

PROCESSO SELETIVO Nº 02/2024

PROVA ESCRITA - QUESTÕES DISSERTATIVAS

Na sequência são apresentadas as questões dissertativas elaboradas pela banca, a serem respondidas pelo candidato (**GABARITO DAS QUESTÕES**) conforme a Área de Conhecimento **Mecânica das Estruturas**.

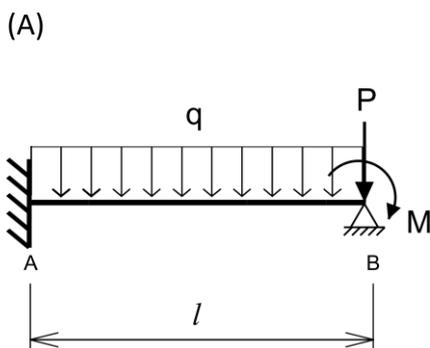
Observações:

Apresenta-se um formulário ao final das questões da prova, sendo que algumas fórmulas não foram inseridas no mesmo por serem consideradas como parte do conhecimento básico da área, de modo que o professor ou o profissional deve conseguir deduzi-las a partir dos conceitos teóricos fundamentais ou compreender o processo de raciocínio para se chegar às mesmas.

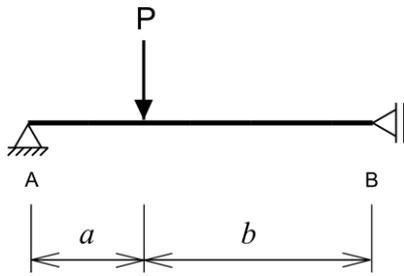
Na resposta das questões em que haja a necessidade de operações algébricas e/ou cálculos numéricos, favor considerar a precisão mínima de três casas decimais.

Questão 1 (25% da nota da prova escrita):

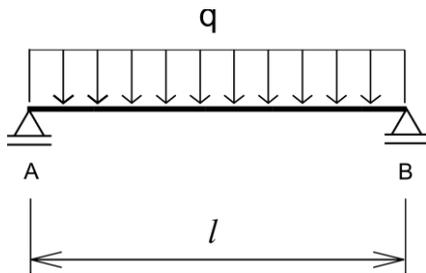
Diante do desafio de dar início ao conteúdo de forças internas em vigas, em uma turma das fases iniciais do curso de graduação em engenharia civil, selecione somente uma das opções a seguir e apresente todas as etapas de resolução, passo a passo, detalhando as etapas mais importantes para o traçado dos diagramas de esforços solicitantes internos. Justifique a sua escolha. Na sequência, apresente os cálculos necessários e as explicações necessárias, por escrito, dando-se ênfase aos conceitos teóricos e ao procedimento algébrico e/ou numérico. Podem-se adotar valores numéricos para o exemplo da opção selecionada, caso seja considerado conveniente, justificando-se a escolha. Ademais, trace os diagramas de esforços solicitantes internos, utilizando-se a convenção adotada comumente no ensino e nas aplicações de engenharia civil.



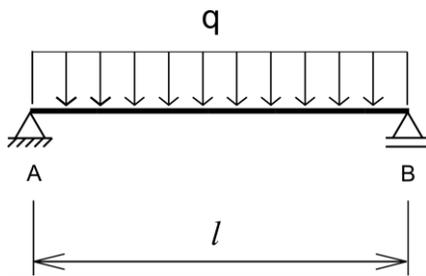
(B)



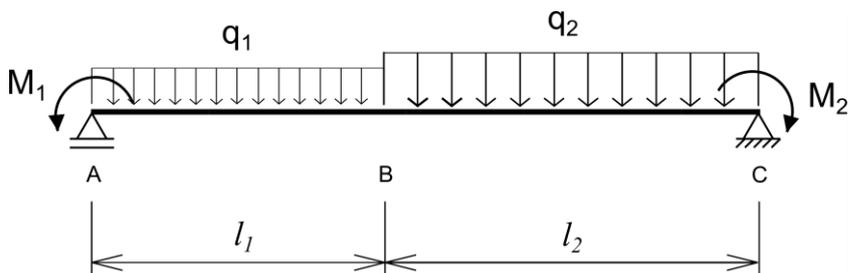
(C)



(D)



(E)



Critério de avaliação: (1) seleção de uma viga adequada devidamente justificada [20% da questão], (2) cálculo detalhado com a apresentação das etapas e obtenção dos resultados necessários [40% da questão], (3) diagramas de esforços solicitantes internos [40% da questão].

