

Nome: *Mauro Vinícius de A. Ladeira*Assinatura: *Mauro Vinícius de A. Ladeira*

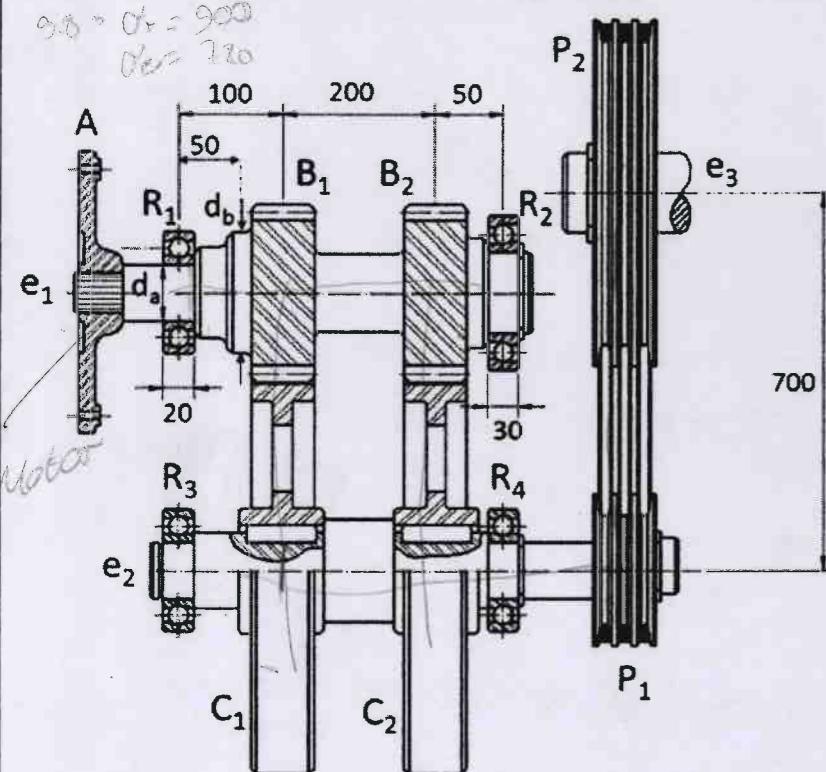
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1, B_2, C_1, C_2$ ) com  $m=5$  mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1, P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100$  MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81$  GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44$  N;  $V=717,55$  N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}$  rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\text{a) Seção "da" } h \rightarrow \text{Forma "A"} \quad d = 900 \quad K_{FF} = 3,5$$

obtemos  $d/b = 900/5 = 180$  (interior)

$$\frac{1000-900}{1000-500} = \frac{2,3-x}{2,3-2,1}$$

$$K_{FF} = 2,2$$

$$K_{FF\text{amp}} = 3 + (3,5-3) + (2,2-2) = 4,7$$

$$b) d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi^2}{9} \left( \frac{K_{FF} M_o}{S_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{R_o T_m}{S_n} \right)^2$$

$$M_o = 2677,44 \cdot 50 = 133870 \text{ Nmm}$$

$$M_o = \sqrt{H^2 + V^2} = 138594,27 \text{ Nmm}$$

$$T_m = 717,55 \cdot 50 = 35877,5 \text{ Nmm}$$

$$\text{Elemento } A \text{ eixo } 1 \rightarrow 50 \text{ CV, } 900 \text{ rpm}$$

$$50 \cdot 736 = \frac{\pi}{60} \cdot 900 \cdot d = 390,96 \text{ mm}$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi^2}{9} \sqrt{\left( \frac{2 \cdot 138594,27}{300} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{1 \cdot 390,96}{0,8 \cdot 50} \right)^2}$$

$$d = 44,81 \text{ mm}$$

$$45 \text{ mm}$$

$$c) d_a = 0$$

$$M_o = 32 \cdot \left( \frac{2,9}{300} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{2,9}{720} \right)^2$$

$$T = 2367,5 \text{ Nm}$$

$$d) d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1171,38 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 8 + 10^3}} = 42,9 \text{ mm}$$

$$(-75 = 3 \cdot \frac{25}{25}) \rightarrow T_d = 3 \cdot 390,96 = 1171,38 \text{ Nm}$$

$$e) T_3 = 4685,5 \text{ Nm}$$

$$M_{P2} = ?$$

*Não existe perda no sistema*

$$50 \cdot 736 = 4685,5 \cdot \frac{2,9}{60} \cdot n$$

$$n = 75 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	4,2	---
1	b) $d_{ASME}$	45	mm
1	c) $T_{R2}$	2367,5	Nm
1	d) $d_{PPC1}$	42,9	mm
1	e) $n_{P2}$	75	rpm

12.116.473.5

035

Nome: Marcos Vinícius de A. Góes

Assinatura: *Marcos Vinícius de A. Góes*

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

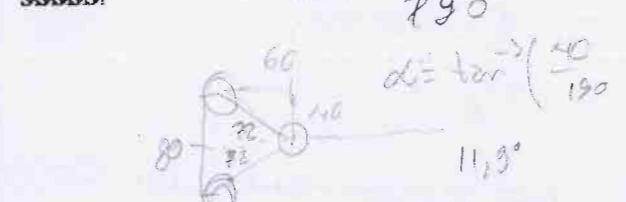
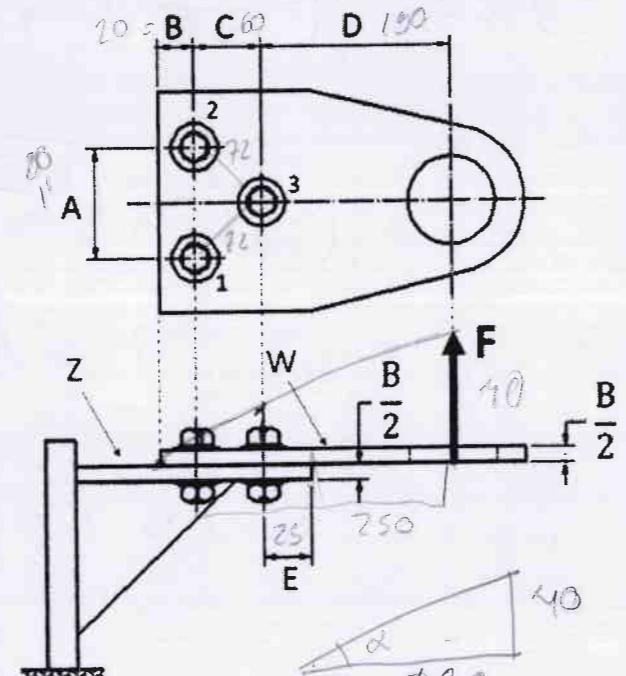
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R ".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$\tan(40) = \frac{40}{190}$$

$$c = 12,6^4$$

$$\therefore f = 12,6^4$$

$$b) A_D > \frac{M_p(1-c)}{R_{max}} \sqrt{3+48k_f} \\ 0,95(1-25t)0e \\ 157 = 2,3(1-0,95) 3710^3 \sqrt{3+48 \cdot 0,95^2}$$

$$0,95(1-2,905)0e$$

$$c = \frac{858}{858+200} = 0,3$$

$$M16x2 \rightarrow Oe = 758,32 Nm \quad \text{Classe 8.8}$$

$$P_{max} = 3280 \rightarrow M16x2 \quad 56$$

$$\sqrt{8,8} = Oe = 6710 Nc$$

$$T_{ap} = 3110^3 \cdot 16 \cdot 0,95 = 291200 \text{ Nmm}$$

e) 25%. Pois virá ter um aumento de 50% em relação à distância dos 2 parafusos.

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R <u>3</u>	12,64
1	b)	Fens	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	25%

Nome: GABRIEL LUCAS MARINELLO

Assinatura: Gabriel Marinello

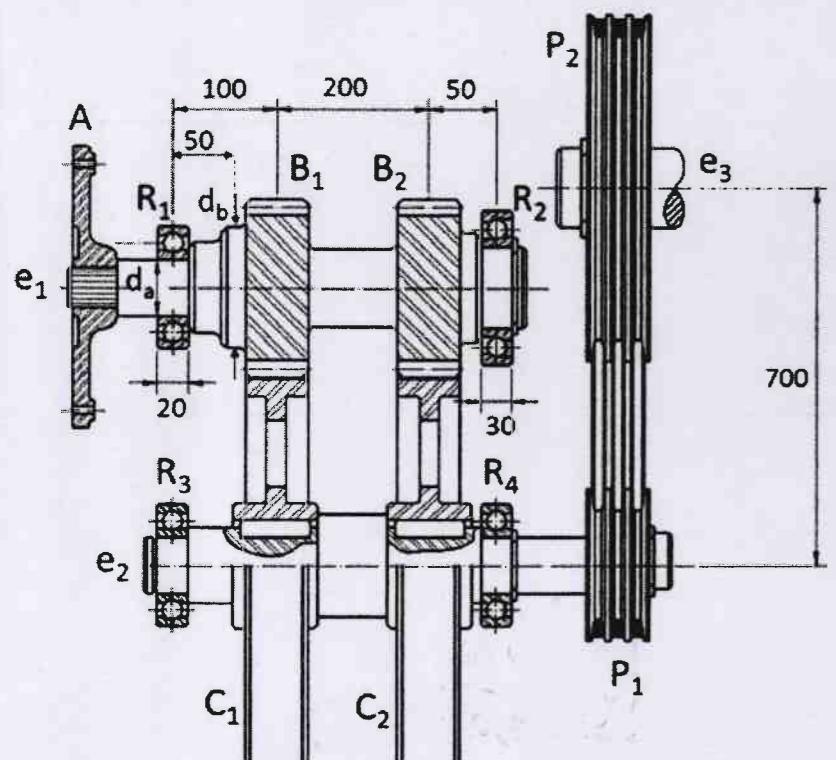
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1, B_2, C_1, C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1, P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $R_T=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

@ Seção A: Forma A

$$K_{FF} = 3,5 \text{ (gráfico)}$$

$$EIXO: 9.8 \quad \sigma_x = 900 \text{ MPa} \\ \sigma_c = 720 \text{ MPa}$$

$$\text{b) } d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi f}{\pi} \left[ \left( \frac{K_{FF} M_{sn}}{S_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{K_{TT} T}{\sigma_c} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$K_{FF} = 2 \cdot j \cdot nf = \pi$$

$$P = T \cdot V$$

$$50 = T_1 \cdot 2\pi \cdot \frac{900}{60} \cdot \frac{125 \times 10^3}{2}$$

$$d_{B_1} = m \cdot Z_{B_1}$$

$$d_{B_1} = 5 \cdot 25$$

$$d_{B_1} = 125 \text{ mm}$$

$$50 \cdot 736 = T_1 \cdot 2\pi \cdot \frac{900}{60} \cdot \frac{125 \times 10^3}{2}$$

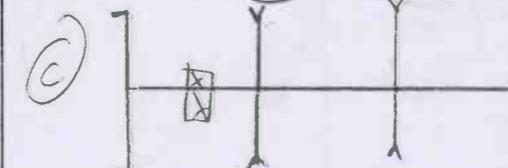
$$T_1 = 6247,36 \text{ N.m}$$

$$k_{TT} = 1,6$$

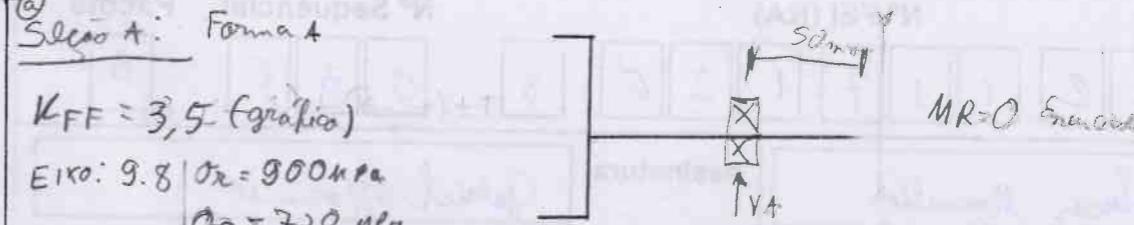
$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \left[ \frac{3}{4} \left( \frac{1,6 \cdot 6247,36 \times 10^3}{720} \right)^2 \right]$$

$$d \geq 72,73 \text{ mm}$$

$$\text{DIN 3: } d = 75 \text{ mm}$$



$$T_{R_2} = T_1 = 6247,36 \text{ N.m}$$



$$\text{d}_{pp} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot T}{\pi \cdot R_T \cdot G}}$$

$$P = T_{C_2} \cdot V$$

$$V = 2\pi \cdot \frac{n}{60} \cdot \frac{d_{C_1} \times 10^3}{2}$$

$$d_{C_1} = m \cdot Z_{C_1}$$

$$V_C = 1767 \text{ m/s}$$

$$d_{C_1} = 5 \cdot 75$$

$$d_{C_1} = 375 \text{ mm}$$

$$V = 2\pi \cdot \frac{900}{60} \cdot \frac{375 \times 10^3}{2}$$

$$50 \cdot 736 = T_C \cdot V_C$$

$$T_C = 2082,45 \text{ N.m}$$

$$d_{pp} = 49,50 \text{ mm}$$

$$\text{c) } P = T \cdot V$$

$$50 \cdot 736 = 4685,5 \cdot 2\pi \cdot n$$

$$n = 1,25 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	3,50	--
1	b) $d_{ASME}$	75	mm
1	c) $T_{R_2}$	6247,36	Nm
1	d) $d_{pp C_1}$	49,50	mm
1	e) $n_{P2}$	1,25	rpm

12.117126

036 B

Nome: Gabriel Lucas Marinello

Assinatura: Gabriel Marinello

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

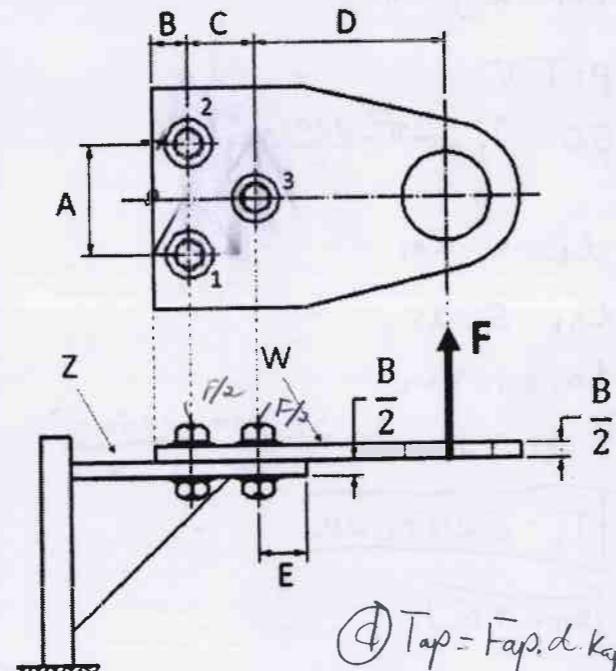
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

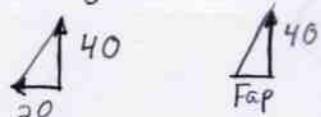


$$\textcircled{d} \quad T_{ap} = F_{ap} \cdot d \cdot k_{ap}$$

$$T_{ap} = 91 \times 10^3 \cdot 16 \times 10^{-3}$$

$$\textcircled{e} \quad T_{ap} = 291,2 \text{ Nm}$$

a) Paraf. 1 : Paraf. 2



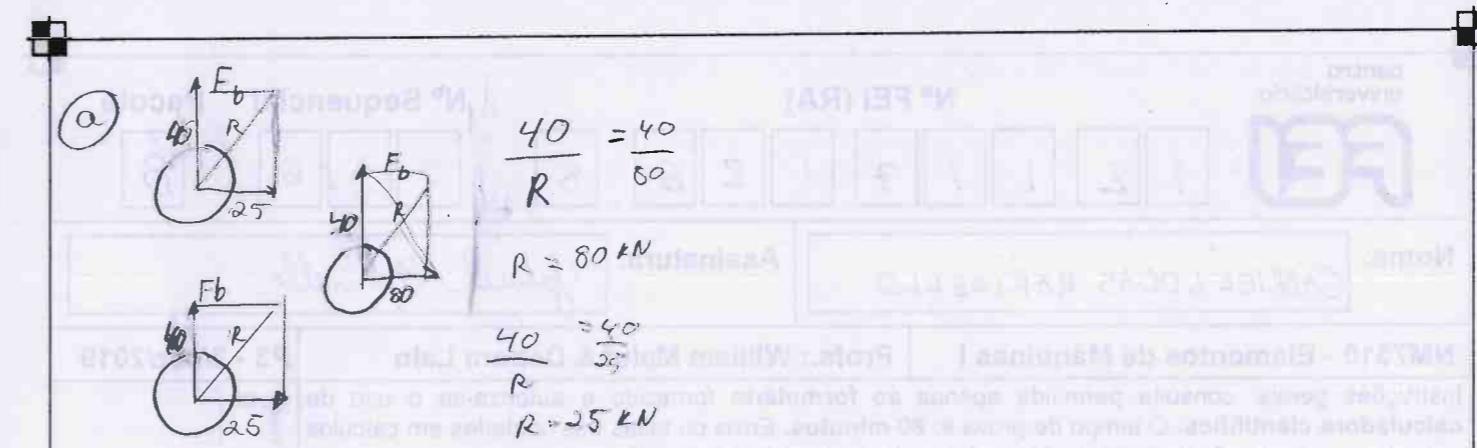
$$\textcircled{b} \quad \frac{F}{A_S} = n_p \sqrt{(1-C)} P_{max} \sqrt{1+48k_{ap}} \\ 0,95(1-2S_t)\sigma_e^2$$

$$C = \frac{k_p}{k_p + k_f} \therefore C = 0,30$$

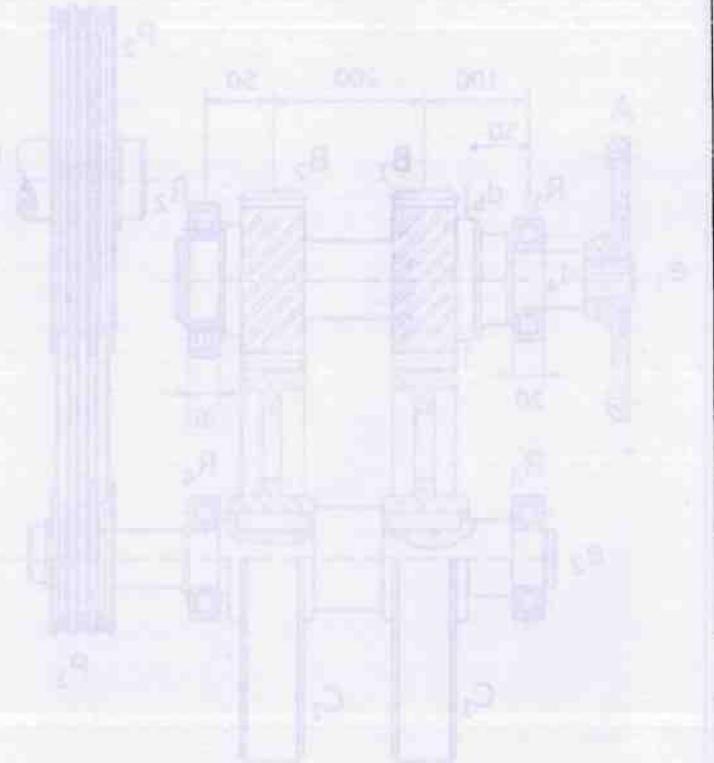
$$\sigma_e \approx 758 \text{ MPa}$$

$$F_{ap} = 102 \text{ kN} //$$

$$\textcircled{c} \quad C = 0,36$$



c) Nenhuma, pois a resultante do parafuso mais solicitado não depende da cota "A".



Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R3	kN
1	b)	102	kN
1	c)	0,30	--
1	d)	291,2	Nm
1	e)	0	%

Nome: Wilbur Chen

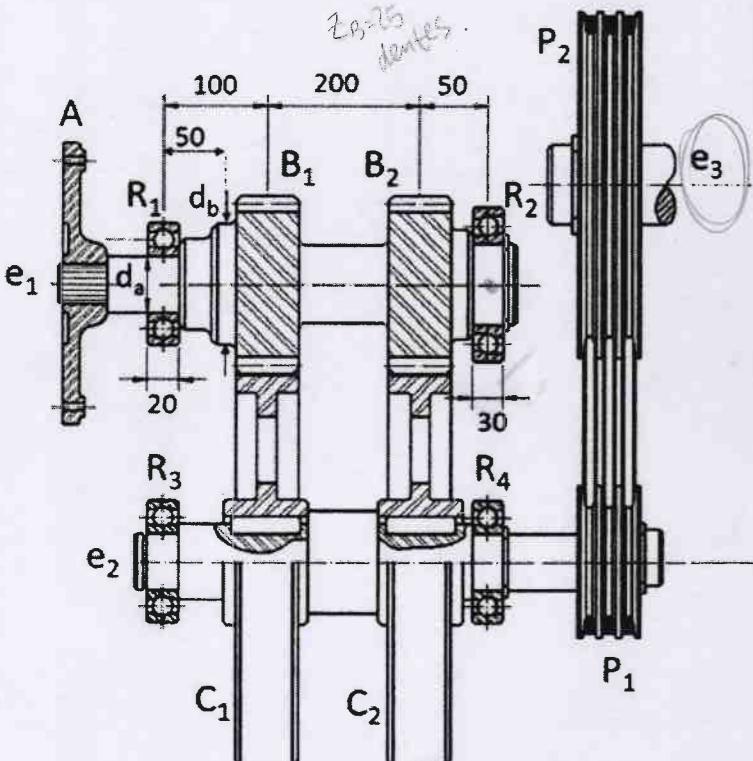
Assinatura: Wilbur Chen

NM7510 - Elementos de Máquinas I Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1, B_2, C_1, C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1, P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $n_f=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$m=5\text{ mm}$   $\alpha=15^\circ$   $\mu=0,1$  4 rolamentos adocamento

$Z_B=25$  dentes  $Z_C=75$  dentes aço 9.8  $r/d=0,05$

$G=81\text{ GPa}$   $P=50\text{ CV}$  900 rpm

$$736 \times 50 = T \cdot 2\pi \cdot 900 \quad T_A = 390,46\text{ Nmm}$$

$T_A = 390,46\text{ Nmm}$

$$800 - 2,1 \\ 900 - K_{ff} \rightarrow 2,2 \\ 1000 - 2,3$$

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{3}{2}$$

a)  $K_{ff1}$  adocamento = 2,2  
 $K_{ff2}$  maior = 2,4

b)  $K_{ff\text{comb}} = 2 \quad n_f = \pi$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{390,46}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1,390,46}{720}\right)^2} \quad \therefore d \geq 42,11\text{ mm}$$

para DIN 3  
43mm

c)  $M_a = 2771,92\text{ N}$

c)

d)  $R_T = 4,36 \cdot 10^{-5}\text{ rad/mm}$  relação de transmissão

e)  $T_3 = 4685,5\text{ Nm}$ . Rot2=?

$$736 \times 50 = 4685,5 \cdot \frac{50}{60}$$

$$n = 7500\text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	4,6	--
1	b) $d_{ASME}$	43	mm
1	c) $T_{R2}$		Nm
1	d) $d_{PC1}$		mm
1	e) $n_{P2}$	75000	rpm

1 2 1 1 7 1 4 1 . 7

3 7

Wilbur Chen

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $As=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $St=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $Kap=0,2$ .

