

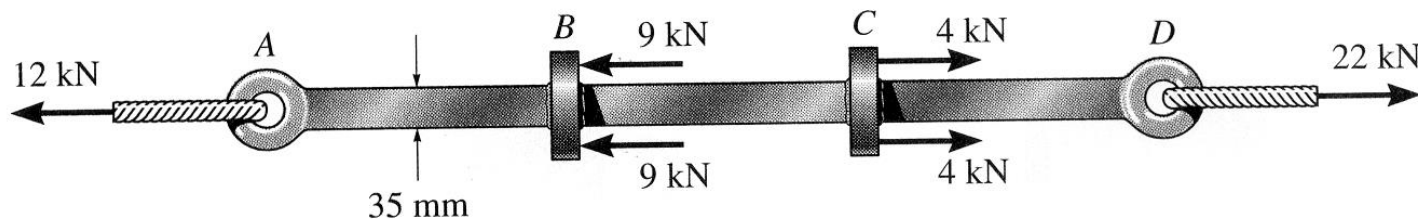
# *ELEMENTOS DE MÁQUINAS (SEM 0241)*

Notas de Aulas v.2020

*Lista de exercícios – Aula 03 – RM aplicada a Elemaq*

Professor: Carlos Alberto Fortulan

Ex 3.1 - Uma barra tem seção constante de 35mmx10mm. Determine a máxima tensão normal média na barra quando sujeita ao carregamento mostrado.



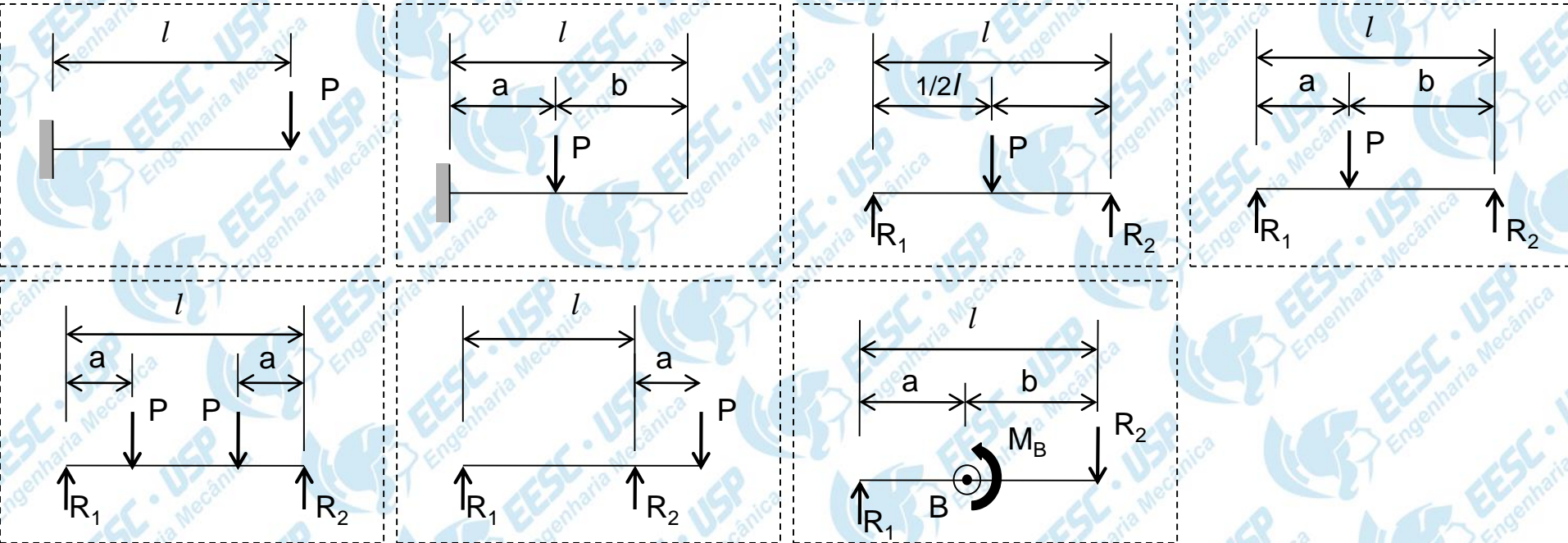
$$\sigma_{BC} = \frac{P_{BC}}{S} = \frac{30 \cdot 10^3}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 85,7 \text{ MPa}$$

