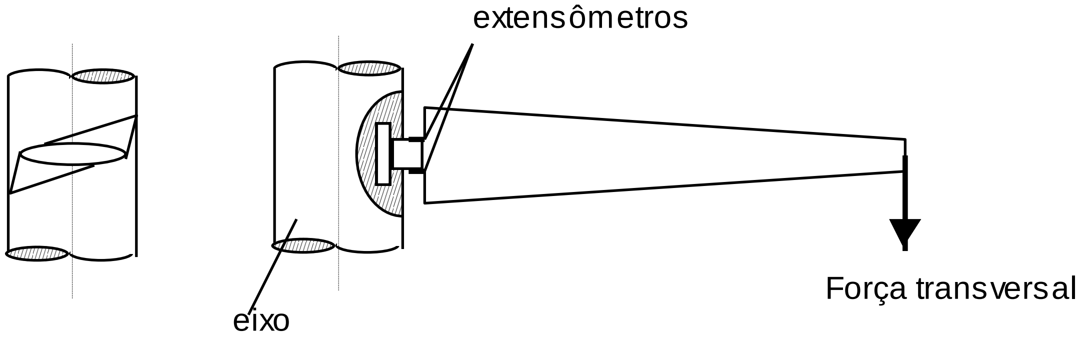
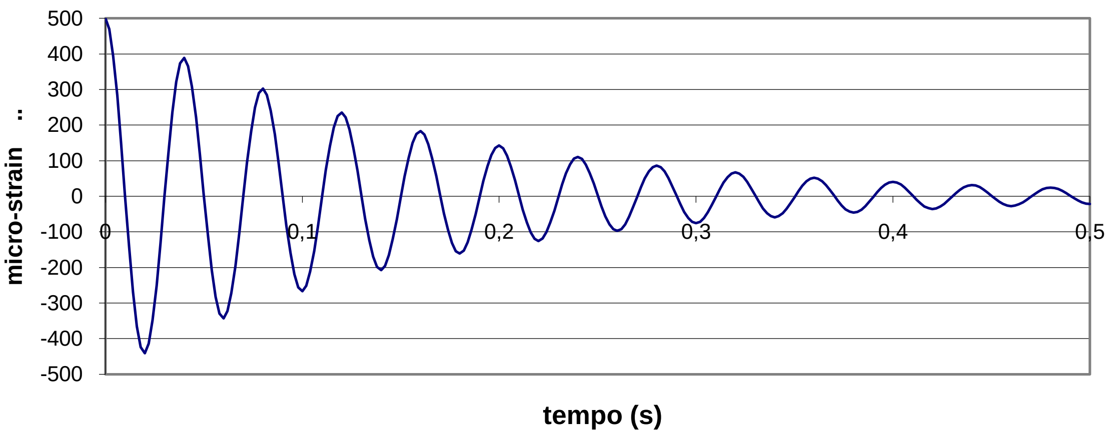
Prof. Francisco E. Baccaro Nigro Prof. Walter Ponge-Ferreira

1ª Questão - Durante o desenvolvimento das pás em fibra de vidro de um rotor de ventilador axial, foi necessário realizar um ensaio de fadiga à flexão para verificar a durabilidade do componente. Para determinar a intensidade e a freqüência da força harmônica a ser aplicada na extremidade da pá durante esse ensaio, foram realizados os seguintes testes preliminares:

i. Determinação da deformação na seção crítica da pá, decorrente da aplicação de uma força transversal estática na extremidade da pá – obteve-se uma deformação de **1000 μstrain** para uma força de **1000 N**.
ii. Registro no tempo da deformação na seção crítica, após a retirada instantânea de uma carga transversal aplicada na extremidade da pá – obteve-se o registro indicado na figura.
iii. Determinação do nível máximo de solicitação na seção crítica durante a operação – o ventilador foi colocado a operar nas condições de projeto, tendo sido medida uma deformação estática de **400 μstrain** à tração, com uma alternada sobreproposta de **300 μstrain** de amplitude.

