

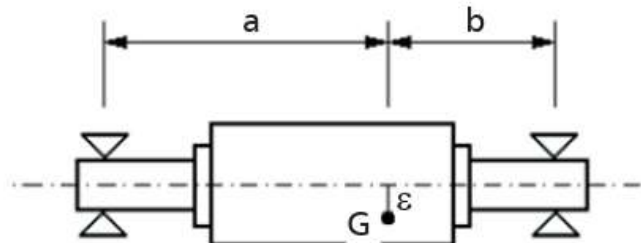
CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO QUESTÃO1 (25 PONTOS)

CRITÉRIO	PONTUAÇÃO
O candidato montou a equação da velocidade em B corretamente: $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{r}_{B/A}$	3 pontos
O candidato respondeu ou deixou implícito que: $\vec{v}_A = 0$	2 pontos
O candidato respondeu que: $\vec{v}_B = (-r\omega \sin \alpha \hat{i} + r\omega \cos \alpha \hat{j})m/s$	3 pontos
O candidato montou a equação da velocidade em P corretamente: $\vec{v}_P = \vec{v}_B + \vec{\omega}_{BP} \times \vec{r}_{P/B}$ Ou $\vec{v}_P = \vec{\omega} \times \vec{r}_{B/A} + \vec{\omega}_{BP} \times \vec{r}_{P/B}$	3 pontos
O candidato relacionou o ângulo $\alpha$ com o ângulo oposto: $\sin \beta = \frac{r}{R} \sin \alpha$ $\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \sin^2 \alpha}$	2 pontos
O candidato respondeu que: $\vec{r}_{P/B} = (R \cos \beta \hat{i} - R \sin \beta \hat{j})m$ (ou substituindo $\beta$ por $\alpha$ )	2 pontos
O candidato respondeu que: $\vec{\omega}_{BP} \times \vec{r}_{P/B} = (R\omega_{BP} \sin \beta \hat{i} + R\omega_{BP} \cos \beta \hat{j})m/s$ (ou substituindo $\beta$ por $\alpha$ )	2 pontos
O candidato explicou ou deixou implícito que não há deslocamento vertical do pistão P: $\vec{v}_P = v_P \hat{i}$	2 pontos
O candidato respondeu que: $\vec{\omega}_{BP} = -\frac{r\omega \cos \alpha}{R\sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \sin^2 \alpha}} rad/s$	2 pontos
O candidato respondeu que: $\vec{v}_P = -r\omega \sin \alpha \left( \frac{r \cos \alpha}{R\sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \sin^2 \alpha}} + 1 \right)$	4 pontos

**QUESTÃO 02 (25 pontos)**

- a) DESCREVA o processo de balanceamento dinâmico em dois planos, tendo como base um rotor desbalanceado, montado em um eixo que apresenta flexibilidade no plano perpendicular ao eixo de instalação do rotor e rigidez suficiente para que se possa desprezar o efeito de torção ao longo do eixo, conforme figura abaixo.

**Figura: Representação do desbalanceamento em dois planos**



COELHO, G.A.T., Balanceamento dinâmico de um simulador de máquinas rotativas. Disponível em <http://hdl.handle.net/11422/9928>. Acesso em 9 out 2025. Adaptado.

Considere como base matemática para cálculo das massas e ângulos de instalação o método dos coeficientes de sensibilidade.

- b) DISSERTE sobre a técnica da análise de órbita.

**Padrão de resposta esperado:**

Será considerada resposta completa a que abarcar:

- a) desenvolvimento matemático mínimo que descreva o princípio do método dos coeficientes de sensibilidade, a saber:

Desenvolvimento/Critério	Avaliação
medição inicial de amplitude e fase do sistema desbalanceado	2,0 pontos
instalação de massa de desbalanceamento em um dos planos	2,0 pontos
medição de nova amplitude e fase, sob ação da sensibilização da instalação desta massa	2,0 pontos
cálculo dos coeficientes de sensibilidade à instalação desta massa de desbalanceamento	2,0 pontos
retirada da massa de desbalanceamento e instalação de massa no outro plano	2,0 pontos
medição de nova amplitude e fase, sob ação da sensibilização da instalação desta massa	2,0 pontos
cálculo dos coeficientes de sensibilidade à instalação desta massa de desbalanceamento	2,0 pontos
cálculo das massas de balanceamento nos planos e cálculo dos ângulos de instalação destas massas	2,0 pontos

b) descrição do método de análise de órbita para medição dos desbalanceamentos. Para tanto, a descrição do método deverá constar:

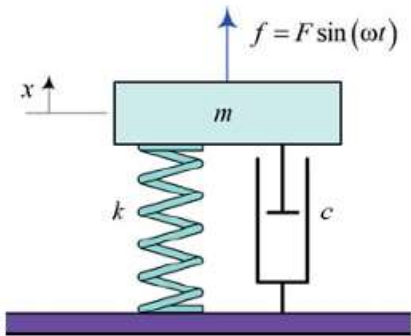
Desenvolvimento/Critério	Avaliação
<p>explicação sobre o método (método de análise de vibração que visualiza o movimento do eixo de uma máquina rotativa de forma gráfica, para diagnosticar problemas como desbalanceamento. Para realizar essa análise, são instalados sensores em pontos de interesse, de forma a monitorar sinais de amplitude e fase do movimento do eixo. Ao analisar a forma e o tamanho da órbita, é possível identificar um desbalanceamento, que se manifesta como um movimento assimétrico do eixo, permitindo a localização e a correção do problema).</p> <p>O método, detalhadamente, consiste em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- definição do melhor tipo de sensor a ser instalado, de acordo com as características do mensurando</li> <li>- geração de sinais elétricos que representarão os dados de deslocamento, velocidade ou aceleração do eixo e dos pontos de interesse (geralmente mancais)</li> <li>- construção das órbitas</li> <li>- interpretação das órbitas e correlação com os defeitos presentes no sistema mecânico.</li> </ul>	9,0 pontos

Tabela de Especificação	
Conteúdo bibliográfico do edital	Itens: 1, 2, 5, 8, 9, 10, 13, 16.
Nível de dificuldade	Fácil
Gabarito, se objetiva	N/A.
Nas opções incorretas indicar o erro	N/A.
Categoria	Discursiva
Critérios	Será considerada resposta completa a que abarcar: a) desenvolvimento matemático mínimo que descreva o princípio do método dos coeficientes de sensibilidade (16 pontos); b) descrição do método de análise de órbita para medição dos desbalanceamentos (09 pontos).
Tema abordado	Vibrações livres, respostas à excitações harmônicas, função de transferência, balanceamento de máquinas, velocidades críticas de rotores, testes de vibrações e medições de vibrações.

**QUESTÃO 03 (25 pontos)**

CONSIDERE a afirmativa sobre a figura abaixo: “No que se refere ao projeto de instrumentação dos sistemas vibracionais forçados amortecidos há um senso comum de se achar que quanto maior a frequência do sinal de excitação, maior será a amplitude de resposta do sistema monitorado.”

**Figura: Ilustração de um sistema massa-mola-amortecedor forçado.**



Jazar, R. N.; Marzbani, H. Vehicle Vibrations. 2025. Adaptado.

De acordo com essa afirmação, DISSERTE sobre os riscos de não considerar o fator de amplificação, ou fator de ampliação, no projeto e no monitoramento de estruturas sujeitas a carregamentos dinâmicos.

**Padrão de resposta esperado:**

Será considerada resposta completa a que abarcar:

Desenvolvimento/Critério	Avaliação
A equação que define o fator de amplificação dinâmica, associada à sua respectiva curva (ilustrada abaixo)	5,0 pontos
Discussão acerca do cerne da incorreção da afirmativa, a saber, o fato de haver um ponto de inflexão e zona de atenuação do sinal de saída em relação ao sinal de excitação. Para os sistemas fracamente amortecidos, este ponto se encontra para razões de frequência acima da razão de pico, definida por $r_{pico} = \sqrt{1 - 2\zeta^2}$ , razão obtida pela derivação da função do fator de amplificação. Nos sistemas criticamente e superamortecidos, desde baixas frequências já se nota a zona de atenuação do sinal de saída.	20,0 pontos