$$P_{BC} = 30 \text{ kN}$$

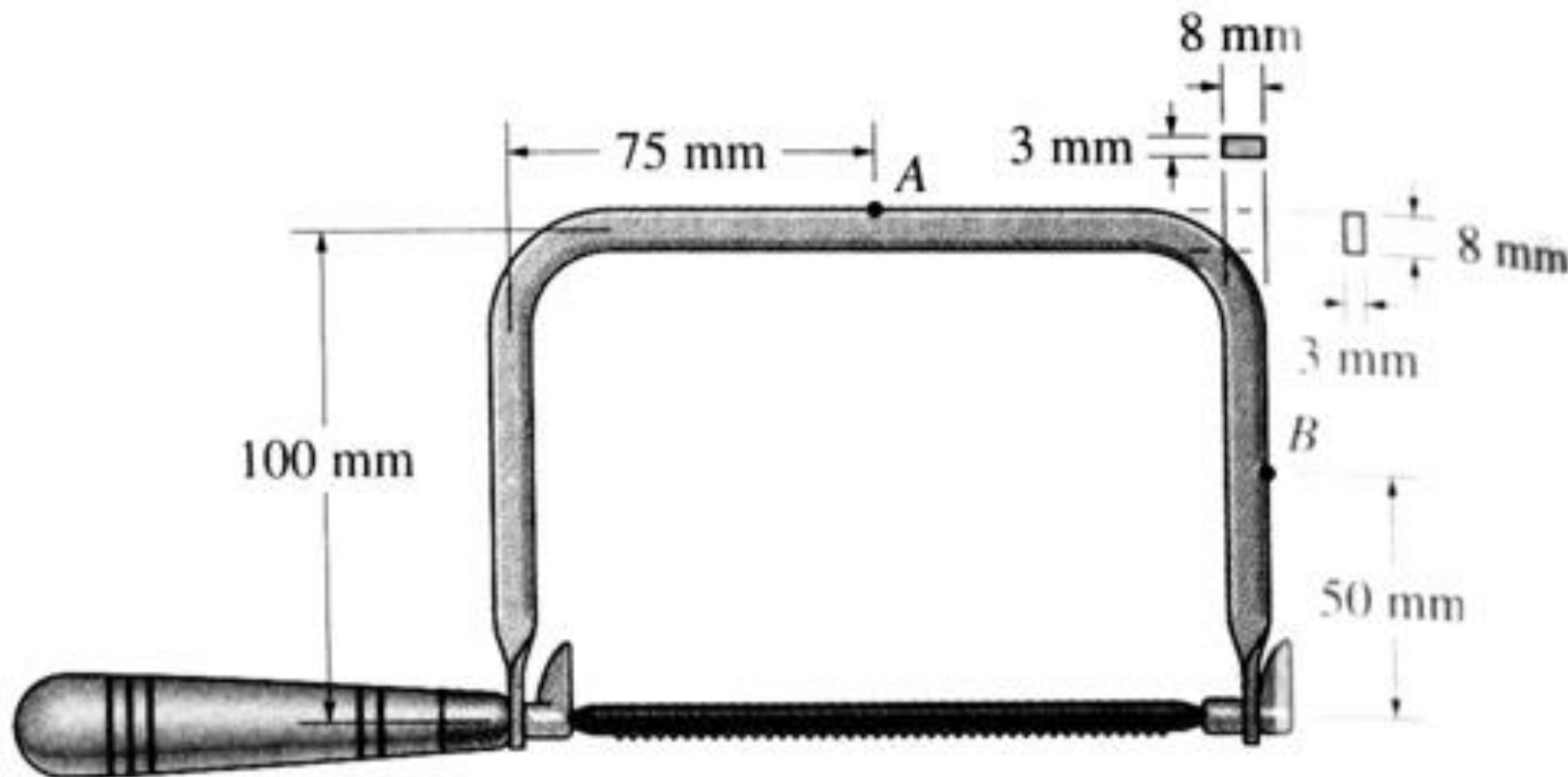
$$\sigma_{BC} = 85,7 \text{ MPa}$$

Fonte: adaptado de HIBBELER, R. C. Mechanics of materials. 3ª ed. Prentice-Hall, Inc. USA, 1994. p31.

Ex 3.2- Desenhar os diagramas de momento e cortante nas vigas indicadas. Calcular os máximos



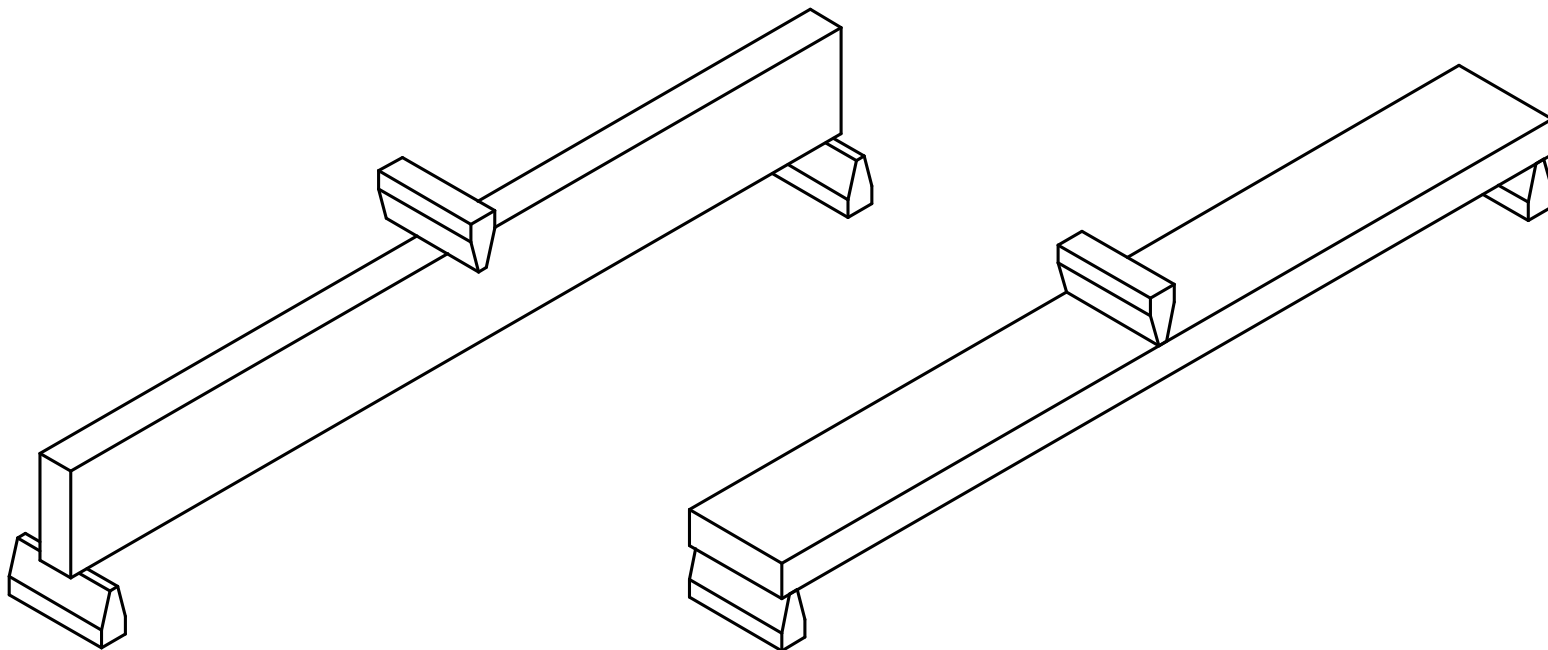
Ex 3.3- O arco de serra tem sua lâmina tracionada com tensão de 40N. Determine o estado de tensão na seções A e B.



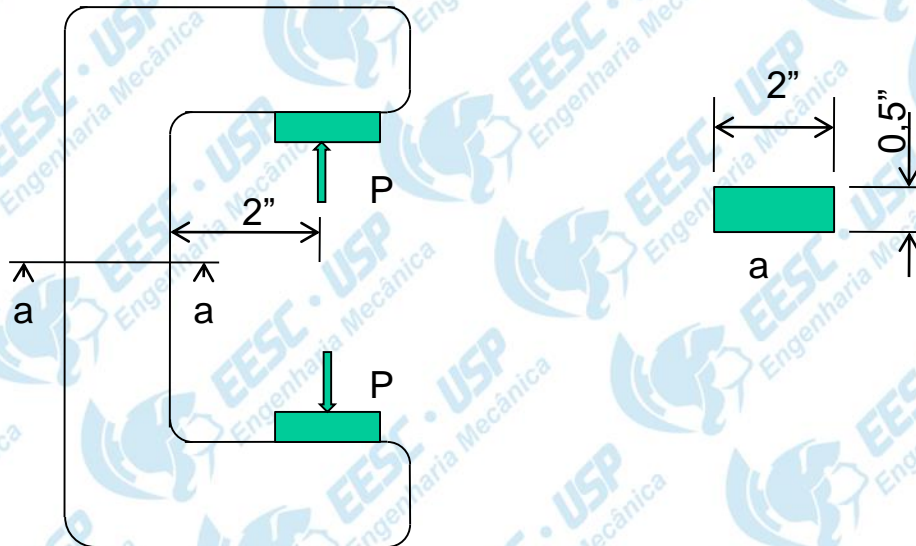
$$A: \sigma_x = 123,33 \text{ MPa}; -126,67 \text{ MPa}$$

