



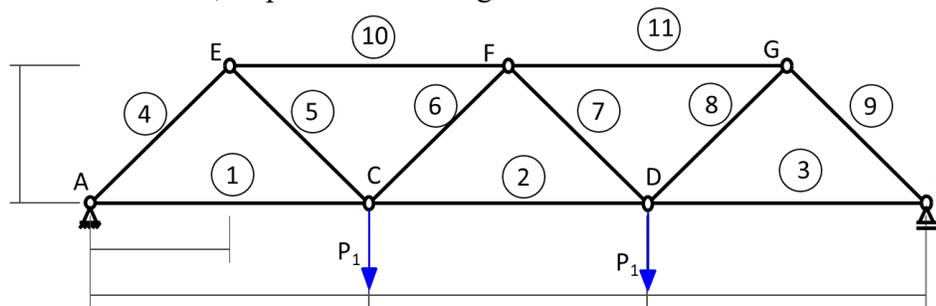
Nome : **Gabarito** _____ Nº USP : _____

Q1 (variação A, B e C). As treliças do tipo Warren são muito utilizadas em estruturas de pontes, pois permitem vencer grandes vãos. Na Figura 1 tem-se o exemplo do uso deste tipo de arranjo estrutural na passarela de transposição sobre rodovia.

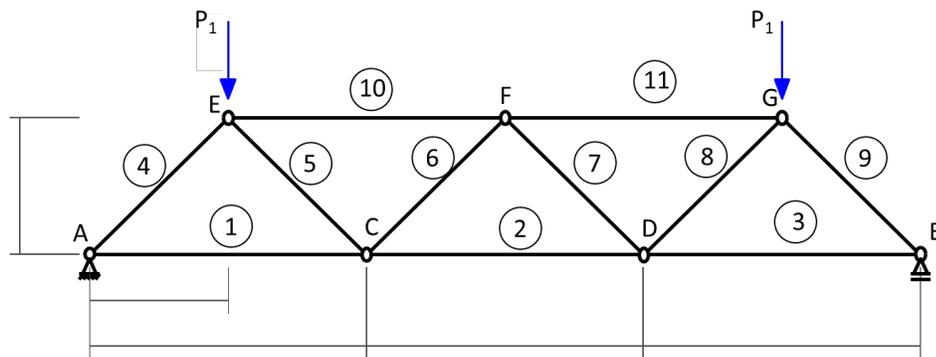


Figura 1. Passarela sobre rodovia.

O modelo estrutural livremente inspirado na passarela da foto anterior, com ligações articuladas em todos os nós, é apresentado na Figura 2.



Opção A



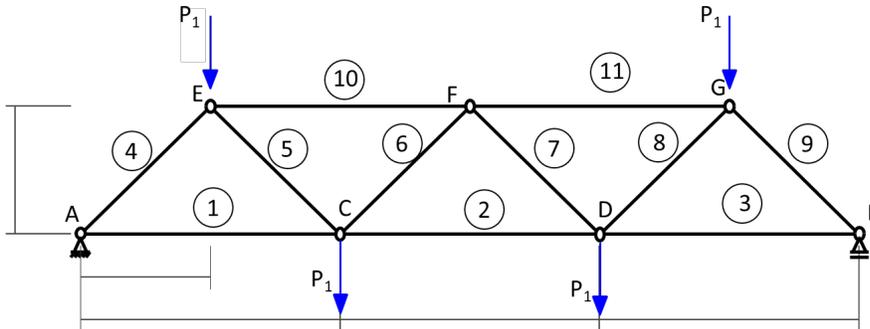
Opção B



Nome: _____

Gabarito

Nº USP: _____



Opção C

Figura 2.

Para a treliça da Figura 2, pede-se:

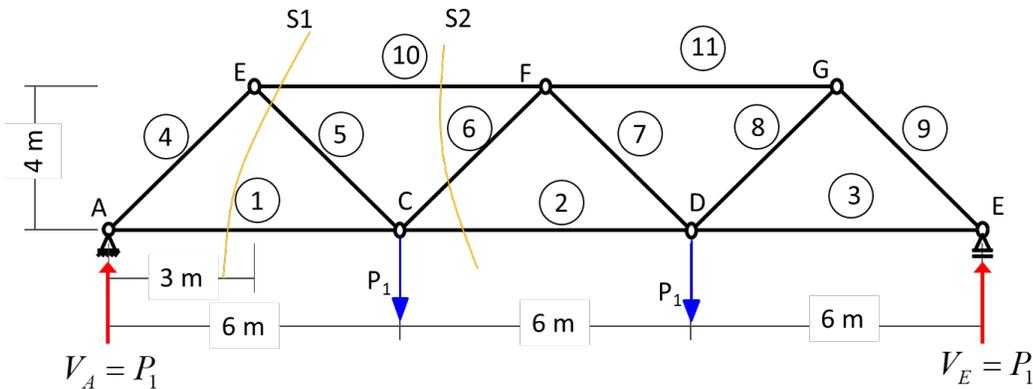
- As reações de apoio.
- Os esforços em todas as barras.
- Dimensione a treliça considerando que todas as barras devem ser construídas com uma única seção retangular vazada. Estime os valores da área e inércia necessários e, posteriormente, escolha o perfil que conduza ao dimensionamento mais econômico, ou seja, menor peso.

Dados:

- ✓ $P_1 = 2 \text{ kN}$
- ✓ coeficiente de segurança $s = 2$;
- ✓ tensão de ruptura do material: $\sigma_r = 400 \text{ MPa}$
- ✓ módulo de elasticidade do material: $E = 200 \text{ GPa}$

Resolução para variação A:

a) Reações de apoio



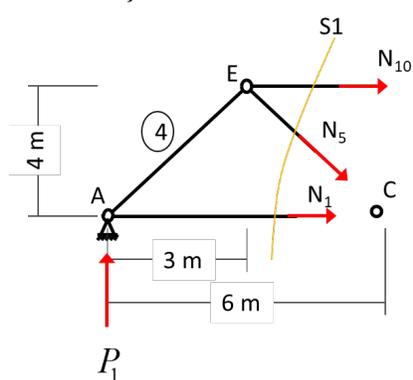


Nome: Gabarito N° USP: _____

b) As forças nas barras são facilmente determinadas utilizando apenas duas seções de corte, uma vez que a treliça é simétrica.

$$\sin \alpha = \frac{4}{5} \quad \cos \alpha = \frac{3}{5}$$

Para a seção de corte S1.



$$\sum M_C = 0 \quad \therefore \quad P_1 \times 6 + N_{10} \times 4 = 0$$

$$N_{10} = \frac{-3P_1}{2}$$

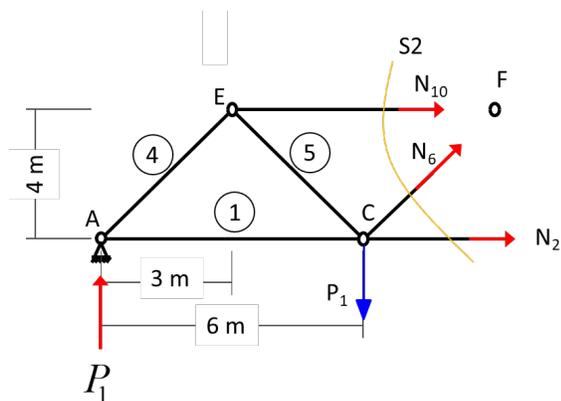
$$\sum M_E = 0 \quad \therefore \quad -N_1 \times 4 + P_1 \times 3 = 0$$

$$N_1 = \frac{3P_1}{4}$$

$$\sum F_y = 0 \quad \therefore \quad P_1 - N_5 \times \sin \alpha = 0$$

$$N_5 = \frac{5P_1}{4}$$

Para a seção de corte S2.



$$\sum M_C = 0 \quad \therefore \quad P_1 \times 6 + N_{10} \times 4 = 0$$

$$N_{10} = \frac{-3P_1}{2}$$

$$\sum M_F = 0 \quad \therefore \quad P_1 \times 9 - N_2 \times 4 - P_1 \times 3 = 0$$

$$N_2 = \frac{3P_1}{2}$$

$$\sum F_y = 0 \quad \therefore \quad -P_1 + P_1 + N_6 \times \sin \alpha_2 = 0$$

$$N_6 = 0$$

E o esforço na barra 4 é calculado pelo equilíbrio das forças no nó A.



