

**PROBLEMAS**

**3.1.** Um cilindro de concreto com diâmetro de 6,00 pol e comprimento de referência de 12 pol é testado sob compressão. Os resultados do teste estão informados na tabela como carga *versus* contração. Desenhar o diagrama tensão-deformação usando escalas de 1 pol = 0,5 ksi e 1 pol =  $0,2(10^{-3})$  pol/pol. Com base no diagrama, determinar o módulo de elasticidade aproximado.

Carga (kip)	Contração (pol)
0	0
5,0	0,0006
9,5	0,0012
16,5	0,0020
20,5	0,0026
25,5	0,0034
30,0	0,0040
34,5	0,0045
38,5	0,0050
46,5	0,0062
50,0	0,0070
53,0	0,0075

**Problema 3.1**

**3.2.** Os dados de um teste tensão-deformação de uma cerâmica são fornecidos na tabela. A curva é linear entre a origem e o primeiro ponto. Construir o diagrama e determinar o módulo de elasticidade e o módulo de resiliência.

**3.3.** Os dados de um teste tensão-deformação de uma cerâmica são fornecidos na tabela. A curva é linear entre a origem e o primeiro ponto. Construir o diagrama e determinar o módulo de tenacidade aproximado. A tensão de ruptura é  $\sigma_{rup} = 53,4$  ksi.

$\sigma$ (ksi)	$\epsilon$ (pol/pol)
0	0
33,2	0,0006
45,5	0,0010
49,4	0,0014
51,5	0,0018
53,4	0,0022

**Problemas 3.2/3.3**

**\*3.4.** Os dados de um teste tensão-deformação são fornecidos na tabela. A curva é linear entre a origem e o primeiro ponto. Construir o diagrama e determinar o módulo de elasticidade e o módulo de resiliência.

$\sigma$ (ksi)	$\epsilon$ (pol/pol)
0	0
32,0	0,0016
33,5	0,0018
40,0	0,0030
41,2	0,0050

**Problema 3.4**

**3.5.** Foi realizado um teste de tensão em um corpo-de-prova com diâmetro original de 12,5 mm e comprimento de referência de 50 mm. Os dados estão relacionados na tabela.

Construir o diagrama tensão-deformação e determinar aproximadamente o módulo de elasticidade, o limite de resistência e a tensão de ruptura. Usar as escalas de 20 mm = 50 MPa e 20 mm = 0,05 mm/mm. Detalhar a região linear-elástica usando a mesma escala de tensão, porém com escala de 20 mm = 0,001 mm/mm para a deformação.

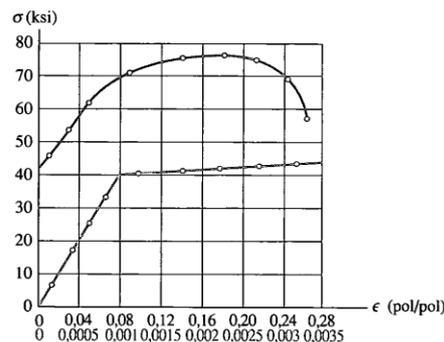
**3.6.** Foi realizado um teste de tensão em um corpo-de-prova de aço com diâmetro original de 12,5 mm e comprimento de referência de 50 mm. Usando os dados relacionados na tabela, construir o diagrama tensão-deformação e determinar o módulo de tenacidade aproximado. Usar as escalas de 20 mm = 50 MPa e 20 mm = 0,05 mm/mm.

Carga (kN)	Alongamento (mm)
0	0
11,1	0,0175
31,9	0,0600
37,8	0,1020
40,9	0,1650
43,6	0,2490
53,4	1,0160
62,3	3,0480
64,5	6,3500
62,3	8,8900
58,8	11,9380

**Problemas 3.5/3.6**

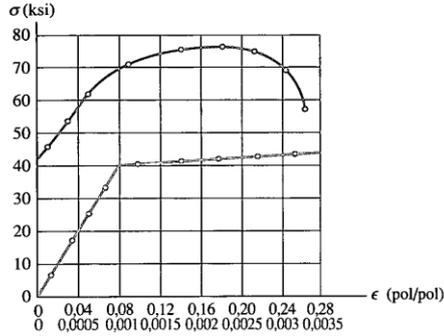
**3.7.** O diagrama tensão-deformação de uma liga de aço com diâmetro original de 0,5 pol e comprimento de referência de 2 pol é mostrado na figura. Se o corpo-de-prova for carregado até chegar em 70 ksi, determinar a quantidade aproximada de recuperação elástica e o aumento permanente do comprimento de referência após a carga ser retirada.