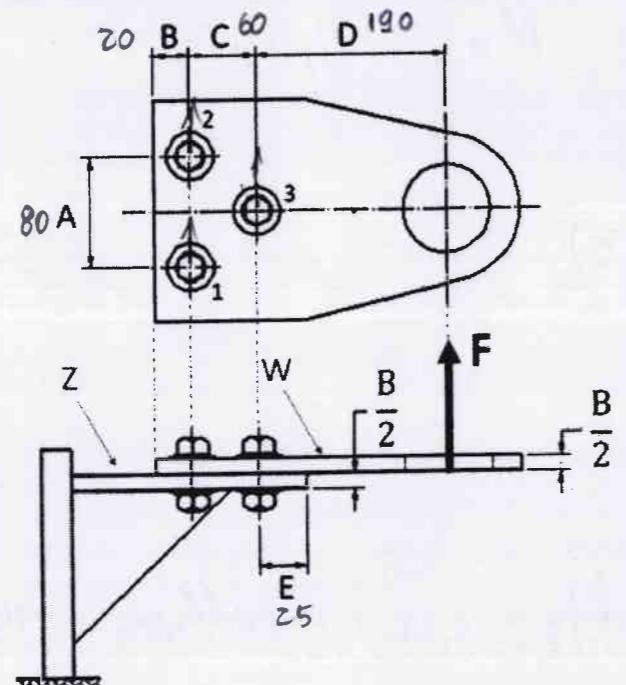
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço “ ” localizado na célula “R\_\_\_”.

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



M16x2 ( $d_3=13,546$  mm,  $As=157$  mm $^2$ ).  $St=0,05$  05%  $Kap=0,2$

$$b) \frac{As}{0,95(1-2,5\%)Se} \geq n_p(1-C) \cdot P_{max} / J_1 + 4Bk_p$$

$$C = \frac{858}{858+2000}$$

$$C = 0,3 \quad 157 > 2,3 \cdot (1-0,3) \cdot 37 \cdot 10^3 / J_1 + 480,2^2$$

$$Se = 758 \text{ MPa}$$

$$d) \text{classe 8.8 } \sigma_r = 800 \text{ MPa} \\ \sigma_e = 640 \text{ MPa} \\ S_n = 400 \text{ MPa}$$

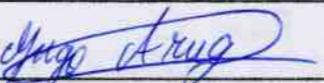
$$T_{ap} = F_{ap} \cdot d \cdot Kap$$

$$F_{ap} = \sigma = 63^\circ$$

e) reduz de metade

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 3	kN
1	b)	$F_{ens}$	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	$T_{ap}$	Nm
1	e)	Aumento ou redução	23 %

Nome: Hugo Aruga

Assinatura: 

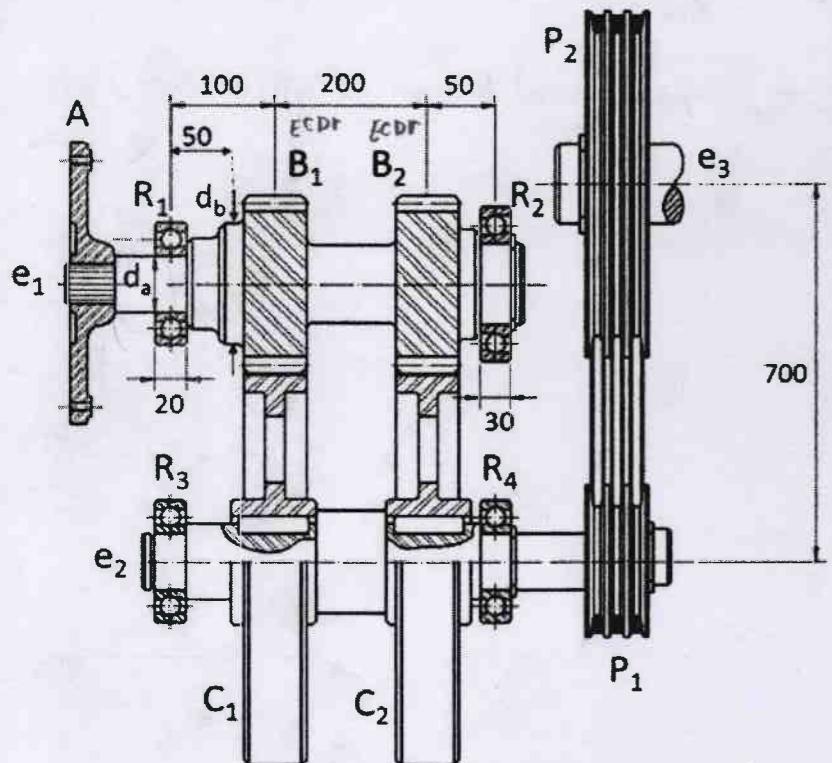
NM7510 - Elementos de Máquinas I Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

6,0

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".

b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.

c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.

d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.

e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

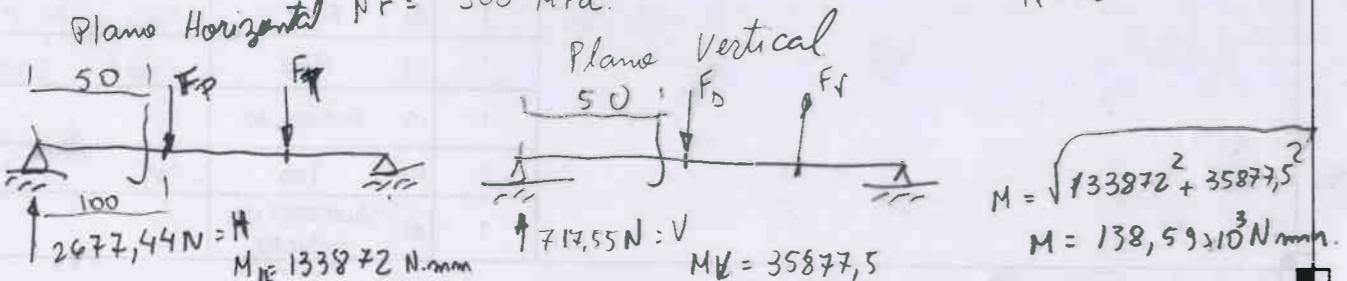
$$P = T \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot m \Rightarrow 50 \cdot 736 = T_A \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 900 \Rightarrow T_A = 390,46 \text{ N.m} \quad (390,46 \times 10^3 \text{ N.mm})$$

$$i = \frac{D}{d} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$T_1 = T_2$$

$$\text{Eixo Aço 9.8} \quad \sigma_c = 9+8 \times 10 \Rightarrow 720 \text{ MPa}$$

Plano Horizontal  $F_r = 300 \text{ MPa}$



$$K_{FF} = 1 + (K_{FFg} - 1) + (K_{FFp} - 1)$$

$$K_{FF} = 1 + (2,2 - 1) + (3,5 - 1) \Rightarrow K_{FF} \approx 4,7$$

$$D_C = 700$$

$$\theta = \pi - \frac{D-d}{dc}$$

$$\theta = \pi - \frac{D-d}{3d+D} \Rightarrow \theta =$$

$$390,46 \times 10^3 = F_t \cdot 5,25$$

$$F_t = 6,25 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_r = 1674,68 \text{ N}$$

$$b) \frac{T_2}{T_1} =$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot m_1}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 138,59 \times 10^3}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1 \cdot 1,171 \times 10^6}{720}\right)^2}$$

$$d \geq 46,34 \text{ mm}$$

$$d) d_{PP} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot T_{\max}}{\pi \cdot R_f \cdot G}} \Rightarrow d_{PP} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 390,46 \times 10^3}{\pi \cdot 4,36 \times 10^{-5} \cdot 81 \times 10^3}} \Rightarrow d_{PP} = 32,58 \text{ mm}$$

$$e) T_3 = 4685,5 \text{ N.m} \quad (4,6855 \times 10^6 \text{ N.mm})$$

$$d_C = 700 \text{ mm} \quad \frac{D - 3d + D}{d} \Rightarrow 700 = \frac{3d + D}{2} \Rightarrow 1400 = 3d + D \Rightarrow D = 1400 - 3d$$

$$\frac{D}{d} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Z_2}{Z_1} \Rightarrow \frac{T_2}{390,46 \times 10^3} = \frac{75}{25} \Rightarrow T_B = 1,171 \times 10^6 \text{ N.mm}$$

$$\theta_C = \frac{\pi - \frac{D-d}{dc}}{\sin(10)}$$

$$\theta = \pi - \frac{D-d}{dc} \Rightarrow \theta =$$

$$F_1 = \frac{2 \cdot 390,46 \times 10^3}{d \left[ 1 - \cos(-0,1 \cdot \theta_C) \right]} \Rightarrow F_1 = 933,88 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\theta_C = \frac{\pi - \frac{D-d}{dc}}{\sin\left(\frac{20}{2}\right)} \Rightarrow \theta_C =$$

$$F_2 = 152,96 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_p = 1,09 \times 10^6 \text{ N}$$

$$F_A = 21,44 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_1 = \frac{2 \cdot 390,46 \times 10^3}{d \left[ 1 - \cos(-0,1 \cdot \theta_C) \right]}$$

$$F_2 =$$

$$\sum M_{R_2} = 0 \Rightarrow$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	--
1	b) d <sub>ASME</sub>	46,34	mm
1	c) T <sub>R2</sub>		Nm
1	d) d <sub>PP C1</sub>	32,58	mm
1	e) n <sub>P2</sub>		rpm

12.117.201.9

038

Hugo Aruga

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546 \text{ mm}$ ;  $A_s=157 \text{ mm}^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

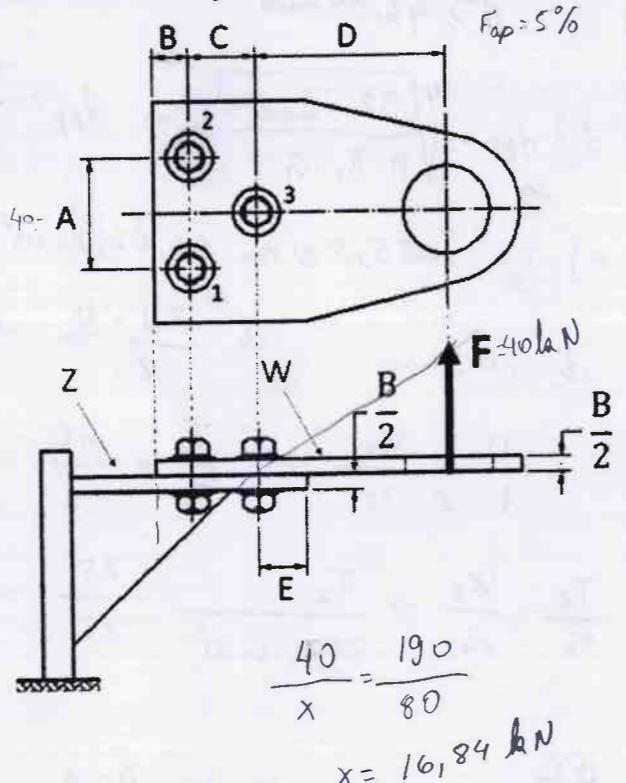
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40 \text{ kN}$ . No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858 \text{ kN/mm}$ ;  $k_f=2000 \text{ kN/mm}$ ;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37 \text{ kN}$ .

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$\frac{40}{x} = \frac{190}{80}$$

$$x = 16,84 \text{ kN}$$

b)  $\sqrt{\left(\frac{F_{ap}}{A_s}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{0,15 \cdot T_{ap}}{0,2 \cdot d_3^3}\right)^2} \leq \frac{\sigma_e}{n_{ap}}$   $T_{ap} = F_{ap} \cdot d \cdot K_{ap}$

$$A_s \geq \frac{n_p \cdot P_{max} \cdot C}{\sigma_e [1 - 0,95(1+48 \cdot K_{ap}^2)]^{0,5}} \Rightarrow 157 \geq \frac{2,3 \cdot 37 \cdot 10^3 \cdot 0,300}{\sigma_e [1 - 0,95(1+48 \cdot 0,2^2)]^{0,5}}$$

$$\sigma_e \geq 366,45 \text{ MPa}$$

$$F_{ens} = 59,7 \text{ kN}$$

$$\frac{\left(\frac{F_{ap}}{157}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 3,2 \cdot F_{ap}}{0,2 \cdot 13,546^3}\right)^2}{2,3} \leq 366,45$$

$$P_{max} \leq n_p \cdot K_{chapas} \cdot F_{ap}$$

$$F_{ap} \leq 18,82 \cdot 10^3 \text{ N}$$

d) classe 8.8

$$\begin{cases} \sigma_e = 8 \cdot 8 \cdot 10 \rightarrow 640 \text{ MPa} \\ \sigma_r = 800 \text{ MPa} \end{cases} \Rightarrow F_{ens} = 91,0 \text{ kN}$$

$$\frac{\left(\frac{F_{ap}}{157}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{3,2 \cdot F_{ap} \cdot 0,5}{0,2 \cdot 13,546^3}\right)^2}{2,3} \leq \frac{640}{2,3} \Rightarrow F_{ap} \leq 32,87 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$T_{ap} = 3,2 \cdot 32,87 \cdot 10^3 \Rightarrow T_{ap} = 105,2 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm} (105,2 \text{ Nm})$$

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 1	16,8 16,8
1	b)	Fens	59,7 59,7
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	105,2 105,2
1	e)	Aumento ou redução	2 %

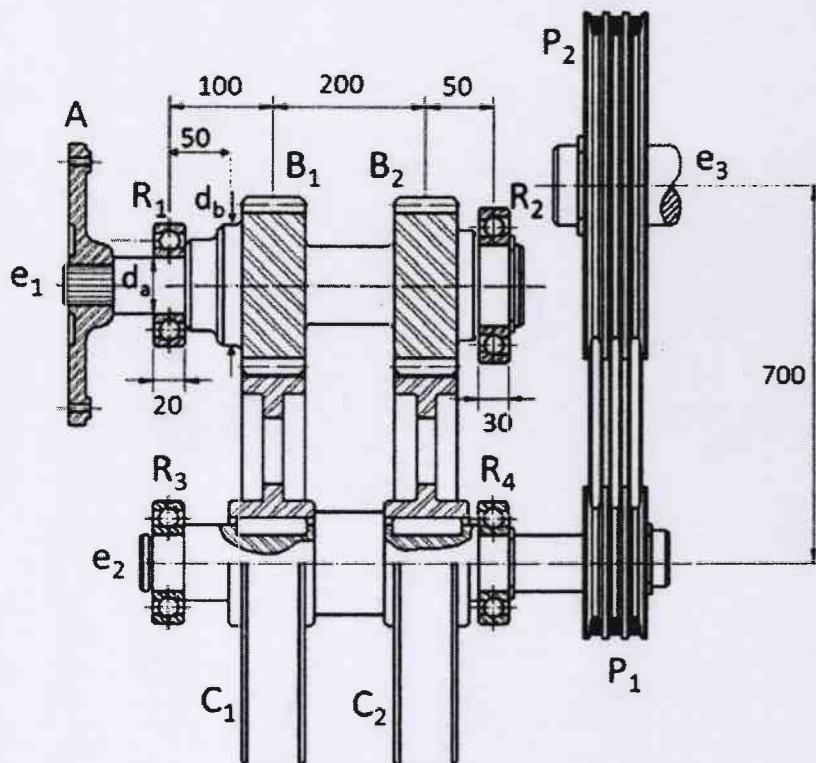
Nome: Bruno A. de Godoi

Assinatura: Bruno Godoi

NM7510 - Elementos de Máquinas I Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$b) \quad \frac{32\pi}{\text{IT}} \sqrt{\frac{2 \cdot 2677,44 + 3}{100}} \left( \frac{1,6 \cdot 717,55}{600} \right)$$

0,716,2 mm

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>		---
1	b) d <sub>ASME</sub>		mm
1	c) T <sub>R2</sub>		Nm
1	d) d <sub>PPC1</sub>		mm
1	e) n <sub>P2</sub>		rpm

Nome:

Bruno A de Gobbi

Assinatura:

Bruno Gobbi

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demostrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_T=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

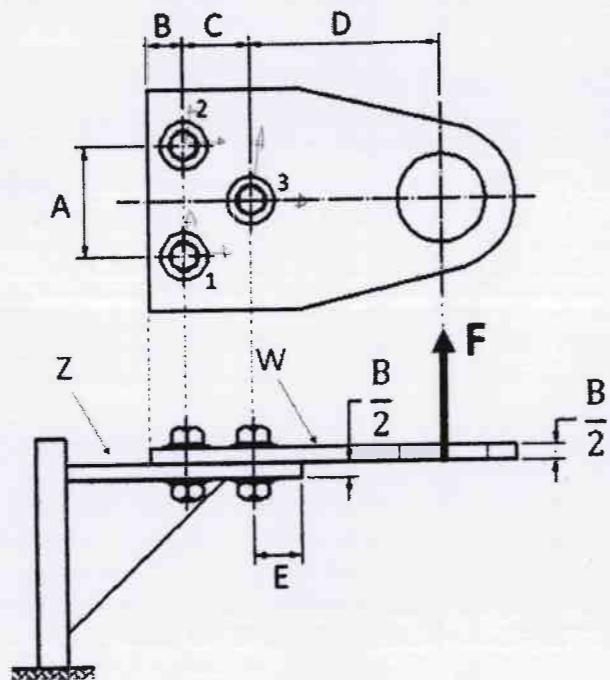
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R___	kN
1	b)	$F_{ens}$	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome:

Bárbara Silveira

Assinatura:

Bárbara

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_T=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

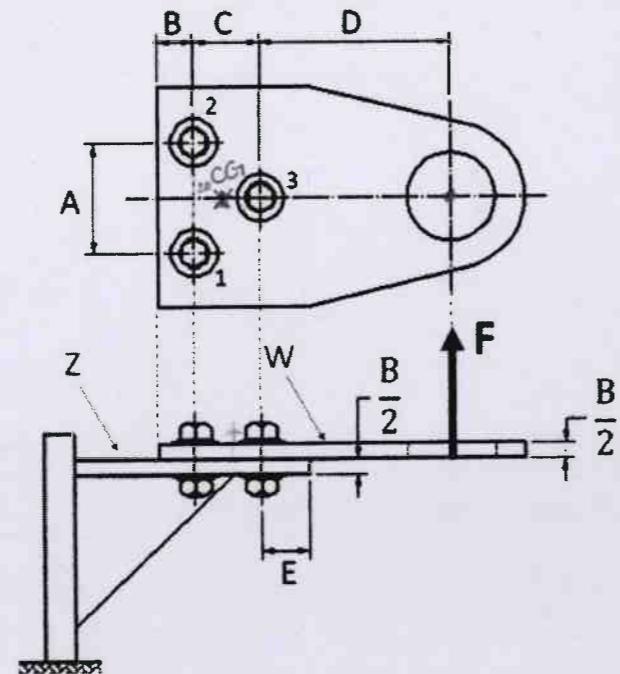
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$M_{eq} = 9200 \text{ Pa}$$

Q para fuso 1 e 2 são os mais solicitados. Adotado

$$r_i = \sqrt{20^2 + 40^2} = 44,72 \text{ mm}$$

$$F_{bi} = 73,47 \text{ kN}$$

$$k = \frac{9200}{5599,76 \cdot 10^6} = 1,64 \text{ MPa}$$

$$F_{bi} = 81,32 \text{ kN}$$

aumento de 10%

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R /	kN
1	b)	Fens	kN
1	c)	Relaxação	$K_{ap} = \frac{f_F}{f_S}$
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	aumento 10% %

1 2 1 1 7 2 6 1 3

0 4 0

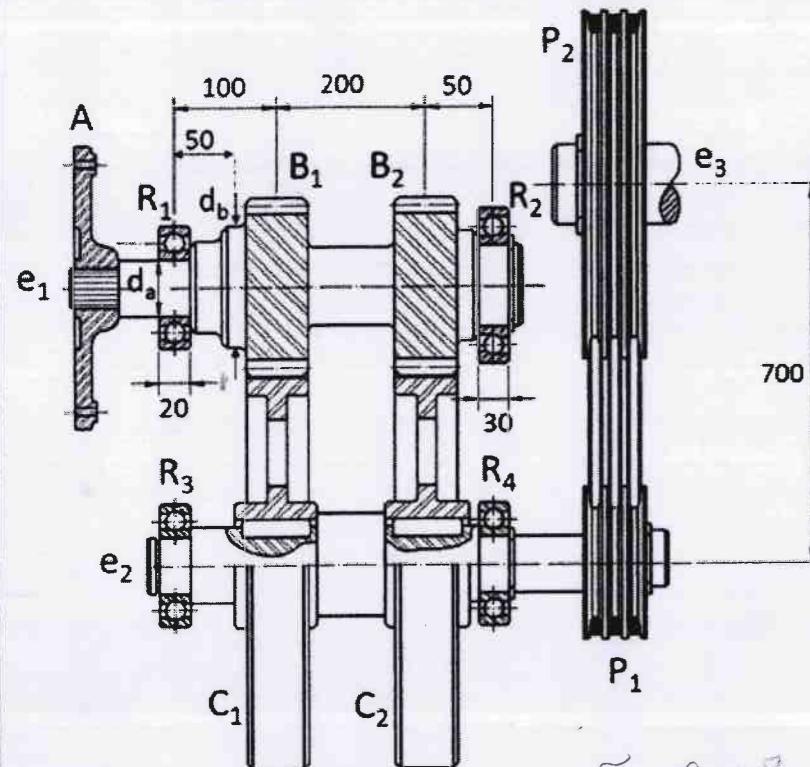
Nome: Baíbano Silve

Assinatura: M. Silve

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

 $S_n = 100 \text{ MPa}$   $G = 81 \text{ GPa}$  motor:  $P = 50 \text{ CV}$   $n = 900 \text{ rpm}$ 

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5 \text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100 \text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize  $G=81 \text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$\sigma_r = 900 \text{ MPa} \quad \sigma_e = 7200 \text{ MPa}$

$\textcircled{a} \quad K_{FF} = 3,5 \quad (\text{Forma A})$

$P = T \frac{\pi}{60} \quad T = 780,92 \text{ N.m}$

$\textcircled{e} \quad P = 50 \text{ CV} \quad T = 4685,5 \text{ Nm}$

$P = T \frac{\pi}{60} \text{ N.m}$

$n = 75,000$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	3,5	---
1	b) dASME		mm
1	c) TR <sub>2</sub>	780,92	Nm
1	d) d <sub>PPC1</sub>		mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

Nome: Douglas Santos de Oliveira

Assinatura: Douglas

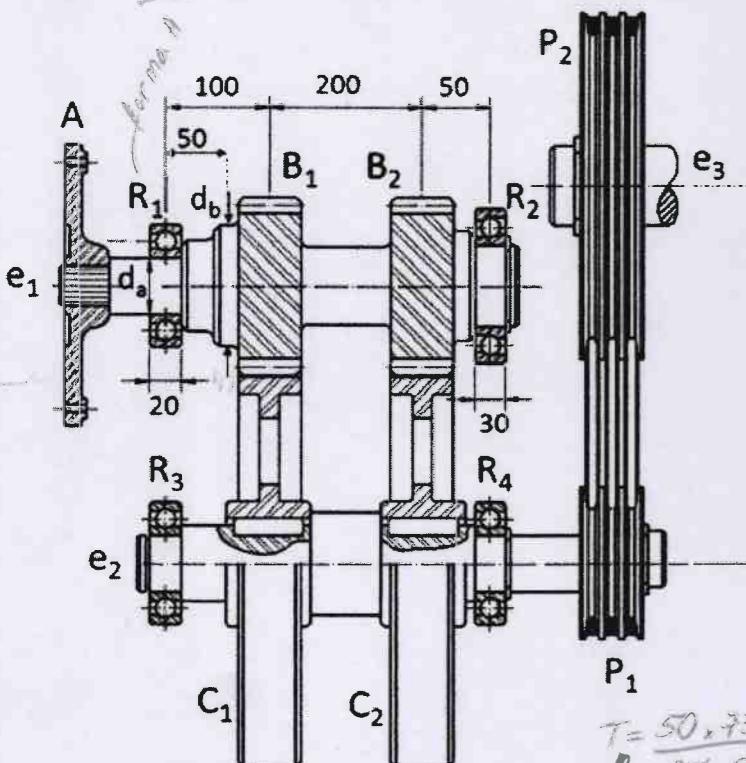
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$K_{FF,fix} = 3,5 \quad @ \tau_r = 900 \text{ MPa}$$

$$M_H = 40 \times 2677,44 \rightarrow 107097,6 \text{ N-mm}$$

$$M_V = 40 \times 717,55 \rightarrow 28700 \text{ N-mm}$$

$$K_{FF,geo} = 2,2$$

$$K_{FF,comb} = 1 + (2,5) + (1,2)$$

$$K_{FF,comb} = 4,7$$

interp.