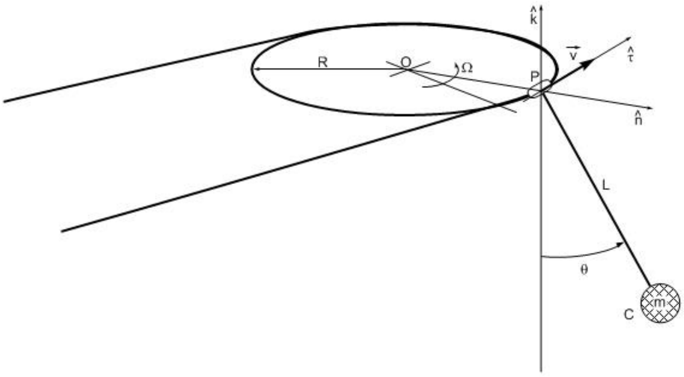




Sabendo-se que o ensaio de fadiga deve ser realizado com a mesma deformação estática medida durante a operação e com uma deformação alternada **30% superior** à medida, e que para tal será utilizado um excitador eletrodinâmico aplicando uma força transversal na extremidade da pá, pede-se:

a) determinar a força estática a ser aplicada na extremidade da pá durante o ensaio de fadiga;
b) desenvolver um modelo dinâmico simples para a vibração à flexão da pá;
c) estimar a menor amplitude de força alternada no excitador necessária para realizar o ensaio, escolhendo uma freqüência adequada;
d) estimar a amplitude do movimento alternativo na extremidade da pá, para a frequência escolhida, e a potência necessária para o excitador.

2ª Questão - Você deseja projetar um teleférico para uma estação de esqui. O teleférico é composto de cadeiras individuais com **L = 2,5 m** de distância do cabo de sustentação e deve operar com velocidade contante **v = 1 m/s**. Para fazer o retorno no fim do trajeto de subida na montanha a cadeira desocupada deverá fazer um giro de **180º** em uma roda de raio **R**, como mostrado na figura. A cadeira só tem liberdade para pendular em torno do cabo de sustentação e pode ser considerada como uma massa **m** concentrada no ascento. A aceleração da gravidade no local vale **g = 10 m/s²**.



Pede-se:

a) Determinar a equação diferencial do movimento de oscilação lateral da cadeira durante a manobra.
b) Escrever a equação linearizada para pequenas oscilações em torno da posição de equilíbrio.
c) Considerando que a cadeira encontra-se alinhada na vertical na entrada da roda, escrever a expressão da oscilação lateral da cadeira devido a curva de raio R imposta à articulação de sustentação em **P**.
d) Determinar o valor do raio **R** da roda para que o movimento de oscilação lateral seja mínimo quando a cadeira deixar a roda após fazer o giro de **180º**.

3ª Questão - O motor estacionário de combustão interna de quatro cilindros opostos e quatro tempos, representado na figura por uma vista pelo lado do volante, tem um eixo central de inércia praticamente coincidente com o eixo do virabrequim e deve ser suportado por quatro coxins de borracha com coeficiente de histerese **b=0,1**, dispostos simétricamente como indicado. O motor opera entre **800** e **3000 rpm** e,

$$\ddot{\alpha} = 25 * sen(\Omega * t) + 600 * sen(2 * \Omega * t - 0{,}14) + 200 * sen(4 * \Omega * t - 0{,}66) +$$
$$+ 75 * sen(6 * \Omega * t - 1{,}05) + 62 * sen(8 * \Omega * t - 1{,}36) + 45 * sen(10 * \Omega * t - 1{,}50)$$

quando à plena carga, seu volante tem uma aceleração angular (rad/s^2) em relação à carcaça do motor dada pela seguinte expressão:

onde **Ω** (rad/s) é a velocidade angular média do motor correspondente à sua rotação de operação.

Sabendo-se que o momento de inércia equivalente das partes rotativas do motor em relação ao eixo do virabrequim é $\mathbf{I_r=0{,}2\ kg.m^2}$, que o momento de inércia das partes não rotativas em relação ao mesmo eixo é $\mathbf{I_m=30.I_r}$ e que a distância dos coxins ao eixo é **a= 0,12 m**, pede-se:

a) determinar a equação diferencial do movimento angular absoluto da carcaça do motor em torno do eixo do virabrequim, supondo a rigidez **k** de cada coxim conhecida;
b) determinar os diversos componentes harmônicos do momento de força transmitido ao solo pelo motor em função de **Ω**;
c) calcular a rigidez **k** de cada coxim para que o momento de força máximo transmitido ao solo em qualquer frequência específica seja menor que **5 N.m**;