**\*3.8.** O diagrama tensão-deformação de uma liga de aço com diâmetro original de 0,5 pol e comprimento de referência de 2 pol é mostrado na figura. Determinar aproximadamente o módulo de elasticidade do material, a carga sobre o corpo-de-prova que provoca escoamento e a máxima tensão que o corpo-de-prova suportará.



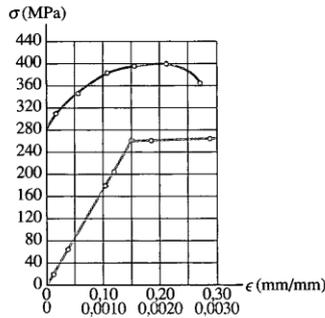
**Problemas 3.7/3.8**

**3.9.** O diagrama tensão-deformação de uma liga de aço com diâmetro original de 0,5 pol e comprimento de referência de 2 pol é mostrado na figura. Determinar o módulo de resiliência e o módulo de tenacidade aproximados do material.



**Problema 3.9**

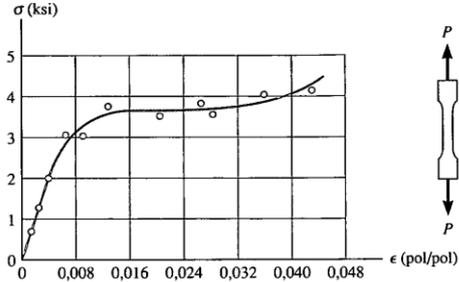
**3.10.** O diagrama tensão-deformação de uma barra de liga de aço é mostrado na figura. Determinar aproximadamente o módulo de elasticidade, o limite de proporcionalidade, o limite de resistência e o módulo de resiliência. Se for aplicada carga à barra até uma tensão de 360 MPa, determinar a deformação elástica recuperada e a deformação permanente da barra quando for retirada a carga.



**Problema 3.10**

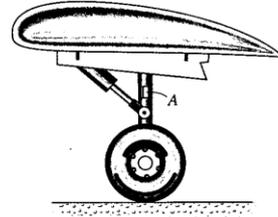
**3.11.** Uma barra de aço A-36 (suas propriedades são dadas nas tabelas no final do livro) tem comprimento de 50 pol e área da seção transversal de 0,7 pol<sup>2</sup>. Determinar o comprimento da barra se estiver submetida a uma força de tração de 5.000 lb. O material tem comportamento linear-elástico.

**\*3.12.** O diagrama tensão-deformação do polietileno, usado para revestir cabos coaxiais, é determinado pelo teste de um corpo-de-prova que tem comprimento de referência de 10 pol. Supondo que uma carga  $P$  desenvolva uma deformação de  $\epsilon = 0,024$  pol/pol no corpo-de-prova, determinar o comprimento aproximado do corpo-de-prova, medido entre os pontos de referência, quando a carga for retirada. Suponha que o corpo-de-prova recupere-se elasticamente.



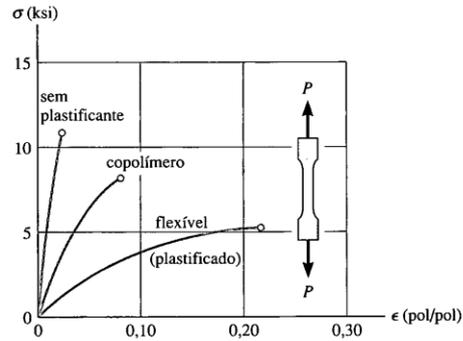
**Problema 3.12**

**3.13.** A mudança de peso de uma aeronave é determinada pela leitura do extensômetro  $A$  instalado no suporte de alumínio da roda da aeronave. Antes que a aeronave seja carregada, a leitura do extensômetro no suporte é  $\epsilon_1 = 0,00100$  pol/pol e após o carregamento é  $\epsilon_2 = 0,00243$  pol/pol. Determinar a mudança da força no suporte se a área da seção transversal desse suporte é de 3,5 pol<sup>2</sup>.  $E_{al} = 10(10^3)$  ksi.



