

Nome: GABARITO N° USP: _____

Q1. Sobre as estruturas de cabos e arcos, selecione a(s) alternativa(s) verdadeira(s).

- A componente horizontal $N_{(x)}$ da tensão em cabos sujeitos a carregamentos verticais é constante em todas as seções. No caso do cabo parabólico a componente horizontal é igual ao empuxo H .
 $N_x \cos \theta = H$
- Cabos são estruturas lineares e flexíveis e sem nenhuma rigidez à flexão, conseqüentemente o momento é zero em todas as seções ao longo do cabo.
- Formas funiculares são aquelas que equilibram um conjunto de cargas, sem o surgimento de esforços de flexão. Os arcos funiculares ficam então sujeitos apenas a esforços de compressão, mas devem ter rigidez à flexão para se manterem estáveis.
- A geometria do cabo se ajusta em função do cargas aplicadas: sob cargas concentradas, os cabos são poligonais e sob cargas distribuídas, os cabos são contínuos.
- A força cortante no cabo é equilibrada pelas reações nos apoios.
- O empuxo aumenta quando a flecha diminui.

Q2. A Figura 1 mostra a cobertura do Aeroporto Dulles, em Washington (Arq. Eero Saarinen, 1958), a qual consiste de uma casca de concreto protendida, obtida por meio de um engenhoso sistema construtivo, ilustrado na Figura 2. A cobertura tem geometria cilíndrica, com uma geratriz catenária, razoavelmente aproximada por uma parábola, funicular, portanto, a um carregamento vertical uniformemente distribuído. O peso próprio da estrutura é da ordem de $w_{pp}=6\text{kN/m}^2$. As cargas adicionais (neve e outros carregamentos) atingem $w_{ad}=4\text{kN/m}^2$.

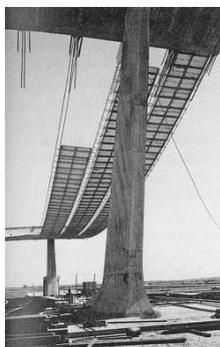


Figura 2

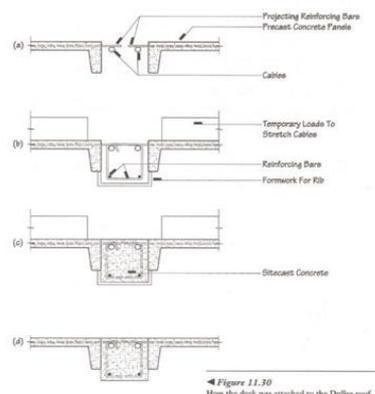


Figura 3

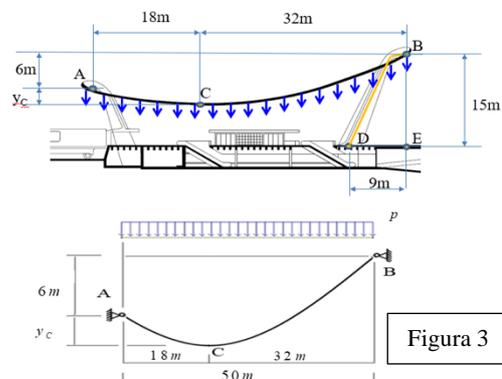


Figura 3



Considerando o esquema estrutural da Figura 3, determine a altura y_c que define a menor cota da cobertura (ponto C).

- $y_c = 2,78 m$
- $y_c = 3,28 m$
- $y_c = 2,48 m$
- $y_c = 3,25 m$
- $y_c = 2,87 m$

Q3. Continuando o estudo do cabo da Figura 3, determine as reações de ancoragem dos cabos de protensão nas vigas de borda (pontos A e B).

