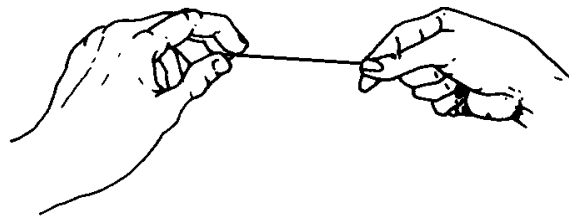


# Ensaio de tração: propriedades mecânicas avaliadas

## Introdução

**N**os tempos em que moleque que era moleque brincava com estilingue, qualquer um sabia, na prática, como escolher o material para fazer a atiradeira. Mas se você não for daquela época, arranje um elástico, desses comuns, e siga os procedimentos sugeridos a seguir.

Segure o elástico com as duas mãos, uma em cada ponta, como mostra a ilustração.



Depois, mantendo um dos lados fixos, vá aplicando, vagarosamente, uma força de tração do lado oposto. Pare de aplicar a força por um instante. Observe como o elástico tende a retornar à sua forma original quando a força é aliviada. Volte a tracionar um dos lados. Veja que, ao mesmo tempo em que o elástico vai se alongando, sua seção se estreita. Agora não tem mais jeito! Mesmo que você pare de tracionar, o elástico não volta mais à forma original. Continue tracionando mais um pouco. Epa! O elástico se rompeu. Você está com dois pedaços, um em cada mão. Juntando os dois pedaços você notará que eles estão maiores que o pedaço original.

Isso que você acabou de fazer pode ser considerado uma forma rudimentar de ensaio de tração. Quando o ensaio de tração é realizado num laboratório, com equipamento adequado, ele permite registrar informações importantes para o cálculo de resistência dos materiais a esforços de tração e, conseqüentemente, para projetos e cálculos de estruturas. Algumas informações são registradas durante a realização do ensaio e outras são obtidas pela análise das características do corpo de prova após o ensaio.

Os dados relativos às forças aplicadas e deformações sofridas pelo corpo de prova até a ruptura permitem traçar o gráfico conhecido como diagrama **tensão-deformação**.

Nesta aula você aprenderá a interpretar o diagrama tensão-deformação e ficará sabendo quais as propriedades determinadas no ensaio de tração: limite elástico ou de proporcionalidade, limite de escoamento, limite de resistência, limite de ruptura e estricção.

Esqueça o estilingue. Jogue fora seu elástico, se é que já não o fez, e estique o olho nesta aula. Você vai ficar sabendo muita coisa interessante!

## Diagrama tensão-deformação

## Nossa aula

Quando um corpo de prova é submetido a um ensaio de tração, a máquina de ensaio fornece um gráfico que mostra as relações entre a força aplicada e as deformações ocorridas durante o ensaio.

Mas o que nos interessa para a determinação das propriedades do material ensaiado é a relação entre **tensão** e **deformação**.

Você já sabe que a tensão (T) corresponde à força (F) dividida pela área da seção (S) sobre a qual a força é aplicada. No ensaio de tração convencionou-se que a área da seção utilizada para os cálculos é a da seção inicial ( $S_0$ ).

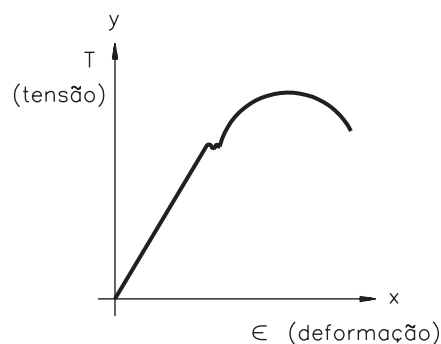
$$\text{Assim, aplicando a fórmula } T = \frac{F}{S_0},$$

podemos obter os valores de tensão para montar um gráfico que mostre as relações entre tensão e deformação.

Este gráfico é conhecido por **diagrama tensão-deformação**.

Os valores de deformação, representados pela letra grega minúscula  $\epsilon$  (épsilon), são indicados no eixo das abscissas (x) e os valores de tensão são indicados no eixo das ordenadas (y).

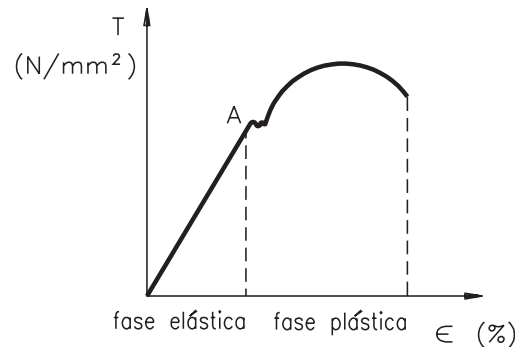
A curva resultante apresenta certas características que são comuns a diversos tipos de materiais usados na área da Mecânica.



Analisando o diagrama tensão-deformação passo a passo, você vai ficar conhecendo cada uma das propriedades que ele permite determinar. A primeira delas é o limite elástico.

## Limite elástico

Observe o diagrama a seguir. Note que foi marcado um ponto A no final da parte reta do gráfico. Este ponto representa o **limite elástico**.



O **limite elástico** recebe este nome porque, se o ensaio for interrompido antes deste ponto e a força de tração for retirada, o corpo volta à sua forma original, como faz um elástico.

Na fase elástica os metais obedecem à lei de Hooke. Suas deformações são diretamente proporcionais às tensões aplicadas.

Exemplificando: se aplicarmos uma tensão de 10 N/mm<sup>2</sup> e o corpo de prova se alongar 0,1%, ao aplicarmos uma força de 100 N/mm<sup>2</sup> o corpo de prova se alongará 1%.

### Dica

Em 1678, sir Robert Hooke descobriu que uma mola tem sempre a deformação ( $\epsilon$ ) proporcional à tensão aplicada (T), desenvolvendo assim a constante da mola (K), ou lei de Hooke, onde  $K = T/\epsilon$ .

## Módulo de elasticidade

Na fase elástica, se dividirmos a tensão pela deformação, em qualquer ponto, obteremos sempre um valor constante.

Este valor constante é chamado **módulo de elasticidade**.

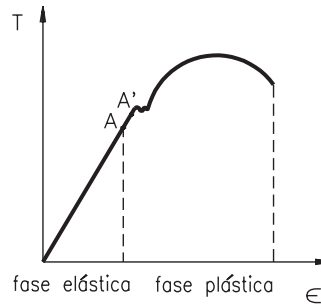
A expressão matemática dessa relação é:  $E = \frac{T}{\epsilon}$ , onde E é a constante que representa o **módulo de elasticidade**.

O módulo de elasticidade é a medida da rigidez do material. Quanto maior for o módulo, menor será a deformação elástica resultante da aplicação de uma tensão e mais rígido será o material. Esta propriedade é muito importante na seleção de materiais para fabricação de molas.

## Limite de proporcionalidade

Porém, a lei de Hooke só vale até um determinado valor de tensão, denominado **limite de proporcionalidade**, que é o ponto representado no gráfico a seguir por A', a partir do qual a deformação deixa de ser proporcional à carga aplicada.

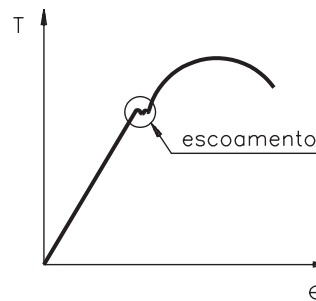
Na prática, considera-se que o limite de proporcionalidade e o limite de elasticidade são coincidentes.



## Escoamento

Terminada a fase elástica, tem início a **fase plástica**, na qual ocorre uma deformação permanente no material, mesmo que se retire a força de tração.

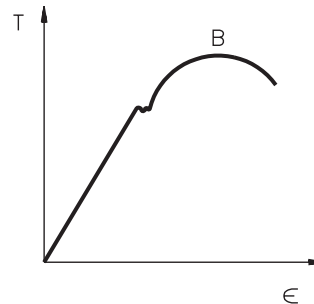
No início da fase plástica ocorre um fenômeno chamado **escoamento**. O escoamento caracteriza-se por uma deformação permanente do material sem que haja aumento de carga, mas com aumento da velocidade de deformação. Durante o escoamento a carga oscila entre valores muito próximos uns dos outros.



## Limite de resistência

Após o escoamento ocorre o **encruamento**, que é um endurecimento causado pela quebra dos grãos que compõem o material quando deformados a frio. O material resiste cada vez mais à tração externa, exigindo uma tensão cada vez maior para se deformar.

Nessa fase, a tensão recomeça a subir, até atingir um valor máximo num ponto chamado de **limite de resistência** (B).