Bibliografia:

- BEER, F. P.; JOHNSTON JR., E. R.; MAZUREK, D. F. **Mecânica vetorial para engenheiros: estática**. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2019.
- HIBBELER, R. C. **Estática: mecânica para engenharia**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- POPOV, E. P. **Introdução à mecânica dos sólidos**. São Paulo: E. Blucher, 1978.

Resolução proposta:

As vigas apresentadas nos itens D e E são isostáticas. Portanto, podem ser utilizadas neste contexto. Contudo, a partir do que se encontra idealizado no enunciado da questão, recomenda-se iniciar pela opção mais simples. Entre as duas opções disponíveis, recomenda-se adotar a viga do item D. Ressalta-se que as vigas hipostáticas não são adequadas e não devem ser utilizadas. Ademais, as vigas hiperestáticas dependem de outros conceitos, sendo vistas em etapas mais aprofundadas no estudo da mecânica dos sólidos. Caso seja adotada a viga do item E, as etapas descritas a seguir são similares, embora não seja adequada a sua apresentação antes da viga biapoiada submetida a uma carga uniformemente distribuída, sendo que os diagramas de esforços solicitantes internos seriam diferentes. A viga biapoiada submetida a uma carga uniformemente distribuída (item D) fornece resultados que são utilizados em etapas posteriores do estudo de mecânica dos sólidos e análise de estruturas, tal como o momento fletor máximo utilizado em diagramas compostos por superposição de efeitos e aplicados no cálculo de deslocamentos por meio da combinação de diagramas.

Principais etapas e recomendações de resolução:

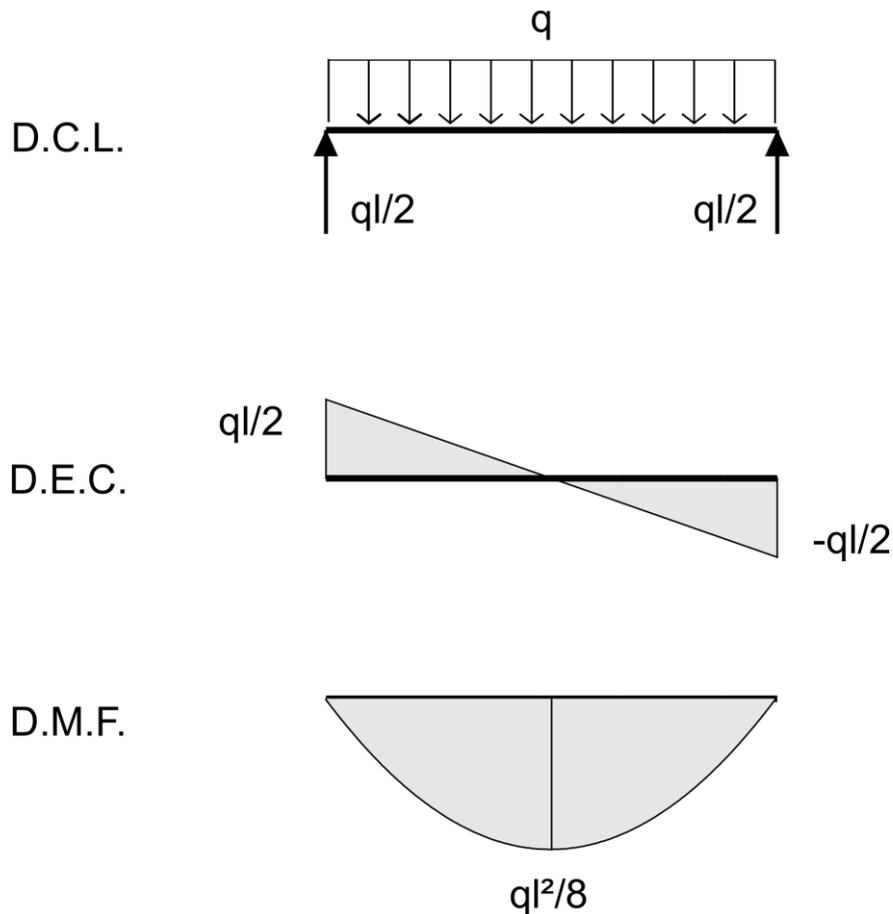
- (1) Verificar as condições de equilíbrio da estática, uma vez que se inicia o estudo dos esforços solicitantes internos em elementos isostáticos. Pode ser feito o diagrama de corpo livre, substituindo-se as vinculações ou os apoios pelas devidas componentes de forças e momentos de reação.*
- (2) Calcular as reações de apoio, por meio das equações de equilíbrio da estática, considerando-se as vinculações da viga e as suas respectivas incógnitas. Podem ser utilizadas simplificações devido à simetria, quando for o caso, mas isso não é recomendado na introdução do tema.*
- (3) Considerar a convenção comumente utilizada na engenharia civil, no Brasil, para escrever as funções e construir os diagramas de esforços solicitantes internos, definindo uma seção adequada e um sistema de eixos conveniente para escrever as funções que definem a variação dos esforços solicitantes internos ao longo da viga.*
- (4) Traçar os diagramas de esforços solicitantes internos para a viga, o diagrama de esforço cortante e o diagrama de momento fletor, utilizando-se a convenção adequada e com apresentação das cotas onde for necessário. Em exercícios com valores numéricos, deve-se considerar também as unidades adequadas.*

