

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Ensaio Mecânicos de Materiais

Aula 2 – Ensaio de Tração

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

Tópicos Abordados Nesta Aula

- Ensaio de tração.
- Propriedades do ensaio de tração.
- Exemplos e exercícios sobre ensaio de tração.

Definição do Ensaio de Tração

- O ensaio de tração consiste em submeter o material a um esforço que tende a alongá-lo até a ruptura. Os esforços ou cargas são medidos na própria máquina de ensaio.
- No ensaio de tração o corpo é deformado por alongamento, até o momento em que se rompe. Os ensaios de tração permitem conhecer como os materiais reagem aos esforços de tração, quais os limites de tração que suportam e a partir de que momento se rompem.

Deformação Antes da Ruptura

- Imagine um corpo preso numa das extremidades, submetido a uma força, como na ilustração ao lado. Quando esta força é aplicada na direção do eixo longitudinal, se diz que se trata de uma força axial.
- Observe novamente a ilustração anterior. Repare que a força axial está dirigida para fora do corpo sobre o qual foi aplicada. Quando a força axial está dirigida no sentido mostrado, trata-se de uma força axial de tração.
- A aplicação de uma força axial de tração num corpo preso produz uma deformação, isto é, um aumento no seu comprimento com diminuição da área da seção transversal.

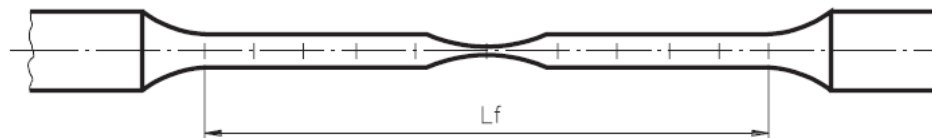


Alongamento

- Aumento de comprimento que ocorre quando se realiza um ensaio de tração.

