

Ciência dos Materiais A

Departamento de Ciência dos Materiais

Margarida Lima (mmal@fct.unl.pt), Rui Borges (rcb@fct.unl.pt);

Carmo Lança (mcl@fct.unl.pt)

Departamento de Química

Ana Rita Duarte (ard08968@unl.pt)

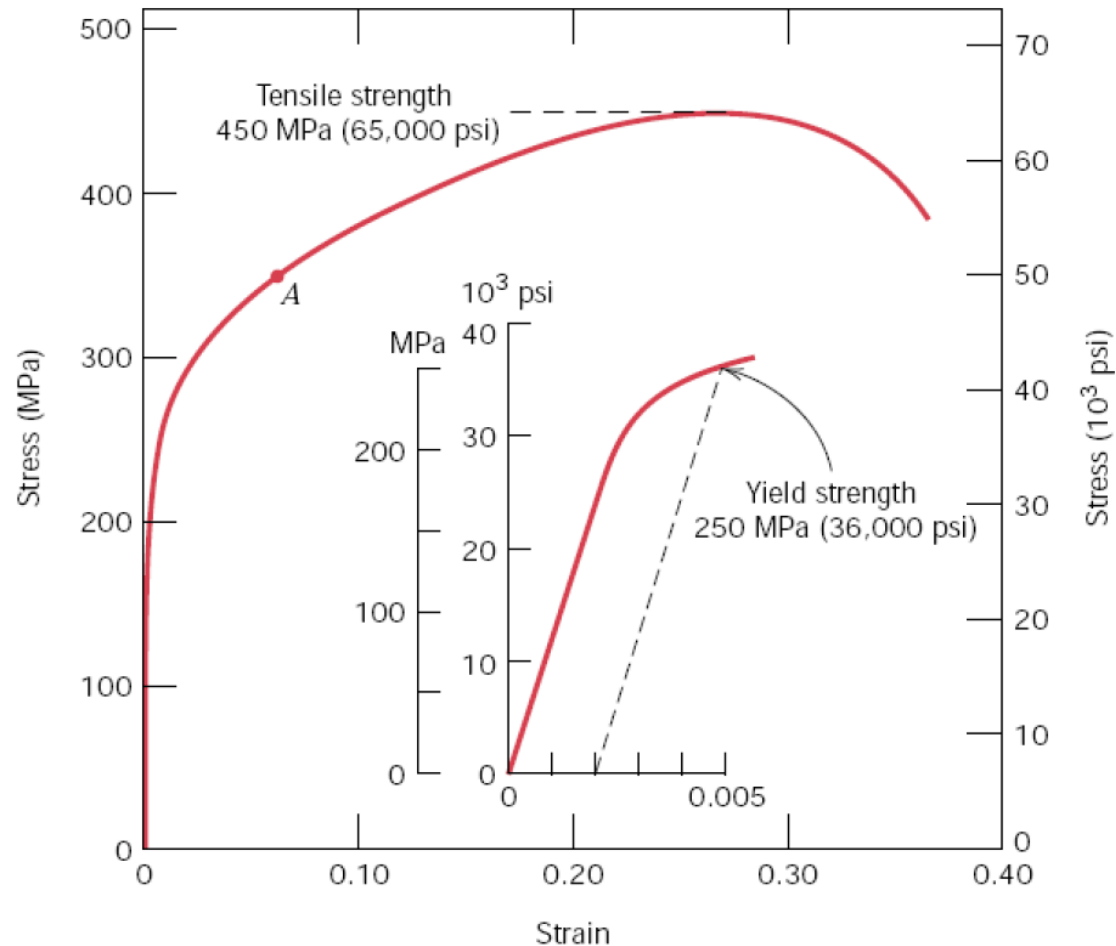
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

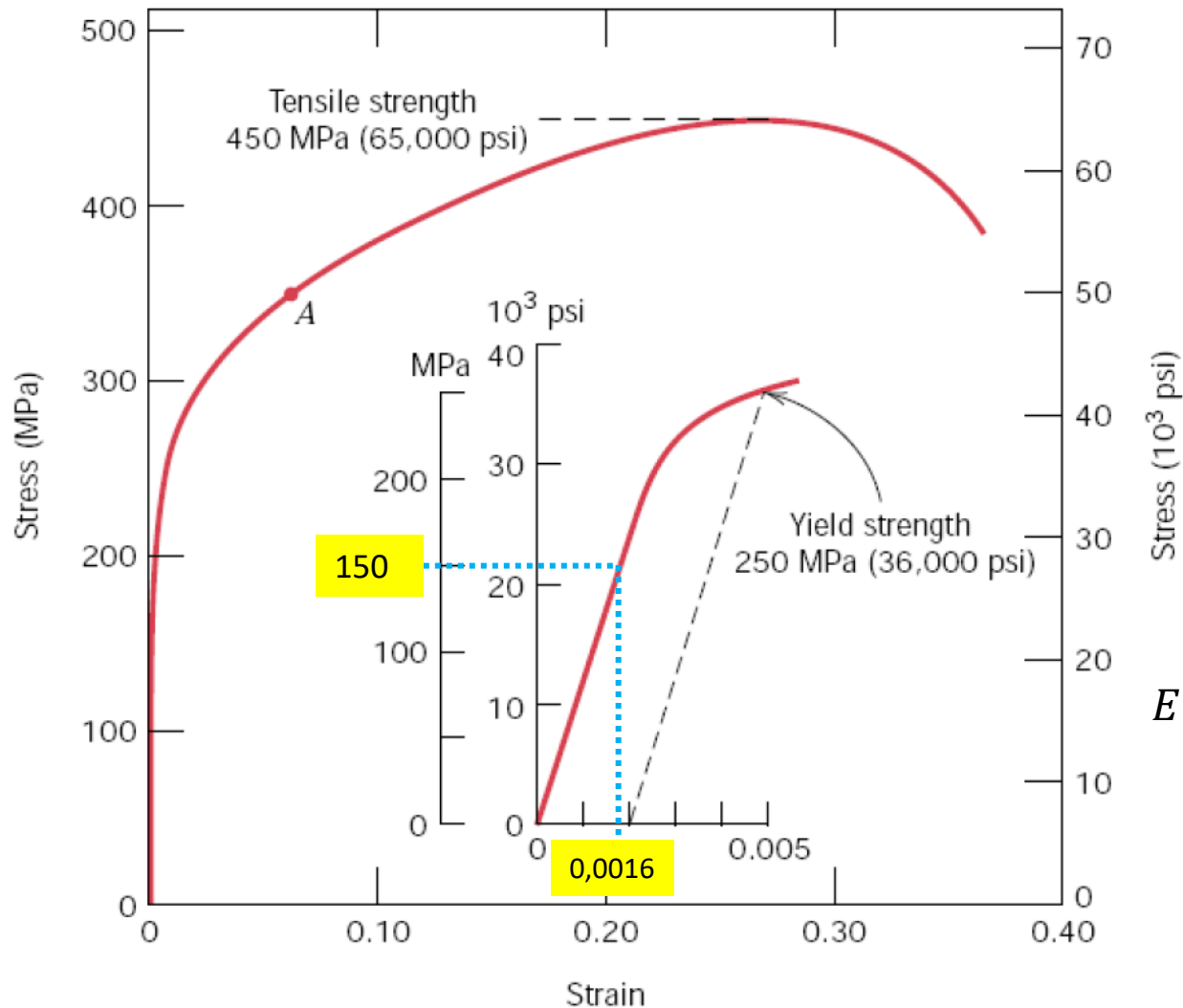
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Ano letivo de 2023-2024

21 – A figura mostra o resultado de um ensaio de tração realizado sobre um latão. Faça uma estimativa de: a) módulo de Young, b) tensão limite de elasticidade, c) resistência à tração, d) recuperação elástica do material se o ensaio fosse interrompido quando se atingisse a resistência à tração do material, e) ductilidade em % de extensão e f) módulo de resiliência.

Resolução:



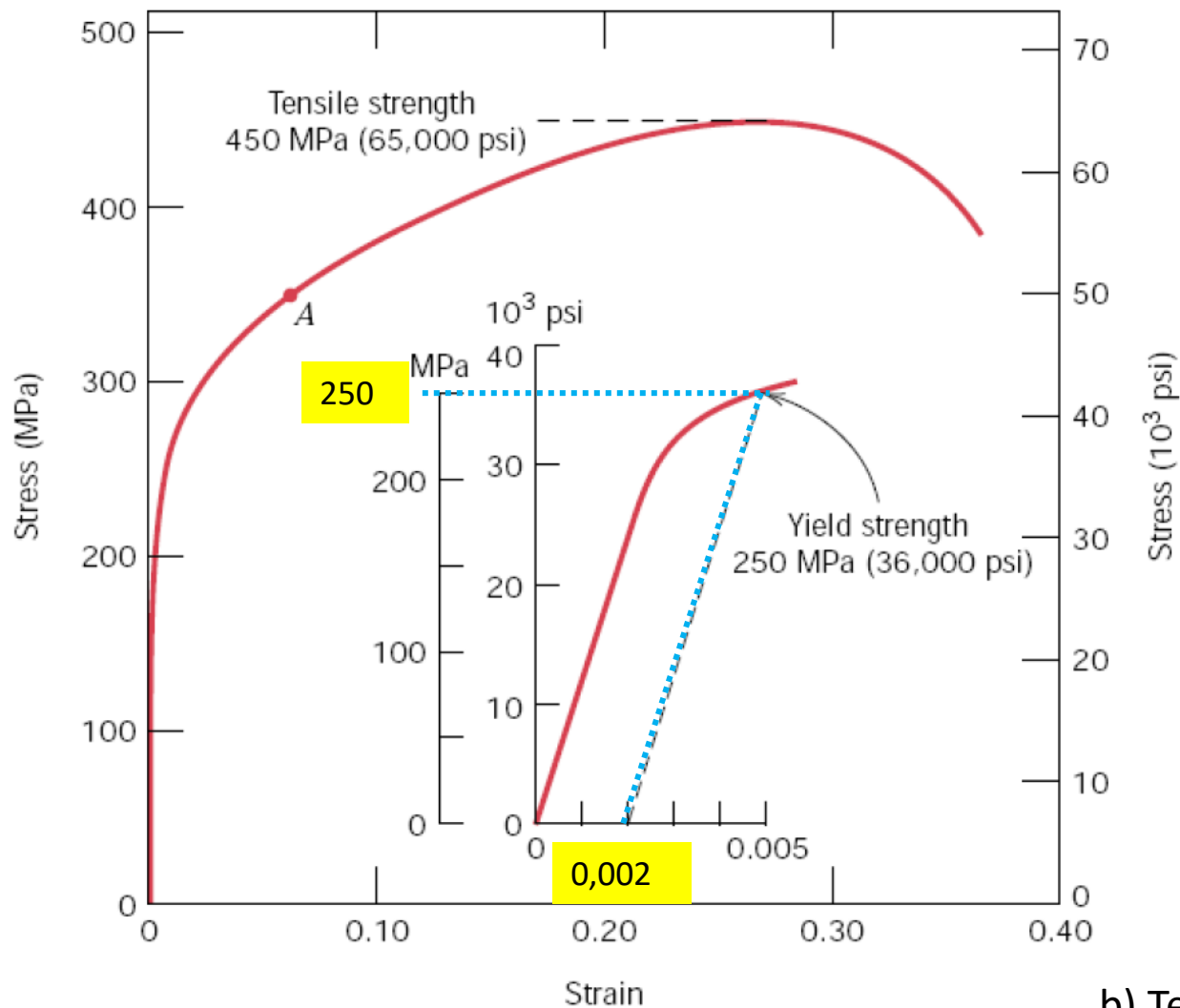


a) Módulo de Young

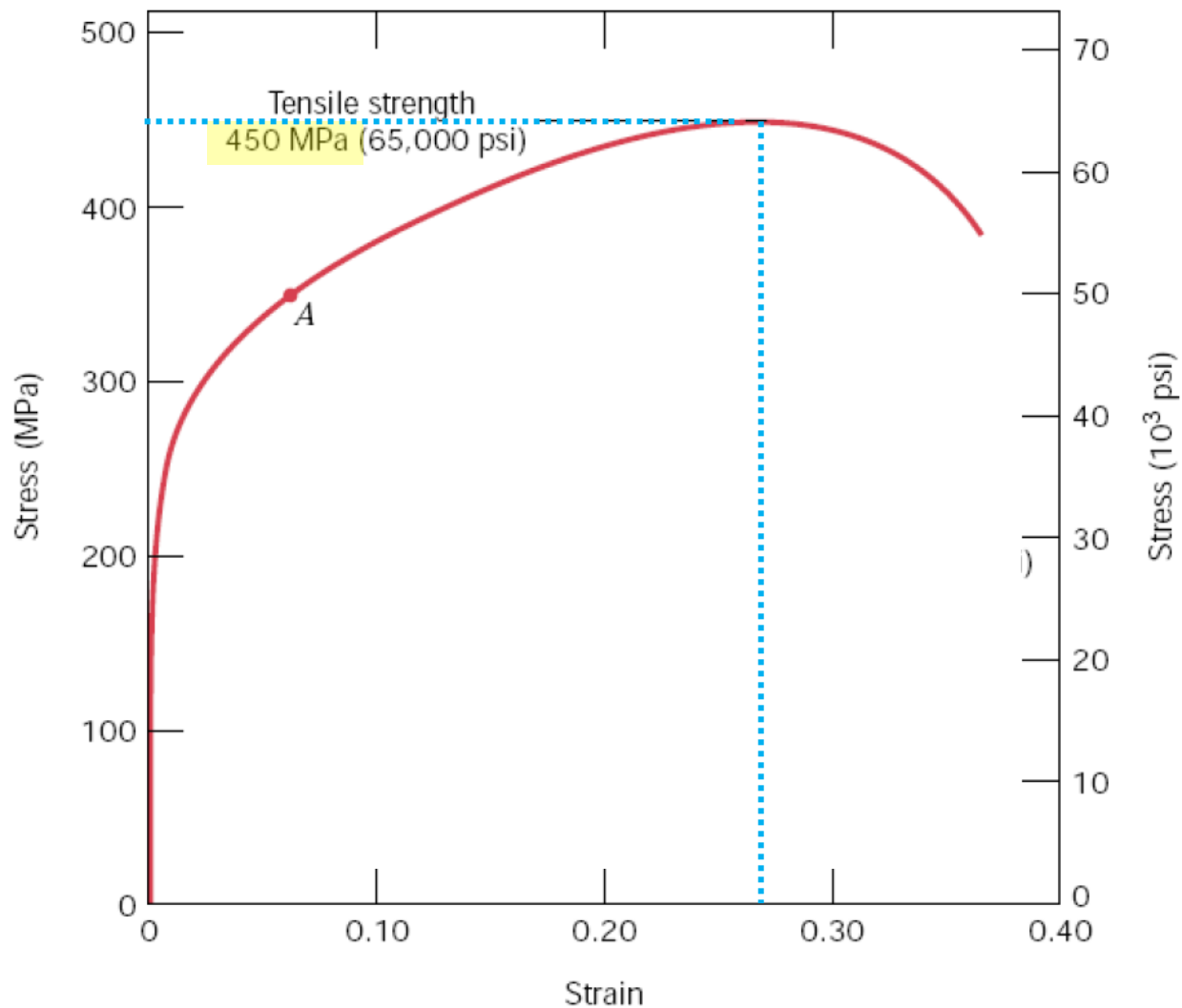
$$E = \frac{\sigma_y}{\epsilon}$$

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} = \frac{150 - 0}{0,0016 - 0}$$

$$E = 93750 \text{ MPa} = 93,75 \text{ GPa}$$



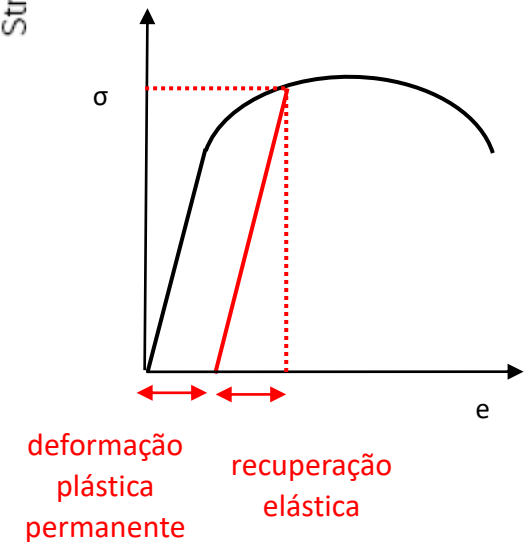
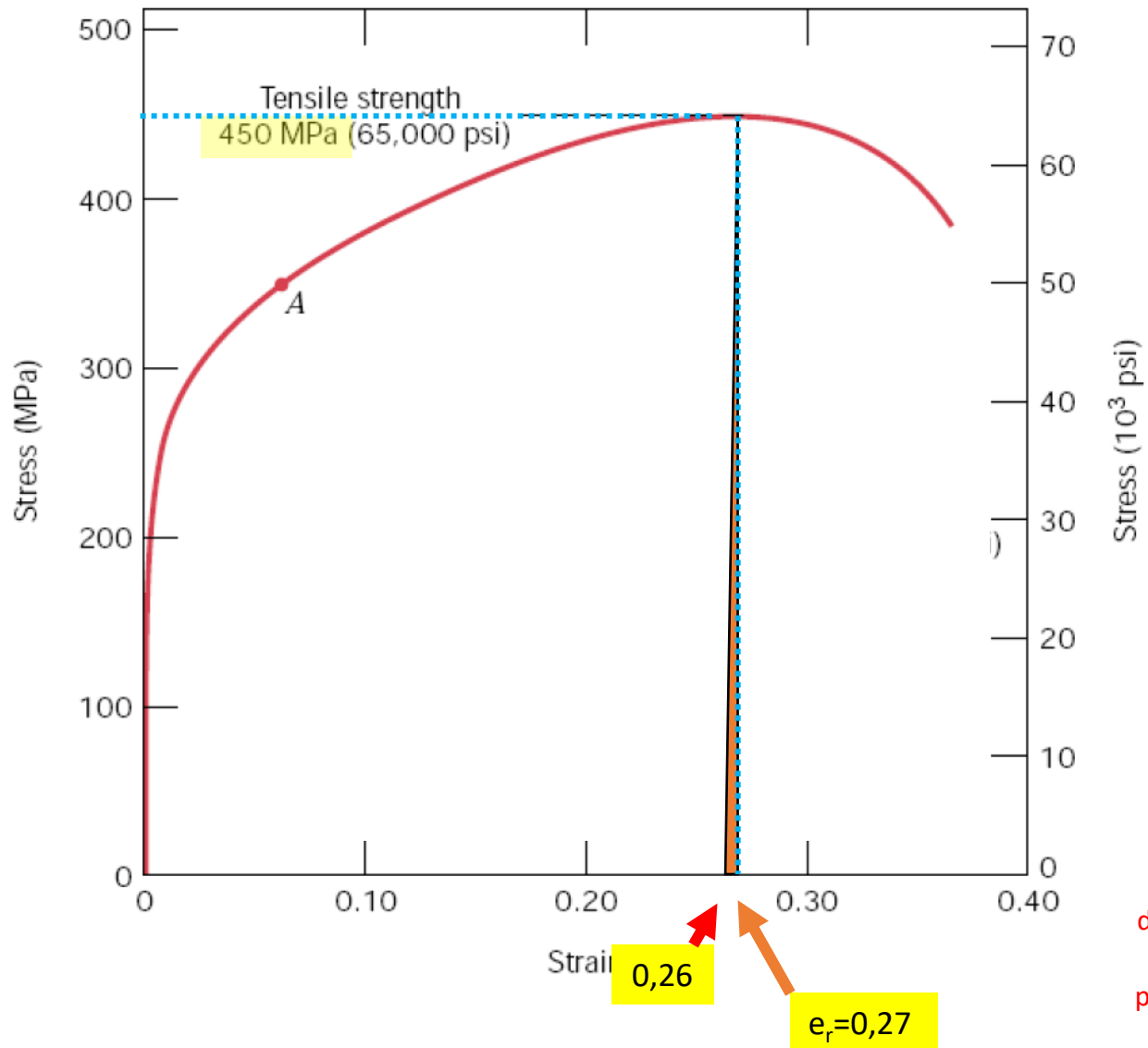
b) Tensão limite de elasticidade
(determinada para uma extensão de 0,2%)

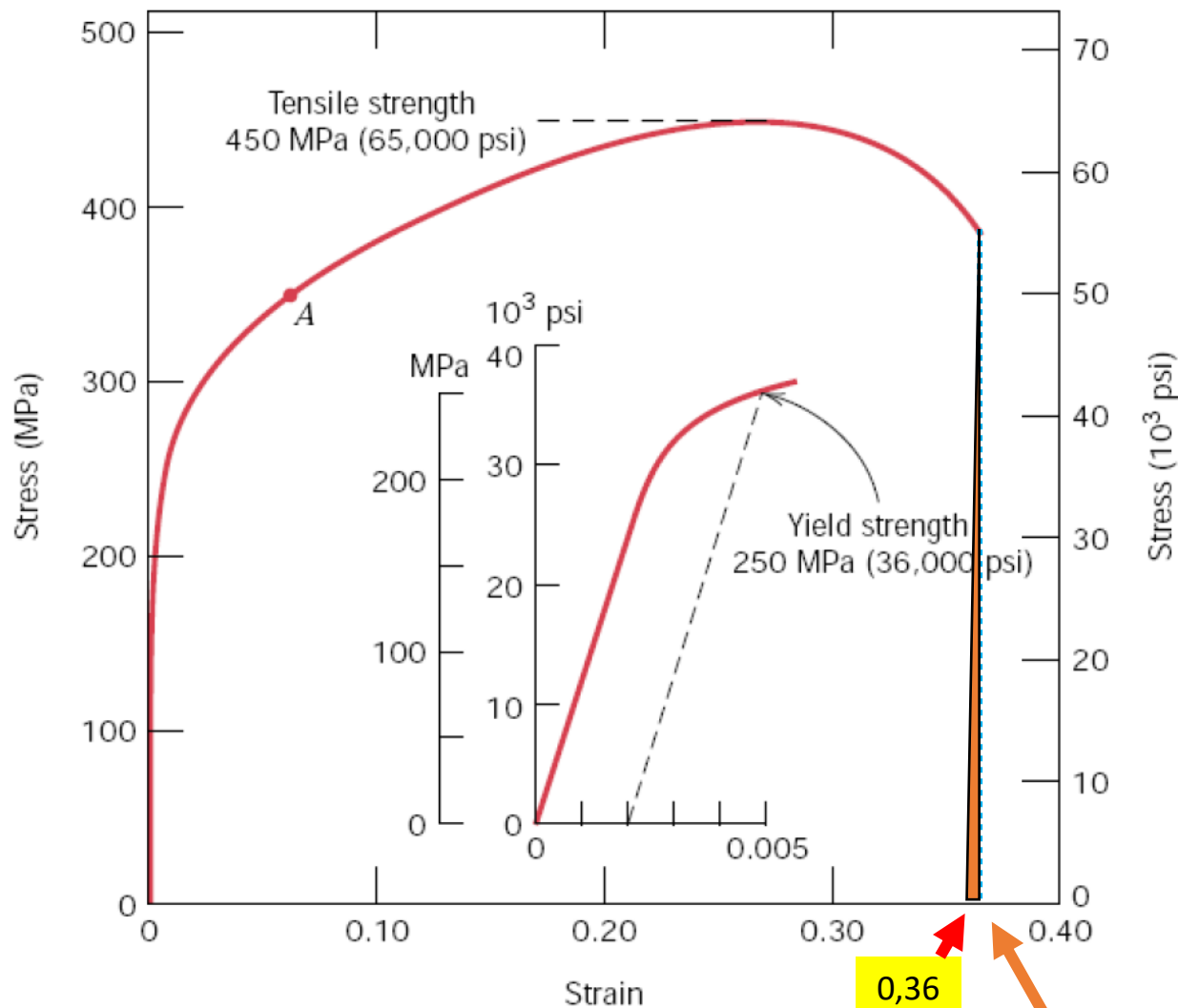


c) Resistência à tração
(UTS)

$$UTS = 450 \text{ MPa}$$

d) Recuperação elástica



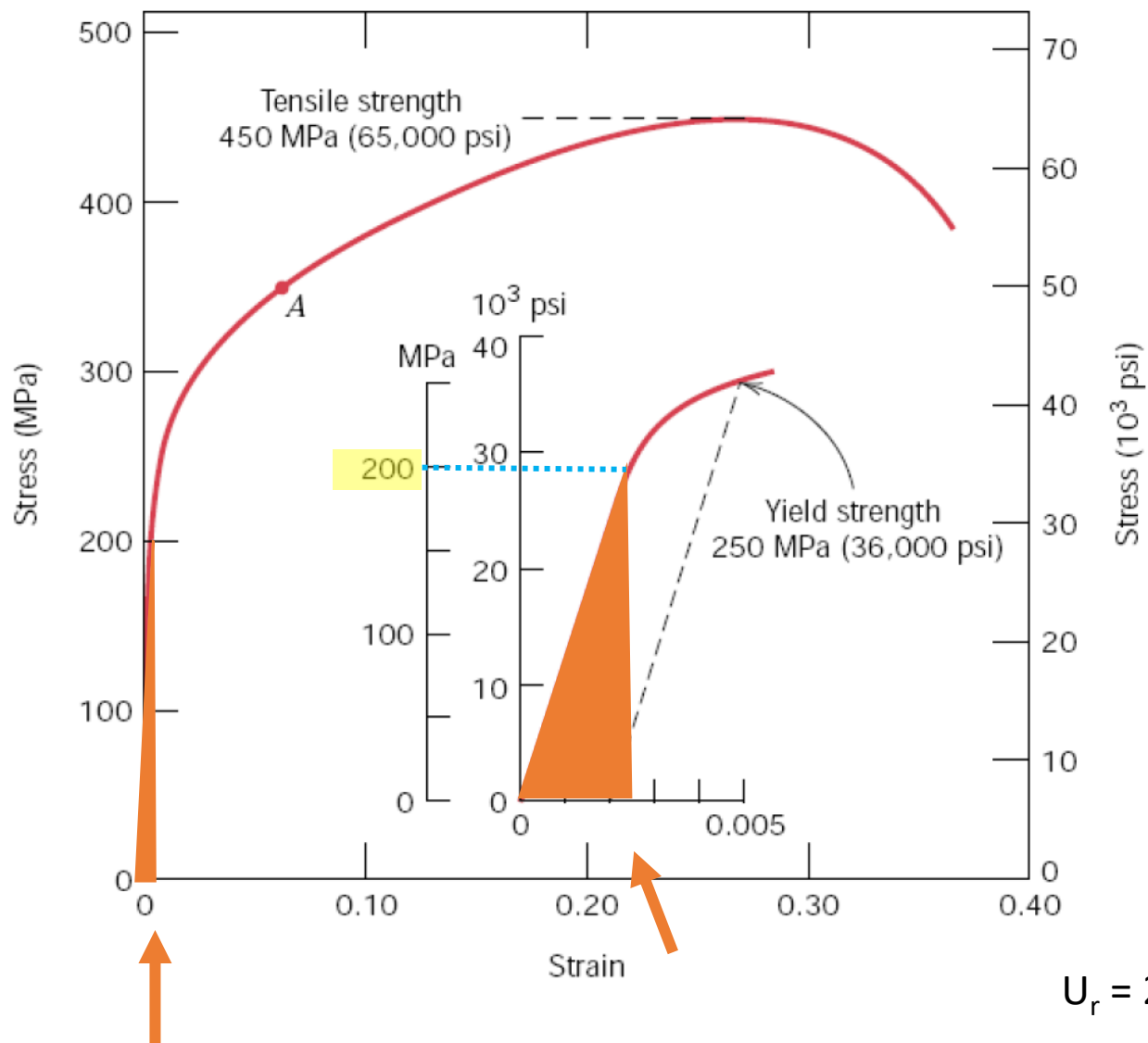


e) ductilidade em % de extensão

Ductilidade = 36%

0,36

$e_f=0,37$



f) Módulo de resiliência

$$U_r = \frac{\sigma_y^2}{2E}$$

$$= \frac{250^2}{2 \times 93750} = 0,33 \text{ MPa}$$

$$\text{Pa} = \text{J}/\text{m}^3$$

$$U_r = 0,33 \text{ MJ}/\text{m}^3$$

- determinação gráfica

Cálculo incorrecto

$$U_r = 200 \times 0,0025 / 2 = 0,25 \text{ MPa}$$

$$= 0,25 \text{ MJ}/\text{m}^3$$

22 - Considere os seguintes gráficos de tensão - extensão:

Qual o material

a) mais rígido? **A**

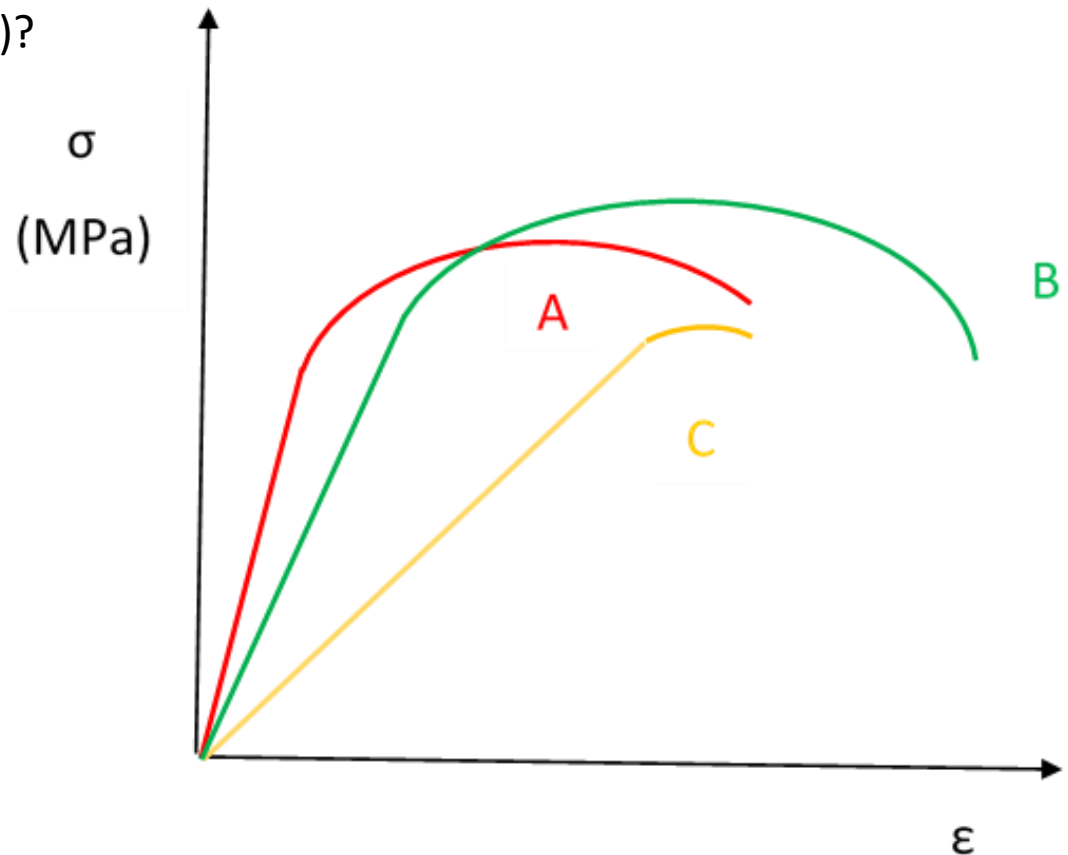
b) com menor tensão de rotura (UTS)? **C**

c) com maior módulo de resiliência? **C**

d) mais dúctil? **B**

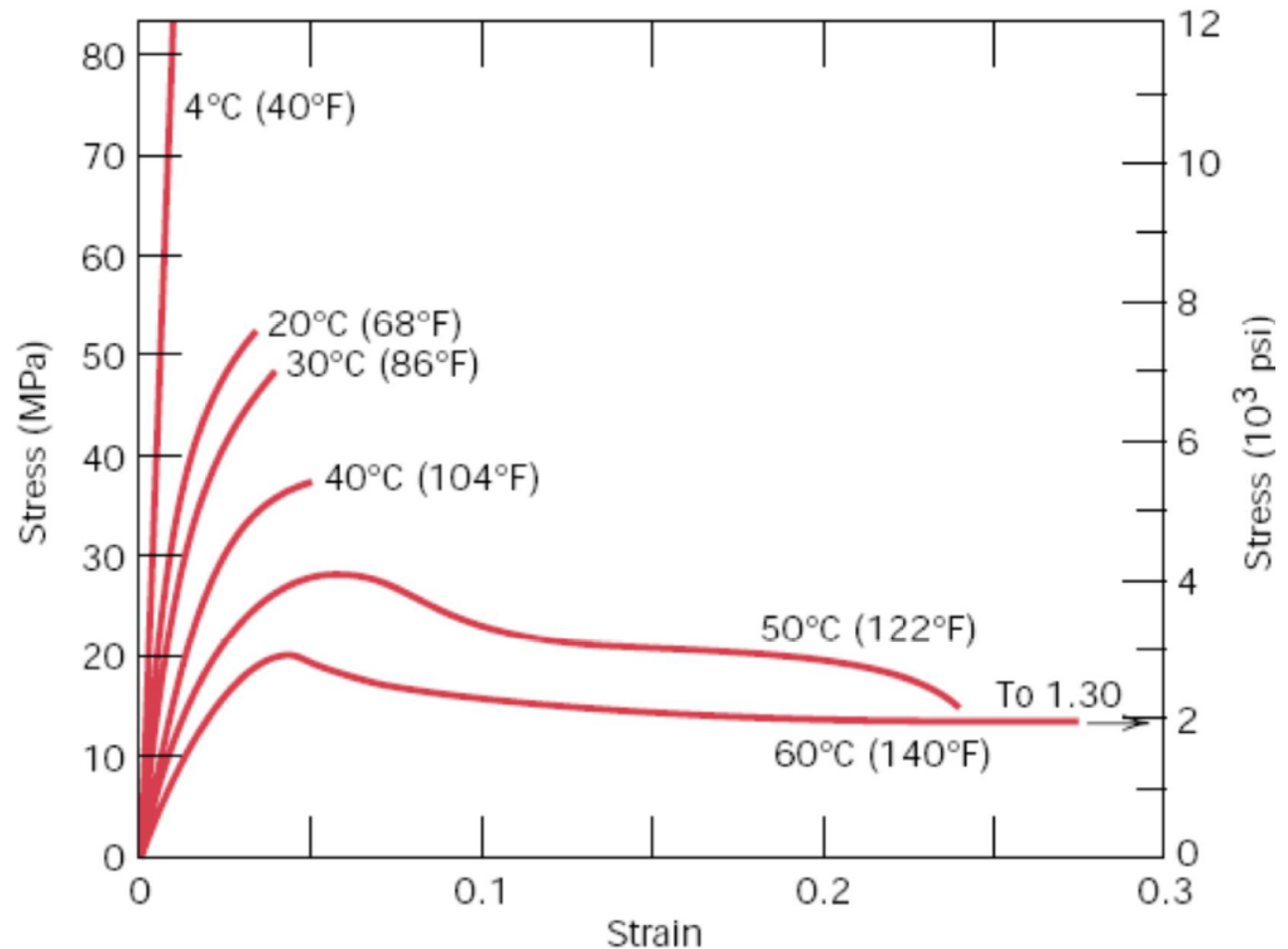
e) com maior tensão de cedência? **B**

f) com maior tensão de fratura? **A**

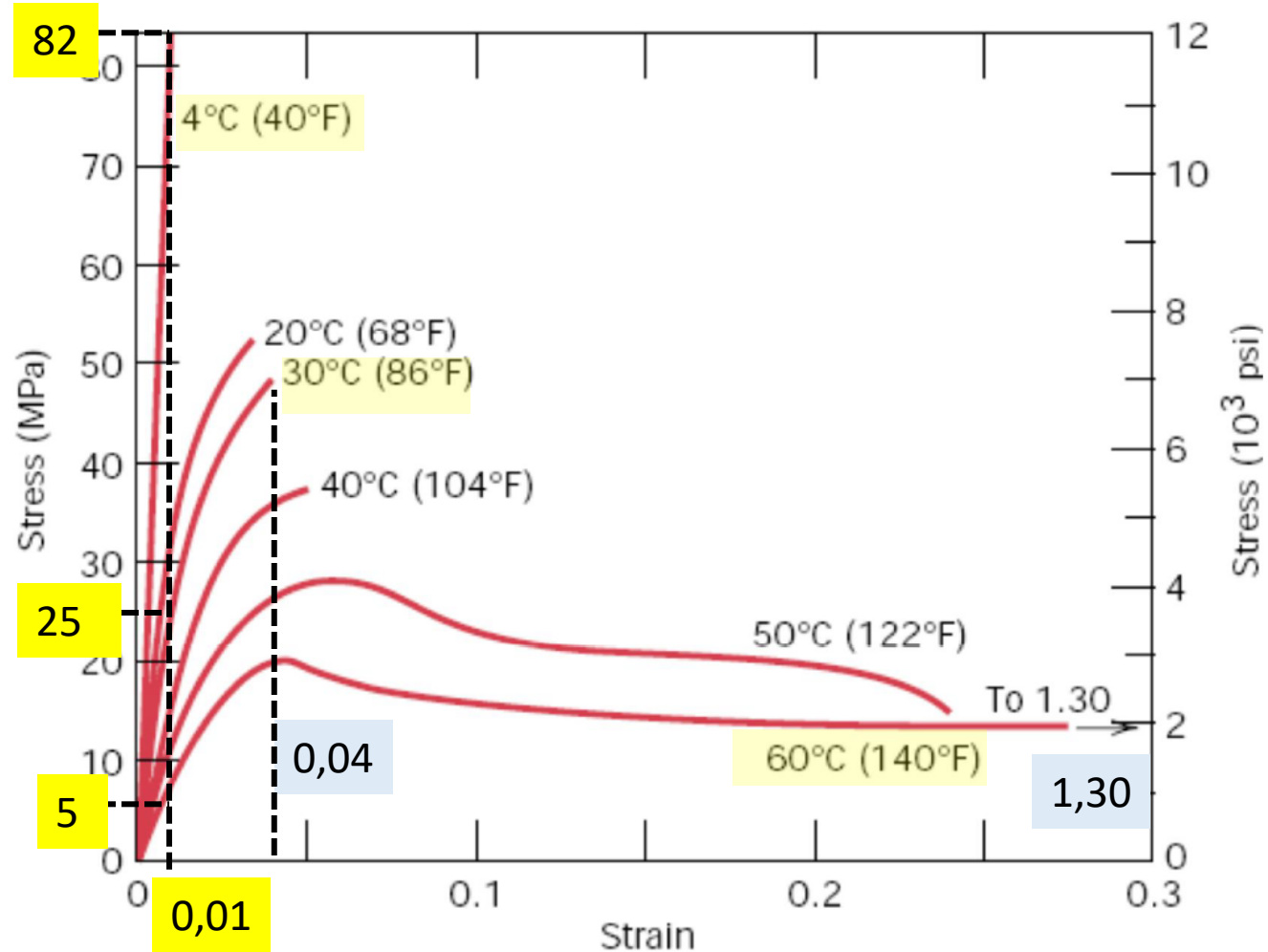


23 – O gráfico ilustra o efeito da temperatura sobre o comportamento mecânico à tração do PMMA. Faça uma estimativa do módulo de Young ($e=0,01$) para as temperaturas de 4, 30 e 60 °C. Comente os resultados e o efeito da temperatura sobre a ductilidade .

Resolução:



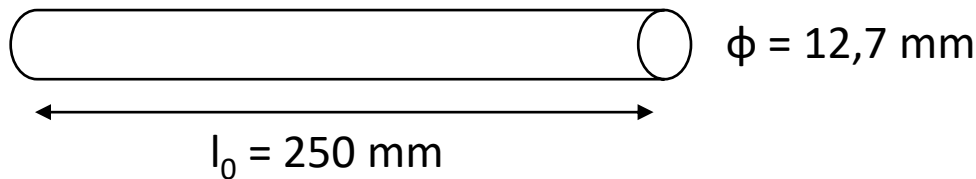
$$\sigma = E\varepsilon$$



T °C	ε	σ (MPa)
4	0,01	82
30	0,01	25
60	0,01	5

24 – Sabe-se que uma liga de cobre possui uma tensão de cedência de 275 MPa, uma tensão de rotura de 380 MPa e um módulo de elasticidade de 103 GPa. Um provete cilíndrico desta liga com 12,7 mm de diâmetro e 250 mm de comprimento é tracionado até atingir um comprimento de 257,6 mm. Com base apenas nesta informação será possível determinar a tensão necessária para produzir esta deformação? Justifique.

Resolução:



$$\begin{aligned}\sigma_y &= 275 \text{ Mpa} \\ \text{UTS} &= 380 \text{ Mpa} \\ E &= 103 \text{ GPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= ? \\ l &= 257,6 \text{ mm}\end{aligned}$$

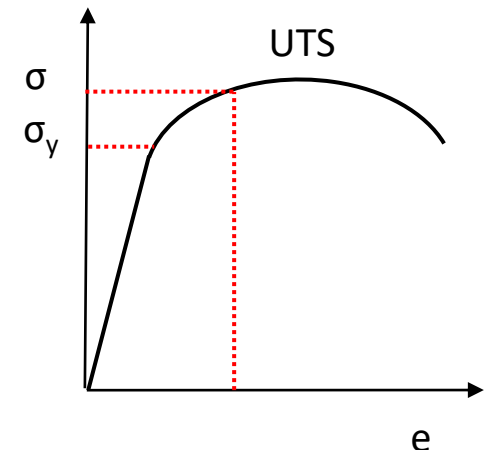
Se a deformação se der no domínio elástico verifica-se a lei de Hook:

$$\sigma = Ee = E \frac{l - l_0}{l_0}$$

$$\sigma = 103 \times 10^3 \cdot \frac{257,6 - 250}{250} = 3131,2 \text{ MPa} > \sigma_y$$

Esta tensão não se pode determinar pela Lei de Hook

deformação plástica



25 – Uma barra com 10 mm de diâmetro de aço carbono AISI 1040 é sujeita a uma carga de tração de 50 kN, até passar o limite de cedência do material. Calcule a recuperação elástica que ocorreria ao retirar a carga de tração. $E=200 \text{ GPa}$; $\sigma_{\text{ced}}= 600 \text{ MPa}$; $UTS= 750 \text{ MPa}$.

Resolução:

$$\sigma = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

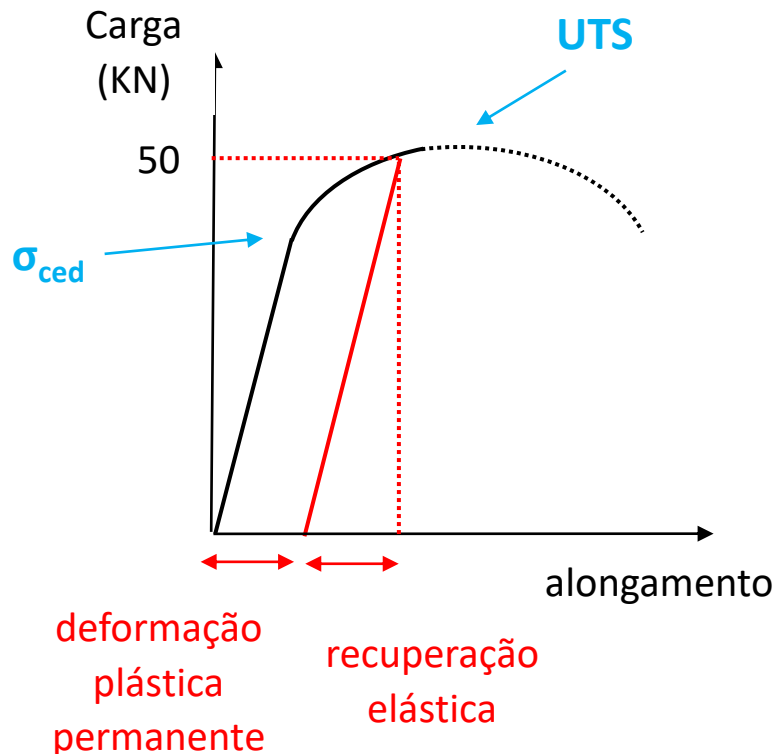
$$\sigma = \frac{50000}{\pi(5 \times 10^{-3})^2} = 637 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$= 637 \text{ MPa}$$

Este valor está entre a tensão de cedência e a tensão de rotura do material

$$\sigma = E\varepsilon$$

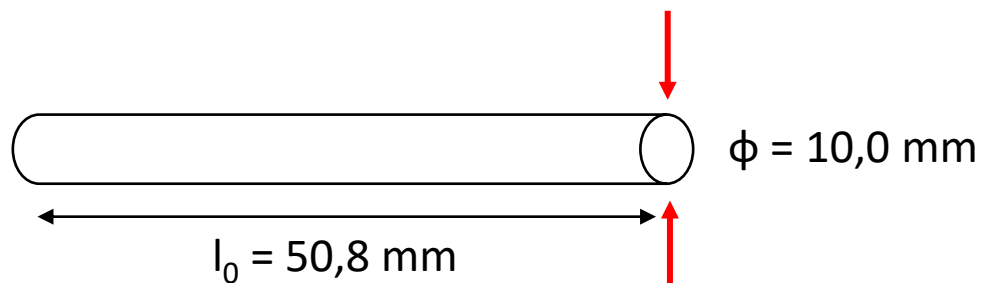
$$\varepsilon = \frac{637 \times 10^6}{200 \times 10^9} = 3,18 \times 10^{-3}$$



26 – Um provete metálico cilíndrico de 10 mm de diâmetro é tracionado dentro do seu domínio elástico. Uma força de 15 kN produz uma redução do diâmetro de 7×10^{-3} mm. Sabendo que o módulo de Young deste metal é 100 GPa, determine o seu coeficiente de Poisson.

Resolução:

$$e_T = \frac{\Delta\phi}{\phi} = \frac{-7 \times 10^{-3}}{10} = -7 \times 10^{-4} \text{ mm}$$



$F = 15 \text{ kN}$ $E = 100 \text{ GPa}$ $\Delta\phi = 7 \times 10^{-3} \text{ mm}$
--

$$\nu = -\frac{e_T}{e_L}$$

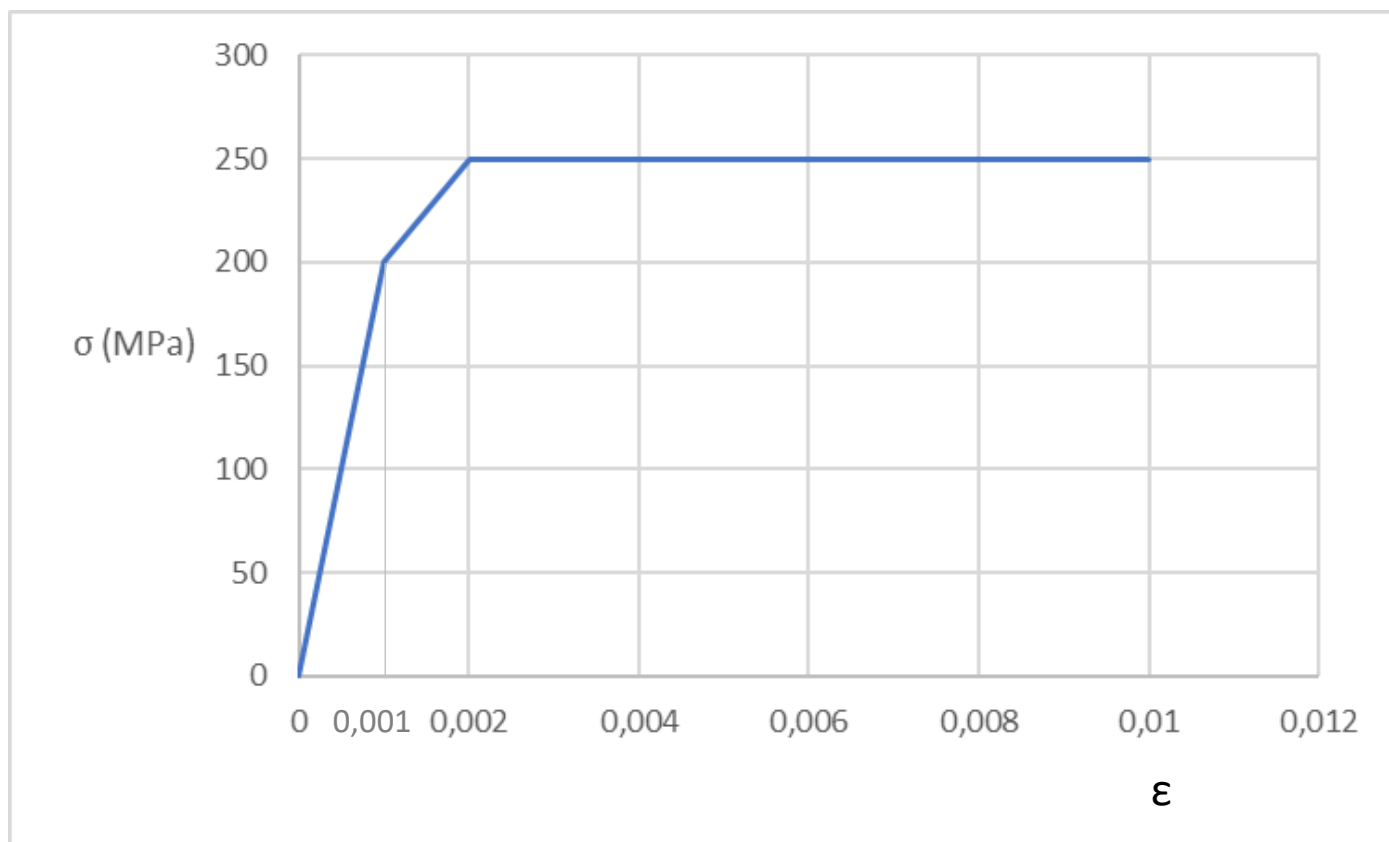
$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{15 \times 10^3}{\pi \times 5^2} = 190,99 \approx 191 \text{ MPa}$$

$$\nu = -\frac{-7 \times 10^{-4}}{1,91 \times 10^{-3}} = \mathbf{0,37}$$

$$\sigma = E e_L \quad e_L = \frac{191}{100 \times 10^3} = 1,91 \times 10^{-3}$$

27 – Os valores de tensão e extensão obtidos num ensaio de tração realizado no material de um tubo que possui o comprimento de 8,0 m, estão representados no gráfico em anexo. Calcule o alongamento que se obtém quando o tubo está sujeito a uma tensão de tração de 225 MPa. Determine em seguida os módulos de elasticidade, resiliência e tenacidade desse material.

Resolução:



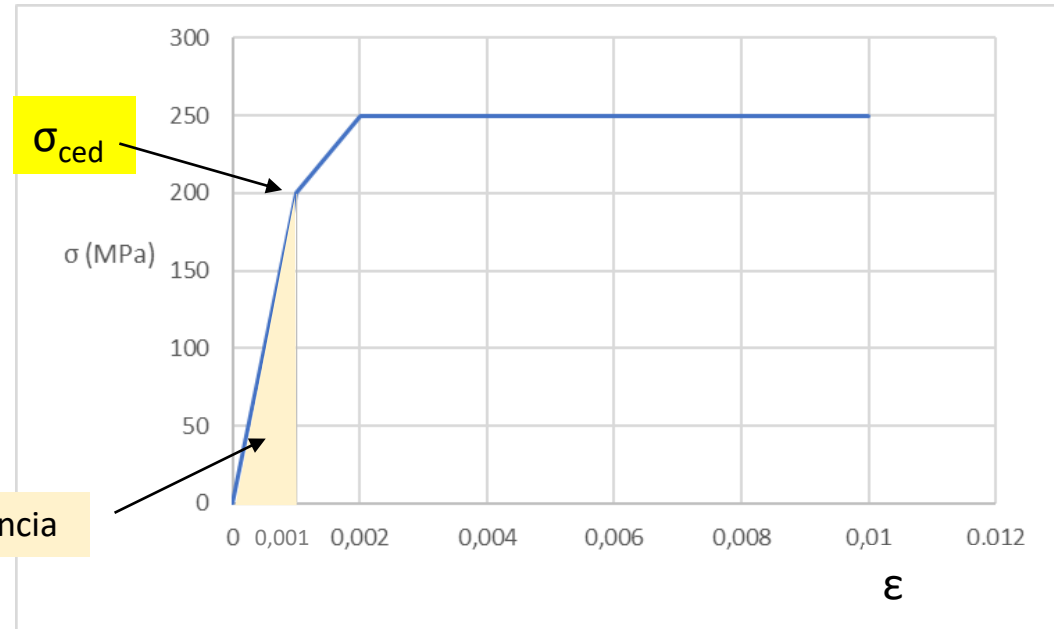
- Módulo de elasticidade

$$E = \frac{\sigma_y}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = \frac{200 - 0}{0,001 - 0}$$

$$E = 200000MPa = 200GPa$$

Resiliência



- Módulo de resiliência

Medida da energia que um material pode absorver e devolver mediante deformação elástica (sem deformação plástica)

$$U_r = \frac{0,001 \times 200}{2} = 0,1MPa$$

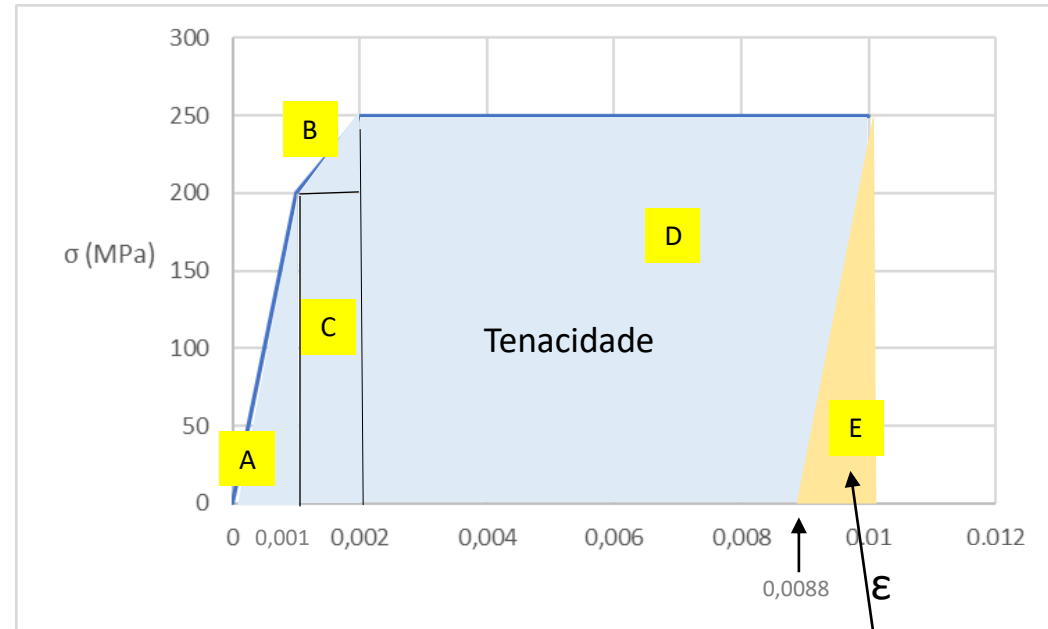
$$U_r = \frac{\sigma_y^2}{2E} = \frac{200^2}{2 \times 200000} = 0,1MPa$$

$$= 0,1MJ/m^3$$

$$Pa = J/m^3$$

- Módulo de tenacidade

Medida da energia que um material pode absorver por deformação plástica antes de fraturar



$$\begin{aligned}
 U_t &= \frac{0,001 \times 200}{2} + \frac{(0,002 - 0,001) \times (250 - 200)}{2} + (0,002 - 0,001) \times 200 + \\
 &\quad (0,010 - 0,002) \times 250 - \frac{(0,010 - 0,0088) \times 250}{2} = 2,175 \text{ MPa} \\
 &= 2,175 \text{ MJ/m}^3
 \end{aligned}$$

- Alongamento

Variação de comprimento ΔL
(Comprimento final menos comprimento inicial)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \Rightarrow \Delta L = 0,0015 \times 8000 \text{ mm}$$

$$\Delta L = 12 \text{ mm}$$