Nome: Gabarito N° USP: _____

$$\sum F_y = 0 \quad \therefore \quad N_4 \times \sin \alpha + P_1 = 0$$

$$N_4 = -\frac{5P_1}{4}$$

Os resultados dos esforços nas barras para todas as 3 opções de carregamento na treliça estão mostrados na tabela abaixo.

Opção	P1 (kN)	VA (kN)	VB (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)	N3 (kN)	N4 (kN)	N5 (kN)	N6 (kN)	N7 (kN)	N8 (kN)	N9 (kN)	N10 (kN)	N11 (kN)
A	2	2	2	1,5	3,0	1,5	-2,5	2,5	0,0	0,0	2,5	-2,5	-3,0	-3,0
B	2	2	2	1,5	1,5	1,5	-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,5	-1,5	-1,5
C	2	4	4	3,0	4,5	3,0	-5,0	2,5	0,0	0,0	2,5	-5,0	-4,5	-4,5

Dimensionamento para variação A

- c) Máximo esforço de compressão: $-3kN$
Máximo esforço de tração: $3kN$

c.1) resistência

$$\sigma \leq \bar{\sigma} \quad ; \quad \frac{|N|}{A} \leq \frac{\sigma_r}{s}$$

$$\therefore A \geq \frac{s|N|}{\sigma_r} \Rightarrow A \geq \frac{2 \times |N|}{400 \times 10^6} = \frac{2 \times 3 \times 10^3}{400 \times 10^6} = 0,000015m^2 = 0,15cm^2$$

c.2) flambagem (instabilidade)

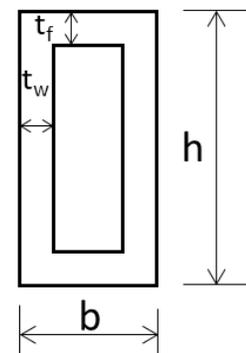
$$P \leq \frac{P_{crit}}{s} \quad ; \quad |N| \leq \frac{\pi^2 EI}{s \times l_f^2}$$

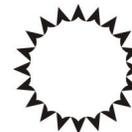
$$\therefore I \geq \frac{s \times |N| \times l_f^2}{\pi^2 E} \Rightarrow I \geq \frac{2 \times 3 \times 10^3 \times 6^2}{\pi^2 \times 200 \times 10^9} = 10,94 \times 10^{-8}m^4 = 10,94cm^4$$

	Área (cm ²)	Inércia mínima (cm ⁴)
Variação A	0,15	10,94
Variação B	0,125	6,33
Variação C	0,25	12,66

d) Escolha do perfil

Variação A	260 x 180 x 14,2 (90,1 kg/m)
Variação B	180 x 180 x 10 (52,5 kg/m)
Variação C	200 x 200 x 16 (90,3 kg/m)



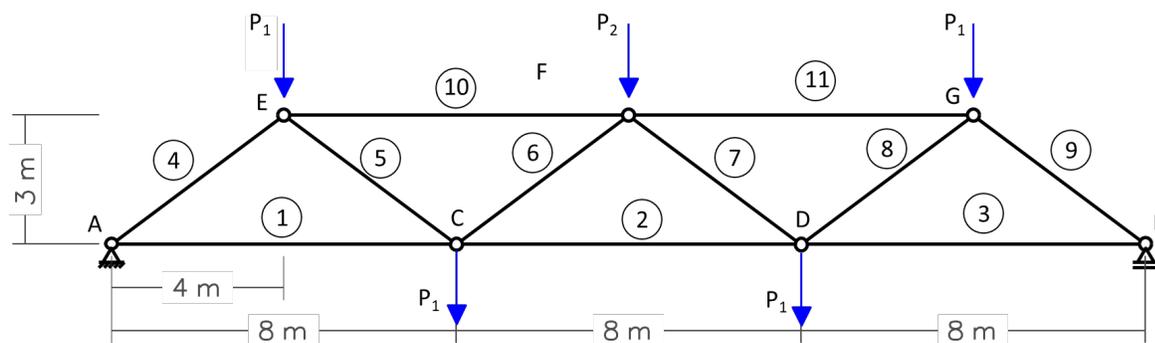


Nome: **Gabarito** _____ Nº USP: _____

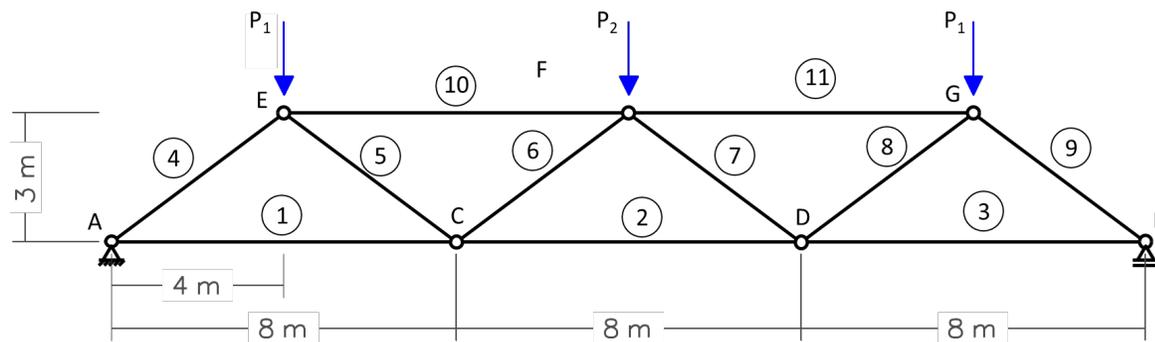
Q1 (variação D, E e F). As treliças do tipo Warren são muito utilizadas em estruturas de pontes, pois permitem vencer grandes vãos. Na Figura 1 tem-se o exemplo do uso deste tipo de arranjo estrutural na passarela de transposição sobre rodovia.



Figura 1. Passarela sobre rodovia.