$$B: \sigma_y = \pm 62,5 \text{ MPa}$$

Fonte: adaptado de HIBBELER, R. C. Mechanics of materials. 3ª ed. Prentice-Hall, Inc. USA, 1994. Ex 8-19, 6-102.



Ex 3.4- Determine a magnitude da carga  $P$  que irá causar a máxima tensão normal de  $\sigma_{\max} = 30 \text{ ksi}$  na seção a-a.

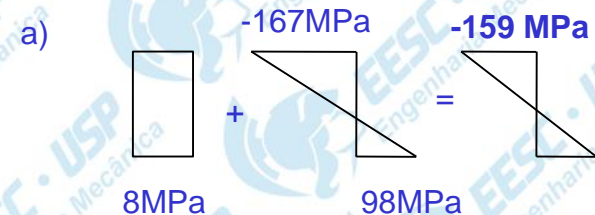
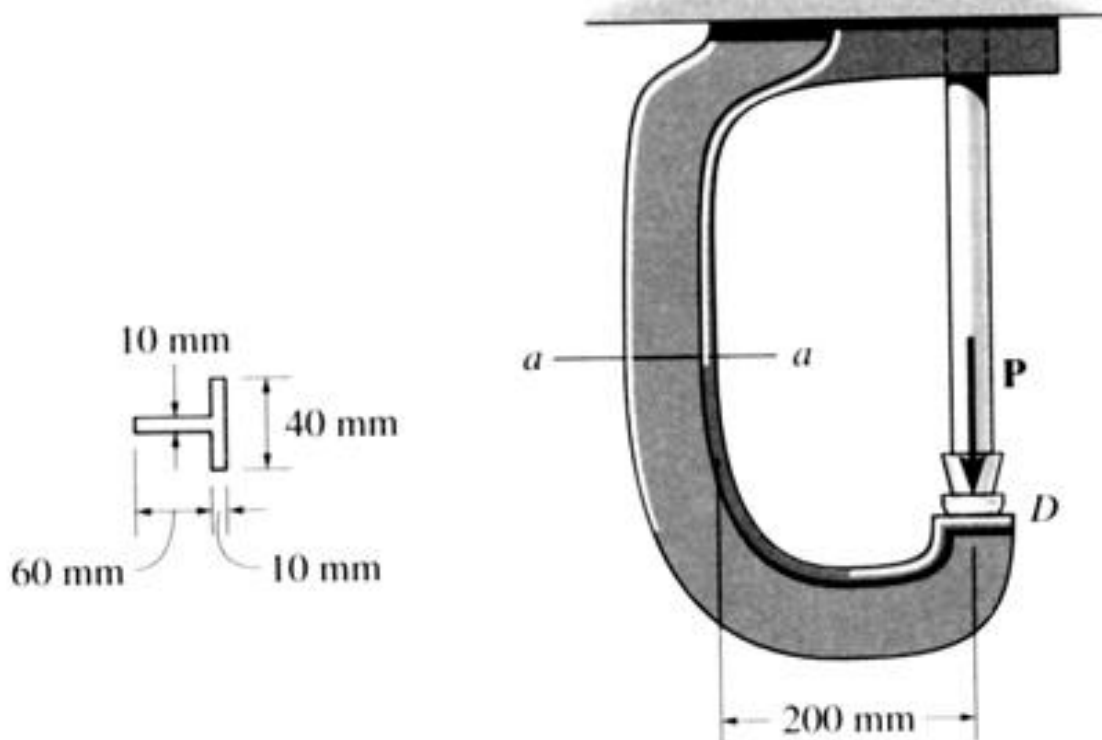


$$P=3\text{kip}$$

Fonte: adaptado de HIBBELER, R. C. Mechanics of materials. 3ª ed. Prentice-Hall, Inc. USA, 1994. Ex. D70, p. 815.

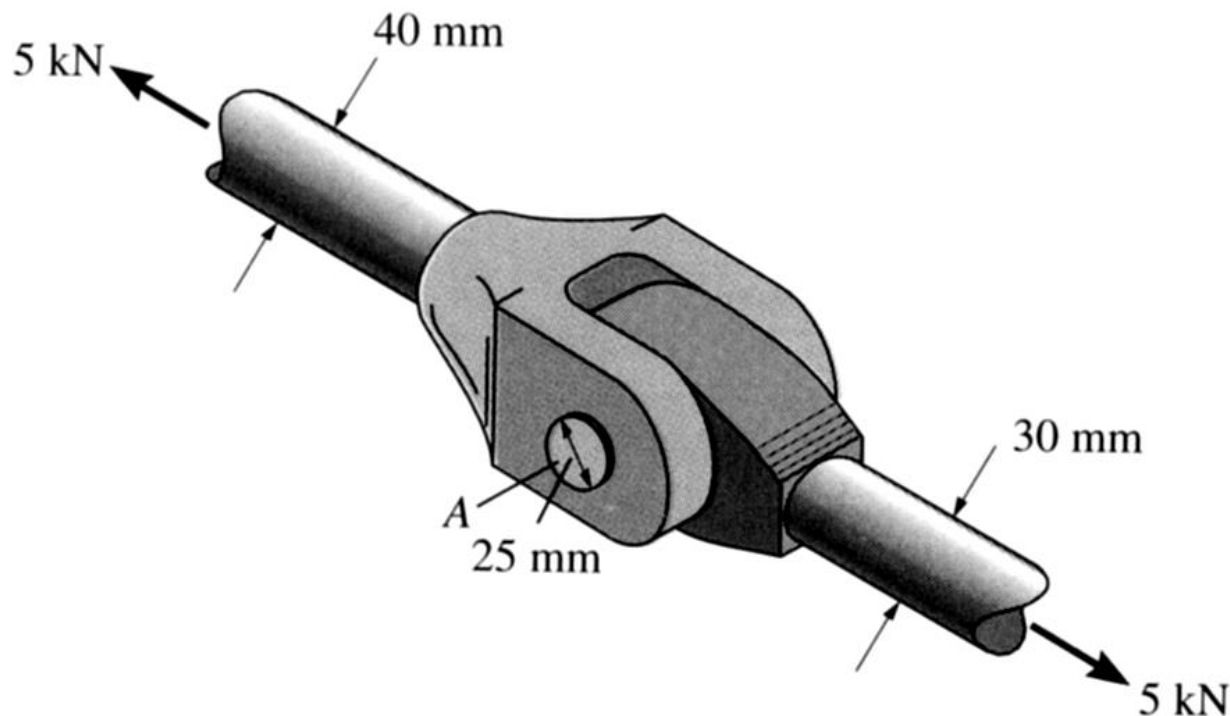
Ex 3.5 – Para o grampo “C” abaixo se a força  $P$  no ponto  $D$  for de  $8\text{kN}$  desenhe os diagramas de  $M$ ,  $N$  e o diagrama da tensão atuante na seção  $aa$ . Qual seria o máximo valor de que pode ser aplicada no ponto  $D$  se a tensão admissível do material for:

$$\sigma_{\text{adm}} = 180\text{MPa}?$$



b)  $P = -9,08\text{ kN}$

Ex 3.6- Uma conexão é submetida a uma tensão de tração de 5kN. Determine a tensão média em cada haste e a tensão de cisalhamento média no pino A.



$$\sigma_{40} = 3,98 \text{ MPa}$$

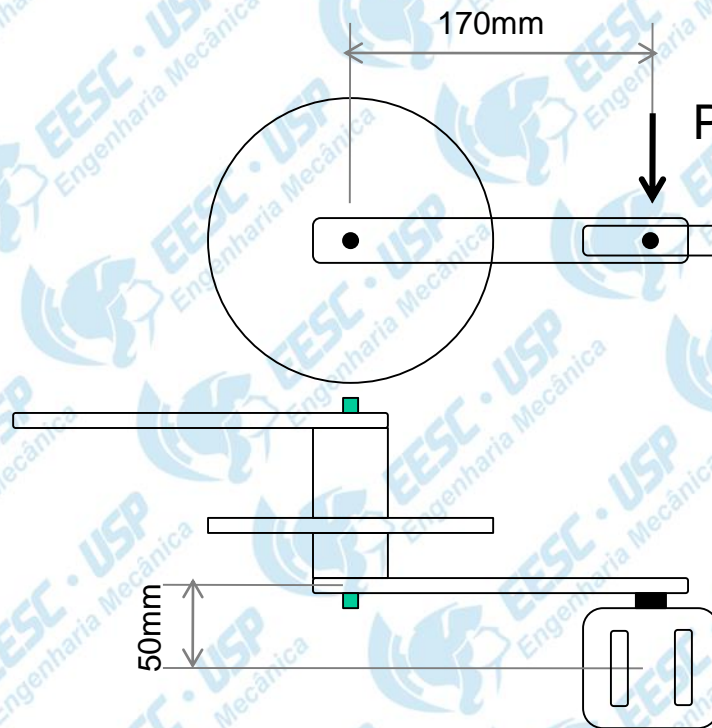
$$\sigma_{30} = 7,07 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{pino(média)}} = 5,09 \text{ MPa}$$

Fonte: adaptado de HIBBELER, R. C. Mechanics of materials. 3ª ed. Prentice-Hall, Inc. USA (1994) Ex. 1-119 p68.



Ex 3.7- Um ciclista aplica uma força de 1500N no pedal de uma bicicleta, determine o torque aplicado na roda dentada e o máximo momento fletor e torque no braço conectado ao pedal. (considere os dois braços, os pedais e a articulação como uma única peça)



Resp:

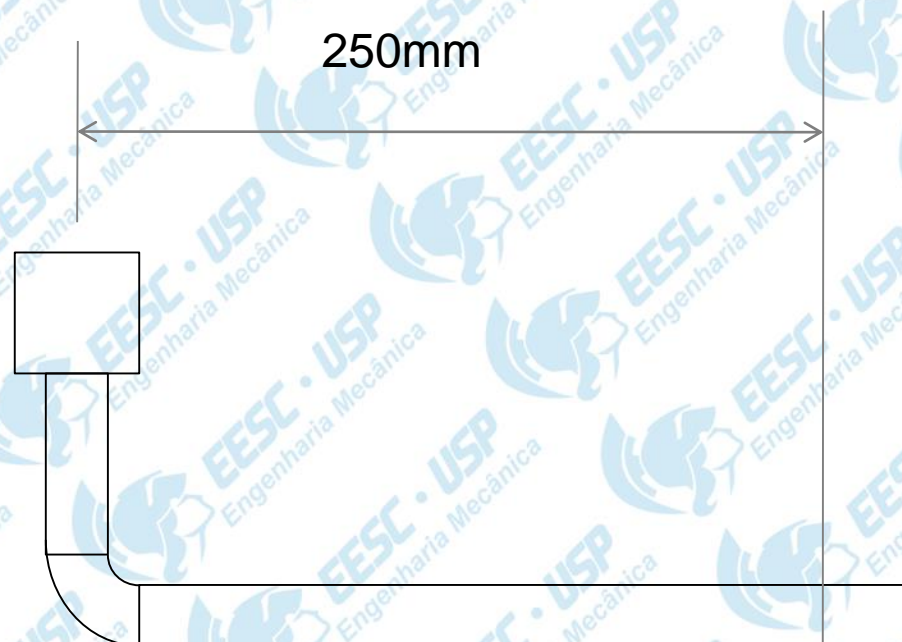
$M_t = 255 \text{ N.m}$  na roda dentada.

$M_f = 255 \text{ N.m}$  no braço (pé de vela).