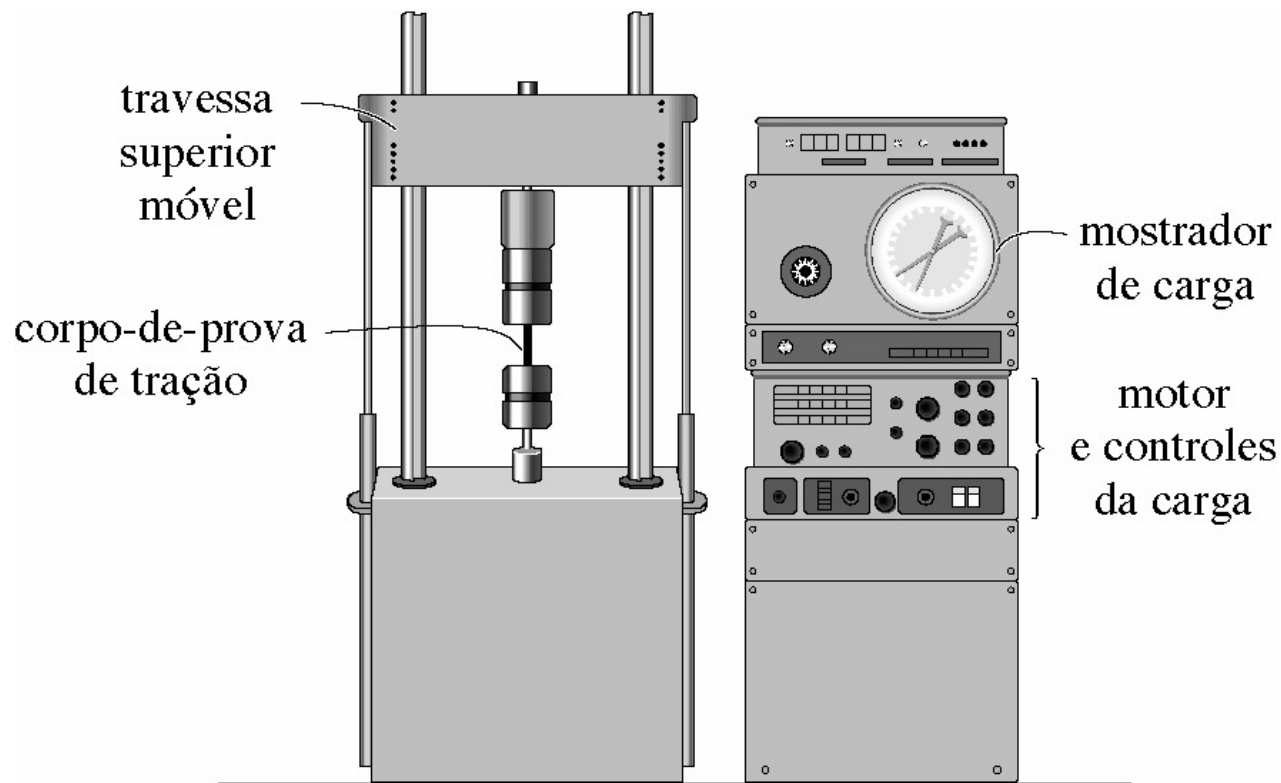


corpo de prova antes do ensaio de tração



corpo de prova depois do ensaio de tração

Máquina para Ensaio de Tração



Relações de Tensão e Deformação

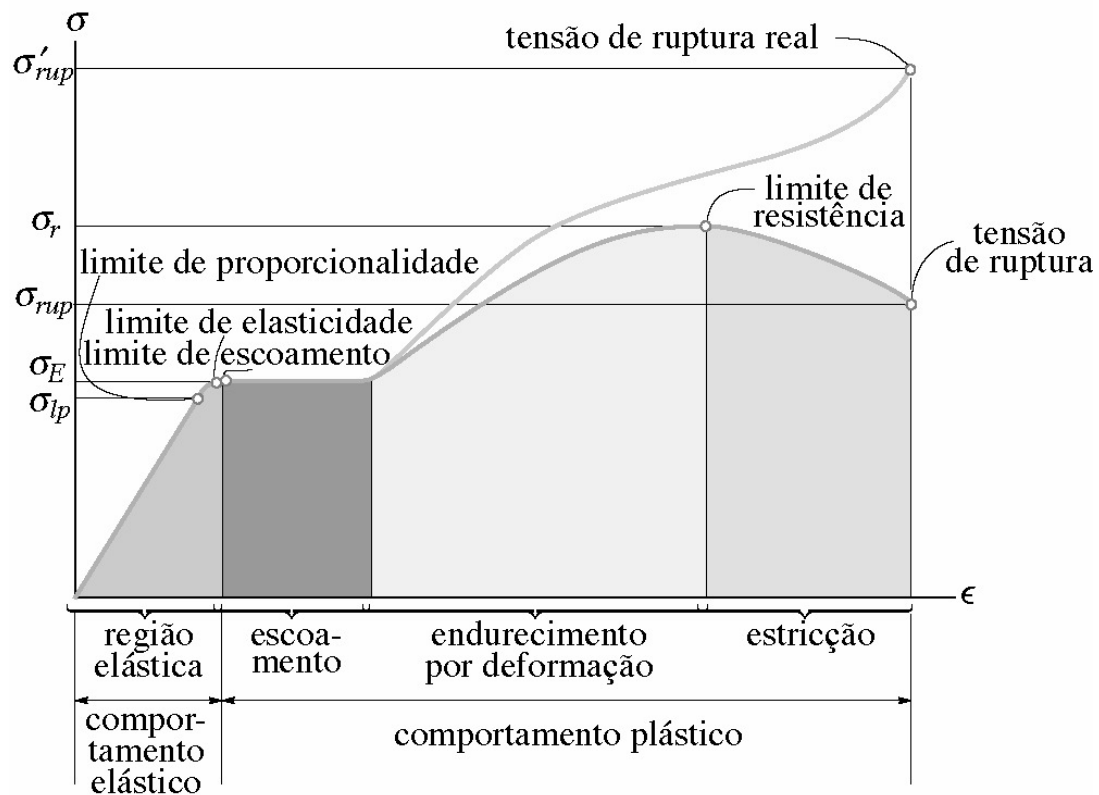
Com os dados registrados no ensaio, se determina a *tensão nominal ou de engenharia* dividindo a carga aplicada P pela área da seção transversal inicial do corpo de prova A_0 .

