

Nome: GABARITO N° USP: \_\_\_\_\_

Q1. Sobre a estabilidade do equilíbrio, selecione a(s) alternativa(s) verdadeira(s).

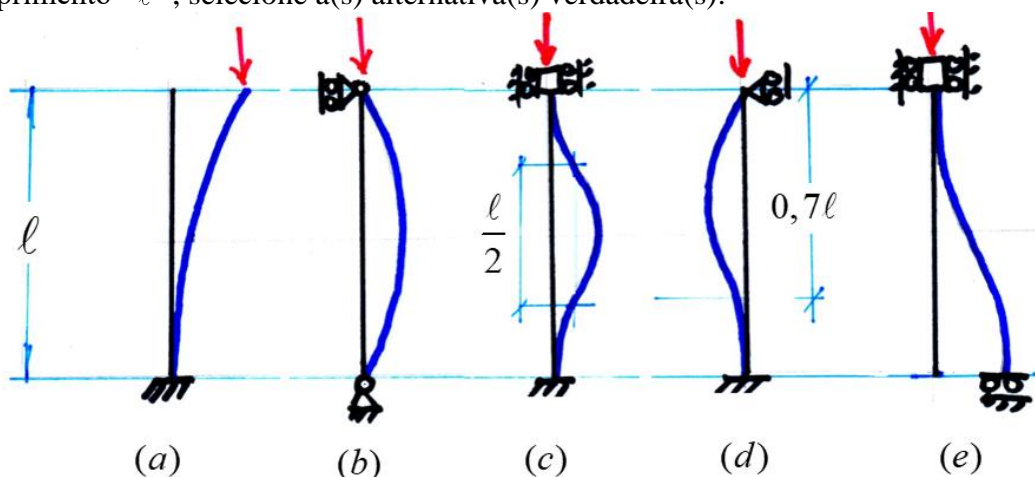
- (X) Na análise ou dimensionamento de elementos estruturais é importante garantir que as tensões solicitantes sejam menores que as tensões admissíveis.
- (X) Na análise ou dimensionamento de elementos estruturais esbeltos comprimidos, além de verificar a sua resistência à compressão, é muito importante verificar também a estabilidade ao equilíbrio.
- (X) Podemos classificar a configuração de equilíbrio como: estável, instável ou indiferente.
- (X) Na configuração de equilíbrio estável, após cessada a perturbação que ocasionou sua oscilação em torno da configuração inicial de equilíbrio, temos a restituição de sua configuração inicial.
- (X) Na configuração de equilíbrio instável, não ocorre a restituição da configuração inicial do equilíbrio após a introdução de uma perturbação ao sistema.

Q2. A instabilidade elástica é um fenômeno muito comum em pilares esbeltos, e deve ser considerado durante o dimensionamento ou verificação desses elementos estruturais. A **flambagem** ocorre quando a carga de compressão atuando no elemento estrutural é maior que a **carga crítica**, a qual pode ser calculada através da **fórmula de Euler**. Podemos afirmar que quanto maior o **módulo de elasticidade**, maior será a carga crítica, e quanto maior o **comprimento de flambagem**, menor será a carga crítica da coluna.

Preencher os espaços vazios com as opções abaixo:

**carga crítica, módulo de elasticidade do material, comprimento de flambagem, fórmula de Euler, flambagem.**

Q3. Empregando a Fórmula de Euler, podemos calcular a carga crítica de flambagem de colunas comprimidas, a qual é função do comprimento de flambagem, que por sua vez, é função das condições de vinculação do elemento estrutural. Considerando as cinco colunas abaixo de comprimento “ $l$ ”, selecione a(s) alternativa(s) verdadeira(s):



- ( ) A coluna (b) possui comprimento de flambagem igual a  $l_f = 2l$
- ( ) As colunas (b) e (d) possuem o mesmo comprimento de flambagem.