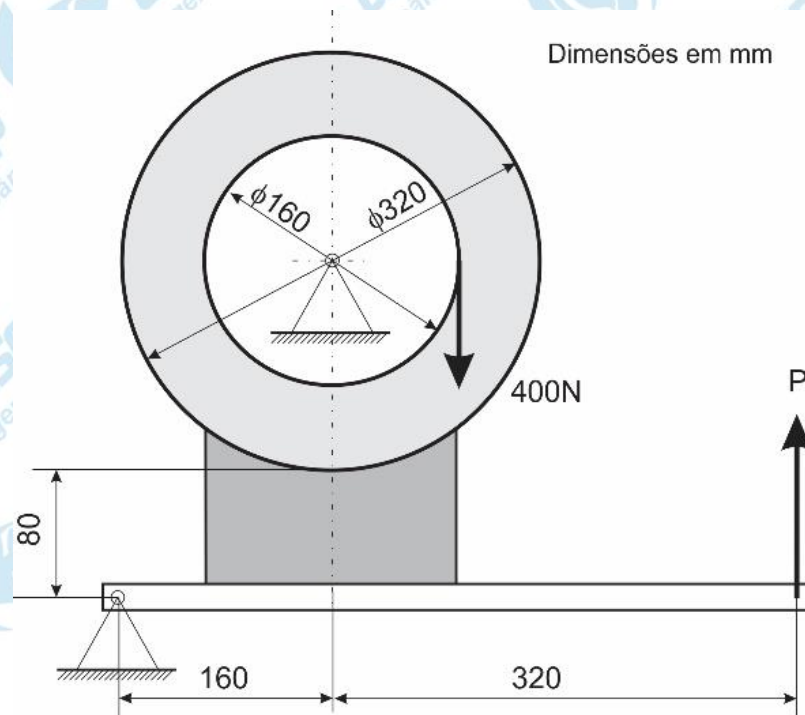
$M_t = 75 \text{ N.m}$  no braço do pedal.

Ex 3.8- Para soltar a parafuso da roda de um carro popular é preciso realizar força 32kgf.

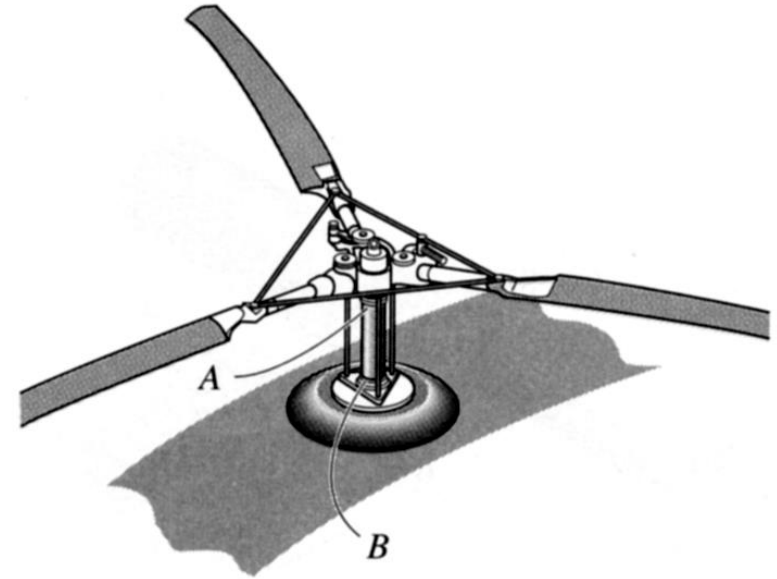
- qual é o torque necessário para soltar o parafuso?
- um homem que pesa 80kgf costuma subir com um pé sobre a chave, qual torque está sendo imposto.
- o que uma senhora que é capaz de realizar apenas 25 kgf deve fazer?



Ex 3.9- Uma força de 400 N é aplicada à polia mostrada na Figura abaixo. A polia é impedida de girar por uma força  $P$  aplicada ao final da alavanca do freio. Se o coeficiente de atrito na superfície do freio for 0,20, determine o valor de  $P$ .



Ex 3.10- O motor de um helicóptero desenvolve 600 HP no eixo AB quando as hélices estão na rotação de 1200 rpm. Determine com aproximação de 1/8" o diâmetro do eixo AB se a  $\tau_{adm} = 10.5$  ksi e o ângulo limite de torção do eixo for de 0,05 rad. O eixo tem 2 pés de comprimento e feito de aço L2\*.



\*Aço L2:  $E=200\text{GPa}$ ;  $\sigma_e=703\text{MPa}$ ;  $\sigma_r=800\text{MPa}$ ;  $\nu=0,32$ .

$$M_t = 7130 \frac{N}{n}, \text{ onde: } M_t = \text{momento torçor em N.m}$$

$N = \text{potência em HP}$

$n = \text{rotação em rpm}$

$$\theta = \frac{M_t \cdot l_0}{G \cdot J_t}; \quad E = 2G(1 + \nu)$$

$\theta$ , ângulo de torção em radianos

$J_t$ , segundo momento polar de área

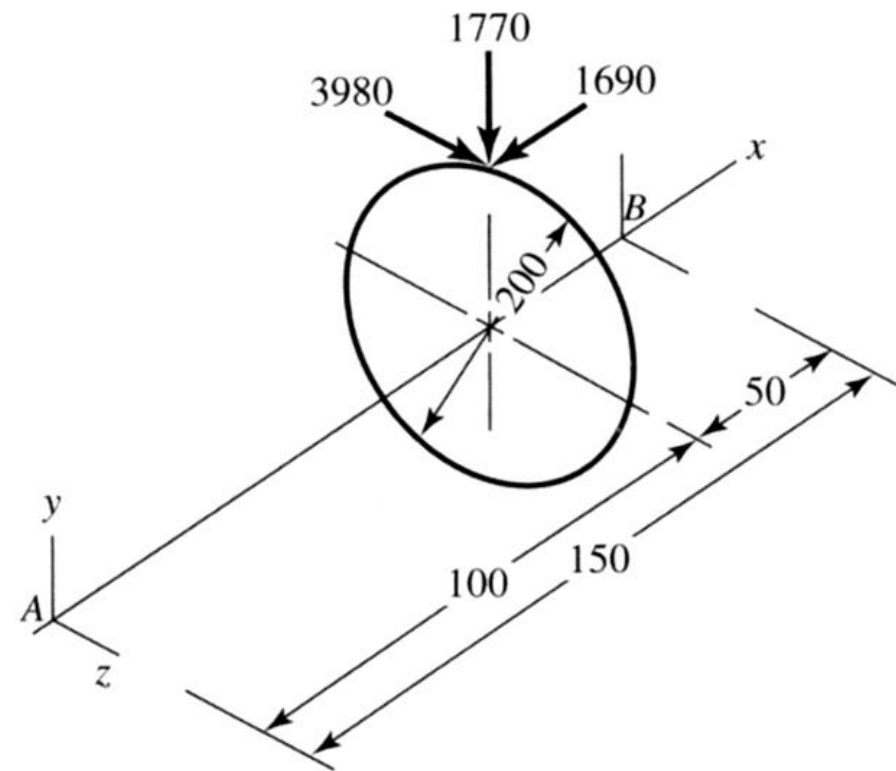
$G$ , módulo de rigidez

Satisfazendo:  $\theta \geq 1,94^\circ$

Satisfazendo  $\tau_{adm}$ :  $d \geq 2,464$ "

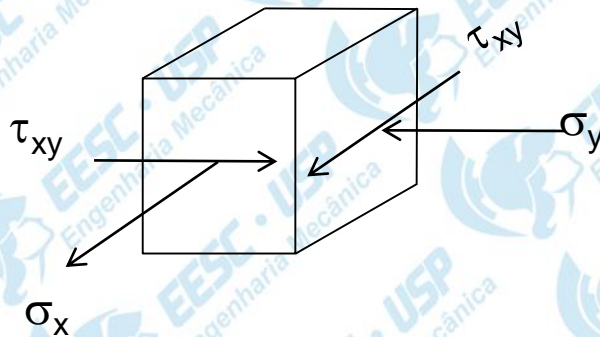
R: 2,5"

Ex 3.11- O eixo representado na figura, está apoiado em mancais nas extremidades (bloqueio em A) e carrega uma engrenagem cilíndrica helicoidal que no seu diâmetro primitivo (200mm) está submetidas aos esforços e direções mostradas. Calcule as reações de apoio nas extremidades do eixo. O torque terá reação em A. Trace os diagramas M, N e Q.

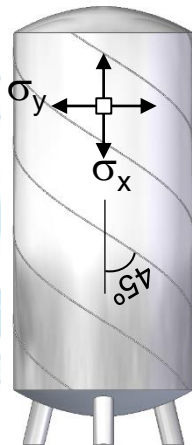


Ex 3.12- Um elemento de tensão tem  $\sigma_x=80\text{MPa}$  e  $\tau_{xy}=-50\text{MPa}$  em sentido horário. Utilizando o círculo de Mohr encontre as tensões principais e as direções e mostre-as em um elemento de tensão corretamente alinhadas em relação a coordenada  $xy$ . Desenhe um outro elemento para mostrar  $\tau_1$  e  $\tau_2$ , encontre as tensões. Repita empregando uma abordagem algébrica.

Ex 3.13- Um elemento em estado plano de tensão tem  $\sigma_x=40000\text{psi}$ ,  $\sigma_y=-20.000\text{psi}$  e  $\tau_{xy}=30.000\text{psi}$  no sentido anti-horário. Determinar as tensões principais pelo círculo de Mohr.



Ex 3.14- O vaso de pressão cilíndrico mostrado na Figura abaixo tem o diâmetro interno de 2m, paredes de 3mm e comprimento de 4 metros. É feito de chapas de aço enroladas e soldadas a 45°. Determine as tensões normais e cisalhantes ao longo da costura (~distante das tampas) quando estiver sujeito a uma pressão interna (p) de 0,6 MPa.



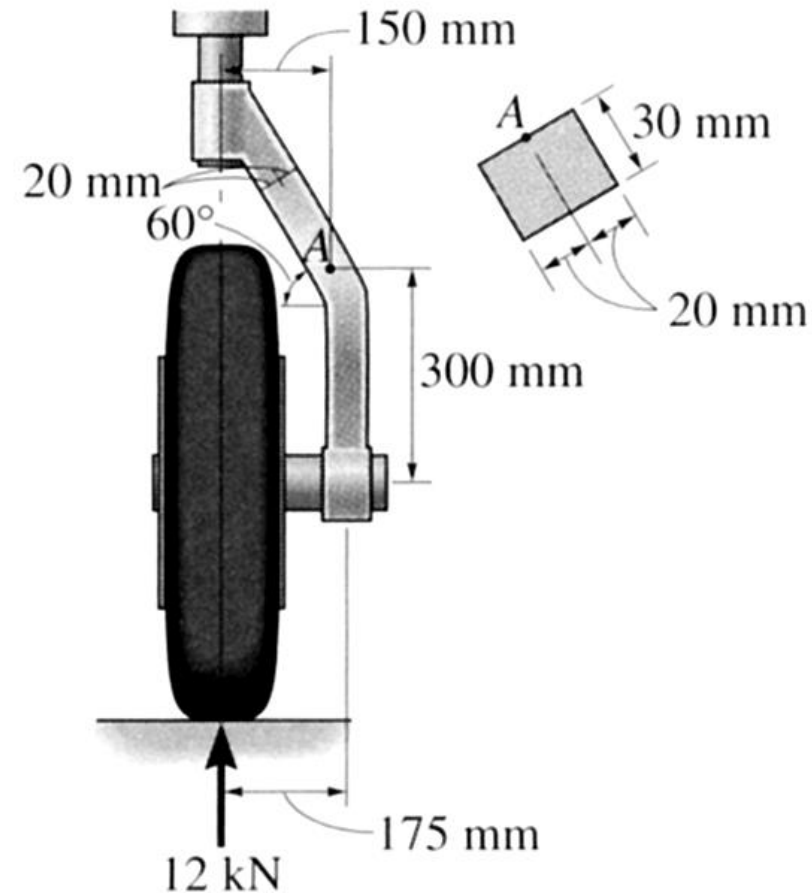
$$\sigma_x = p \cdot r / 2t$$

$$\sigma_y = p \cdot r / t$$

$$R.: \sigma_{45} = 150 \text{ MPa}; \tau_{45} = 50 \text{ MPa}$$



Ex 3.15- A roda do nariz de um avião é projetada para uma carga de 12 kN. Determine a tensão principal que atua no suporte da roda feito em alumínio no ponto A.



$$\sigma_1 = 4,33 \text{ MPa}; \sigma_2 = -13 \text{ MPa}$$

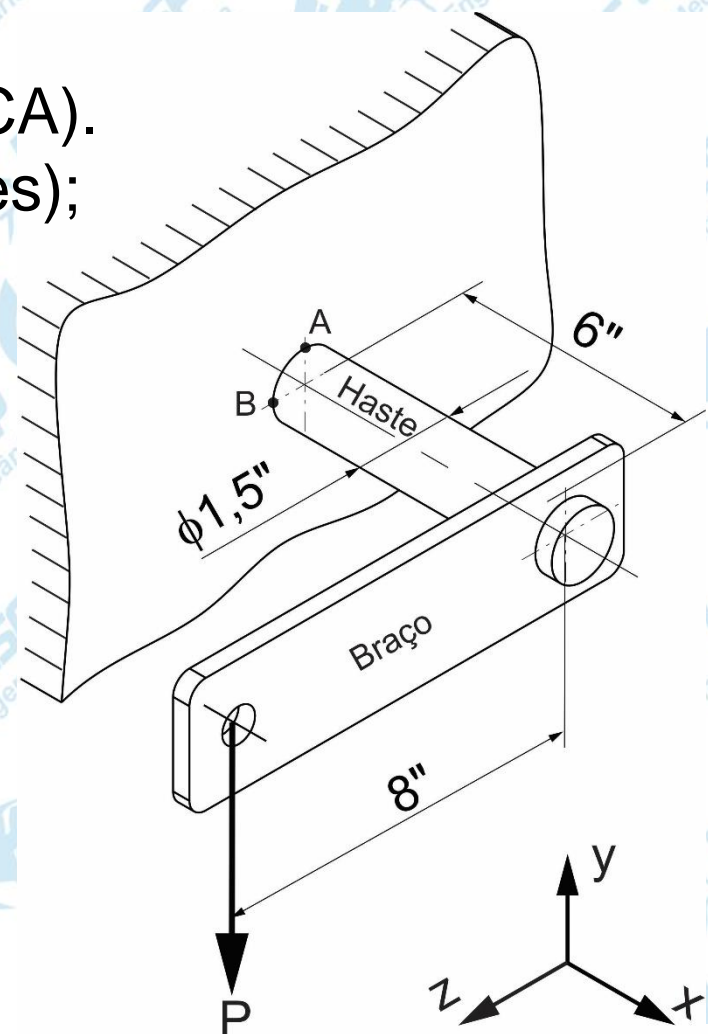
Fonte: adaptado de HIBBELER, R. C. Mechanics of materials. 3ª ed. Prentice-Hall, Inc. USA, 1994. Ex 9-4, pag 464

Ex 3.16- Determine os coeficientes de segurança para o suporte do tirante mostrado abaixo, nos pontos A e B, baseado na teorias:

- Máxima tensão normal;
- Máxima tensão de cisalhamento (TRESCA).
- Máxima Energia de Distorção (von Misses);

Material: alumínio 2024-T4  $\sigma_e = 47000 \text{ psi}$

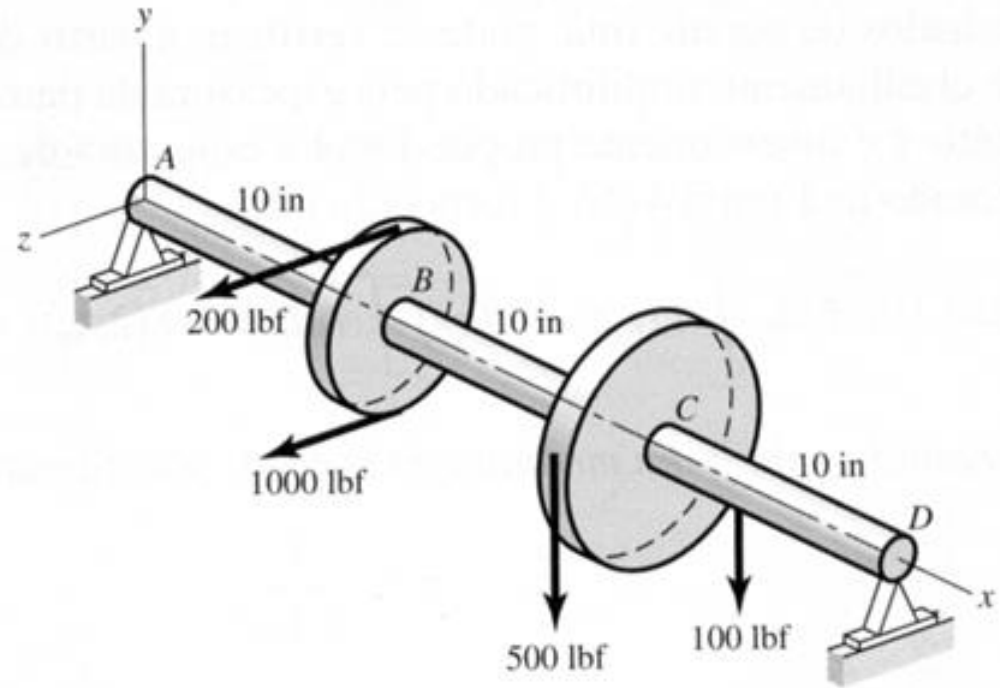
Carga;  $P = 1000 \text{ lbf}$



Alumínio 2024-T4, (Al 90,7-94,7%; Cu 3,8-4,9%; Mg 1,2-1,8%; Mn 0,3-0,9%) - alta ductilidade, média resistência à corrosão, boa usinabilidade e forjamento. Aplicada em máquinas.

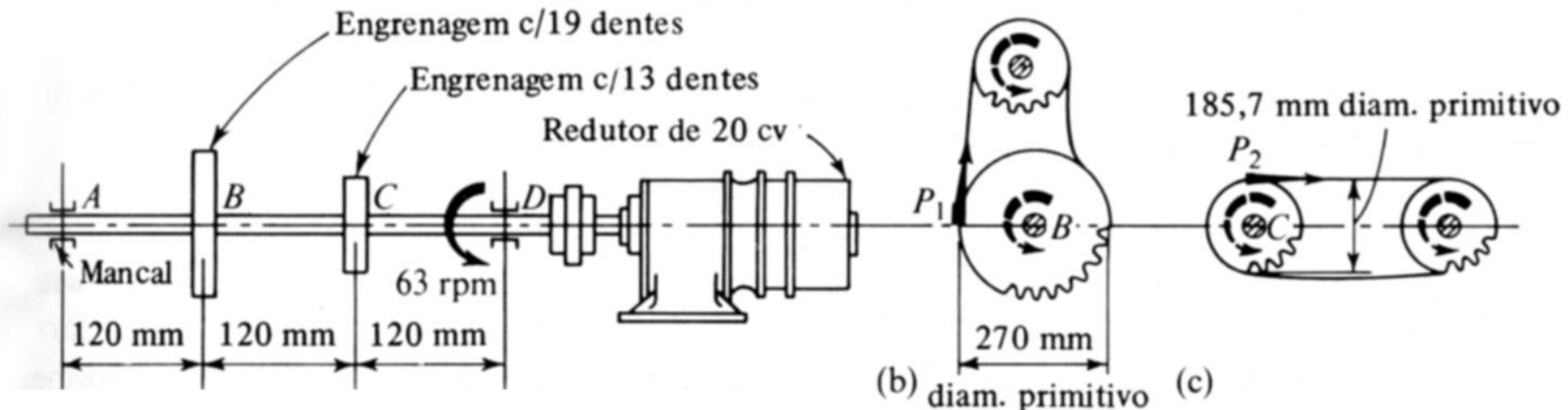
Fonte: Adaptado de NORTON, R.L. "Projeto de Máquinas", 2.ed. Bookman, Porto Alegre, 2004. p.185 e p.189

Ex 3.17 - Um eixo maciço de aço de 1,5 in de diâmetro (figura ao lado) está apoiado em mancais A e D. Duas polias são unidas a ele por interferência, tendo a polia B  $\varnothing$  4,0 in e a polia C  $\varnothing$  8,0 in. Trace os diagramas  $M_f$ ,  $Q$  e  $M_t$ .



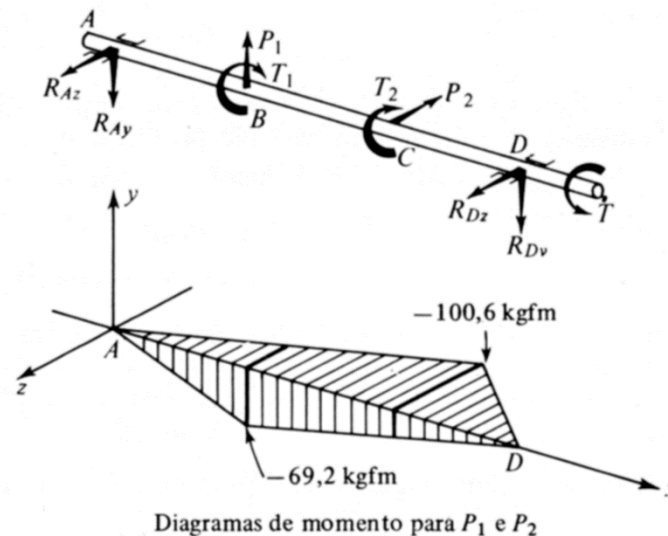
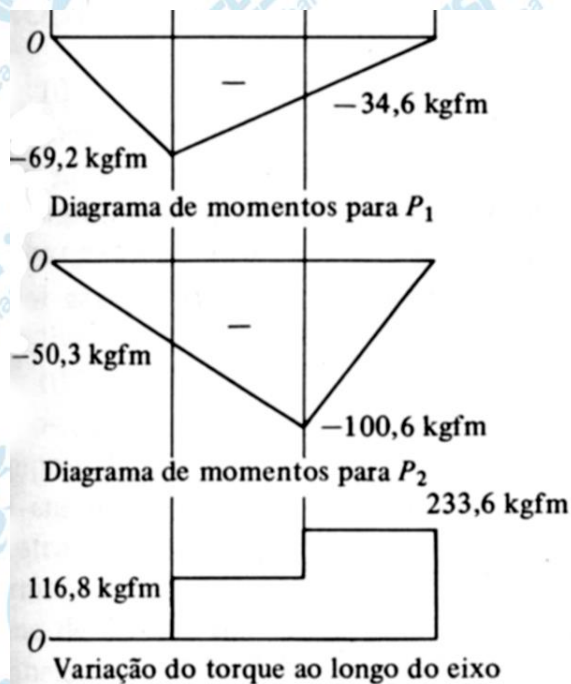
Determine a seção submetida à tensão máxima, trace os diagramas de distribuição de tensão nesta seção, calcule as coordenadas do ponto submetido à máxima tensão normal e determine as tensões de cisalhamento devido as forças cortantes neste ponto, pondere. Trace o círculo de Mohr correspondente, determine as tensões principais e as direções em que elas atuam e mostre-as em um elemento de tensão no plano formado pelas direções  $x$  e tangencial.

Ex 3.18– Verifique com que coeficiente de segurança, segundo o critério de Tresca, está dimensionado o eixo (figura abaixo) de diâmetro constante de  $\varnothing 70\text{mm}$ . Em cada roda são consumidos 10CV. Considerar  $\tau_{\text{adm}} = 42\text{ MPa}$ .

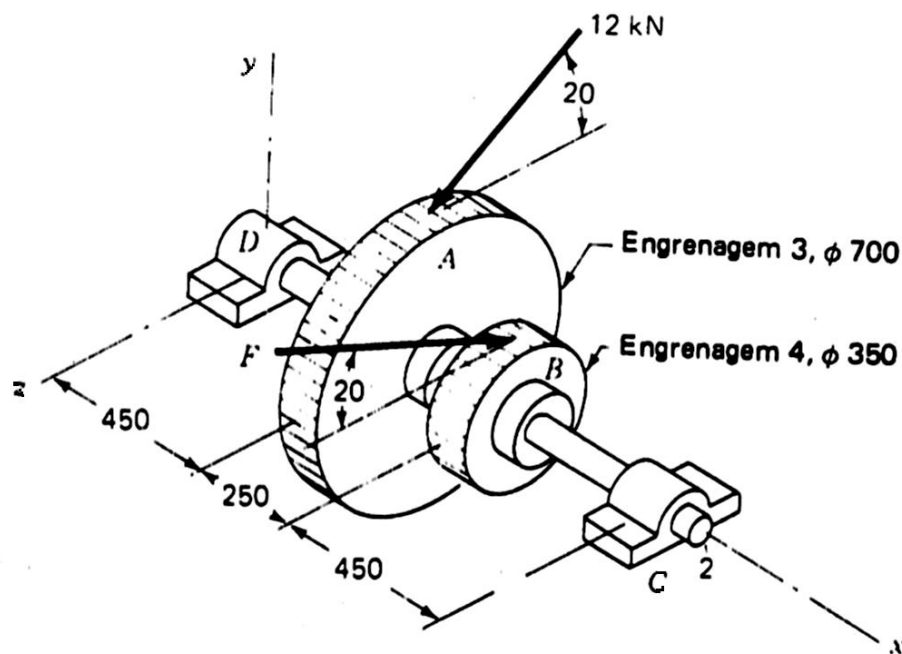


$$1\text{ CV} = 0,9863\text{ HP}$$

Fonte: POPOV EP. *Introdução à mecânica dos sólidos*. Trad. Amorelli MOC. Ed. Edgard Blücher, 1978. p.346 (adaptado)



Ex 3.19 - No eixo mostrado estão montadas duas engrenagens cilíndricas de dentes retos com ângulo de pressão de  $20^\circ$ . Trace os diagramas  $M_f$ ,  $Q$  e  $M_t$ . Considerando somente as tensões de flexão e torção, e supondo diâmetro de eixo de  $\varnothing 90\text{mm}$ , determine a seção submetida à tensão máxima, trace os diagramas de distribuição de tensão nesta seção e o círculo de Mohr no ponto de máxima tensão.



Shigley, J.P. Mechanical Engineering Design.  
3rd ed. International Student Edition.  
McGraw-Hill. (1985) p345.