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

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

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

Diagrama Tensão x Deformação

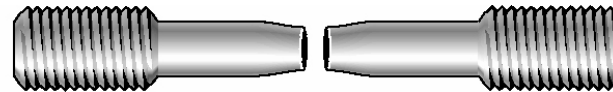


Diagramas tensão-deformação convencional e real para material dúctil (aço) (sem escala)

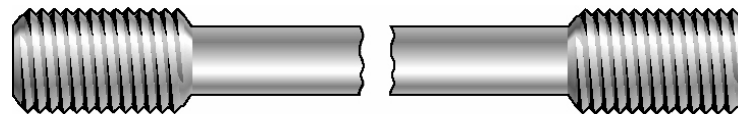
Tipos de Falhas



Estricção



Falha de um material dúctil



Falha de material frágil por tração

Materiais Dúcteis e Frágeis

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.

Porcentagens de Alongamento e Redução de Área

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.

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

Tensão e Deformação

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 .

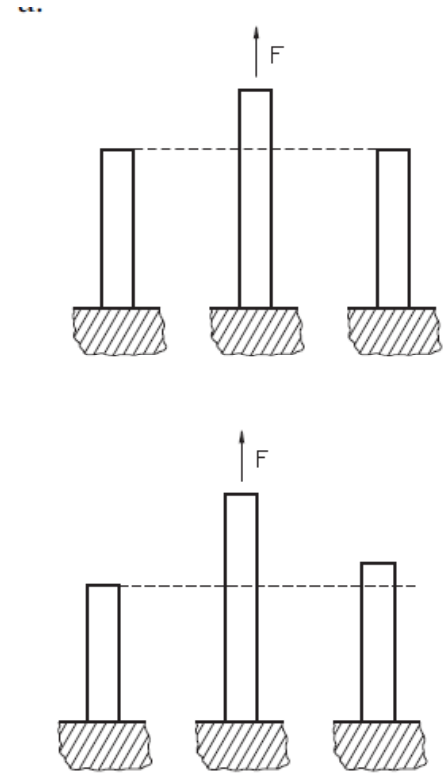
$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

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

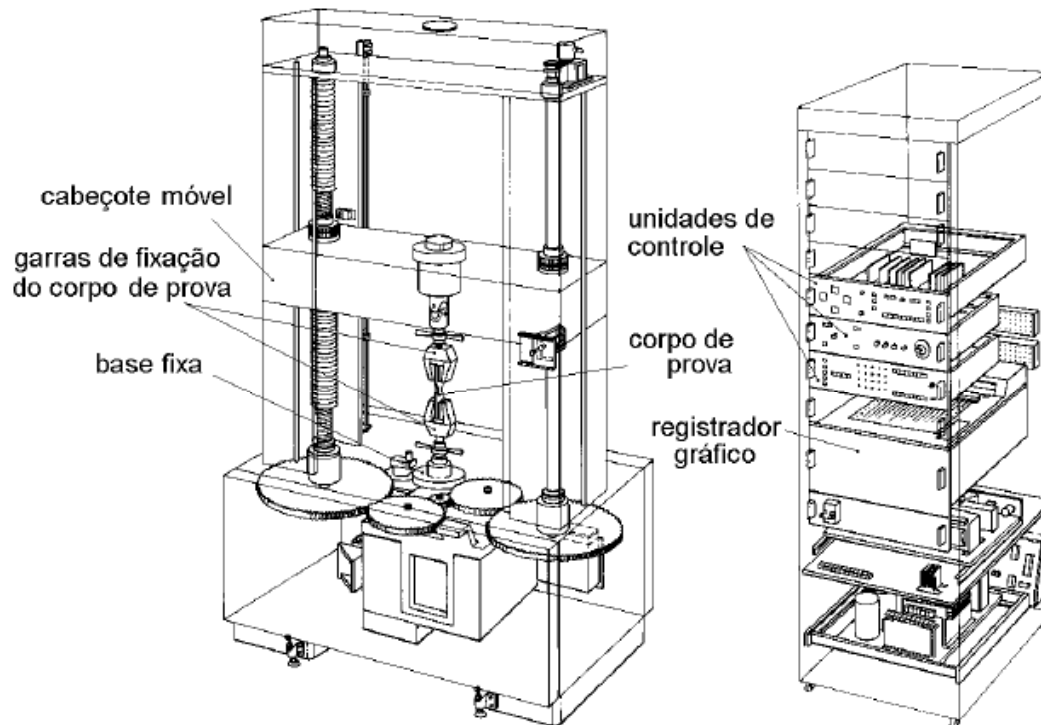
$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0}$$

