

## Memória de Cálculo

Cliente: POLICONSULT

Obra: Cartório Eleitoral de Jacaraú – TRE-PB

Data: 10/08/2017

### **Dados dos materiais**

#### Aço dos perfis

Tipo = ASTM A 572 GR-50

$f_y = 34,50 \text{ kN/cm}^2$

$f_u = 45,00 \text{ kN/cm}^2$

$E = 20500 \text{ kN/cm}^2$

#### Aço das armaduras

Tipo = CA-50

$f_y = 500 \text{ MPa}$

#### Concreto

$F_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$

### **Carga atuante nas lajes**

A carga atuante sobre as lajes foi estimada da seguinte forma:

#### **Carga permanente (g):**

- Peso próprio (laje pré-moldada):  $1,7 \text{ kN/m}^2$
- Telhado:  $1,3 \text{ kN/m}^2$

#### **Carga acidental (q):**

$q = 1 \text{ kN/m}^2$ , conforme NBR 6120

#### **Carga total ( $q_t$ ):**

$q_t = g + q = 4 \text{ kN/m}^2$

### **Carga atuante nas vigas**

A carga atuante nas vigas foram calculadas pela soma das reações das lajes de apoio com o peso próprio do perfil.

## Verificação das deformações

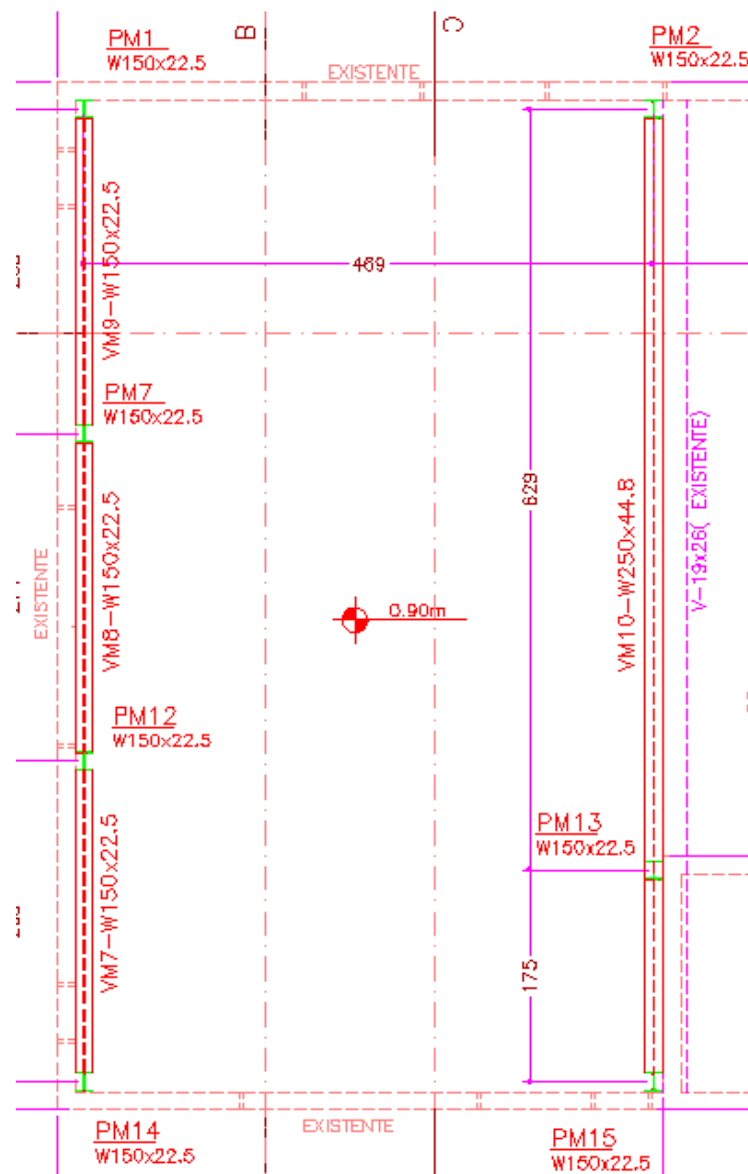
### Flechas limites

As flechas limites foram calculadas de acordo com a NBR 6118:2014, a qual determina:

- Para carga total  $\leq l/250$
- Para carga acidental  $\leq l/350$

Onde “l” é o comprimento da viga considerada.