- (X) Considerando que as colunas (c) e (d) possuem o mesmo material e a mesma rigidez mínima inercial transversal, pode-se afirmar que a carga de flambagem da coluna (c) é maior que a carga de flambagem da coluna (d)
- ( ) Considerando que as colunas (b) e (e) possuem o mesmo material e a mesma rigidez mínima inercial transversal, pode-se afirmar que a carga de flambagem da coluna (b) é maior que a carga de flambagem da coluna (e)
- ( ) Considerando que o módulo de rigidez a flexão da coluna (b) é o dobro do módulo de rigidez à flexão da coluna (a), podemos afirmar que essas duas colunas apresentam a mesma carga de flambagem de Euler.

**Observação:**

Item 1:  $\ell_f(b) = \ell$

Item 2:  $\ell_f(b) = \ell \neq \ell_f(d) \cong 0,7\ell$

Item 3:

$$E_{(c)} = E_{(d)} = E$$

$$I_{\min(c)} = I_{\min(d)} = I_{\min}$$

$$\ell_f(c) = 0,5\ell \text{ e } \ell_f(d) \cong 0,7\ell$$

$$P_{crit}(c) = \frac{\pi^2 \times E \times I_{\min}}{(0,5\ell)^2} > P_{crit}(d) = \frac{\pi^2 \times E \times I_{\min}}{(0,7\ell)^2}$$

Item 4:

$$E_{(b)} = E_{(e)} = E$$

$$I_{\min(b)} = I_{\min(e)} = I_{\min}$$

$$\ell_f(b) = \ell_f(e) = \ell = \ell_f$$

$$P_{crit}(b) = P_{crit}(e) = \frac{\pi^2 \times E \times I_{\min}}{\ell^2}$$

Item 5:

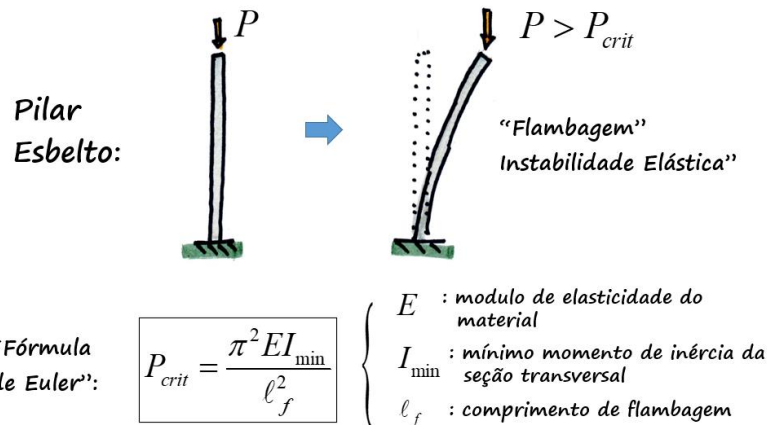
$$EI_{\min(b)} = 2 \times EI_{\min(a)}$$

$$P_{crit}(a) = \frac{\pi^2 \times EI_{\min(a)}}{(2\ell)^2} \text{ e } P_{crit}(b) = \frac{\pi^2 \times 2 \times EI_{\min(a)}}{\ell^2}$$

$$\therefore \frac{P_{crit}(b)}{P_{crit}(a)} = 8$$



Q4. Calcular a carga crítica da coluna esbelta abaixo:



O produto  $EI$  é denominado ‘módulo de rigidez à flexão’

**Dados:**

Comprimento da coluna:  $\ell = 3m$

Seção transversal quadrada com aresta  $a = 12cm$

Módulo de elasticidade do material:  $20000MPa$

( )  $\cong 9,5N \approx 9,5kN$

( )  $\cong 9,5kgf$

(X)  $\cong 9,5tf$

( )  $\cong 950tf$

( )  $\cong 95tf$

**Resolução:**

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 \times 20000 \times 10^6 \times 12^4 \times 10^{-8}}{12 \times (2 \times 3)^2} \cong 9,50 \times 10^4 N \cong 9,5 \times 10^3 kgf \cong 9,5tf$$