

Questões

- 1 . Polímeros (e, poderíamos generalizar, todos os materiais amorfos) apresentam um comportamento distinto sob condições de escoamento em relação aos demais materiais. Nos polímeros há uma considerável fração de volume livre na estrutura, que gera uma dependência da tensão equivalente de escoamento na pressão hidrostática característica do estado de tensão. Este efeito pode ser matematicamente descrito pelo seguinte critério de escoamento (no EPT):

$$\sigma_e \leq \sqrt{[(\sigma_1)^2 - 2\sigma_1\sigma_2 + (\sigma_2)^2]} \quad (1)$$

onde

$$\sigma_e = \sigma_e^0 + k\sigma_m \quad (2)$$

Suponha que você dispõe de uma máquina universal de ensaios com a capacidade de aplicar uma carga axial de tração mantendo uma tensão de cisalhamento fixa a um corpo de prova polimérico na forma de chapa, conforme a figura 1, e:

- Desenhe três experimentos de laboratório, usando esta máquina, que poderiam ser desenvolvidos para demonstrar a validade do critério de escoamento definido pelas equações 1 e 2.
 - Desenhe os círculos de Mohr (Obs.: eventualmente em 3d, não se esqueça da tensão $\sigma_3 = 0$!) correspondentes aos experimentos do item anterior na condição prevista para o início do escoamento plástico.
 - Suponha que você possui um corpo de prova na forma de uma placa quadrada com 1 mm de espessura e 10 cm de lado feita de Polietileno de média densidade (PEMD), cujo limite de escoamento em tração é 17,5 MPa e em compressão 22 MPa. Com base nestes resultados determine o valor das constantes σ_e^0 e k da equação 2 e calcule a carga de escoamento esperadas (ou seja, aquela que gera a tensão σ_{11}) para os experimentos propostos por você no item a.
- 2 . Os gráficos da Figura 2 apresentam os resultados obtidos no ensaio de compressão realizado em laboratório em alumínio (a e b) e chumbo (c e d). As velocidades de carregamento foram 5 mm min^{-1} (a), 15 mm min^{-1} , 2 mm min^{-1} (c) e 6 mm min^{-1} (d). Sabendo-se que os corpos de prova tinham diâmetro inicial de 11 mm e 10 mm (respectivamente, alumínio e chumbo) responda:
- Qual a tensão real correspondente à deformação real de -10 % para cada um dos quatro casos?

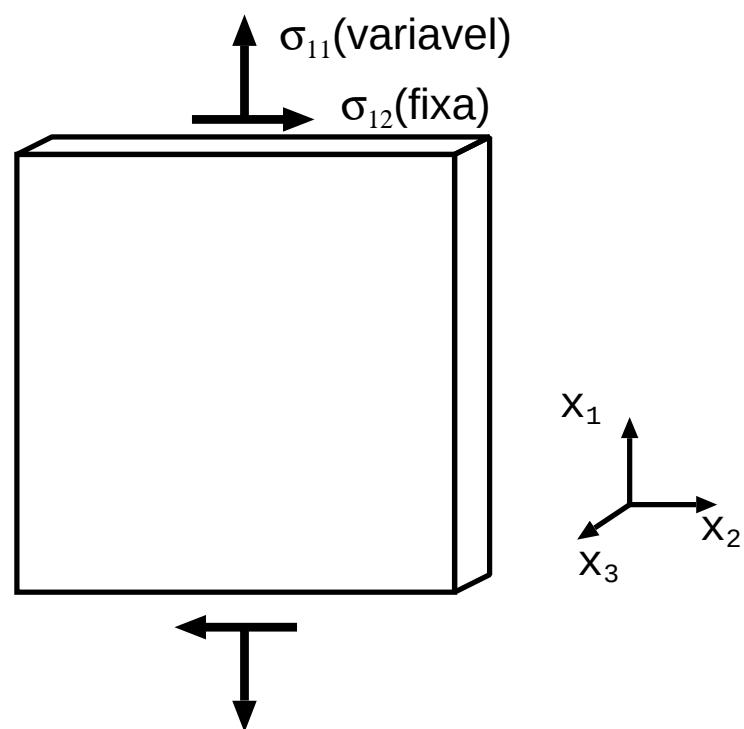


Figura 1: Representação esquemática das condições de ensaio que podem ser impostas ao corpo de prova do exercício ??.

- b . Quais as principais diferenças qualitativas entre as curvas carga versus deslocamento dos dois materiais e como você as justificaria, tendo em vista que a temperatura de fusão do alumínio é de 660°C e 327,5 °C para o chumbo?