Tipos de Deformação

- Deformação elástica: não é permanente. Uma vez cessados os esforços, o material volta à sua forma original.
- Deformação plástica: é permanente. Uma vez cessados os esforços, o material recupera a deformação elástica, mas fica com uma deformação residual plástica, não voltando mais à sua forma original.



Equipamento para o Ensaio de Tração



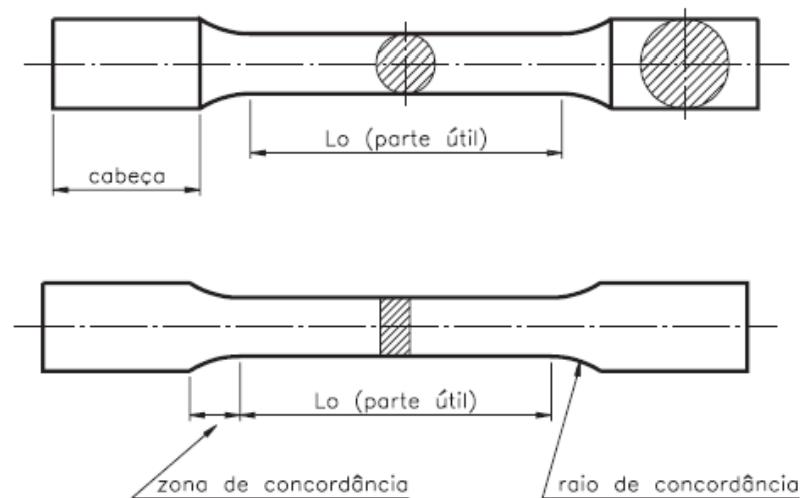
Fixa-se o corpo de prova na máquina por suas extremidades, numa posição que permite ao equipamento aplicar-lhe uma força axial para fora, de modo a aumentar seu comprimento.

A máquina de tração é hidráulica, movida pela pressão de óleo, e está ligada a um **dinamômetro** que mede a força aplicada ao corpo de prova.

Corpos de Prova

O ensaio de tração é feito em corpos de prova com características especificadas de acordo com normas técnicas. Suas dimensões devem ser adequadas à capacidade da máquina de ensaio.

Normalmente utilizam-se corpos de prova de seção circular ou de seção retangular, dependendo da forma e tamanho do produto acabado do qual foram retirados, como mostram as ilustrações a seguir.



Especificações do Corpos de Prova

A parte útil do corpo de prova, identificada no desenho anterior por L_0 , é a região onde são feitas as medidas das propriedades mecânicas do material.

As cabeças são as regiões extremas, que servem para fixar o corpo de prova à máquina de modo que a força de tração atuante seja axial. Devem ter seção maior do que a parte útil para que a ruptura do corpo de prova não ocorra nelas.

Suas dimensões e formas dependem do tipo de fixação à máquina. Os tipos de fixação mais comuns são:

Entre as cabeças e a parte útil há um raio de concordância para evitar que a ruptura ocorra fora da parte útil do corpo de prova (L_0).

Segundo a ABNT, o comprimento da parte útil dos corpos de prova utilizados nos ensaios de tração deve corresponder a 5 vezes o diâmetro da seção da parte útil.

Especificações do Corpos de Prova

Por acordo internacional, sempre que possível um corpo de prova deve ter 10 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento inicial. Não sendo possível a retirada de um corpo de prova deste tipo, deve-se adotar um corpo com dimensões proporcionais a essas.