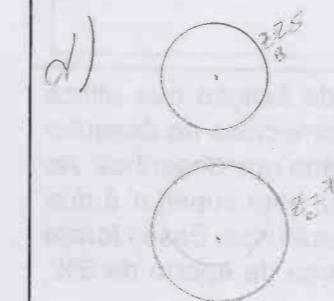
$$\frac{1000-800}{2,3-2,1} = \frac{1000-900}{2,3-1,7}$$

$$K_{FF,geo} = 2,2$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \sqrt{\left(\frac{100}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1 \cdot 390,5 \cdot 10^3}{720}\right)^2}}{720}$$

$$d = 41,7 \text{ mm} \rightarrow 42 \text{ mm}$$

$$c) T_{eixo} = T_{R2} = T_m = 390,5 \text{ Nm}$$

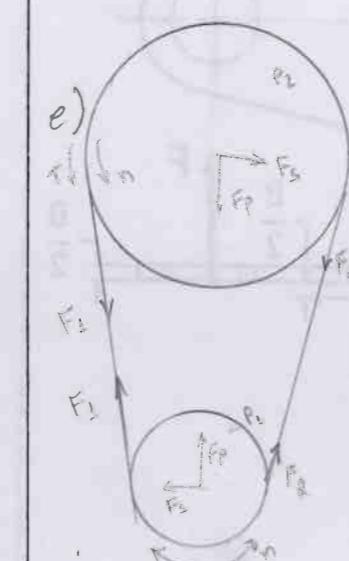


$$\frac{m_{Zc}}{m_{ZB}} = i = \frac{T_c}{T_b} \Rightarrow \frac{25}{25} \cdot 390,5 = T_c = 971,5 \text{ Nm}$$

$$T_c = \frac{d_{CDR,C1}}{2} \cdot F_p = \frac{d_{CDR,C1}}{2} = 0,375 \text{ m} = 375 \text{ mm}$$

$$d_{pp} = \sqrt[4]{32 \cdot T^4 / \pi R T G}$$

$$d_{pp} = 32,6 \text{ mm}$$



$$T_{e2} = 1171,5 \text{ Nm}$$

$$\frac{n_{el}}{n_{e2}} = \frac{T_{e2}}{T_{e3}} \rightarrow n_{el} = \frac{T_{e2} \cdot n_{e2}}{T_{e3}}$$

$$\frac{T_{e3}}{T_{e2}} = \frac{n_{e2}}{n_{e3}} = \frac{4685,5}{1171,5} \rightarrow n_{e3} = 75 \text{ rpm}$$

$$n_{e3} = n_{p_2} = 75 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	--
1	b) d <sub>ASME</sub>	42	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	390,5	Nm
1	d) d <sub>PP C1</sub>	32,6	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

1 2 . 1 1 7 . 3 4 4 . 7

0 4 1

Nome:

Augusto Santos de Oliveira

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere a um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_T=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

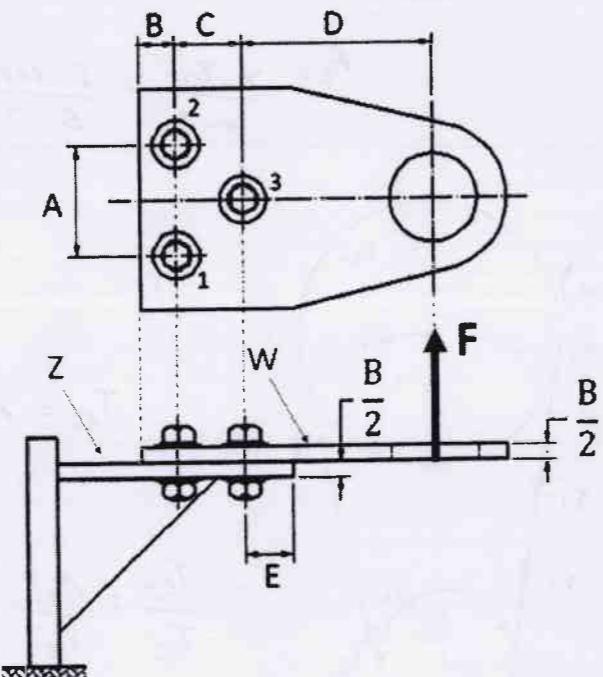
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço “ ” localizado na célula “R ”.

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



b)

$$157 \geq 2,3(1-0,3) \frac{P_{max} \sqrt{1+48,0,2^2}}{0,95(1-2,0,05) \sigma_e}$$

$$\therefore \sigma_e \approx 760 \text{ MPa}$$

$$c = \frac{k_p}{k_p + k_j} = \frac{858}{858 + 2000} = 0,30$$

IBA

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 3	KN
1	b)	Fens	KN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

1	2	7	7	9	3	6	4	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	4	2
---	---	---

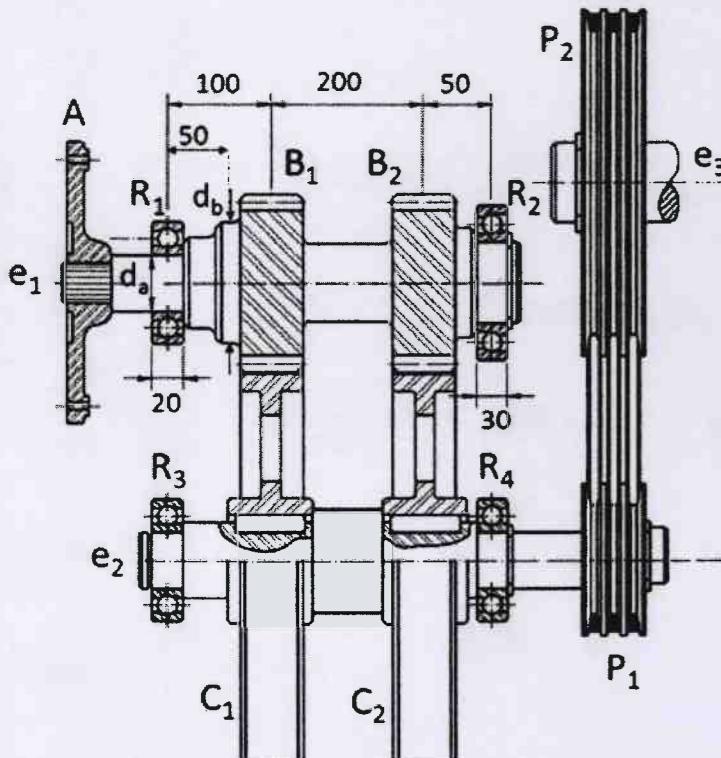
B

Nome: Leonardo S. Mitsuhashi Assinatura: L. S. Mitsuhashi

NM7510 - Elementos de Máquinas I Profs.: William Maluf & Debora Lalo P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos (e1->e3), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com m=5 mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de r/d=0,05. Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm S<sub>n</sub>=100 MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\text{a) Eixo 9.8: } \sigma_{\text{c}} = 720 \text{ MPa} \\ \sigma_{\text{r}} = 900 \text{ MPa}$$

$$\text{adap.: } r/d = 0,05 \quad \left\{ \begin{array}{l} K_{\text{FF}} = 2,2 \\ \sigma_r = 900 \text{ MPa} \end{array} \right.$$

$$K_{\text{FF,comb}} = 1 + (2,2-1) + (3,5-1) = 4,7$$

$$\text{rolam.: } \text{forma A} \quad J_r = 900 \text{ mm}^4 \quad \left\{ \begin{array}{l} K_{\text{FF}} = 3,5 \end{array} \right.$$

b)

$$50 \cdot 736 = T_e \cdot 2\pi \cdot \frac{900}{60} \quad T_e = 390,46 \text{ N.m}$$

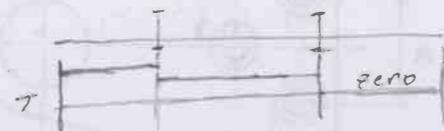
$$M_H = 2677,44 \cdot 50 = 133872 \text{ N.mm}$$

$$M_V = 717,55 \cdot 50 = 35877,5 \text{ N.mm} \quad M_R = 138596,2 \text{ N.mm}$$

$$d^3 \Rightarrow \frac{32 \cdot \pi}{100} \cdot \left( \frac{2 \cdot 138596,2}{100} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left( \frac{1 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{720} \right)^2$$

$$\therefore d \approx 44,81 \text{ mm} \quad \text{DIN}^3 \quad d = 45 \text{ mm}$$

c)



$$T_{R2} = \text{zero!}$$

d)

$$i = \frac{75}{25} = 3 \Rightarrow T_{e2} = 390,46 \cdot 3 = 1171,38 \text{ N.m}$$

$$d_{PP} = \sqrt{\frac{32 \cdot 1171,38 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^8}} \quad d_{PP} = 42,87 \text{ mm}$$

e)

Sistema sem perdas  $\therefore P_{e1} = P_{e3}$

$$50 \cdot 736 = 4685,5 \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{60} \quad n = 75 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	—
1	b) dASME	45	mm
1	c) TR <sub>2</sub>	Zero	Nm
1	d) d <sub>PP</sub> C <sub>1</sub>	42,87	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

12.177.364.5

042

Nome:

Leonardo S. Mitsugui

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

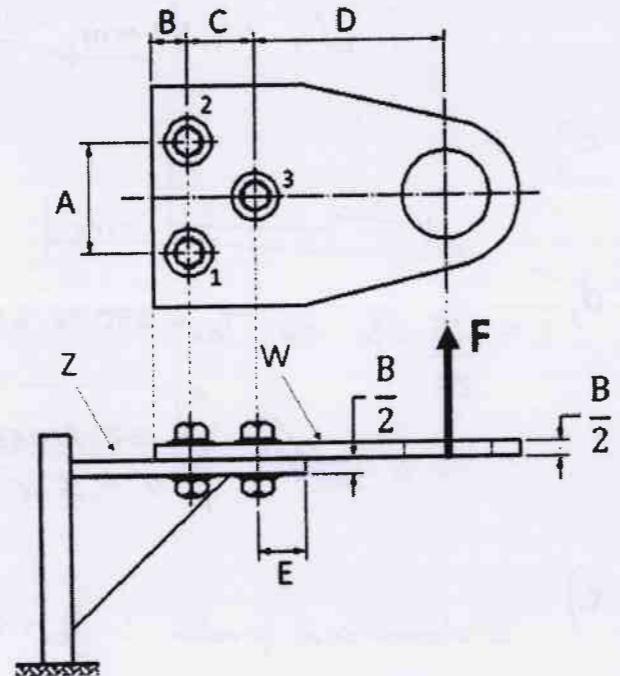
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



b)

$$c = \frac{858}{858 + 2000} = 0,31$$

$$15+2 \cdot 2,5 (1-0,31) \cdot 37 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{1+48 \cdot 0,2^2}$$

$$0,95 \cdot (1-2 \cdot 0,05) 5e$$

$$0,824 \cdot 26 \text{ MPa} \therefore \text{classe } 10.9 \therefore F_{ens} = 130 \text{ kN}$$

$$\sigma_e = 900 \text{ MPa}$$

c)

$$d) \text{classe } 8.8: \sigma_c = 640 \text{ MPa} \quad \text{se apertado até escoamento}$$

$$\sigma_t = 800 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ap} = \sigma_e \cdot 2,3 = 640 = \frac{F_{ap}}{157} \therefore F_{ap} = 100,48 \text{ kN}$$

$$T_{ap} = 100,48 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \therefore T_{ap} = 321,54 \text{ N.m}$$

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R	R___	kN
1	b) $F_{ens}$	130	kN
1	c) Relaxação		---
1	d) $T_{ap}$	321,54	Nm
1	e) Aumento ou redução		%

Nome:

Renato Dantes Facirolli F<sup>2</sup>

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_s=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

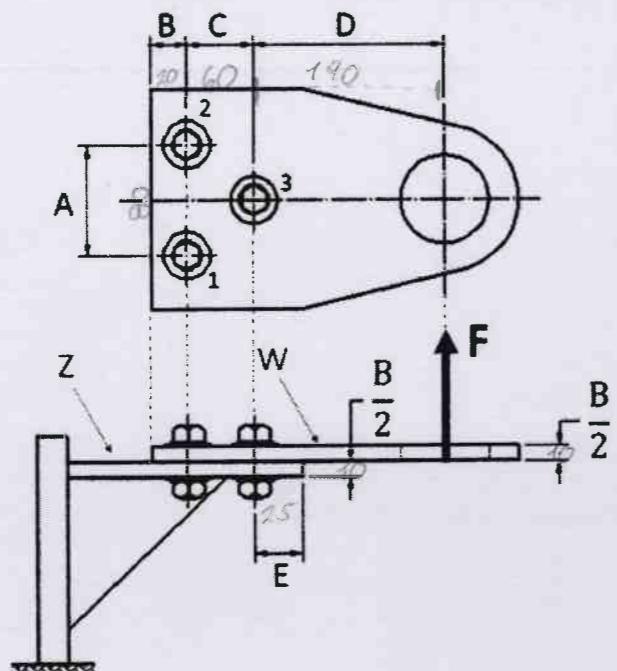
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando F=40 kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



a)  $F = 40 \text{ kN}$

$$\frac{40}{80} = \frac{x}{20}$$

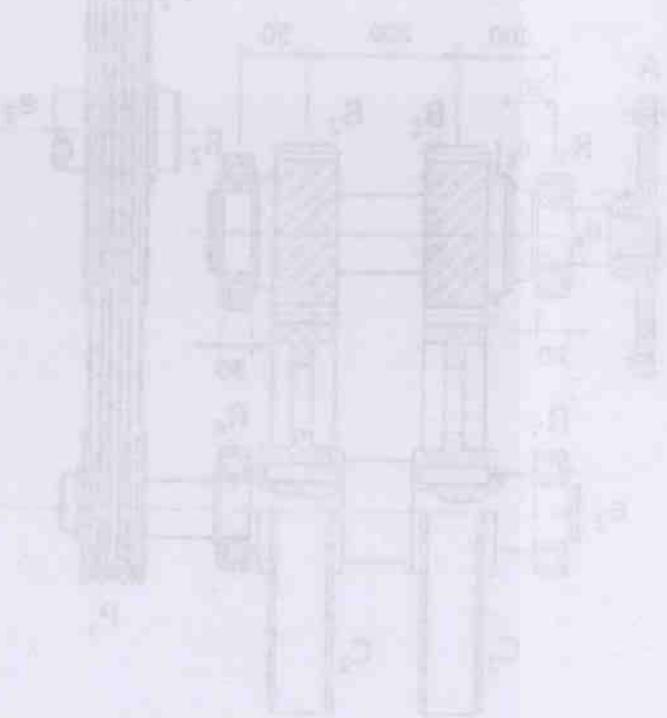
$$x = 11,85 \text{ kN}$$

d) Classe 8.8  $\rightarrow T_c = 640 \text{ MPa}$   
 $T_r = 800 \text{ MPa}$

$$T_c = \frac{F_{AP}}{A}$$

$$F_{AP} = 640 \cdot 157 \Rightarrow F_{AP} = 100480 \text{ N} \Rightarrow T_{AP} = 100480 \cdot 16 \cdot 0,2$$

$$T_{AP} = 321.536 \text{ N} \cdot \text{mm}$$



Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R <sub>3</sub>	11,85	kN
1	b) Fens		kN
1	c) Relaxação		---
1	d) Tap	321,54	Nm
1	e) Aumento ou redução	20	%

Nome: *Renato Dantes Facarolli F*Assinatura: *Renato*

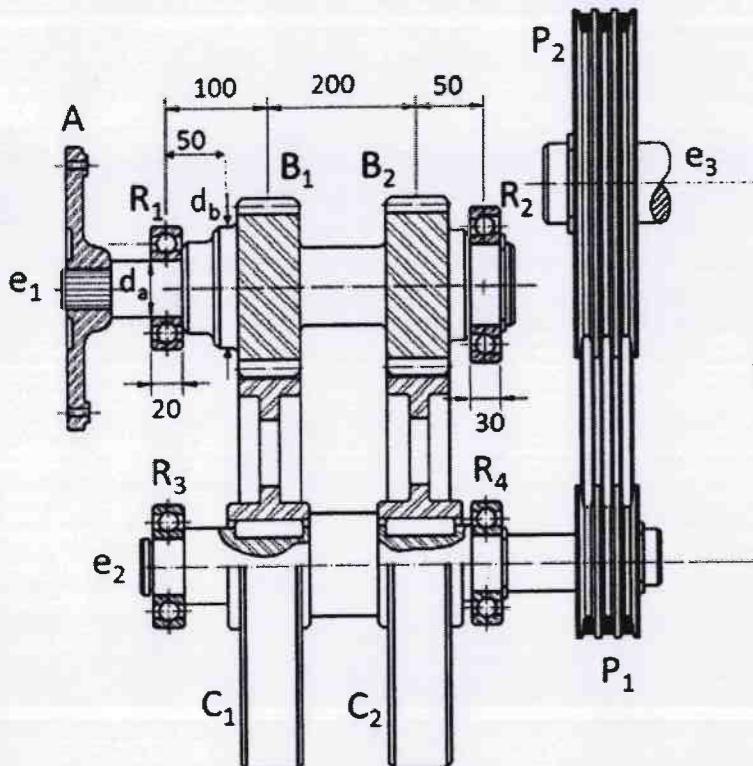
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

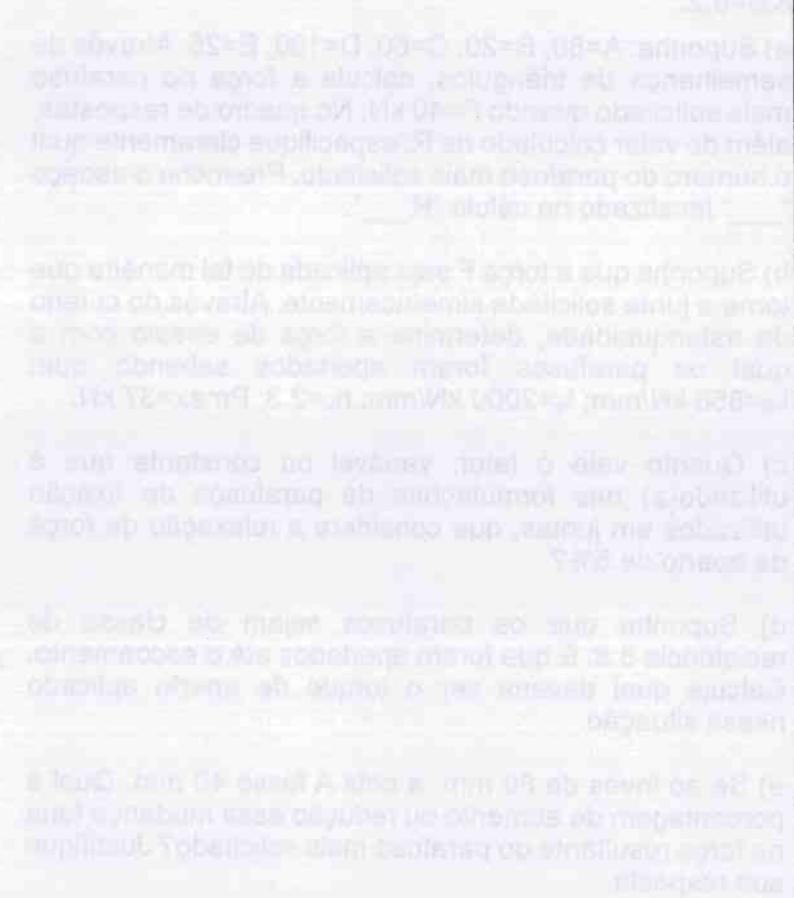
$$c) 50\text{ CV} = 50 \cdot 736\text{ W}$$

$$P_{el} = 36.800\text{ W} > P = T \frac{2\pi}{60} \cdot n \quad T = \frac{36.800 \cdot 60}{900 \cdot 2\pi}$$

$$T_2 = 390,46\text{ N.m}$$

$$e) \frac{T_2}{T_3} = \frac{n_2}{n_3} \Rightarrow \frac{390,46}{4685,5} = \frac{x}{900}$$

$$x = 75\text{ rpm}$$



Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	$K_{FF}$	---
1	b)	$d_{ASME}$	mm
1	c)	$TR_2$	Nm
1	d)	$d_{PC1}$	mm
1	e)	$n_{P2}$	rpm

Nº FEI (RA)

1	2	1	1	8	4	2	9	.5	4	4	B
---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

Nº Sequencial

Pacote

Nome: Gabriel Rodrigues Fagundes

Assinatura: Gabriel R.

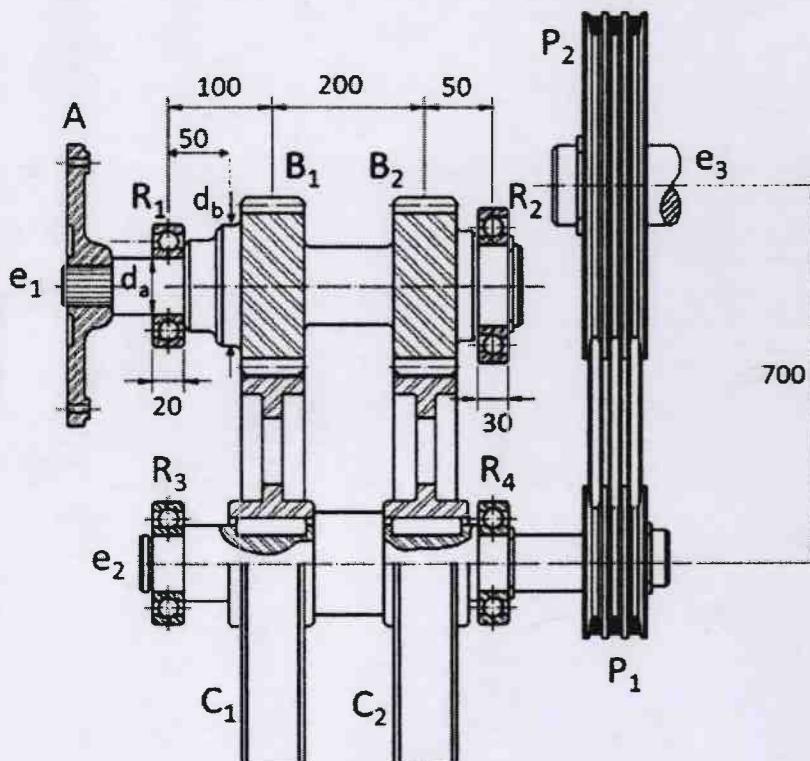
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:

a)  $R_1$  forma A $r/d = 0,05$ 

Aço CR 9.8

 $\sigma_r = 720\text{ MPa}$ 

$$K_{FF} = 1 + (K_{FF,fix} - 1) + (K_{FF,geo} - 1)$$

$$K_{FF} = 1 + (2,3 - 1) + (2,1 - 1)$$

$$K_{FF} = 3,4$$

$$K_{FF,fix} = 2,3$$

$$K_{FF,geo} = 2,1$$

Nota:

$$b) K_{FF} = 2 \quad \text{DIN 3}$$

$$n_f = \pi$$

$$R_1: H_1 = 2677,44\text{ N}$$

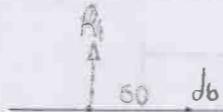
$$V_1 = 717,55\text{ N}$$

$$T_1 = \frac{50 \cdot 736}{2\pi \cdot 900} = 390,5\text{ N.m}$$

$$S_n = 100\text{ MPa}$$

$$M_{H1} = 717,55 \cdot 50 = 35877,5\text{ N.m}$$

$$M_{V1} = 2677,44 \cdot 50 = 133872\text{ N.m}$$



$$M_1 = 138596,2\text{ N.m}$$

$$d \geq \frac{32\pi}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{3,4 \cdot 138596,2}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1 \cdot 390,5}{720}\right)^2} = 53,3\text{ mm} \rightarrow d = 55\text{ mm}$$

$$c) T_2 = \frac{50 \cdot 736}{2\pi \cdot 900} = 390,5\text{ N.m}$$

$$d) n_3 = n_1 \cdot \frac{25}{75}$$

$$n_3 = 900 \cdot \frac{25}{75} = 300\text{ rpm}$$

$$T_3 = \frac{P}{W_3}$$

$$4685,5 = \frac{50 \cdot 736}{2\pi \cdot n_2}$$

$$n_2 = 75\text{ rpm}$$

$$e) d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 32 \cdot 1171,4 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}} = 42,9\text{ mm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	3,4	--
1	b) $d_{ASME}$	55	mm
1	c) $T_{R2}$	390,5	Nm
1	d) $d_{PC1}$	42,9	mm
1	e) $n_{P2}$	75	rpm

1 2 1 1 8 4 2 9 . 5

4 4 B

Nome: Gabriel Rodrigues Fagundes

Assinatura: Gabriel R.

