

Departamento de Engenharia Mecânica



Mecânica dos Sólidos I

Parte 2

Prof. Arthur M. B. Braga

Mecânica dos Sólidos I – Parte II

- Barras carregadas axialmente (Cap. 1 e 2)
- Cisalhamento (Cap. 1)
- Torção de eixos cilíndricos (Cap. 3)

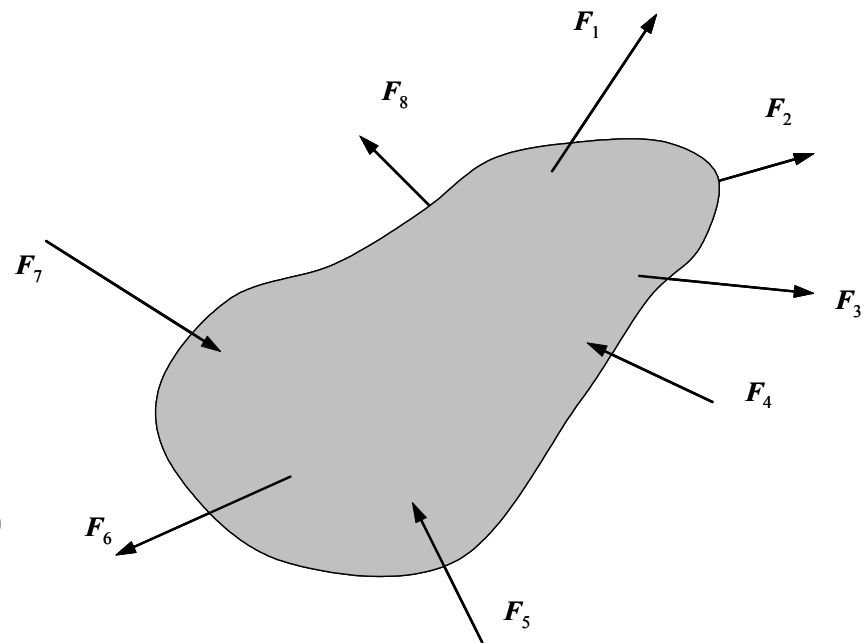
Mecânica dos Sólidos

Problema

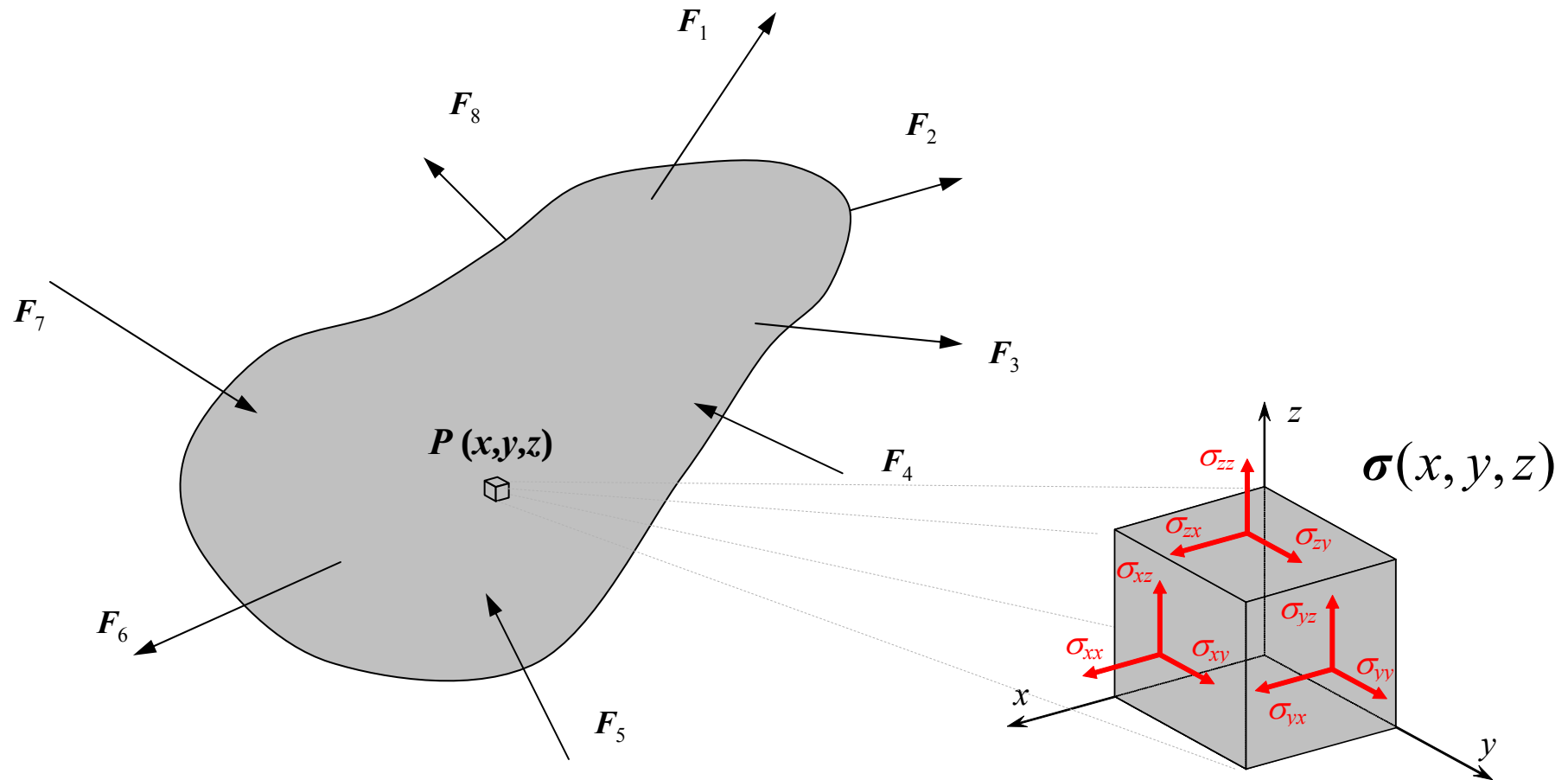
Corpo sujeito a ação de esforços externos (forças, momentos, etc.)

Determinar

- Esforços internos (tensões)
- Deformações
- Deslocamentos

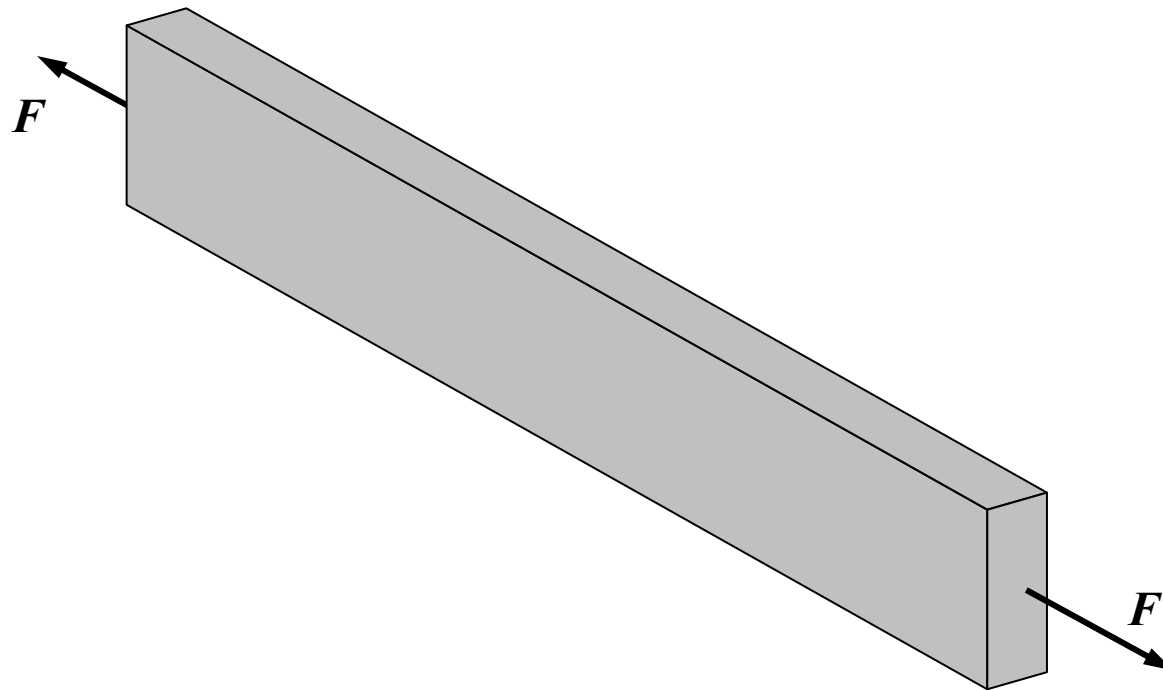


Determinação da Distribuição de Tensão no Corpo Sujeito à Ação de Forças Externas



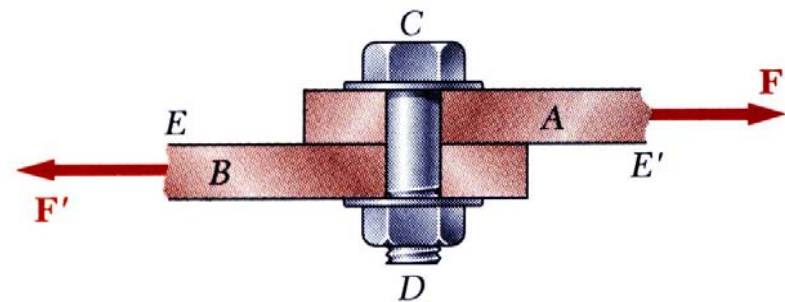
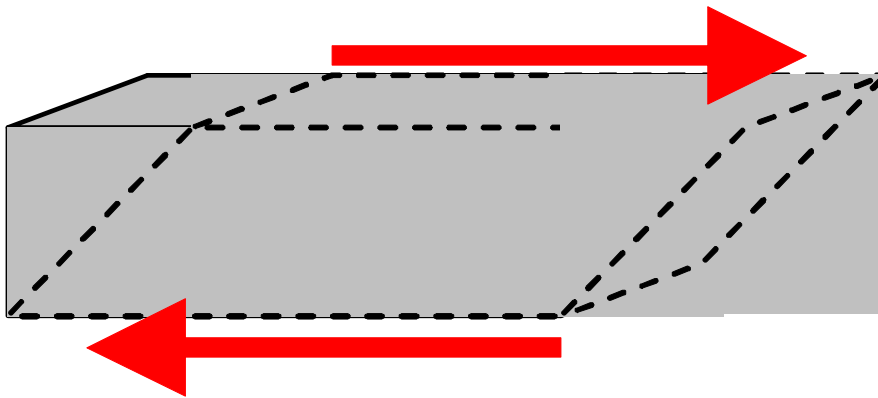
Determinação da Distribuição de Tensão no Corpo Sujeito à Ação de Forças Externas

Barras sujeitas a carregamentos axiais (Cap. 1 e 2)



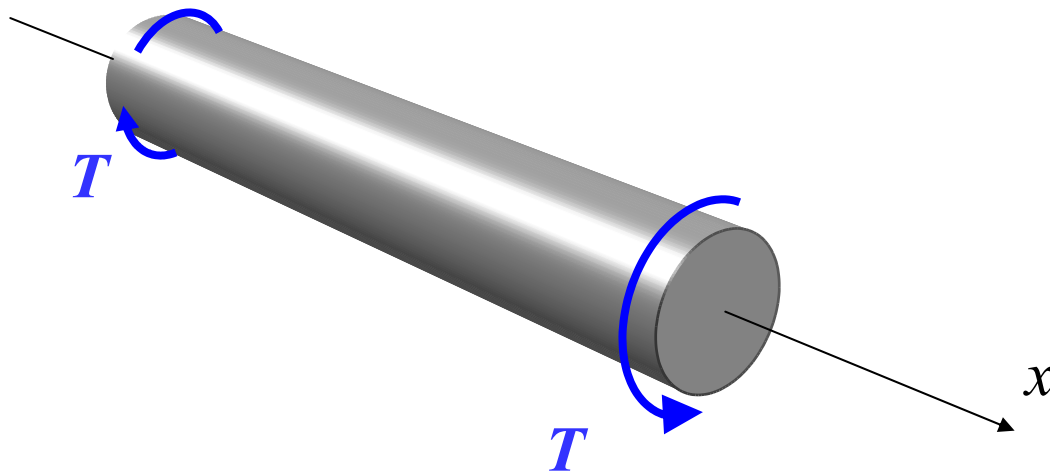
Determinação da Distribuição de Tensão no Corpo Sujeito à Ação de Forças Externas

Cisalhamento (Cap. 1)



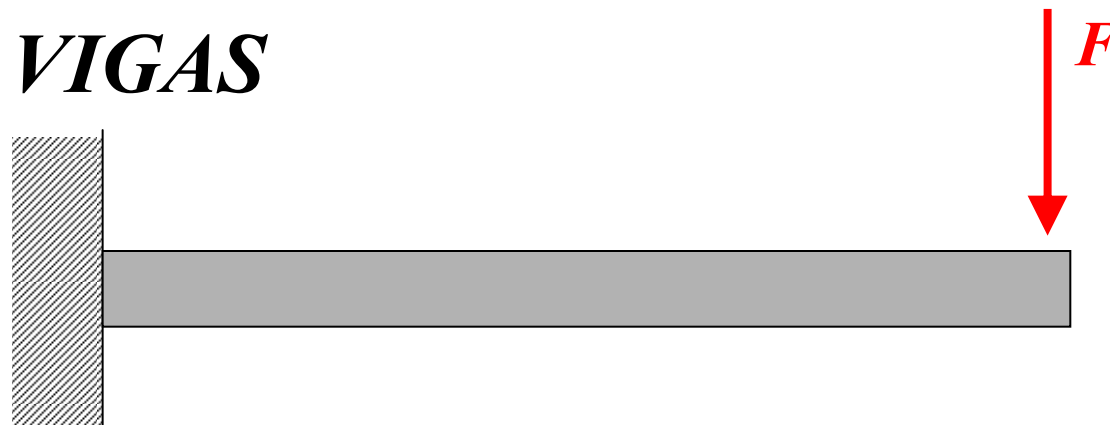
Determinação da Distribuição de Tensão no Corpo Sujeito à Ação de Forças Externas

Eixos sujeitos a carregamentos de torção (Cap. 3)



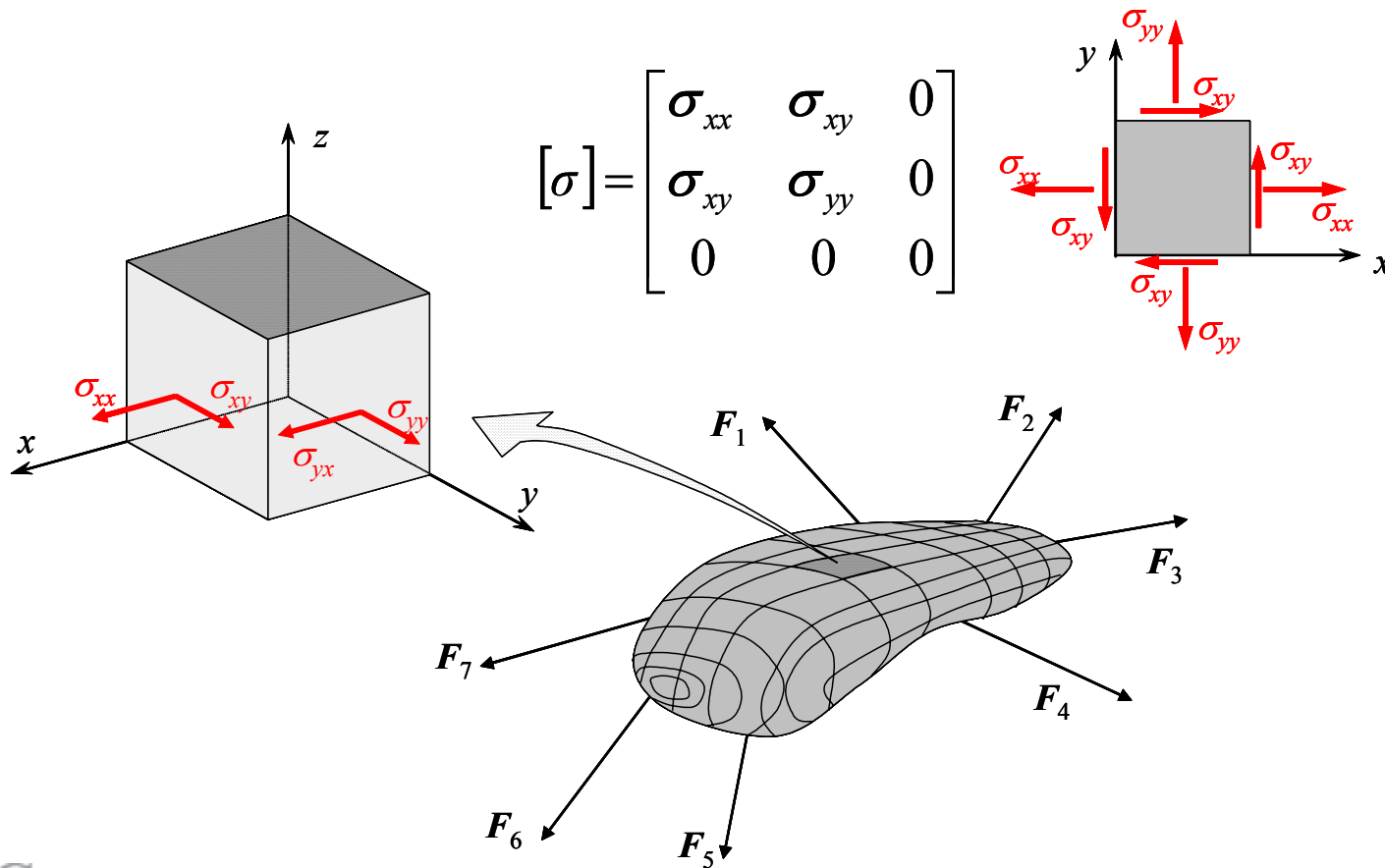
Determinação da Distribuição de Tensão no Corpo Sujeito à Ação de Forças Externas

Barras submetidas a carregamentos de flexão
(Cap. 5 e 6)



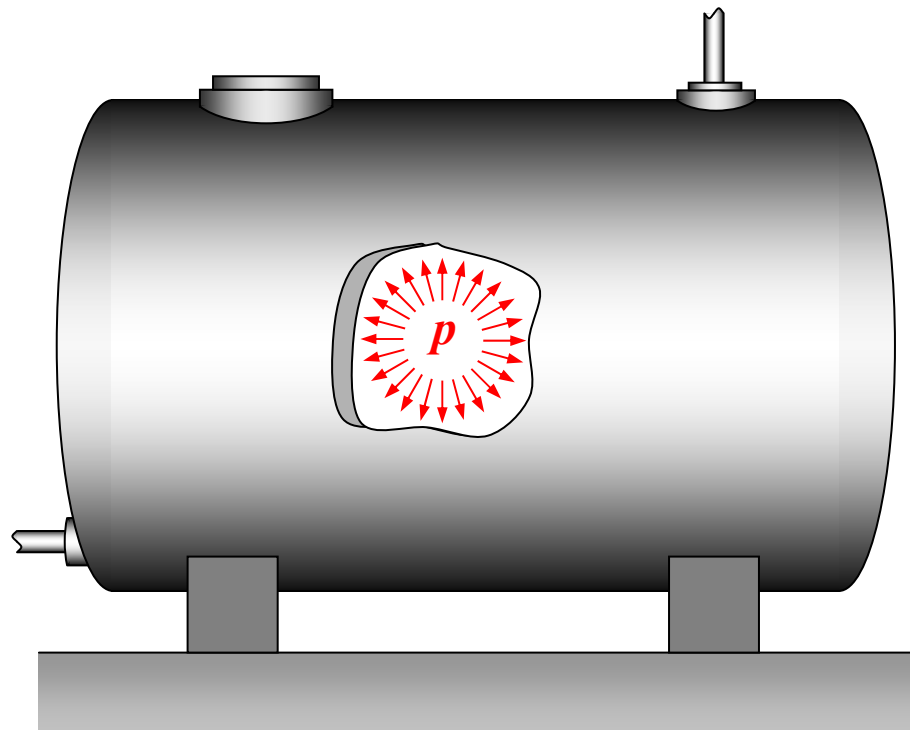
Determinação da Distribuição de Tensão no Corpo Sujeito à Ação de Forças Externas

Estado plano de tensões (Cap. 8)

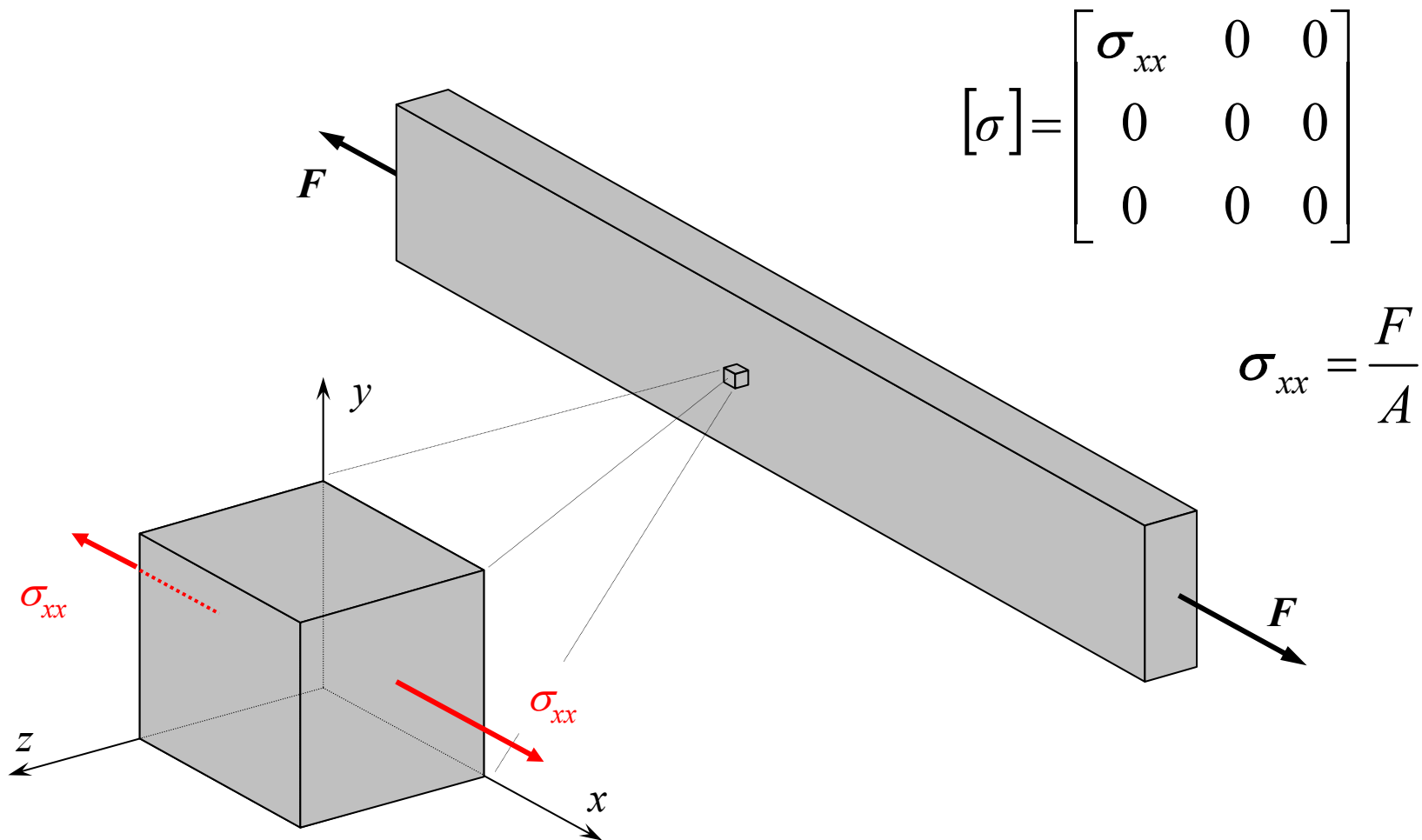


Determinação da Distribuição de Tensão no Corpo Sujeito à Ação de Forças Externas

Vasos de pressão (Pressão Interna)
(Cap. 8)



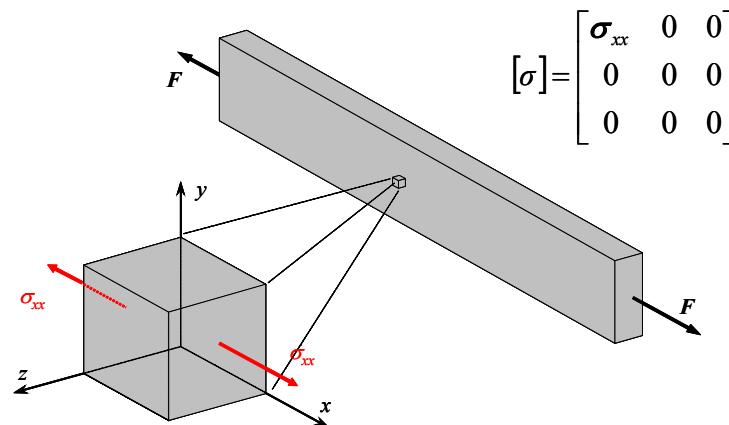
Barras Carregadas Axialmente



Barras Carregadas Axialmente

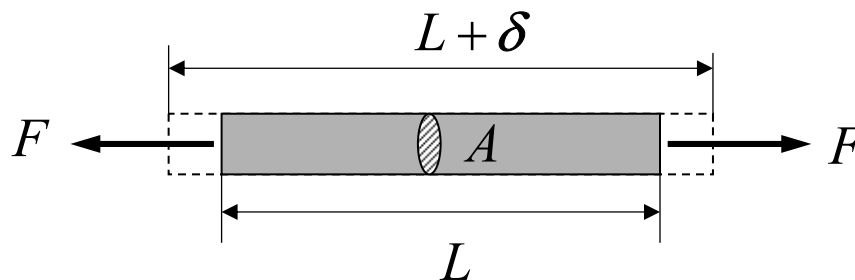
Hipóteses

- Esforços internos (tensões) uniformemente distribuídos ao longo do corpo
- Pequenas deformações
- Material linear elástico



Relação entre deformação e deslocamento (variação de comprimento da barra)

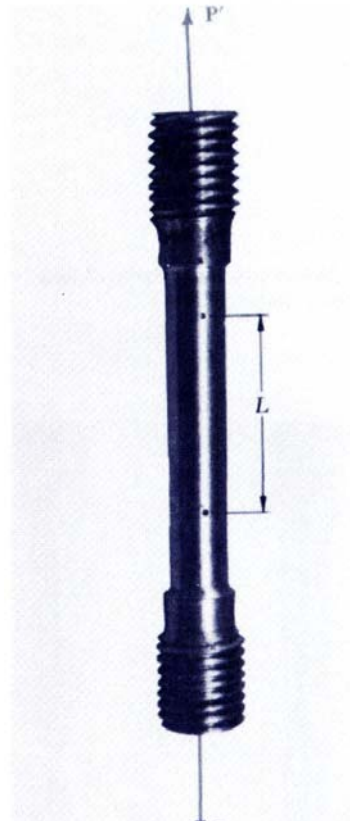
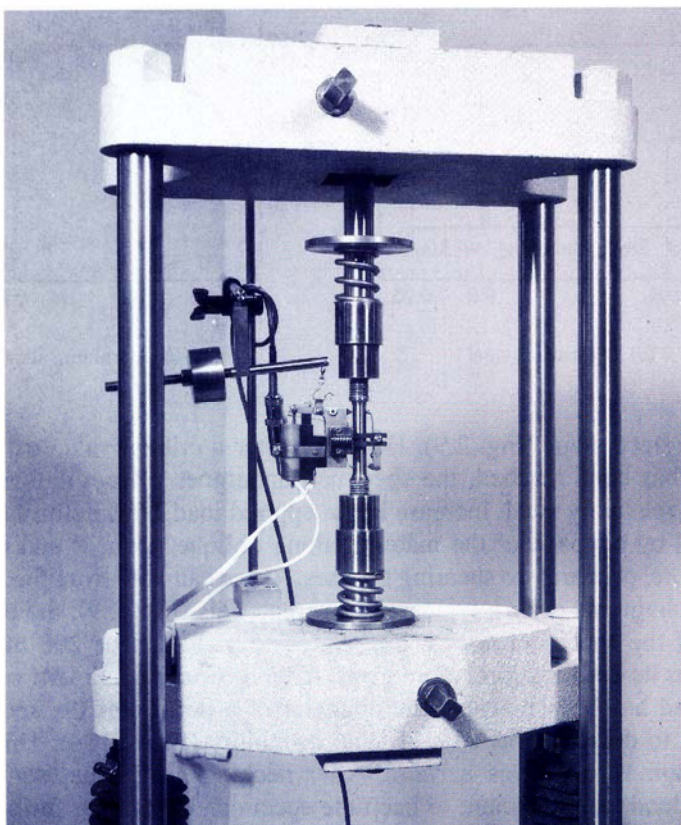
$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$



Barras Carregadas Axialmente

Relação entre Tensão e Deformação

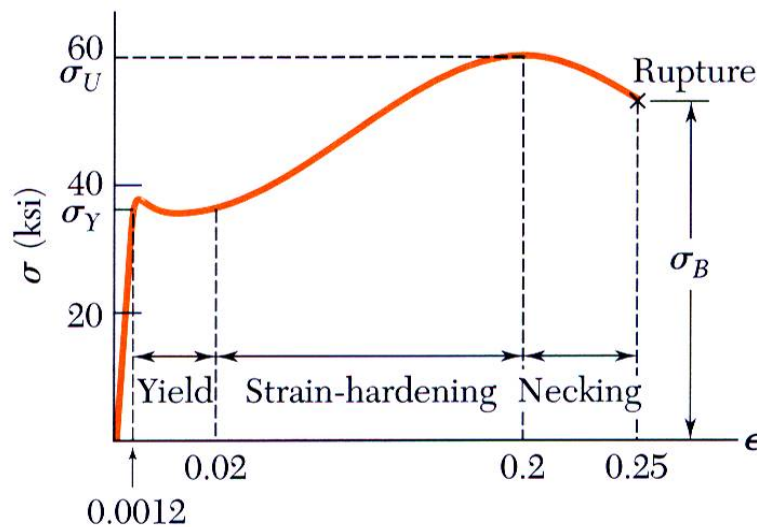
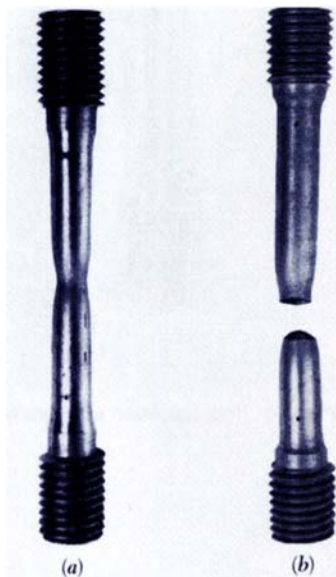
Ensaio de Tração



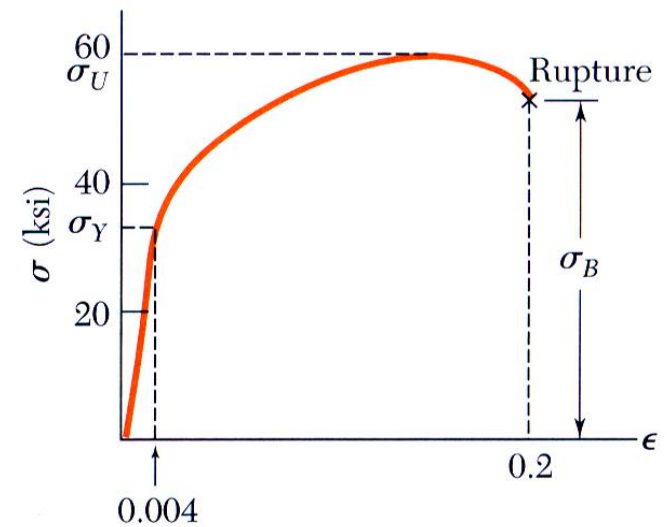
Figuras reproduzidas de:
Beer, Johnston & DeWolf, *Mechanics of Materials*, 4th ed., McGraw-Hill, 2002

Barras Carregadas Axialmente

Relação entre Tensão e Deformação



(a) Low-carbon steel



(b) Aluminum alloy

Figuras reproduzidas de:
Beer, Johnston & DeWolf, *Mechanics of Materials*, 4th ed., McGraw-Hill, 2002

Barras Carregadas Axialmente

Relação entre Tensão e Deformação

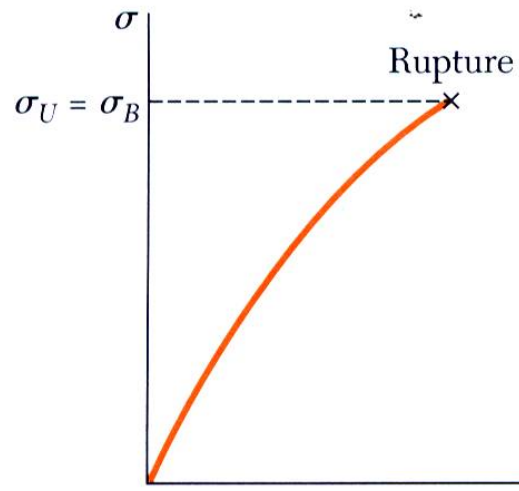
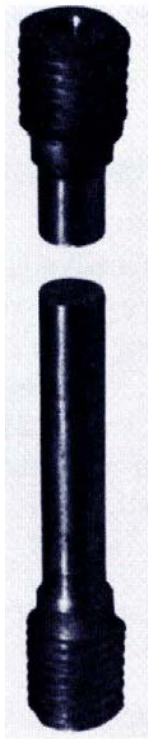
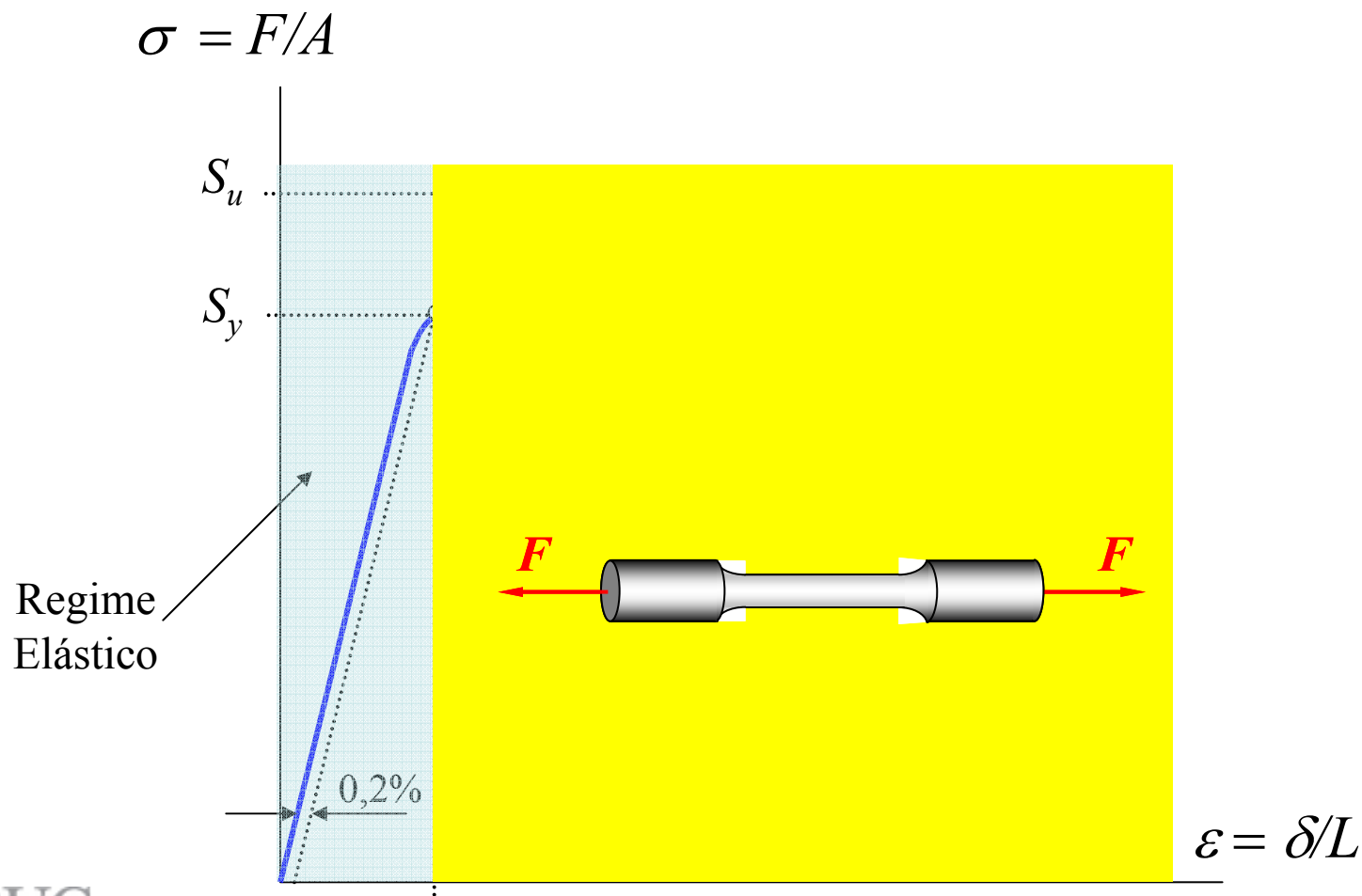


Fig. 2.11 Stress-strain diagram for a typical brittle material.

Figuras reproduzidas de:
Beer, Johnston & DeWolf, *Mechanics of
Materials*, 4th ed., McGraw-Hill, 2002

Barras Carregadas Axialmente

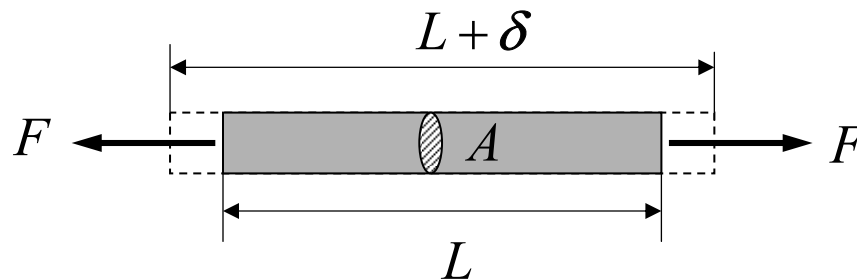
Relação entre Tensão e Deformação



Barras Carregadas Axialmente

Relação entre Tensão e Deformação

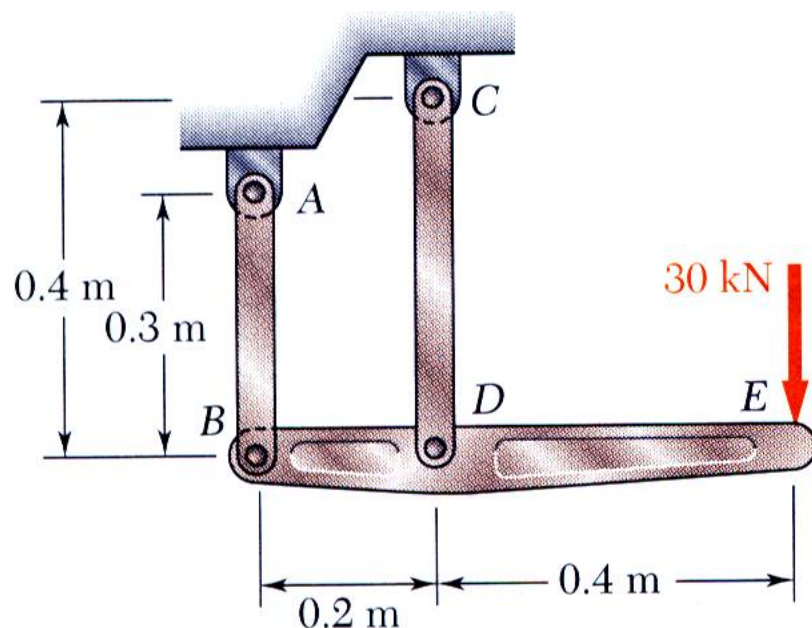
- Pequenas Deformações
- Regime Elástico: $\sigma = E \varepsilon$



$$\left. \begin{array}{l} \sigma = F / A \\ \varepsilon = \delta / L \end{array} \right\} \Rightarrow \delta = \frac{FL}{EA}$$

Barras Carregadas Axialmente

Exercício



Determine os deslocamentos verticais dos pontos B , D e E .

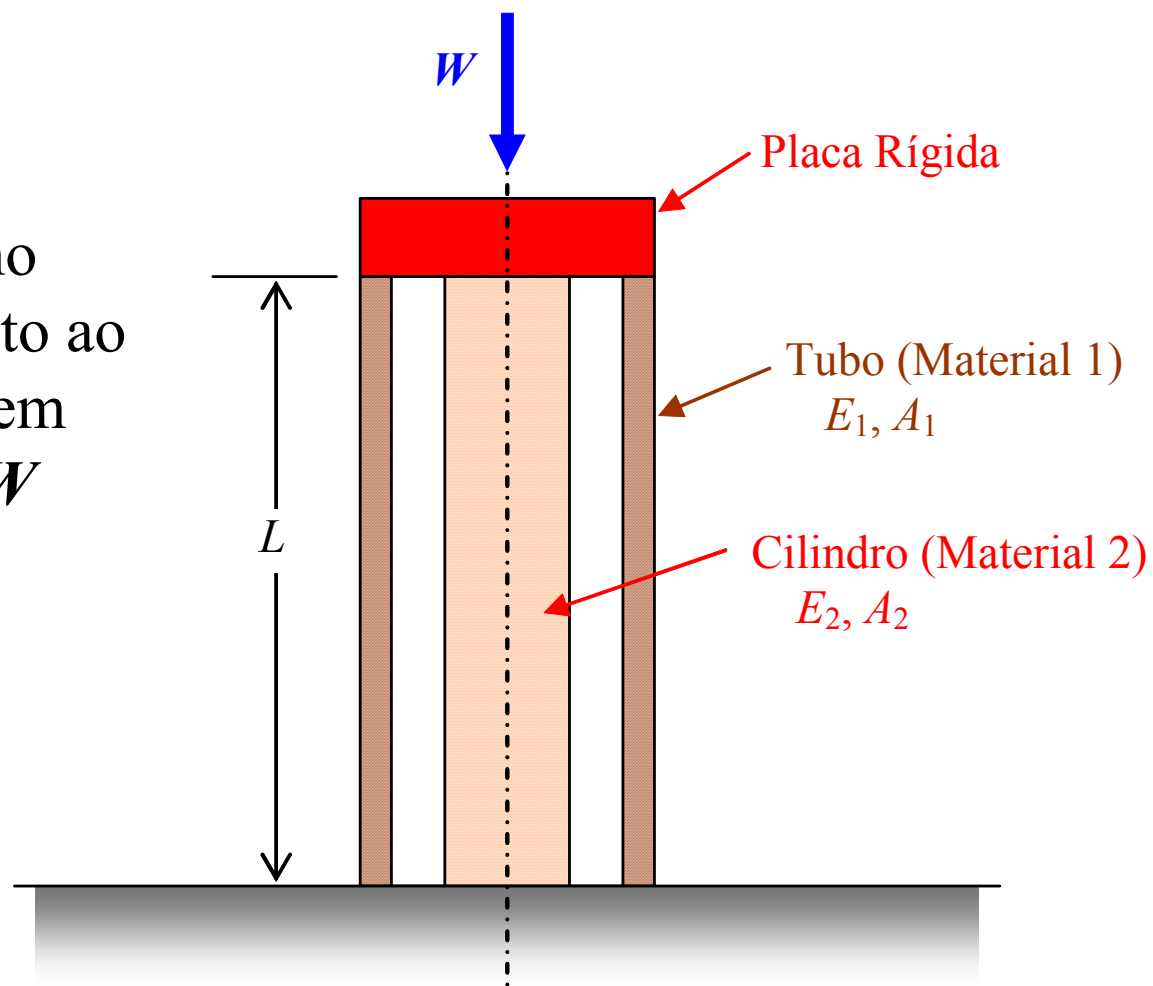
- A barra rígida BDE é suspensa pelas duas barras flexíveis AB e CD .
- A barra AB é fabricada de alumínio ($E = 70\text{ GPa}$) e a área de sua seção transversal é de 500 mm^2
- A barra CD é fabricada de aço ($E = 200\text{ GPa}$) e a área de sua seção transversal é de 600 mm^2

Figuras reproduzidas de:
Beer, Johnston & DeWolf, *Mechanics of Materials*, 4th ed., McGraw-Hill, 2002

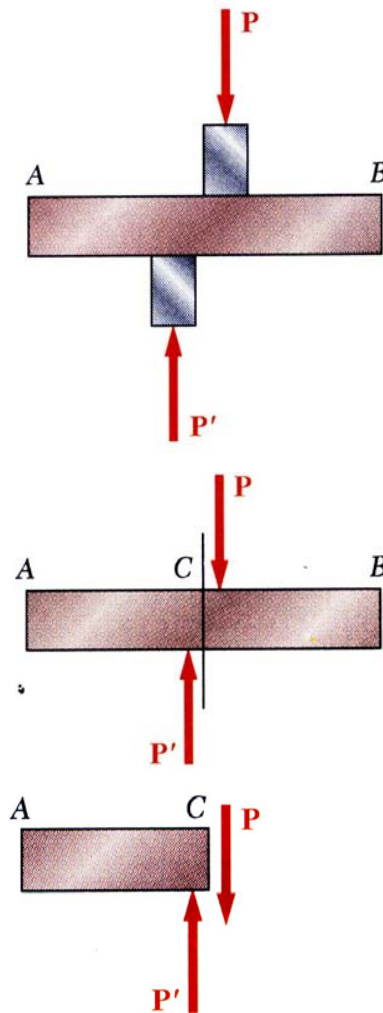
Barras Carregadas Axialmente

Exercício

Determinar a variação no comprimento do conjunto ao lado quando carregado em compressão pela força W



Cisalhamento



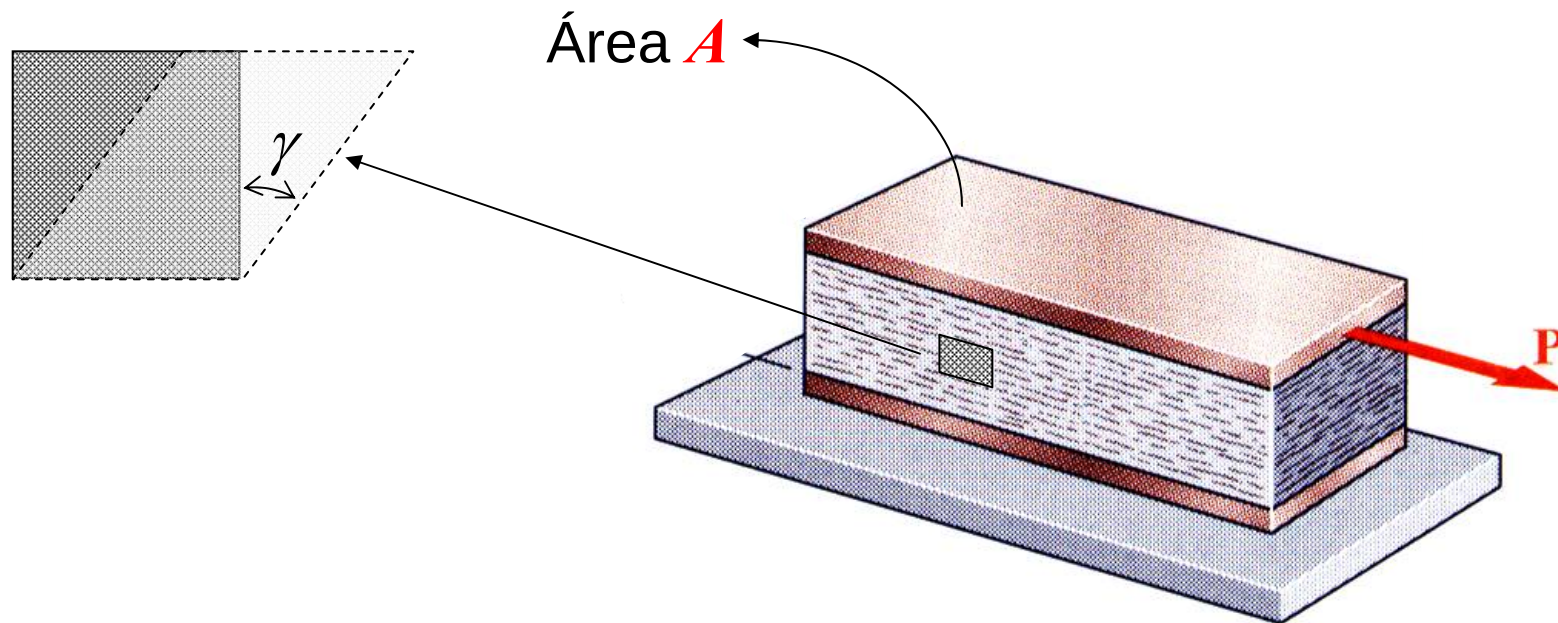
- Forças P e P' são aplicadas transversalmente ao componente AB
- Esforços internos atuando no plano da seção C são chamados *forças de cisalhamento*
- *Vetores tensão* atuando ao longo do plano C têm apenas componentes cisalhantes (tangenciais)
- A tensão cisalhante deve variar ao longo da seção. Seu valor é nulo nas superfícies superior e inferior e o valor máximo ocorre no centro da seção.
- A tensão cisalhante média ao longo da seção é

$$\tau_{\text{média}} = P/A$$

onde A é a área da seção transversal C

Cisalhamento

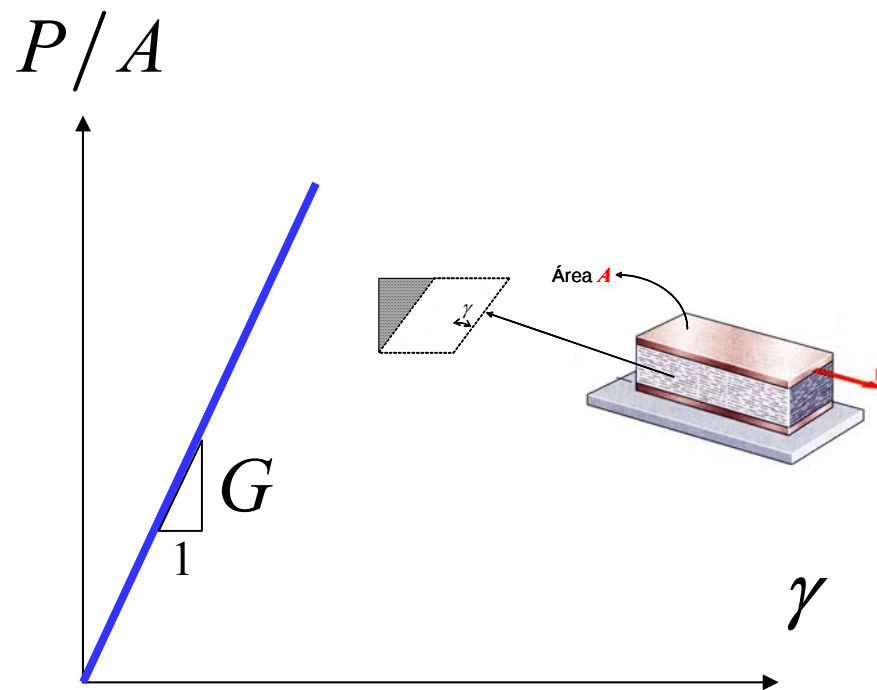
Tensão e Deformação Cisalhante



Figuras reproduzidas de: Beer, Johnston & DeWolf, *Mechanics of Materials*, 4th ed., McGraw-Hill, 2002

Cisalhamento

Tensão e Deformação Cisalhante



$$\tau = P/A$$

$$\tau = G\gamma$$

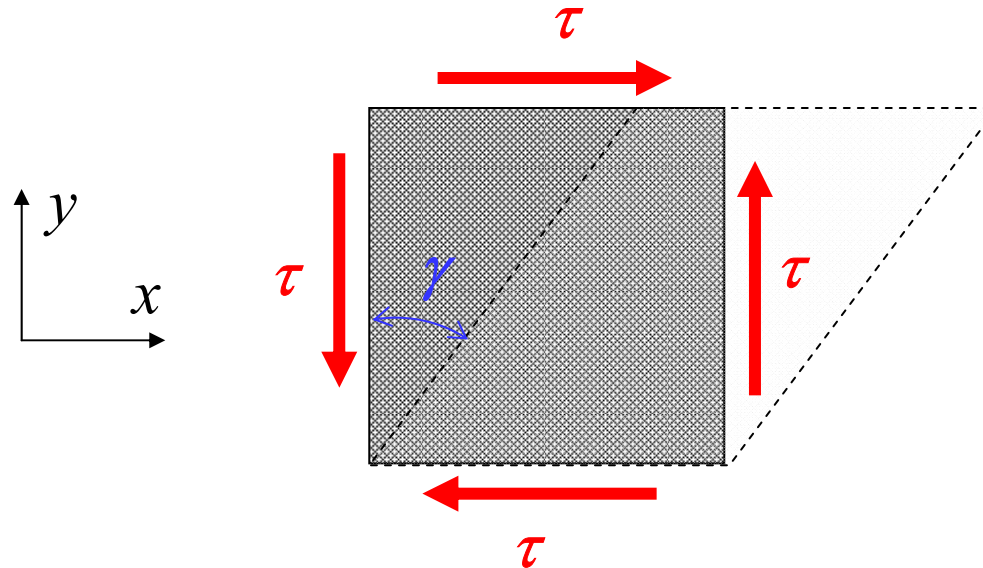
G é o Módulo de Cisalhamento

Cisalhamento

Tensão e Deformação Cisalhante

- Pequenas deformações
- Resposta linear elástica

$$\tau = G \gamma$$

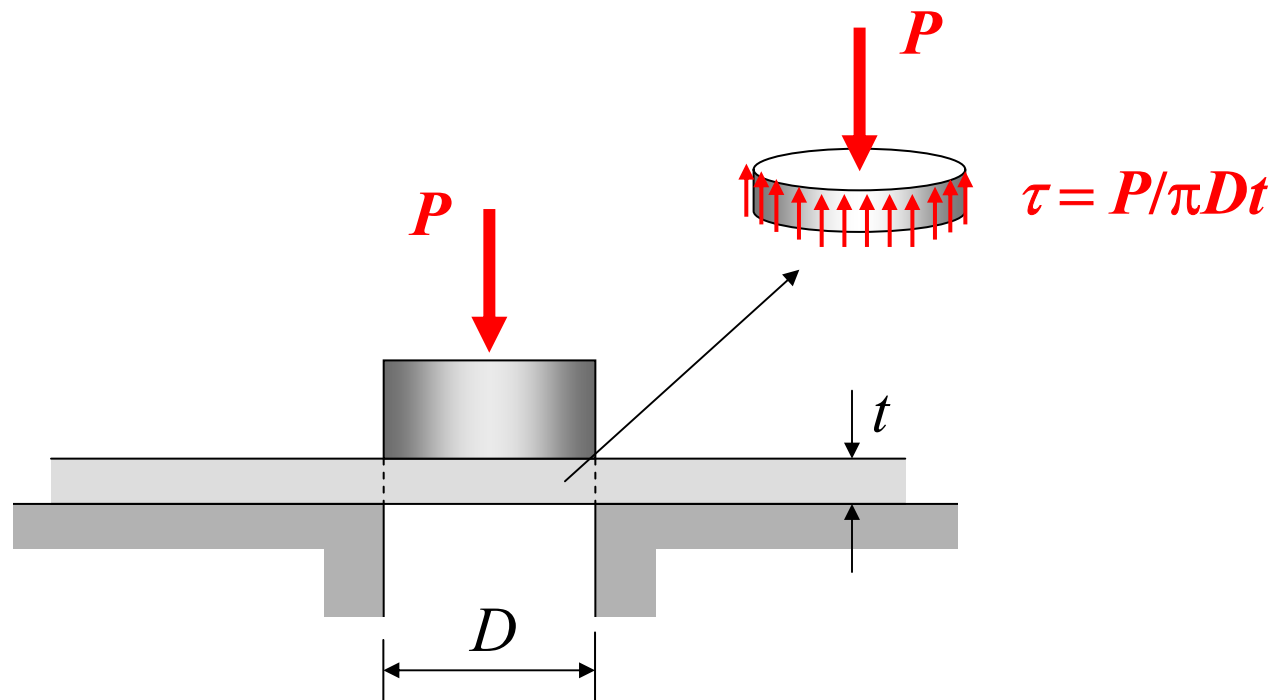


$$\tau = \sigma_{xy}$$

Cisalhamento

Exemplos

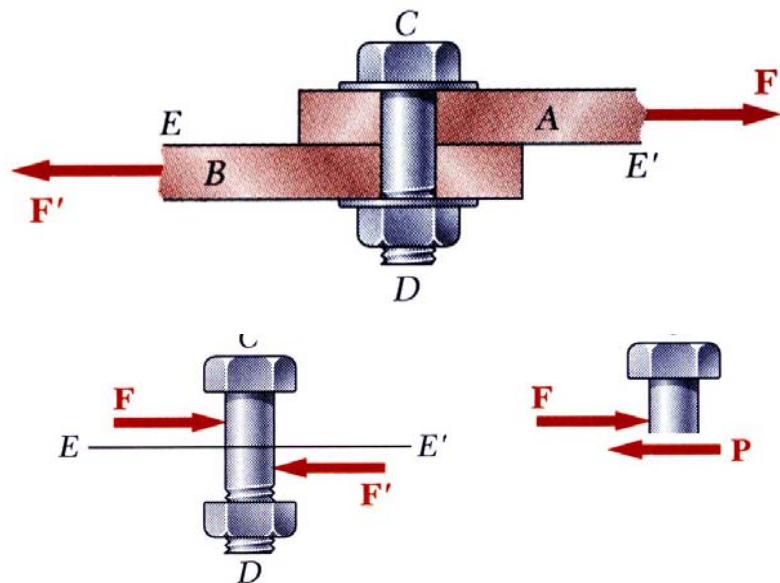
Punção



Cisalhamento

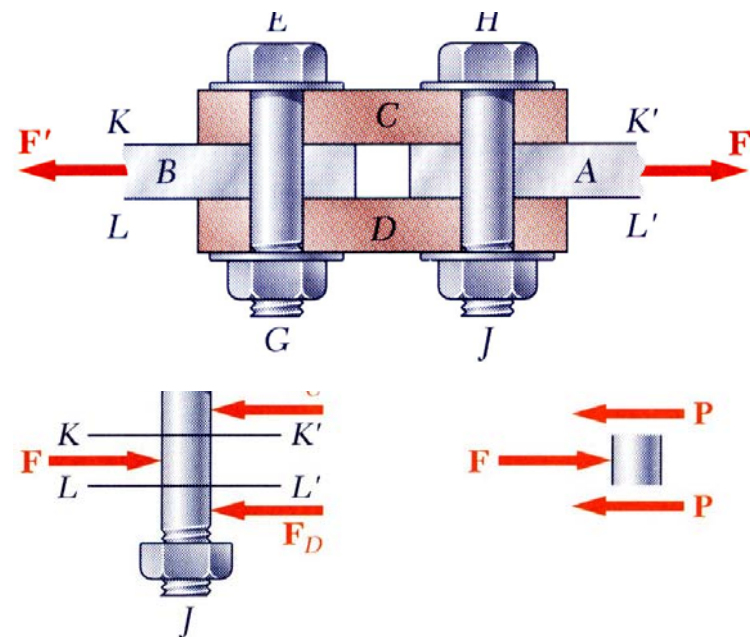
Exemplos : Conexões parafusadas

Cisalhamento Simples



$$\tau_{\text{med}} = \frac{P}{A} = \frac{F}{A}$$

Cisalhamento Duplo

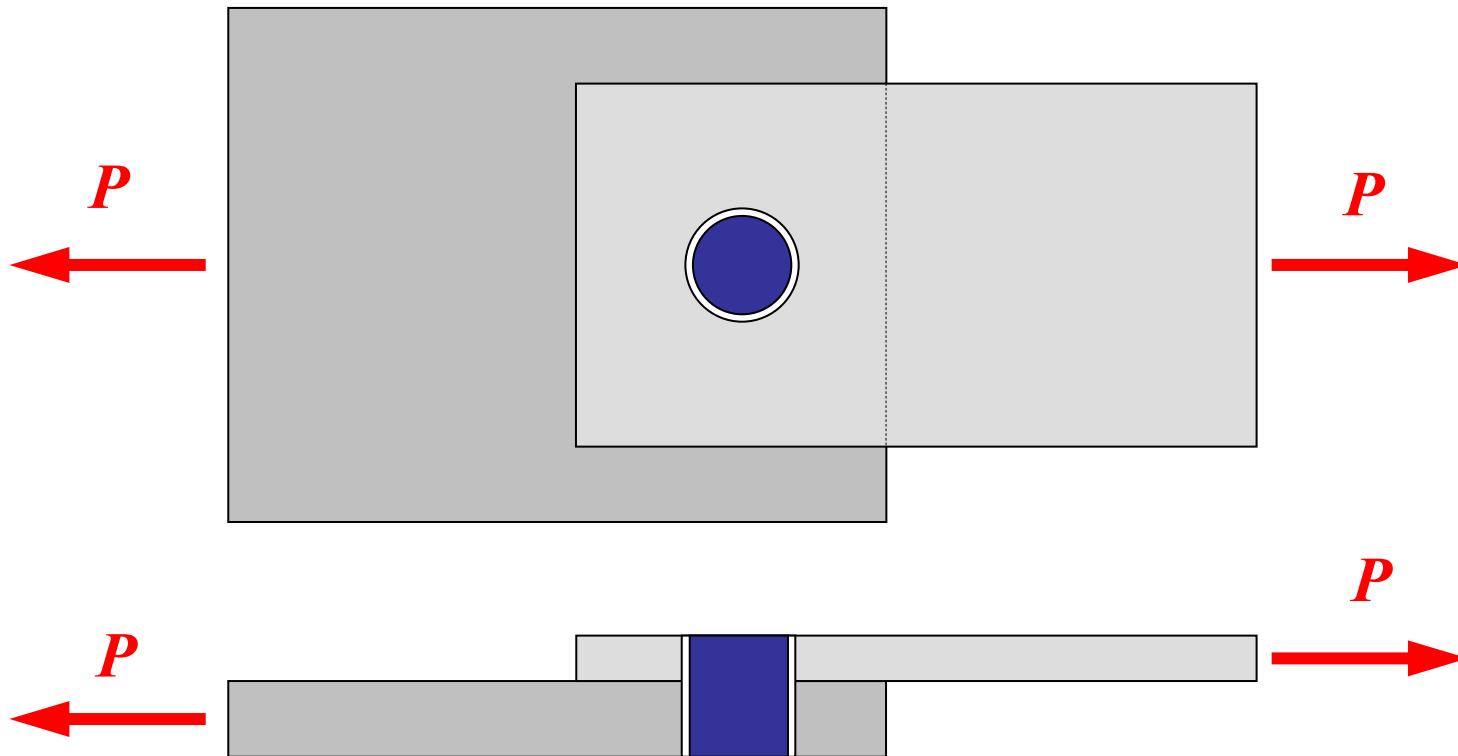


$$\tau_{\text{med}} = \frac{P}{A} = \frac{F}{2A}$$

Cisalhamento

Exemplos

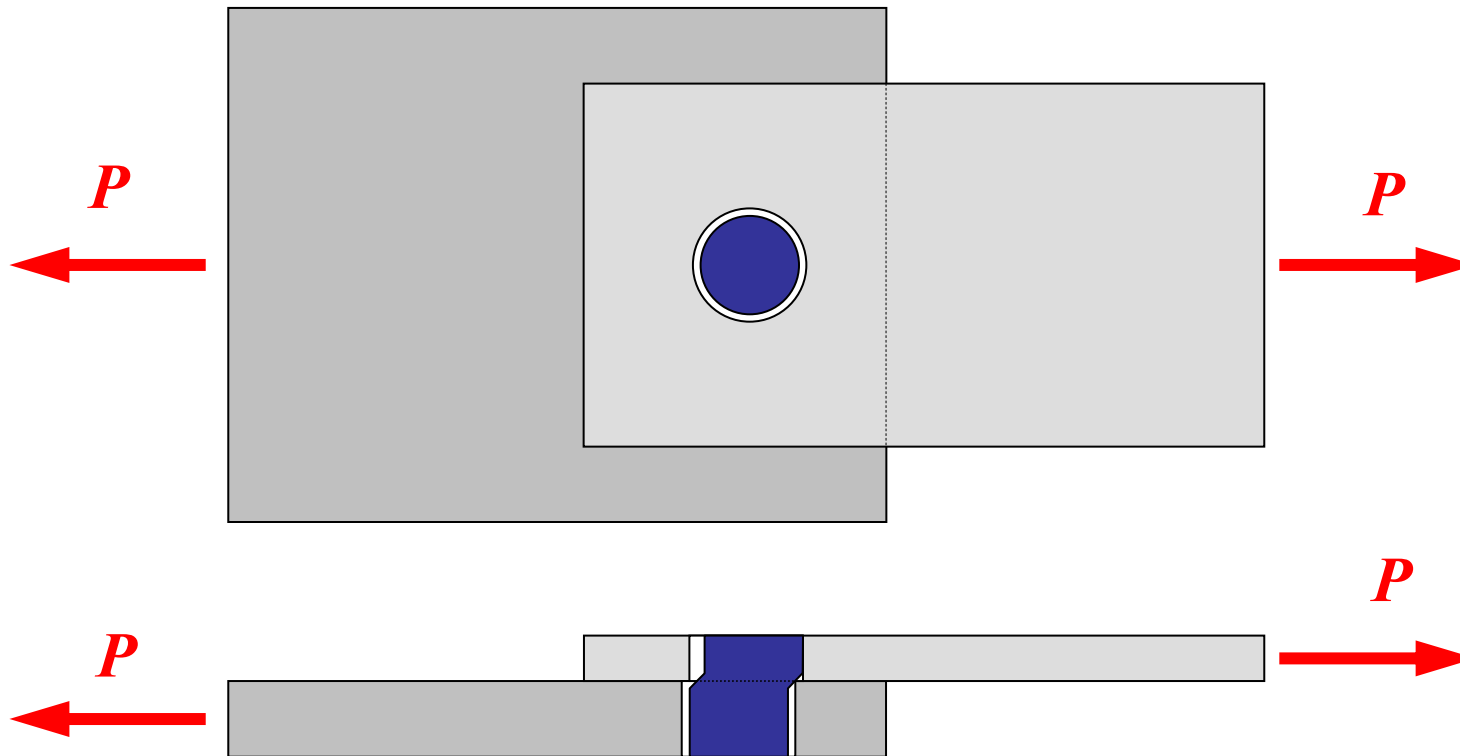
Cisalhamento Simples



Cisalhamento

Exemplos

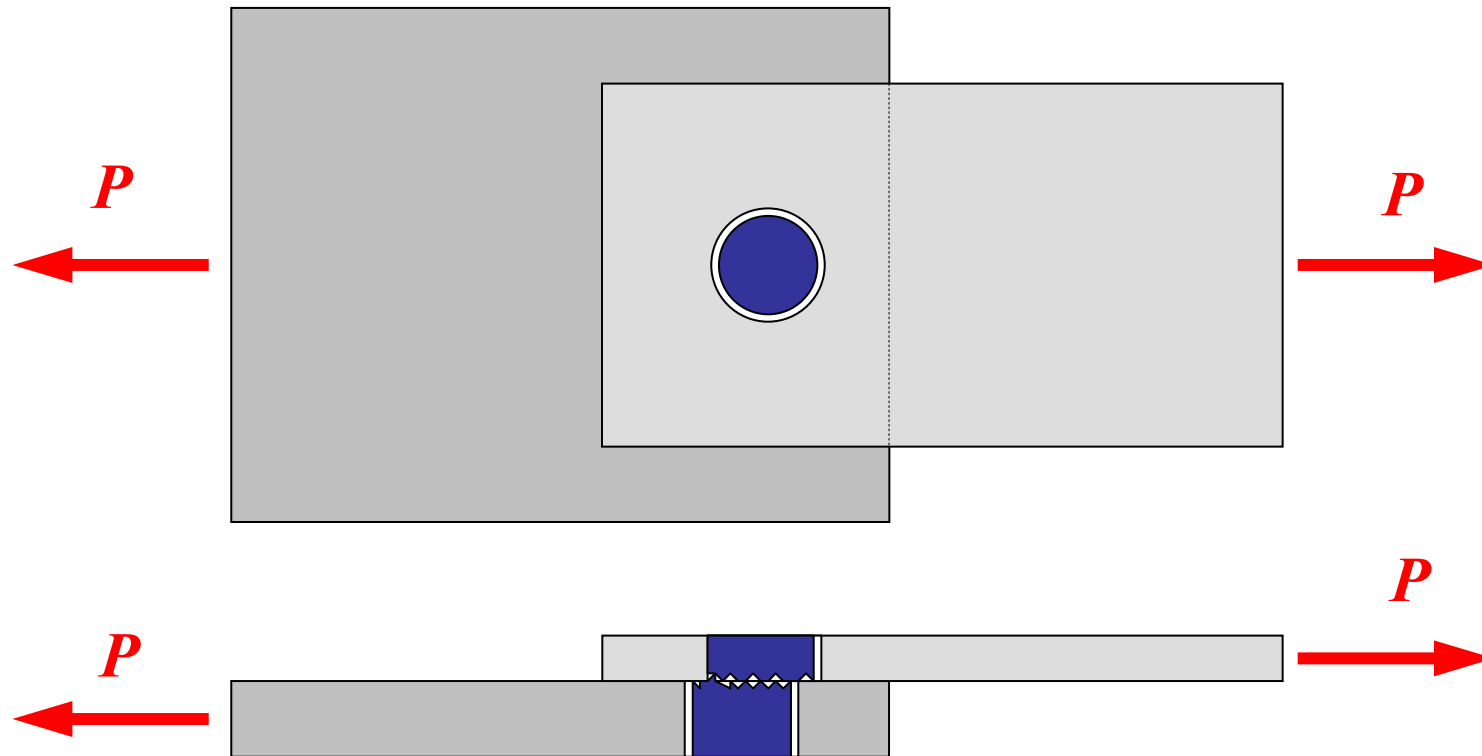
Cisalhamento Simples



Cisalhamento

Exemplos

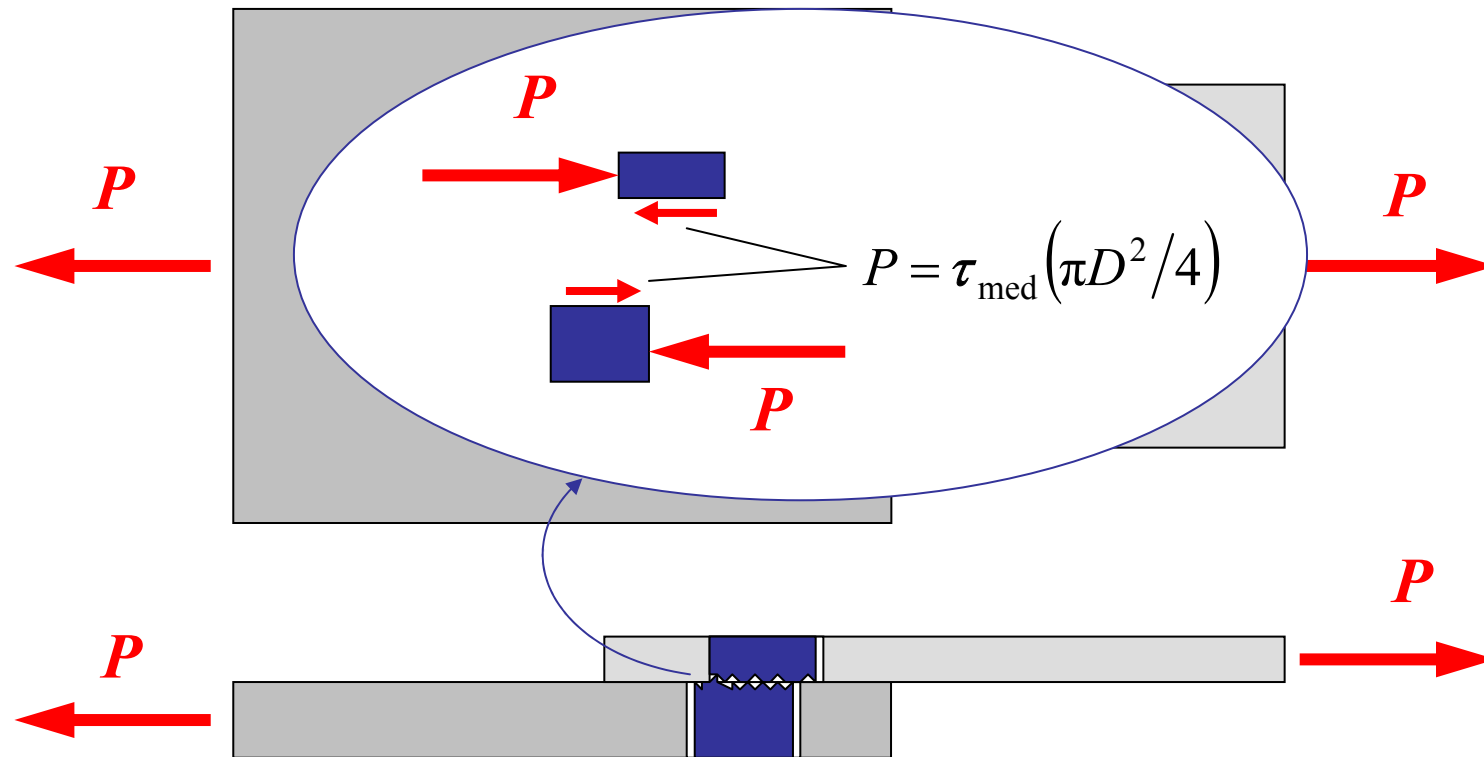
Cisalhamento Simples (*ruptura por cisalhamento*)



Cisalhamento

Exemplos

Cisalhamento Simples (*ruptura por cisalhamento*)



Cisalhamento

Exemplos

Cisalhamento Simples (*ruptura por cisalhamento*)

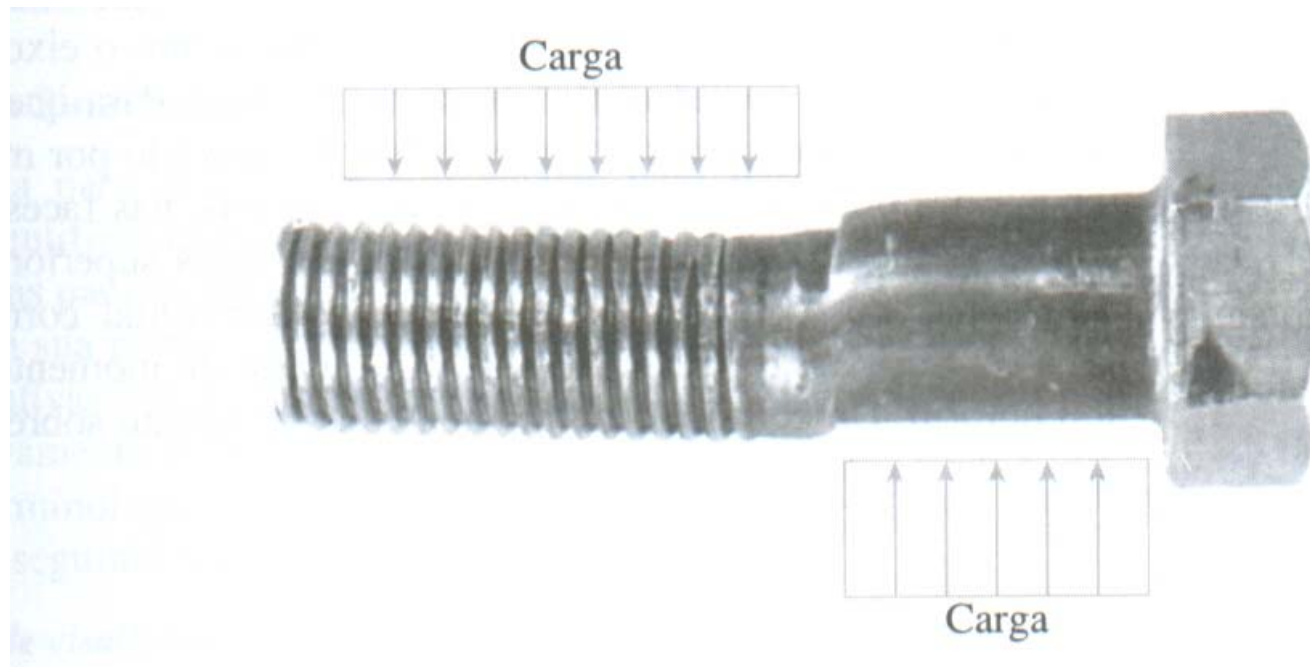
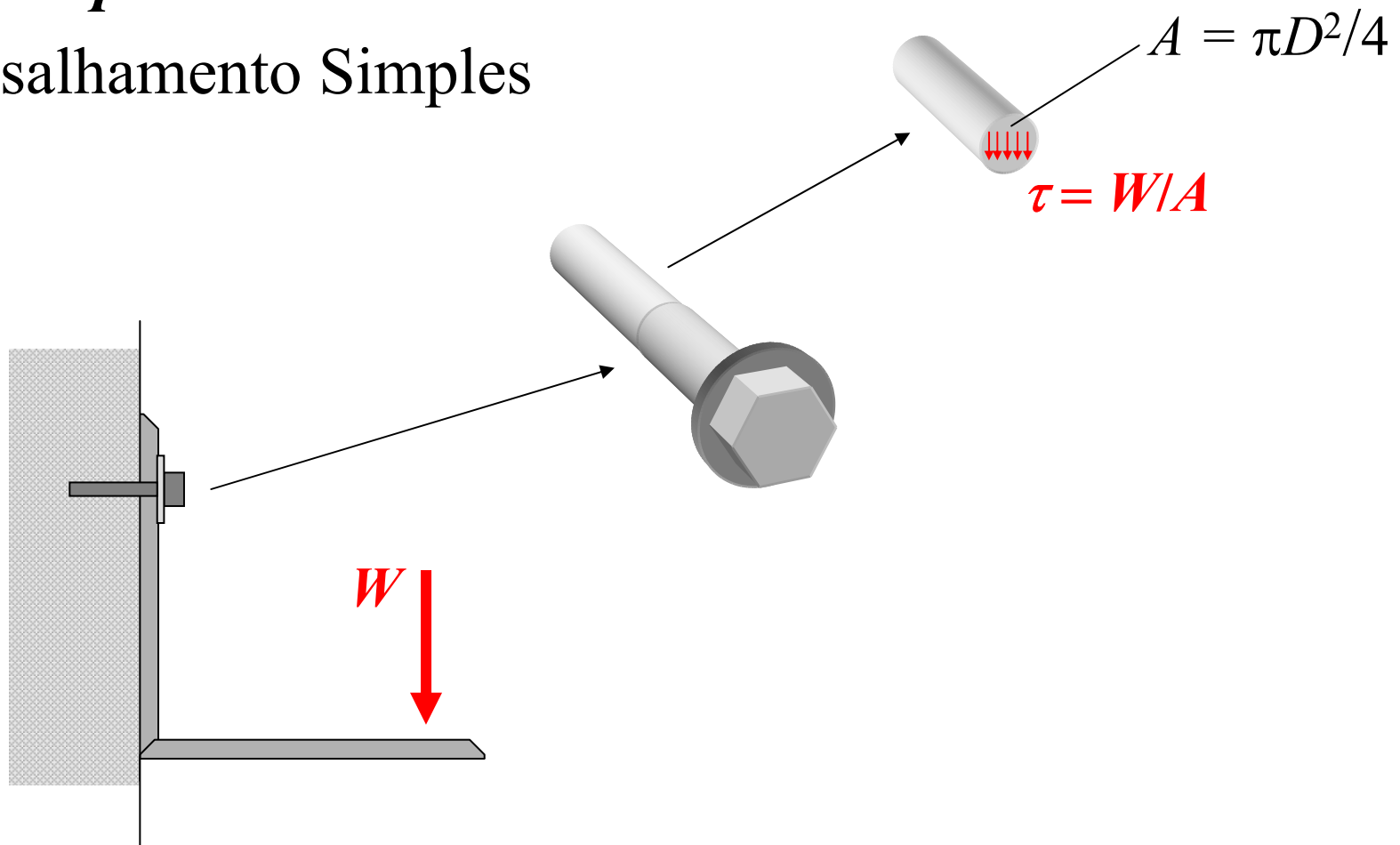


Figura reproduzida de: Gere, *Mecânica dos Materiais*, Thomson, Brasil, 2003

Cisalhamento

Exemplos

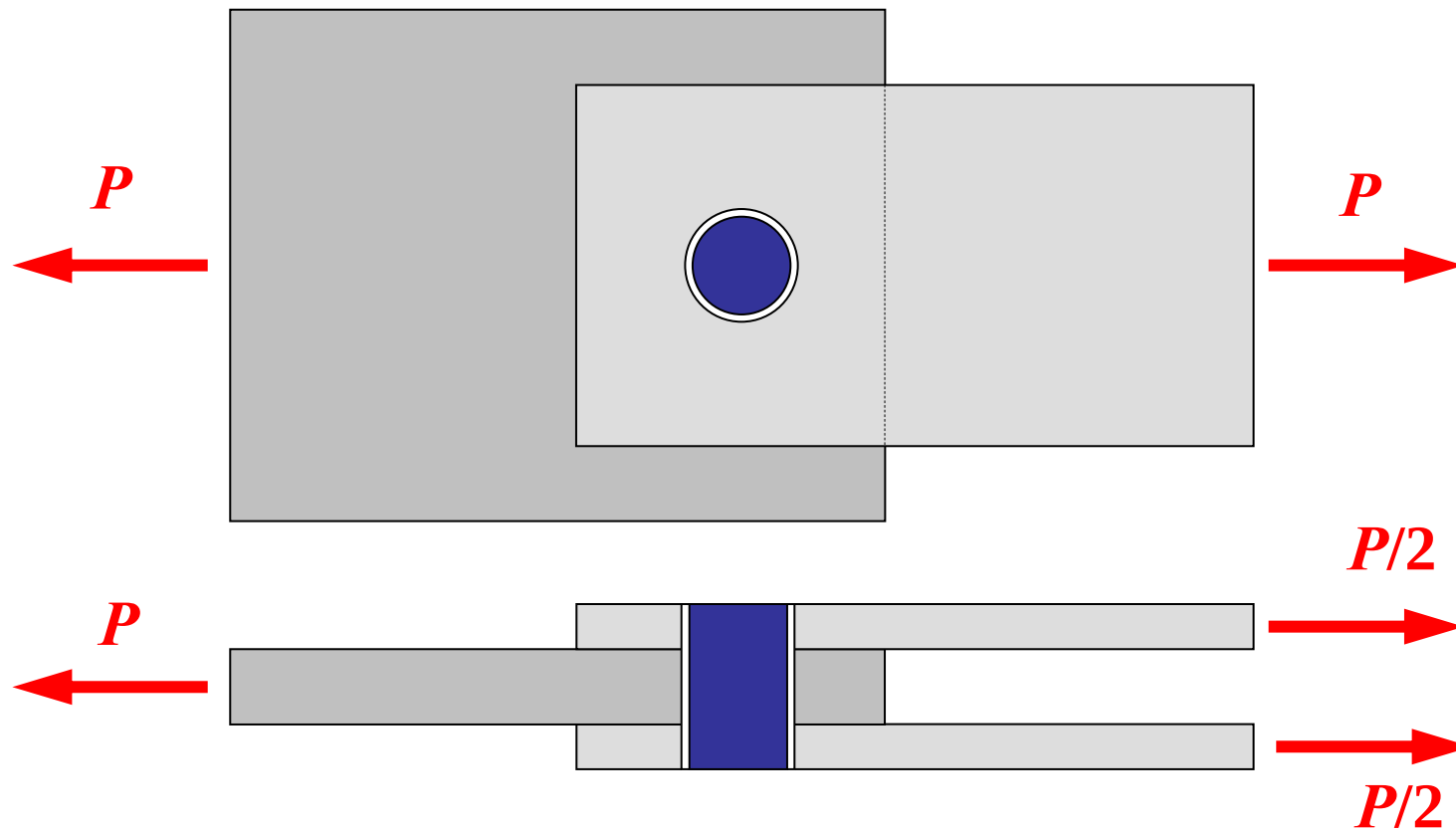
Cisalhamento Simples



Cisalhamento

Exemplos

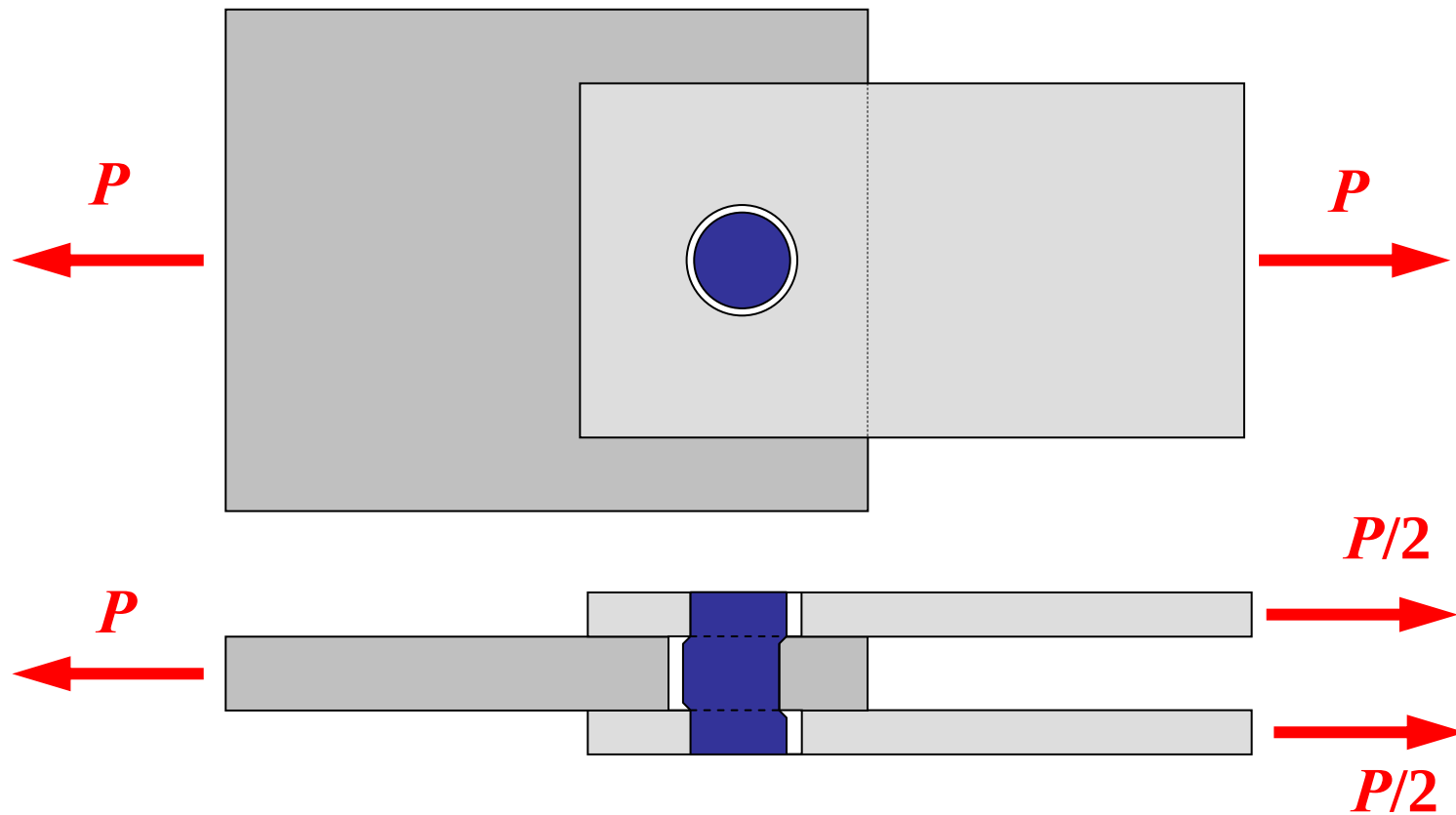
Cisalhamento Duplo



Cisalhamento

Exemplos

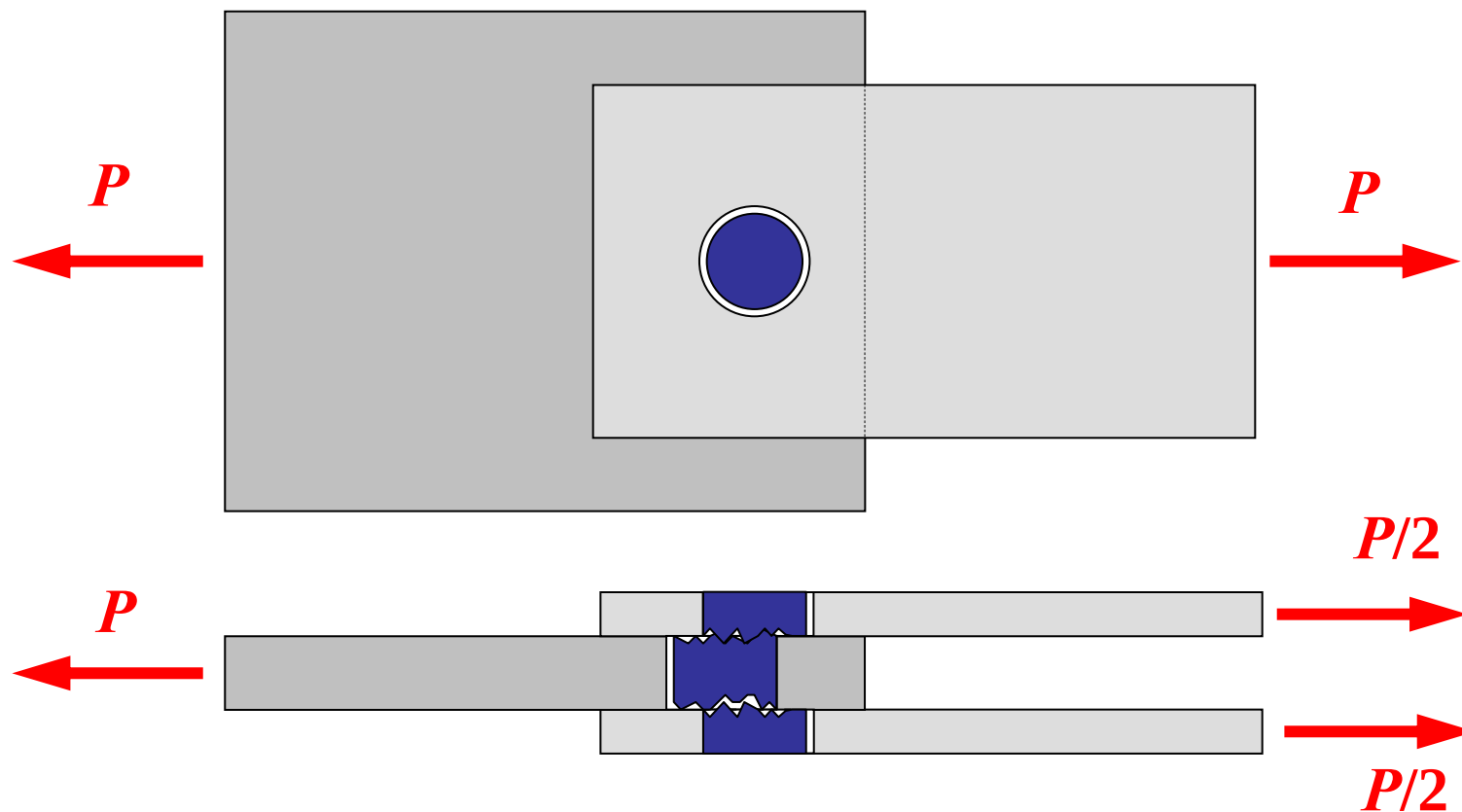
Cisalhamento Duplo



Cisalhamento

Exemplos

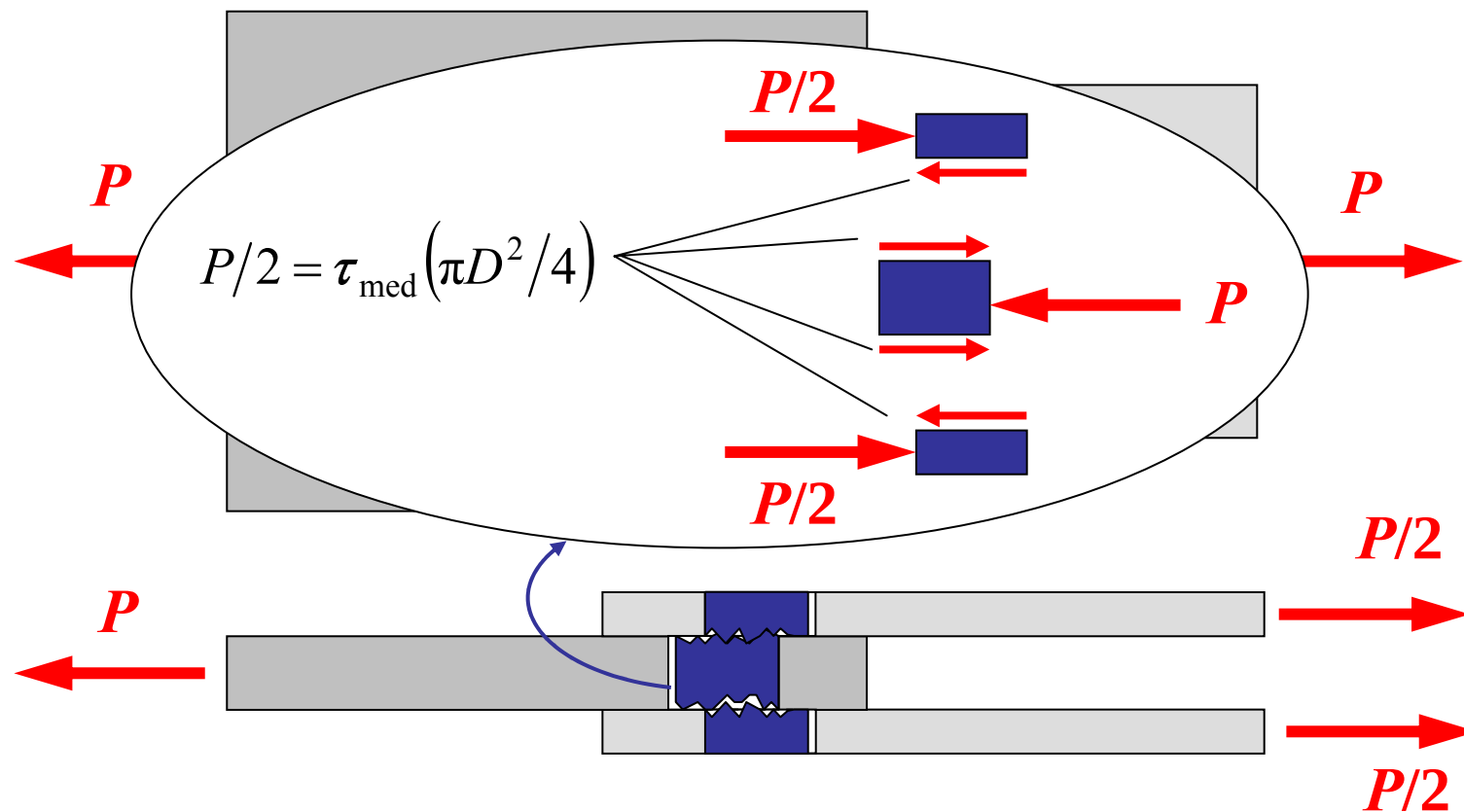
Cisalhamento Duplo (*ruptura por cisalhamento*)



Cisalhamento

Exemplos

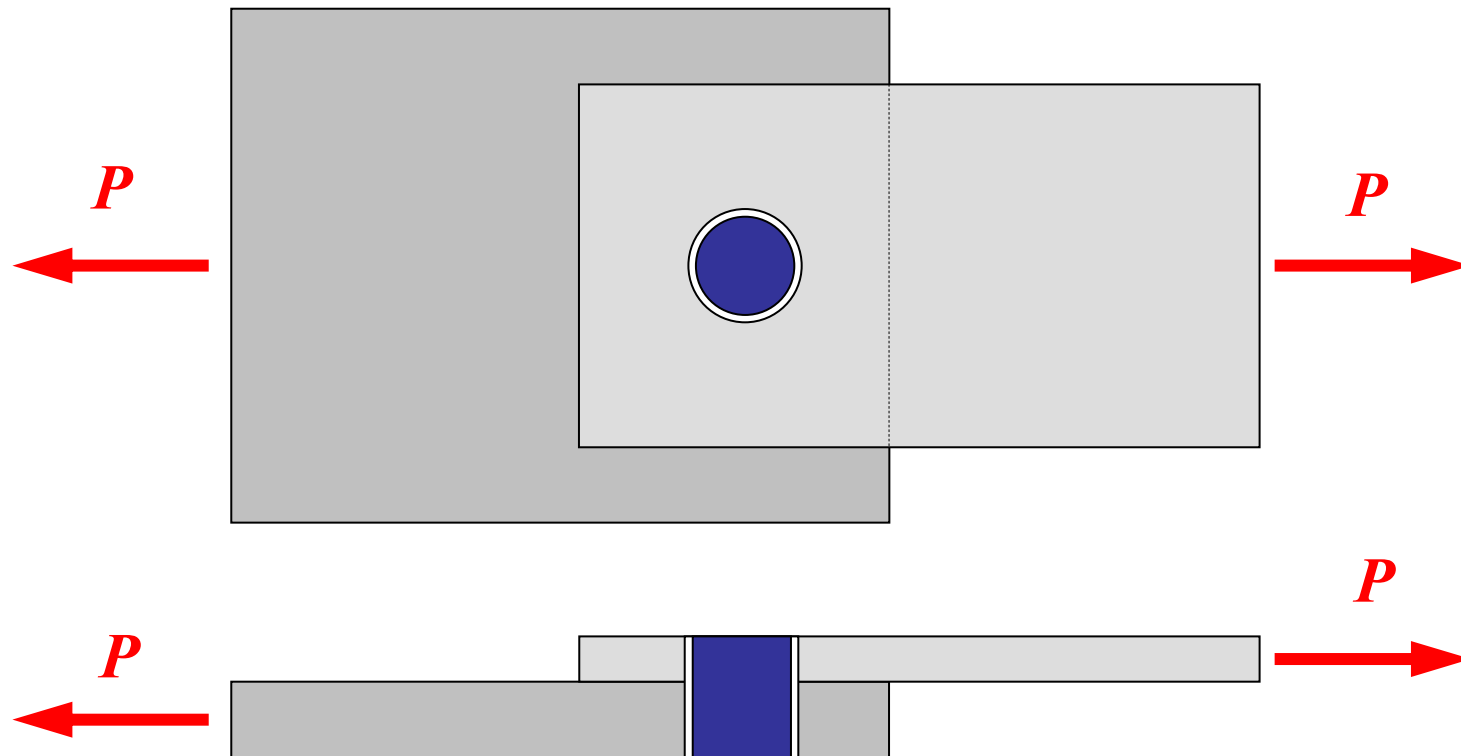
Cisalhamento Duplo (*ruptura por cisalhamento*)



Cisalhamento

Exemplos

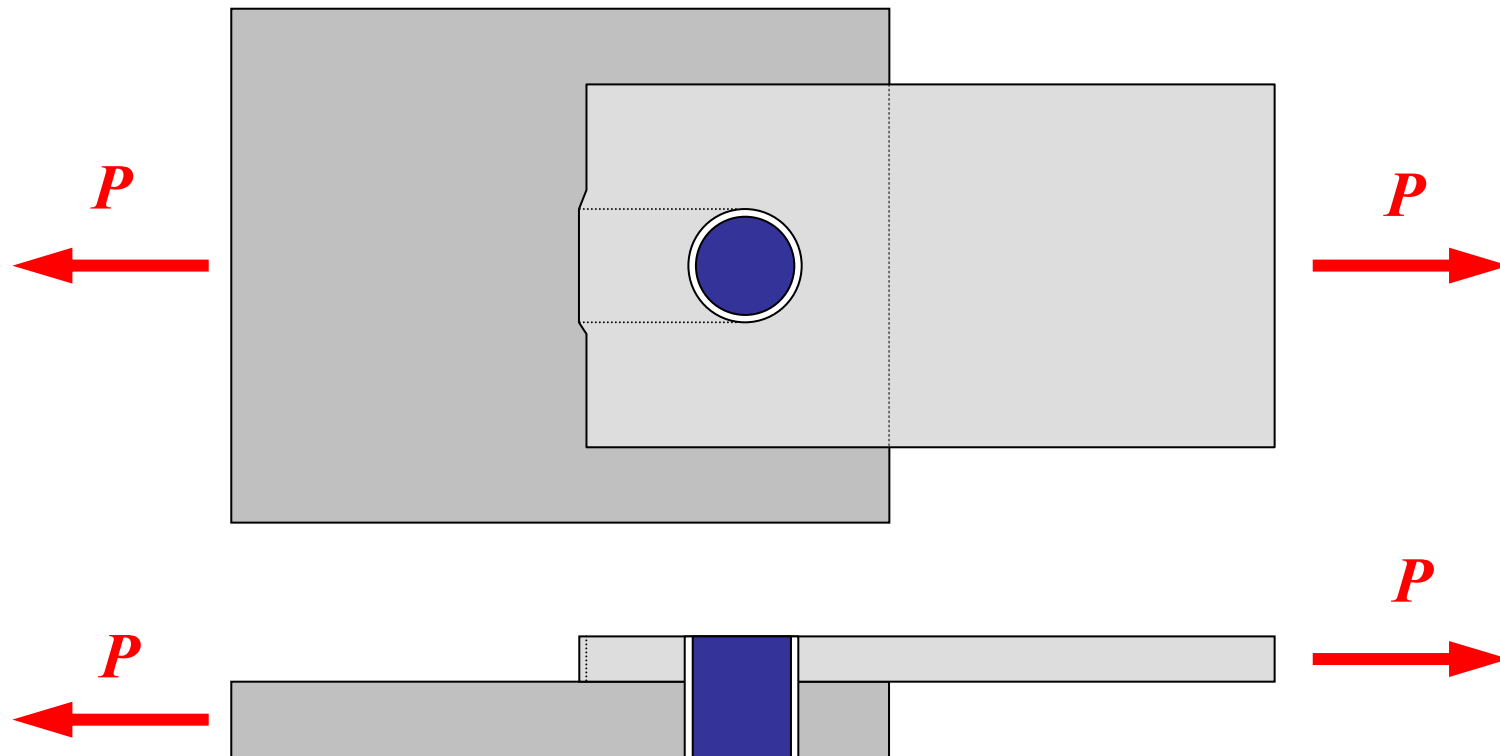
Conexão Parafusada – Rasgamento (*shear out*)



Cisalhamento

Exemplos

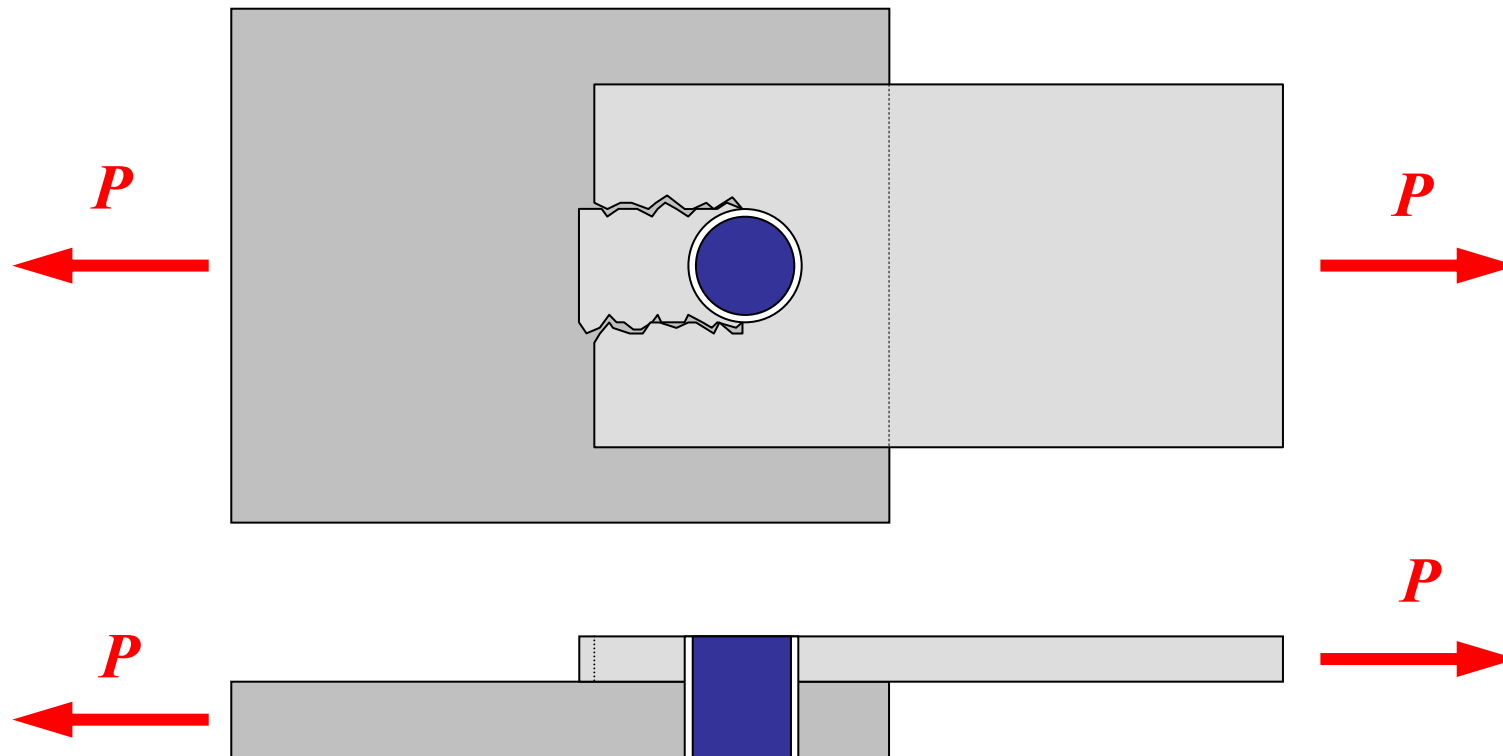
Conexão Parafusada – Rasgamento (*shear out*)



Cisalhamento

Exemplos

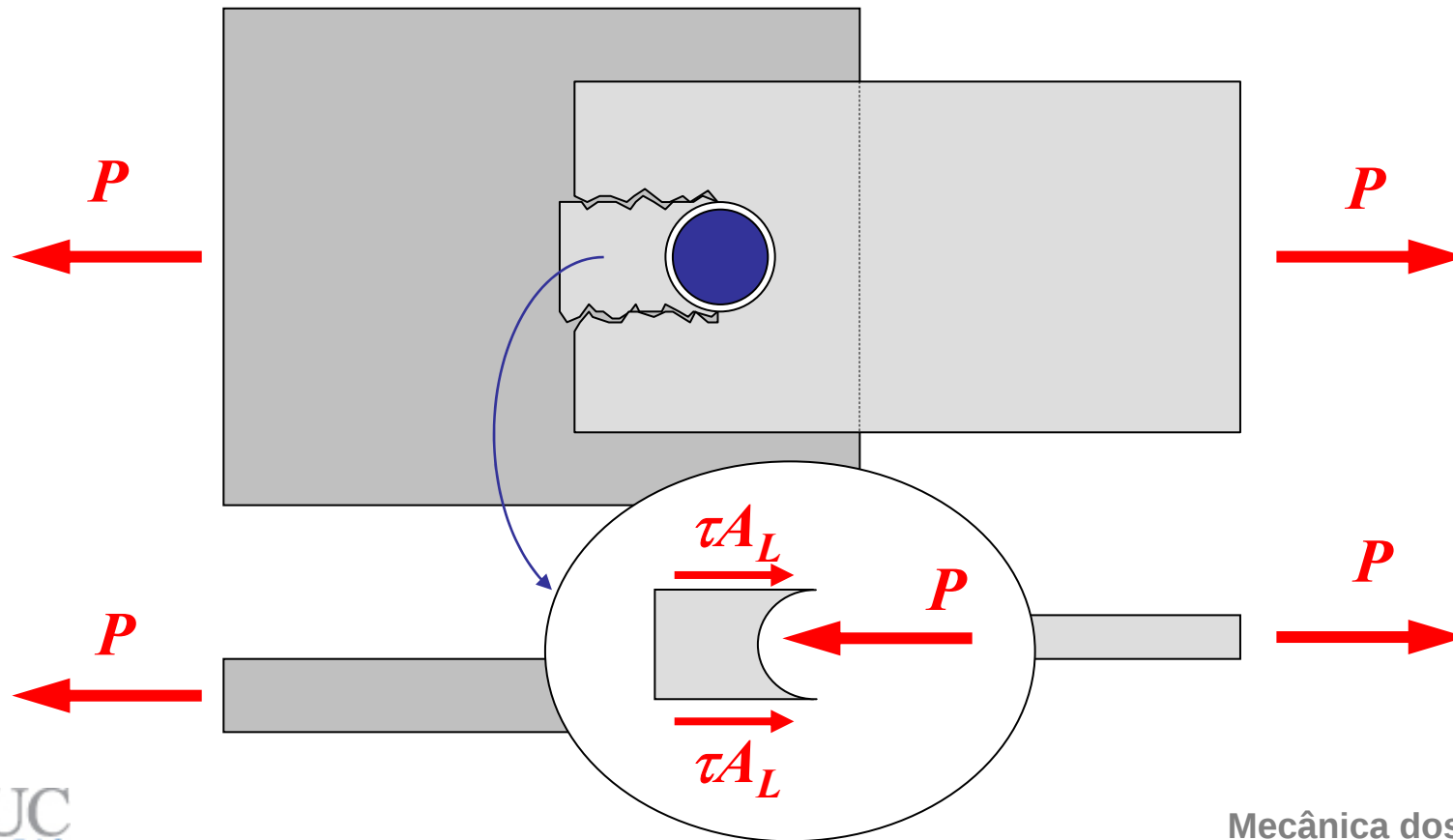
Conexão Parafusada – Rasgamento (*shear out*)



Cisalhamento

Exemplos

Conexão Parafusada – Rasgamento (*shear out*)



Cisalhamento

Exemplos

Conexão Parafusada – Rasgamento (*shear out*)



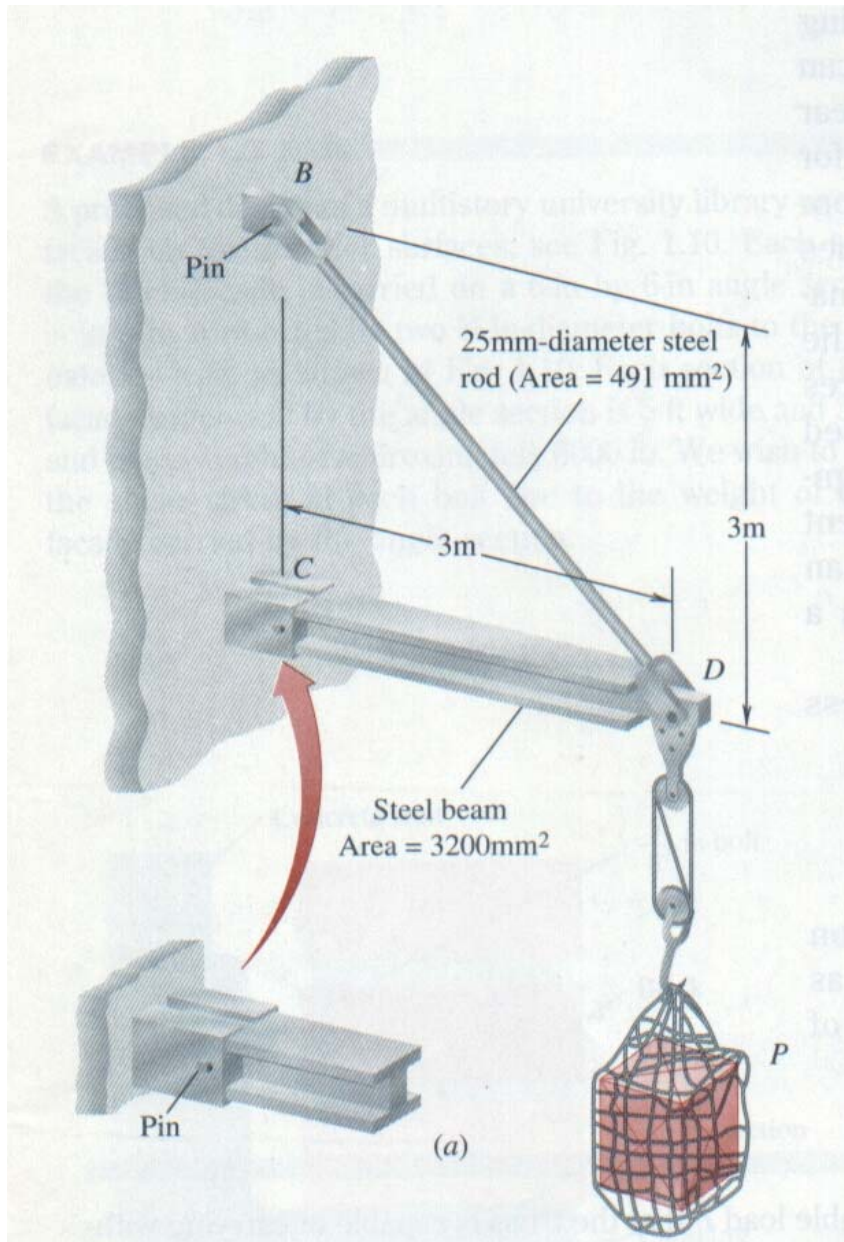
Cisalhamento

Exemplos

Conexão Parafusada – Rasgamento (*shear out*)



Problema



Determine o valor máximo admissível para a força P considerando:

- Pinos em B , C e D têm 10 mm de diâmetro
- A tensão normal, compressiva ou trativa, em BD e CD não deve ultrapassar 100 MPa (em valor absoluto)
- A máxima tensão cisalhante admissível nos pinos é 150 MPa

Figuras reproduzidas de: Lardner & Archer, *Mechanics of Solids – An Introduction*, McGraw-Hill, 1994