Em Hibbeler (2011, p. 261-262), há uma descrição do procedimento de análise para construção dos diagramas de esforço cortante e momento fletor para uma viga, sendo importante adotar a convenção utilizada pela engenharia civil no Brasil.

Podem ser apresentadas as relações entre carga, esforço cortante e momento fletor.

As funções dependem do sistema de eixos considerado, de modo que esta informação deve ser indicada na resolução da questão, assim como o campo de validade da função.

Os diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga do item D são apresentados a seguir, para $q > 0$, onde q pertence ao conjunto dos números reais. Apresenta-se o diagrama de corpo livre (D.C.L.), o diagrama de esforço cortante (D.E.C.) e o diagrama de momento fletor (D.M.F.).



QUESTÃO 2 (25% da nota da prova escrita):

Definir carga admissível e tensão admissível, no contexto da mecânica das estruturas de engenharia civil.

Critério de avaliação: apresentação dos conceitos necessários de forma clara, objetiva, e organizada.

Bibliografia:

BEER, F. P. et al. **Mecânica dos materiais**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
GERE, J. M.; GOODNO, B. J. **Mecânica dos materiais**. 7. ed. São Paulo: Cengage

Learning, 2010.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2019.

POPOV, E. P. **Introdução à mecânica dos sólidos**. São Paulo: E. Blucher, 1978.

Resolução proposta:

Com base em Beer et al. (2011, p. 48-49), carga admissível é a carga máxima que pode ser suportada por um elemento estrutural sob as condições normais de utilização, devendo ser consideravelmente menor do que a carga-limite. Desta forma, garante-se uma margem de segurança em relação à capacidade de carga do elemento. Portanto, pode-se definir um coeficiente de segurança (C.S.) da seguinte forma:

$$C.S. = \text{carga-limite} / \text{carga admissível}$$

Tensão admissível é a tensão máxima para fins de projeto de um elemento estrutural, sob as condições normais de utilização, assim como foi definido para a carga admissível. Sendo assim, pode-se definir um coeficiente de segurança em função das tensões:

$$C.S. = \text{limite de tensão} / \text{tensão admissível}$$

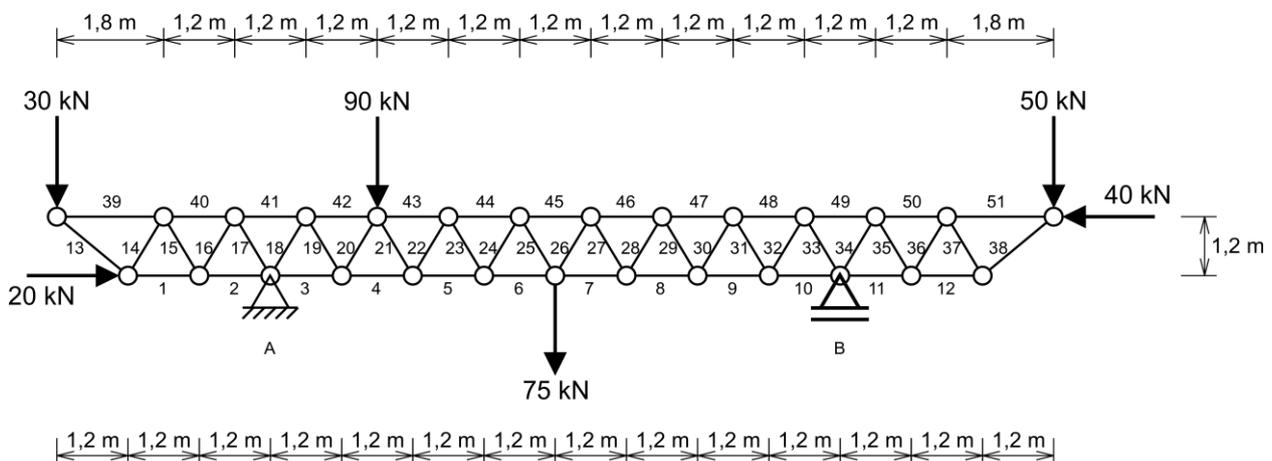
Também é comum apresentar a tensão admissível na forma:

$$\text{Tensão admissível} = \text{limite de tensão} / C.S.$$

O coeficiente de segurança depende comumente do material e de suas propriedades, mas pode depender também de outros fatores.

Questão 3 (25% da nota da prova escrita):

Calcule os esforços nas barras 7, 26 e 45 da treliça a seguir. Justifique a sua resposta, com os cálculos e/ou os conceitos teóricos necessários. Na sequência, determine as tensões normais ao longo das barras submetidas à tração, em MPa, sem considerar o tipo de ligação e o seu entorno, sabendo-se que a seção transversal das barras tracionadas é de um tubo circular metálico com diâmetro externo de 100 mm e espessura de 5,0 mm.



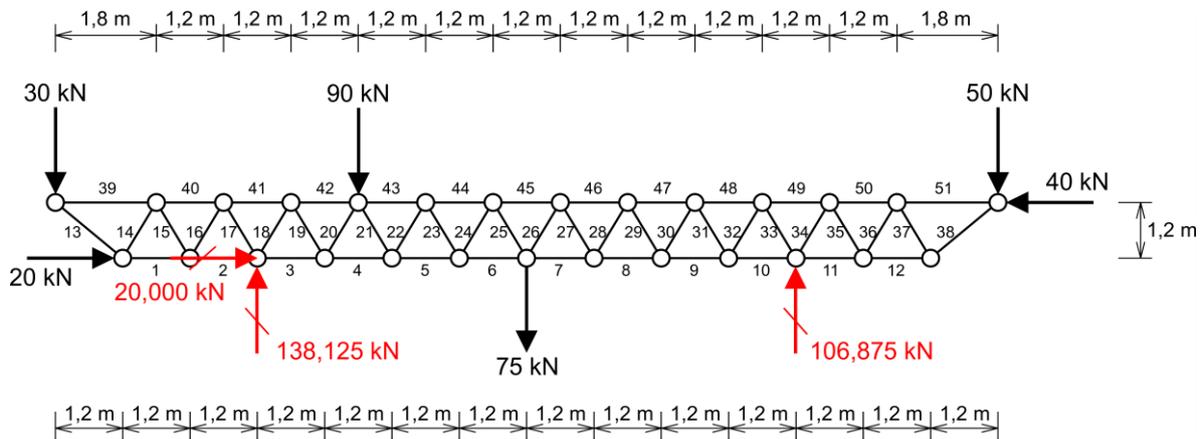
Critério de avaliação: (1) esforço normal em cada barra [20% da questão cada], (2) tensões normais [40% da questão].

Bibliografia:

BEER, F. P. et al. **Mecânica dos materiais**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
 BEER, F. P.; JOHNSTON JR., E. R.; MAZUREK, D. F. **Mecânica vetorial para engenheiros: estática**. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2019.
 GERE, J. M.; GOODNO, B. J. **Mecânica dos materiais**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
 HIBBELER, R. C. **Estática: mecânica para engenharia**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
 HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2019.