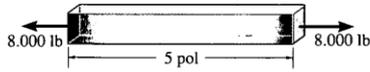
**Problema 3.13**

**3.14.** Adicionando plastificantes ao cloreto de polivinil, é possível reduzir sua rigidez. Os diagramas tensão-deformação para três tipos desse material, indicando tal efeito, são mostrados a seguir. Especificar o tipo que deve ser usado na fabricação de uma haste com 5 pol de comprimento e 2 pol de diâmetro, exigida para suportar uma carga axial de pelo menos 20 kip e que também deve ser esticada no máximo  $\frac{1}{4}$  pol.



**Problema 3.14**

**3.15.** Uma barra com comprimento de 5 pol e área da seção transversal de  $0,07 \text{ pol}^2$  está submetida a uma força axial de 8.000 lb. Se a barra estica  $0,002 \text{ pol}$ , determinar o módulo de elasticidade do material. O material tem comportamento linear-elástico.

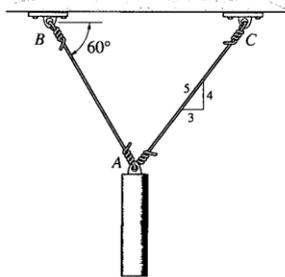


**Problema 3.15**

**\*3.16.** Um corpo-de-prova com comprimento original de 1 pé tem diâmetro de 0,5 pol e está submetido a uma força de 500 lb. Quando a força é aumentada de 500 para 1.800 lb, o corpo-de-prova alonga-se  $0,009 \text{ pol}$ . Determinar o módulo de elasticidade do material se este permanecer com comportamento linear-elástico.

**3.17.** Um elemento estrutural em um reator nuclear é feito de liga de zircônia. Se ele tiver de suportar uma carga axial de 4 kip, qual área sua seção transversal precisará ter? Usar um fator de segurança  $F.S. = 3$  em relação ao escoamento. Qual será a carga no elemento se ele tiver 3 pés de comprimento e seu alongamento for de  $0,02 \text{ pol}$ ?  $E_{zr} = 14(10^3) \text{ ksi}$ ,  $\sigma_E = 57,5 \text{ ksi}$ . O material tem comportamento elástico.

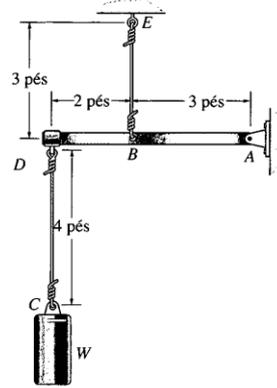
**3.18.** Os arames de aço  $AB$  e  $AC$  suportam a massa de 200 kg. Supondo que a tensão normal admissível para eles seja  $\sigma_{adm} = 130 \text{ MPa}$ , determinar o diâmetro requerido para cada arame. Além disso, qual será o novo comprimento do arame  $AB$  depois que a carga for aplicada? Supor o comprimento sem deformação de  $AB$  como sendo 750 mm.  $E_{aço} = 200 \text{ GPa}$ .



**Problema 3.18**

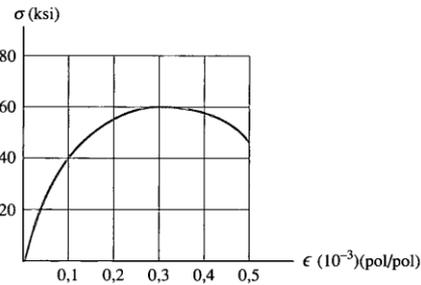
**3.19.** A barra  $DBA$  é rígida e, originalmente, está na posição horizontal. Quando o peso  $W$  está pendurado em  $D$ , faz a extremidade de  $D$  deslocar-se  $0,025 \text{ pol}$  para baixo. Determinar a deformação dos arames  $CD$  e  $BE$ . Além disso, supondo que os arames sejam fabricados com aço A-36 e

tenham área da seção transversal de  $0,002 \text{ pol}^2$ , determinar o peso  $W$ .



