

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.

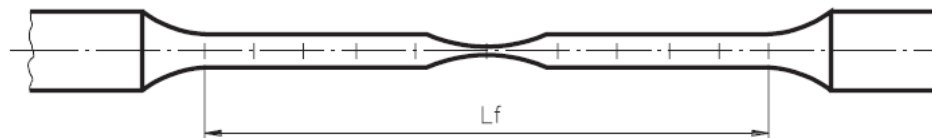


# Alongamento

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

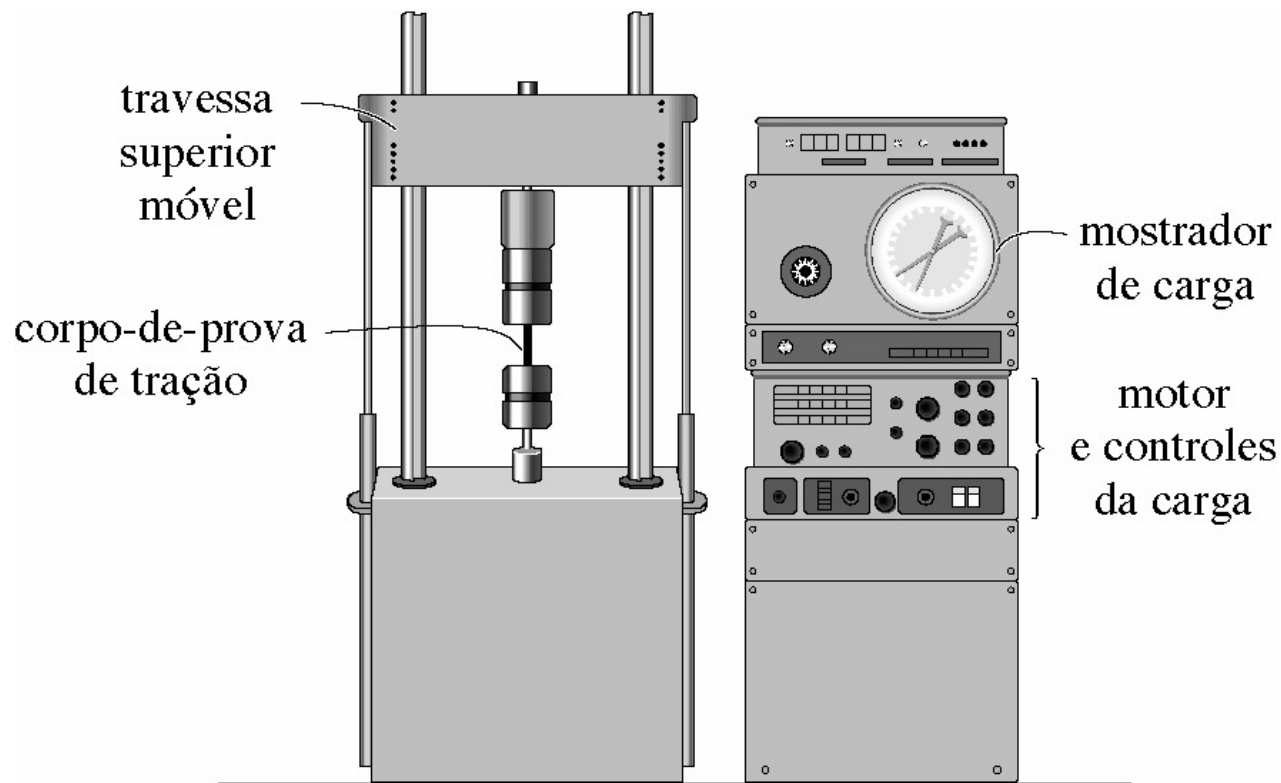


corpo de prova antes do ensaio de tração



corpo de prova depois do ensaio de tração

# Máquina para Ensaio de Tração



## Relações de Tensão e Deformação

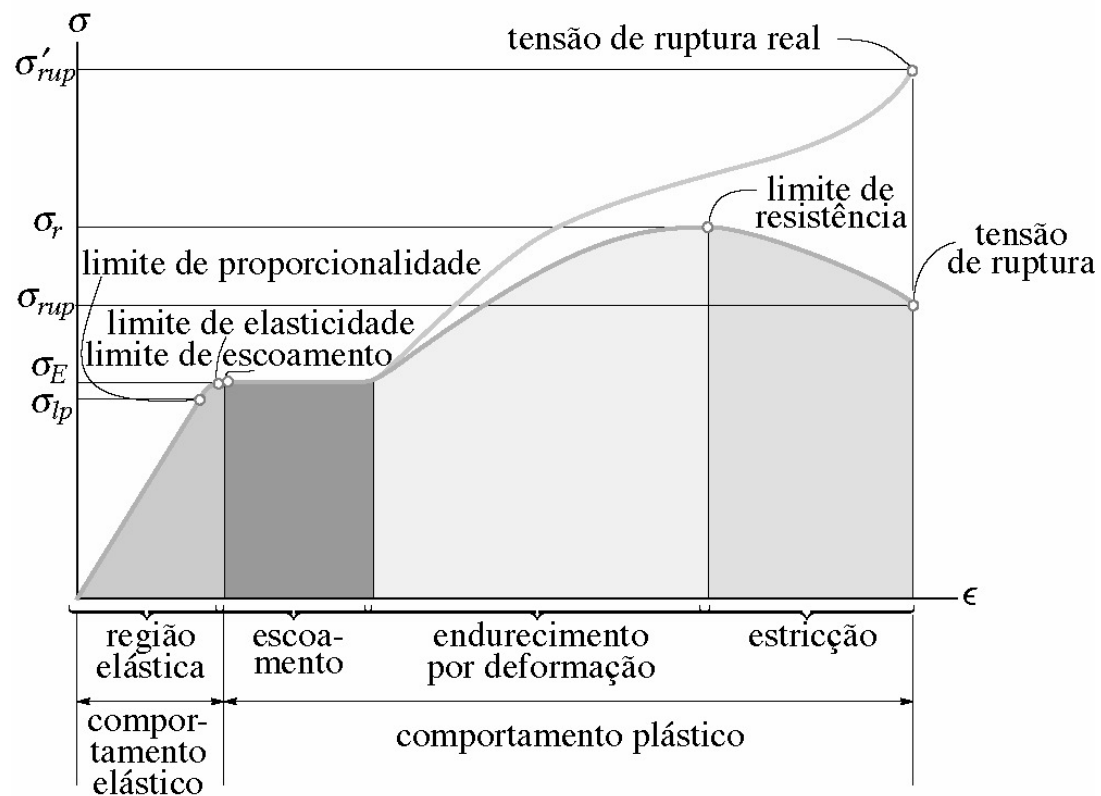
Com os dados registrados no ensaio, se determina a *tensão nominal ou de engenharia* dividindo a carga aplicada  $P$  pela área da seção transversal inicial do corpo de prova  $A_0$ .

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