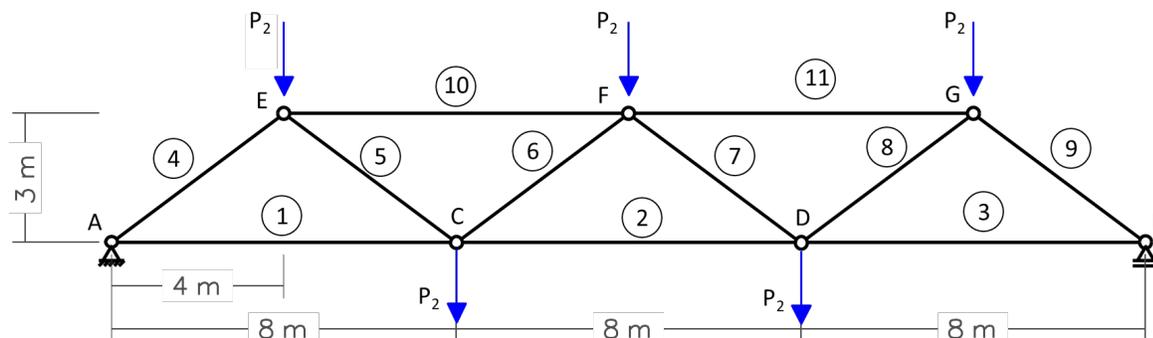
Opção D



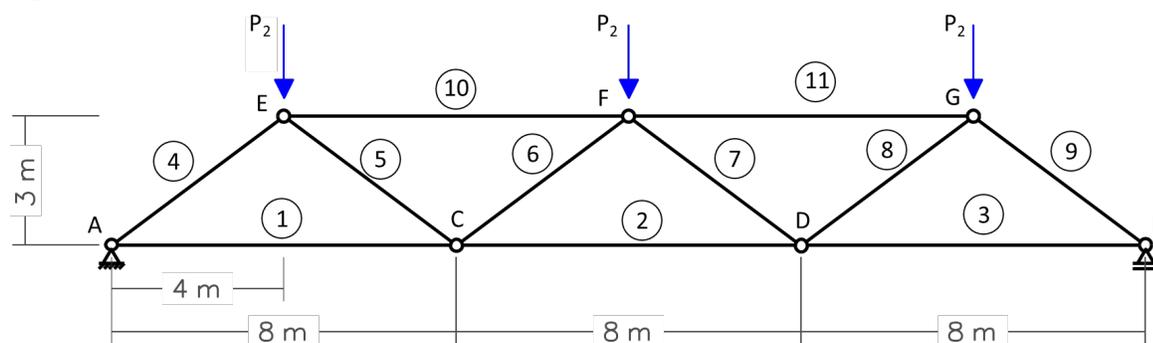
Opção E



Nome: Gabarito N° USP: _____



Opção F



Opção G

Figura 2.

Para a treliça da Figura 2, livremente inspirada na passarela da foto anterior, pede-se:

- As reações de apoio.
- Utilizando o método de Ritter, calcule os esforços nas barras.
- Dimensione a treliça considerando que todas as barras devam ser construídas com uma única seção transversal circular vazada, sendo $t=D/4$ (t = espessura e D = diâmetro externo)

Dados:

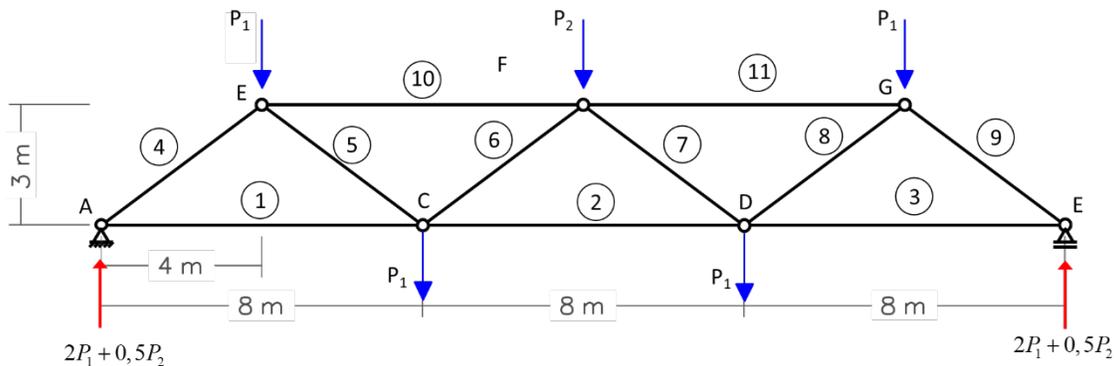
- ✓ $P_1 = 3\text{kN}$ e $P_2 = 2 \times P_1$ kN
- ✓ coeficiente de segurança $s=2$;
- ✓ tensão de ruptura do material: $\sigma_r = 250\text{MPa}$
- ✓ módulo de elasticidade do material: $E=200\text{GPa}$
- ✓ Momento de Inércia para seção circular $I = \frac{\pi\phi^4}{64}$ (ϕ = diâmetro)



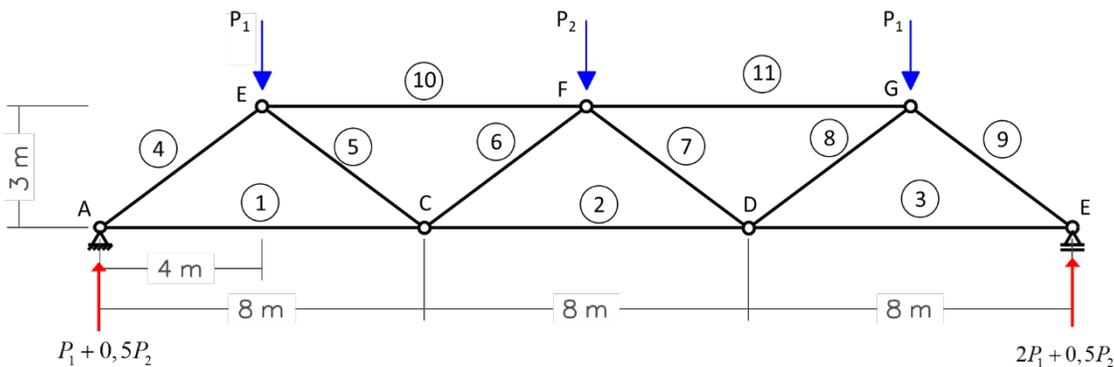
Nome: **Gabarito** N° USP: _____

Resolução:

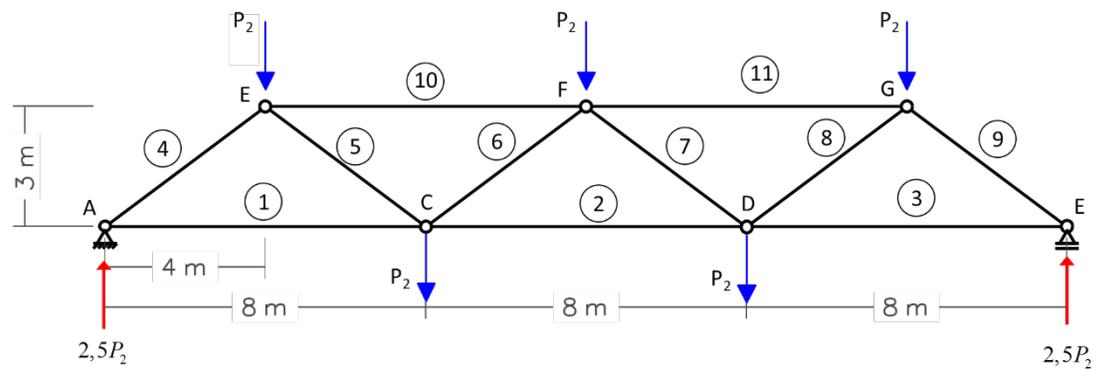
e) Reações de apoio



Opção A



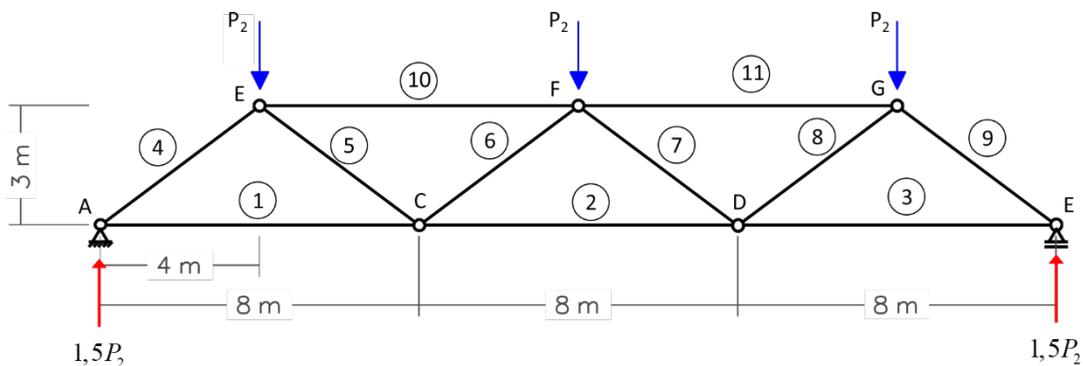
Opção B



Opção C

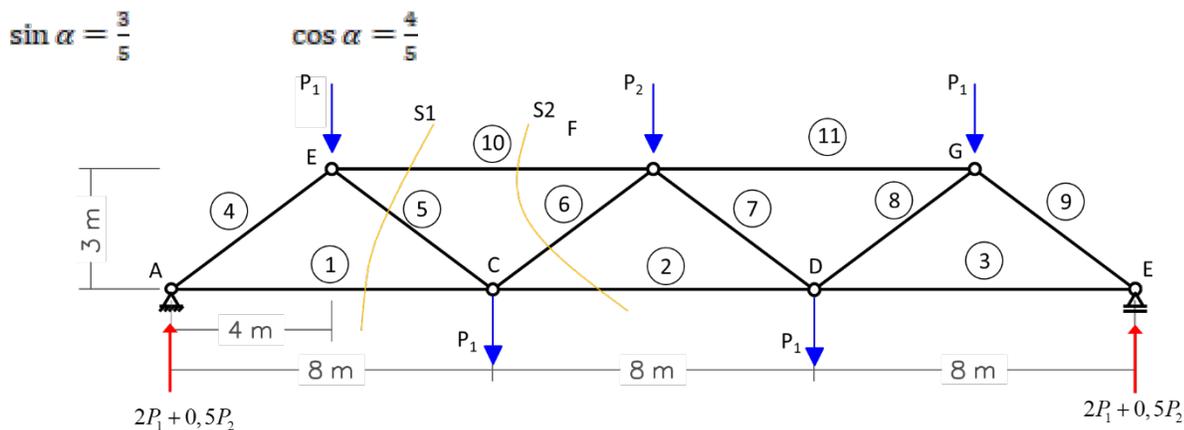


Nome: **Gabarito** N° USP: _____

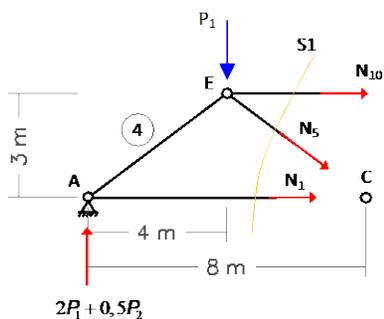


Opção D

f) As forças nas barras são facilmente determinadas utilizando apenas duas seções de corte, uma vez que a treliça é simétrica.



Para a seção de corte S1.



$$\sum M_C = 0 \quad \therefore \quad -P_1 \times 4 + N_{10} \times 3 + (2P_1 + 0,5P_2) \times 8 = 0$$

$$N_{10} = \frac{-12P_1 - 4P_2}{3}$$

$$\sum M_E = 0 \quad \therefore \quad -N_1 \times 3 + (2P_1 + 0,5P_2) \times 4 = 0$$

$$N_1 = \frac{-8P_1 - 2P_2}{3}$$



Nome: _____

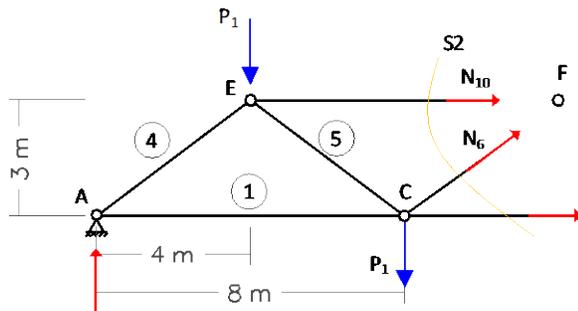
Gabarito

Nº USP: _____

$$\sum F_y = 0 \quad \therefore \quad -P_1 + N_5 \times \sin \alpha + (2P_1 + 0,5P_2) \times 8 = 0$$

$$\underline{N_5 = \frac{5P_1 + 2,5P_2}{3}}$$

Para a seção de corte S2.



$$\sum M_C = 0 \quad \therefore \quad -P_1 \times 4 + N_{10} \times 3 + (2P_1 + 0,5P_2) \times 8 = 0$$

$$\underline{N_{10} = \frac{-12P_1 - 4P_2}{3}}$$

$$\sum M_F = 0 \quad \therefore \quad -P_1 \times 4 - N_2 \times 3 + (2P_1 + 0,5P_2) \times 12 - P_1 \times 8 = 0$$

$$\underline{N_2 = 4P_1 + 2P_2}$$

$$\sum F_y = 0 \quad \therefore \quad -P_1 - P_1 + N_6 \times \sin \alpha + 2P_1 + 0,5P_2 = 0$$

$$\underline{N_6 = -0,833P_2}$$

E o esforço na barra 4 é calculado pelo equilíbrio das forças no nó A.

$$\sum F_y = 0 \quad \therefore \quad N_4 \times \sin \alpha + 2P_1 + 0,5P_2 = 0$$

$$\underline{N_4 = -3,333P_1 - 0,833P_2}$$



Nome :

Gabarito

Nº USP: _____

Os resultados dos esforços nas barras para todas as 4 opções de carregamento na treliça estão mostrados na tabela abaixo.

Opção	VA (kN)	VB (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)	N3 (kN)	N4 (kN)	N5 (kN)	N6 (kN)	N7 (kN)	N8 (kN)	N9 (kN)	N10 (kN)	N11 (kN)	Resistência		Flambagem	
														D (cm)	t (cm)	D (cm)	t (cm)
A	9	9	12,0	24,0	12,0	-15,0	10,0	-5,0	-5,0	10,0	-15,0	-20,0	-20,0	1,65	0,41	7,29	1,82
B	6	6	8,0	16,0	8,0	-10,0	5,0	-5,0	-5,0	5,0	-10,0	-12,0	-12,0	1,28	0,32	6,41	1,60
C	15	15	20,0	36,0	20,0	-25,0	15,0	-5,0	-5,0	15,0	-25,0	-32,0	-32,0	2,08	0,52	8,19	2,05
D	9	9	12,0	20,0	12,0	-15,0	5,0	-5,0	-5,0	5,0	-15,0	-16,0	-16,0	1,47	0,37	6,89	1,72

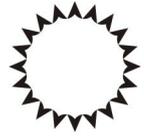
Q1 (Variação G, H e D): Para a estrutura treliçada ilustrada na figura abaixo, a qual está sujeita a três cargas verticais e uma carga horizontal, todas dadas em função de $P=20kN$, pedem-se:

- Calcule as reações de apoio.
- Calcule os esforços atuantes em todas as barras
- Dimensione a barra submetida ao maior esforço de compressão. Considere a barra com seção circular vazada

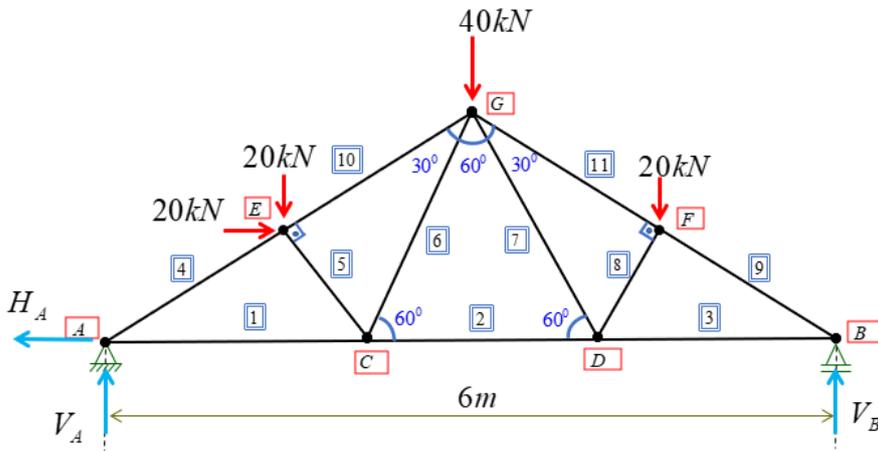
Dados:

- ✓ coeficiente de segurança $s=2$;
- ✓ tensão de ruptura do material: $\sigma_r = 600MPa$
- ✓ módulo de elasticidade do aço: $E=210GPa$
- ✓ Dimensione a barra submetida ao maior esforço de compressão. Considere barra com seção circular vazada, sendo $t=D/4$ (t = espessura e D = diâmetro externo)

Resolução para $P=20kN$



Nome : Gabarito N° USP : _____



	30°	45°	60°
sen	1/2	√2/2	√3/2
cos	√3/2	√2/2	1/2
tan	√3/3	1	√3

a) Reações de apoio

$$\sum F_H = 0 \therefore H_A = P$$

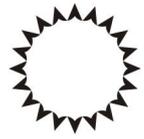
$$\sum F_V = 0 \therefore V_A + V_B = 4P$$

$$\sum M_A = 0 \therefore 6 \times V_B = P \times \frac{\sqrt{3}}{2} + P \times \frac{3}{2} + 2P \times 3 + P \times \frac{9}{2}$$

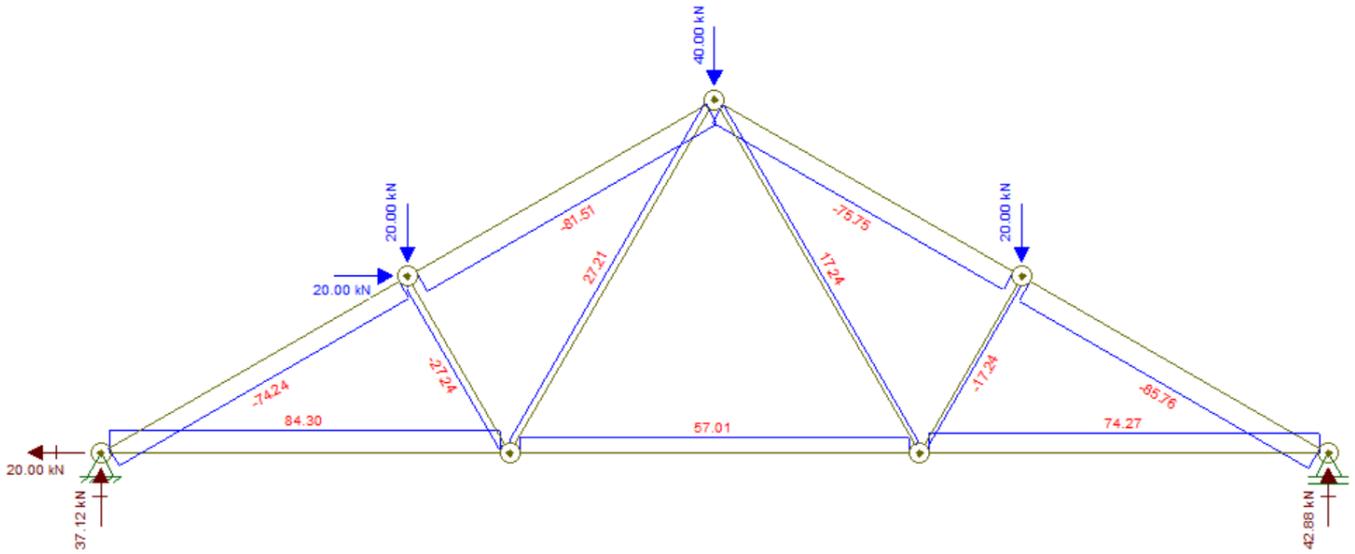
$$V_B = \frac{24 + \sqrt{3}}{12} P \approx 42,88 \text{ kN}; \text{ e } V_A = \frac{24 - \sqrt{3}}{12} P \approx 37,12 \text{ kN}$$

b) Esforços atuantes nas barras: método do equilíbrio dos nós

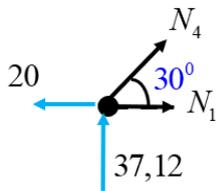
Respostas	
Reações de Apoio	
H_A	$P = 20 \text{ kN}$
V_A	$\frac{(24 - \sqrt{3})P}{12} \approx 37,12 \text{ kN}$
V_B	$\frac{(24 + \sqrt{3})P}{12} \approx 42,88 \text{ kN}$
Esforços Solicitantes	
N_1	84,30 kN
N_2	57,01 kN
N_3	74,27 kN
N_4	-74,24 kN
N_5	-27,24 kN
N_6	27,21 kN
N_7	17,24 kN
N_8	-17,24 kN
N_9	-85,76 kN
N_{10}	-81,51 kN
N_{11}	-75,75 kN
Dimensionamento	
D	4,8 cm
t	1,2 cm



Nome : Gabarito N° USP: _____



NÓ A

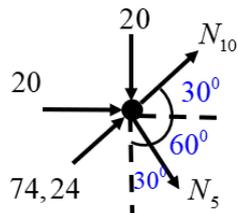


$$\sum F_H = 0 \therefore N_1 + N_4 \times \cos 30^\circ - 20 = 0$$

$$\sum F_V = 0 \therefore N_4 \times \sin 30^\circ + 37,12 = 0$$

$$N_4 \approx -74,24 \text{ kN e } N_1 \approx 84,30 \text{ kN}$$

NÓ E



$$\sum F_H = 0 \therefore 20 + 74,24 \times \cos 30^\circ + N_{10} \times \cos 30^\circ + N_5 \times \cos 60^\circ = 0$$

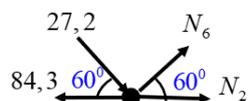
$$\frac{\sqrt{3}}{2} N_{10} + \frac{1}{2} N_5 = -84,29 \text{ (I)}$$

$$\sum F_V = 0 \therefore -20 + 74,24 \times \sin 30^\circ + N_{10} \times \sin 30^\circ - N_5 \times \cos 30^\circ = 0$$

$$\frac{1}{2} N_{10} - \frac{\sqrt{3}}{2} N_5 = -17,12 \text{ (II)}$$

Resolvendo (I) e (II): $N_{10} \approx -81,51 \text{ kN}$ e $N_5 \approx -27,24 \text{ kN}$

NÓ C



$$\sum F_V = 0 \therefore N_6 \times \sin 60^\circ - 27,2 \times \sin 60^\circ = 0$$

$$N_6 \approx 27,2 \text{ kN}$$



Nome :

