 \text{ cm}^3 \text{ Aço ASTM A572 - Gr 50}$$

$$\delta = \frac{5 \times q \times l^4}{384 EI} \quad 2 = \frac{5 \times 0,1971 \times 700^4}{384 EI} \quad I_x \geq 1504,85 \text{ cm}^4 \text{ (W410 x 46,1) } I_x = 15.690$$

### Verificação do momento fletor

#### Flambagem Local

#### FLM (Mesa)

$$\lambda = \frac{140}{11,2} = 6,25 \quad \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 9,14$$

$$\lambda < \lambda_p; \text{então } M_{rk} = M_{pl} \quad M_{pl} = Z_x F_y = 891,1 \times 34,5 = 30742,95$$

FLA (Alma)

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{381}{7,0} = 54,42 \qquad \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 90,53$$

$$\lambda < \lambda_p; \text{Então } M_{rk} = M_{pl} \quad M_{pl} = 30742,95 \text{ kN.cm}$$

$$M_{sd} = 16901,25 \leq M_{sd} = \frac{30742,25}{1,10} \Rightarrow M_{sd} = 16901,25 \leq 27947,5 \text{ ok!!}$$

### Flambagem Lateral com Torção

\*Não ocorre Flambagem lateral com torção viga travada em laje de concreto

**Verificação da Força cortante**

$$\lambda = \frac{h}{w} = \frac{381}{11,2} = 34,02$$

$K_v = 5,0$  ( Sem enrijecedores)

$$\lambda = 1,10 \sqrt{\frac{K_v \times E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 20.000}{34,5}} = 59,22$$

$$\lambda \leq \lambda_p; V_{rk} = V_{pl} = 0,60 A_w \times f_y$$

$$V_{pl} = 550,62$$

$$\lambda \leq \lambda_p; V_{ek} = V_{pl} = 0,60 A_w \times F_y$$

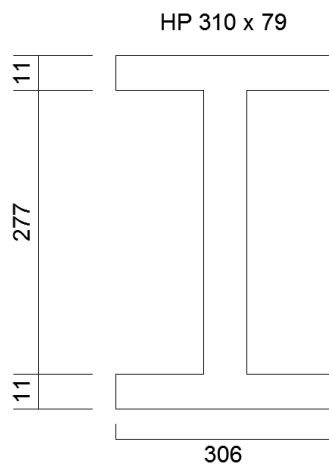
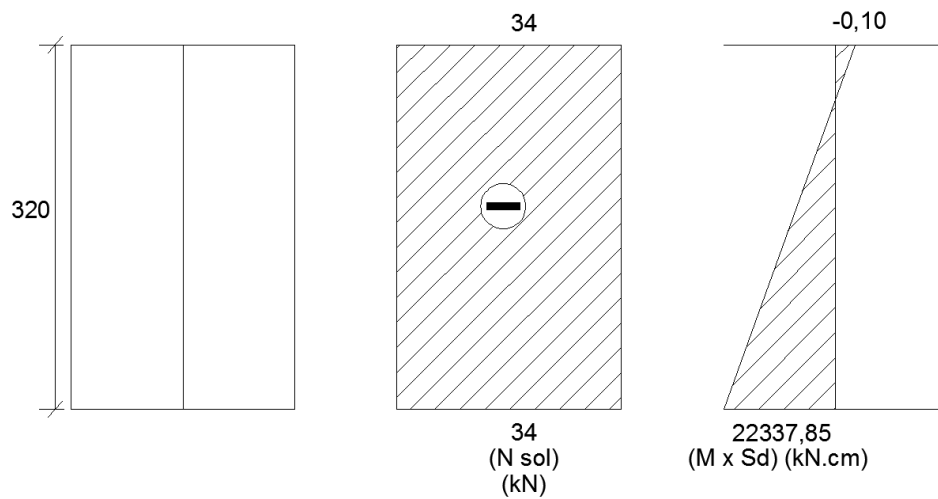
$$V_{pl} = 0,60 \times 38 \times 0,70 \times 34,5 = 550,62 \quad V_{sd} = 96,58 \leq V_{rd} = 500,56 \text{ ok!!}$$



## 4.9 Dimensionamento dos Pilares dos pórticos internos

### Pilar Barra 04

ASTM A572 Gr50  $F_y = 34,5$  HP=310 x 79



bf=306	A=100 cm <sup>2</sup>	ly=5258
tw=11,0	I <sub>x</sub> = 16316	ry=7,25
tf=11,0	w <sub>x</sub> = 1091,30	zy=524,4
n=277	rx = 12,77	wy=343,20