**Problema 3.19**

**\*3.20.** O diagrama tensão-deformação para muitas ligas metálicas pode ser descrito analiticamente pela equação de três parâmetros de Ramberg-Osgood  $\epsilon = (\sigma/E) + K\sigma^n$ , em que  $E$ ,  $k$  e  $n$  são determinados por meio de medições feitas no diagrama. Usando o diagrama tensão-deformação mostrado na figura, supor que  $E = 30(10^3) \text{ ksi}$  e determinar os outros dois parâmetros  $k$  e  $n$ ; depois, por meio deles, obter uma expressão analítica para a curva.

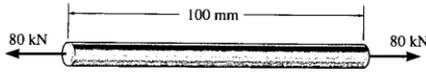


**Problema 3.20**

**3.21.** Algumas vezes, indicadores diretos de tensão são usados, em vez de torquímetros, para assegurar que o parafuso tenha a tensão especificada quando usado em conexões. Se a porca de um parafuso está apertada de modo que as seis cabeças do indicador — que originalmente tinham 3 mm de altura — estão esmagadas 0,3 mm, deixando uma área de contato de  $1,5 \text{ mm}^2$  em cada cabeça, determinar a tensão na rosca do parafuso. O material tem o diagrama tensão-deformação mostrado.

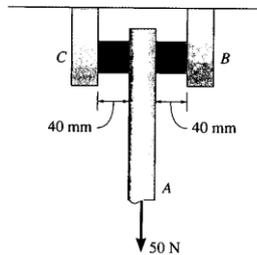
## PROBLEMAS

**\*3.24.** A haste plástica é feita de Kevlar 49 e tem diâmetro de 10 mm. Supondo que lhe seja aplicada uma carga axial de 80 kN, determinar as mudanças em seu comprimento e em seu diâmetro.



**Problema 3.24**

**3.25.** O apoio consiste de três chapas rígidas acopladas por meio de dois calços de borracha posicionados simetricamente. Supondo que seja aplicada uma força vertical de 50 N à chapa A, determinar o deslocamento vertical aproximado dessa chapa causado por deformações de cisalhamento na borracha. Cada calço tem dimensões de 30 mm e 20 mm na seção transversal.  $G_{borr} = 0,20$  MPa.

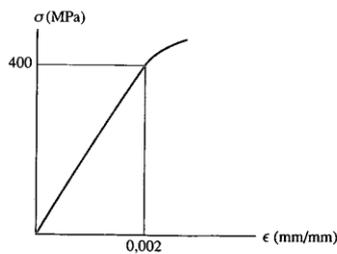


**Problema 3.25**

**3.26.** Um pequeno bloco cilíndrico de bronze C86100, com diâmetro original de 1,5 pol e comprimento de 3 pol, é colocado em uma máquina de compressão e comprimido até que seu comprimento se torna 2,98 pol. Determinar o novo diâmetro do bloco.

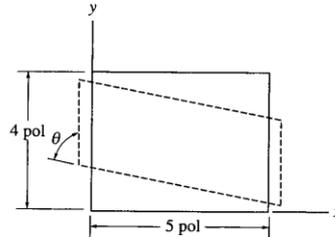
**3.27.** Um pequeno bloco cilíndrico de alumínio 6061-T6, com diâmetro original de 20 mm e comprimento de 75 mm, é colocado em uma máquina de compressão e comprimido até que a carga axial aplicada seja de 5 kN. Determinar (a) o decréscimo de seu comprimento e (b) seu novo diâmetro.

**\*3.28.** A região elástica do diagrama tensão-deformação de uma liga de aço é mostrada na figura. O corpo-de-prova do qual foi obtido tinha 13 mm de diâmetro inicial e 50 mm de comprimento de referência. Quando a carga aplicada ao corpo-de-prova é 50 kN, o diâmetro é 12,99265 mm. Determinar o coeficiente de Poisson para o material.



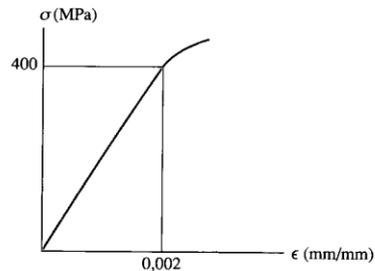
**Problema 3.28**

**3.29.** O bloco é feito de titânio Ti-6Al-4V, está submetido a uma compressão de 0,006 pol ao longo do eixo y e sua forma sofre torção de  $\theta = 89,7^\circ$ . Determinar  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$  e  $\gamma_{xy}$ .