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_T=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

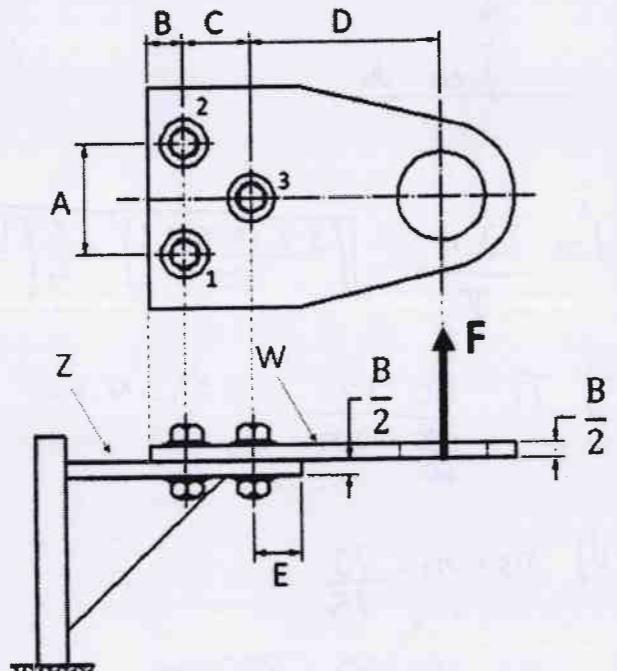
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$b) 157 \geq \frac{2,3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 37 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{1 + 48 \cdot 0,2^2}}{0,95 \cdot (1 - 2 \cdot 0,05)} \quad \text{Te} \geq 758,32 \text{ MPa}$$

$$F_{ens} < 758,3$$

A

$$F_{ens} < 39,7 \text{ kN}$$

$$c) k_p = \frac{157 \cdot 80 \cdot 10^3}{4} \quad k_j = 157 \cdot 80 \cdot 10^3$$

d)

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R ___	kN
1	b)	F <sub>ens</sub>	39,7
1	c)	Relaxação	0,3
1	d)	T <sub>ap</sub>	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

1 2 1 1 8 4 4 0 . 2

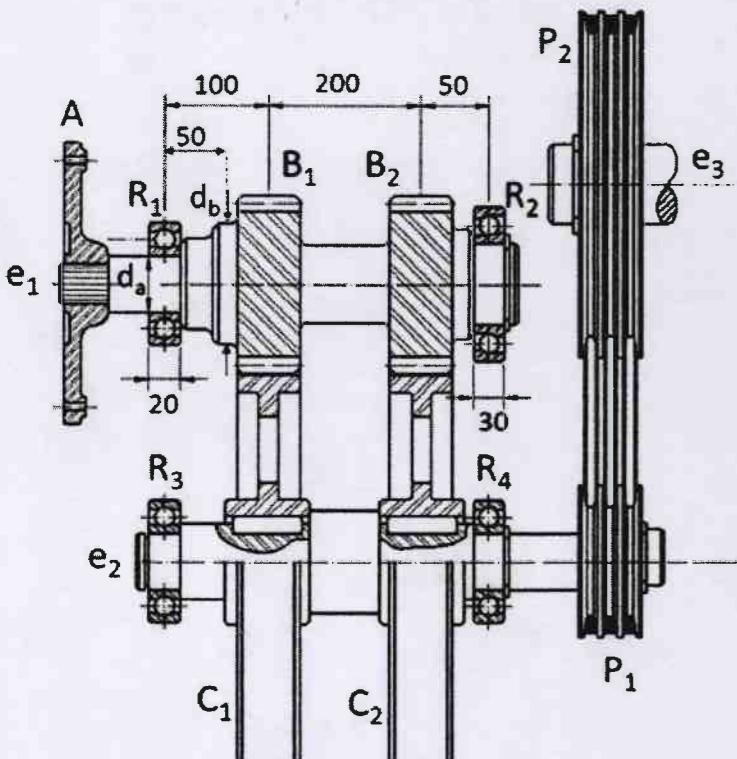
4 5 B

Nome: Caio Henrique Rodrigues

Assinatura:

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1, B_2, C_1, C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1, P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$P_A = 50 \cdot 736 = T_{R1} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot 900$$

60

$$T_{R1} = 390,46 \text{ N.m}$$

a) eixo aço 9.8  $\begin{cases} G_r = 900 \text{ MPa} \\ G_e = 720 \text{ MPa} \end{cases}$   $K_{FF, \text{comb}} = 1 + (3,5 - 1) + (2,2 - 1)$

$$K_{FF, \text{pix}} = 3,5$$

$$K_{FF, \text{geo}} = 2,2 \text{ (interpolado)}$$

$$K_{FF, \text{comb}} = 9,7$$

b)  $M_{PA} = 2677,44 \cdot 50 = 133872 \text{ N.m}$

$$M_R = \sqrt{M_{PA}^2 + M_{PV}^2}$$

$$M_{PV} = 717,55 \cdot 50 = 35877,5 \text{ N.m}$$

$$M_R = 138596,20 \text{ N.m}$$

$$d \geq 32 \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 138596,2}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{16 \cdot 390,96 \cdot 10^3}{720}\right)^2}$$

$$d \geq 45,13 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow d = 46 \text{ mm norm.}$$

c)  $|T_{R1}| = \bar{T}_{R2}$

$$d_{PP} = \sqrt{\frac{32 \cdot 117138 \cdot 10^3}{\pi \cdot 436 \cdot 10^5 \cdot 81 \cdot 10^3}} = \frac{75}{25} = \frac{\bar{T}_{C1}}{\bar{T}_{B1}} = \frac{\bar{T}_{C1}}{\bar{T}_{R1}} \Rightarrow \bar{T}_{C1} = 117138 \text{ N.m}$$

$$d_{PP} = 42,87$$

e)  $50 \cdot 736 = T_3 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot m$

$$4685,5$$

60

$$n = 75 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	9,7	---
1	b) $d_{ASME}$	46	mm
1	c) $T_{R2}$	390,46	Nm
1	d) $d_{PP, C1}$	42,87	mm
1	e) $n_{P2}$	75	rpm

1 2 . 1 1 8 . 4 9 0 . 2

4 5

Nome:

Cato Henrique Rodrigues

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

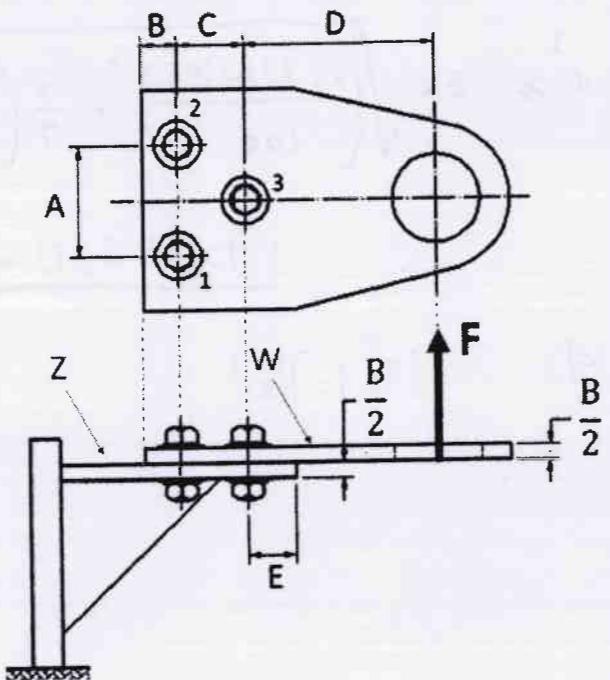
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$b) 157 \geq \frac{2,3 (1 - 0,3) \cdot 37 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{1 + 49 \cdot (0,2)^2}}{0,95 (1 - 2 \cdot 0,05) \cdot 4e}$$

$$C = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

$$4e \geq 758,32 \text{ MPa}$$

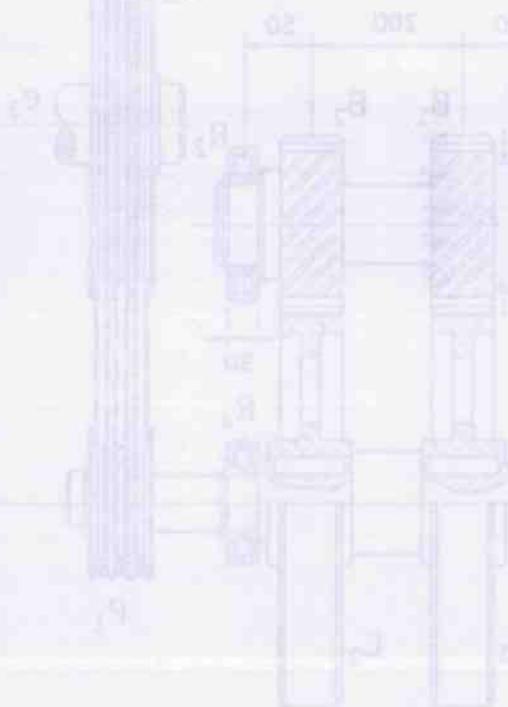
$$F_{ens} = 130 \text{ kN}$$

$$d) 4e = 8 \cdot 8 \cdot 10 = 640 \text{ MPa}$$

$$F_{ens} = 91 \text{ kN}$$

$$T_{ap} = F_{ap} \cdot 16 \cdot 0,2 = 3,2 F_{ap}$$

$$T_{ap} = 3,2 \cdot 91 = 291200$$



Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 3	kN
1	b)	F <sub>ens</sub>	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	T <sub>ap</sub>	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: *Vitor Gabriel Oliveira dos Santos*Assinatura: *[Signature]*

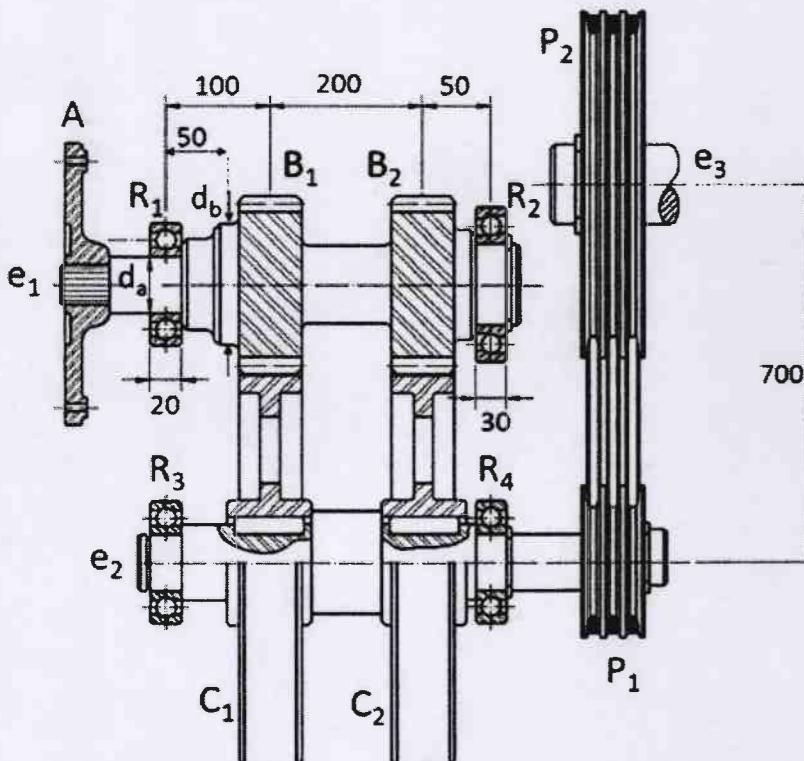
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$*P = T \cdot \omega$$

$$50 \cdot 736 = 1 \cdot 2\pi \cdot 900$$

60

$$T = 390,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$(e) P = T \cdot \omega$$

$$*F_t = \frac{2 \cdot T}{m \cdot Z_B} = \frac{2 \cdot 390,5}{5 \cdot 10^3 \cdot 25} = 6248 \text{ N}$$

$$*F_r = 6248 \cdot \gamma_f(15^\circ) = 1674,15 \text{ N}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	K <sub>FF</sub>	--
1	b)	dASME	mm
1	c)	TR <sub>2</sub>	Nm
1	d)	d <sub>PPC1</sub>	mm
1	e)	n <sub>P2</sub>	rpm

Nome:

Victor Gabriel Okuiama dos Santos

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_s=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

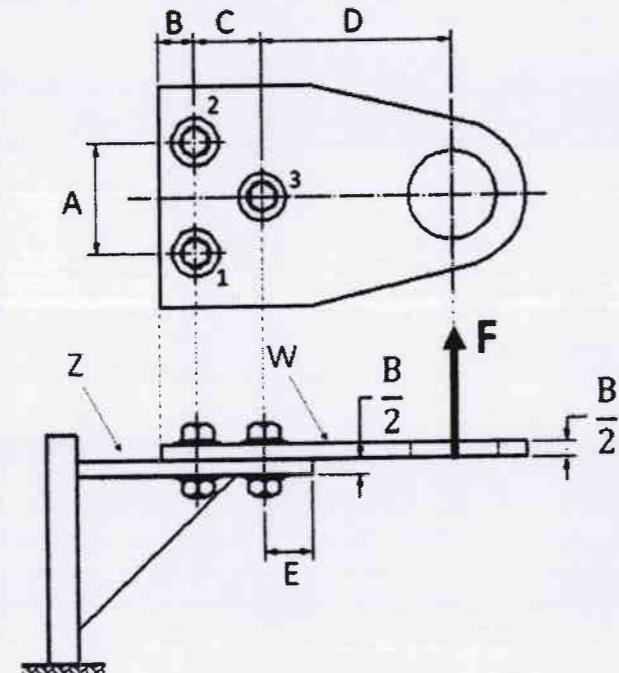
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R ___	kN
1	b)	$F_{ens}$	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nº FEI (RA)

1 2 1 1 8 8 1 6 3 0 4 9 B

**Nome:** José Tadeu Chechi

**Assinatura:** 

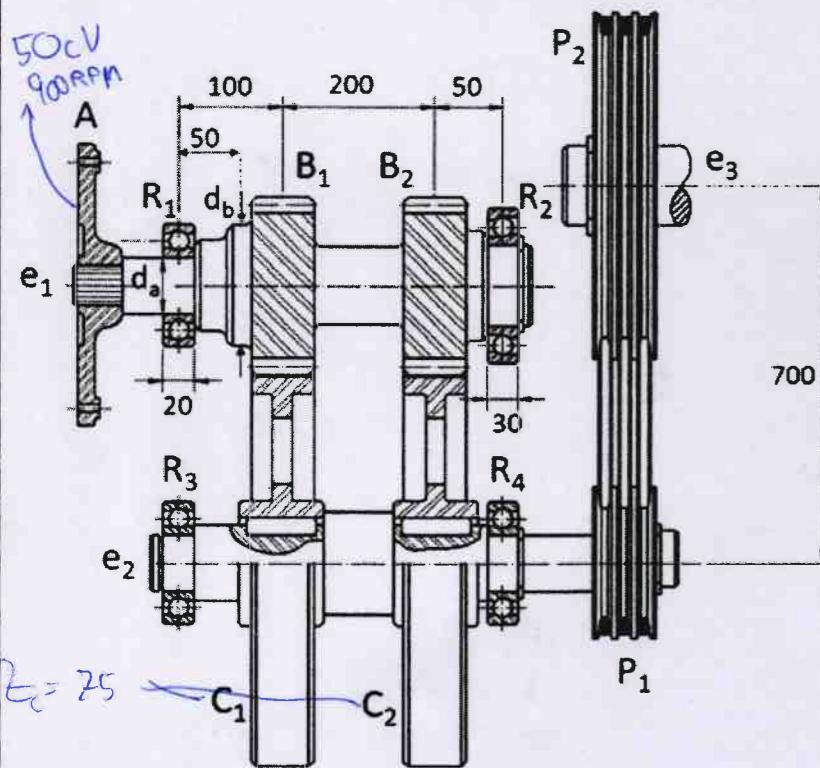
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e1 \rightarrow e3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



$$M=5 \text{ mNm} \quad \alpha = 15^\circ$$

Correia Perfil A = 0,1 a)  $5r = 100 \cdot 9 = 900 \text{ MPa}$

$$50CV = 36800W$$

$$36800 = T\left(\frac{2\pi}{60}, 900\right)$$

$$T = 390,46 \text{ Nm}$$

$$r/d = 0,05 \Rightarrow 2,2$$

$$k_{FF}^{\text{combinado}} = 1 + (3,5-1) + (2,2-1)$$

$$KFF_{combinado} = 4,7$$

$$b) \text{ ASME: } d^3 \geq \frac{32 n_f}{\pi} \sqrt{\left( \frac{K_{ff, Max}}{S_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{K_{tt, Th}}{\sigma_c} \right)^2} \quad \sigma_c = 9.8 \cdot 10^3 = 720 \text{ MPa}$$

$$M_H = \frac{26774}{26677+1,0,05} = 13387 \text{ Nm} \quad M_a = \sqrt{(35,877)^2 + (133,87)^2}$$

$$M_V = 717,55 \cdot 0,05 = 35,8775 \text{ Nm} \quad M_a = 138,59 \text{ Nm}$$

$$d^3 \geq \frac{32x}{x} \cdot \sqrt{\frac{(2 \cdot 138,59 \cdot 10^3)^2}{100} + \frac{3}{4} \left( \frac{1 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{720} \right)^2}$$

37 89961, 82

$$d > 44.81 \text{ mm} \Rightarrow \text{Por din 3} \Rightarrow 45 \text{ mm}$$

q

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 T_{max}}{\pi \cdot R \cdot G}} \Rightarrow d = \sqrt[4]{\frac{321171,38 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81,10^3}} \Rightarrow d = 128,62 \text{ mm}$$

$$\frac{239046}{5.25} = \frac{2T_2}{8.75} \Rightarrow T_2 = 177138 \text{ Nm}$$

eπ46855N

Quadro de respostas para a questão 1				
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	---	
1	b) d <sub>ASME</sub>	45	mm	
1	c) T <sub>R2</sub>	<del>128,62</del> 30,46	Nm	
1	d) d <sub>PPC1</sub>	128,62	mm	
1	e) n <sub>P2</sub>		rpm	

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_s=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

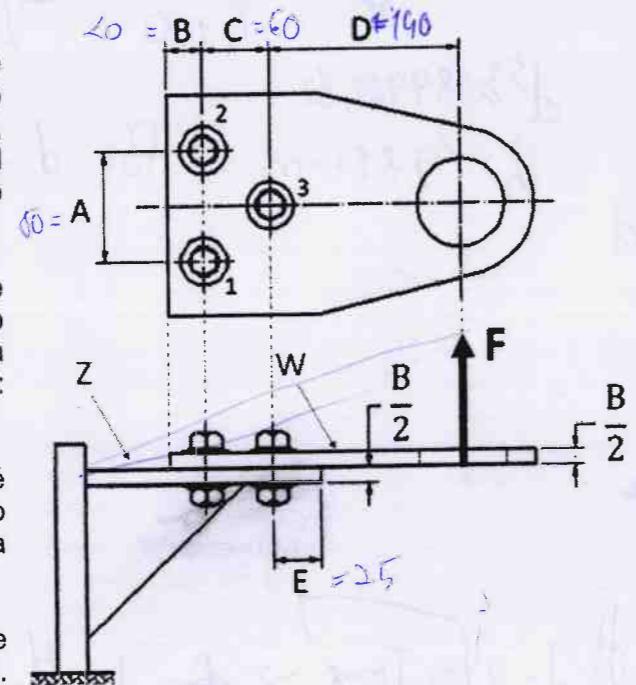
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



As 7

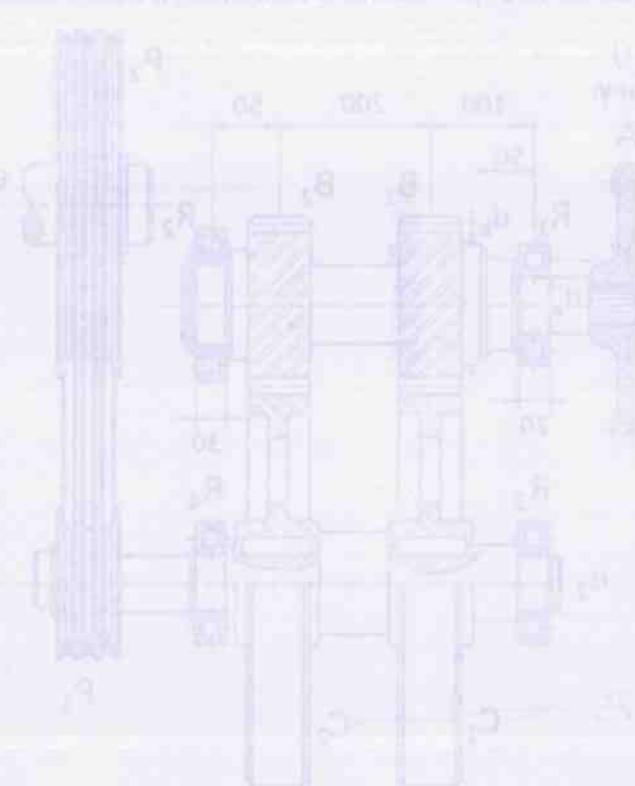
$$0 = 401250 - F_3 \cdot 60$$

$$F_3 = 166,67 \text{ kN}$$

$$F_{ens} \geq 2,3 (1-0,05) \cdot 37 \cdot \sqrt{1+48/10,2^2}$$

$$0,95 (1-2,05)$$

$$F_{ens} \geq \cancel{0,95} \cdot \cancel{46} \quad 161,58 \text{ kN}$$



Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R	3	kN
1	b) $F_{ens}$	161,58	kN
1	c) Relaxação	0,95	---
1	d) Tap		Nm
1	e) Aumento ou redução		%

