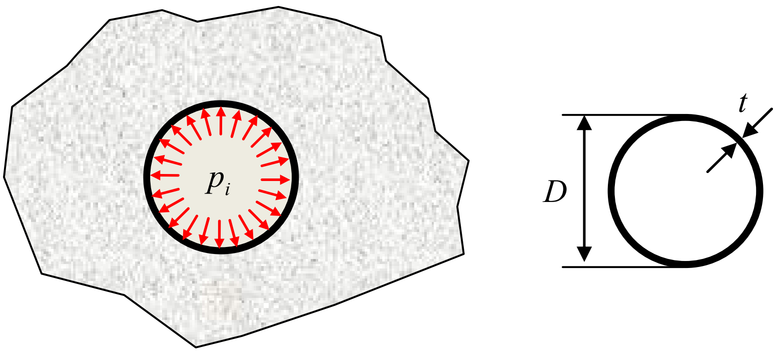
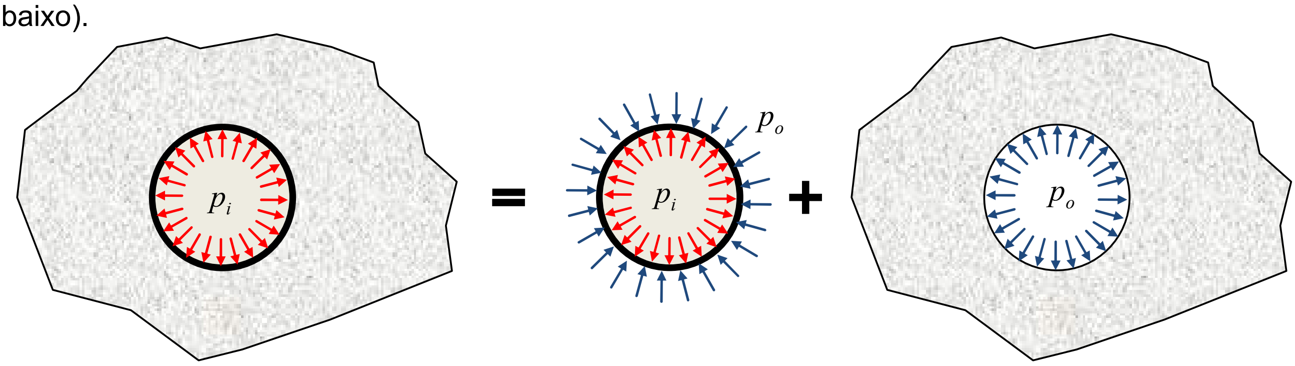
Problema 1. (1,0 ponto) Um poço vertical submetido a uma pressão interna p pode ser modelado como um sólido infinito com um furo cilíndrico de diâmetro $D = 2a$. Utilizando as equações para tubos de parede grossa e fazendo $b \to \infty \Rightarrow a/b \to 0$, $p_i = p$ e $p_o = 0$, mostre que a tensão radial, a circunferencial e a variação no diâmetro do poço são dadas, respectivamente, por $\sigma_{rr}(r) = -a^2 p/r^2$, $\sigma_{\theta\theta}(r) = a^2 p/r^2$ e $\Delta D = 2u_r(a) = (1+\nu_f)pD/E_f$, onde E_f e ν_f são as constantes elásticas da rocha.

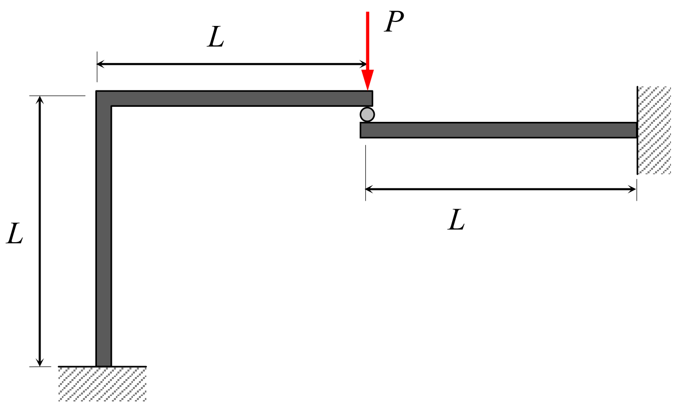
Problema 2. (2,5 pontos) A figura abaixo mostra um corte transversal num poço de petróleo vertical com diâmetro *D*. O poço é revestido por um tubo de aço cujo diâmetro externo e espessura são dados por D e t (D>>t). A pressão interna no interior do revestimento é p_i. O tubo do revestimento é também mostrado na figura. O módulo de elasticidade do material do tubo é E_t.