Figura 17- Diagrama de Cortante e dados do perfil HP 310 x 79

## Força Axial de Compressão Resistente.

### Flambagem Local

#### Mesas

$$\frac{b}{t} = \frac{\frac{800}{2}}{11} = 13,9$$

$$\frac{b}{t} = \frac{\frac{800}{2}}{11} = 13,9$$

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \Rightarrow \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = 0,56 \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 13,48$$

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{sup} = 1,03x \sqrt{\frac{E}{f_y}} \Rightarrow 1,03x \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 24,79$$

$$Q_s = 1,415 - 0,74 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1,415 - 0,79 \times 13,9 \times \sqrt{\frac{34,5}{20.000}} = 0,98$$

#### Alma

$$\frac{b}{t} = \frac{277}{11} = 25,18 \quad \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 35,87$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \Rightarrow Q = 1 \quad \text{Fator de Redução} \Rightarrow Q = Q_s \times Q_a = 0,98 \times 1 = 0,98$$

### Instabilidade Global

#### Eixo X

$$N_{ex} = \left(\frac{\pi^2 E I_x}{L_x^2}\right) = \frac{\pi^2 \times 20.000 \times 16.316}{320^2} = 31420 \quad \lambda = \frac{k_x L_x}{r_x} = \frac{320}{12,77} = 25,06 < 200 \text{ ok!!}$$

#### Eixo Y

$$N_{ey} = \left(\frac{\pi^2 \times 20000 \times 5258}{320^2}\right) = 10125,34 \quad \lambda_y = \frac{k_y L_y}{r_y} = \frac{320}{7,25} = 44,13 < 200 \text{ ok!!}$$

Valores de  $N_e$ ,  $\lambda_o$  e  $X$

$$N_{ey} = 10125,34$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{Q Ag fy}{Ne}} = \sqrt{\frac{0,98 \times 100 \times 34,5}{10125,34}} = 0,58 \Rightarrow \chi = 0,869$$

$$N_{c,Rd} = \frac{0,869 \times 0,98 \times 100 \times 34,5}{1,10} = 2670,99 \text{ kN}$$

### Momento Fletor

#### FLM

$$\lambda = 13,9$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 9,14$$

$$\lambda_r = 0,83 \times \sqrt{\frac{E}{0,7fy}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{20.000}{24,15}} = 23,9$$

$$\lambda_p < \lambda < \lambda_r$$

$$M_{pl} = Z_x \cdot fy = 1210 \times 34,5 = 41745 \text{ kN.cm}$$

$$M_r = (0,7 fy) \times W_x = 26354,9 \text{ kN.cm}$$

$$M_{rk} = 36781,8 \text{ kN.cm}$$

#### FLA

$$\lambda = \frac{277}{11} = 25,18$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{20000}{34,5}}$$

$$\lambda < \lambda_p \therefore M_{rk} = M_{pl} = 41745 \text{ kN.cm}$$

### Flambagem Lateral com Torção

Comprimento Destravado = 3,30 m

$$\lambda = \frac{Lb}{r_y} = \frac{330}{7,25} = 45,51 \quad \lambda_p = 1,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times \sqrt{\frac{20000}{34,5}} = 42,37$$

$$\begin{aligned} \lambda_r &= \frac{1,38 \sqrt{I_y J}}{r_y J B_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 c_w B_1^2}{I_y}}} \\ &= \frac{1,38 \sqrt{5258 \times 39,44}}{7,25 \times 39,44 \times 0,033} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \times 1089258 \times 0,033^2}{5258}}} = 127,46 \end{aligned}$$

$$J = \frac{(2 \times 30,6 \times 1,1^3 + 27,7 \times 1,1^3)}{3} = 39,44$$

$$B_1 = \frac{(F_y - \sigma_r) w_x}{E_j} = \frac{24,15 \times 1091,3}{20.000} = 0,033$$

$$\lambda_p < \lambda < \lambda_r: Mrk = C_b \left( M_{pl} - (M_{pl} - M_r) + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_e} \right)$$

$$C_b = \frac{12,5 \times M_{max}}{2,57 M_{max} + 3M_a + 7M_b + 3M_c} \leq 3,0$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 22337,85}{2,57 \times 22337,85 + 49907 + 43736,44 + 16404} \leq 3,0$$

$$C_b = 1,68 \leq 3,0 \quad M_{pl} = 41475 \quad M_r = 26354,9$$

$$Mrk = \frac{1,68 \times (41475 - (41475 - 26354,9)(45,51 - 42,37))}{(127,46 - 42,37)} \leq M_{pl} \quad Mrk = 68740,62$$