1	2	1	1	8	8	2	3	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

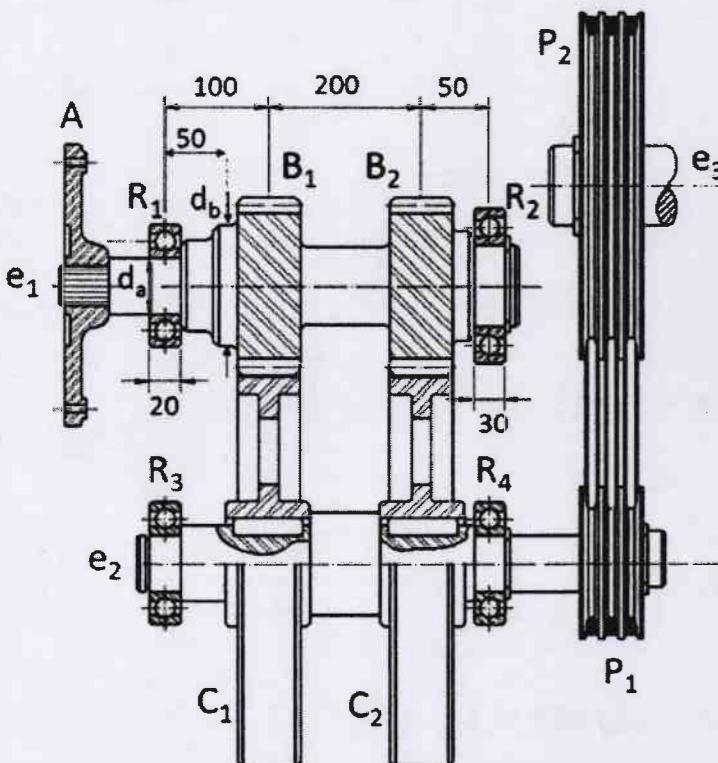
0	5	0
---	---	---

B
---

Nome: **LUCAS VASCONCELOS BARBOSA**Assinatura: **LUCAS**

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adotamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



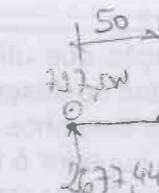
- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C1. Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\text{a)} K_{FF_A} = K_{FF} (K_{FF}-1) \dots \Rightarrow K_{FF} \Rightarrow \text{fazendo entre } 1,2 \text{ e } 1,6$$

$$\begin{aligned} \delta_R &= 900 \text{ MPa} \\ \delta_e &= 720 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\therefore K_{FF_{da}} = 1,4$$

b)



$$M_H = 50 \cdot 2677,44$$

$$M_V = 717,55 \cdot 50$$

$$M_H = 133872 \text{ Nmm}$$

$$M_V = 35877,5 \text{ Nmm}$$

$$M = \sqrt{M_H^2 + M_V^2}$$

$$M = \sqrt{133872^2 + 35877,5^2}$$

$$K_{FF} = 2$$

$$n_f = \pi$$

$$M = 138596,2027 \text{ Nmm}$$

dB

$$\Rightarrow d^3 \geq \frac{32 n_f}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_{FF} \cdot M_a}{S_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{K_{FF} \cdot T_m}{R \cdot \pi}\right)^2}$$

$$\bullet P = T \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} \Rightarrow T = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{50.736,60}{2\pi \cdot 900} \Rightarrow T = 390,46 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

$$d^3 \geq \frac{32 \pi}{\pi} \cdot \sqrt{\left(2 \cdot 138596,2027\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{19 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{720}\right)^2}$$

$$d^3 \geq 44,8 \Rightarrow d = 45 \text{ mm}$$

$$\text{c)} T = 390,46 \text{ Nmm}$$

$$P = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60} \Rightarrow T = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot n} = \frac{50.736,60}{2\pi \cdot 900} \Rightarrow T = 390,46 \text{ Nmm}$$

$$P = 390,46 \text{ Nmm}$$

$$d = 4 \sqrt{\frac{32 \cdot T_{max}}{\pi \cdot R \cdot G}}$$

$$d = 4 \sqrt{\frac{32 \cdot 1173,38 \cdot 10^5}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 210}}$$

$$d = 43 \text{ mm}$$

$$\text{e)} T_3 = 4685,5 \text{ Nm}$$

$$P = T \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$$50.736 = 4685,5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n / 60$$

$$n = 75 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	$K_{FF}$	1,6
1	b)	dASME	45
1	c)	$T_{R2}$	390,46
1	d)	$d_{PC1}$	43
1	e)	$n_{P2}$	75

12.118823.9

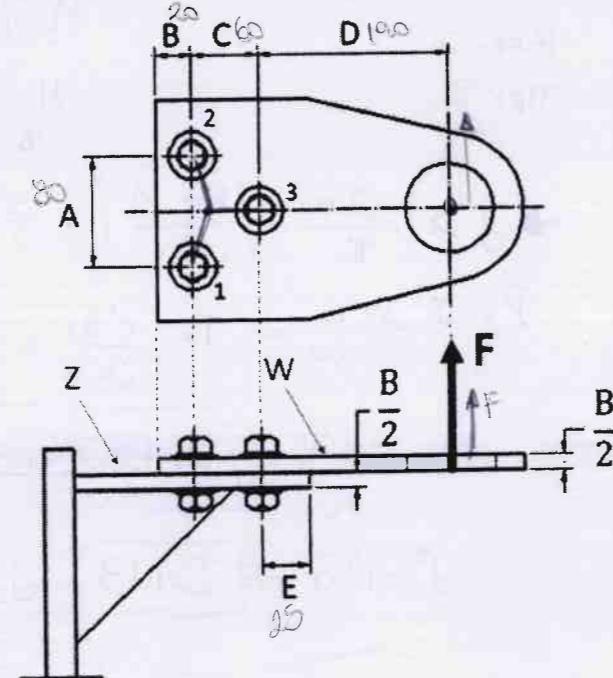
050

LUCAS VIEIRAS CONCEIÇÃO BARBOSA

Lucas

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".



b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

$$a) X_G = 20 + 160 = 20 \quad Y_G = 0 \quad (AR) \quad ER \quad N$$

$$T_{ap} = F_{ap} \cdot d \cdot k_{ap} \approx F_{ap} \cdot 0,95 \cdot 16 \cdot 0,2$$

$$T_{ap} = 134,74 \text{ Nm}$$

$$b) A_s \geq \frac{n_p(t-C)}{P_{max}} \sqrt{1+48k_p}$$

$$0,95(1-0,3)2e \leq \frac{2,3 \cdot (1-0,3) \cdot 37}{0,95(1-2,0,05) \cdot 2e} \sqrt{1+48 \cdot 0,2}$$

$$C = \frac{k_p}{k_p + k_j} = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

$$2e = 758,32 \text{ MPa}$$

$$F_{ens} = 2e \cdot A = 758,32 \cdot 157$$

$$F_{ens} = 119,06$$

$$d) 2e = 800 \text{ MPa} = \frac{\text{Nm}}{\text{mm}}$$

$$2e = \frac{F_{ap}}{A} = 800 = \frac{F_{ap}}{157}$$

$$F_{ap} = 125600$$

$$T = F_{ap} \cdot d \cdot k_{ap}$$

$$T = 125600 \cdot 16 \cdot 0,2$$

$$T_{ap} = 401920 \text{ Nmm}$$

$$T_{ap} = 401,92 \text{ Nm}$$

Quadro de respostas para a questão 2

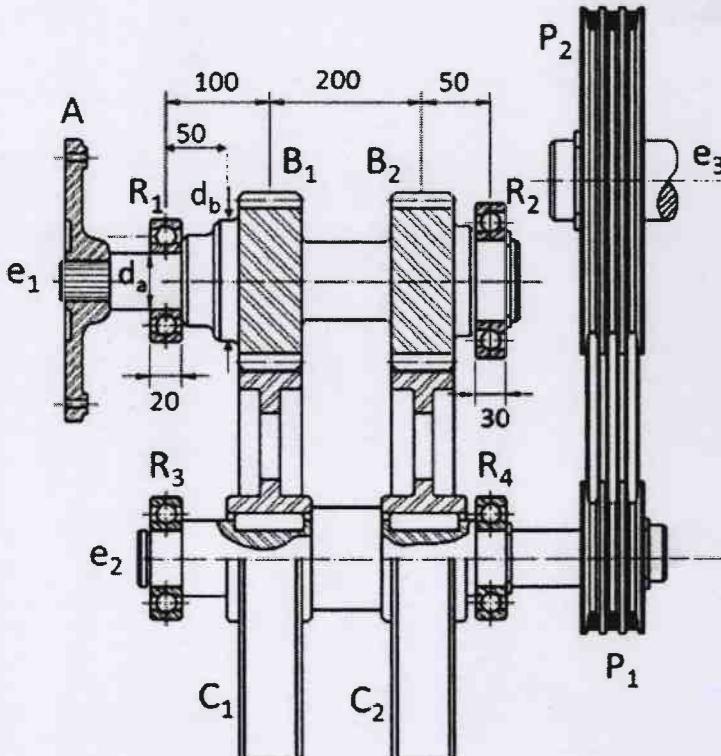
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R3	kN
1	b)	119,06	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	401,92	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

1	2	1	1	8	8	4	7	8	0	5	3	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Nome: *Jelpe Kowakido*Assinatura: *Jelpe K*

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1, B_2, C_1, C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1, P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é  $4685,5\text{ Nm}$ , qual a rotação da polia 2?

$$B_1, B_2, C_1, C_2 \rightarrow m=15\text{ mm}$$

$$\frac{25}{25} \quad \frac{75}{75} \quad \alpha=15^\circ$$

$$P_1, P_2 \rightarrow \mu=0,1$$

$$200 \rightarrow Q = 900 \rightarrow 900 \text{ mPa} \rightarrow 900 \text{ mPa}$$

$$720 \text{ mPa} \rightarrow 720$$

$$r/d=0,05$$

$$d_B = 15 \cdot 25 = 375\text{ mm}$$

$$d_C = 15 \cdot 75 = 375\text{ mm}$$

$$P = 50\text{ CV}$$

$$n = 900 \text{ rpm}$$

$$K_{FF} \rightarrow 0,05 = 2,2$$

$$G = 81\text{ GPa}$$

$$K_{FF} =$$

b) calcule momento na vizinhança vertical

$$H \rightarrow M_A = 50 \cdot 2677,44 = 133870\text{ Nmm}$$

$$V \rightarrow M_A = 50 \cdot 717,55 = 35877,5$$

$$M_A = \sqrt{(133870)^2 + (35877,5)^2}$$

$$M_A = 133918,09\text{ Nmm}$$

$$d = \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 133918}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{3 \cdot 390 \cdot 4 \cdot 10^3}{720}\right)^2}$$

$$d = 44,3\text{ mm}$$

$$c) \rho = T \cdot w$$

$$60 \cdot 50 \cdot 736 = T \cdot 900 \cdot 2 \pi \rightarrow T = 390,4$$

$$d) C_1 \rightarrow d = \frac{32 \cdot T_{max}}{\pi \cdot R_1 \cdot G} \rightarrow d = \frac{32 \cdot 1171,2 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^5 \cdot 81 \cdot 10^3} \rightarrow d = 42,87\text{ mm}$$

$$\rho = T \cdot w \rightarrow 60 \cdot 736 = T \cdot 2 \pi \frac{900}{60}$$

$$T_{e3} = 390,4 \text{ Nm} \rightarrow \frac{375}{1125} = \frac{390,4}{x} \rightarrow x = 1173,2 \text{ Nm}$$

$$e) T_{e3} = 4685,5 \text{ Nm}$$

$$50 \cdot 736 = 4685,5 \cdot 2 \pi \frac{n}{60}$$

$$n = 75 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	2	--
1	b) $d_{ASME}$	45	mm
1	c) $T_{R2}$	390,4	Nm
1	d) $d_{PC1}$	42,87	mm
1	e) $n_{P2}$	75	rpm

3	2	1	1	8	8	4	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	5	1
---	---	---

B
---

Nome:

Jelipe Kawahisa

Assinatura:

Jelipe K

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando F=40 kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R\_2".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

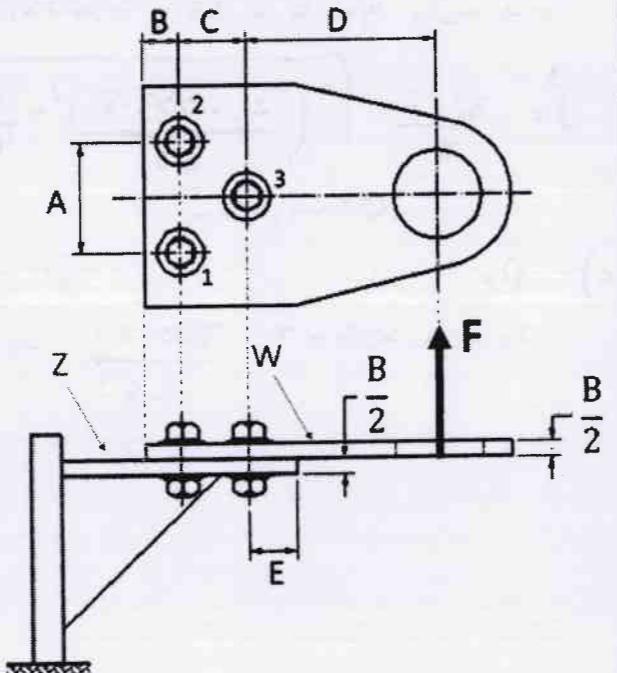
e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

$$m_{16} \times 2 \Rightarrow d_3 = 13,546 \text{ mm}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

$$S_t = 0,05$$

$$K_{ap} = 0,2$$



$$e) A_s > n_p (s - c) P_{max} \frac{3 + 48 k_{ap}^2}{0,95(s - 2 S_t)} \sigma_e$$

$$\frac{157 > 2,3(3 - 0,3)37 \cdot 50^3}{0,95(3 - 2(0,05))} \sigma_e \rightarrow \sigma_e = 758,3 \text{ N/mm} \rightarrow 758,3 \text{ kN}$$

$$d) 8.8 \rightarrow 800 \text{ mPa} = \sigma_c$$

$$640 \text{ mPa} = \sigma_c$$

e) diminuir para o distâncio  
fora mais curto

Quadro de respostas para a questão 2				
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a)	R_2	2	kN
1	b)	Fens	302	kN
1	c)	Relaxação		---
1	d)	Tap		Nm
1	e)	Aumento ou redução	diminuir	%

Nº FEI (RA)

1 2 1 1 8 8 6 0 . 1 0 5 2 B

Nome: **Rodrigo Vieira da Silva**Assinatura: **RP.**

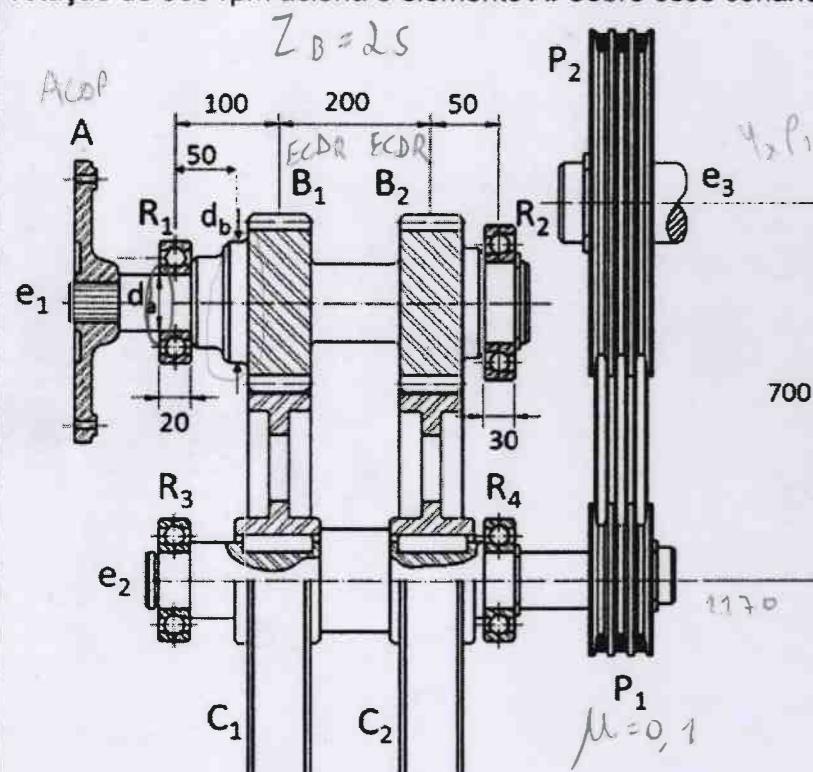
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: **80 minutos**. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_c=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de **50 CV** que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



$$\begin{aligned} Eixo: A &\rightarrow \\ \sigma_e &= 720\text{ MPa} \\ \sigma_r &= 900\text{ MPa} \\ S_n &= 100\text{ MPa} \\ G &= 81\text{ GPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 50\text{ CV} \\ n &= 900\text{ RPM} \\ T_{e_1} &= 390\text{ N.m} \\ K_{FF, ACO} &= 3,5 \\ K_{FF, ADDS} &= 1,375 \\ K_{FF} &= 4,875 \end{aligned}$$

$$\frac{900 - 800}{1000 - 800} = \frac{K_{FF} - 1,35}{1,4 - 1,35}$$

$$L = 50\text{ mm} \quad d^3 \Rightarrow \frac{32 \cdot n_f}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_{FF} M_o}{S_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{K_{TT} T_m}{G}\right)^2}$$

$$\begin{aligned} K_{AP} &= 2 \\ n_f &= 11 \\ H &= 2677,44\text{ N} \\ V &= 717,55\text{ N} \\ K_{TT} &= 1,6 \end{aligned}$$

$$T_{e_2} = 1170\text{ N.m}$$



Quadro de respostas para a questão 1

Valor (Pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	4,875	---
1	b) $d_{ASME}$	45	mm
1	c) $T_{R2}$	390	Nm
1	d) $d_{PPC1}$	42,86	mm
1	e) $n_{P2}$	75	rpm

Nome:

Rodrigo VIEIRA DA SILVA

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere a um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

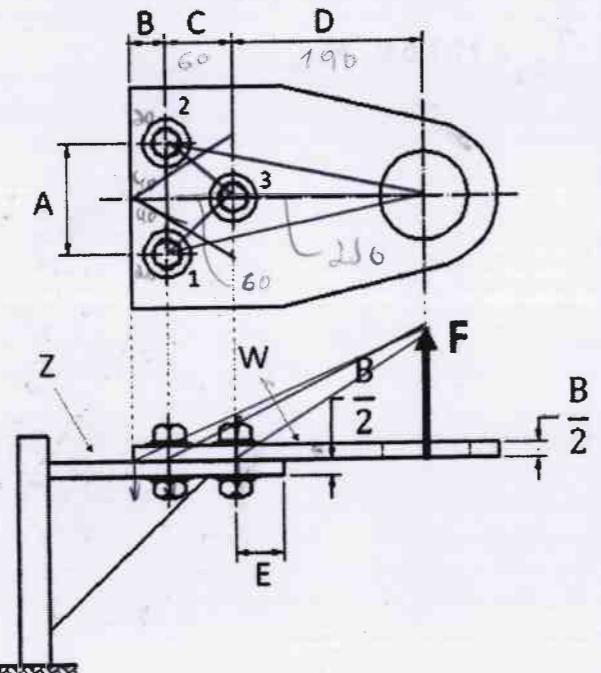
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$\Delta = 16$$

$$\sigma_e = 640 \text{ MPa}$$

$$P = 2$$

$$F_{AP} = 91000 \text{ N}$$

$$d_2 = 14,701$$

$$d_3 = 13,546$$

$$\sqrt{\left(\frac{91000}{157}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot T_{ap}}{0,20 \times 13,546}\right)^2} \leq 640$$

$$T_{AP} = 851,506 \quad 409600 - \\ 3, (0,184 T_{AP})^2 \\ 335956,834 \\ +3643,166$$

10806

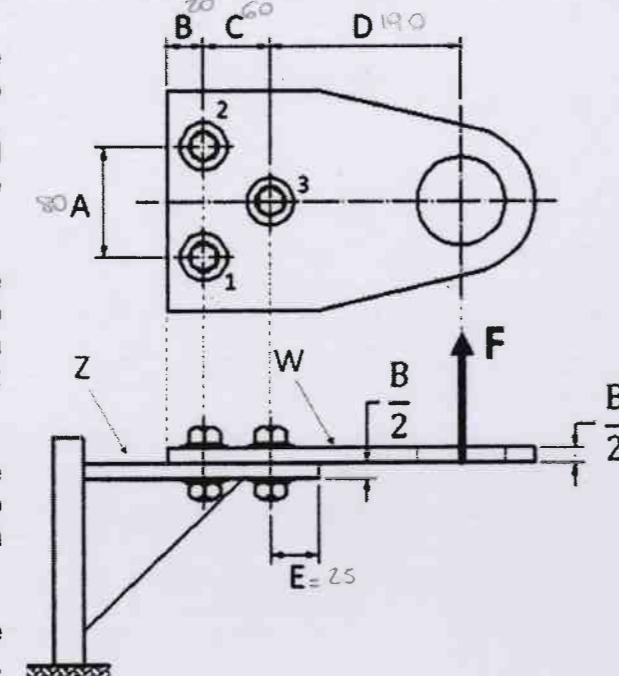
Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 3	30,4
1	b)	Fens	KN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: *Alessandro Jafurante*Assinatura: *Alessandro Jafurante*

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $As=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $St=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $Kap=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".



b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.  $T_{ap} = F_{ap}$ .