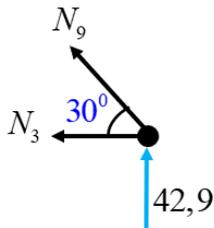
Gabarito

Nº USP: _____

$$\sum F_H = 0 \therefore N_2 + N_6 \times \cos 60^\circ + 27,2 \times \cos 60^\circ - 84,3 = 0$$

$$N_2 \approx 57 \text{ kN}$$

NÓ B



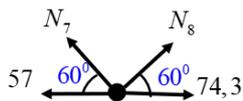
$$\sum F_V = 0 \therefore N_9 \times \sin 60^\circ + 42,9 = 0$$

$$N_9 \approx -85,8 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0 \therefore -N_3 - (-85,8) \times \cos 30^\circ = 0$$

$$N_3 \approx 74,3 \text{ kN}$$

NÓ D



$$\sum F_H = 0 \therefore 74,3 + N_8 \times \cos 60^\circ - 57 - N_7 \times \cos 60^\circ = 0$$

$$N_8 - N_7 \approx -34,6 \text{ kN}$$

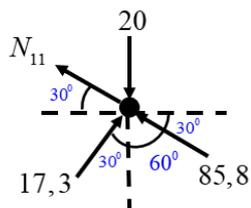
$$\sum F_V = 0 \therefore N_7 \times \sin 60^\circ + N_8 \times \sin 60^\circ = 0$$

$$N_7 = -N_8$$

$$\therefore N_8 - (-N_8) = -34,6$$

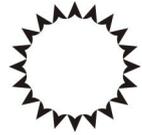
$$N_8 \approx -17,3 \text{ kN e } N_7 \approx 17,3 \text{ kN}$$

NÓ F



$$\sum F_H = 0 \therefore -N_{11} \times \cos 30^\circ - 85,8 \times \cos 30^\circ + 17,3 \times \sin 30^\circ = 0$$

$$N_{11} \approx -75,7 \text{ kN}$$

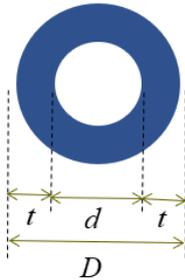


Nome :

Gabarito

Nº USP: _____

c) Barra sob máximo esforço de compressão: $N_y \approx -86\text{kN} = -86 \times 10^3 \text{N}$



$$D - d = 2t$$

$$t = \frac{D}{4} \rightarrow d = \frac{D}{2}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi (D/2)^2}{4} = \frac{3\pi D^2}{16}$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi (D/2)^4}{64} = \frac{15\pi D^4}{1024}$$

c.1) resistência

$$\sigma \leq \bar{\sigma} ; \frac{|N|}{A} \leq \frac{\sigma_r}{s}$$

$$\therefore A \geq \frac{s|N|}{\sigma_r} \Rightarrow D \geq \sqrt{\frac{16 \times s \times |N|}{3 \times \pi \times \sigma_r}} = \sqrt{\frac{16 \times 2 \times 86 \times 10^3}{3 \times \pi \times 600 \times 10^6}}$$

$$D \geq 0,022\text{m} \square 2,20\text{cm} \rightarrow t \square 0,55\text{cm}$$

c.2) flambagem (instabilidade)

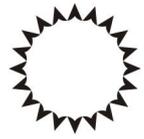
$$P \leq \frac{P_{crit}}{s} ; |N| \leq \frac{\pi^2 EI}{s \times l_f^2}$$

$$\therefore I \geq \frac{s \times |N| \times l_f^2}{\pi^2 E} \Rightarrow D \geq \sqrt[4]{\frac{1024 \times s \times |N| \times l_f^2}{15 \times \pi \times \pi^2 E}} = \sqrt[4]{\frac{1024 \times 2 \times 86 \times 10^3 \times 1,73^2}{15 \times \pi \times \pi^2 \times 210 \times 10^9}}$$

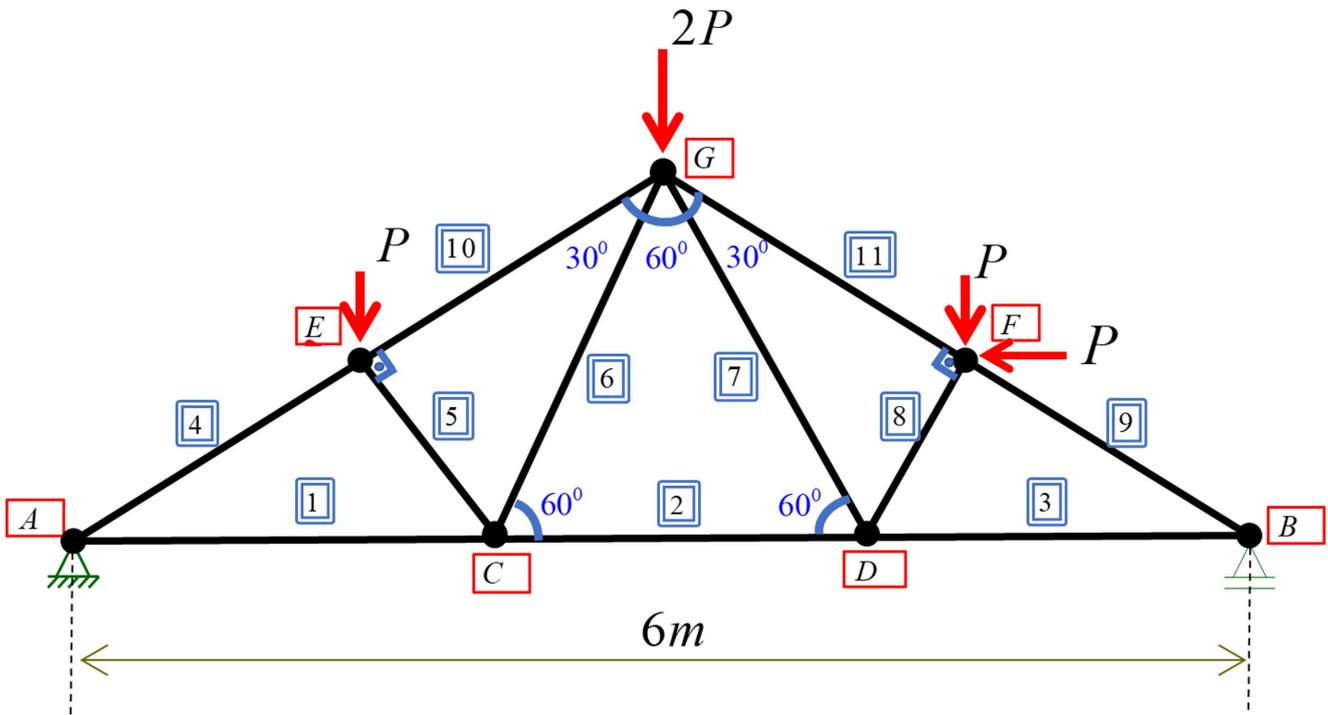
$$D \geq 0,048\text{m} \square 4,8\text{cm} \rightarrow t \square 1,20\text{cm}$$

P (kN)	HA (kN)	VA (kN)	VB (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)	N3 (kN)	N4 (kN)	N5 (kN)	N6 (kN)	N7 (kN)	N8 (kN)	N9 (kN)	N10 (kN)	N11 (kN)	D (cm)	t (cm)
30	-30	55,68	64,32	126,44	85,52	111,4	-111,36	-40,86	40,82	25,86	-25,86	-128,64	-122,26	-113,62	5,3133	1,3283
10	-10	18,56	21,44	42,15	28,51	37,13	-37,12	-13,62	13,61	8,62	-8,62	-42,88	-40,75	-37,87	4,0531	1,0133
20	-20	37,12	42,88	84,3	57,01	74,27	-74,24	-27,24	27,21	17,24	-17,24	-85,76	-81,51	-75,75	4,8199	1,205

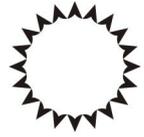
Resultados para variação J, K e L com carregamento horizontal aplicado no nó F.