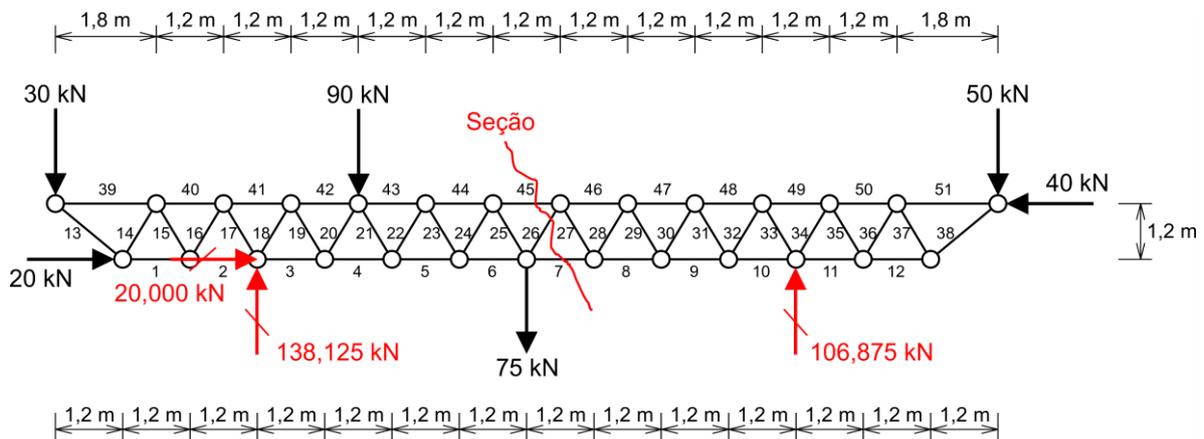
Resolução proposta:

Calculam-se as reações de apoio da treliça plana:

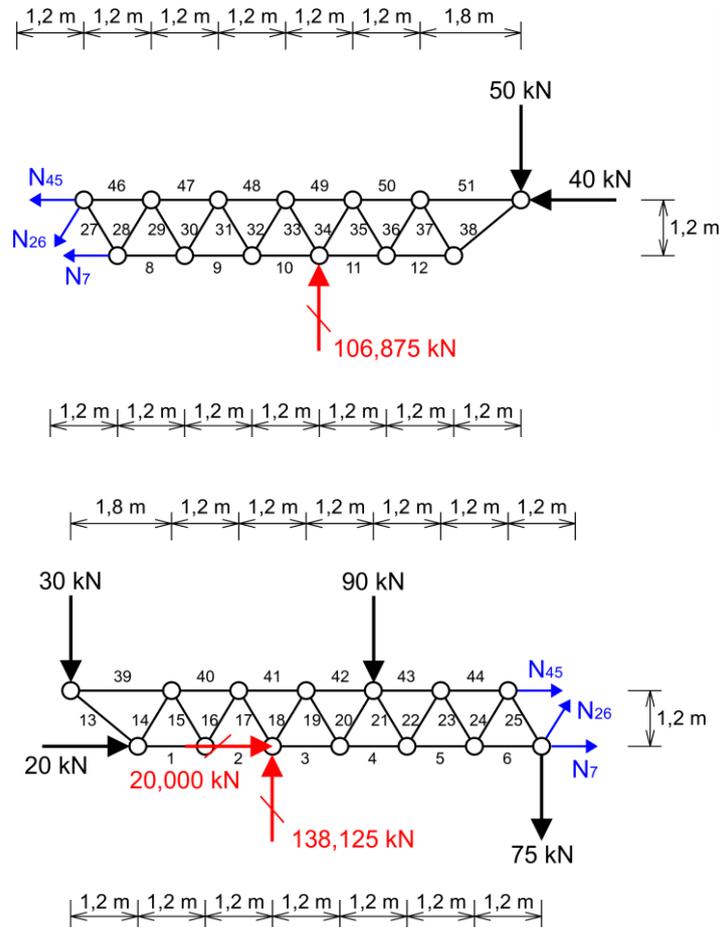


Observa-se que não é necessário calcular todas as componentes de reação de apoio da treliça para obter os esforços normais nas barras indicadas, mas é importante a sua determinação para a verificação dos resultados.

Neste problema, é conveniente aplicar o método das seções, passando uma seção pelas três barras, para as quais se solicita a determinação dos esforços.