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

$$F_{plane} = F$$

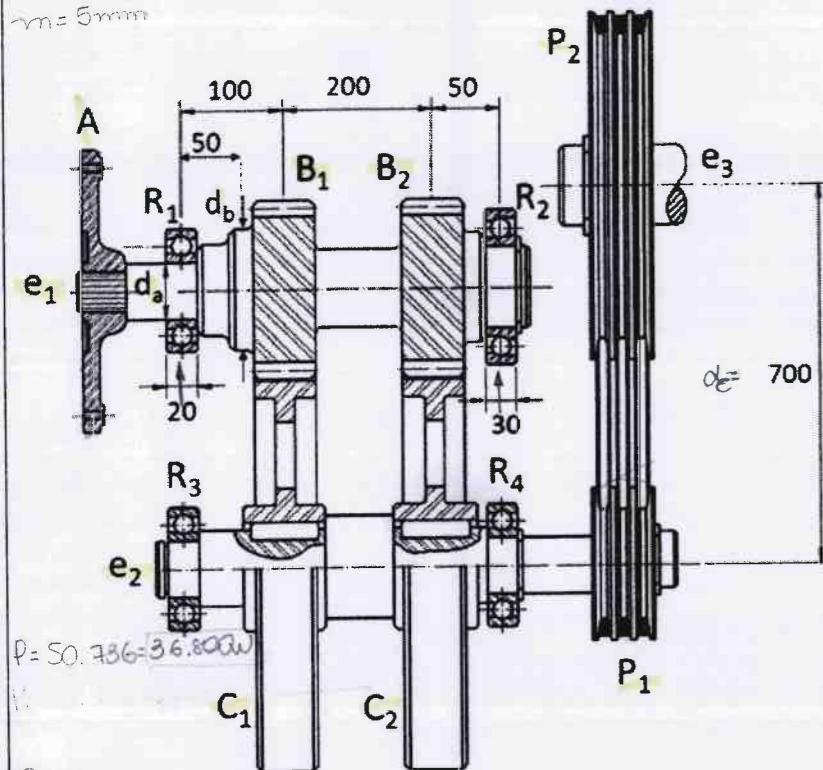
Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R___		kN
1	b) $F_{ens}$		kN
1	c) Relaxação		---
1	d) $T_{ap}$		Nm
1	e) Aumento ou redução		%

Nome: *Lucas Lafuente*Assinatura: *Lafuente*

NM7510 - Elementos de Máquinas I | Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo | P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:

 $m=5\text{ mm}$  $P=50.736,36,80\text{ kW}$  $P_e = T_w$  $W = 2\pi f_0 \cdot 900 + \omega_A = 94,25 \quad \theta = \pi - 60^\circ$ 

- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	K <sub>FF</sub>	---
1	b)	dASME	mm
1	c)	T <sub>R2</sub>	Nm
1	d)	d <sub>PPC1</sub>	mm
1	e)	n <sub>P2</sub>	rpm

Nome: Victor Campos Garcia

Assinatura: *Victor Campos Garcia*

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demostrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

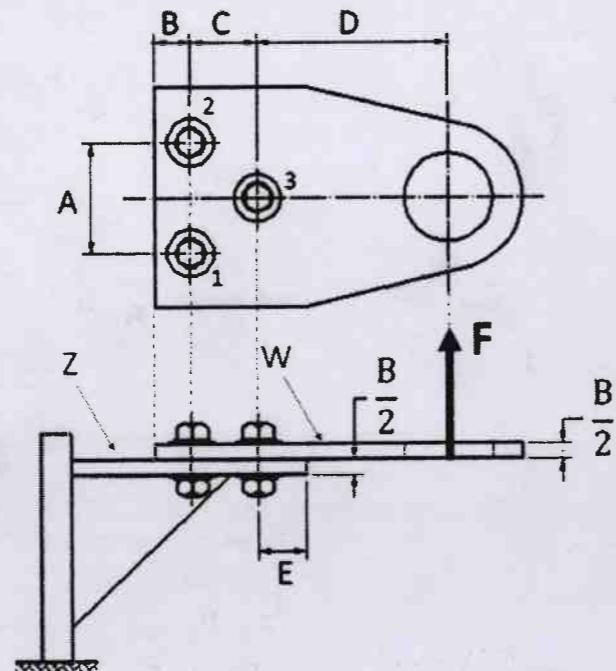
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$\text{d) } \sigma_e = 8.8 \cdot 10 = 640 \text{ MPa}$$

$$640 = \sqrt{\left(\frac{T_{ap}}{157 \cdot 16.02}\right)^2 + 3\left(\frac{0.5 T_{ap}}{0.2 \cdot 16}\right)^2} \rightarrow T_{ap} = 284 \text{ Nm}$$

Quadro de respostas para a questão 2				
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a)	R___	kN	
1	b)	$F_{ens}$	kN	
1	c)	Relaxação	---	
1	d)	Tap	284	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%	

Nome: Victor Campos Garcia

Assinatura: 

NM7510 - Elementos de Máquinas I

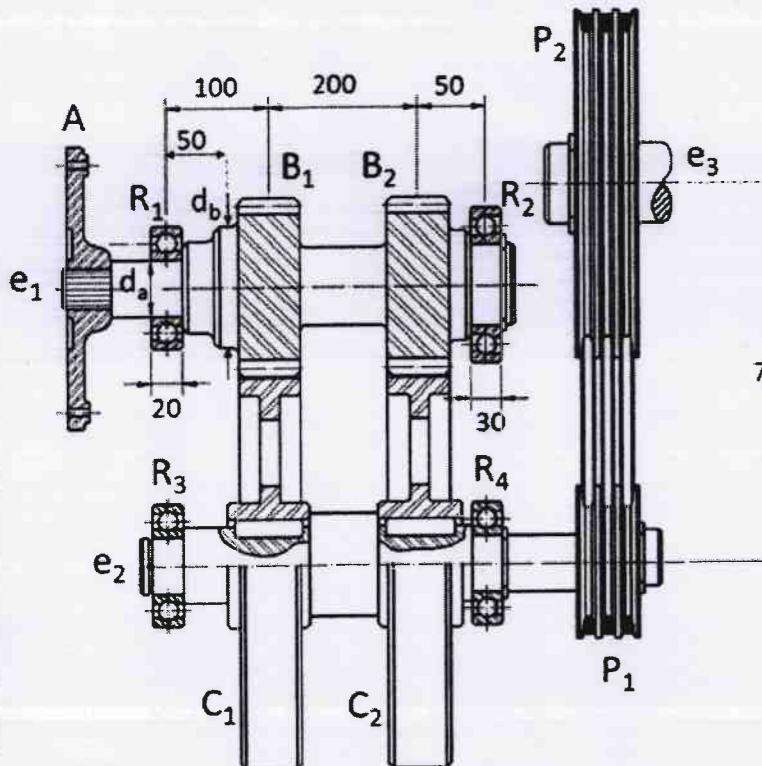
Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

Nota:

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5$  mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100$  MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	K <sub>FF</sub>	---
1	b)	dASME	mm
1	c)	T <sub>R2</sub>	Nm
1	d)	d <sub>PPC1</sub>	mm
1	e)	n <sub>P2</sub>	rpm

Nome:

Julia Tacla

Assinatura:

Julia Tacla

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demostrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_T=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

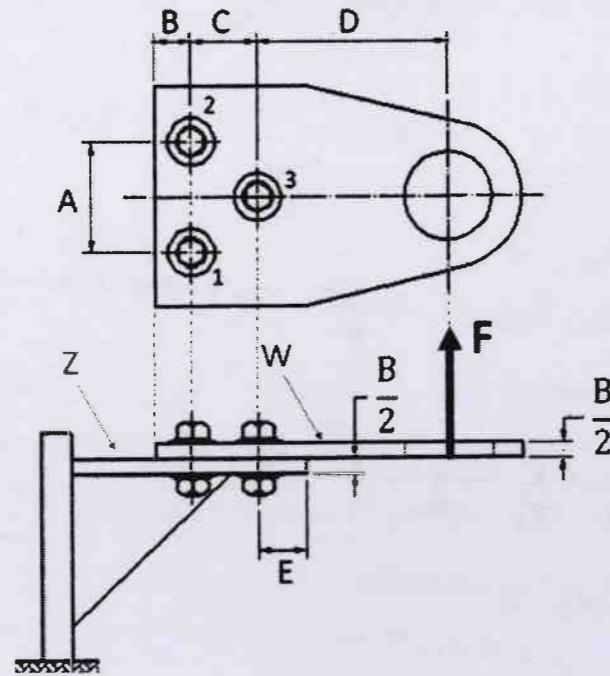
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R ___	kN
1	b)	$F_{ens}$	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

1 2 1 1 9 1 9 4 . 4

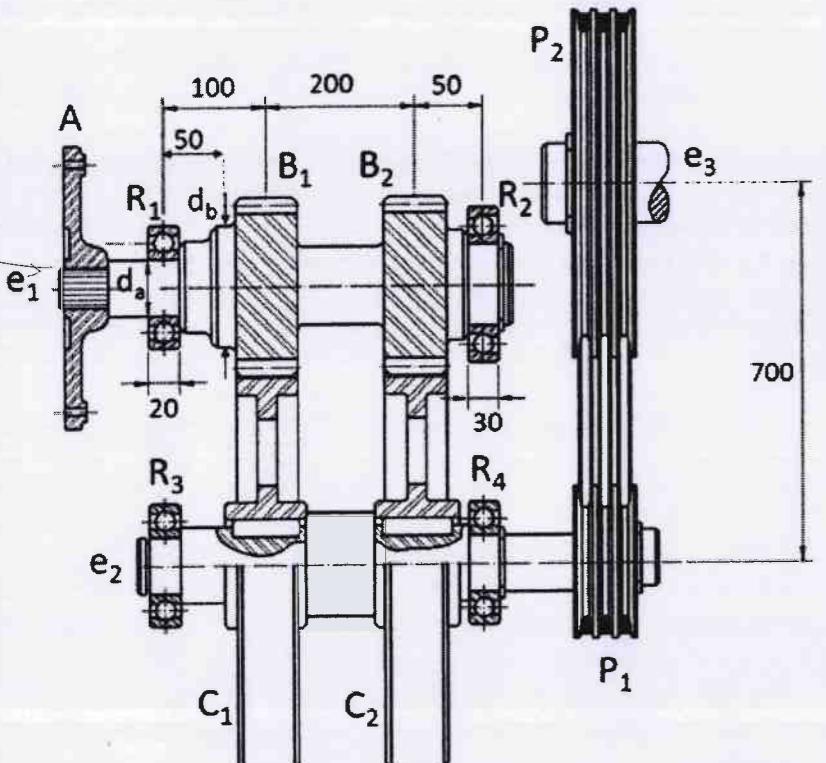
0 5 5

B

Nome: *Júlia Tada*Assinatura: *Júlia Tada*

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1, B_2, C_1, C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1, P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão KFF combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o KFF combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

ECDR

$m=5\text{ mm}$   
 $d=15^\circ$   
 $r/d=0,05$   
 $Z_B=25$   
 $Z_C=75$

Eixo

$a/b$   
 $S_n = 100\text{ MPa}$   
 $G = 81\text{ GPa}$

a)  $K_{FF\ comb} = 3,35$

$$\rightarrow K_{FF} = (2,1 - 1) + (3,25 - 1) = 3,35$$

$$r = 0,05 \cdot R_{FF} = 2,2$$

$$\text{forma } B = 3,25$$

$$G_F = 3 \cdot 100 = 300\text{ MPa}$$

$$b) d_3 = \frac{32 \cdot n_f}{\pi} \cdot \left( \frac{(K_{FF} \cdot m)^2 + 2 \cdot (K_{TT} \cdot T_m)^2}{S_n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$d = 44,84\text{ mm}$$

$$d = 45\text{ mm}$$

$$W_F = 7 \quad S_n = 100\text{ MPa} \rightarrow G_F = 720\text{ MPa}$$

$$K_{FF} = 2 \quad K_{TT} = 3 - 0,40$$

$$P_{el} = T \cdot \omega$$

$$50 \cdot 736 = T \cdot \frac{2 \pi \cdot 900}{60} \Rightarrow T = 390,46\text{ N.m}$$

$$\text{HoriZ}$$

$$F_R = F_t \cdot \tan \alpha = 2677,44 \cdot 0,2677 = 717,55\text{ N}$$

$$\text{VERTICAL}$$

$$M = M_V^2 + M_H^2 \text{ N.m}$$

$$M_V = 717,55 \cdot 50$$

$$M_H = 35,8775 \cdot 10^3 \text{ N.mm}$$

$$M = 138596,2 \text{ N.m}$$

$$d) d_1 = \sqrt{\frac{32 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{T \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 85 \cdot 10^3}} = 32,58\text{ mm}$$

$$e) T_3 = 4685,5$$

$$50 \cdot 736 = 4685,5 \text{ N.m}$$

$$n = 7,8\text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	3,35	---
1	b) $d_{ASME}$	45	mm
1	c) $T_{R2}$		Nm
1	d) $d_{PPC1}$	32,58	mm
1	e) $n_{P2}$	7,8	rpm

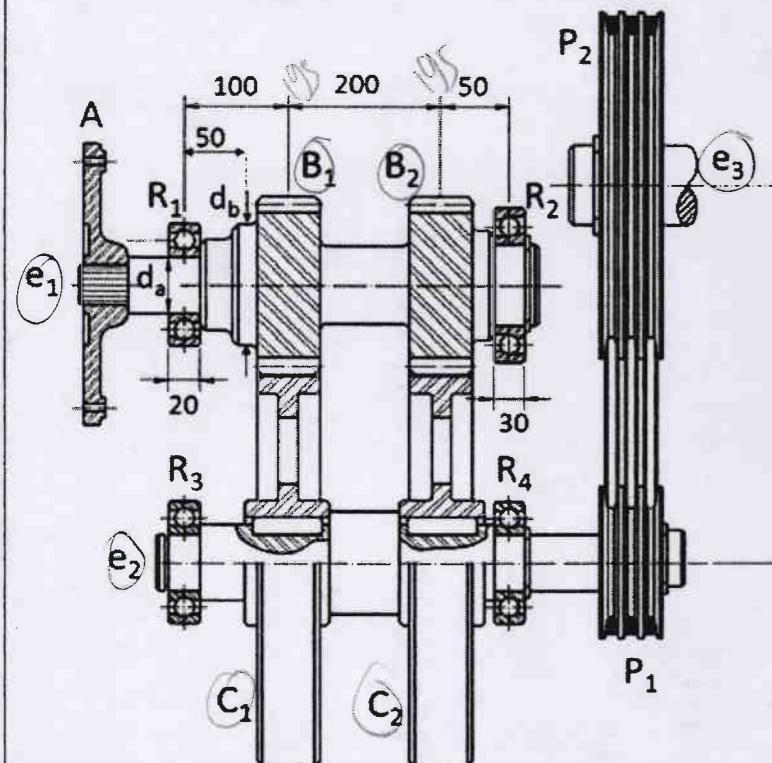
1 2 1 1 9 2 4 2 . 3 0 5 6 B

Nome: Vítor Vardelli Boan

Assinatura: Vítor Boan

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\text{ECDR: } m=5\text{ mm}$$

$$B, C \quad d=15$$

Usinada

$$Z_B=25$$

$$Z_C=75$$

$$eixo: 9.8$$

$$r=0,05$$

$$S_n=100\text{ MPa}$$

$$G=81\text{ GPa}$$

$$Polia: 50\text{ CV}$$

$$n=900\text{ rpm}$$

$$P = \text{Polia} \cdot \text{Prof} / A \cdot \mu = 0,1$$

$$736,50 = \frac{31,922}{60} \cdot 1330$$

$$d \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot M_b}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{L \cdot T_m}{280}\right)^2}$$

$$M_H = 2677,44 \cdot 0$$

$$M_V = 717,55 \cdot 0$$

$$M_T = 27719$$

$$J_{26,08} = 28$$

$$(e) \quad T_3 = 4685,5 \text{ N.m}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$		---
1	b) $d_{ASME}$	28	mm
1	c) $T_{R2}$		Nm
1	d) $d_{PC1}$		mm
1	e) $n_{P2}$		rpm

12.119.24L.3

056

Nome:

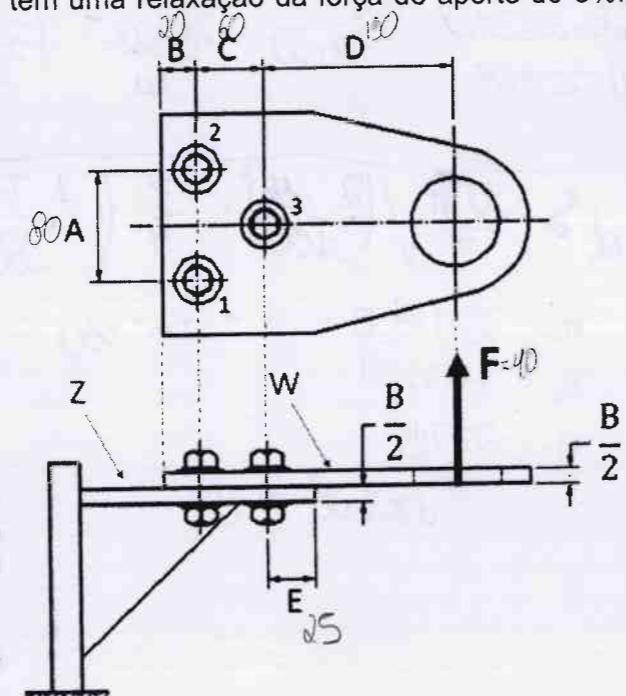
Vinicio Vandelli Bocan

Assinatura:

Vinicio Bocan

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546\text{ mm}$ ;  $A_s=157\text{ mm}^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40\text{ kN}$ . No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R".



b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858\text{ kN/mm}$ ;  $k_f=2000\text{ kN/mm}$ ;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37\text{ kN}$ .

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

① M16x2 rosca normal

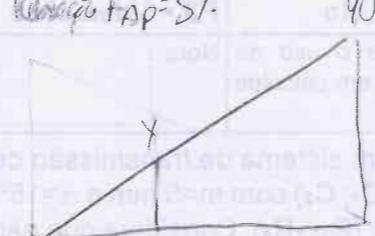
$$d_3 = 13,546\text{ mm}$$

$$A_s = 157\text{ mm}^2$$

$$S_t = 0,05$$

$$K_{ap} = 0,2$$

$$\text{Relaxão } F_{ap} = S_t \cdot F$$



$$\frac{40}{120} = \frac{x}{60} = 0,333$$

$$② \quad 157 = \frac{2 \cdot 3(1-0,3)37000\sqrt{1+48 \cdot 0,02^2}}{0,95(1-0,005)} T_e$$

$$C = \frac{858}{858+2000} = 0,3$$

$$T_e = 758\text{ MPa}$$

$$③ \quad T_e = 640\text{ MPa} = F_{ap}$$

$$\sqrt{\left(\frac{640}{157}\right)^2 + \left(3 \left(\frac{0,95 \cdot 37000}{0,95 \cdot 1 - 0,005} \cdot 0,02\right)\right)^2} < \frac{640}{1}$$

$$367370$$

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R3	kN
1	b)	Fens	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: Raphael Diaz Martinez Rocha

Assinatura: Raphael Rocha

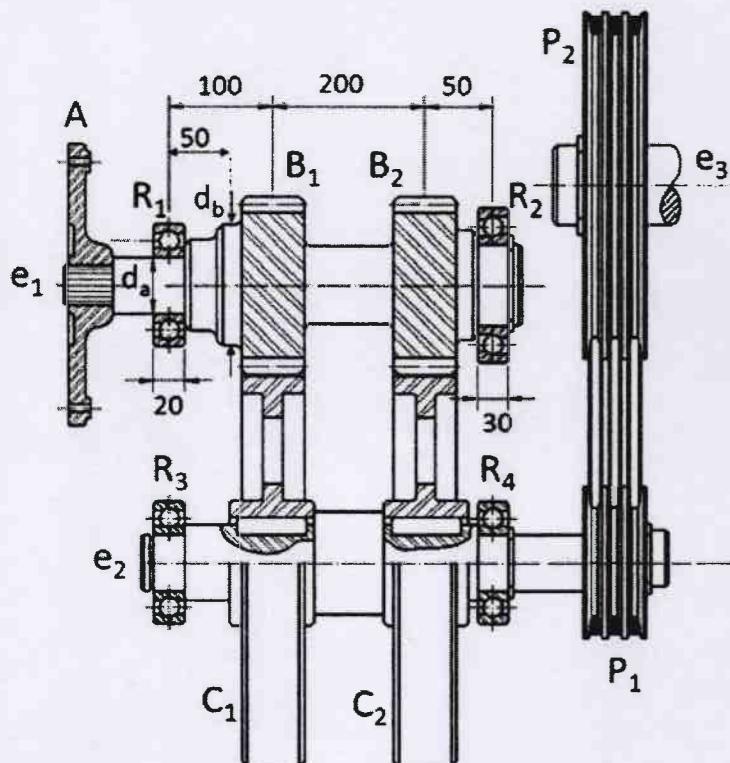
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é  $4685,5\text{ Nm}$ , qual a rotação da polia 2?

$$a) f_n = 100,9 \approx 900 \text{ MPa}$$

Gráfico

3,5

$$b) d^3 \geq \frac{32 \times f}{\pi} \sqrt{\frac{K_{FF} \cdot M_a^2 + 3(B \times T_m)^2}{S_n}} = \frac{32 \cdot 2}{\pi} \sqrt{\frac{(2 \cdot 138,66 \cdot 10^3)^2 + 3(16387,28)^2}{100}} = 16387,28$$

$$K_{FF}=2 \quad K_{ff}=16$$

$$nf=2$$

$$d \geq 20,37 \sqrt{7683984 + 555502,46}$$

$$S_n=100\text{ MPa}$$

$$G_e=10 \cdot 9,8=98 \text{ GPa}$$

$$P=50\text{ CV} = 50 \cdot 736 = 368 \text{ kW}$$

normalizando

$$36800 = T \left( \frac{2\pi}{60} \cdot 900 \right)$$

$$T = 387,28 \text{ Nm}$$

$$M_H = 2677,44 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 133,872 \text{ Nm}$$

$$M_V = 717,55 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 35,8775 \text{ Nm}$$

$$M_a = \sqrt{133,872^2 + 35,8775^2} = 138,60 \text{ Nm}$$

$$c) T = 387,28 \text{ Nm}$$

$$d) d_{pp} = \sqrt[4]{\frac{32 \times f}{\pi \cdot R_f \cdot G}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 1171,38 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}} = 42,897 \approx 43 \text{ mm}$$

$$R_f = 4,36 \cdot 10^{-5}$$

$$G = 81 \cdot 10^3$$

$$i = \frac{75}{25} = 3$$

$$\eta_{eq} = \frac{\eta_3}{3} = 300 \text{ rpm}$$

$$\rho_{e2} = \eta_2 \cdot \rho_{e1}$$

$$\rho_{e2} = 1 \cdot 50 \cdot 736 = 368 \text{ kW}$$

$$T \left( \frac{2\pi}{60} \cdot 300 \right) = 36800$$

$$T = 1171,38 \text{ Nm}$$

$$e) F_1 = \frac{2 \cdot 4685,5 \cdot 10^3}{700 \cdot (1 - e^{(-0,1 \cdot 26)})} = 13482,47$$

$$F_2 = 114400,81$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	3,5	---
1	b) $d_{ASME}$	40,00	mm
1	c) $T_{R2}$	387,28	Nm
1	d) $d_{PPC1}$	43	mm
1	e) $\eta_{P2}$		rpm

Nome: Raphael Diaz Martinez Koch

Assinatura: Raphael Koch

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

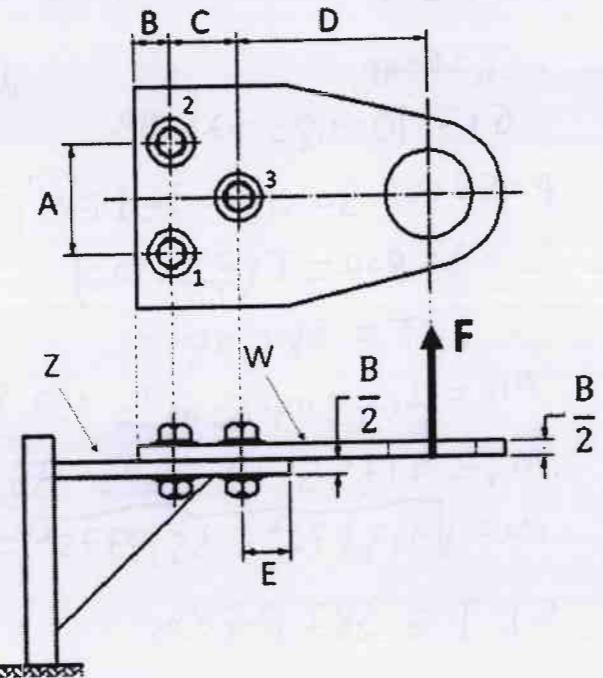
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço “ ” localizado na célula “R ”.

