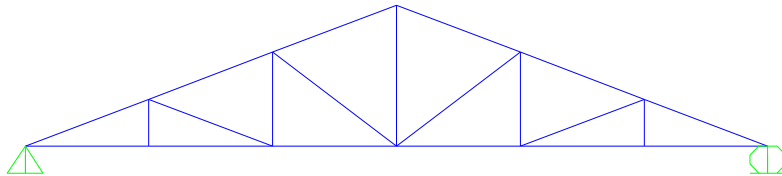


BARRAS TRACIONADAS E COMPRIMIDAS

Exercício

Um depósito será construído na cidade de Angra dos Reis – RJ, com dimensões em planta de 14,0 x 9,0 metros e altura de 4,0 metros (pé-direito livre). A sua cobertura será em duas águas, constituída de tesouras metálicas, simétricas, com 9,0 m de vão e 1,7 m de altura, espaçadas de 3,5 m, e apoiadas sobre as vigas de concreto armado do perímetro, conforme ilustra a figura a seguir.



Considere:

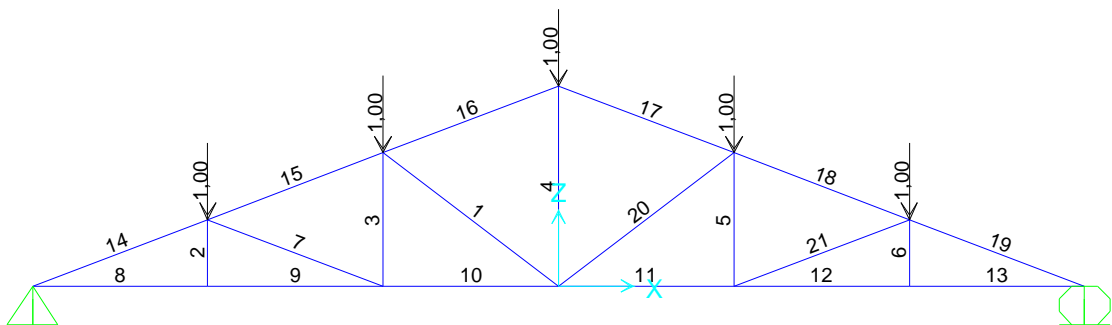
- O depósito terá as quatro faces igualmente permeáveis; Não possuirá forro;
- Edificação junto ao mar, em terreno plano e livre;
- Aço MR-250, com $f_y = 250$ MPa e $f_u = 400$ MPa;
- Todos os elementos da treliça terão o mesmo perfil, em cantoneiras duplas de abas iguais;
- As chapas de ligação e os espaçadores terão espessura de $1/4''$;
- As ligações serão soldadas, e não serão dominantes no dimensionamento;
- Considere os carregamentos de vento, peso-próprio ($0,45$ kN/m²) e sobrecarga ($0,25$ kN/m²);
- Admita todos os nós contraventados transversalmente, e os apoios indeslocáveis.

Pede-se:

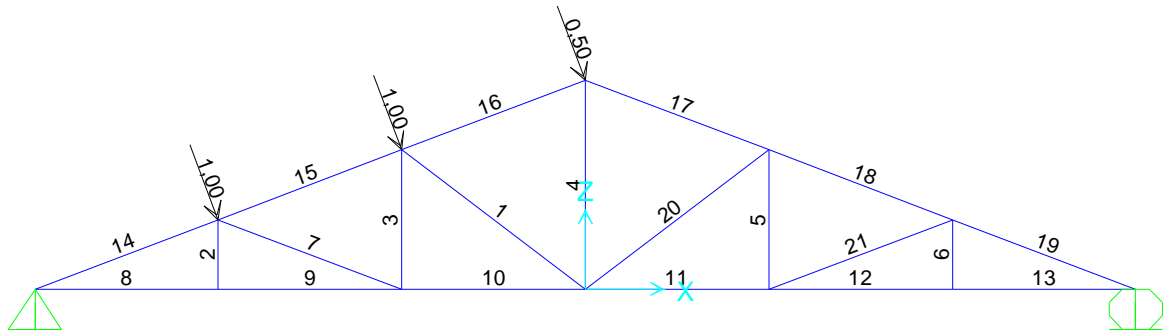
- A velocidade característica e a pressão dinâmica do vento na edificação (1,0);
- As cargas de vento atuantes na cobertura (2,0);
- A representação esquemática das combinações últimas normais (1,0);
- Identificação das barras mais solicitadas, à tração e à compressão (1,0);
- Dimensionamento da barra mais solicitada à tração (2,0);
- Dimensionamento da barra mais solicitada à compressão (3,0).