Desta forma, pode-se separar a treliça em duas partes, e utilizar somente uma das partes para determinar os esforços normais nas barras seccionadas:



Aplicando-se as equações de equilíbrio da estática ($\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$, $\Sigma M_P = 0$) à parte da treliça selecionada, conseguem-se obter os esforços normais nas três barras:

$$N_7 = 49,063 \text{ kN (tração)}$$

$$N_{26} = 63,588 \text{ kN (tração)}$$

$$N_{45} = -117,500 \text{ kN (compressão)}$$

Necessita-se calcular a área da seção transversal das barras tracionadas:

$$A = 1492,257 \text{ mm}^2$$

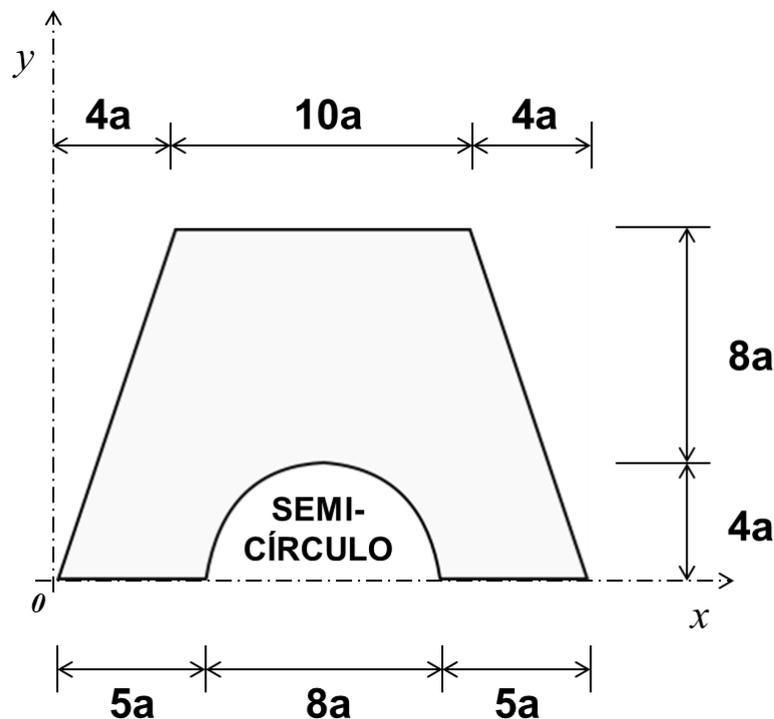
Aplica-se a fórmula de cálculo da tensão normal (σ) resultante de uma força (N) atuante em uma seção transversal de área (A), obtendo-se as tensões normais ao longo das barras submetidas à tração, conforme solicitado:

$$\sigma_7 = 32,878 \text{ MPa (tensão normal de tração na barra)}$$

$$\sigma_{26} = 42,612 \text{ MPa (tensão normal de tração na barra)}$$

Questão 4 (25% da nota da prova escrita):

A determinação da posição de centros de gravidade e dos momentos de inércia se justifica pelas suas diversas aplicações práticas na engenharia. Diante disso, defina centros de gravidade e momentos de inércia. Posteriormente, cite ao menos três aplicações de centro de gravidade e/ou momento de inércia em problemas de engenharia civil. Por fim, determine o momento de inércia da seção transversal plana, apresentada na figura a seguir, em relação ao eixo horizontal que passa pelo centroide da mesma, em função de 'a', admitindo-se $a \in (0, +\infty)$ e que seus possíveis valores sejam compatíveis com os problemas usuais da engenharia civil.



Critério de avaliação: (1) definição de centros de gravidade [20% da questão], (2) definição de momentos de inércia [20% da questão], (3) aplicações de centros de gravidade e momentos de inércia [20% da questão], (4) cálculo detalhado e obtenção dos resultados para a seção transversal apresentada [40% da questão].

Bibliografia:

- BEER, F. P.; JOHNSTON JR., E. R.; MAZUREK, D. F. **Mecânica vetorial para engenheiros**: estática. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2019.
- GERE, J. M.; GOODNO, B. J. **Mecânica dos materiais**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- HIBBELER, R. C. **Estática**: mecânica para engenharia. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

Resolução proposta:

Pode-se definir centro de gravidade com base em Hibbeler (2011, p. 337):

Um corpo é composto de uma série infinita de partículas de tamanho diferenciado, e assim, se o corpo estiver localizado dentro de um campo gravitacional, então cada uma das partículas terá um peso dW [...]. Esses pesos formarão um sistema de forças aproximadamente paralelas, e a resultante desse sistema é o peso total do corpo, que passa por um único ponto chamado centro de gravidade [...].