Determine p_o, que representa a pressão transmitida para a rocha, e a máxima tensão cisalhante produzida na parede interna do poço (para resolver a questão veja o Problema 1 e considere a figura abaixo).

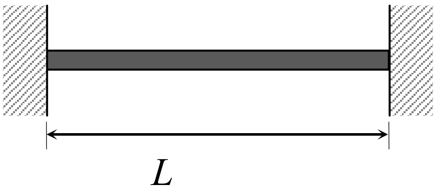


Problema 3. (2,5 pontos) A estrutura mostrada na figura ao lado é formada por uma barra em L engastada em uma de suas extremidades e em contato com uma viga horizontal na outra. As duas estruturas possuem a mesma rigidez a flexão, representada por EI. Determine o deslocamento vertical do ponto onde a força *P* é aplicada. Despreze a deformação axial da parte vertical da barra em L.

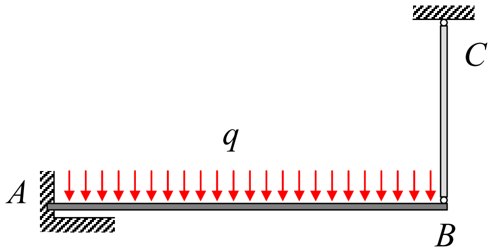


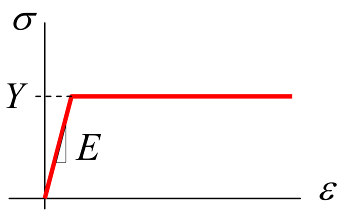
Problema 4. (2,5 pontos) Uma barra cujo material pode ser modelado como elástico/perfeitamente-plástico é engastada em suas duas extermidades. A área da seção transversal da barra, seu módulo de elasticidade, coeficiente de expansão térmica e limite de escoamento, em tração e compressão, são representados respectiamente por A, E, α e Y.

a) Determine ΔT_y, a variação de temperatura positiva que leva a barra a se comportar no regime plástico.
b) Determine a tensão residual na barra após um ciclo térmico onde a temperatura é elevada até $2\Delta T_y$ retornando em seguida para a temperatura de montagem.



Problema 5 (1,5 ponto)**.** A figura abaixo mostra a viga AB, cujo comprimento é L_V e o momento de inércia de sua seção retangular é $I_V = bh^3/12$. A viga é engastada na seção A e tem a extremidade B suspensa pela barra vertical BC, de altura H_B e área da seção transversal A_B. A barra é livre para girar tanto em B quanto em C, ou seja, estas junções não transmitem momentos. A viga é submetida a uma carga distribuída por unidade de comprimento q. A viga e a barra são fabricadas a partir do mesmo material, cujo comportamento mecânico pode ser modelado como elástico-perfeitamente-plástico e caracterizado pelo módulo de elasticidade E e pelo limite de escoamento Y (ver figura). Lembrando que para uma viga de seção retangular o momento fletor limite, responsável pelo colapso plástico, é $M_L = 1{,}5M_Y = 1{,}5\ (2Y\ I_V/h)$, determine o valor da carga limite q_L que leva o conjunto viga/barra a sofrer o colapso plástico. Suponha que as deformações plásticas apareçam inicialmente na barra.