Nome: Gabarito N° USP: _____



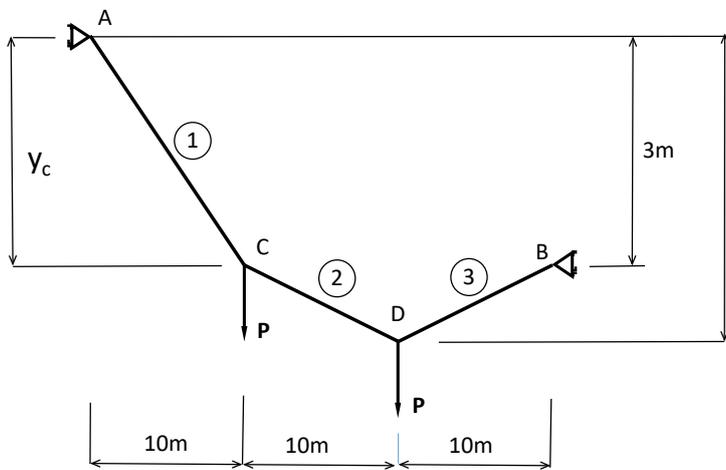
P (kN)	HA (kN)	VA (kN)	VB (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)	N3 (kN)	N4 (kN)	N5 (kN)	N6 (kN)	N7 (kN)	N8 (kN)	N9 (kN)	N10 (kN)	N11 (kN)	D (cm)	t (cm)
20	20	42,89	37,11	54,29	37,01	64,28	-85,78	-17,24	17,23	27,24	-27,24	-74,22	-75,75	-81,53	4,8199	1,205
30	30	64,34	55,66	81,43	55,52	98,41	-128,67	-25,86	25,84	40,86	-40,86	-111,33	-113,62	-122,29	5,3133	1,3283
10	10	21,45	18,55	27,14	18,51	32,14	-42,89	-8,62	8,61	13,62	-13,62	-37,11	-37,87	-40,76	4,0531	1,0133



Nome : Gabarito N° USP: _____

Q2 (Variação 1-9) - O cabo esquematizado abaixo está sujeito a cargas verticais $P = (50 + n)$ em kN, sendo n o último algarismo não-nulo de seu número USP. Determine as reações de apoio, a altura y_c e as forças normais nos trechos do cabo. Dimensione o diâmetro da seção transversal do cabo (ϕ), sabendo que a tensão de ruptura do material é $\sigma_r = 800\text{MPa}$ e o sistema deve trabalhar com um coeficiente de segurança $s = 2$ em relação às cargas de ruptura.

obs.: Note que, sendo os apoios desnivelados, o empuxo resultante em um ponto de apoio provoca momentos em relação ao outro ponto de apoio!



Grandeza	Valor	Unidade
H_A	$5P$	kN
V_A	$3P/2$	kN
H_B	$5P$	kN
V_B	$P/2$	kN
N_1	$5.2202P$	kN
N_2	$5.0249P$	kN
N_2	$5.0249P$	kN
y_c	3	m
$\phi = d$	$0,01289\sqrt{P}$ (P em Newtons)	cm

Resolução

1. Reações de apoio:

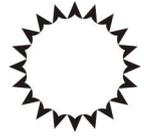
$$\sum_{FX} = -H_A + H_B = 0 \Rightarrow H_A = H_B = H \quad ; \quad \sum_{FY} = V_A + V_B - 2P = 0 \Rightarrow V_A + V_B = 2P$$

$$\sum_{M(A)} = V_B \times 30 + H \times 3 - P \times 10 - P \times 20 = 0 \quad ; \quad \sum_{M(D)}^{direita} = V_B \times 10 - H \times 1 = 0 \Rightarrow H = 10V_B$$

$$\sum_{M(A)} = V_B \times 30 + (10V_B) \times 3 - P \times 10 - P \times 20 = 0 \Rightarrow V_B = \frac{P}{2} \Rightarrow V_A = \frac{3P}{2} \Rightarrow H = 5P$$

2. Ordenada y_c :

$$\sum_{M(C)}^{esquerda} = -V_A \times 10 + H \times y_c = -\frac{3P}{2} \times 10 + 5P \times y_c = 0 \Rightarrow y_c = 3 \text{ m}$$



Nome : Gabarito N° USP : _____

3. Esforços nos trechos:

i	Δx	Δy	$\ell_i = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$	$\cos \alpha_i = \frac{\Delta x}{\ell_i}$	$N_i = \frac{H}{\cos \alpha_i} = \frac{5P}{\cos \alpha_i}$
1	10	3	10,440	0,95783	5,2202P
2	10	1	10,050	0,99504	5,0249P
3	10	1	10,050	0,99504	5,0249P

4. Diâmetro do cabo:

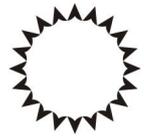
$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} = \frac{N_1}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} \leq \frac{\sigma_r}{s}$$

$$\Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4sN_1}{\pi\sigma_r}} = \sqrt{\frac{4 \times 2 \times 5.2202 \times P}{\pi \times 800 \times 10^6}} = \sqrt{\frac{4 \times 2 \times 5.2202}{\pi \times 800 \times 10^6}} \sqrt{P} = 1,289 \times 10^{-4} \sqrt{P}$$

(P em Newtons, d em metros).

n	P (kN)	$H_A=H_B$	V_A	V_B	N_1	$N_2=N_3$	d (m)	d (cm)
1	51	255	76.5	25.5	266.2	256.3	0.02911	2.91
2	52	260	78.0	26.0	271.5	261.3	0.02939	2.94
3	53	265	79.5	26.5	276.7	266.3	0.02968	2.97
4	54	270	81.0	27.0	281.9	271.3	0.02995	3.00
5	55	275	82.5	27.5	287.1	276.4	0.03023	3.02
6	56	280	84.0	28.0	292.3	281.4	0.03050	3.05
7	57	285	85.5	28.5	297.6	286.4	0.03077	3.08
8	58	290	87.0	29.0	302.8	291.4	0.03104	3.10
9	59	295	88.5	29.5	308.0	296.5	0.03131	3.13

Obs.: H_A (para esquerda) e H_B (para direita)



Nome :

Gabarito

Nº USP: _____

Q2 (Variação 10-13) – Várias pontes ao redor do mundo já foram concebidas e construídas usufruindo-se das vantagens dos arcos para vencer grandes vãos. Um exemplo do emprego deste tipo de sistema estrutural, foi a construção da ponte Bacunayagua (1956-1959) ilustrada na Figura 1a, projetada pelo engenheiro Luis Sáenz Duplace para sobrepor o abismo de aproximadamente 110m sobre o Rio Bacunayagua na fronteira entre as Províncias de Mayabeque e Matanzas em Cuba. A ponte foi pré-fabricada e é composta pelo tabuleiro apoiado sobre vigas protendidas, colunas e dois arcos poligonais construídos paralelamente nas laterais da ponte.



Figura 1 - Ponte Bacunayagua em Cuba

Inspirada nos arcos poligonais da Ponte Bacunayagua em Cuba, montou-se o modelo estrutural apresentado na Figura 2, no qual o carregamento $p = 50 \times n$ (kN/m) corresponde a soma do peso próprio do tabuleiro, vigas e sobrecarga de utilização; e a carga adicional $q = 60/n$ (kN/m) que corresponde a uma configuração de cargas móveis atuantes em determinado instante. Em um primeiro estudo, o peso das colunas que transferem a carga do tabuleiro para o arco pode ser desprezado.