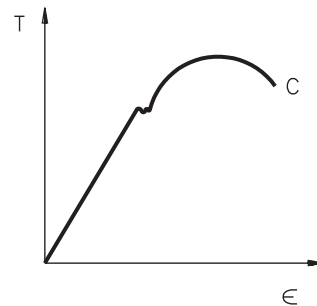
Para calcular o valor do limite de resistência (LR), basta aplicar a fórmula:

$$LR = \frac{F_{\max}}{S_0}$$

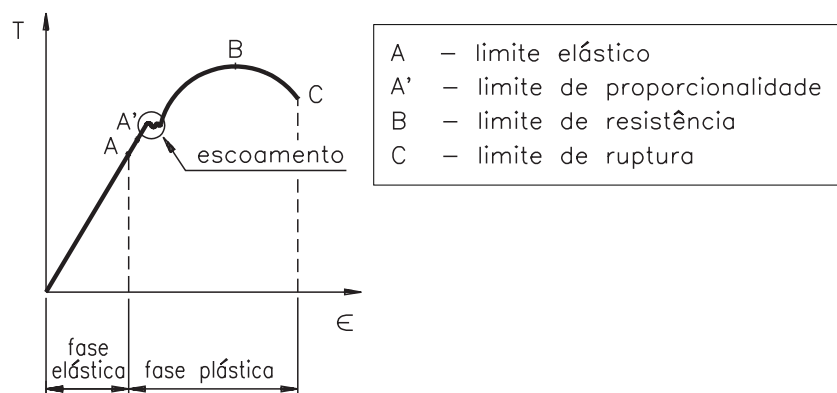
## Limite de ruptura

Continuando a tração, chega-se à ruptura do material, que ocorre num ponto chamado **limite de ruptura (C)**.

Note que a tensão no limite de ruptura é menor que no limite de resistência, devido à diminuição da área que ocorre no corpo de prova depois que se atinge a carga máxima.



Agora você já tem condições de analisar todos esses elementos representados num mesmo diagrama de tensão-deformação, como na figura a seguir.



## Estricção

É a redução percentual da área da seção transversal do corpo de prova na região onde vai se localizar a ruptura.

A estricção determina a ductilidade do material. Quanto maior for a porcentagem de estricção, mais dúctil será o material.

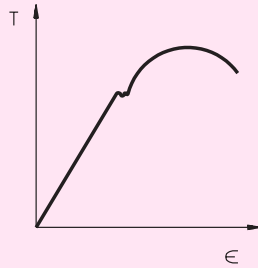
Por ora é suficiente. Que tal descansar um pouco para assentar as idéias e depois retomar o estudo resolvendo os exercícios propostos a seguir? Se tiver alguma dificuldade, faça uma revisão dos assuntos tratados nesta aula antes de prosseguir.

## Exercícios

### Exercício 1

Analise o diagrama de tensão-deformação de um corpo de prova de aço e indique:

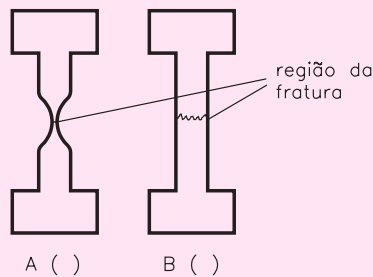
- o ponto A, que representa o limite de elasticidade
- o ponto B, que representa o limite de resistência



Marque com um X a resposta correta.

### Exercício 2

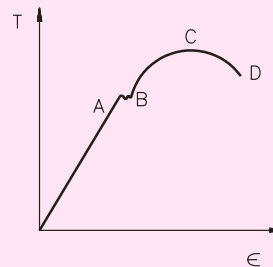
Compare as regiões das fraturas dos corpos de prova A e B, apresentados a seguir. Depois responda: qual corpo de prova representa material dúctil?



### Exercício 3

Analise o diagrama tensão-deformação abaixo e assinale qual a letra que representa a região de escoamento.

- A ( )  
B ( )  
C ( )  
D ( )



### Exercício 4

A fórmula  $LR = \frac{F_{max}}{S_0}$  permite calcular:

- a) ( ) o limite de escoamento;  
b) ( ) a estrição;  
c) ( ) o limite de resistência;  
d) ( ) o limite de ruptura.

### Exercício 5

Dois materiais (A e B) foram submetidos a um ensaio de tração e apresentaram as seguintes curvas de tensão-deformação:

Qual dos materiais apresenta maior deformação permanente?

- A ( )  
B ( )