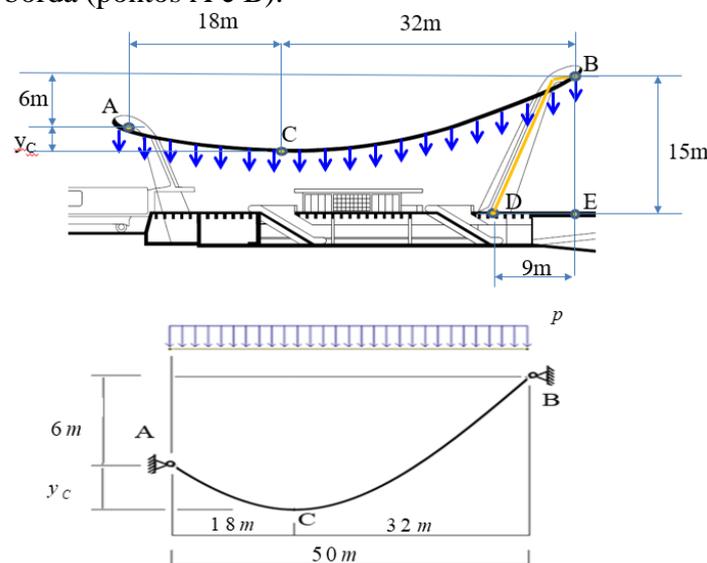


Figura 3 – Esquema Estrutural.

- $H = 1749tf; V_A = 540tf; V_B = 960tf$
- $H = 17,49tf; V_A = 5,40tf; V_B = 9,60tf$
- $H = 1749kN; V_A = 540kN; V_B = 960kN$
- $H = 1749N; V_A = 540N; V_B = 960N$
- $H = 17,49kgf; V_A = 5,40kgf; V_B = 9,60kgf$

Q4. Analisando as cargas transferidas para as colunas que sustentam o cabo Figura 3, determine o momento fletor nas ancoragens das colunas maiores (ponto D), quando atuar a carga $w_{pp}+w_{ad}$. Desconsidere o peso da coluna.

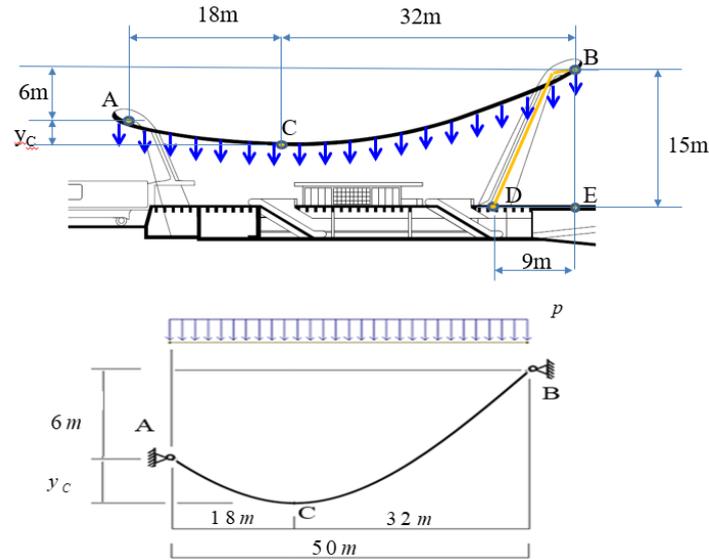


Figura 3 – Esquema Estrutural.

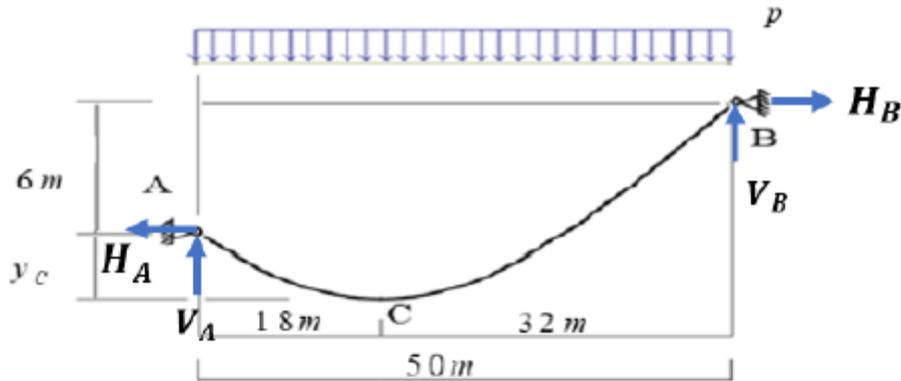
- $M_D = 70,38 \text{ kN.m}$
- $M_D = 703800 \text{ N.m}$
- $M_D = 70,38 \text{ tf.cm}$
- $M_D = 70,38 \text{ tf.m}$
- $M_D = 70380 \text{ kN.m}$