Tal definição se aplica comumente aos problemas da engenharia civil.

Pode-se definir momento de inércia com base em Hibbeler (2011, p. 387):

Sempre que uma carga distribuída atua perpendicularmente a uma área e sua intensidade varia linearmente, o cálculo do momento da distribuição de carga em relação a um eixo envolverá uma quantidade chamada momento de inércia de uma área. [...] A integral $\int y^2 da$ é denominada momento de inércia de área I_x em relação ao eixo x .

Essa é a definição mais básica de momento de inércia, sendo que diz respeito aos problemas mais comuns da engenharia civil, em que é necessário calcular o momento de inércia de áreas.

A determinação do centro de gravidade e do momento de inércia é importante em diversos problemas da engenharia civil, sendo que os exemplos de aplicação podem ser mencionados dentro das áreas de formação e/ou atuação do engenheiro: estruturas, infraestrutura, geotécnica, hidráulica ou construção civil. Será considerada cada menção para completar a exigência mínima de três aplicações, desde que não esteja repetida e que esteja devidamente correta dentro de uma das áreas da engenharia civil. Podem ser listadas aplicações somente de centro de gravidade e/ou somente de momento de inércia e/ou de ambos simultaneamente. Devido à grande quantidade de respostas possíveis, não será delimitada uma resposta padrão, sendo feita a verificação de cada caso.

Para o exemplo da figura, calcula-se a altura do centroide da seção transversal, com base no sistema de eixos indicado na mesma:

$$\bar{y} = \frac{869,333a^3}{142,867a^2} = 6,085a$$

O momento de inércia em relação ao eixo horizontal que passa pelo centroide da seção transversal pode ser obtido a partir da aplicação do teorema dos eixos paralelos:

$$I_{x'} = 1521,661a^4$$

Deve-se observar a necessidade de apresentar a resposta em função de 'a', que representa um número real que pertence ao intervalo $(0, +\infty)$.

FORMULÁRIO

$$A_{\text{círculo}} = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_i^n A_i y_i}{\sum_i^n A_i}$$

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

$$\sigma = -\frac{M}{I}y$$

$$I_x = \bar{I}_{x'} + Ad_y^2$$

$$I_{xy} = \bar{I}_{x'y'} + Ad_x d_y$$

$$I_x = \int y^2 dA$$

$$I_{xy} = \int xy dA$$

$$I_{\text{máx,min}} = \frac{I_x + I_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}$$

$$\text{tg } 2\theta_p = -\frac{2I_{xy}}{I_x - I_y}$$

$$y_{C,\text{triângulo}} = \frac{h}{3}$$

$$y_{C,\text{semicírculo}} = \frac{4r}{3\pi}$$

$$y_{C,\text{quarto de círculo}} = \frac{4r}{3\pi}$$

$$I_{C,\text{retângulo}} = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_{C,\text{triângulo}} = \frac{bh^3}{36}$$

$$I_{C,\text{círculo}} = \frac{\pi}{4}r^4$$

$$I_{C,\text{semicírculo}} = \left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi}\right)r^4$$

$$I_{C,\text{quarto de círculo}} = \left(\frac{\pi}{16} - \frac{4}{9\pi}\right)r^4$$

Presidente da Banca Examinadora



Assinaturas do documento



Código para verificação: **3P5S5ZN3**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

- ✓ **KLEYSER RIBEIRO** (CPF: 043.XXX.549-XX) em 05/02/2024 às 12:36:49
Emitido por: "SGP-e", emitido em 13/07/2018 - 14:16:13 e válido até 13/07/2118 - 14:16:13.
(Assinatura do sistema)

- ✓ **ITAMAR RIBEIRO GOMES** (CPF: 402.XXX.020-XX) em 05/02/2024 às 12:42:38
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:41:26 e válido até 30/03/2118 - 12:41:26.
(Assinatura do sistema)

- ✓ **SANDRA DENISE KRUGER ALVES** (CPF: 560.XXX.329-XX) em 05/02/2024 às 12:46:34
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:40:07 e válido até 30/03/2118 - 12:40:07.
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTlwMjJfMDAwMDMxMjhfMzEyOV8yMDI0XzNQNVm1Wk4z> ou o site <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **UDESC 00003128/2024** e o código **3P5S5ZN3** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.