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

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

# Diagrama Tensão x Deformação



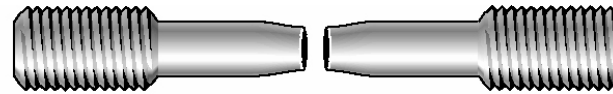
Diagramas tensão-deformação convencional e real para material dúctil (aço) (sem escala)



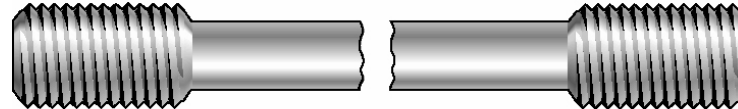
# Tipos de Falhas



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 estricção.

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

# 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  $A_0$ .

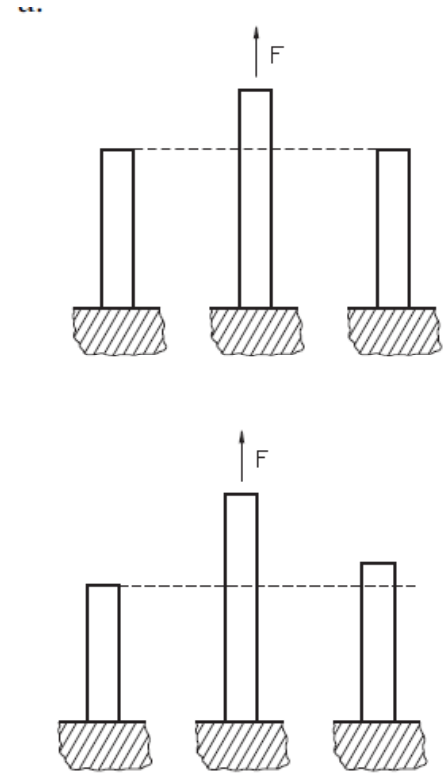
$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