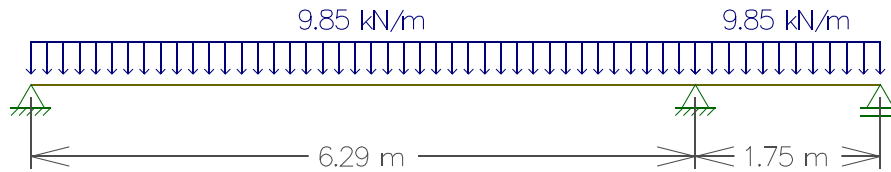
### Cálculo das vigas



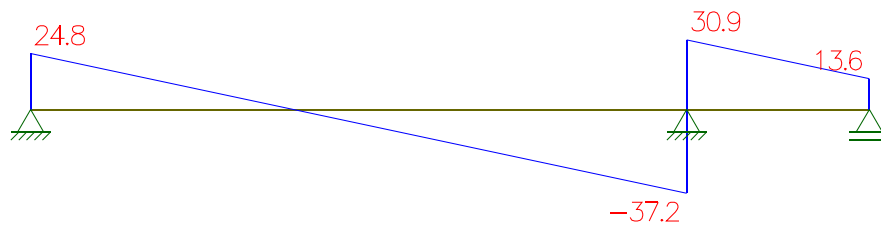
**Figura 1** – Estrutura da Sala de Atendimento

## VM10 (W250x44,8)

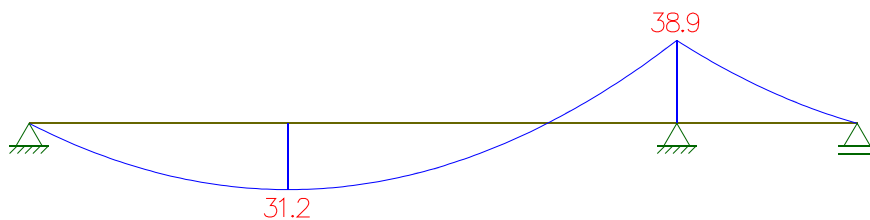
Carregamento:



Cortante máximo:



Momento fletor máximo:



## Verificação do Esforço Cortante

Análise plástica

$$A_w = h \cdot t_w$$

$$A_w = 240,00 \cdot 7,60$$

$$A_w = 2021,60 \text{ mm}^2$$

$$A_w = 20,22 \text{ cm}^2$$

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/2008

$$a = 4 \cdot t_w;$$

$$a = 4 \cdot 7,60$$

$$a = 30,40 \text{ mm}$$

$$(a/h) < 1$$

$$k = 4 + 5,34 / (a/h)^2$$

$$k = 4 + 5,34 / (30,40 / 240,00)^2$$

$$k = 336,83$$

$$l = h / t_w$$

$$l = 240,00 / 7,60$$

$$l = 31,58$$

$$l_p = 1,08 \cdot \sqrt{k \cdot E / f_y}$$

$$l_p = 1,08 \cdot \sqrt{336,83 \cdot 20500,00 / 25,00}$$

$$l_p = 567,59$$

$$l_r = 1,4 \cdot \sqrt{k \cdot E / f_y}$$

$$l_r = 1,4 \cdot \sqrt{336,83 \cdot 20500,00 / 25,00}$$

$$l_r = 18394,10$$

$$V_{pl} = 0,55 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} = 0,55 \cdot 20,22 \cdot 25,00$$

$$V_{pl} = 277,97 \text{ kN}$$

$$l < l_p$$

$$V_n = V_{pl}$$

$$V_n = 277,97 \text{ kN}$$

$$f_v = 0,9$$

$$R_d(V_d) = f_v \cdot V_n$$

$$R_d(V_d) = 0,90 \cdot 277,97$$

$$R_d(V_d) = 250,17 \text{ kN}$$

$$R_d(V_d) \geq V_d$$

$$250,17 \text{ kN} \geq 52,08 \text{ kN}$$

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

Verificação de Flexão em x

$$Z = Z_x$$

$$Z = 606,30 \text{ cm}^3$$

$$W = W_x$$

$$W = 538,20 \text{ cm}^3$$

$$W_c = W$$

$$W_c = 538,20 \text{ cm}^3$$

$$W_t = W$$

$$W_t = 538,20 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} = 606,30 \cdot 25,00$$

$$M_{pl} = 15157,50 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Flambagem local da alma (FLA)

$$l = h / t_w$$

$$l = 240,00 / 7,60$$

$$l = 31,58$$

$$l_p = 3,5 \cdot \sqrt{E / f_y}$$

$$l_p = 3,5 \cdot \sqrt{20500,00 / 25,00}$$

$$l_p = 100,22$$

$$l \leq l_p$$

$$M_n = M_{pl}$$

$$M_n = 15157,50 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

Flambagem local da mesa (FLM)