Dados:

Caso 01 de carregamento:



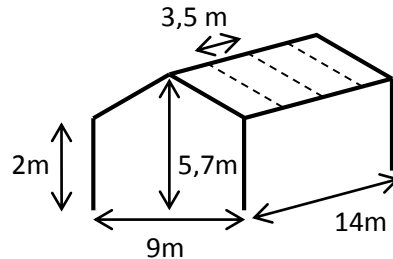
Caso 02 de carregamento:



Barra Nr	Caso1	Caso2					
1	-1,659	-1,773					
2	0,000	0,000					
3	0,500	0,534					
4	2,000	1,069					
5	0,500	0,000					
6	0,000	0,000					
7	-1,415	-1,512					
8	6,618	4,952					
9	6,618	4,952					
10	5,294	3,537					
11	5,294	2,122					
12	6,618	2,122					
13	6,618	2,122					
14	-7,074	-4,349					
15	-5,659	-3,214					
16	-4,244	-2,080					
17	-4,244	-2,269					
18	-5,659	-2,269					
19	-7,074	-2,269					
20	-1,659	0,000					
21	-1,415	0,000					

Solução

a) A velocidade característica e a pressão dinâmica do vento na edificação:



$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

Angra dos Reis: $V_0 = 35 \text{ m/s}$

Terreno plano (NBR 6123 item 5.2): $S_1 = 1,00$

Depósito (NBR 6123 Tab. 3): $S_3 = 0,95$

Fator S_2 :

Rugosidade do terreno: Categoria II (zonas costeiras planas)

Dimensões da edificação: Classe A (maior dimensão inferior a 20 m)

$$\text{NBR 6123 Tab. 1: } \begin{cases} b = 1,0 \\ F_r = 1,0 \\ p = 0,085 \end{cases} \Rightarrow S_2 = b F_r \left(\frac{z}{10} \right)^p \Rightarrow \begin{cases} S_2(2\text{m}) = 0,87 \\ S_2(5,7\text{m}) = 0,95 \end{cases}$$

Velocidade característica:

$$\Rightarrow V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \Rightarrow \begin{cases} V_k(2\text{m}) = 35 \cdot 1,00 \cdot 0,87 \cdot 0,95 = 28,93 \text{ m/s} \\ V_k(5,7\text{m}) = 35 \cdot 1,00 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 31,59 \text{ m/s} \end{cases}$$

Pressão dinâmica:

$$\Rightarrow q = 0,613 \cdot V_k^2 \Rightarrow \begin{cases} q(2\text{m}) = 0,613 \cdot (28,93)^2 = 513,05 \text{ N/m}^2 \\ q(5,7\text{m}) = 0,613 \cdot (31,59)^2 = 611,73 \text{ N/m}^2 \end{cases}$$

b) As cargas de vento atuantes na cobertura

Coeficientes de pressão externa (C_{pe}) para o telhado:

Tabela 5 (NBR 6123):

$$\Rightarrow h/b = 4/9 = 0,44$$

$$\Rightarrow \theta = \arctan(1,7/4,5) = 20,7^\circ$$

$$\text{Vento a } 0^\circ \Rightarrow C_{pe} = -0,7$$

$$\text{Vento a } 90^\circ \Rightarrow C_{pe} = -0,4$$

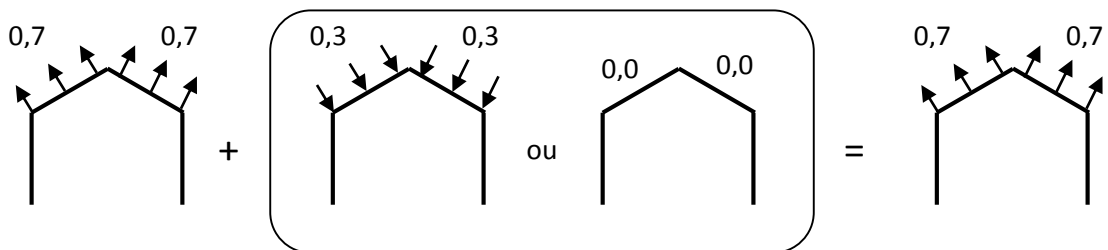
Coeficientes de pressão interna (C_{pi}):