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

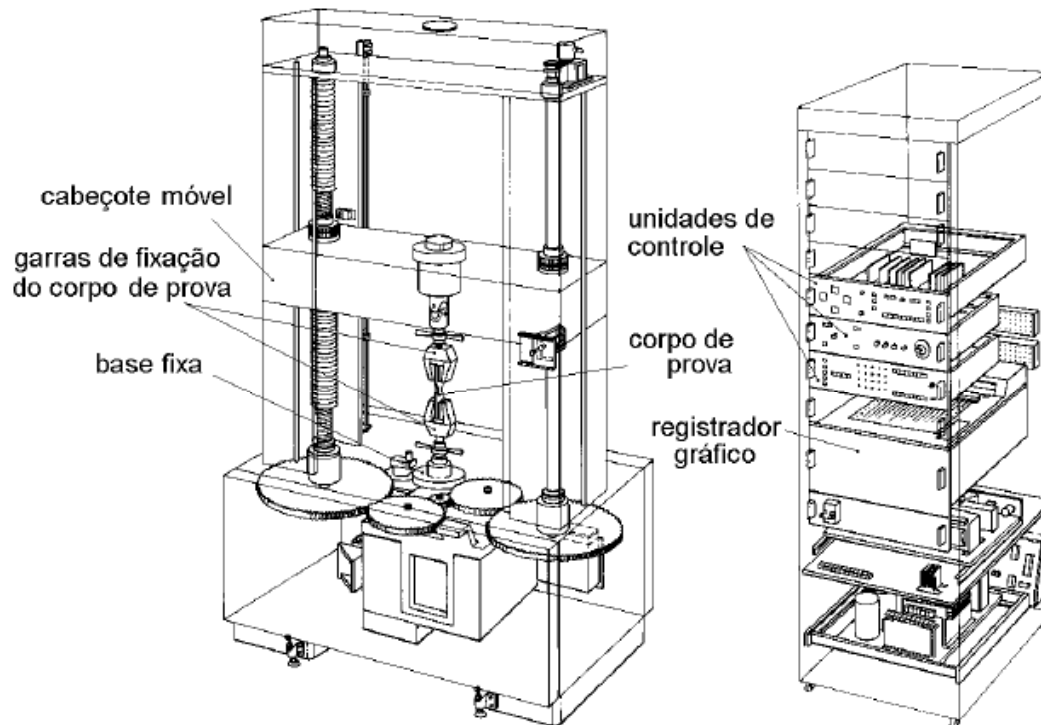
$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0}$$

# 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



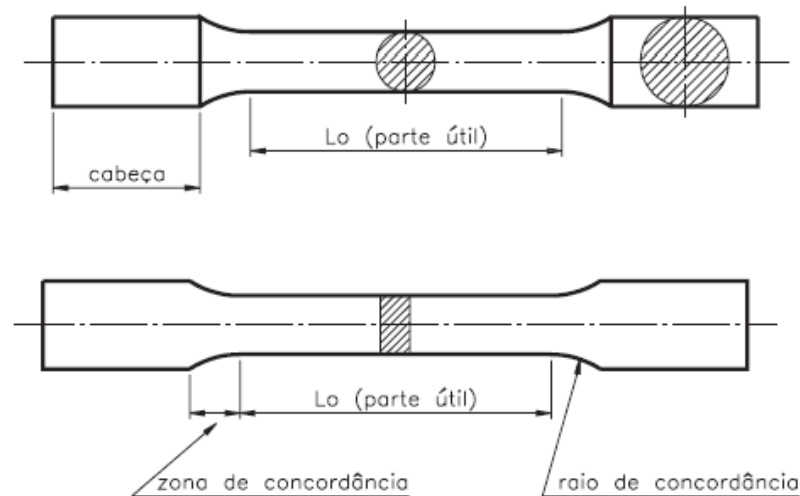
Fixa-se o corpo de prova na máquina por suas extremidades, numa posição que permite ao equipamento aplicar-lhe uma força axial para fora, de modo a aumentar seu comprimento.

