



## Propriedades mecânicas

### 1. Conceitos básicos.

1.1. Força ou carga ( $F$ ): grandeza física vetorial que tende a tirar um corpo do seu estado de inércia ou tende a mudar sua forma ou dimensões.

Instrumentos de medida: dinamômetro e célula de carga

Unidade: Kgf ou N.

Tipos de força:

- Tração (aumenta a dimensão do corpo na linha de ação da carga).
- Compressão (diminui a dimensão do corpo na linha de ação da carga).
- Cisalhamento (força cortante: duas paralelas de sentido contrário em planos contíguos).
- Torção (provoca deslocamento angular relativo de planos vizinhos, transversais a um eixo).
- Flexão (tende a curvar um eixo longitudinal perpendicular à força).

### 1.2. Tensão ( $\sigma$ ).

É a resposta interna de um corpo a uma carga ou força externa. Mais adequado para caracterizar a resistência à ruptura de um material do que a força (adequada para expressar a resistência de um objeto). A tensão média de tração ou compressão é expressa como força dividida pela área da seção transversal à direção da força.

Unidade:  $\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$ .

Tipos de tensão:

- Tração (tende a afastar os átomos).
- Compressão (tende a aproximar os átomos).
- Cisalhamento (tende a gerar deslizamentos entre planos atômicos).

### 1.3. Deformação ( $\epsilon$ ).

É a relação entre a variação dimensional e as dimensões iniciais do corpo. A variação dimensional também recebe o nome de deslocamento, seja por alongamento ou por encurtamento do corpo.

$$\epsilon = \Delta L / L_0$$

( $\Delta L$  = variação dimensional = comprimento final – comprimento inicial;

$L_0$  = comprimento inicial)

#### Tipos de deformação.

- Elástica: alteração dimensional que desaparece com a retirada da força.
- Plástica ou permanente: alteração dimensional que não desaparece depois de removida a carga. O mais habitual é que, concomitantemente com as deformações plásticas, ocorra também um pouco de deformação elástica, motivo pelo qual se fala em “regime elasto-plástico”.

### 1.4. Rigidez (E) ( $\neq$ dureza).

- Rigidez: define-se como a relação entre tensão e deformação elástica. Expressa a dificuldade oferecida às deformações elásticas (oposto de “rígido” = “flexível”).
- Dureza: resistência à deformação permanente produzida por penetração ou por riscos (oposto de “duro” = “mole”).

### 1.5. Fragilidade ( $\neq$ baixa resistência mecânica).

- Fragilidade é o oposto de ductilidade e maleabilidade: a fratura ocorre com pequenas deformações permanentes.
- Ductibilidade e maleabilidade: capacidade de sofrer grandes deformações permanentes, sob tração (ductibilidade) ou sob compressão (maleabilidade), antes da fratura.

### 1.6. Resiliência ( $\neq$ Tenacidade).

- Resiliência é a capacidade de absorção de energia durante o regime de deformação exclusivamente elástica. Depende do módulo de resiliência do material e do volume do objeto.
- Tenacidade é a capacidade de absorção de energia até a fratura (compreende o regime elástico e elasto-plástico).

## 2. Curva tensão x deformação.

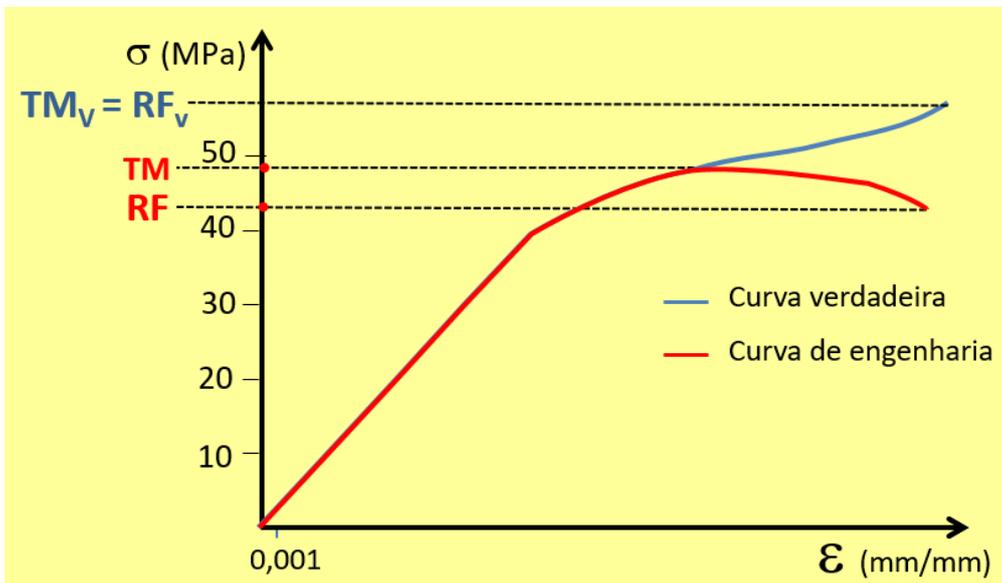
- Regime elástico: deformações apenas elásticas normalmente, quase que coincide com região linear (tensão proporcional à deformação).
- Regime elastoplástico: uma parte da deformação é elástica e outra plástica (irreversível); a curva é não linear.

### 2.1. Propriedades mecânicas relacionadas à curva tensão x deformação.

- Limite de elasticidade (LE): tensão máxima em que a deformação ainda é reversível (elástica).
- Limite de proporcionalidade (LP): tensão máxima em que a tensão é proporcional à deformação. Geralmente, o valor de LE é semelhante (um pouco maior) ao LP.
- Módulo de elasticidade: expressa a rigidez do material. É uma medida restrita ao regime elástico, calculada pela razão entre a variação de tensão e a correspondente variação de deformação (tangente do ângulo alfa formado entre a porção linear da curva e o eixo da deformação).  $E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \text{tg}(\alpha)$ .
- Módulo de resiliência: máxima energia de deformação que um material pode absorver por unidade de volume de material sem ocorrer deformação plástica (inclui todo o regime elástico, e apenas ele). É proporcional à área do gráfico na porção elástica da curva: (LE x deformação)/2.
- Ductilidade: capacidade relativa do material se alongar plasticamente sob tensão de tração (termo restrito à deformação plástica). Geralmente, é expressa pelo percentual de alongamento permanente.
- Fragilidade: termo antagônico à ductilidade. Propriedade que possui o material que se fratura com nenhuma ou com pouca deformação plástica (fratura próximo ao LE ou LP). Não é sinônimo de “fraqueza” (baixa resistência mecânica). Reconhecemos que um material é frágil quando, ao juntar os fragmentos, ele mantém o formato original.
- Módulo de tenacidade: total de energia absorvida por unidade de volume do material até o ponto de fratura (por tanto, sempre será maior ou igual que o módulo de resiliência). É proporcional à área total do gráfico sob a curva, englobando o regime elástico e elastoplástico.

### 2.2. Tensão máxima/ Tensão de fratura ou resistência à fratura:

- Tensão máxima: máxima tensão calculada (força sobre área da seção transversal inicial), suportada pelo material antes da fratura.
- Resistência à fratura: tensão calculada (força sobre área da seção transversal inicial) no momento da fratura.
- Curvas “de engenharia”: não levam em conta (ao fazer o cálculo) a alteração da área de secção transversal do corpo-de-prova ao longo do ensaio → por isso, a tensão calculada no momento da fratura pode ser menor que a tensão máxima real.
- Curva verdadeira, leva em conta as alterações dimensionais → tensão de fratura maior que a tensão máxima da curva de engenharia.



### 2.3. Concentração de tensões e propagação de trincas.

- Concentração de tensão: existem casos em que a distribuição de tensões não é uniforme, com tensão concentrada em locais específicos do material.
- Defeitos no material, poros, bolhas e ranhuras são alguns dos fatores concentradores de tensão, que facilitam o surgimento da trinca.
- A concentração de tensões é crítica em materiais frágeis, que não possuem mecanismos protetores contra a propagação da trinca (materiais dúcteis são capazes de se deformar plasticamente em locais próximos à trinca, dificultando sua propagação).
- Tenacidade à fratura: propriedade que indica a capacidade de um material resistir à propagação da trinca. Cerâmicas são exemplos de materiais com baixa tenacidade à fratura (em geral, menor que os metais).
- Resistência à fadiga: resistência do material ao carregamento cíclico abaixo do seu limite de resistência.
- Propriedade do material é diferente de propriedade do objeto, visto que a propriedade do objeto, além da propriedade do material que o constitui, depende também da sua geometria.

### 3. Itens para estudar pelos livros.

- Dureza.
- Limite (convencional) de escoamento/ resistência à deformação plástica.
- Resistência ao impacto.

### 4. Onde aprender mais.

- Anusavice, K. Phillips Materiais Dentários. Elsevier, 12a ed, 2013 (capítulo 4).
- Powers, JM; Sakaguchi, RL. Craig - Materiais Dentários Restauradores. Elsevier, 13a ed, 2012 (cap. 4).