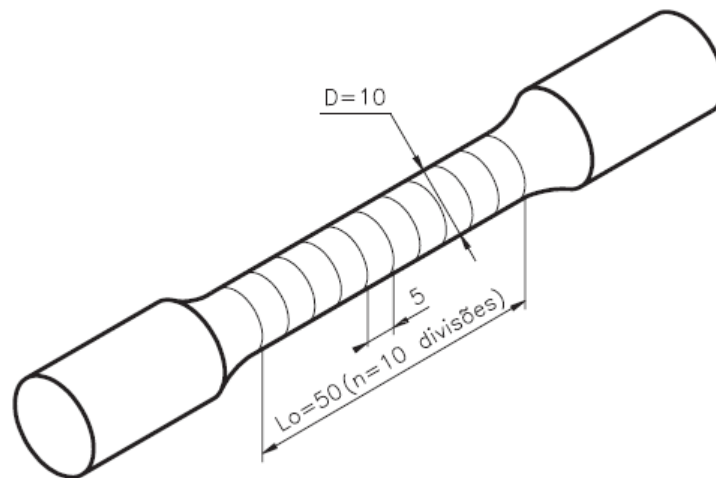
Corpos de prova com seção retangular são geralmente retirados de placas, chapas ou lâminas. Suas dimensões e tolerâncias de usinagem são normalizadas pela ISO/R377 enquanto não existir norma brasileira correspondente. A norma brasileira (NBR 6152, dez./1980) somente indica que os corpos de prova devem apresentar bom acabamento de superfície e ausência de trincas.

Preparação do Corpo de Prova

O primeiro procedimento consiste em identificar o material do corpo de prova. Corpos de prova podem ser obtidos a partir da matéria-prima ou de partes específicas do produto acabado.

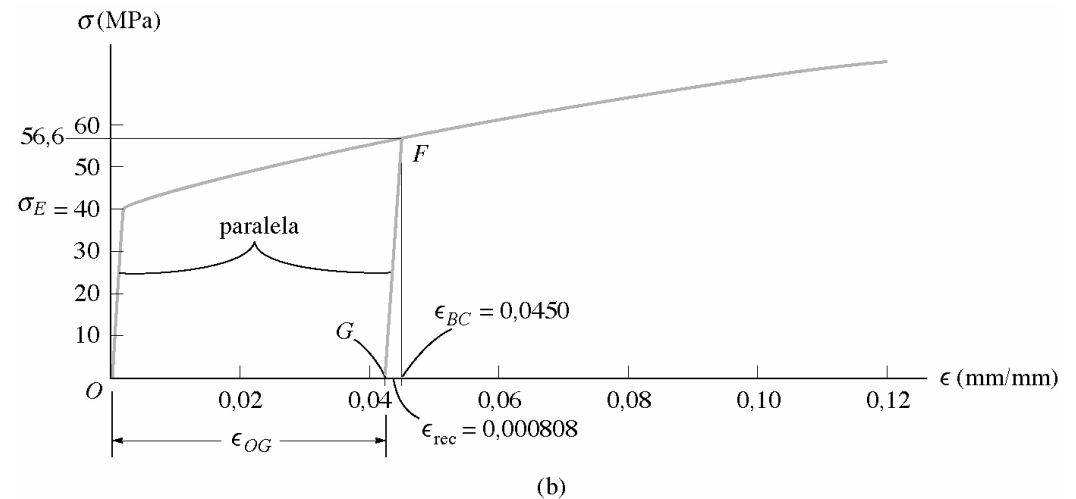
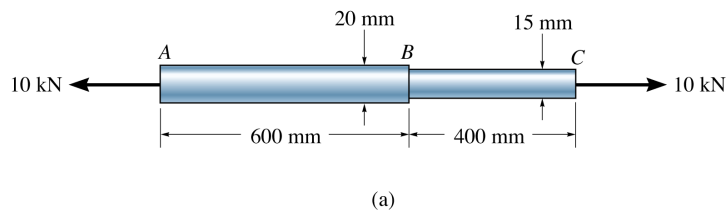
Depois, deve-se medir o diâmetro do corpo de prova em dois pontos no comprimento da parte útil, utilizando um micrômetro, e calcular a média.

Por fim, deve-se riscar o corpo de prova, isto é, traçar as divisões no comprimento útil. Num corpo de prova de 50 mm de comprimento, as marcações devem ser feitas de 5 em 5 milímetros.



Exercício 1

2) 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 Exercício 1

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 Exercício 1

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:

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

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

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

Exercício Proposto

1) 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

Próxima Aula

- Ensaio de Dureza.