### Conclusão:

$$Mrk = 36781,8 \text{ kN.cm} \quad M_{xRd} = \frac{Mrk}{\gamma_{a1}} = \frac{36781,80}{1,10} = 33438 \text{ kN.cm}$$

Efeitos Combinados de N<sub>crd</sub> e M<sub>xRd</sub>

$$\frac{N_{c,sol}}{N_{c,rd}} = \frac{34}{2670,99} = 0,012 < 0,2 \quad \frac{N_{c,sd}}{N_{c,rd}} + \frac{M_{x,sd}}{M_{x,rd}} \leq 1,0 \quad \frac{34}{2670,99} + \frac{22387,85}{33438} \leq 1,0$$

$$0,68 \leq 1,0$$

## Pilar Barra 02

ASTM A572 – Gr50 –  $f_y = 34,5$

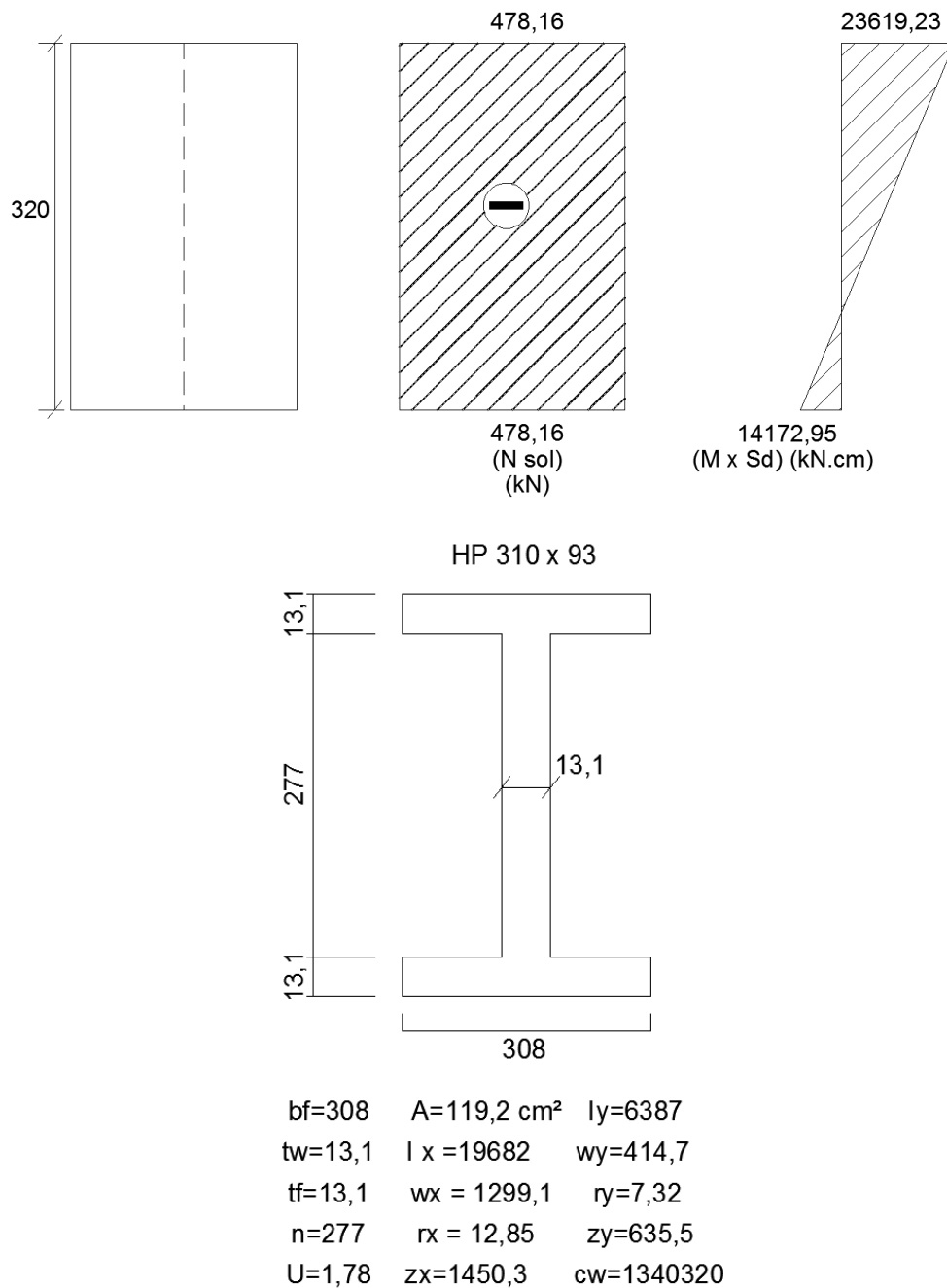


Figura 18- Diagrama de Cortante e dados do perfil HP 310 x 93

## Força Axial de Compressão Resistente

### Flambagem Local

#### Mesas

$$\frac{b}{t} = \frac{\frac{308}{2}}{131} = 11,76$$

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = 0,56 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \times \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 13,48$$

$$\frac{b}{t} < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim}: Q_s = 1$$