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.

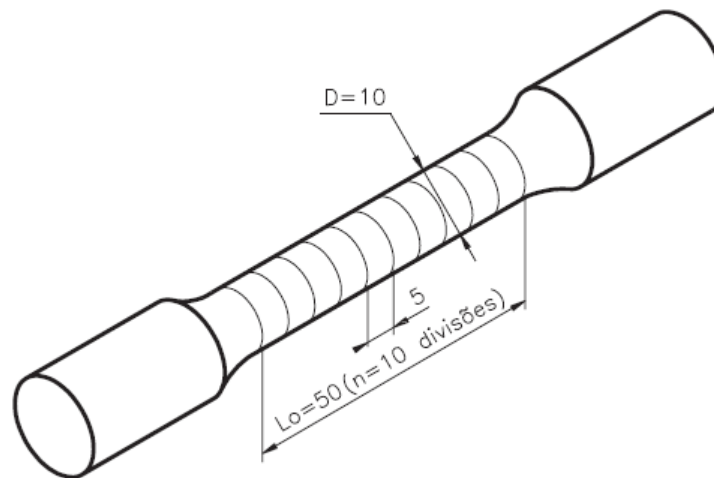
Corpos de prova com seção retangular são geralmente retirados de placas, chapas ou lâminas. Suas dimensões e tolerâncias de usinagem são normalizadas pela ISO/R377 enquanto não existir norma brasileira correspondente. A norma brasileira (NBR 6152, dez./1980) somente indica que os corpos de prova devem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

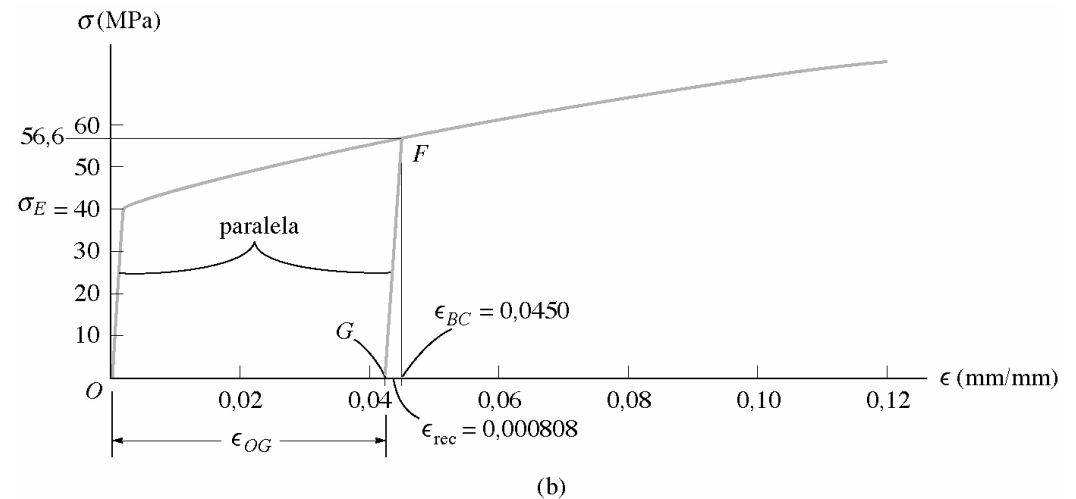
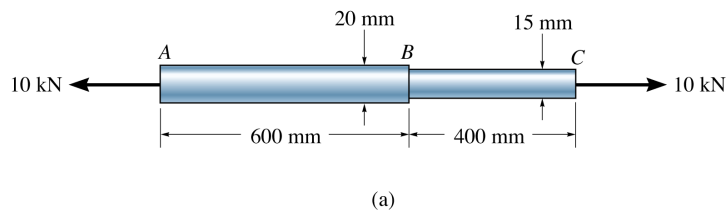
Depois, deve-se medir o diâmetro do corpo de prova em dois pontos no comprimento da parte útil, utilizando um micrômetro, e calcular a média.

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.