$$l = b_f / (2 \cdot t_f)$$

$$l = 148,00 / (2 \cdot 13,00)$$

$$l = 5,69$$

$$l_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/f_y}$$

$$l_p = 0,38 \cdot \sqrt{20500,00/25,00}$$

$$l_p = 10,88$$

$$M_r = (f_y - f_r) \cdot W_c$$

$$M_r = (25,00 - 11,50) \cdot 538,20$$

$$M_r = 7265,70 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

$$M_r = f_y \cdot W_t$$

$$M_r = 25,00 \cdot 538,20$$

$$M_r = 13455,00 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

Adota-se o menor valor de  $M_r$

$$M_r = 7265,70$$

$$l_r = 0,62 \cdot \sqrt{E \cdot W_c / M_r}$$

$$l_r = 0,62 \cdot \sqrt{20500,00 \cdot 538,20 / 7265,70}$$

$$l_r = 24,16$$

$$l \leq l_p$$

$$M_n = M_{pl}$$

$$M_n = 15157,50 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

Flambagem Lateral com torção (FLT)

$$l = L_b / r_y$$

$$l = 629,00 / 3,50$$

$$l = 179,92$$

$$l_p = 1,75 \cdot \sqrt{E/f_y}$$

$$l_p = 1,75 \cdot \sqrt{20500,00/25,00}$$

$$l_p = 50,11$$

$$C_b = 1$$

$$B_1 = \pi \cdot \sqrt{G \cdot E \cdot I_T \cdot A_g}$$

$$B_1 = \pi \cdot \sqrt{7892,50 \cdot 20500,00 \cdot 27,14 \cdot 57,60}$$

$$B_1 = 1,57998\text{E}6$$

$$B_2 = ((\pi^2 \cdot E) / (4 \cdot G)) \cdot (A_g \cdot ((d - t_f) / 10)^2 / I_T)$$

$$B_2 = ((\pi^2 \cdot 20500,00) / (4 \cdot 7892,50)) \cdot (57,60 \cdot ((266,00 - 13,00) / 10)^2 / 27,14)$$

$$B_2 = 8706,28$$

$$M_r = (f_y - f_r) * W$$

$$M_r = (25,00 - 11,50) * 538,20$$

$$M_r = 7265,70 \text{ kN*cm}$$

$$l_r = ((0,707 * C_b * B_1) / M_r) * \text{raiz}(1 + \text{raiz}(1 + ((4 * B_2) / (C_b^2 * B_1^2)) * M_r^2))$$

$$l_r = ((0,707 * 1,00 * 1,57998E6) / 7265,70) * \text{raiz}(1 + \text{raiz}(1 + ((4 * 8706,28) / (1,00^2 * 1,57998E6^2)) * 7265,70^2))$$

$$l_r = 234,06$$

$$l_p < l \leq l_r$$

$$M_n = M_{pl} - ((M_{pl} - M_r) * ((l - l_r) / (l_r - l_p)))$$

$$M_n = 15157,50 - ((15157,50 - 7265,70) * ((179,92 - 50,11) / (234,06 - 50,11)))$$

$$M_n = 9588,47 \text{ kN*cm}$$

Adota-se para  $M_n$  o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/2008 (Item 5.4.1.3.1)  $M_n < (1,25 * W * f_y)$

$$M_n \leq (1,25 * W * f_y) \rightarrow \text{Ok!}$$

$$M_n = 9588,47 \text{ kN*cm}$$

$$f_b = 0,9$$

$$R_d(M_d) = f_b * M_n$$

$$R_d(M_d) = 0,90 * 9588,47$$

$$R_d(M_d) = 8629,63 \text{ kN}$$

$$R_d(M_d) \geq M_{dx}$$

$$8629,63 \text{ kN} \geq 5446,00 \text{ kN}$$

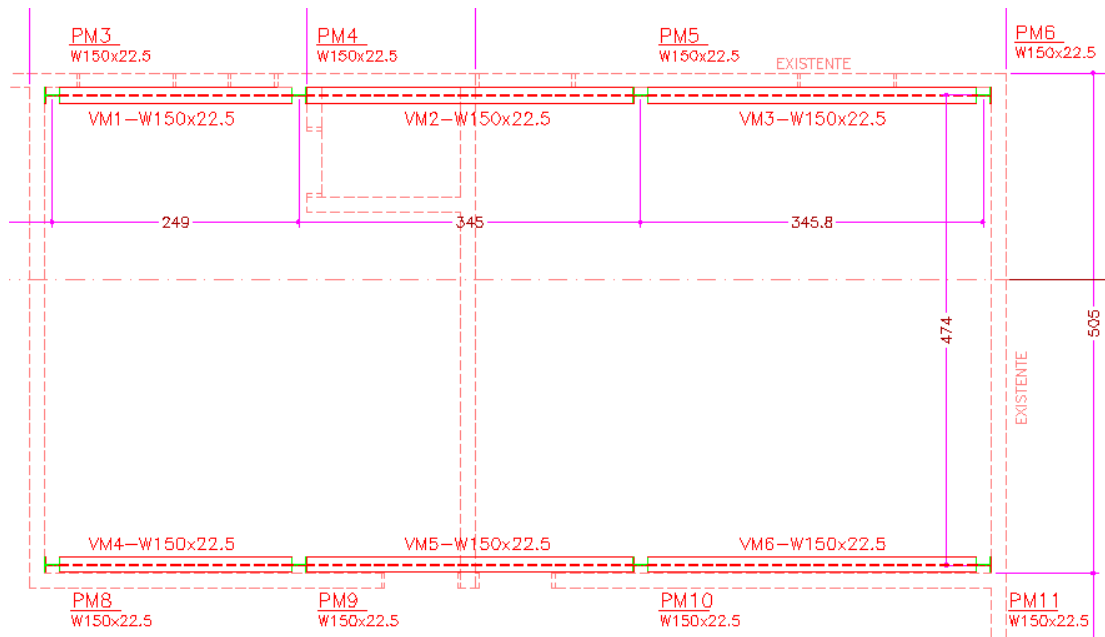
Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