#### Alma

$$\frac{b}{t} < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = 1,49 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \times \sqrt{\frac{20.000}{34,5}} = 35,87 \quad \frac{b}{t} < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim}: Q_s = 1$$

### Instabilidade Global

#### Eixo X

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_y}{l^2} = \frac{\pi^2 20.000 19.682}{320^2} = 37902 \quad \lambda_x = \frac{k_y L_y}{r_x} = \frac{320}{12,80} = 24,9 < 200 \text{ ok!!}$$

#### Eixo Y

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_x}{l^2} = \frac{\pi^2 20.000 6387}{320^2} = 12299 \quad \lambda_y = \frac{k_x L_x}{r_y} = \frac{320}{7,32} = 43,71 < 200 \text{ ok!!}$$

Valores de  $N_e$ ,  $\lambda_o$  e  $\chi$

$$N_e = N_{ey} = 12299$$

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{Q A g f_y}{N_e}} = \sqrt{\frac{1 119,2 34,5}{12299}} = 0,58 \Rightarrow \chi = 0,869$$

#### $N_c, R_d$

$$N_c, R_d = \frac{\chi Q A g F_y}{\gamma A_1} = \frac{0,869 \times 119,2 \times 34,5}{1,10^2} = 3248,79 \text{ kN}$$

### Momento Fletor

#### FLM

$$\lambda = 11,76$$

$$\lambda_r = 0,35 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{20000}{34,5}} = 9,14$$

$$\lambda_r = 0,83 \sqrt{\frac{E}{f_y - \sigma_r}} = 0,83 \times \sqrt{\frac{20.000}{24,15}} = 23,9$$

$$f_y - \sigma_r = 0,70 \times F_y = 0,70 \times 34,5 = 24,15$$

$$\lambda_p < \lambda < \lambda_r: M_{xrk} = M_{xpl} - (M_{xpl} - M_r) \times \frac{\lambda - \lambda_e}{\lambda_r - \lambda_e}$$

$$M_{xpl} = Z_x F_x \quad M_r = (f_y - \sigma_r) w_x \quad M_{xpl} = 1450,3 \times 34,5 \quad M_r = 24,15 \times 1299,1$$

$$M_{xpl} = 50035,35 \quad M_r = 31373,26$$

$$M_{xrk} = 50035,35 - (50035,35 - 31373,26) \frac{11,76 - 9,14}{23,9 - 9,14} = 46722,70 \text{ kN.cm}$$

### FLA

$$\lambda = 21,14$$

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{20000}{34,5}} = 90,53$$

$$\lambda < \lambda_p: M_{xrk} = M_{xpl} = 50035,35 \text{ kN.cm}$$

### Flambagem Lateral c/ Torção

Comprimento destravado = 320 cm

$$\lambda = \frac{320}{7,32} = 43,71$$

$$\lambda_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \sqrt{\frac{20000}{34,5}} = 42,37$$

$$\lambda_r = \frac{1,38 \sqrt{I_y \gamma}}{r_y \gamma B1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 c_w B1^2}{34,5}}} = \frac{1,38 \sqrt{6387 \times 66,92}}{7,32 \times 66,92 \times 0,0239} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \times 1340320 \times 0,0234^2}{6387}}} =$$

$$136,9$$

$$j = \frac{1}{3} (2 \times 30,8 \times 1,31^3 + 27,7 \times 1,31^3) = 66,92$$

$$B1 = \frac{(f_y - \sigma_r) w_x}{E I} = \frac{31373,26}{20000 \times 66,92} = 0,0234$$

$$\lambda_p < \lambda < \lambda_r; \text{ent\~{a}o } MRK = C_b [M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}]$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 3,0 \Rightarrow \frac{12,5 \times 10727,21}{2,5 \times 10727,21 + 2845,59 + 11774,2 + 20506,89} \leq 3,0$$

$$C_b = 2,16 \leq 3,0 \quad M_{max} = 10727,21 \text{ kN.cm} \quad 3M_a = 948,53 \times 3 = 2845,59 \text{ kN.cm}$$

$$4M_b = 4 \times 2943,55 = 11774,2 \text{ kN.cm}$$

$$3M_c = 3 \times 6835,63 = 20506,89 \text{ kN.cm}$$

$$M_{rk} = 2,16 \left[ 50035,35 - (50035,35 - 31373,26) \frac{43,71 - 42,37}{136,9 - 42,37} \right] = 107509,94 \text{ kN.cm}$$

