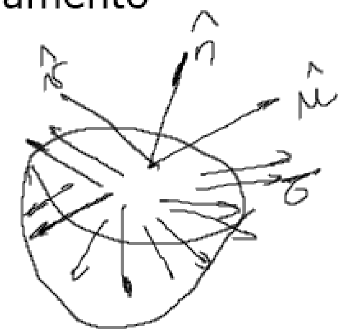
Cisalhamento

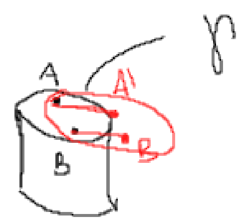


$\tau \Rightarrow$ Paralelas ao plano da S.T.

- Força cortante $\Rightarrow$ 2ª ordem (Vigas em flexão)
- torcional | com empenamento $\Rightarrow$ S.T. Não permanece plana

- Uniforme
  - Distorção uniforme

$$\boxed{\vec{\tau} = \frac{F_c}{A_{ST}}}$$



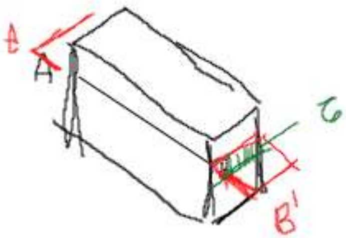
$$F_c = \oint_{A_{S.T.}} \tau \, dA$$

- Elástico Linear

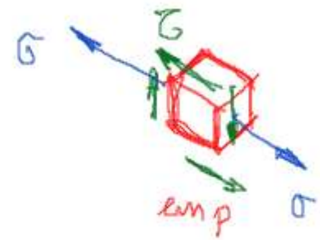
$$\tau = G\gamma$$

• Na flexão

Segmentos paralelos resultarão com comprimentos diferentes



$$\boxed{V = \int_{A_{st}} \tau \, dA}$$



"segundo ordem"

$\sigma_{fl} \approx 10$ MPa

$\tau_V \approx 0,1$ MPa

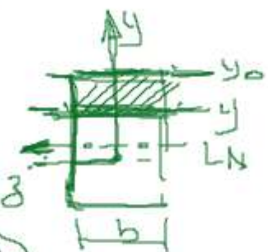
$$[\sigma] = \begin{bmatrix} 10 & \cancel{0,1} \\ \cancel{0,1} & 0 \end{bmatrix}$$

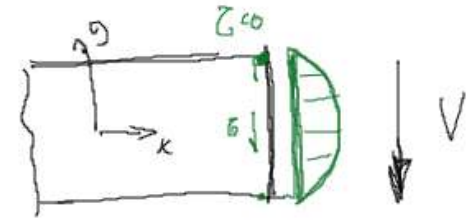
$$\boxed{\tau_V \ll \sigma_{fl}}$$

Até LN

$$\boxed{\tau = \frac{V}{I_{zz}\, b} \int_{y_0}^{y^*} y \, dA}$$

Mom. estático



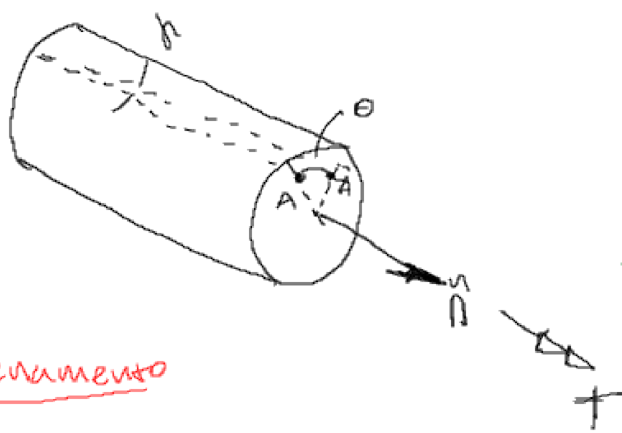


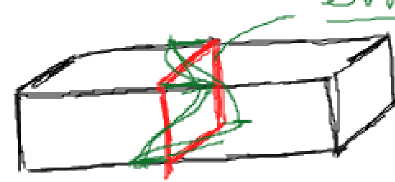
V = força cortante

Efeito torcional

θ - ângulo de torção

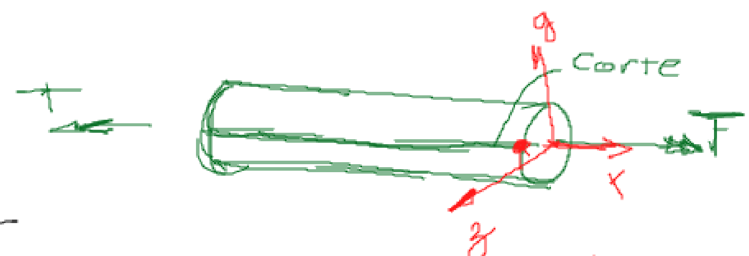
γ = ângulo de distor.





