

## Lista 10

1) Defina o acoplamento rígido por flanges forjadas de aço ABNT 1020 que deve ser usado na união do eixo de um motor elétrico e o eixo de uma máquina de serviços leves para a transmissão de um momento de torção  $M_t = 30.000$  [kgf.cm]. As pontas dos eixos têm diâmetro  $d = 90$  [mm]. O coeficiente de atrito entre os flanges do acoplamento é  $\mu = 0,25$ . Material dos parafusos com  $\sigma_{adm} = 18$  [kgf/mm<sup>2</sup>].

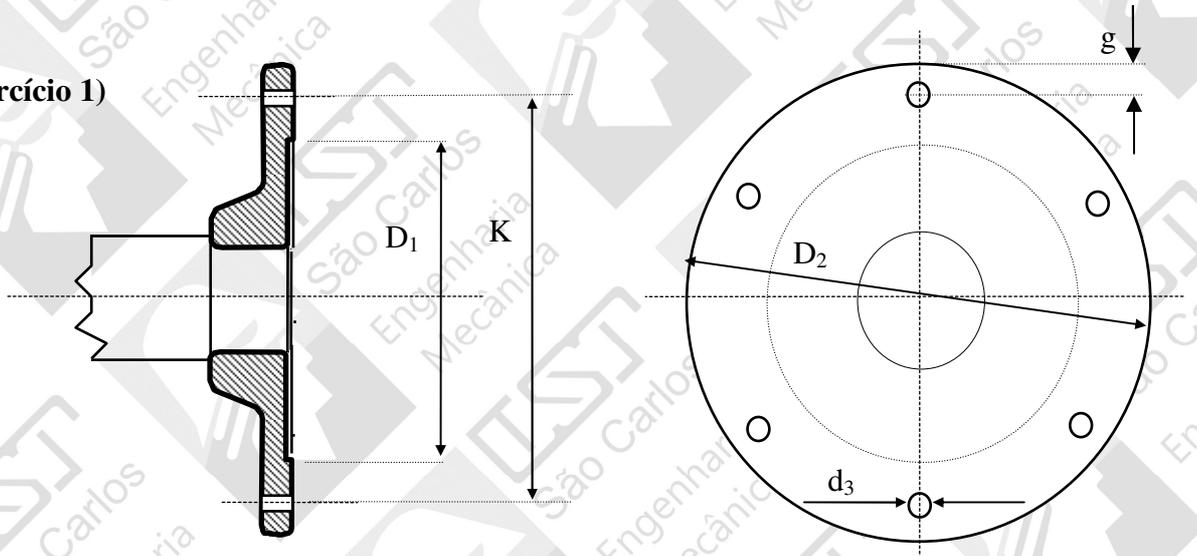
2) Um eixo com diâmetro  $d = 55$  [mm] deve ser unido a outro por meio de um acoplamento rígido por flanges para transmitir um momento de torção  $M_t = 10.000$  [kgf.cm]. Escolha o acoplamento e dimensione os parafusos da união. Dado:  $\sigma_{adm \text{ parafuso}} = 1600$  [kgf/cm<sup>2</sup>].

3) No exercício anterior, supondo-se que os parafusos se afrouxem durante o funcionamento, qual o máximo momento de torção que pode ser transmitido? Suponha que a força de cisalhamento seja distribuída uniformemente pelos parafusos. Dado:  $\tau_{adm \text{ parafusos}} = 940$  [kgf/cm<sup>2</sup>].

Comente as diferenças de princípio de funcionamento entre o exercício anterior e este. Qual dos dois métodos de união por meio de flanges é mais aconselhável?

4) Um eixo de aço carbono vazado com diâmetro externo  $D = 30$  [mm] e diâmetro interno  $d = 18$  [mm] é unido a outro de mesma secção transversal por meio de um engrenamento plano (tipo Hirth). A força axial necessária é dada por um parafuso M16 [3 tabela 10.13, pg 176]. Determine qual é o máximo momento de torção, com choques, que pode ser transmitido entre eles.

Adotar os dados que julgar necessário, justificando-os.

**Resolução da lista 10****Exercício 1)****a) Dimensões principais**

As dimensões podem ser obtidas da DIN 760 [4, tabela 19.3, pg78], para  $d = 90$  [mm].

$$D_1 = 125 \text{ [mm]}; \quad K = 160 \text{ [mm]}; \quad d_3 = 22 \text{ [mm]}; \quad z = 6.$$

**b) Força por parafuso**

$$P_p = \frac{2 \cdot M_t}{K \cdot z \cdot \mu} = \frac{2 \times 3000}{0,16 \times 6 \times 0,25} \Rightarrow P_p = 25000 \text{ [N]}$$

**c) Escolha do parafuso**

Os parafusos estão submetidos a tração e como tal devem ser calculados:

$$\sigma_{adm} \geq \frac{P_p}{S_1} = \frac{4 \cdot P_p}{\pi \cdot d_{paraf}^2} \Rightarrow 180 \times 10^6 \geq \frac{4 \times 25000}{\pi \times d_{paraf}^2}$$

$$d_{paraf} \geq \sqrt{\frac{4 \times 25000}{180 \cdot 10^6 \times \pi}} \Rightarrow d_{paraf} \geq 0,0133 \text{ [m]} = 13,3 \text{ [mm]}$$

Um parafuso com esta especificação, ou seja, diâmetro do núcleo  $d_{paraf} \geq 13,3$  [mm], é o parafuso M16 com  $d_1 = d_{paraf} = 13,4$  [mm] [3, tabela 10.13, pg 176 ou DIN 13].

**d) Pressão específica**

O valor da distância até a borda foi tomado  $g = 20$  [mm] [3, tabela 10.13, pg 176]. Portanto:

$$D_2 = K + 2 \cdot g = 160 + 2 \times 20 = 200 \text{ [mm]} \text{ e a área de atrito será:}$$

$$AREA = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} - \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} - \frac{6 \cdot \pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{\pi}{4} \times (0,20^2 - 0,125^2 - 6 \times 0,022^2) = 0,0169 \text{ [m}^2\text{]}$$

Para aço ABNT 1020 e momento de torção constante a pressão admissível é [3, tabela 11.4, pg 185]

$$p_{adm} = 65 \times 1,5 = 97,5 \text{ [MPa]}. \text{ Logo se tem:}$$

$$p = \frac{z \cdot P_p}{AREA} = \frac{6 \times 25000}{0,0168} = 8,93 \text{ [MPa]} \ll p_{adm} = 97,5 \text{ [MPa]}$$

**e) Montagem do flange**

Os flanges utilizados para união de eixos são normalmente adquiridos no mercado. O diâmetro do furo passante ( $d_3 = 22$  [mm]) neste caso resultou bem maior que o diâmetro nominal do parafuso calculado ( $d = 16$  [mm]) para M16). O funcionamento da união não será prejudicado devido a essa diferença, entretanto, a área de contato entre a cabeça do parafuso (ou da porca) e o flange fica reduzida e pode vir a falhar pela pressão específica excessiva. O parafuso recomendado para o furo passante deste caso é o M20 com secção transversal do núcleo =  $220$  [mm<sup>2</sup>] [3, tabela 10.13, pg 176]. Neste caso a tensão atuante sobre o parafuso seria:

$$\sigma_{adm} \geq \frac{P_p}{S_1} = \frac{25000}{220 \times 10^{-6}} = 113,6 \text{ [MPa]}$$

Esse resultado indica que o material do parafuso poderia ser de qualidade inferior ao utilizado e, conseqüentemente, mais barato.