Q5. Ainda sobre o estudo do cabo da Figura 3, compare o momento fletor na base da coluna inclinada (calculado na Q4) com o momento que resultaria do uso de colunas verticais (ou seja, dispostas segundo o eixo BE, e engastadas em E) e selecione a(as) alternativa(s) verdadeira(s):

- Com a inclinação do pilar, verifica-se uma redução de 33% no valor do momento fletor na base da coluna.
- No pilar reto, a força vertical contribui para a redução do momento causado pela força de empuxo.
- No pilar inclinado, o momento oriundo das cargas de empuxo se soma ao momento causado pela carga vertical.
- No pilar reto, o momento na base é 1,49 vezes superior quando comparado ao momento do pilar inclinado.



Resolução



Resolução:

1) Determinação das reações de apoio

$$\sum H = 0 \rightarrow H_A - H_B = 0 \rightarrow H_A = H_B = H \quad (1)$$

$$\sum V = 0 \rightarrow V_A + V_B = 50p \quad (2)$$

Cortando-se a estrutura no ponto C e fazendo o equilíbrio de momentos em relação aos apoios A e B nos lados esquerdo e direito, respectivamente, temos:

Lado esquerdo:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow H \cdot y_c = 18p \cdot 9 \rightarrow H = \frac{162p}{y_c} \quad (3)$$

Lado direito:

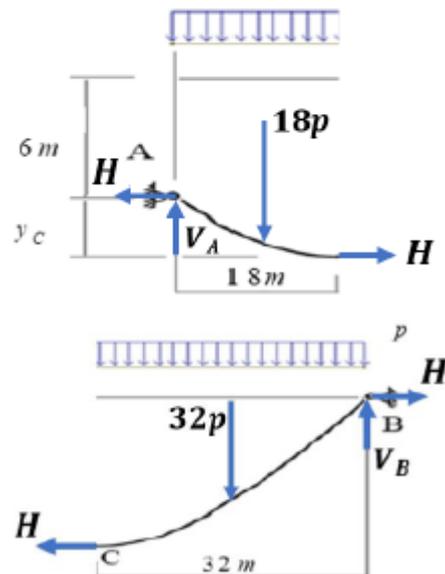
$$\sum M_B = 0 \rightarrow H \cdot (6 + y_c) = 32p \cdot 16 \rightarrow H = \frac{512p}{6 + y_c} \quad (4)$$

De (3) e (4), temos:

$$\frac{162p}{y_c} = \frac{512p}{6 + y_c} \rightarrow y_c = 2,78 \text{ m} \quad (5)$$

Voltando à equação (3), aplicando (5), temos:

$$H = \frac{162p}{2,78} = 58,3p \quad (6)$$





Voltando-se ao lado esquerdo do corte, fazendo-se agora equilíbrio de momentos em torno de C, usando (6), temos:

$$\sum M_C = 0 \rightarrow 58,3p \cdot 2,78 + 18p \cdot 9 - V_A \cdot 18 = 0 \rightarrow V_A = 18p \quad (7)$$

Da equação (2), usando (7), temos:

$$18p + V_B = 50p \rightarrow V_B = 32p$$

Sendo $P = 6 + 4 = 10 \text{ kN/m}^2$, sabendo que o espaçamento entre os cabos é de 3 m, temos que a carga p distribuída é $p = 10 \cdot 3 = 30 \text{ kN/m}$. Assim, as reações nas ancoragens dos cabos são:

$$H = 1749 \text{ kN}$$

$$V_A = 540 \text{ kN}$$

$$V_B = 960 \text{ kN}$$

2) Análise da coluna maior:

Como cada pilar recebe a carga de 4 cabos, temos que as cargas no pilar da direita são:

$$H = 1749 \cdot 4 = 6996 \text{ kN}$$

$$V_B = 960 \cdot 4 = 3840 \text{ kN}$$

a) Pilar inclinado:

$$M_D = 6996 \cdot 15 - 3840 \cdot 9 = 70380 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

b) Pilar reto:

$$M_D' = 6996 \cdot 15 = 104940 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Comparando-se os dois momentos, percebe-se que, com a inclinação do pilar, existe uma redução de 33% no valor do momento fletor na base. No pilar inclinado, a força vertical contribui para a redução do momento causado pela força de empuxo.