Dados:

$$\begin{cases} \sigma_r = \sigma(1 + \varepsilon) \\ \varepsilon_r = \ln(1 + \varepsilon) \end{cases} \quad (3)$$

- 3 . Deduza a expressão:

$$U_{el} = \frac{1}{2E} [(I_1)^2 - 2I_2(1 + \nu)] \quad (4)$$

partindo da definição de U_{el} :

$$\begin{aligned} U_{el} &\equiv \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \sum_i \sigma_i \varepsilon_i \\ &= \sum_i \left[\frac{(\sigma_i)^2}{2E} - \sum_{j \neq i} \frac{\nu \sigma_i \sigma_j}{E} \right] \end{aligned} \quad (5a)$$

$$I_1 = \text{Tr}[\sigma_{ij}] \equiv \sum_i \sigma_{ii} \quad (5b)$$

e dos invariantes do tensor de tensão, dados por:

$$I_2 = \det \begin{vmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} \end{vmatrix} + \det \begin{vmatrix} \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{vmatrix} + \det \begin{vmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{13} \\ \sigma_{31} & \sigma_{33} \end{vmatrix} \quad (5c)$$

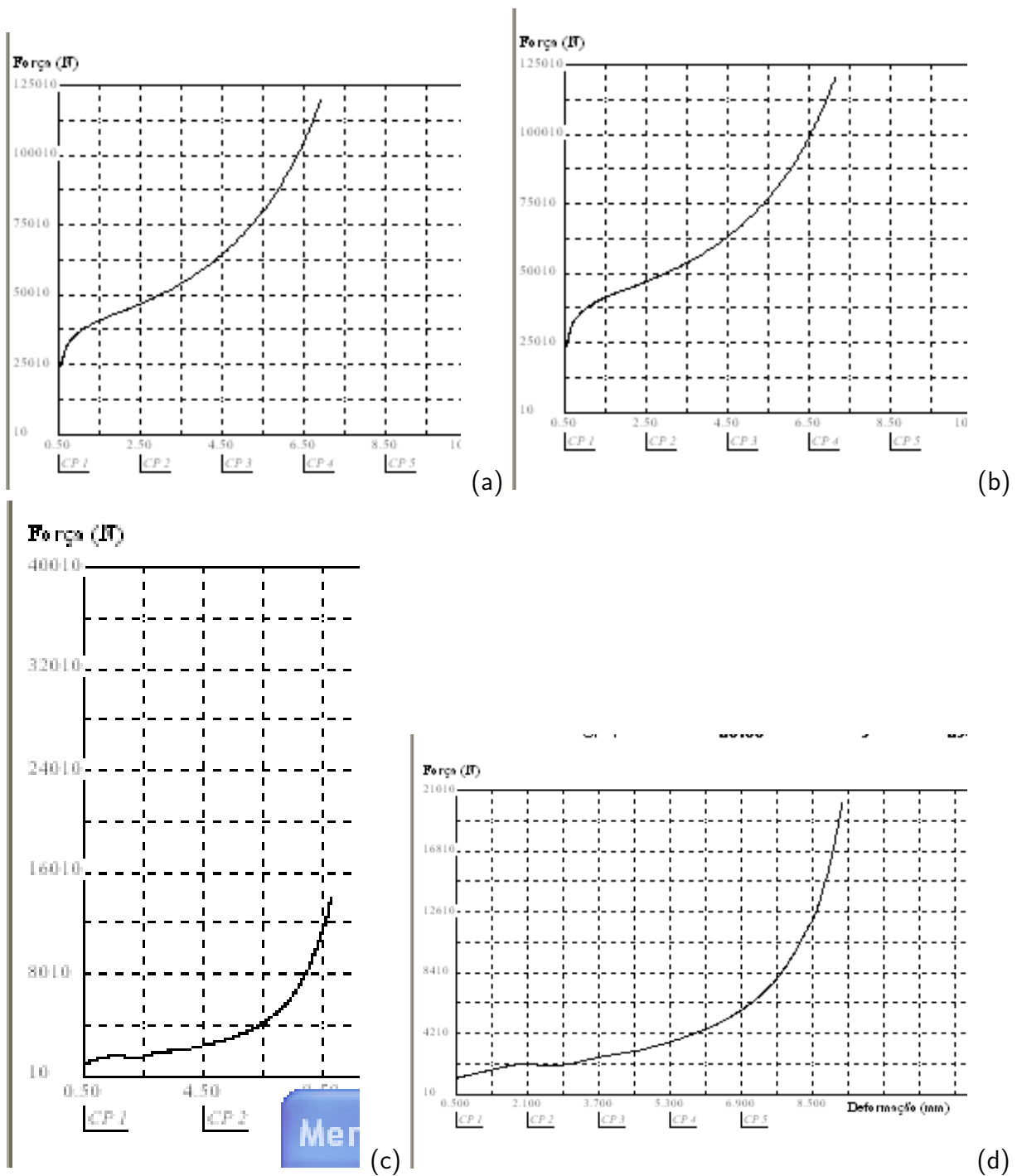


Figura 2: Curvas carga versus deslocamento obtidas no ensaio de compressão realizado em laboratório. (a) Alumínio, 5mm min⁻¹ de deslocamento do travessão, (b) Alumínio, 15mm min⁻¹ de deslocamento do travessão, (c) Chumbo, 2 mm min⁻¹ de deslocamento do travessão e (d) Chumbo, 6 mm min⁻¹ de deslocamento do travessão.