

### 4-3 Módulo de elasticidade ou de Young

Uma mola de comprimento  $l_0$  é um componente mecânico *elástico*, cujo alongamento,  $x$  ( $x = l - l_0$ ), é proporcional à força,  $F$ , que aplicamos sobre ela. Usando-se uma constante de proporcionalidade adequada,  $k$  (*constante de Hooke*), podemos escrever a igualdade:

$$F = k \cdot x$$

Uma barra (Fig. 4-1), de algum tipo de *material*, com um comprimento  $l_0$  e área da seção transversal  $A_0$ , também pode ser 'vista' como uma mola. Assim, aplicando-se uma força, a barra se estica ou comprime, conforme a direção da força, segundo a lei de Hooke.

Normalizando-se a força em relação à área, e o alongamento em relação ao comprimento inicial, podemos rescrever a equação mostrada como:

$$\frac{F}{A_0} = E \cdot \left( \frac{l - l_0}{l_0} \right),$$

ou, usando-se a simbologia padrão da engenharia:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon,$$

onde  $\sigma$  é a tensão e  $\varepsilon$  é o alongamento relativo ou, simplesmente, alongamento. A nova constante de proporcionalidade,  $E$ , é chamada de *módulo de elasticidade*, ou de *Young*. Alguns valores do módulo de Young podem ser vistos na Tabela 4-1.

Material	Módulo de Young [GPa]
Diamante	1 000
Carbeto de silício (SiC)	450
Tungstênio	406
Ferro	196
Aços de baixa liga	200 - 207
Ferros-fundidos	170 - 190
Cobre	124
Titânio	116
Vidro (SiO <sub>2</sub> )	94
Alumínio	69
Vidro ((Na <sub>2</sub> O - SiO <sub>2</sub> ))	69
Nylon	2 - 4

Tabela 4-1: Valor do módulo de elasticidade para alguns materiais  
<http://www.mse.cornell.edu/courses/engri111/modulus.htm>

O módulo de Young tem origem na energia de ligação entre os átomos do material e divide os materiais em aproximadamente duas grandes classes: os flexíveis e os rígidos; um material com um elevado valor do módulo de young é um material rígido.

As borrachas, polímeros e 'espumas' estão entre os materiais de menor módulo de elasticidade enquanto que os materiais cerâmicos estão no outro extremo e constituem os materiais mais rígidos conhecidos.

A rigidez de um *componente mecânico* diz respeito ao quanto ele pode defletir sob uma determinada carga. Ela depende não só do valor do módulo de Young, mas também de como são as solicitações mecânicas sobre ele: tensão de tração, compressão, dobramento, etc., da forma e do tamanho do componente. Uma chapa sob compressão, por exemplo, se dobrará ao ser submetida a

um carregamento de compressão. A mesma chapa, de outro material, de maior módulo de Young, se defletirá menos. Dobrada, já apresentará uma rigidez maior. Se transformada em um tubo, será capaz de suportar uma carga muito maior que aquela original, aplicada sobre a chapa, sem apresentar uma modificação apreciável na sua forma.

Em veículos, especialmente no transporte aéreo, necessita-se rigidez associada ao menor peso possível. Embora seja comum o uso de aletas e de outros dispositivos mecânicos para que a rigidez do componente seja reforçada sem grande incremento no seu peso, é imprescindível dispor-se de materiais leves e de elevado módulo de Young.

Para selecionar apropriadamente esses materiais, o diagrama mais adequado é o que apresenta essas duas propriedades simultaneamente, ver Figura 4-3.

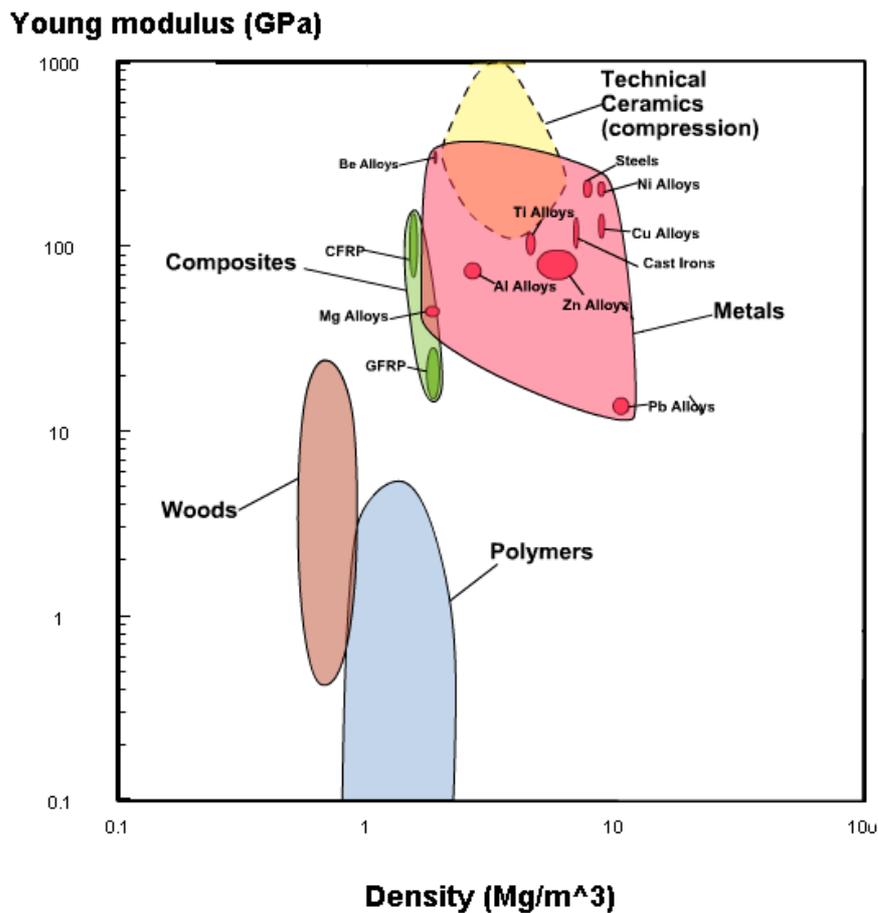


Figura 4-3: Diagrama que mostra o valor do módulo de Young em função da densidade para diferentes classes de materiais e, discriminadamente, para alguns metais e ligas