



Resistência dos Materiais

Prof. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues



Aula - 4

Deformações e Propriedades Mecânicas dos Materiais



Conteúdos Abordados Nessa Aula

Aula 4

-  Estudo de Deformações, Normal e por Cisalhamento;
-  Propriedades Mecânicas dos Materiais;
-  Coeficiente de Poisson.



Definição de Deformação

Aula 4

- ✈ Quando uma força é aplicada a um corpo, tende a mudar a forma e o tamanho dele.
- ✈ Essas mudanças são denominadas *deformação* e podem ser perfeitamente visíveis ou praticamente imperceptíveis sem o uso de equipamento para fazer medições precisas.

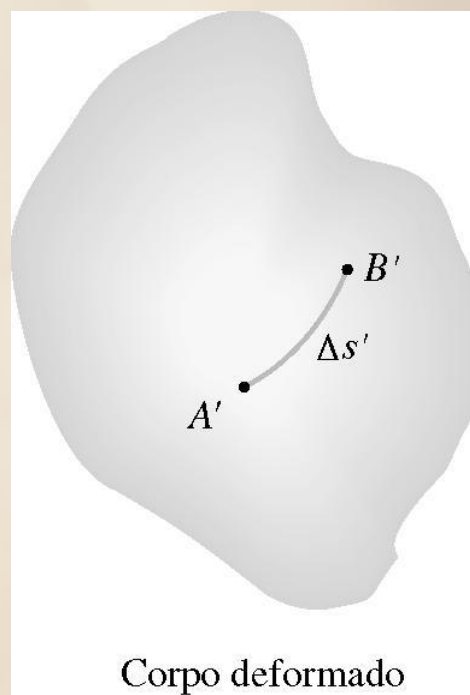
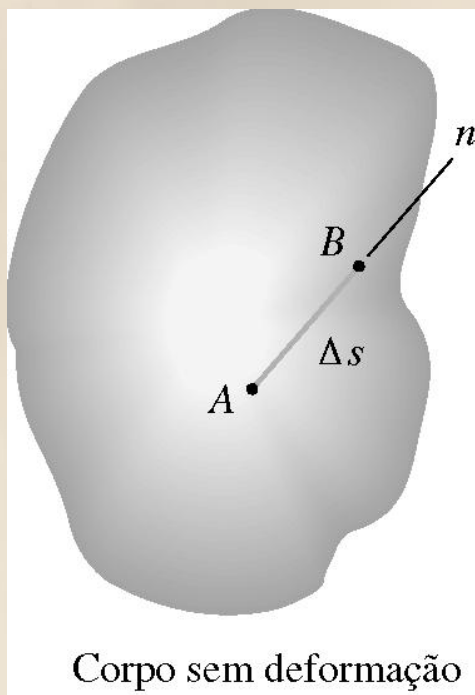




Deformação Normal

Aula 4

- 🌐 O alongamento ou a contração de um segmento de reta por unidade de comprimento é denominado deformação normal.



$$\varepsilon_{méd} = \frac{\Delta s' - \Delta s}{\Delta s}$$

$$\Delta s' = (1 + \varepsilon) \cdot \Delta s$$

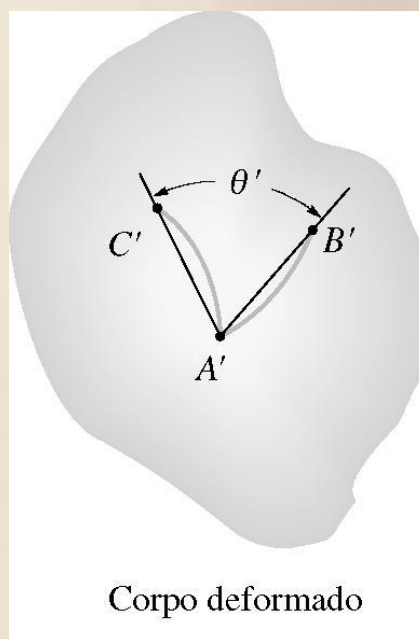
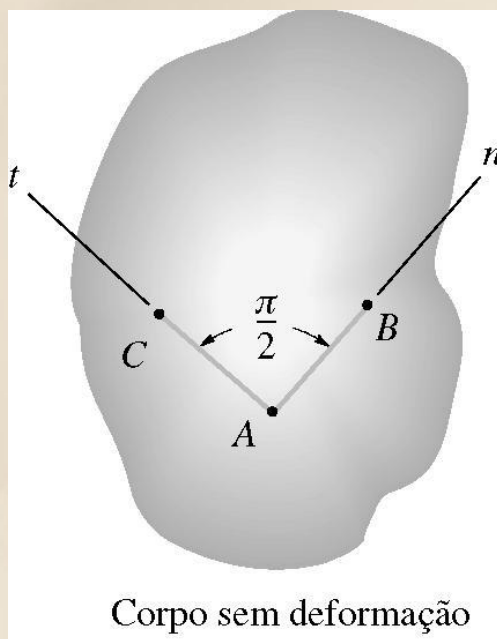
- 🌐 **Unidades:** a deformação normal é uma grandeza adimensional, pois representa a relação entre dois comprimentos



Deformação por Cisalhamento

Aula 4

- ✈ A mudança de ângulo ocorrida entre dois segmentos de reta originalmente perpendiculares entre si é denominada deformação por cisalhamento.

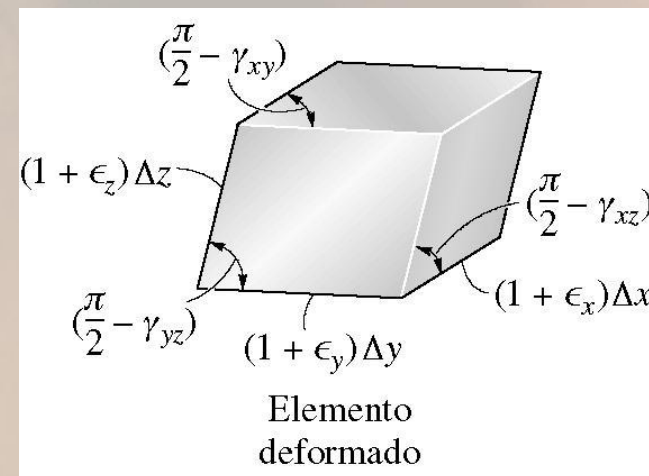
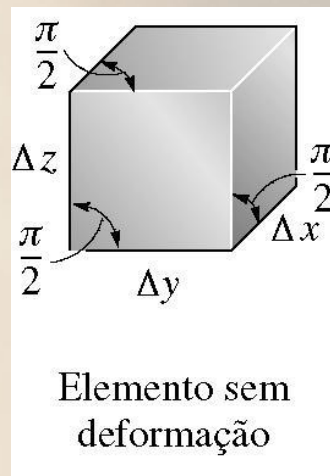
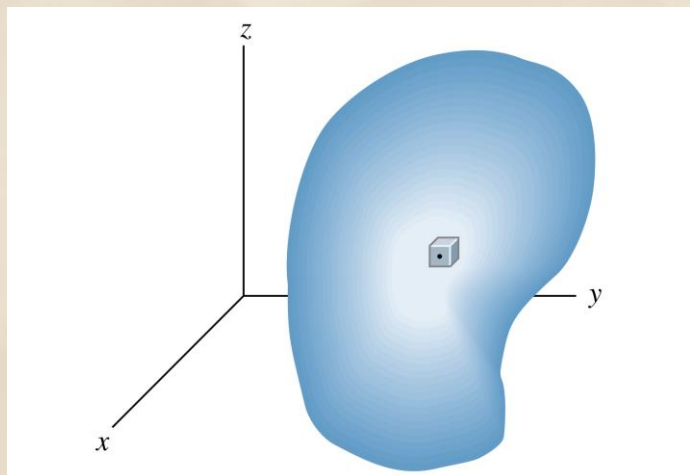


$$\gamma_{nt} = \frac{\pi}{2} - \lim_{\substack{B \rightarrow A \text{ eixo } n \\ C \rightarrow A \text{ eixo } t}} \theta'$$



Componentes Cartesianos da Deformação

Aula 4



Comprimentos aproximados:

$$(1 + \epsilon_x) \cdot \Delta x$$

$$(1 + \epsilon_y) \cdot \Delta y$$

$$(1 + \epsilon_z) \cdot \Delta z$$

Ângulos aproximados:

$$\frac{\pi}{2} - \gamma_{xy}$$

$$\frac{\pi}{2} - \gamma_{yz}$$

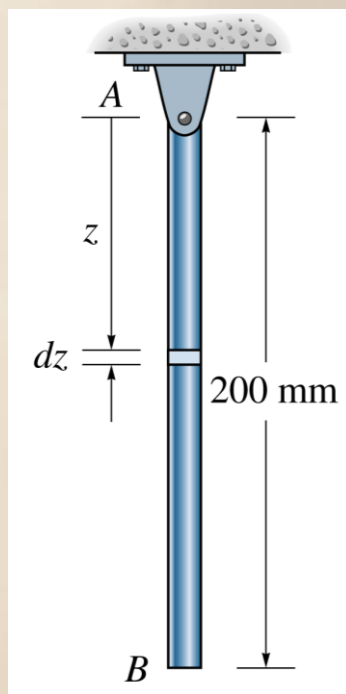
$$\frac{\pi}{2} - \gamma_{xz}$$



Exemplo de Aplicação

Aula 4

- ✈ A haste delgada mostrada na figura está submetida a um aumento de temperatura ao longo de seu eixo, o que cria uma deformação normal na haste de $\varepsilon_z = 40(10^{-3})z^{1/2}$, em que z é dado em metros. Determinar: (a) o deslocamento da extremidade B da haste devido ao aumento de temperatura e (b) a deformação normal média da haste.





Solução do Exemplo

Aula 4

✈ a) Como a deformação normal é dada para cada ponto ao longo do comprimento da haste, um segmento diferencial dz , localizado na posição z tem seu comprimento deformado determinado do seguinte modo:

$$\Delta z' \approx (1 + \varepsilon_z) \cdot \Delta z$$

$$dz' = (1 + \varepsilon_z) \cdot dz$$

✈ Substituindo-se os valores fornecidos, tem-se que:

$$dz' = (1 + 40 \cdot (10^{-3}) \cdot z^{1/2}) \cdot dz$$

✈ Integrando ao longo do comprimento da haste:

$$z' = \int_0^{0,2} (1 + 40 \cdot (10^{-3}) \cdot z^{1/2}) \cdot dz$$

✈ Resulta em:

$$z' = \left(z + \left(40 \cdot (10^{-3}) \cdot \frac{z^{(1/2+1)}}{1/2+1} \right) \right) \bigg|_0^{0,2}$$



Solução do Exemplo

Aula 4

$$z' = \left(z + \left(40 \cdot (10^{-3}) \cdot \frac{z^{(1/2+1)}}{1/2+1} \right) \right) \bigg|_0^{0,2}$$

$$z' = \left(z + \left(40 \cdot (10^{-3}) \cdot \frac{z^{(3/2)}}{3/2} \right) \right) \bigg|_0^{0,2}$$

$$z' = \left(z + \left(40 \cdot (10^{-3}) \cdot \frac{2 \cdot z^{(3/2)}}{3} \right) \right) \bigg|_0^{0,2}$$

$$z' = \left(0,2 + \left(40 \cdot (10^{-3}) \cdot \frac{2 \cdot 0,2^{(3/2)}}{3} \right) \right)$$

$$z' = 0,20239 \text{ m}$$

Portanto, o deslocamento na extremidade da haste é:

$$\Delta_B = 0,20239 - 0,2$$

$$\Delta_B = 0,00239 \text{ m}$$

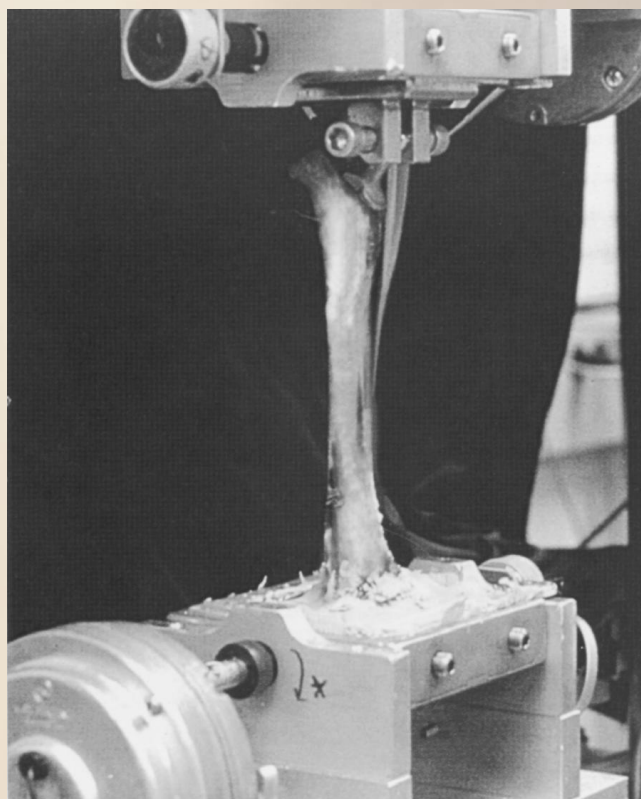
$$\Delta_B = 2,39 \text{ mm}$$



Propriedades Mecânicas dos Materiais

Aula 4

- As propriedades mecânicas de um material devem ser conhecidas para que os engenheiros possam relacionar a deformação medida no material com a tensão associada a ela.

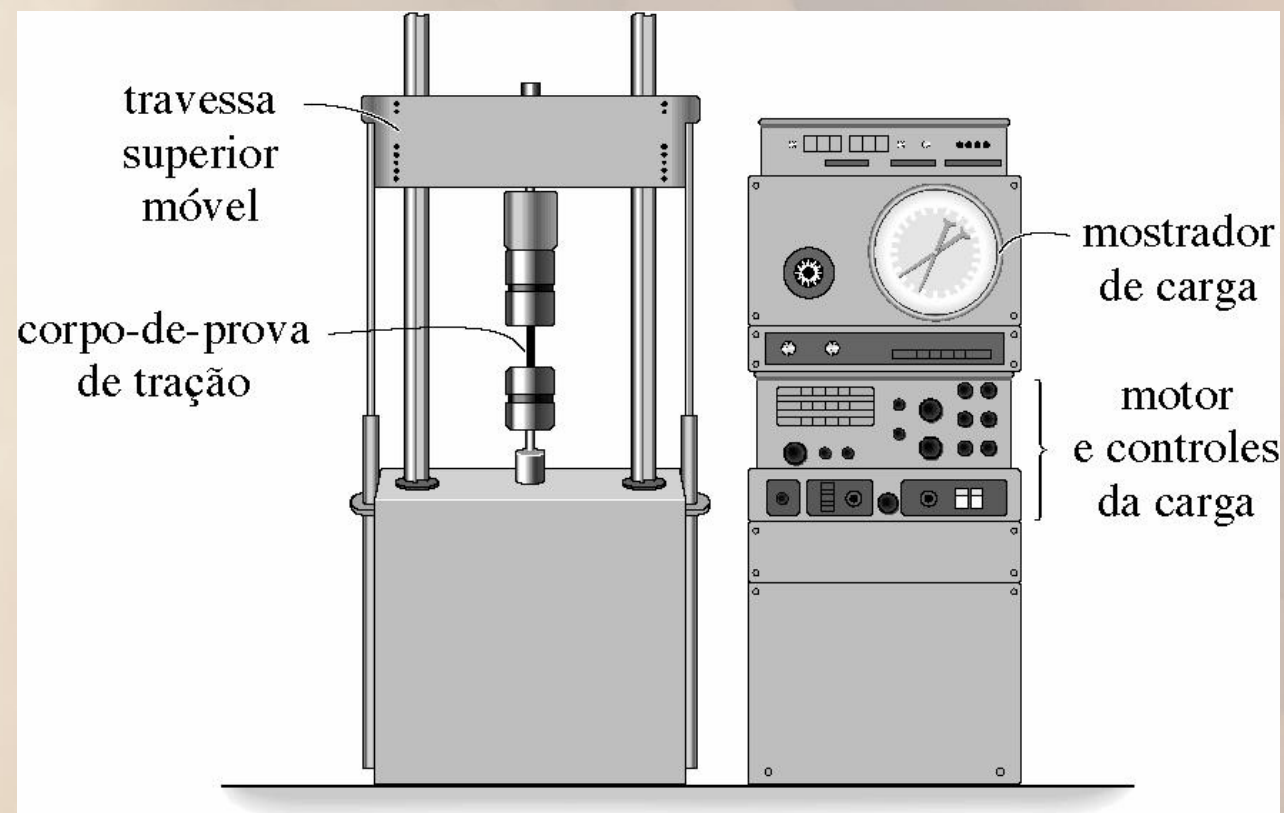
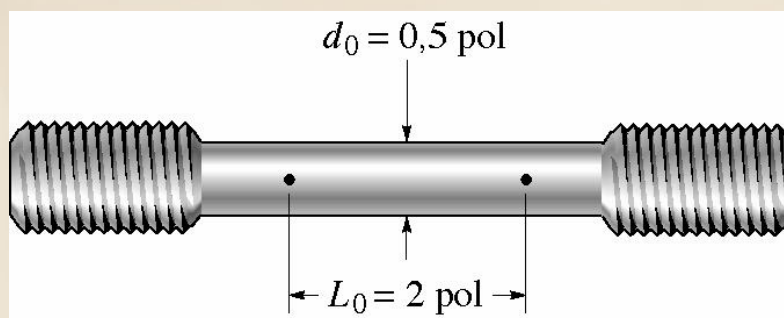
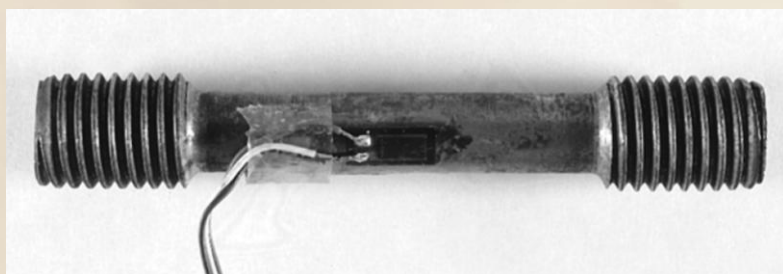




Ensaio de Tração e Compressão

Aula 4

- Teste principalmente utilizado para determinar a relação entre a tensão normal média e a deformação normal média.





Relações de Tensão e Deformação

Aula 4

- Com os dados registrados no ensaio, se determina a tensão nominal ou de engenharia dividindo a carga aplicada P pela área da seção transversal inicial do corpo de prova A_0 .

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

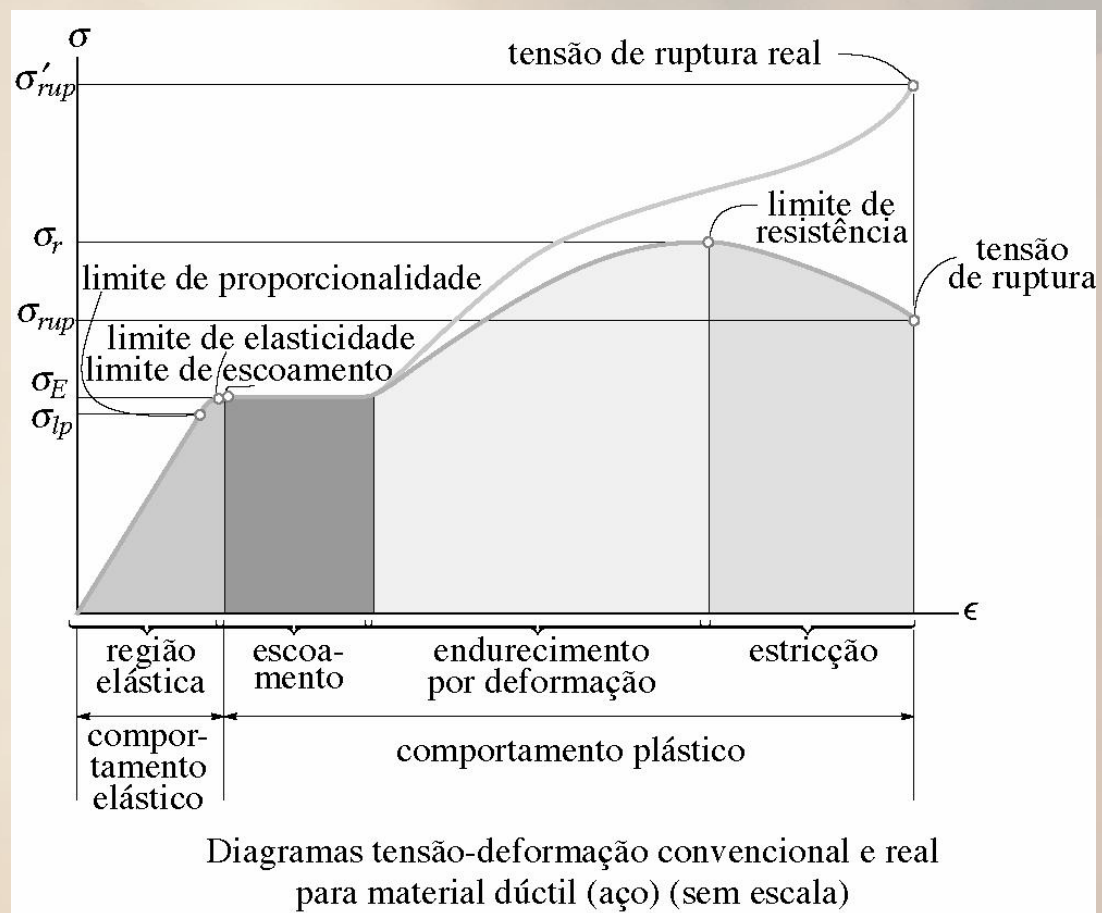
- A deformação normal ou de engenharia é encontrada dividindo-se a variação no comprimento de referência d , pelo comprimento de referência inicial L_0 .

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0}$$



Diagrama Tensão x Deformação

Aula 4



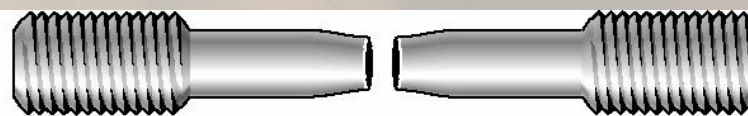


Tipos de Falhas em Corpos de Prova

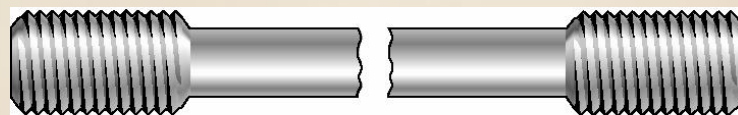
Aula 4



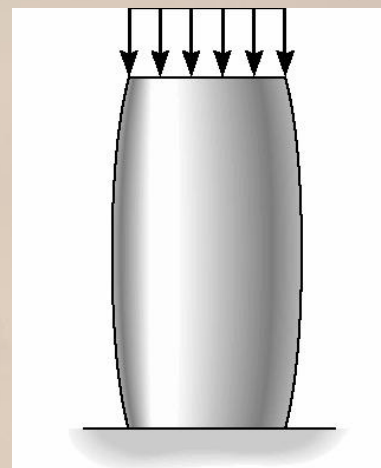
Estricção



Falha de um
material dúctil



Falha de material
frágil por tração



A compressão provoca
abaulamento do material



Materiais Dúcteis e Frágeis

Aula 4

-  **Materiais Dúcteis:** Qualquer material que possa ser submetido a grandes deformações antes da ruptura é chamado de material dúctil. Frequentemente, os engenheiros escolhem materiais dúcteis para o projeto, pois estes são capazes de absorver choque ou energia e, quando sobrecarregados, exibem, em geral, grande deformação antes de falhar.
-  **Materiais Frágeis:** Os materiais que apresentam pouco ou nenhum escoamento são chamados de materiais frágeis.



Porcentagem de Alongamento e de Redução de Área

Aula 4

- 🌐 A porcentagem de alongamento é a deformação de ruptura do corpo de prova expressa como porcentagem.

$$\text{porcentagem de alongamento} = \frac{L_{rup} - L_0}{L_0} \cdot (100\%)$$

- 🌐 A porcentagem de redução de área é outra maneira de se determinar a ductilidade. Ela é definida na região de estrição.

$$\text{porcentagem de redução de área} = \frac{A_0 - A_{rup}}{A_0} \cdot (100\%)$$



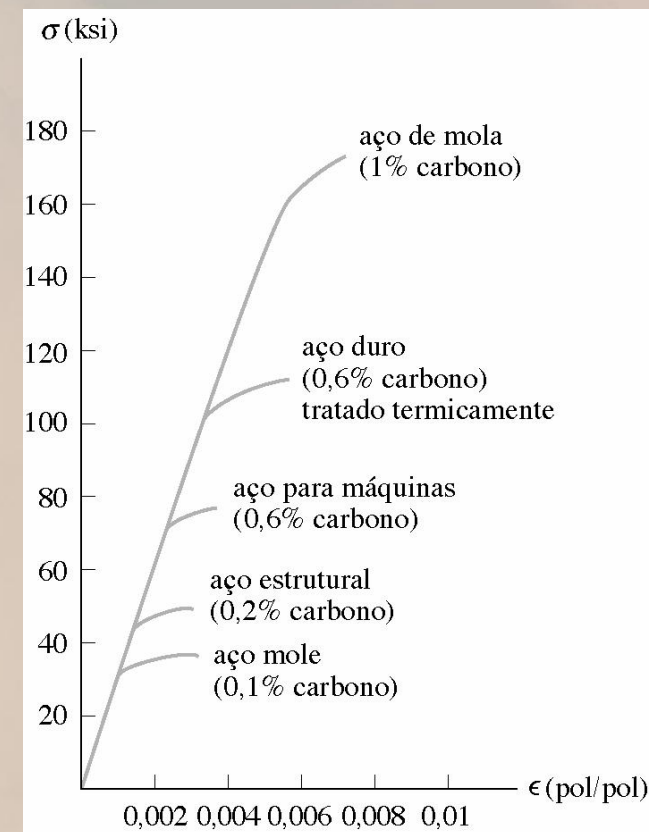
Lei de Hooke

Aula 4

A maioria dos materiais da engenharia apresentam relação linear entre tensão e deformação na região de elasticidade. Consequentemente, um aumento na tensão provoca um aumento proporcional na deformação. Essa característica é conhecida como Lei de Hooke.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Onde: E = módulo de elasticidade ou constante de proporcionalidade.





Coeficiente de Poisson

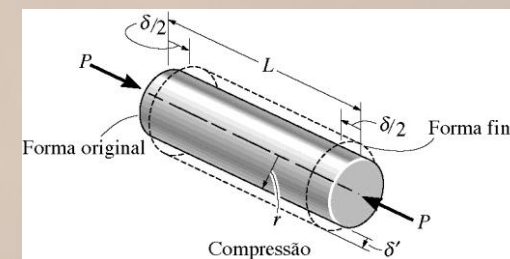
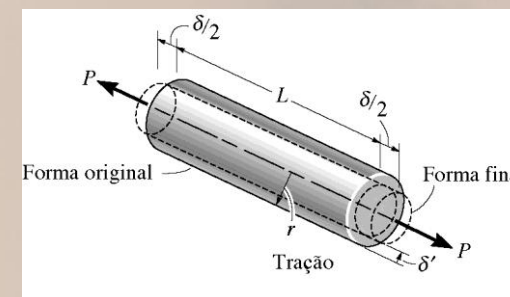
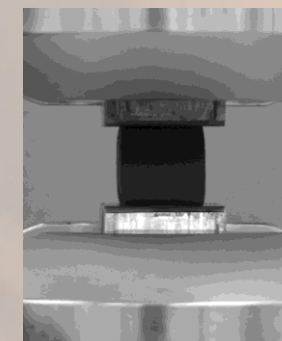
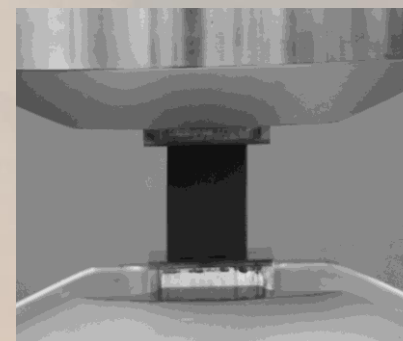
Aula 4

- Representa a relação entre as deformações lateral e longitudinal na faixa de elasticidade. A razão entre essas deformações é uma constante denominada coeficiente de Poisson.

$$\nu = - \frac{\epsilon_{lat}}{\epsilon_{long}}$$

- O sinal negativo é utilizado pois o alongamento longitudinal (deformação positiva) provoca contração lateral (deformação negativa) e vice-versa.
- O coeficiente de Poisson é adimensional e seu valor se encontra entre zero e meio.

$$0 \leq \nu \leq 0,5$$

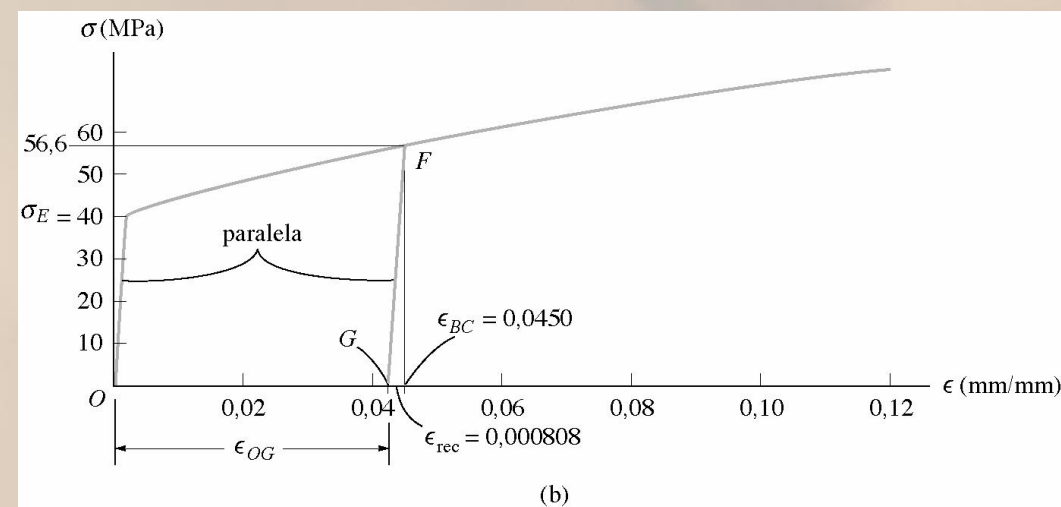
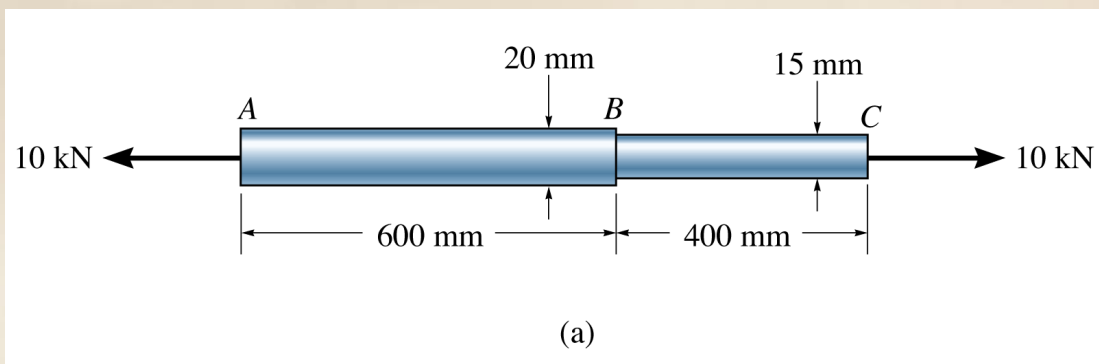




Exemplo de Aplicação

Aula 4

- ✈ A haste de alumínio mostrada na figura (a) tem seção transversal circular e está submetida a uma carga axial de 10 kN. Se uma parte do diagrama tensão-deformação do material é mostrado na figura (b), determinar o alongamento aproximado da haste quando a carga é aplicada. Suponha que $E_{al} = 70$ GPa.





Solução do Exemplo

Aula 4

✈ A tensão normal em cada segmento é:

$$\sigma_{AB} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{AB} = \frac{10 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$\sigma_{AB} = \frac{4 \cdot 10^4}{\pi \cdot 0,02^2}$$

$$\sigma_{AB} = 31,83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{10 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{4 \cdot 10^4}{\pi \cdot 0,015^2}$$

$$\sigma_{BC} = 56,59 \text{ MPa}$$



Solução do Exemplo

Aula 4

- ✈️ Pelo diagrama pode-se perceber que o material na região AB se deforma elasticamente, pois $\sigma_e = 40 \text{ MPa} > 31,83 \text{ MPa}$, portanto, pela lei de Hooke.

$$\varepsilon_{AB} = \frac{\sigma_{AB}}{E_{al}}$$

$$\varepsilon_{AB} = \frac{31,83 \cdot 10^6}{70 \cdot 10^9}$$

$$\varepsilon_{AB} = 0,0004547 \text{ mm/mm}$$

- ✈️ O material na região BC está deformado plasticamente, pois $\sigma_e = 40 \text{ MPa} < 56,59 \text{ MPa}$, portanto, no gráfico tem-se que:

$$\varepsilon_{BC} \approx 0,045 \text{ mm/mm}$$

- ✈️ O alongamento aproximado da haste é dado por:

$$\delta = \sum \varepsilon \cdot L$$

$$\delta = 0,0004547 \cdot 600 + 0,045 \cdot 400$$

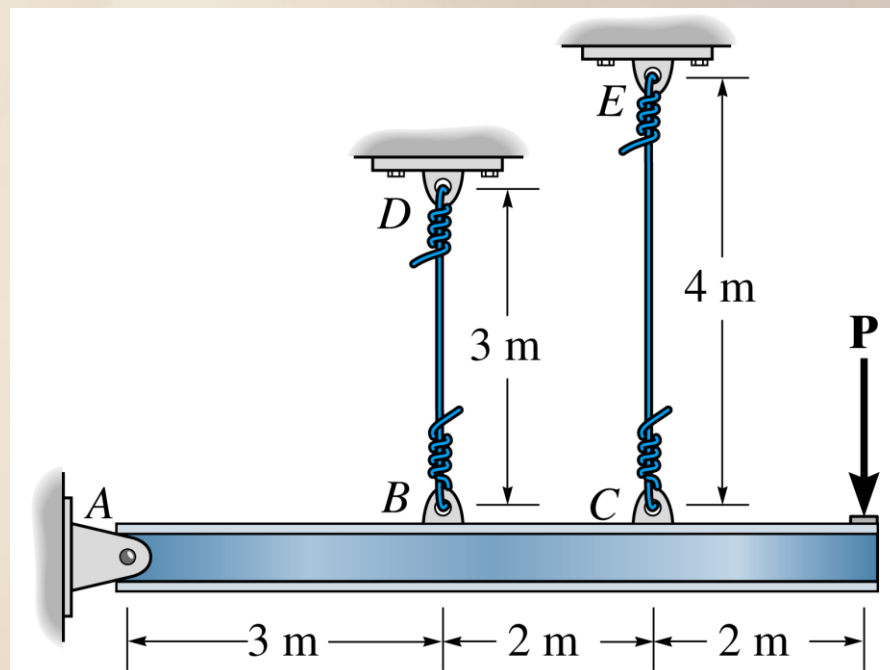
$$\delta = 18,3 \text{ mm}$$



Exercícios Propostos

Aula 4

1. A viga rígida está apoiada por um pino em A e pelos arames BD e CE . Se a carga P na viga for deslocada 10 mm para baixo, qual será a deformação normal desenvolvida nos arames CE e BD ?

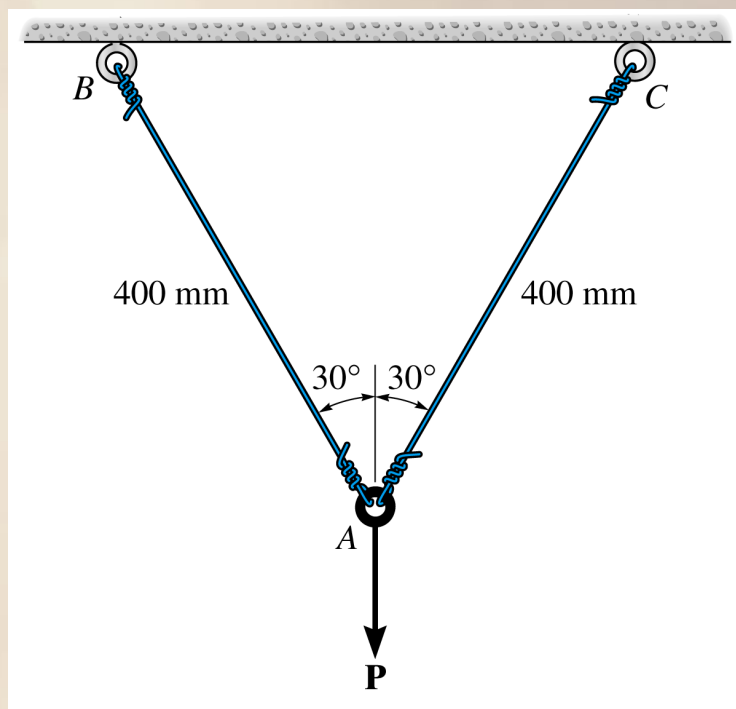




Exercícios Propostos

Aula 4

2. Os dois arames estão interligados em A. Se a carga P provocar o deslocamento vertical de 3 mm ao ponto A, qual será a deformação normal provocada em cada arame?

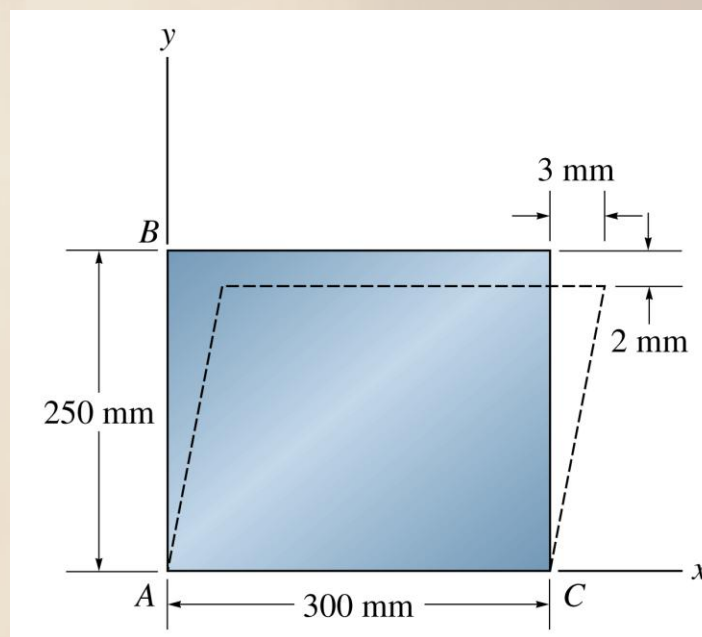




Exercícios Propostos

Aula 4

3. Uma placa retangular é deformada conforme indicado pela forma tracejada mostrada na figura. Considerando que na configuração deformada as linhas horizontais da placa permaneçam horizontais e não variem seu comprimento, determine (a) a deformação normal média ao longo do lado AB e (b) a deformação por cisalhamento média da placa relativa aos eixos x e y .

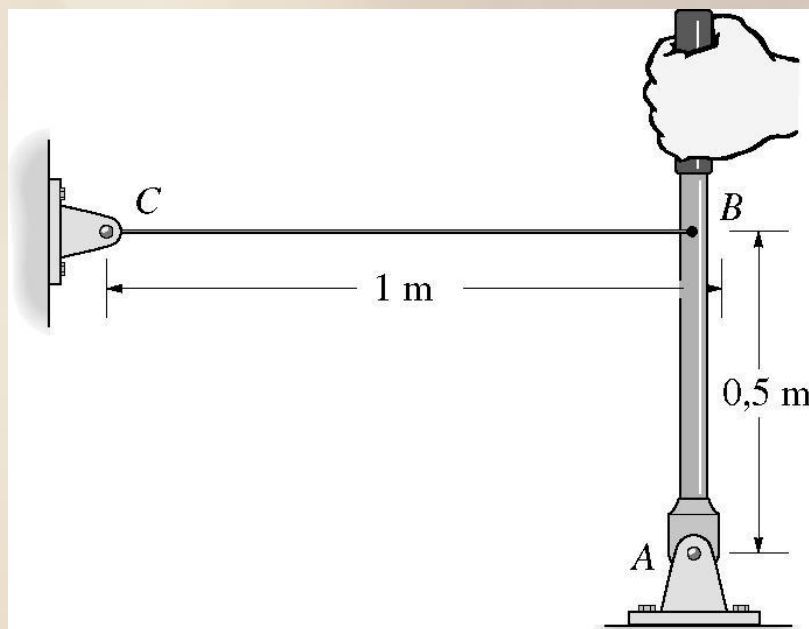




Exercícios Propostos

Aula 4

4. Uma força que atua no cabo da alavanca mostrada na figura provoca uma rotação de $\theta = 0,002$ rad na alavanca no sentido horário. Determinar a deformação normal média desenvolvida no arame BC .





Exercícios Propostos

Aula 4

5. Foi realizado um teste de tensão em um corpo de prova de aço com diâmetro original de 12,5 mm e comprimento de referência de 50 mm. Os dados estão relacionados na tabela. Construir o diagrama tensão-deformação e determinar aproximadamente o módulo de elasticidade, o limite de resistência e a tensão de ruptura. Usar as escalas de 20 mm = 50 MPa e 20 mm = 0,05 mm/mm. Detalhar a região linear-elástica usando a mesma escala de tensão, porém com escala de 20 mm = 0,001 mm/mm para a deformação.

Carga (kN)	Alongamento (mm)
0	0
11,1	0,0175
31,9	0,0600
37,8	0,1020
40,9	0,1650
43,6	0,2490
53,4	1,0160
62,3	3,0480
64,5	6,3500
62,3	8,8900
58,8	11,9380

Obrigado Pela Atenção

Nos Encontramos na Próxima Aula