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$b) A_s \geq \frac{K_p(1-\phi)}{P_{max}} \sqrt{1+1,18} K_{ap}$$

$$0,95(1-0,25) G_e$$

$$K_p = 858 \text{ kN/mm}$$

$$K_{ap} = 0,2$$

$$k_j = 2000 \text{ kN/mm}$$

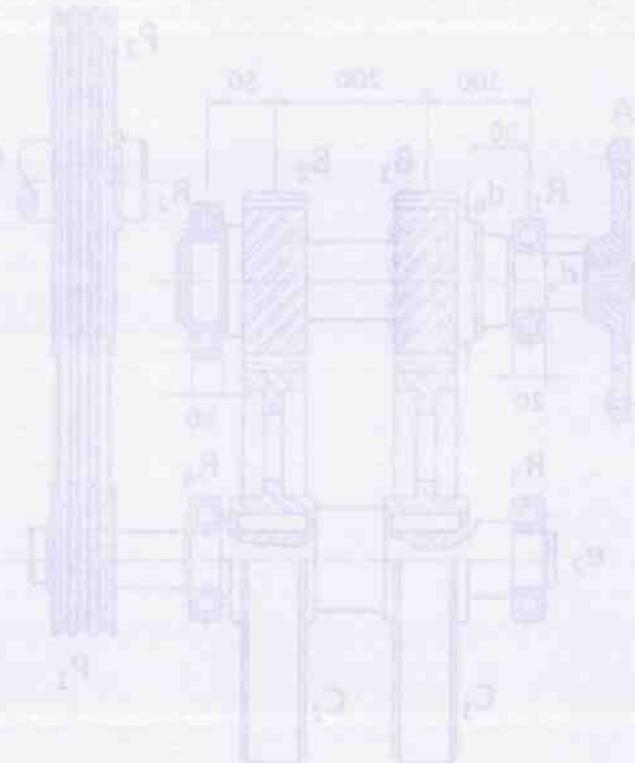
$$S_t = 0,05$$

$$n_p = 2,3$$

$$P_{max} = 37 \text{ kN}$$

$$C = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

$$G_e = \sqrt{\left(\frac{F_{ap}}{A_s}\right)^2 + 3 \left(\frac{0,5 T_{ap}}{0,2 d}\right)^2}$$



Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 3	kN
1	b)	$F_{ens}$	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	$T_{ap}$	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: CAIO DA LUZ DE FREITAS

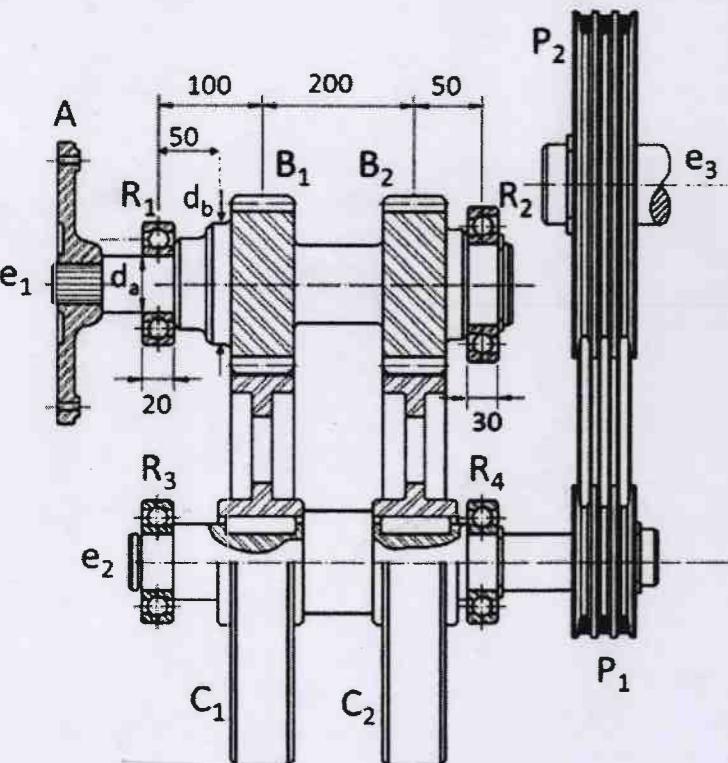
Assinatura: *Caio Freitas*

NM7510 - Elementos de Máquinas I Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1, B_2, C_1, C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1, P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

Eixo: Aço 9.8

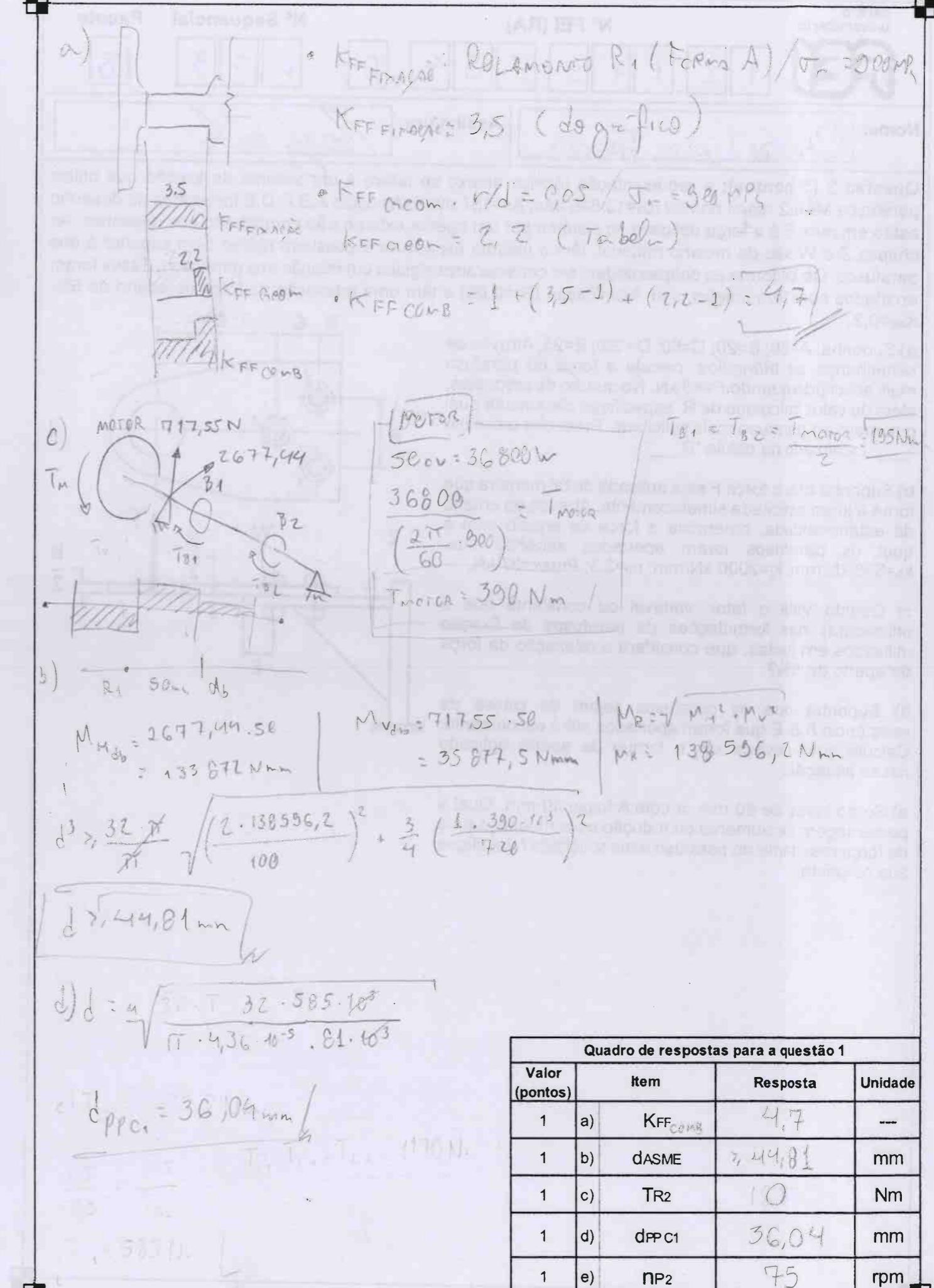
$$e1) T_{e3} = 4685,5 \text{ Nm}$$

$$e2) \frac{T_{e2}}{T_{e1}} = \frac{75}{75} = \frac{n_2}{900} \Rightarrow n_2 = 300 \text{ RPM} = n_{P2}$$

$$T_{e2} = T_{e1} \cdot \frac{75}{75} = \frac{4685,5}{75} = 62 \Rightarrow T_{e2} = 585 \text{ Nm}$$

$$T_{e2} = T_{e1} + T_{e2} = 2 \cdot 585 = 1170 \text{ Nm}$$

$$\frac{D}{d} = \frac{4685,5}{1170} = 4 \Rightarrow \frac{D}{d} = \frac{300}{n_{P2}} \quad (n_{P2} = 75 \text{ RPM})$$



12 1193940

058

Nome:

CAIO DA LUZ DE FRETAS

Assinatura:

Caio Fretas

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

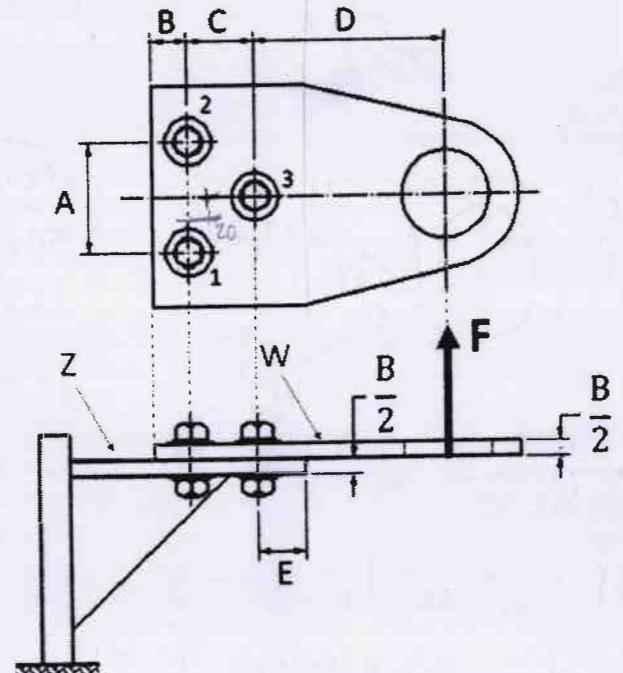
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço “ ” localizado na célula “R ”.

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$b) C = 1858 = 0,13 \\ 658 + 2000$$

$$157 \cdot 2,236 \cdot 0,3 \cdot 37 \cdot 10^3 \sqrt{1+(40 \cdot 0,05)^2} \\ 0,35 \cdot (1 - 2 \cdot 0,05) \cdot \Gamma_c$$

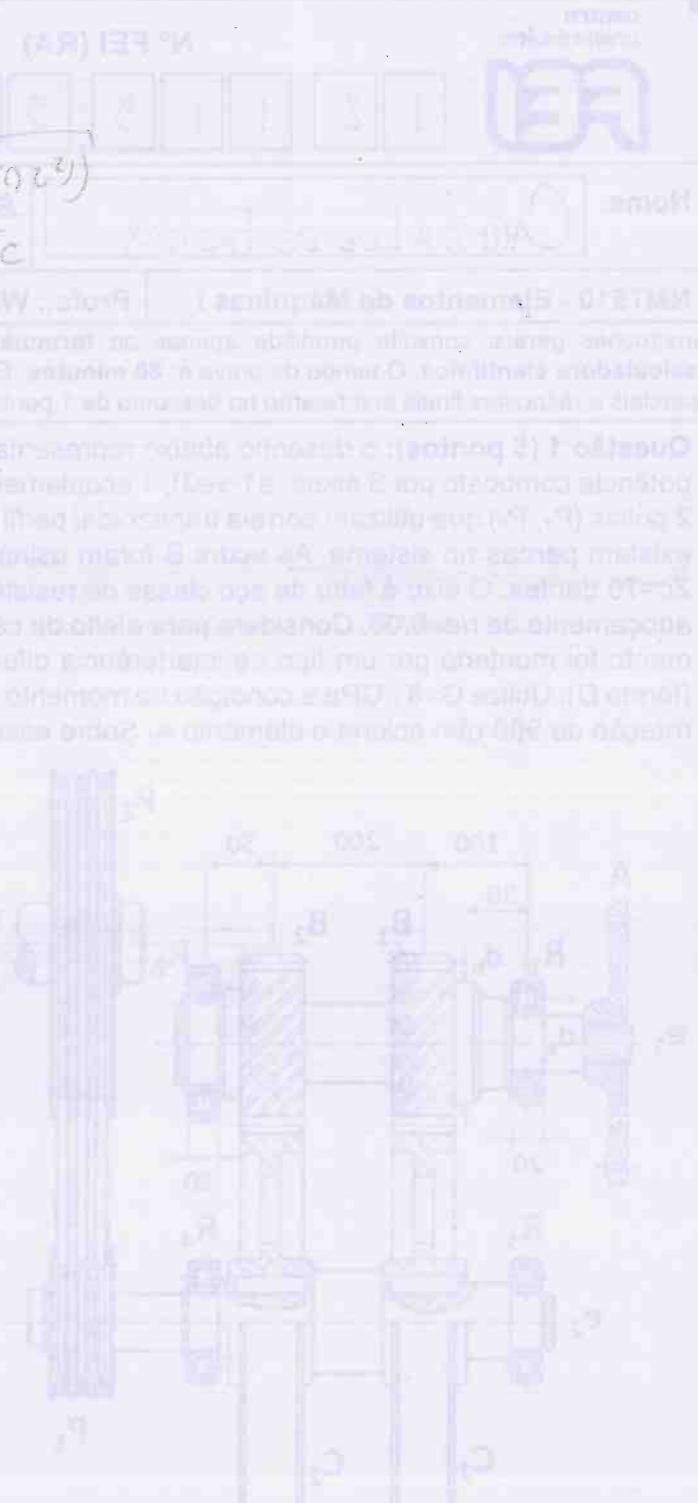
$$\Gamma_c = 758,32 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_{ens} = \Gamma_c \cdot A_s = 758,32 \cdot 3,157$$

$$c) F_{ens} = 357,2 kN$$

$$d) \Gamma_c = 858 \text{ MPa} \\ 0,05 \cdot 640 \text{ MPa}$$

$$\Gamma_{ap} =$$



Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 3	kN
1	b)	Fens	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome:

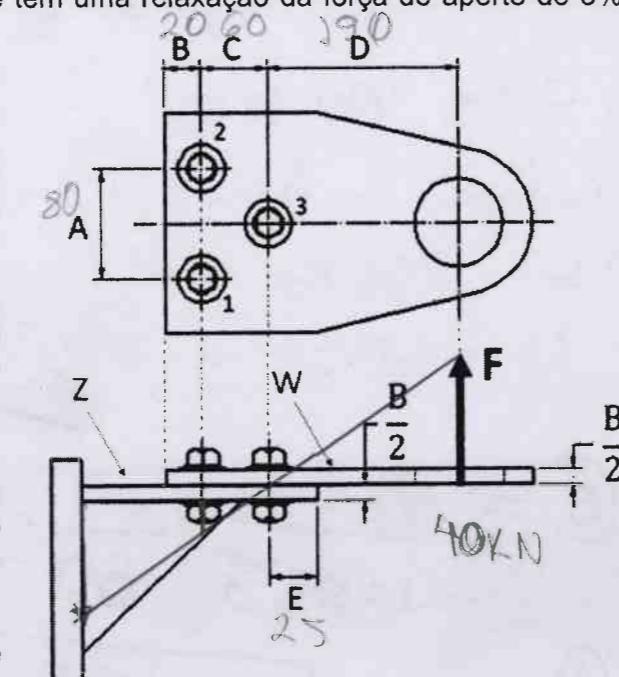
Eduardo Cardoso Melo

Assinatura:

Eduardo Melo

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".



b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

①  $E = 5 \cdot e$        $F = 8 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 80 \cdot 157 \cdot 0,0005^2 = 100,48 \text{ kN}$   
                         (Para ensaio)

$$T_{Ap} = 100,48 \times 10^3 \cdot 0,013546 \cdot 0,2$$

$$T_{Ap} = 272 \text{ N.M}$$

⑥  $157 \times 0,0005^2 = 23 (1 - ) 37 \times 10^3 \sqrt{3 + 48}$   
                          $0,95 (1 - 2 )$

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R <sub>se</sub> 2	8,23 kN
1	b)	F <sub>ens</sub>	18,32 kN
1	c)	Relaxação	50 ---
1	d)	T <sub>ap</sub>	272 Nm
1	e)	Aumento ou redução	0 %

Nome: *Eduardo Cardoso Neiro*Assinatura: *Eduardo Neiro*

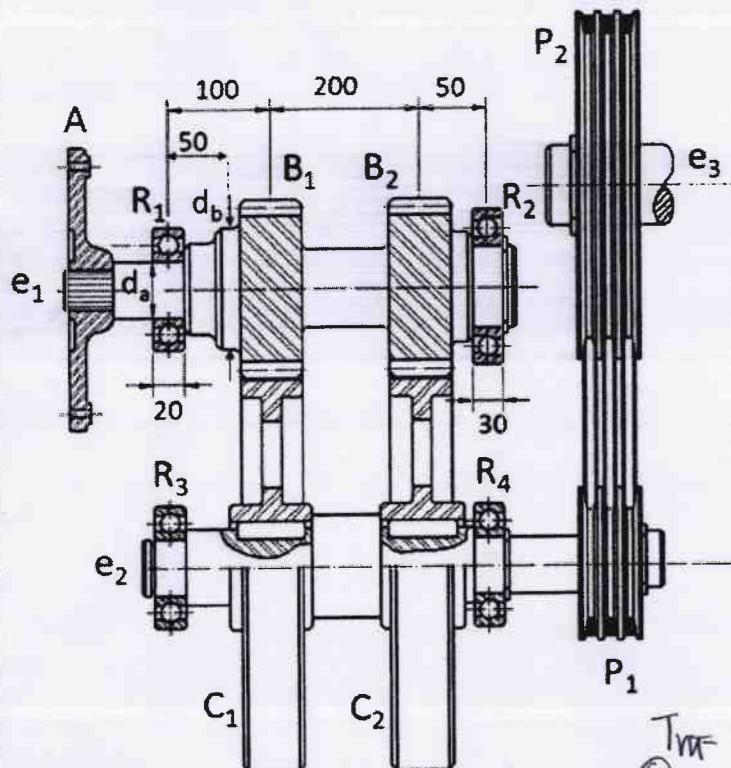
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$(b) \quad j^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \left( \frac{2 \cdot 0}{500 \times 8} + \frac{3(16039044)}{4(720 \times 8)} \right)^2$$

$$T_m = \frac{500736}{2\pi \cdot 900} = 390,46 \text{ N.m}$$

$$0,2 \cdot 60$$

$$\frac{3000 - 800}{2000 - 200} = \frac{23-21}{23-21} \quad d = 28,86 \text{ mm}$$

Pela Dim 3 = 30 mm

@

$$800 - 2,1$$

$$900 - 2,1$$

$$1000 - 2,1$$

$$K_{FF} = 2,2$$

$$\frac{3000 - 800}{2000 - 200} = \frac{23-21}{23-21}$$

$$d = 28,86 \text{ mm}$$

$$\text{Pela Dim 3} = 30 \text{ mm}$$

$$m=5 \text{ mm} \text{ e } \alpha=15^\circ \text{ (ECORD)}$$

$$\mu=0,1 \text{ (Polia)}$$

Nem perdas

$$\text{ECDRs no eixo } Z_B = 25 \text{ dentes, } Z_C = 75 \text{ dentes}$$

$$9 \cdot 8 \cdot 10 = 720 = L_e \text{ e } 900 = L_R$$

$$\text{adocamento} = r/d = 0,05$$

$$S_n = 100 \text{ MPa}$$

Normalização: R<sub>1</sub> forma A; R<sub>2</sub> (B); R<sub>3</sub> (C); R<sub>4</sub> (D)

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$M = 50 \text{ CV} \approx 900 \text{ Npm}$$

$$(c) \Rightarrow \frac{500736}{4685,5} = \frac{2\pi}{60} \cdot n = 75 \text{ rpm}$$

$$(d) \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{585,69}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^5 \cdot 0,8 \cdot 10^3}} = 204 \text{ mm}$$

$$d = 204 \text{ mm}$$

$$(e) \frac{36800}{2\pi \cdot 900}$$

$$\frac{60}{60}$$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	2,2	---
1	b) d <sub>ASME</sub>	30	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	390	Nm
1	d) d <sub>PPC1</sub>	204	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

1	2	2	1	3	0	9	7	4	6	2	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

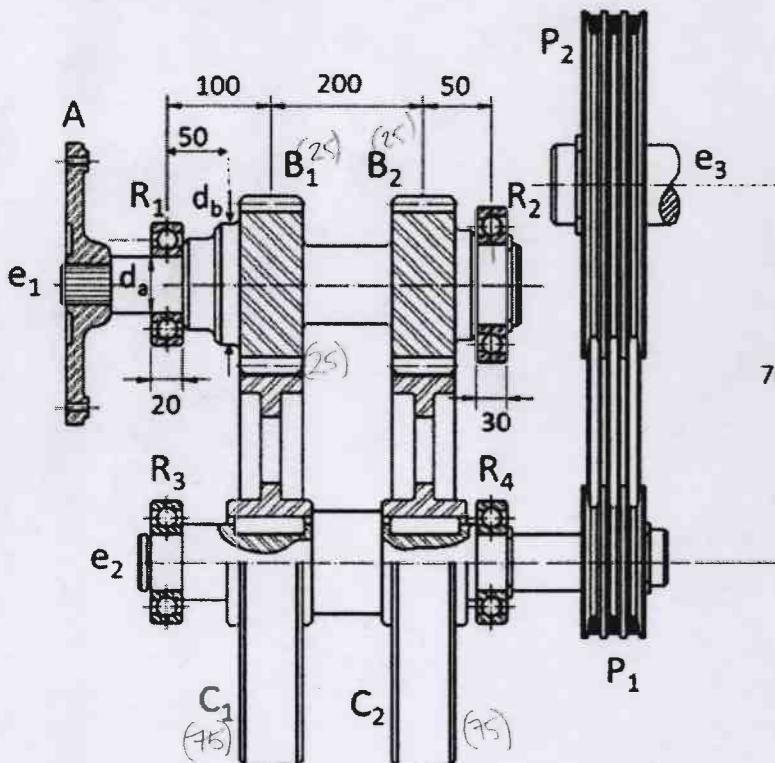
Nome: LAMARTINY E. de S. Moreto

Assinatura:

NM7510 - Elementos de Máquinas I Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5} \text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é  $4685,5\text{ Nm}$ , qual a rotação da polia 2?

$$\text{Eixo } 3 \rightarrow 3.8 \quad \begin{cases} J_r = 900 \text{ MPa} \\ J_e = 720 \text{ MPa} \end{cases}$$

(a)  $\sigma_d = 0,05 \quad \left\{ \begin{array}{l} K_{ff} = 2,2 \\ J_r = 900 \text{ MPa} \end{array} \right. \quad K_{ff} = 1 + (2/2-1) + (3.5-1) = 4,7$

(b)  $d_{base} = \sqrt{\frac{32 T^3}{\pi J}} = \sqrt{\frac{2 \times 338,6 \times 10^3}{300}} = 44,8 \text{ mm} \rightarrow \boxed{DIN 3}$

$$M_R = \sqrt{(2677,44 \times 50)^2 + (717,55 \times 50)^2} = 138596,2 \text{ Nmm};$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{50 \times 936}{\frac{2\pi \cdot 900}{60}} = 390,46 \text{ Nm} \rightarrow 390,46 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

(c)  $T_{R2} = T_{e2}(1) = \frac{P_1}{\frac{2\pi}{60} n_1} = \frac{50 \times 936}{\frac{2\pi}{60} \cdot 900} = 390,46 \text{ Nm}$

(d)  $d_{PP} = \sqrt{\frac{32 T_{max}(e_2)}{\pi R + G_{pp}}} = \sqrt{\frac{32 \times 2342,76 \times 10^3}{\pi \cdot 4,36 \times 10^{-5} \text{ rad} \cdot 81 \times 10^3}} = 50,98 \text{ mm} \approx 51 \text{ mm}$

$$i_{e1, e2} = 2 \left( \frac{Z_C}{Z_B} \right) = 2 \left( \frac{75}{25} \right) = 6 \Rightarrow \frac{T_{e2}}{T_{e1}} = i_{e1, e2} \Rightarrow T_{e2} = (390,46) \times 6 = 2342,76 \text{ Nm}$$

(e)  $P = 50\text{CV} \quad \left\{ \begin{array}{l} P = T_e \left( \frac{2\pi}{60} \right) n_{P_2} \Rightarrow n_{P_2} = \frac{(50+936) \times 60}{(4685,5) \times 2\pi} = 754 \text{ rpm} \end{array} \right.$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	47	--
1	b) dASME	45	mm
1	c) $T_{R2}$	390,46	Nm
1	d) $d_{PP} C_1$	51	mm
1	e) $n_{P_2}$	754	rpm

12.213.097.4

62

Nome: Lamartiny E. de S. Morais

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

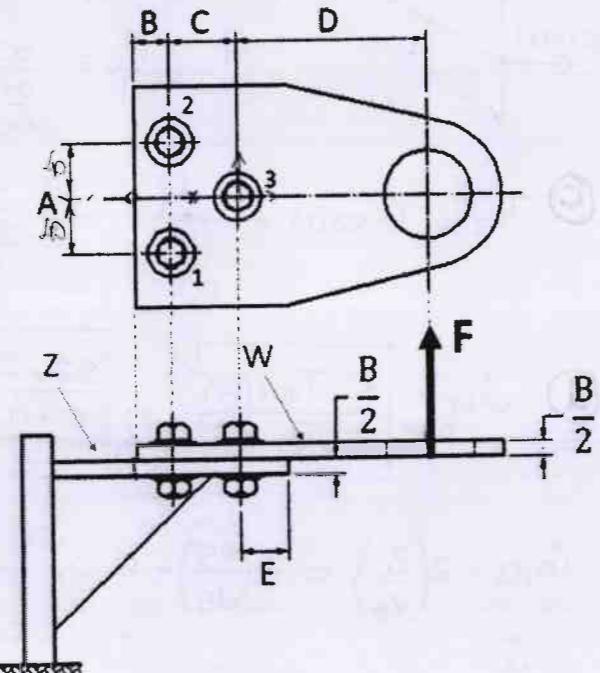
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço “  ” localizado na célula “R<sub>3</sub>”.