Verificação da deformação

$$\delta = 0,74 \text{ cm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{629}{250} = 2,52 \text{ cm}$$

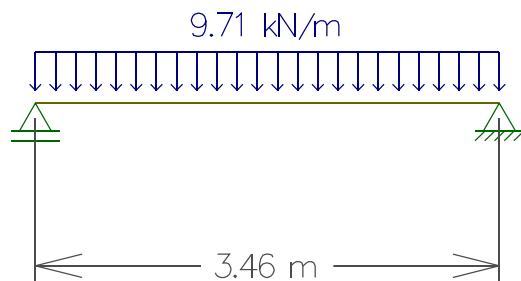
Ok!



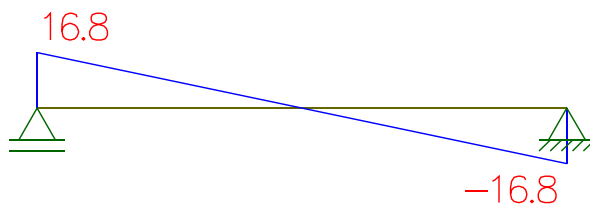
**Figura 2** - Estrutura das salas do juiz e da chefia

### VM3 (W150x22,2)

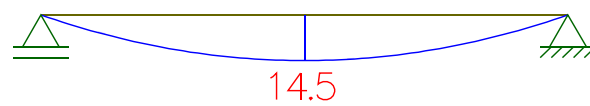
Carregamento:



Cortante máximo:



Momento fletor máximo:



### Verificação do Esforço Cortante

Análise plástica

$$A_w = h \cdot t_w$$

$$A_w = 138,80 \cdot 5,80$$

$$A_w = 881,60 \text{ mm}^2$$

$$A_w = 8,82 \text{ cm}^2$$

Considerando Item 5.2.2 nota a da NBR8800/2008

$$a = 4 \cdot t_w;$$

$$a = 4 \cdot 5,80$$

$$a = 23,20 \text{ mm}$$

$$(a/h) < 1$$

$$k = 4 + 5,34 / (a/h)^2$$

$$k = 4 + 5,34 / (23,20 / 138,80)^2$$

$$k = 195,14$$

$$l = h / t_w$$

$$l = 138,80 / 5,80$$

$$l = 23,93$$

$$l_p = 1,08 \cdot \sqrt{k \cdot E / f_y}$$

$$l_p = 1,08 \cdot \sqrt{195,14 \cdot 20500,00 / 25,00}$$

$$l_p = 432,02$$

$$l_r = 1,4 \cdot \sqrt{k \cdot E / f_y}$$

$$l_r = 1,4 \cdot \sqrt{195,14 \cdot 20500,00 / 25,00}$$

$$l_r = 14000,50$$

$$V_{pl} = 0,55 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} = 0,55 \cdot 8,82 \cdot 25,00$$

$$V_{pl} = 121,22 \text{ kN}$$

$$l < l_p$$

$$V_n = V_{pl}$$

$$V_n = 121,22 \text{ kN}$$

$$f_v = 0,9$$

$$R_d(V_d) = f_v \cdot V_n$$

$$R_d(V_d) = 0,90 \cdot 121,22$$

$$R_d(V_d) = 109,10 \text{ kN}$$

$$R_d(V_d) \geq V_d$$

$$109,10 \text{ kN} \geq 23,52 \text{ kN}$$

**Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!**

### Verificação de Flexão em x

$$Z = Z_x$$

$$Z = 179,60 \text{ cm}^3$$

$$W = W_x$$

$$W = 161,70 \text{ cm}^3$$

$$W_c = W$$

$$W_c = 161,70 \text{ cm}^3$$

$$W_t = W$$

$$W_t = 161,70 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} = 179,60 \cdot 25,00$$

$$M_{pl} = 4490,00 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Flambagem local da alma (FLA)

$$l = h/t_w$$

$$l = 138,80/5,80$$

$$l = 23,93$$

$$l_p = 3,5 \cdot \sqrt{E/f_y}$$

$$l_p = 3,5 \cdot \sqrt{20500,00/25,00}$$

$$l_p = 100,22$$

$$l \leq l_p$$

$$M_n = M_{pl}$$

$$M_n = 4490,00 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Flambagem local da mesa (FLM)

$$l = b_f/(2 \cdot t_f)$$

$$l = 152,00/(2 \cdot 6,60)$$

$$l = 11,52$$

$$l_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/f_y}$$

$$l_p = 0,38 \cdot \sqrt{20500,00/25,00}$$

$$l_p = 10,88$$

$$M_r = (f_y - f_r) \cdot W_c$$

$$M_r = (25,00 - 11,50) \cdot 161,70$$

$$M_r = 2182,95 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_r = f_y \cdot W_t$$

$$M_r = 25,00 \cdot 161,70$$

$$M_r = 4042,50 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Adota-se o menor valor de  $M_r$

$$M_r = 2182,95$$

$$l_r = 0,62 \cdot \sqrt{E \cdot W_c / M_r}$$

$$l_r = 0,62 \cdot \sqrt{20500,00 \cdot 161,70 / 2182,95}$$

$$l_r = 24,16$$

$$l_p < l \leq l_r$$

$$M_n = M_{pl} - ((M_{pl} - M_r) * ((l - l_r) / (l_r - l_p)))$$

$$M_n = 4490,00 - ((4490,00 - 2182,95) * ((11,52 - 10,88) / (24,16 - 10,88)))$$

$$M_n = 4379,92 \text{ kN*cm}$$

Flambagem Lateral com torção (FLT)

$$l = L_b / r_y$$

$$l = 346,00 / 3,65$$

$$l = 94,72$$

$$l_p = 1,75 * \sqrt{E / f_y}$$

$$l_p = 1,75 * \sqrt{20500,00 / 25,00}$$

$$l_p = 50,11$$

$$C_b = 1$$

$$B_1 = \pi * \sqrt{G * E * I_T * A_g}$$

$$B_1 = \pi * \sqrt{7892,50 * 20500,00 * 4,75 * 29,00}$$

$$B_1 = 469008,00$$

$$B_2 = ((\pi^2 * E) / (4 * G)) * (A_g * ((d - t_f) / 10)^2 / I_T)$$

$$B_2 = ((\pi^2 * 20500,00) / (4 * 7892,50)) * (29,00 * ((152,00 - 6,60) / 10)^2 / 4,75)$$

$$B_2 = 8272,03$$

$$M_r = (f_y - f_r) * W$$

$$M_r = (25,00 - 11,50) * 161,70$$

$$M_r = 2182,95 \text{ kN*cm}$$

$$l_r = ((0,707 * C_b * B_1) / M_r) * \sqrt{1 + \sqrt{1 + ((4 * B_2) / (C_b^2 * B_1^2)) * M_r^2}}$$

$$l_r = ((0,707 * 1,00 * 469008,00) / 2182,95) * \sqrt{1 + \sqrt{1 + ((4 * 8272,03) / (1,00^2 * 469008,00^2)) * 2182,95^2}}$$

$$l_r = 230,88$$

$$l_p < l \leq l_r$$

$$M_n = M_{pl} - ((M_{pl} - M_r) * ((l - l_r) / (l_r - l_p)))$$

$$M_n = 4490,00 - ((4490,00 - 2182,95) * ((94,72 - 50,11) / (230,88 - 50,11)))$$

$$M_n = 3920,76 \text{ kN*cm}$$

Adota-se para  $M_n$  o menor valor de FLA, FLT ou FLM e ainda segundo NBR 8800/2008 (Item 5.4.1.3.1)  $M_n < (1,25 * W * f_y)$

$$M_n \leq (1,25 * W * f_y) \rightarrow \text{Ok!}$$

$$M_n = 3920,76 \text{ kN*cm}$$

$$f_b = 0,9$$

$$R_d(M_d) = f_b * M_n$$

$$R_d(M_d) = 0,90 * 3920,76$$

$$R_d(M_d) = 3528,68 \text{ kN}$$

$$R_d(M_d) \geq M_{dx}$$

$$3528,68 \text{ kN} \geq 2030,00 \text{ kN}$$

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

#### Verificação da deformação

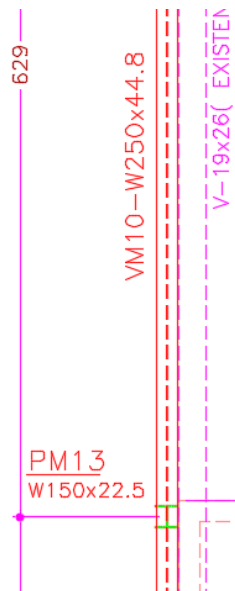
$$\delta = 0,74 \text{ cm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{346}{250} = 1,38 \text{ cm}$$

Ok

### **Cálculo dos pilares**

#### PM13 (W150x22,5)



**Figura 3 - Pilar Metálico 13**

$$N_{m\acute{a}x} = R_{VM6} + PP_{pilar} = 68 + 3,02 \cdot 0,225 = 68,7 \text{ kN}$$

#### Verificação do Esforço de Compressão

Verificação da esbeltez do elemento (Item 5.3.5 NBR8800/2008)

$$l_x = L_{fx}/r_x$$

$$l_x = 574,00/6,51$$

$$l_x = 88,17$$

$$l_y = L_{fy}/r_y$$

$$l_y = 574,00/3,65$$

$$l_y = 157,13$$

$l_x$  e  $l_y \leq 200$   
88,17 e 157,13  $\leq 200$

Ok! Esbeltez verifica!

Cálculo de Q (Anexo E da NBR8800/2008)  
 $(b_f/2)/t_f \leq 0,55 \cdot \sqrt{E/f_y}$   
 $Q_s = 1$

$h/t_w \leq 1,47 \cdot \sqrt{E/f_y}$   
 $Q_a = 1$

$Q = Q_s \cdot Q_a$   
 $Q = 1,00 \cdot 1,00$   
 $Q = 1,00$

$\lambda_x = (1/\pi) \cdot l_x \cdot \sqrt{Q \cdot f_y / E}$ ;  
 $\lambda_x = (1/\pi) \cdot 88,17 \cdot \sqrt{1,00 \cdot 25,00 / 20500,00}$ ;  
 $\lambda_x = 0,98$

$\lambda_y = (1/\pi) \cdot l_y \cdot \sqrt{Q \cdot f_y / E}$ ;  
 $\lambda_y = (1/\pi) \cdot 157,13 \cdot \sqrt{1,00 \cdot 25,00 / 20500,00}$ ;  
 $\lambda_y = 1,75$

$t_f \leq 40$   
Curva b  $\rightarrow a_x = 0,281$   
Curva c  $\rightarrow a_y = 0,384$

$\lambda_x > 0,2$   
 $B_x = (1/2 \cdot \lambda_x^2) \cdot (1 + a_x \cdot \sqrt{\lambda_x^2 - 0,04}) + \lambda_x^2$   
 $B_x = (1/2 \cdot 0,98^2) \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt{0,98^2 - 0,04}) + 0,98^2$   
 $B_x = 1,16$

$r_{ox} = B_x - \sqrt{B_x^2 \cdot (1/\lambda_x^2)}$   
 $r_{ox} = 1,16 - \sqrt{1,16^2 \cdot (1/0,98^2)}$   
 $r_{ox} = 0,61$

$\lambda_y > 0,2$   
 $B_y = (1/2 \cdot \lambda_y^2) \cdot (1 + a_y \cdot \sqrt{\lambda_y^2 - 0,04}) + \lambda_y^2$   
 $B_y = (1/2 \cdot 1,75^2) \cdot (1 + 0,38 \cdot \sqrt{1,75^2 - 0,04}) + 1,75^2$   
 $B_y = 0,77$

$r_{oy} = B_y - \sqrt{B_y^2 \cdot (1/\lambda_y^2)}$   
 $r_{oy} = 0,77 - \sqrt{0,77^2 \cdot (1/1,75^2)}$   
 $r_{oy} = 0,25$

Adota-se o menor valor para  $r_o$   
 $r_o = 0,25$

$$f_c = 0,9$$

$$R_d(N_d) = f_c \cdot \rho \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y$$

$$R_d(N_d) = 0,90 \cdot 0,25 \cdot 1,00 \cdot 29,00 \cdot 25,00$$

$$R_d(N_d) = -165,47 \text{ kN}$$

$$R_d(N_d) \geq N_d$$

$$-165,47 \text{ kN} \geq -96,18 \text{ kN}$$

Ok! Perfil suporta ao esforço solicitado!

