

Gabarito da Prova Final

1) Mancal hidrodinâmico:

Dados:

$$\phi_m := 32\text{mm} \quad t_m := -.04\text{mm} \quad \text{Diâmetro do munha e sua faixa de tolerância}$$

$$\phi_b := 32.12\text{mm} \quad t_b := .08\text{mm} \quad \text{Diâmetro da bucha e sua faixa de tolerância}$$

$$r := \frac{\phi_m}{2} = 16\cdot\text{mm} \quad \text{Raio do mancal}$$

$$l_m := 32\text{mm} \quad \text{Largurta do mancal}$$

$$\frac{l_m}{\phi_m} = 1 \quad \text{Razão de largura do mancal}$$

$$F_r := 1500\text{N} \quad \text{Força radial aplicada ao mancal}$$

$$\omega := 350\text{rpm} = 36.7 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \text{Velocidade angular no munhão}$$

a) Determinar a viscosidade mínima

$$c_{\min} := \frac{\phi_b - \phi_m}{2} = 60\cdot\mu\text{m} \quad \text{Folga radial mínima}$$

$$h_0 := 20\% \cdot (\phi_b - \phi_m) = 24\cdot\mu\text{m} \quad \text{Mínima espessura de filme}$$

$$\frac{h_0}{c_{\min}} = 40\% \quad \text{Relaçã entre a folga radial e o filme mínimo}$$

$$\text{Som} := 0.124 \quad \text{Número de somerfeld do ábaco}$$

$$P_m := \frac{F_r}{\phi_m \cdot l_m} = 1.465\cdot\text{MPa} \quad \text{Pressão de sustentenação da carga no mancal}$$

$$N_m := \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = 5.83\cdot\text{Hz} \quad \text{Rotações por segunda do munhão}$$

$$\mu := \text{Som} = \left(\frac{r}{c_{\min}} \right)^2 \cdot \frac{\mu \cdot N_m}{P_m} \quad \left| \begin{array}{l} \text{explicit} \\ \text{solve, } \mu \end{array} \right. \rightarrow \frac{P_m \cdot \text{Som} \cdot c_{\min}^2}{N_m \cdot r^2} = 438\cdot\text{Pa}\cdot\text{ms} \quad \text{Ou seja precisaríamos de um óleo SAE 70}$$

$$\frac{\mu \cdot N_m}{P_m} = 1.744 \cdot 10^{-6} \quad \text{Condição de estabilidade}$$

b) Determinação da potência consumida no mancal

$$\mu_v := 2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{\mu \cdot N_m}{P_m} \cdot \frac{r}{c_{\min}} = 9.179 \times 10^{-3} \quad \text{Coeficiente de atrito do mancal}$$

$$\mu_{\text{www}} := 3.1 \cdot \frac{c_{\min}}{r} = 0.012 \quad \text{Usando o ábaco e o numero de somerfeld}$$

$$T_m := F_r \cdot \mu_v \cdot r = 279\cdot\text{N}\cdot\text{mm} \quad \text{Torque consumido no mancal}$$

$$P := \omega \cdot T_m = 10.23\cdot\text{W} \quad \text{Potência consumida no mancal}$$

c) Fluxo do óleo e o fluxo de vazamento lateral

$$Q := 4.28 \cdot r \cdot c_{\min} \cdot N_m \cdot l_m = 767 \cdot \frac{\text{mm}^3}{\text{s}} \quad \text{Fluxo tangente no mancal}$$

$$Q_l := .68 \cdot Q = 521.5 \cdot \frac{\text{mm}^3}{\text{s}} \quad \text{Fluxo de vazamento lateral}$$

2) Transmissão por fuso:

Dados do problema:

$F_a := 3\text{kN}$	Carga axial na transmissão
$v_a := 20 \cdot \frac{\text{mm}}{\text{s}}$	Velocidade axial da transmissão
$\phi_n := 36 \cdot \text{mm}$	Diâmetro nominal da rosca TR36x6
$p := 6 \cdot \text{mm}$	Passo da rosca TR36x6
$\alpha := 15\text{deg}$	ângulo de flanco da rosca TR
$\mu_r := 0.16$	Pior coeficiente de atrito para o par de materias da tabela 8-5

a) Rotação do fuso:

$$R_t := \frac{p}{2 \cdot \pi} = 9.549 \times 10^{-4} \text{ m} \quad \text{Relação de transmissão}$$
$$\omega := \frac{v_a}{R_t} \quad \text{Velocidade do fuso} \quad \omega = 200 \cdot \text{rpm}$$

b) Torque de acionamento do fuso:

$$\phi_p := \phi_n - \frac{p}{2} = 33 \cdot \text{mm} \quad \text{Diâmetro primeitvo da Rosca TR36x6}$$
$$T_r := \frac{F_a \cdot \phi_p \cdot p + \mu_r \cdot \pi \cdot \phi_p \cdot \sec(\alpha)}{2 \cdot \pi \cdot \phi_p - \mu_r \cdot p \cdot \sec(\alpha)} \quad \text{Torque de acionamento do parafuso}$$

c) Eficiência da transmissão:

$$\eta := \frac{F_a \cdot R_t}{T_r} = T_r \left| \begin{array}{l} \text{explicit} \\ \text{solve, } \eta \end{array} \right. \rightarrow \frac{F_a \cdot R_t}{T_r} = 25.6 \cdot \% \quad \text{Eficiência da transmissão}$$

d) Diâmetro do rolamento

$$\phi_b := \phi_n - p = 30 \cdot \text{mm} \quad \text{Diâmetro de base da Rosca TR36x6 (ou raiz do filete)}$$
$$\phi_r := \text{floor} \left(\frac{\phi_b - 4\text{mm}}{5\text{mm}} \right) \cdot 5\text{mm} = 25 \cdot \text{mm} \quad \text{Diâmetro do rolamento}$$

e) Especificação da ligação cubo eixo:

$$\phi_{lce} := \phi_r - 3\text{mm} = 22 \cdot \text{mm} \quad \text{Diâmetro da ligação cubo eixo}$$
$$l_{ch} := 5 \cdot \text{mm} \quad \text{largura da chaveta}$$
$$F_{c_{ch}} := \frac{T_r \cdot 2}{\phi_{lce}} = 1 \times 10^3 \text{ N} \quad \text{Força cortante aplicada na chaveta}$$
$$\sigma_{esc_{ch}} := 455 \cdot \text{MPa} \quad \text{Tensão de escamento do material da chaveta}$$
$$\tau_{max_{ch}} := 0.577 \cdot \sigma_{esc_{ch}} = 263 \cdot \text{MPa} \quad \text{Máxima tensão cizalhante na chaveta}$$
$$CS := 3 \quad \text{Coeficiente de segurança}$$
$$\tau_{ch} := \frac{\tau_{max_{ch}}}{CS} \quad \text{Tensão de cizalhamento na chaveta}$$

$$c_{ch} := \frac{F_{c_{ch}}}{l_{ch} \cdot c_{ch}} = \tau_{ch} \left| \begin{array}{l} \text{explicit} \\ \text{solve, } c_{ch} \end{array} \right. \rightarrow \frac{F_{c_{ch}}}{l_{ch} \cdot \tau_{ch}} = 2.321 \cdot \text{mm}$$

Comprimento mínimo da chaveta, deve-se n entanto usar uma chaveta cujo comprimento mpínimo na norma é 2*a largura, logo neste caso é 10 mm

3) Flxação com parafuso para esforço normal:

Dados:

$F_j := 100 \text{ kN}$	Força na junta de parafusos axiais
$k_m := \frac{17 \cdot \text{kN}}{50 \mu\text{m}} = 340 \cdot \frac{\text{N}}{\mu\text{m}}$	Rigidez dos membro da conexão
$P_{M8f} := 1 \text{ mm}$	Passo do parafuso M8 rosca fina
$\phi_{n_{M8}} := 8 \text{ mm}$	Diâmetro nominal e diâmetro da haste do parafuso M8
$E_{aço} := 207 \cdot \text{GPa}$	Módulo de elasticidade do aço
$A_{r_{M8f}} := 39.2 \text{ mm}^2$	Área resistente do parafuso M8 rosca fina

a) Classe do parafuso e determinação da pré-carga

$\sigma_{P12.9} := 970 \cdot \text{MPa}$ Tensão mínima de prova do parafuso classe 12.9

$f_{pc_p} := 90\%$ Fator de pré-carga para ligação permanente

$F_{pc_{M8f12.9}} := f_{pc_p} \cdot \sigma_{P12.9} \cdot A_{r_{M8f}} = 34.2 \cdot \text{kN}$ Força de pré-carga do parafuso

b) Número de parafusos para um dados coeficiente de segurança:

$CS = 3$ Coeficiente de segurança

$n_{p_{ja}} := CS \cdot \frac{F_j}{F_{pc_{M8f12.9}}} = 9$ Número de parafusos para o coeficnete de segurança igua a 3

c) Definição do aperto de montagem do parafuso baseado em torque e ângulo

$A_{h_{M8}} := \left(\frac{\phi_{n_{M8}}}{2} \right)^2 \cdot \pi = 50.3 \cdot \text{mm}^2$ Área da haste da secção da haste do parafuso

$L_1 := 78 \text{ mm}$ Comprimento liso da haste do parafuso

$L_r := 2 \cdot \text{mm} + \frac{\phi_{n_{M8}}}{2} = 6 \cdot \text{mm}$ Comprimento de rosca da ligação

$k_1 := \frac{A_{h_{M8}} \cdot E_{aço}}{L_1} = 133 \cdot \frac{\text{N}}{\mu\text{m}}$ Rigidez do corpo liso do parafuso

$k_r := \frac{A_{r_{M8f}} \cdot E_{aço}}{L_r} = 1.352 \cdot \frac{\text{kN}}{\mu\text{m}}$ Rigidez do corpo roscado incluindo parate inserida no cilindro

$k_p := \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_r}} = \frac{1}{k_p} \left| \begin{array}{l} \text{explicit} \\ \text{solve, } k_p \end{array} \right. \rightarrow \frac{k_1 \cdot k_r}{k_1 + k_r} = 121.4 \cdot \frac{\text{N}}{\mu\text{m}}$ Rigidez do parafusos

$k_j := \frac{k_p \cdot k_m}{k_p + k_m} = 89.5 \cdot \frac{\text{N}}{\mu\text{m}}$ Rigidez para calculo do aperto dos parafusos

$K := 0.3$ Constante de aperto de parafuso

$T_a := K \cdot F_{pc_{M8f12.9}} \cdot \phi_{n_{M8}} = 82.132 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$ Torque de aperto para 100% da carga axial

$T_{pa} := T_a \cdot 20\% = 16 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$ Torque de pré aperto

$$\delta_a := \frac{F_{pcM8f12.9}}{k_j} = 382 \cdot \mu\text{m}$$

Deformação de aperto da junta

$$A_a := \frac{\delta_a \cdot 2 \cdot \pi}{P_{M8f}} \cdot 80\% = 110.2 \cdot \text{deg}$$