empenamento

Deformações Longitudinal



S.T. $\in$ Plano yz

Torcido

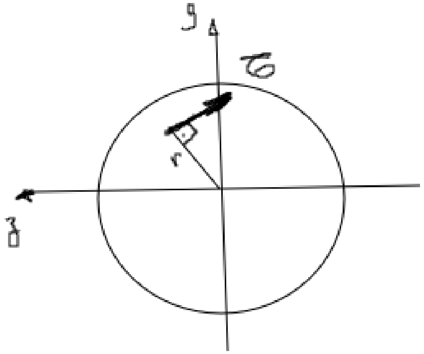
S.T. não é mais plano

Empenamento nulo

- Circular cheia
- Tubular (diam. concêntricos)

Sem empenamento

$$\tau = \frac{T}{J_p} \cdot r$$

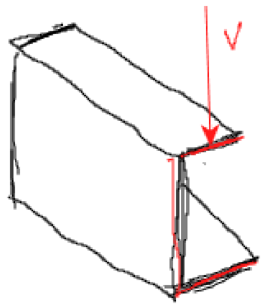


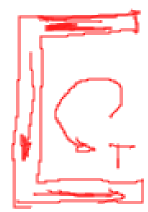
J_p = Momento Polar de inercia

P/ círculos (cheio)

$$\boxed{J_p = \frac{\pi d^4}{32}}$$

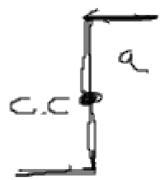
· <u>Flexo-torsional</u> – Vigas S.T. aberta paredes finas





⇒ Desequilíbrio do fluxo de cisalhamento

⇒ Linha de ação da força cortante passa pelo centro de cisalhamento



Modelos para cálculo da distribuição de tensões a partir dos esforços internos.

Esforços internos - determinados fazendo o equilíbrio estático de partes do sólido

R. M.

Distribuição de Tensões

Experimental

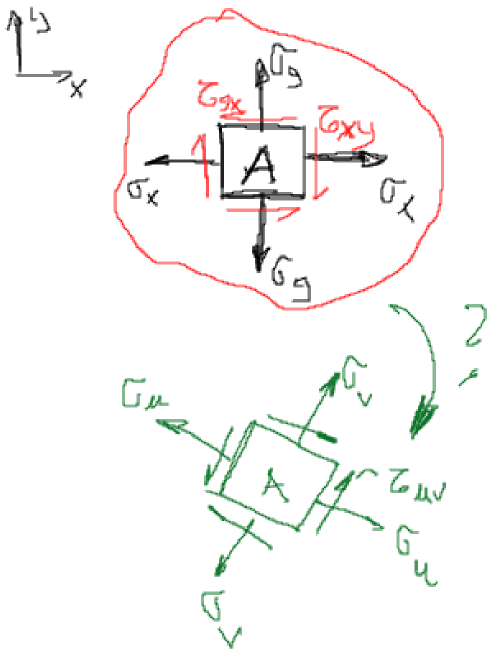
- Medição de deformação

Método dos elementos finitos

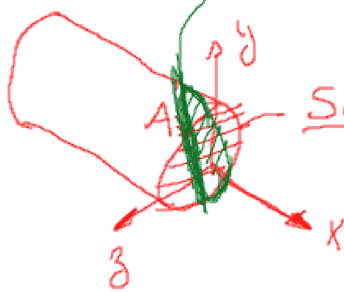
Numérico

Distribuição das tensões - critérios de falha

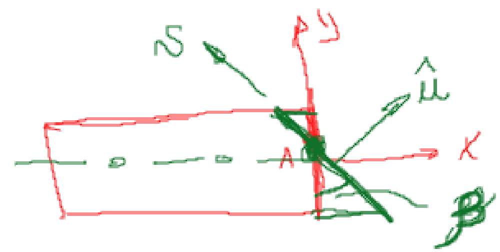
Estado de tensão - Plano (Ponto - A)

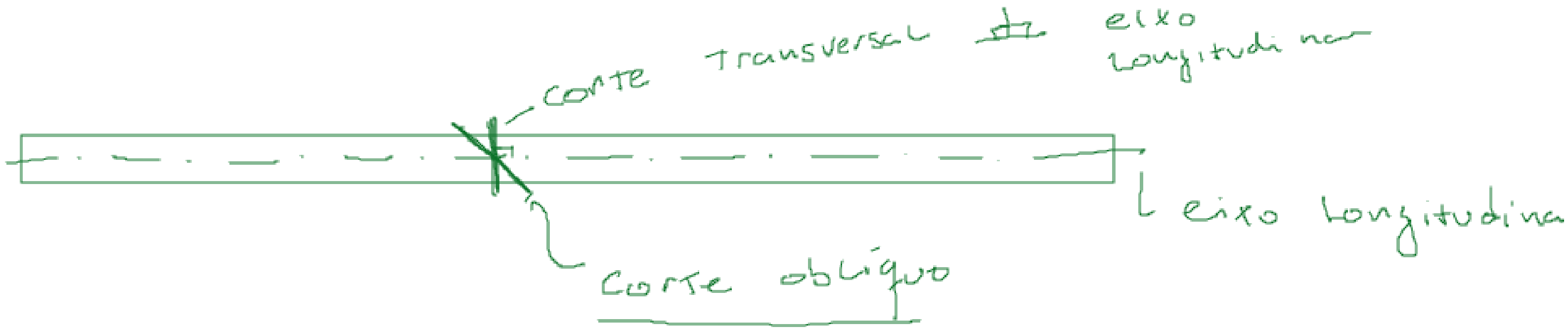


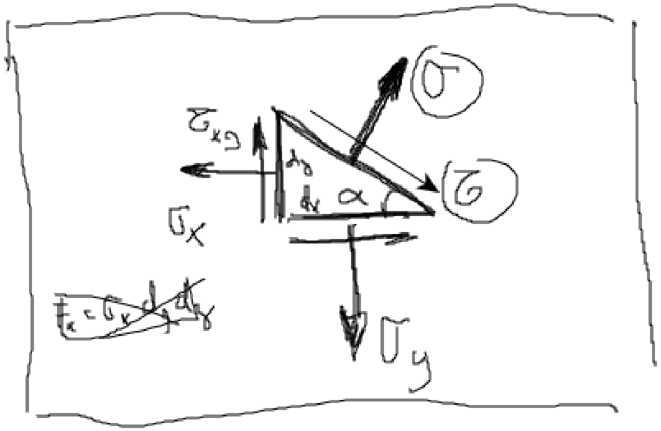
Sec. Plana (Por A) mas não é transversal



Sec. Transversal ⊥ eixo Longitudinal

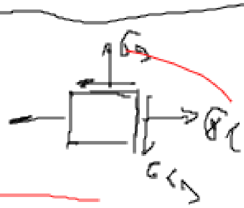



corte transversal ⊥ eixo longitudinal
eixo longitudinal
corte obliquo



$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\cos 2\alpha + \tau_{xy}\,\text{sen}\,2\alpha$$

$$\tau = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\,\text{sen}\,2\alpha + \tau_{xy}\cos 2\alpha$$

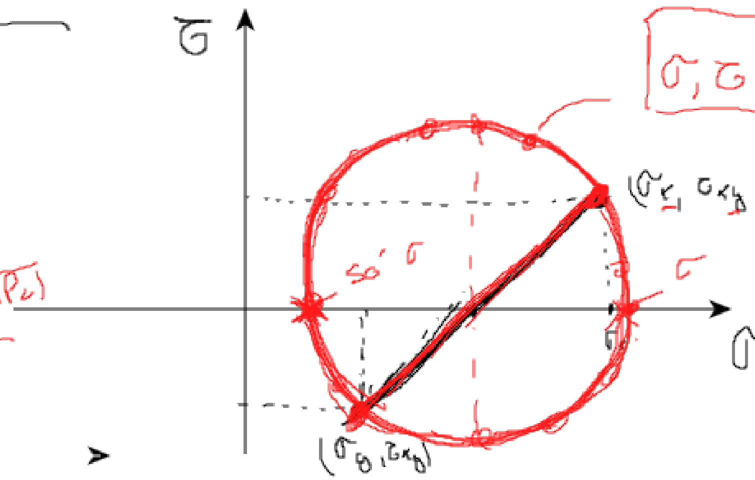


$\alpha = 0$

$\sigma_x = 10\ \text{MPa}$

$\sigma_y = 5\ \text{MPa}$

$\tau_{xy} = 10\ \text{MPa}$



$\sigma, \tau \rightarrow$ variando α

Mohr

círculo de Mohr

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_y \end{bmatrix}$$

— tensões principais (Auto-valores)

Estado Duplo (Plano)

$\boxed{\sigma_z = 0}$

$$[\sigma]_A = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yz} & \sigma_y & \sigma_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

Estado Triplo