### Conclus\~{a}o

$$M_{xrk} = 46722,7 \text{ kN.cm} \quad M_{xrd} = \frac{46722,7}{1,10} = 42475,18 \text{ kN.cm}$$

Efeitos Combinados de  $N_{c,sd}$  e  $M_{x,Rd}$

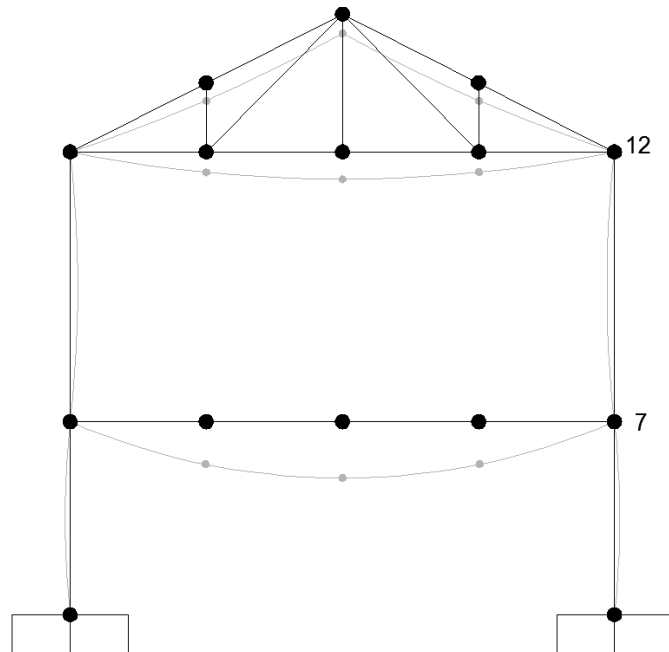
$$\frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} = \frac{478,16}{3248,79} = 0,147 < 0,2$$

$$\frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} = \frac{478,16}{3248,79} = 0,147 < 0,2$$

$$\frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} + \left( \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} \right) \leq 1,0 = \frac{478,16}{3248,79} + \left( \frac{28619,23}{42475,18} \right) \leq 1,0 \Rightarrow 0,82 \leq 1,0 \text{ ok!!}$$



### Verificação do deslocamento horizontal dos pórticos internos



**Figura 19- Deslocamento**

Verificação do deslocamento horizontal dos pórticos internos

Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação a base deslocamento horizontal no ponto 12=0,1283

$$d_{max} = \frac{H}{400} = \frac{650}{400} = 1,625 \text{ cm} \quad 0,1283 < 1,625 \text{ ok!!}$$

Deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos

Deslocamento horizontal no ponto 7=0,1195

Deslocamento horizontal no ponto 12=0,1283

$0,1283 - 0,1195 = 0,088 \text{ cm}$

$$d_{max} = \frac{330}{500} = 0,66 \text{ cm} \quad 0,3088 < 0,66 \text{ ok!!}$$

## 5 CONCLUSÃO

A Estrutura foi dimensionada com os seguintes perfis:

Cordas da tesoura = 2 L 76 x 4,8 ASTM A-36

Diagonais e Montante da tesoura = 2L 63 x 4,8 ASTM A-36

Vigas do pórtico interno = VS 650 x 98 UsiCivil 300

Vigas de piso V1 = W 310 x 32,7 ASTM A-572 Gr50

Vigas de piso V2 = W410 x 46,1 ASTM A-572 Gr50

Pilares dos pórticos internos (nível superior) = HP=310 x 79

Pilares dos pórticos internos (nível inferior) = HP=310 x 93

A estrutura foi analisada utilizando MAES Método de Amplificação dos Esforços Solicitantes, e verificada quanto aos Estados Limites Últimos(ELU) e Estados Limite em Serviço (ELS), atendendo todos os critérios exigidos pela NBR 8800/2008.

## 6 NORMAS / BIBLIOGRAFIA ADOTADAS

- ABNT NBR 8800/2008 - Projeto de Estruturas de Aço e de Estrutura Mista de Aço e Concreto de Edifícios.
- NBR 6120/1980 - Cargas Para o Cálculo de Estruturas de Edificações
- NBR 6123/1988 - Forças devidas ao vento em edificações.
- Apostila do curso de especialização em estruturas – Dimensionamento Básico de Elementos Estruturais de Aço e Mistos de Aço e Concreto – Versão 4 – Parte 1.