Ângulo de aperto para 80% da carga axial

3. Escolha de parafuso para esforço transversal:

Dados:

$$F_t := 100 \cdot \text{kN}$$

Força a ser suportada pela junta

$$n_{p_t} := 13$$

Número de parafusos na Junta nsob esforço transversal

$$n_{s_t} := 2 \cdot n_{p_t} = 26$$

Número de secção sob esforço transversal devido ao empilhamento das chapas

$$\mu_{se} := 0.35$$

Coefficiente de atrito estático seco aço/aço

a) Fixação por esforço cortante

$$\sigma_{p5.8} := 380 \cdot \text{MPa}$$

Tensão mínima de prova da classe 5.8

$$\sigma_{esc5.8} := 420 \cdot \text{MPa}$$

Tensão de escoamento do parafuso da classe 5.8

$$\tau_{max5.8} := .577 \cdot \sigma_{esc5.8} = 242 \cdot \text{MPa}$$

Máxima tensão cizalhante aplicada em cada parafuso

$$f_{p_c} := 70\%$$

Fator de pré-carga atribuído aos parafusos sob esforço cortante

$$\sqrt{\left(\frac{f_{p_c} \cdot \sigma_{p5.8}}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \tau_{max5.8} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{explicit} \\ \text{solve, } \tau_{xy} \end{array} \right. \rightarrow \left(\begin{array}{l} \frac{\sqrt{2 \cdot \tau_{max5.8} + f_{p_c} \cdot \sigma_{p5.8}} \cdot \sqrt{f_{p_c} \cdot \sigma_{p5.8} - 2 \cdot \tau_{max5.8}} \cdot i}{2} \\ \frac{\sqrt{2 \cdot \tau_{max5.8} + f_{p_c} \cdot \sigma_{p5.8}} \cdot \sqrt{f_{p_c} \cdot \sigma_{p5.8} - 2 \cdot \tau_{max5.8}} \cdot i}{2} \end{array} \right)$$

$$\tau_{xy} := -\frac{\sqrt{2 \cdot \tau_{max5.8} + f_{p_c} \cdot \sigma_{p5.8}} \cdot \sqrt{f_{p_c} \cdot \sigma_{p5.8} - 2 \cdot \tau_{max5.8}} \cdot i}{2} = 203 \cdot \text{MPa}$$

Máximo esforço cortante por secção em corte

$$A_c := \frac{F_t}{\tau_{xy}} = 494 \cdot \text{mm}^2$$

Área resistente ao esforço cortante

$$A_{r_p} := A_c \cdot \frac{CS}{n_{s_t}} = 57 \cdot \text{mm}^2$$

Área resistente do menor parafuso possível

$$A_{r_{M10}} := 58 \text{mm}^2$$

Logo a junta deverá ser constituída de 13 parafusos M10

$$\phi_{n_{M10}} := 10 \cdot \text{mm}$$

Diâmetro do parafusos escolhido

b) Torque de aperto com junta sob esforço cortante

$$F_{pc_{M105.8}} := f_{p_c} \cdot \sigma_{p5.8} \cdot A_{r_{M10}} = 15.43 \cdot \text{kN} \quad \text{Pre carga de aperto dos parafusos}$$

$$T_{ac_{M105.8}} := K \cdot \phi_{n_{M10}} \cdot F_{pc_{M105.8}} = 46 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad \text{Torque de aperto da Junta sob esforço cortante}$$

c) Fixação por atrito:

$$\sigma_{p10.9} := 830 \cdot \text{MPa}$$

Tensão mínima de prova da classe 10.9

$$f_{p_a} := 75\%$$

Fator de pré-carga atribuído aos parafusos sob esforço normal para junção por atrito

$$F_{a_p} := \frac{F_t}{\mu_{se}} \cdot \frac{CS}{n_{s_t}} = 33 \cdot \text{kN}$$

Pré carga em cada parafuso para suportar o esforço transversal com segurança

$$A_a := \frac{F_{a_p}}{f_{p_a} \cdot \sigma_{p10.9}} = 53 \cdot \text{mm}^2$$

Área resistente em cada um dos 13 parafusos para fixação por atrito. Logo o parafuso M10 classe 10.8 cumpre esta função com folga

$$T_{ac_{M1010.9}} := K \cdot \phi_{n_{M10}} \cdot F_{a_p} = 99 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad \text{Torque de aperto na junata com Parafusos M10}$$