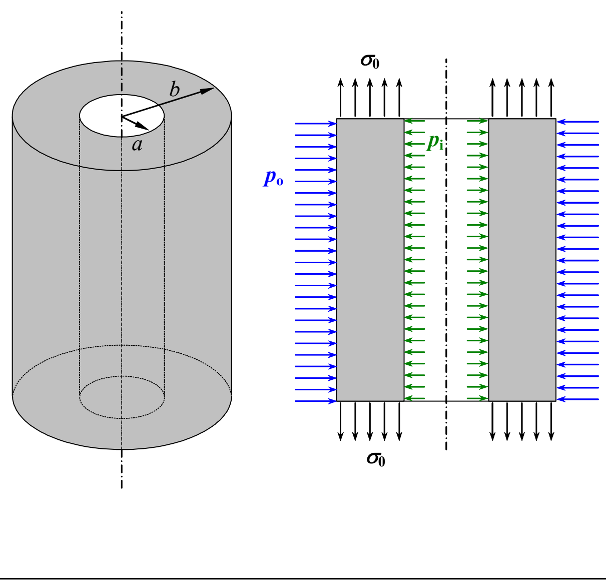


Tubo de parede grossa ($\sigma_0 = 0$)

$$\sigma_{rr}(r) = -\frac{\left(\frac{a^2}{r^2}-\frac{a^2}{b^2}\right)}{\left(1-\frac{a^2}{b^2}\right)}p_i + \frac{\left(\frac{a^2}{b^2}-\frac{a^2}{r^2}\right)}{\left(1-\frac{a^2}{b^2}\right)}p_o$$

$$\sigma_{\theta\theta}(r) = \frac{\left(\frac{a^2}{r^2}+\frac{a^2}{b^2}\right)}{\left(1-\frac{a^2}{b^2}\right)}p_i - \frac{\left(1+\frac{a^2}{r^2}\right)}{\left(1-\frac{a^2}{b^2}\right)}p_o$$

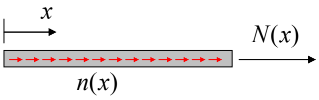
$$u_r(r) = \frac{1-\nu}{E}\frac{\left(p_i\frac{a^2}{b^2}-p_o\right)}{\left(1-\frac{a^2}{b^2}\right)}r + \frac{1+\nu}{E}\frac{(p_i-p_o)}{\left(1-\frac{a^2}{b^2}\right)}\frac{a^2}{r}$$



Tubo de parede fina ($\sigma_{xx} = 0$)

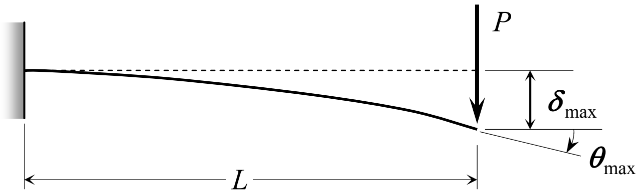
$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{PD}{2t} \qquad \varepsilon_{\theta\theta} = \frac{\Delta D}{D} = \frac{\sigma_{\theta\theta}}{E}$$

Carregamento axial



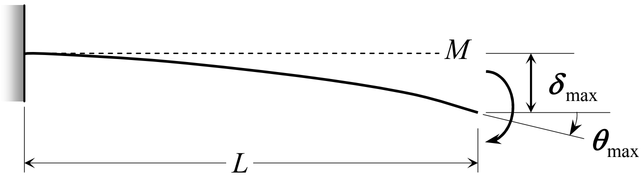
$$\frac{dN}{dx} + n(x) = 0,\ \varepsilon = \frac{N}{EA} + \alpha\,\Delta T,\ \text{e}\ \varepsilon = \frac{du}{dx}$$

Flexão



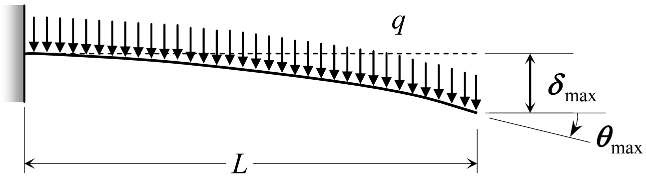
$$\delta(x) = \frac{Px^2}{6EI}(3L - x)$$

$$\delta_{\max} = \frac{PL^3}{3EI} \qquad \theta_{\max} = \frac{PL^2}{2EI}$$



$$\delta(x) = \frac{Mx^2}{2EI}$$

$$\delta_{\max} = \frac{ML^2}{2EI} \qquad \theta_{\max} = \frac{ML}{EI}$$



$$\delta(x) = \frac{qx^2}{24EI}\left(x^2 + 6L^2 - 4Lx\right)$$

$$\delta_{\max} = \frac{qL^4}{8EI} \qquad \theta_{\max} = \frac{qL^3}{6EI}$$