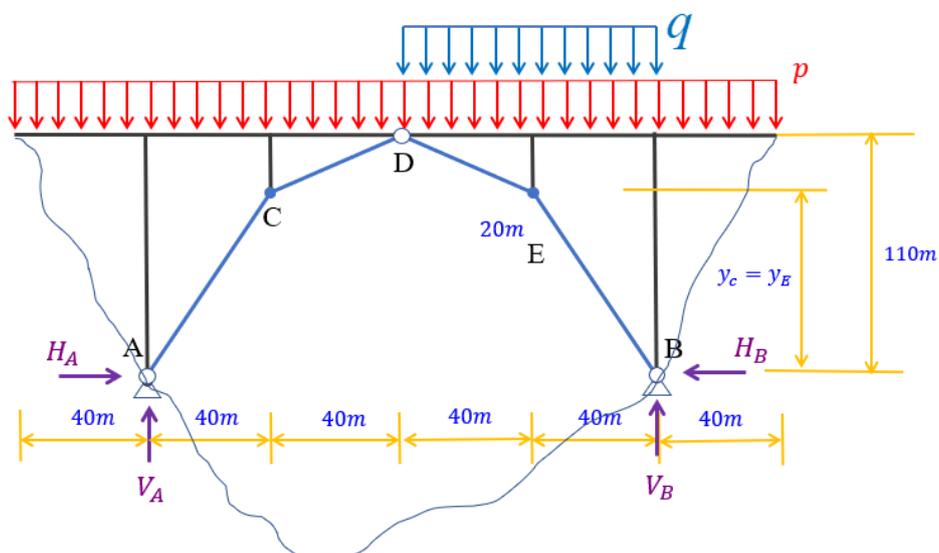
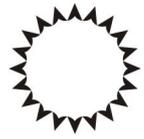


Figura 2 – Modelo estrutural inspirado na Ponte Bacunayagua em Cuba



Nome :

Gabarito

Nº USP: _____

Com base nas informações acima, pedem-se:

- a) Calcular as cargas P_A , P_B , P_C , P_D e P_E decorrentes da carga permanente p conforme ilustra a Figura 3.

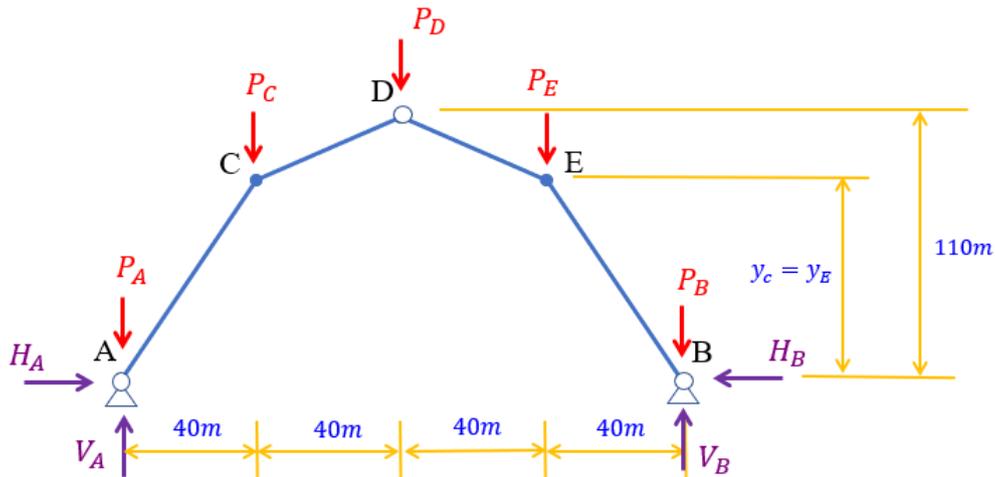


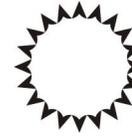
Figura 3 – Arco inspirado na Ponte Bacunayagua em Cuba

- b) Calcular as reações de apoio H_A , V_A , V_B e H_B e a altura $y_C = y_E$, considerando que o arco seja funicular em relação aos carregamentos permanentes.
- c) Calcular os esforços normais atuantes nos trechos AC, CD, ED e EB do arco, para os esforços permanentes.
- d) Admitindo que o arco seja articulado no ponto D, calcule as reações de apoio considerando uma carga móvel adicional q atuante no trecho DB conforme ilustra a Figura 2.

Nota: Não é necessário calcular os esforços solicitantes devidos ao carregamento adicional q .



FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP
 PEF2602 - Estruturas na Arquitetura II
 ATIVIDADE AVALIATIVA 1 - 2023



Nome: **Gabarito** _____ Nº USP: _____

Resumo dos resultados em função dos carregamentos p e q :

n	cargas permanentes (p) p = 50 x n [kN/m]	Cargas no arco PA=PB=PC=PD=P E [kN]	Reações de Apoio				trechos AC e EB					trechos CD e DE				Carga Móvel (q)				Reações devido a Carga Móvel (q)					Reações de Apoio (p+q)				
			VA=VB [kN]	HA [kN]	HB [kN]	YC=YE [m]	delta x	delta y	LAC = LEB [m]	cos (alpha)	NAC = NEB [kN]	delta x	delta y	LCD = LDE [m]	cos (alpha)	NCD = NDE [kN]	q = 60/n [kN/m]	QD [kN]	QE [kN]	QB [kN]	VA*+VB* [kN]	VA* [kN]	VB* [kN]	HA* [kN]	HB* [kN]	HA [kN]	HB [kN]	VA [kN]	VB [kN]
1	50	2000	5000	1454,5	1454,5	82,5	40	82,5	91,7	0,4	-3334,0	40	27,5	48,5	0,8240419	-1765,13	60,0	1200,0	2400,0	1200,0	4800,0	1200,0	3600,0	872,7	872,7	2327,3	2327,3	6200,0	8600,0
2	100	4000	10000	2909,1	2909,1	82,5	40	82,5	91,7	0,4	-6668,0	40	27,5	48,5	0,8240419	-3530,27	30,0	600,0	1200,0	600,0	2400,0	600,0	1800,0	436,4	436,4	3345,5	3345,5	10600,0	11800,0
3	150	6000	15000	4363,6	4363,6	82,5	40	82,5	91,7	0,4	10002,1	40	27,5	48,5	0,8240419	-5295,40	20,0	400,0	800,0	400,0	1600,0	400,0	1200,0	290,9	290,9	4654,5	4654,5	15400,0	16200,0
4	200	8000	20000	5818,2	5818,2	82,5	40	82,5	91,7	0,4	13336,1	40	27,5	48,5	0,8240419	-7060,54	15,0	300,0	600,0	300,0	1200,0	300,0	900,0	218,2	218,2	6036,4	6036,4	20300,0	20900,0
5	250	10000	25000	7272,7	7272,7	82,5	40	82,5	91,7	0,4	16670,1	40	27,5	48,5	0,8240419	-8825,67	12,0	240,0	480,0	240,0	960,0	240,0	720,0	174,5	174,5	7447,3	7447,3	25240,0	25720,0
6	300	12000	30000	8727,3	8727,3	82,5	40	82,5	91,7	0,4	20004,1	40	27,5	48,5	0,8240419	-10590,81	10,0	200,0	400,0	200,0	800,0	200,0	600,0	145,5	145,5	8872,7	8872,7	30200,0	30600,0
7	350	14000	35000	10181,8	10181,8	82,5	40	82,5	91,7	0,4	23338,2	40	27,5	48,5	0,8240419	-12355,94	8,6	171,4	342,9	171,4	685,7	171,4	514,3	124,7	124,7	10306,5	10306,5	35171,4	35514,3
8	400	16000	40000	11636,4	11636,4	82,5	40	82,5	91,7	0,4	26672,2	40	27,5	48,5	0,8240419	-14121,08	7,5	150,0	300,0	150,0	600,0	150,0	450,0	109,1	109,1	11745,5	11745,5	40150,0	40450,0
9	450	18000	45000	13090,9	13090,9	82,5	40	82,5	91,7	0,4	30006,2	40	27,5	48,5	0,8240419	-15886,21	6,7	133,3	266,7	133,3	533,3	133,3	400,0	97,0	97,0	13187,9	13187,9	45133,3	45400,0