$$\frac{X}{\delta_{st}} = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$$

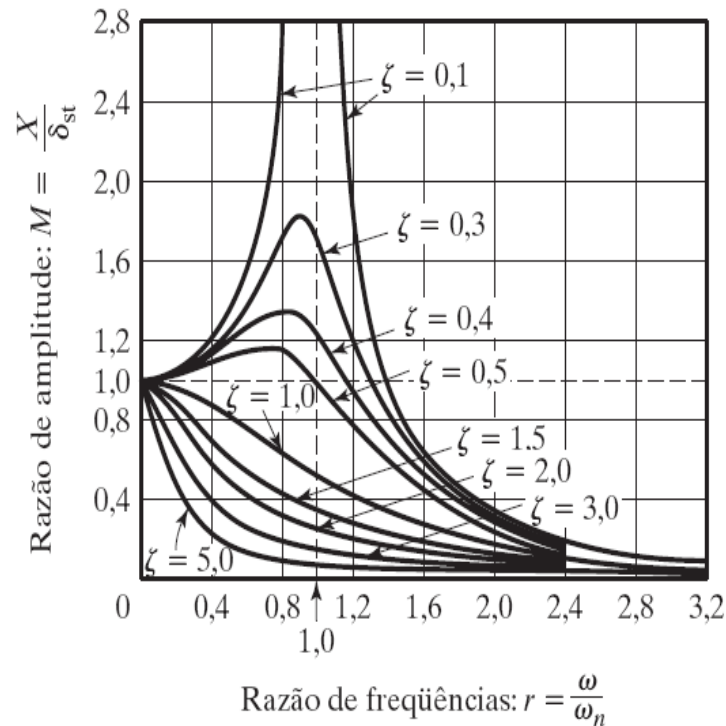


Tabela de Especificação	
Conteúdo bibliográfico do edital	Itens: 2, 4, 5, 10.
Nível de dificuldade	Média
Gabarito, se objetiva	N/A.
Nas opções incorretas indiciar o erro	N/A.
Categoria	Discursiva
Critérios	Será considerada resposta completa a que abarcar: A equação que define o fator de amplificação dinâmica, associada à sua respectiva curva (ilustradas abaixo). O cerne da incorreção da afirmativa está no fato de haver um ponto de inflexão e zona de atenuação do sinal de saída em relação ao sinal de excitação. Para os sistemas fracamente amortecidos, este ponto se encontra para razões de frequência acima da razão de pico, razão obtida pela derivação da função do fator de amplificação. Nos sistemas criticamente e superamortecidos, desde baixas frequências já se nota a zona de atenuação do sinal de saída. <b>(25,0 pontos)</b>
Tema abordado	Resposta a excitação harmônica, Função resposta em frequência, Função de transferência, Introdução à transmissibilidade e isolamento de vibrações em máquinas e fundações.

QUESTÃO 4 (25 pontos)

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO:

CRITÉRIO	PONTUAÇÃO
<p>Calcular corretamente os esforços internos atuantes na seção onde estão localizados os pontos H e K:</p> $\vec{F} = \{700\vec{i} + 900\vec{k}\}[N]$ $\vec{M} = \{225\vec{i} - 225\vec{j} - 175\vec{k}\}[N \cdot m]$	3 pts
<p>Calcular corretamente as tensões atuantes no ponto H:</p> $\sigma_{x.H} = \frac{700}{A_{tubo}} + \frac{87,5 \cdot d_{ext.tubo}}{I_{tubo}}$ $\tau_{xz.H} = \frac{112,5 \cdot d_{ext.tubo}}{J_{tubo}} + \frac{450 \cdot Q_{máx.tubo}}{I_{tubo} \cdot espessura_{tubo}}$	8 pts
<p>Calcular corretamente as tensões atuantes no ponto K:</p> $\sigma_{x.K} = \frac{700}{A_{tubo}} - \frac{112,5 \cdot d_{ext.tubo}}{I_{tubo}}$ $\tau_{xy.H} = - \frac{112,5 \cdot d_{ext.tubo}}{J_{tubo}}$	8 pts
<p>Montar corretamente o tensor de tensões atuantes no ponto H:</p> $\sigma_H = \begin{bmatrix} \frac{700}{A_{tubo}} + \frac{87,5 \cdot d_{ext.tubo}}{I_{tubo}} & 0 & \frac{112,5 \cdot d_{ext.tubo}}{J_{tubo}} + \frac{450 \cdot Q_{máx.tubo}}{I_{tubo} \cdot espessura_{tubo}} \\ 0 & 0 & 0 \\ \frac{112,5 \cdot d_{ext.tubo}}{J_{tubo}} + \frac{450 \cdot Q_{máx.tubo}}{I_{tubo} \cdot espessura_{tubo}} & 0 & 0 \end{bmatrix}$	3 pts
<p>Montar corretamente o tensor de tensões atuantes no ponto K:</p> $\sigma_K = \begin{bmatrix} \frac{700}{A_{tubo}} - \frac{112,5 \cdot d_{ext.tubo}}{I_{tubo}} & - \frac{112,5 \cdot d_{ext.tubo}}{J_{tubo}} & 0 \\ - \frac{112,5 \cdot d_{ext.tubo}}{J_{tubo}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	3 pts