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



(a)

$$\frac{F_3}{B+C} = \frac{2F_2}{B}$$

$$F_2 = \frac{BF_3}{2(B+C)} \Rightarrow \frac{20F_3}{2(20+60)} = F_2 = \frac{F_3}{8}$$

$$\sum M_{center} = 0 \left\{ F(D+C+B) + F_3(B+C) + \frac{F^2}{8}(B) = 0 \right.$$

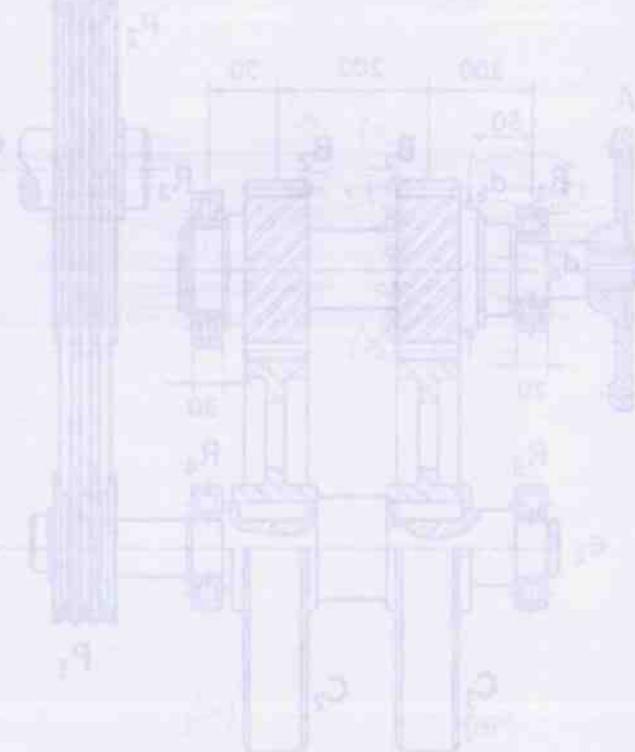
$$40kN(270mm) + F_3(80mm) + \frac{F_3(20mm)}{8} = 0 \quad \boxed{F_3 = 130,9\text{ kN}}$$

(b)  $A_s > \frac{n_p(1-C)P_{max}}{0,95(1-2S_t)\sigma_e} \sqrt{1+48k_p^2}$

$$157 > \frac{2,3(1-C)37\times 10^3(N)\sqrt{1+48\times 0,2^2}}{0,95(1-2(0,05))\sigma_e} \Rightarrow \sigma_e > 758 \rightarrow [10,9]$$

$$C = \frac{k_p}{k_p + k_f} = 0,3$$

Classe 10,9

 $\sigma_e = 900 \text{ MPa}$ 

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R <sub>3</sub>	kN
1	b)	130	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

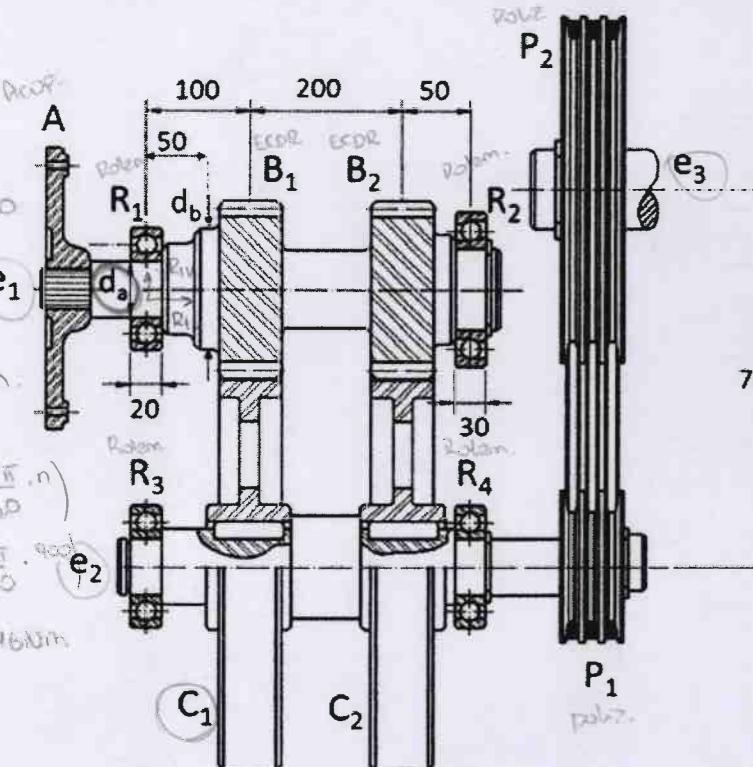
1 2 2 1 3 1 4 4 4 0 6 3 B

Nome: Bruno de Souza

Assinatura: Bruno.

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



$$\text{ECDR} \rightarrow m=5\text{ mm} \quad \alpha=15^\circ$$

$$\text{Polies} \rightarrow \text{correia trapezoidal perfil A} \quad \mu=0,1$$

$$\text{ECDR B} \rightarrow \text{usinada no eixo} \quad Z_B=25 \text{ dentes}$$

$$\text{ECDR C} \rightarrow Z_C=75 \text{ dentes}$$

$$\text{Eixos Aço 9.8} \quad \{ T_c = 720 \text{ Nm} \}$$

$$T_p = 900 \text{ Nm}$$

$$\text{Adoçamento} \quad r/d = 0,05$$

$$S_n = 100 \text{ MPa} \quad (\text{1000 secções})$$

$$G=81 \text{ GPa} \rightarrow m=5$$

a) Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".

b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o KFF combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.

c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .

d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C1. Use  $RT=4,36 \times 10^{-5} \text{ rad/mm}$ .

e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

Interpretação:

Rolamento Forma

$R_1$	A
$R_2$	B
$R_3$	C
$R_4$	D

Questão 1)

e)  $K_{FF_{B2}} = ?$  Fator conc. órfônico pl. flexo.

$$K_{FF} = 1,4$$

Rolamento  $\rightarrow 1,2 \text{ e } 1,6$

$$b) d_b = ? \quad K_{FF_{comb}} = 2 \quad nf = \pi \quad R_{1H} = 2677,44 \text{ N} \quad R_{1V} = 717,55 \text{ N}$$

$$T = 390,46 \text{ Nm} \quad m = 0,05 \cdot 717,55 \quad K_{ff} = 1,6 \\ m = 35,88 \text{ Nm}$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot m^2}{\pi} \left[ \left( \frac{K_{FF} \cdot m_2}{S_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{K_{ff} \cdot T_m}{S_n} \right)^2 \right] \Rightarrow d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \left[ \frac{(2 \cdot 35,88 \cdot 10^3)^2}{100} + \frac{3}{4} \left( \frac{1,6 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{100} \right)^2 \right]$$

$$d \geq 32,16 \text{ mm}$$

$$c) T_{R2} = 390,46 \text{ Nm}$$

$$d) d_{C1} = ? \quad R_T = 6,36 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

$$d = 32 = 390,46 \cdot 10^3$$

$$\pi = 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3$$

$$d = 32,52 \text{ mm}$$

e)

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	1,4	---
1	b) $d_{ASME}$	32,16	mm
1	c) $T_{R2}$	390,46	Nm
1	d) $d_{PPC1}$	32,57	mm
1	e) $n_{P2}$		rpm

1	2	2	1	3	1	4	4	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	6	3
---	---	---

B
---

Nome:

Bruno de Souza

Assinatura:

Bruno.

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

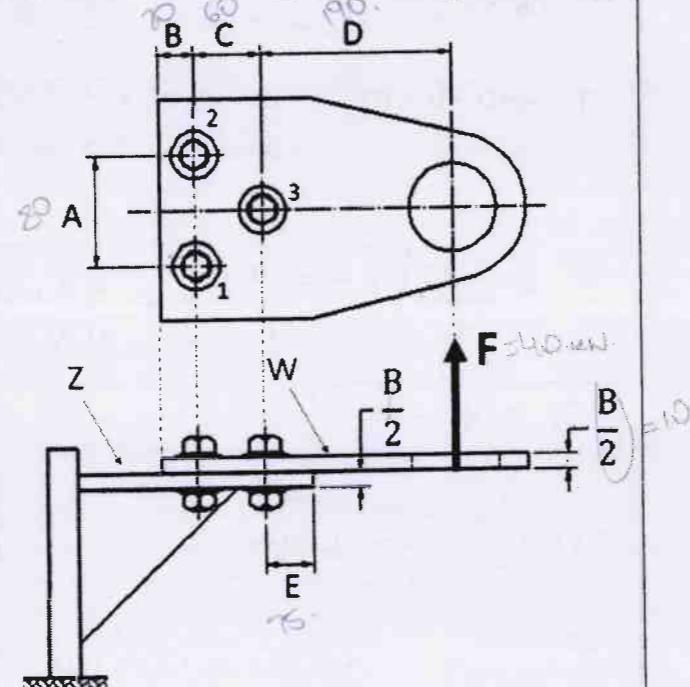
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço “ ” localizado na célula “R ”.

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R _____	kN
1	b)	Fens	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: Ayna Christina

Assinatura: Ayna C.

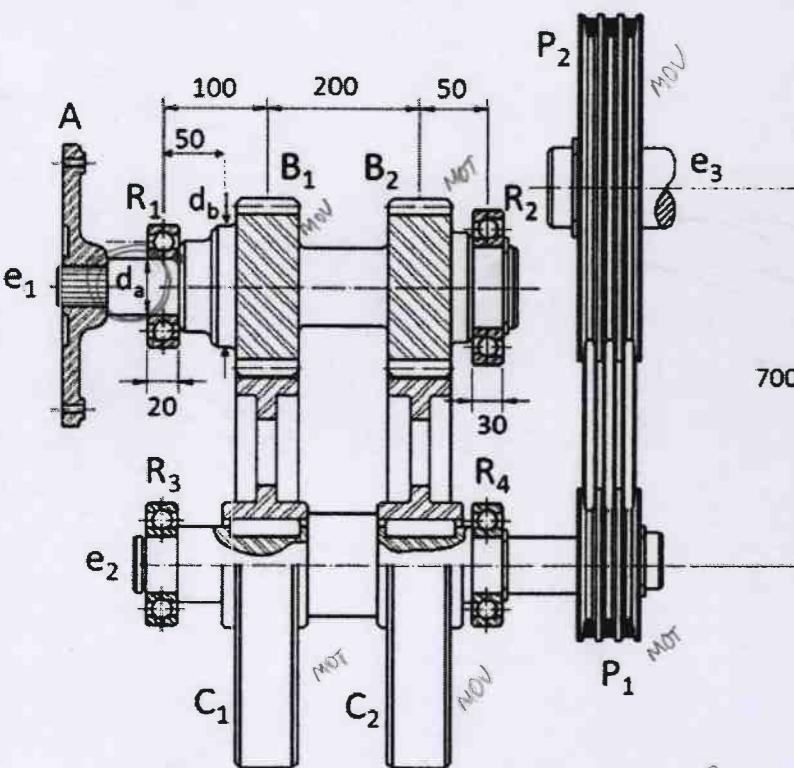
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1, B_2, C_1, C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1, P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $n_f=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44\text{ N}$ ;  $V=717,55\text{ N}$ . Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}\text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

close 9.8

$K_{FF}$  por interferência forma A

$$\sigma_c = 9.300 = 900\text{ MPa} \quad K_{FF} = 3,5$$

$$K_{FF} = 2,2$$

$$(3,5 \cdot 1) + (2,2 \cdot 1) + 1 = 6,7$$

$T_{e_1}$

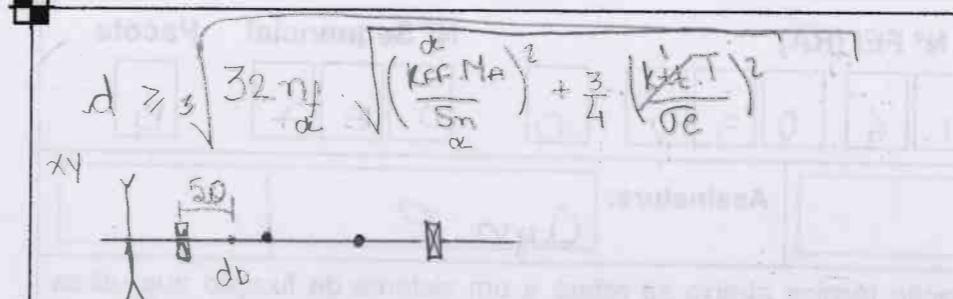
$$P = T \cdot n = \frac{2\pi}{60} n \cdot T = \frac{2\pi \cdot 900}{60} \cdot T_1 = 90.736 \quad T_1 = 390,5\text{ N.m} = B_1 = B_2$$

$T_{C_1}, T_{C_2} = T_{P_1}$

$$\frac{T_P 2}{T_P 1} =$$

$$\frac{T_C}{T_B} = \frac{Z_C}{Z_B} \quad \frac{T_C}{390,5} = \frac{35}{25}$$

$$1 \cdot T_C = 1171,4\text{ N.m}$$



$$M_{xy} = 2677,44 \cdot 50 = 133872,00\text{ N.m/mm}$$

$$T = 390,5$$

$$S_n = 300$$

$$n_f = \pi$$

$$K_{FF} = 2$$

$$M_R = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2} = 138596,2\text{ N.mm}$$

$$d = 44,6$$

Normalizado  $d = 45\text{ mm}$

$$d_C = 700$$

rolamento não transmite potência e todo o torque é absorvido

$$e = 1$$

$$d_{PP} = \sqrt{\frac{32 \times 1171,4 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \times 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}} = 42,87\text{ mm}$$

$$736,50 = \frac{2\pi}{60} \cdot n_3 \cdot 4685,5$$

$$n_3 = 75,00\text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	4,7	---
1	b) $d_{ASME}$	45,00	mm
1	c) $T_{R2}$	0	Nm
1	d) $d_{PC1}$	42,9	mm
1	e) $n_{P2}$	75	rpm

1 2 . 2 1 4 . 0 7 0 . 0

0 6 7

B

Nome: Ayla ChristinaAssinatura: Ayla E

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $As=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $St=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $Kap=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço “ ” localizado na célula “R\_\_\_”.

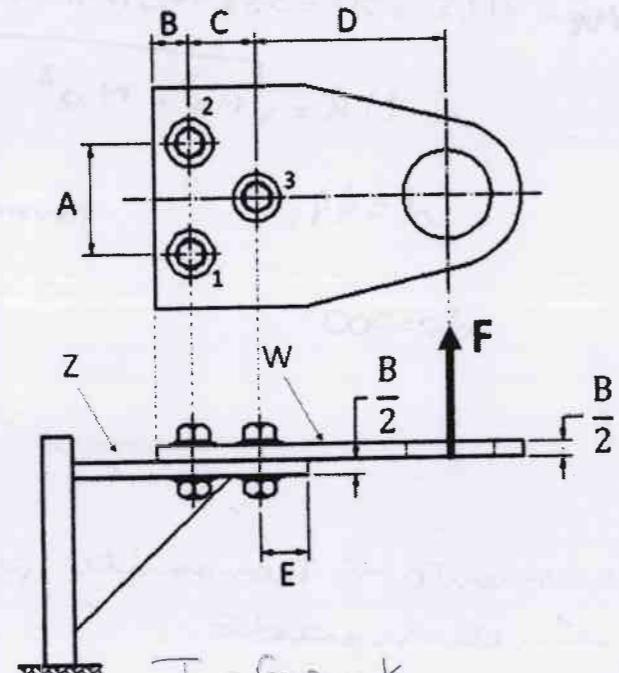
b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

$$\sigma_e = 8,8 \times 10 = 88 \text{ MPa}$$



$$T = F_{ap} \times k$$

Relaxação

$$\alpha_r = 0,05$$

F

$$F_{ap} = 400480 \text{ N}$$

$$T = 272220,4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$C = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

$$T_{ap} = F_{ap} \cdot 13,546 \cdot 0,2$$

$$As = 2,3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 37 \cdot 10^3 \sqrt{1 + 48 \cdot 0,2^2}$$

$$As = 186,02$$

$$0,195(1 - 0,05) \cdot 640$$

$$\frac{10}{270} = \frac{R_3}{80}$$

$$640 = \frac{F_{ap}}{157}$$

$$F_{ap} = 100480$$

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R___	11,85	kN
1	b) $F_{ens}$	119	kN
1	c) Relaxação		---
1	d) $T_{ap}$	272,22	Nm
1	e) Aumento ou redução	Aumentar	%

Nome: *Covin Eduardo Gobetti*Assinatura: *Covin Eduardo Gobetti*

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $As=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $St=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $Kap=0,2$ .

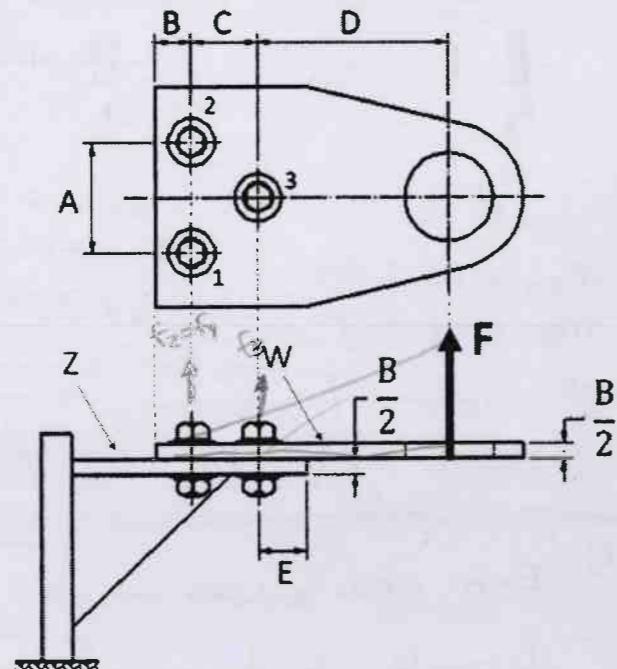
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R \_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



a)

$$\frac{40}{270} = \frac{f_3}{80} \therefore f_3 = 11,08 \text{ kN}$$

b)

$$G_e = \frac{f_{ens}}{As} \quad As \geq n_p(1-C) P_{max} \sqrt{1-k_p k_j}$$

$$640 = \frac{f_{ens}}{As} \quad 0,95(1-St) G_e$$

$$As \geq 187 \text{ mm}^2 \quad f_{ens} = 11,08 \text{ kN}$$

c)

2) Classe 8.8:  $\begin{cases} G_p = 800 \text{ MPa} \\ G_e = 640 \text{ MPa} \end{cases}$

$$T_{ap} = f_{ap} \cdot k_p$$

$$T_{ap} = 100480 \cdot 13,546 \cdot 0,2$$

$$T_{ap} = 272220,42 \text{ N-mm} \rightarrow T_{ap} = 272,22 \text{ N.m}$$

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 3	kN
1	b)	Fens	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: Címon Eduardo Giolmi

Assinatura: Címon Eduardo Giolmi

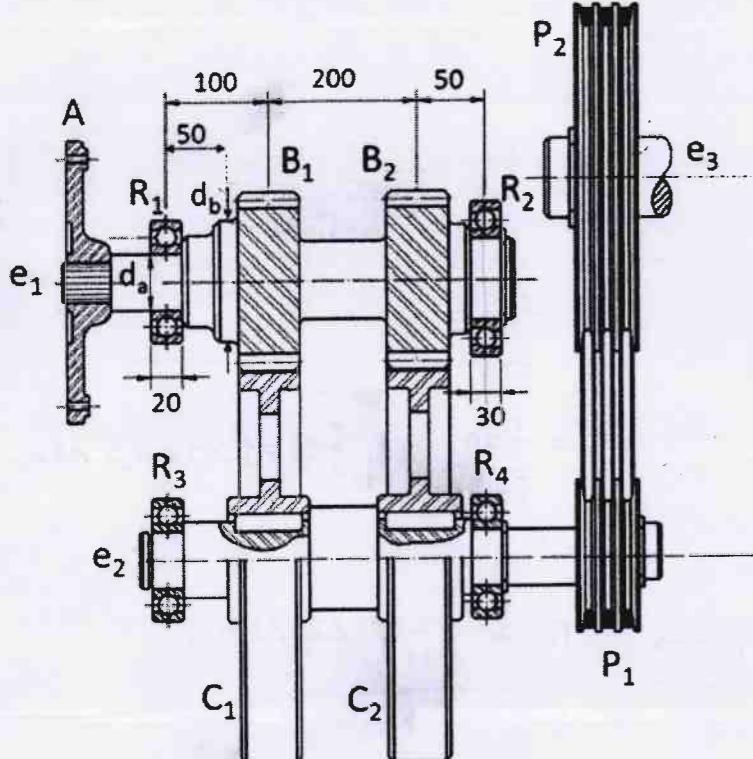
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_{th}=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\text{Cáculo 3.6} \quad \begin{cases} G = 300 \text{ MPa} \\ \sigma = 720 \text{ MPa} \\ S_{th} = 100 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$a) K_{FF_C} = (K_{FF_1} - 1) + (K_{FF_2} - 1) + 1$$

$$K_{FF_C} = (2,2 - 1) + (3,5 - 1) + 1$$

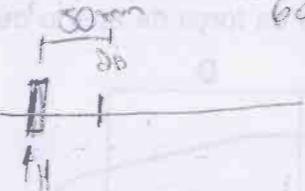
$$K_{FF_C} = 4,7$$

K<sub>FF<sub>1</sub></sub> → garantido

$$\begin{cases} G = 300 \text{ MPa} \\ r/d = 0,05 \end{cases} \Rightarrow K_{FF_1} = 2,2$$

$$b) P = T_m \cdot v$$

$$50.736 = T_{max} \frac{2\pi \cdot 900}{60}$$



$$M_H = H \cdot 50$$

$$M_H = 2677,44 \cdot 50$$

$$M_H = 133872 \text{ N-mm}$$

$$M_V = V \cdot 50$$

$$M_V = 717,55$$

$$M_V = 35877,5 \text{ N-mm}$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{K} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 133872}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1.390,16 \cdot 10^3}{720}\right)^2} \quad d \geq 14,81 \text{ mm}$$

c) Em meu entendimento o  $T_{queje} = 0$ , pois rolamento nos é elemento de transmissão de potênci, e todo o torque é suportado pelos engranamentos anteriores ao rolamento 2.

$$J) i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{75}{25} = 3 \quad \omega = \frac{n_2}{n_1} = \frac{300}{75} = 4 \quad d_{pp} = \sqrt{\frac{32 \cdot 1171,38 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,63 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}}$$

$$i = \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_2}{390,46} \quad T_{2max} = 1171,38 \text{ Nm}$$

$$d_{pp} = 42,23 \text{ mm}$$

$$e) P_3 = P_{unidade}$$

$$50.736 = 4685,5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_3$$

$$n_3 = 75 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	---
1	b) d <sub>ASME</sub>	45	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	0	Nm
1	d) d <sub>PP C1</sub>	42,23	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm