ITA

CURSOS DE ENGENHARIAS AERONÁUTICA E AEROESPACIAL

EST-25 - 1ª Prova - 2018

Nome: FERNANDO FIORINI AER 20

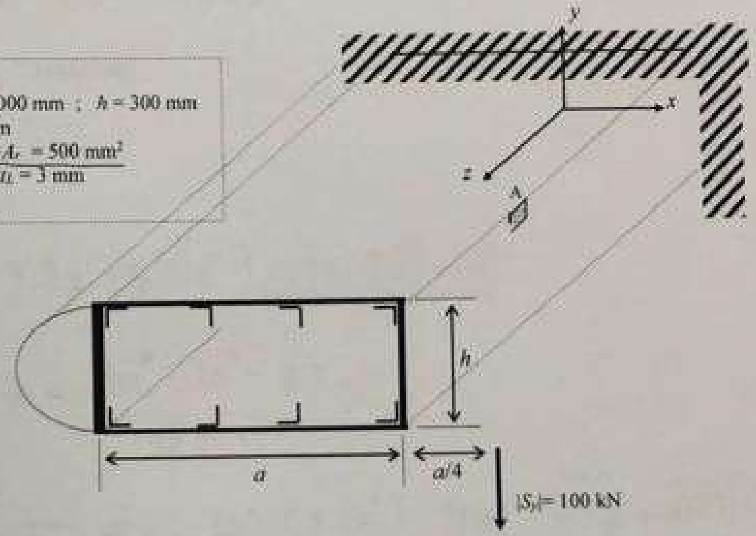
Tempo de prova: 150 min. Prova com consulta somente aos seu formulário. Permitido uso de calculadora. Entregar todas páginas desta prova. Entregar o seu formulário! Os desenhos não estão em escala. Use os versos das folhas (vamos economizar papel!). Destaque sua resposta.

*** BOA PROVA ! ***

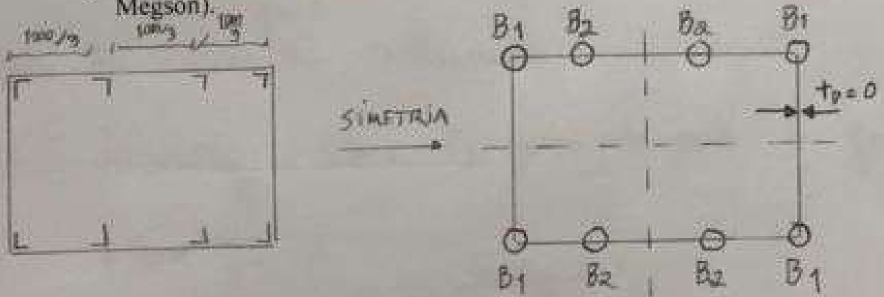
1) (4,0) Seja o caixão estrutural feito de alumínio, retangular, sujeito a uma força cortante em z = 10.000 mm. A origem do sistema de coordenadas está localizado no CG da seção transversal, junto ao engastamento. A seção transversal em destaque tem dupla simetria. Despreze o efeito da restrição axial. Os reforçadores são pequenos, estão igualmente espaçados, e pode-se desprezar a inércia à flexão em torno de seus próprios CGs.

Seção transversal:
- dimensões das linhas médias: $a = 1000$ mm ; $h = 300$ mm
- espessura do revestimento: $t_R = 2$ mm
- área de cada um dos 8 reforçadores: $A_r = 500$ mm^2
- espessura das almas das longarinas: $t_L = 3$ mm
- Alumínio: E=72GPa, G=28GPa

OBS: 1 MPa = 10^6 N/m^2 = 1 N/mm^2
1 GPa = 10^9 N/m^2 = 10^3 N/mm^2



a) (0,5) Idealize e seção transversal, utilizando 8 *booms* (conforme idealização estrutural proposta pelo Megson).



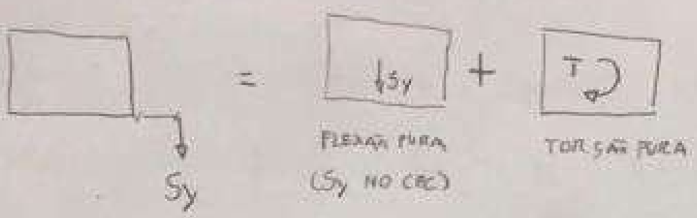
$M_y = 0$

$I_{xy} = 0$

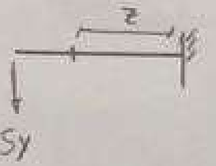
$$B_1 = \frac{3 \cdot 300}{6}\left(2 + (-1)\right) + \frac{2 \cdot \frac{1000}{3}}{6}\left(2+1\right) + 500 \quad \therefore \quad \underline{B_1 = 983{,}33 \text{ mm}^2}$$

$$B_2 = \frac{2 \cdot \frac{1000}{3}}{6}(2+1) + \frac{2 \cdot \frac{1000}{3}}{3}(2+1) + 500 \quad \therefore \quad \underline{B_2 = 1166{,}67 \text{ mm}^2}$$

b) (3,0) Calcule as tensões atuantes no ponto A:(500 ; 145 ; 7000) (coordenadas em mm), localizado na longarina traseira.



a) FLEXÃO PURA:



$M_x = |S_y| \cdot (10^4 - z) \qquad M_y = 0$

(Positivo segundo convenção)

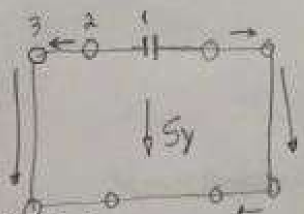
• Cálculo do Ixx da idealização:

$I_{xx} = \sum B y^2 = 4 B_1\, 150^2 + 4 B_2 \cdot 150^2 = \underline{1{,}935 \cdot 10^8\ mm^4}$

Logo, $\sigma_z = \frac{M_x}{I_{xx}}\, y \therefore \sigma_z = \frac{10^5\,(10^4 - z)}{1{,}935 \cdot 10^8}\, y$

No ponto A = (500; 145; 7000) → $\sigma_z = \frac{10^5\,(3 \cdot 10^3)}{1{,}935 \cdot 10^8} \cdot 145 \quad \boxed{\sigma_z = 224{,}8\ \frac{N}{mm^2}}$

• Cálculo das tensões fluxo de cisalhamento



Como Sy passa pelo ponto 1, $q_{s,0} = 0$

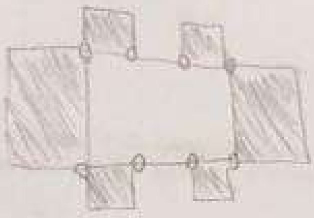
(Idealização)

$\therefore q_{s1,2} = -\frac{S_y}{I_{xx}} \left(\int_0^s \cancel{t}\, y\, ds + \sum B y \right) \qquad q_{s1,2} = \frac{10^5}{1{,}935 \cdot 10^8} \cdot 0 \therefore q_{s1,2} = 0$

$q_{s2,3} = \frac{10^5}{1{,}935 \cdot 10^8} \cdot 1166{,}67 \cdot 150 + 0 \therefore q_{s2,3} = 90{,}44\ \frac{N}{mm} = q_{s3}$

$q_{s3,4} = \frac{10^5}{1{,}935 \cdot 10^8} \cdot 983{,}33 \cdot (150) + 90{,}44 \therefore q_{s3,4} = 166{,}67\ \frac{N}{mm}$

Pela simetria:



Logo, o fluxo de cisalhamento é constante no ponto A = (500; 145; 7000) e vale $\tau_s = \frac{q_{s,y,a}}{t} = 55,56 \frac{N}{mm^2}$ (no sentido de $-\hat{y}$)

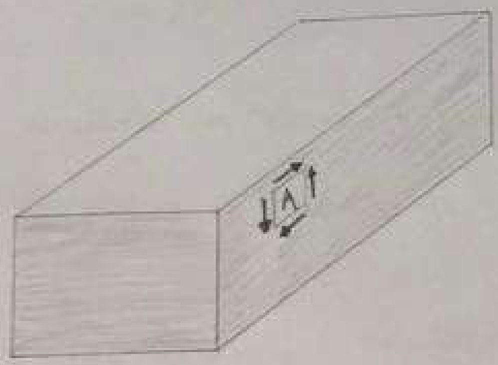
b) Torção pura:

$T = |S_y| \cdot \frac{3a}{4} = 10^5 \cdot 750 = 7,5 \cdot 10^7$ N.mm

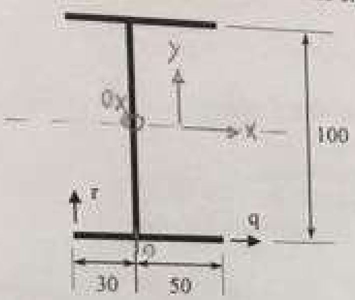
$\therefore \tau_{max} = \frac{T}{2At} = \frac{7,5 \cdot 10^7}{2 \cdot 100 \cdot 300 \cdot 3} = 41,67 \frac{N}{mm^2}$ (no sentido de $-\hat{y}$)

$\therefore$ No ponto A $\begin{cases} \sigma_z = 224,8 \ N/mm^2 \\ \tau_{xz} = -97,22 \ N/mm^2 \end{cases}$

c) (0,5) Desenhe o estado de tensões em A, contendo direções e sentidos reais das tensões atuantes.



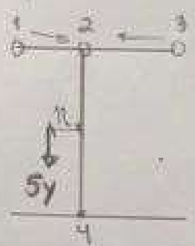
2) (3,5) Seja a seção transversal "I" de paredes finas, com um eixo de simetria. A seção tem espessura uniforme $t = 2$ mm. As dimensões cotadas estão em mm, e referem-se às linhas médias. Obtenha as coordenadas (q,r) do CEC.



Cálculo do centróide

$$\bar{x} = \frac{100 \cdot 2 \cdot 0 + 80 \cdot 2 \cdot 10 + 80 \cdot 2 \cdot 10}{100 \cdot 2 + 80 \cdot 2 + 80 \cdot 2} \qquad \boxed{\bar{x} = 6,154 \text{ mm}}$$

Aplicando uma força Sy no CEC



lembrar que Sy é negativo

Da simetria em x, $I_{xy} = 0$

Cálculo do Ixx

$$I_{xx} = 2\left(\cancel{\frac{80 \cdot 2^3}{12}} + 80 \cdot 2 \cdot 50^2\right) + \frac{2 \cdot 100^3}{12} + 2 \cdot 100 \cdot 0 \qquad I_{xx} = 9,67 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

Cálculo dos fluxos de cisalhamento

$$q_{s1,2} = -\frac{S_y}{I_{xx}} \int_0^s t y \, ds \;\therefore\; q_{s1,2} = \frac{-S_y}{9,67 \cdot 10^5} \, 2 \cdot 50 \cdot 30 = -3,10 \cdot 10^{-3} S_y$$

$$q_{s3,2} = -\frac{S_y}{I_{xx}} \int_0^s t y \, ds \;\therefore\; q_{s3,2} = \frac{-S_y}{9,67 \cdot 10^5} \, 2 \cdot 50 \cdot 50 = -5,17 \cdot 10^{-3} S_y$$

Torque resultante em relação ao ponto 4 deve ser nulo. Logo,

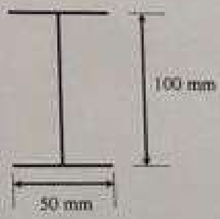
$$\cancel{S_y}\, \eta = (5,17 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 100 - 3,10 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 100)\cancel{S_y}$$

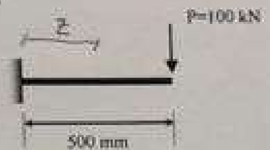
$$\boxed{\eta = 16,55 \text{ mm}}$$ Representado no desenho

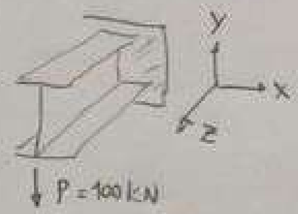
Logo, $(q, r) = (-16,55,\ 50)$

3) (1,0) Com relação às nervuras existentes em uma asa, indique Verdadeiro ou Falso
[F] Não contribuem significativamente para aumentar a estabilidade estrutural do revestimento e da alma da longarina.
[F] Aumentam significativamente o momento de inércia à flexão da seção transversal da asa.
[V] São muito importantes para a manutenção do perfil aerodinâmico original da asa, especialmente sob torção.
[F] São pontos de fixação de cargas concentradas, tais como motores.

4) (1,5) Uma viga *cantilever* feita de alumínio (E=70GPa, ν=0,3) tem seção transversal "I" (abaixo, cotas pelas linhas médias, espessura t=2mm). A viga possui 500 mm de comprimento. A carga P está aplicada no CEC. Determine o deslocamento máximo da viga, levando-se em conta a influência das tensões normais e de cisalhamento. Se preferir, pode usar uma idealização estrutural (pode ser uma bem simples!), conforme apresentada por Megson.







Da simetria, $I_{xy} = 0$ Como $S_x = 0 - M_y = 0$

- $M_x = 10^5 (500 - z)$
- Cálculo de I_{xx}: (Paredes finas)

$$I_{xx} = \left(\frac{50 \cdot \cancel{2^3}}{12} + 50 \cdot 2 \cdot 50^2\right) \cdot 2 + \frac{2 \cdot 100^3}{12} + 2 \cdot \cancel{100} \cdot 0$$

$$I_{xx} = 6{,}67 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$v'' = -\frac{M_x}{EI_{xx}} = -\frac{\cancel{10^5}(500 - z)}{70 \cdot 10^3 \cdot 6{,}67 \cdot \cancel{10^5}} \qquad v''(z) = \frac{z - 500}{4{,}67 \cdot 10^5}$$

$$\therefore v(z) = \frac{1}{4{,}67 \cdot 10^5}\left(\frac{z^3}{6} - \frac{500 z^2}{2} + c_1 z + c_2\right)$$

Como a viga é engastada, $v(0) = 0$ e $v'(0) = 0$

Logo, $c_1 = 0$ e $c_2 = 0$

$$v(z) = \frac{1}{4{,}67 \cdot 10^5}\left(\frac{z^3}{6} - \frac{500 z^2}{2}\right)$$

Na extremidade, $z = 500$ $\therefore$ $v(500) = -89{,}22$ mm