| Cálculo de Sapatas  |             |   |                     |             |            |
|---|-------------|---|---------------------|-------------|------------|
| Cliente:  | POLICONSLUT | Obra:   | Cartório de Jacaraú | Referência: | BPM13      |
|   |             |   |                     | Data:       | 10/08/2017 |
| <div>Tipo: Escalonada</div> <div>N (tf): 6,87</div> <div>Vx (tf): 0</div> <div>Vy (tf): 0</div> <div>Momento em x (tf.m): 0</div> <div>Momento em y (tf.m): 0</div> <div>Cobrimento (cm): 5</div> |             | <div>Dimensão x do Pilar (m): 0,15</div> <div>Dimensão y do Pilar (m): 0,15</div> <div>b (m): 0,8</div> <div>a (m): 0,8</div> <div>B (m): 0,8</div> <div>A (m): 0,8</div> <div>h<sub>o</sub> (m): 0,3</div> <div>H (m): 0,3</div> |                     |             |            |
| Tensão admissível do solo (MPa): 0,12   |             |   |                     |             |            |
| Resistência do concreto (MPa): 25   |             |   |                     |             |            |
| Resistência do aço (MPa): 500   |             |   |                     |             |            |
| Condições de rigidez  |             |   |                     |             |            |
| 1) $H \geq (A - a)/4$ e $(B - b)/4$   |             | Ok  |                     |             |            |
| 2) $h_0 \geq H/3$ e 20cm  |             | Ok  |                     |             |            |
| Tensão no solo  |             |   |                     |             |            |
| Volume da sapata (m³)   |             | 0,19  |                     |             |            |
| Peso da sapata (tf)   |             | 0,48  |                     |             |            |
| Carga vertical no solo com Vx (tf)  |             | 7,4   |                     |             |            |
| Carga vertical no solo com Vy (tf)  |             | 7,4   |                     |             |            |
| Tensão máxima no solo com Vx(tf/m²)   |             | 11,5  |                     |             |            |
| Tensão máxima no solo com Vy(tf/m²)   |             | 11,5  |                     |             |            |

|   |       |                                     |
|---|-------|-------------------------------------|
| Tensões no concreto                           |       |                                     |
| Tensão no topo da sapata com Vx (tf/m²)       | 427,5 | Bielas devem convergir para uma     |
| Tensão no topo da sapata com Vy (tf/m²)       | 427,5 | distância 'x' do topo da sapata     |
|   |       | x = 0,004 m                         |
| Cálculo das armaduras                         |       |                                     |
| Braço de alavanca Z (m)                       | 0,236 |                                     |
| Resultante das reações do terreno em x (tf/m) | 4,6   | Distância ao eixo do Pilar (m) 0,20 |
| Resultante das reações do terreno em y (tf/m) | 4,6   | Distância ao eixo do Pilar (m) 0,20 |
|   |       | A <sub>s,min</sub>                  |
| A <sub>sx</sub> (cm²/m)                       | 1,02  | 3,23                                |
| A <sub>sy</sub> (cm²/m)                       | 1,02  | 3,23                                |
|   | 6     | Φ 8                                 |
|   | 6     | Φ 8                                 |
|   |       | c/ 14,0                             |
|   |       | c/ 14,0                             |

Tensão admissível do solo (MPa):

0,12

Resistência do concreto (MPa):

25

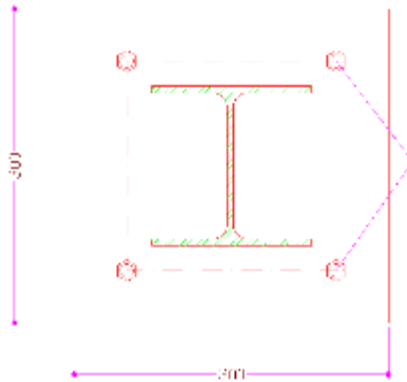
Resistência do aço (MPa):

500

| Condições de rigidez                |      |
|-------------------------------------|------|
| 1) $H \geq (A - a)/4$ e $(B - b)/4$ | Ok   |
| 2) $h_o \geq H/3$ e 20cm            | Ok   |
| Tensão no solo                      |      |
| Volume da sapata (m³)               | 0,19 |
| Peso da sapata (tf)                 | 0,48 |
| Carga vertical no solo com Vx (tf)  | 7,4  |
| Carga vertical no solo com Vy (tf)  | 7,4  |
| Tensão máxima no solo com Vx(tf/m²) | 11,5 |
| Tensão máxima no solo com Vy(tf/m²) | 11,5 |