Quatro faces igualmente permeáveis (item 6.2.5.b – NBR-6123)

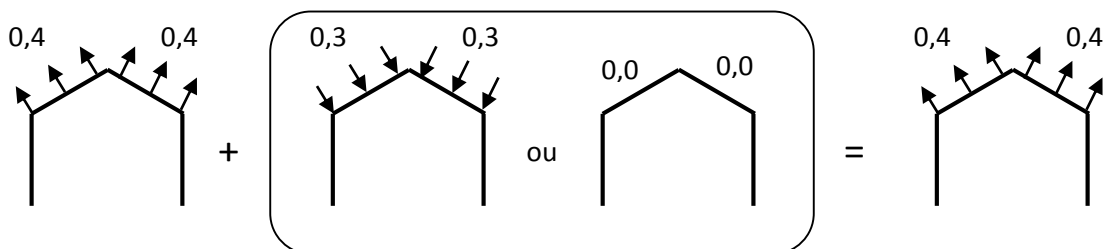
$$\Rightarrow C_{pi} = -0,3 \text{ ou } 0,0$$

Combinações para a ação do vento:

Caso1: pior situação para o vento a 0°

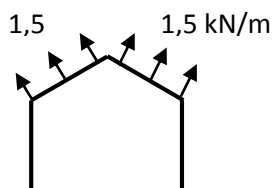


Caso2: pior situação para o vento a 90°



Cargas de vento na cobertura: (caso mais desfavorável)

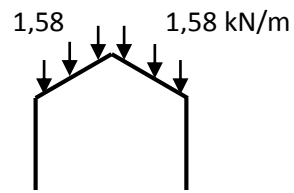
$$\Rightarrow F_{wk} = (C_e - C_i) \cdot q \cdot A \Rightarrow F_{wk} = -0,7 \cdot 611,7 \cdot 3,5 = -1,5 \text{ kN/m}$$



c) A representação esquemática das combinações últimas normais

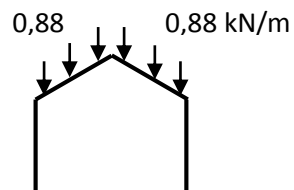
Ação permanente:

$$\Rightarrow F_{gk} = 0,45 \cdot 3,5 = 1,58 \text{ kN/m}$$



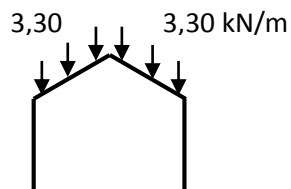
Ação acidental:

$$\Rightarrow F_{qk} = 0,25 \cdot 3,5 = 0,88 \text{ kN/m}$$

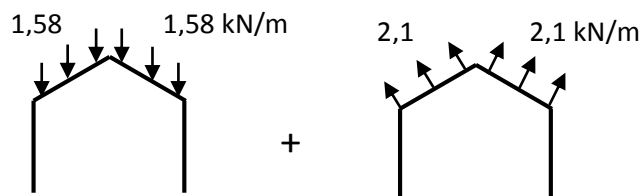


Combinações:

$$\Rightarrow F_{D,1} = 1,25 \cdot F_{gk} + 1,5 \cdot F_{qk} = 3,30 \text{ kN/m}$$



$$\Rightarrow F_{D,2} = 1,00 \cdot F_{gk} + 1,4 \cdot F_{wk}$$



d) Identificação das barras mais solicitadas à tração e compressão:

Distância horizontal entre terças = $1,5m$

$\Rightarrow 1,00kN/m$ na vertical corresponde à $1,5kN$ nos nós.

Distância entre terças no plano da água = $1,5/\cos 20^\circ = 1,60m$

$\Rightarrow 1,00kN/m$ no plano das águas corresponde à $1,6kN$ nos nós.