Ok

## Dimensionamento da chapa de apoio dos pilares



**Figura 4** - Chapa de apoio dos pilares

Área:

$$\sigma_{cd} * A \geq Nd$$

$$A \geq \frac{96,18}{1,4286} = 67,32 \text{ cm}^2$$

Ok

Espessura:

$$\sigma_{m\acute{a}x,sapata} = 4,28 \text{ MPa}$$

$$l_{flex\tilde{a}o} = (b_{chapa} - b_{pilar})/2 = (30 - 15,2)/2 = 7,4 \text{ cm}$$

$$M_{m\acute{a}x,chapa} = \sigma_{m\acute{a}x,sapata} * \frac{l_{flex\tilde{a}o}^2}{2} = 0,428 * \frac{7,4^2}{2} = 11,72 \text{ kN.cm}$$

$$M_{res,chapa} \geq M_{m\acute{a}x,chapa}$$

$$Z * \frac{f_y}{\gamma_a} = \frac{t^2}{4} * \frac{35}{1,1} \geq M_{m\acute{a}x,chapa}$$

$$t^2 \geq 11,72 * 4 * \frac{1,1}{35} = 1,47 \text{ cm}^2$$

$$t \geq 12,1 \text{ mm}$$

Ok

## Verificação das tensões na solda

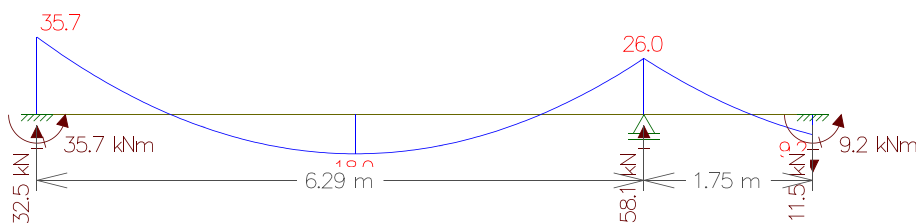
Tipo de solda: Solda em filete

Eletrodo: E70

Espessura: 3mm

A dimensão mínima da perna do filete de solda ( $b_{\min}$ ), conforme NBR 8800/2008, para a espessura da chapa mais fina até 6,3mm é de 3mm.

Esforços atuantes máximos (VM10):



Momento de semi-engastamento:

Como recomendado pela norma NBR 6118:2014, considerou-se os momentos de semi-engastamento devido à diferença de rigidez existente entre as vigas e os pilares de extremidade. O momento de engastamento perfeito foi reduzido então pela relação:

$$M_{se} = \left( \frac{r_p}{r_p + r_v} \right) * M_{ep}$$

Onde:

$M_{se}$ : Momento de semi-engastamento

$M_{ep}$ : Momento de engastamento perfeito

$r_p$ : Coeficiente de rigidez do pilar, dado por:

$r_p = I_p / l$ ;  $I_p$  – Momento de inércia do pilar,  $l$  – comprimento do pilar

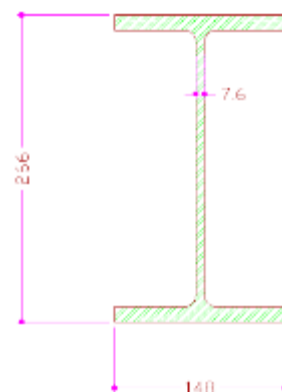
$r_v$ : Coeficiente de rigidez da viga, dado por:

$r_v = I_v / l$ ;  $I_v$  – Momento de inércia da viga,  $l$  – comprimento da viga

$$r_p = \frac{1229}{299} = 4,11 \text{ cm}^3$$

$$r_v = \frac{7158}{670} = 10,68 \text{ cm}^3$$

$$M_{se} = \left( \frac{4,11}{4,11 + 10,68} \right) * 35,7 = 9,92 \text{ kN.m}$$



Momento de inércia da área de solda:

$$I_x = 2 * (14,8 * 0,3 * 0,7 * 13,3^2 + 14,04 * 0,3 * 0,7 * 12^2) + 2 * \left( 0,3 * 0,7 * \frac{24^3}{12} \right) \\ = 2432,53 \text{ cm}^4$$

Tensão de cisalhamento devido ao momento fletor na região superior da mesa:

$$\tau = \frac{992}{2432,53} * 13,3 = 54,24 \text{ MPa}$$

Tensão de cisalhamento devido ao esforço cortante na região inferior da mesa:

$$\tau = \frac{V}{t_0 * h_0} = \frac{32,5}{2 * 0,3 * 0,7 * 24} = 32,24 \text{ MPa}$$

Tensão de cisalhamento devido ao momento fletor na região inferior da mesa:

$$\tau = \frac{992}{2432,53} * 12 = 48,94 \text{ MPa}$$

Tensão resultante na região inferior da mesa:

$$\tau = \sqrt{32,24^2 + 48,94^2} = 58,61 \text{ MPa}$$

Tensão solicitante de cálculo:

$$\tau_d = 1,4 * 58,61 = 82,05 \text{ MPa}$$

Tensão resistente de projeto, referidas à garganta da solda – Metal de solda:

$$\tau_{d,res} = 0,6 * 485 / 1,35 = 215,6 \text{ MPa}$$

Ok!

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. 2014.