Nr	Caso1	Caso2	Caso3	Comb1	Comb2
1	-1,659	-1,773	0,000	-8,212	-8,187
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,500	0,534	0,000	2,475	2,467
4	2,000	1,069	1,069	9,900	9,871
5	0,500	0,000	0,534	2,475	2,467
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	-1,415	-1,512	0,000	-7,004	-6,982
8	6,618	4,952	2,122	32,759	32,662
9	6,618	4,952	2,122	32,759	32,662
10	5,294	3,537	2,122	26,205	26,128
11	5,294	2,122	3,537	26,205	26,128
12	6,618	2,122	4,952	32,759	32,662
13	6,618	2,122	4,952	32,759	32,662
14	-7,074	-4,349	-2,269	-35,016	-32,649
15	-5,659	-3,214	-2,269	-28,012	-26,571
16	-4,244	-2,080	-2,269	-21,008	-20,496
17	-4,244	-2,269	-2,080	-21,008	-20,496
18	-5,659	-2,269	-3,214	-28,012	-26,571
19	-7,074	-2,269	-4,349	-35,016	-32,649
20	-1,659	0,000	-1,773	-8,212	-8,187
21	-1,415	0,000	-1,512	-7,004	-6,982

$$\Rightarrow N_{t,Sd} = 35,016kN$$

$$\Rightarrow N_{c,Sd} = -32,759kN$$

e) Dimensionamento da barra mais solicitada à tração

$$\Rightarrow N_{t,Rd} = \begin{cases} \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \\ \frac{A_e \cdot f_u}{\gamma_{a2}} \end{cases}$$

Área necessária:

$$\Rightarrow A_g \geq \begin{cases} \frac{N_{t,Sd} \cdot \gamma_{a1}}{f_y} = \frac{35,0 \cdot 1,1}{250 \cdot 10^3} = 1,54 \text{ cm}^2 \\ \frac{N_{t,Sd} \cdot \gamma_{a2}}{f_u} = \frac{35,0 \cdot 1,35}{400 \cdot 10^3} = 1,18 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

Esbeltez:

$$\Rightarrow \lambda = \frac{\ell}{r} \leq 300 \Rightarrow r \geq \frac{\ell}{300} = \frac{150 \text{ cm}}{300} = 0,5 \text{ cm} \quad (\text{da dupla cantoneira}).$$

O perfil $\llcorner 3/4'' \times 3/4'' \times 1/8''$ ($A=2,22 \text{ cm}^2$ $r=0,57 \text{ cm}$) atende às solicitações de barra mais tracionada.

f) Dimensionamento da barra mais solicitada à compressão

$$\Rightarrow N_{c,Rd} = \chi \cdot Q \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\Rightarrow A_g \geq \frac{N_{c,Rd} \cdot \gamma_{a1}}{\chi \cdot Q \cdot f_y}$$

$$\text{Admitindo } \chi \cdot Q = 0,5 \Rightarrow A_g \geq \frac{32,8 \cdot 1,1}{0,35 \cdot 250 \cdot 10^3} = 4,12 \text{ cm}^2$$

Esbeltez:

$$\Rightarrow \lambda = \frac{\ell}{r} \leq 200 \Rightarrow r \geq \frac{\ell}{200} = \frac{160 \text{ cm}}{200} = 0,8 \text{ cm} \quad (\text{da dupla cantoneira}).$$

Perfil $\text{JL } 1 \frac{1}{2}'' \times 1 \frac{1}{2}'' \times 1/8''$

($A=4,64 \text{ cm}^2$; $b=3,81 \text{ cm}$; $t=3,18 \text{ mm}$; $r=1,17 \text{ cm}$; $I=6,49 \text{ cm}^4$)

	$L_x =$	1,60	m
	$K_x =$	1,0	
Esbeltez da mesa (AL):	$b/t =$	5,99	
	$b/t_{lim} =$	12,73	Ok!
	$Q =$	1,00	
Forças axiais elásticas	$N_{ex} =$	50,0	kN
Esbeltez reduzida	$\lambda_0 =$	1,523	
Fator de Redução - Resist. à Compressão	$\chi =$	0,378	
Força Axial Resistente de Cálculo	$N_{Rd} =$	39,9	kN

O perfil $\text{JL } 1 \frac{1}{2}'' \times 1 \frac{1}{2}'' \times 1/8''$ atende às solicitações de barra mais comprimida.

Não foi realizada a verificação da necessidade de espaçadores intermediários.