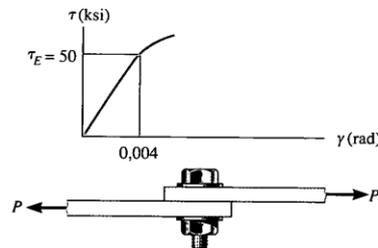
**Problema 3.29**

**3.30.** A região elástica do diagrama tensão-deformação de uma liga de aço é mostrada na figura. O corpo-de-prova do qual foi obtido tinha 13 mm de diâmetro inicial e 50 mm de comprimento de referência. Supondo que seja aplicada uma carga  $P = 20$  kN ao corpo-de-prova, determinar seu diâmetro e comprimento de referência. Supor também que  $\nu = 0,4$ .



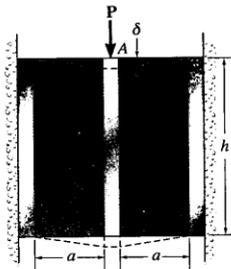
**Problema 3.30**

**3.31.** O diagrama tensão-deformação de cisalhamento de uma liga de aço é mostrado na figura. Supondo que um parafuso com 0,25 pol de diâmetro seja feito desse material e usado na junta de sobreposição, determinar o módulo de elasticidade  $E$  e a força  $P$  necessária para provocar escoamento do material. Suponha que  $\nu = 0,3$ .



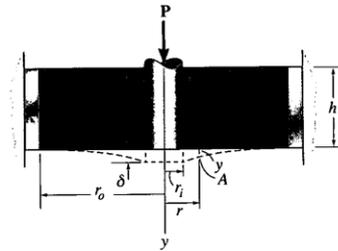
**Problema 3.31**

**\*3.32.** Uma mola de cisalhamento é feita de dois blocos de borracha, cada um com altura  $h$ , largura  $b$  e espessura  $a$ . Os blocos estão presos a três chapas como mostrado. Supondo que as chapas sejam rígidas e o módulo de cisalhamento da borracha seja  $G$ , determinar o deslocamento da chapa  $A$  caso lhe seja aplicada uma carga vertical  $P$ . Supor, também, que o deslocamento seja pequeno, de modo que  $\delta = a \operatorname{tg} \gamma \approx a\gamma$ .



Problema 3.32

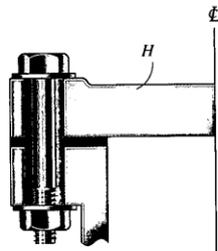
**3.33.** Uma mola de cisalhamento é feita prendendo-se a coroa anular de borracha a um anel fixo e a um bujão. Quando é aplicada uma carga  $P$  ao bujão, demonstrar que o declive no ponto  $A$  da borracha é  $d_y/d_r = -\operatorname{tg} \gamma = -\operatorname{tg}[P/(2\pi hGr)]$ . Para ângulos pequenos podemos escrever  $d_y/d_r = -[P/(2\pi hGr)]$ . Integrar a expressão e calcular a constante de integração usando a condição  $y = 0$  para  $r = r_o$ . Com o resultado, calcular a deflexão  $y = \delta$  do bujão.



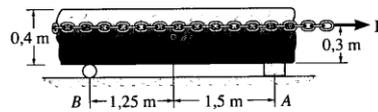
Problema 3.33

**PROBLEMAS DE REVISÃO**

**3.34.** O cabeçote  $H$  está acoplado ao cilindro de um compressor por seis parafusos de aço. Supondo que a força de aperto em cada parafuso seja de 800 lb, determinar a deformação normal nos parafusos. Cada parafuso tem  $\frac{3}{16}$  pol de diâmetro. Se  $\sigma_E = 40$  ksi e  $E_{aço} = 29(10^3)$  ksi, qual será a deformação de cada parafuso quando a porca for desatarraxada de modo que a força seja retirada?

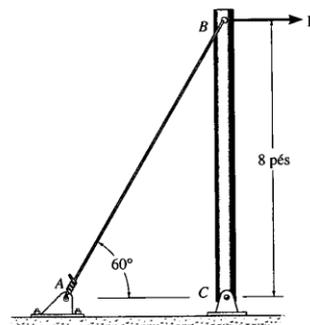


Problema 3.34



Problema 3.35

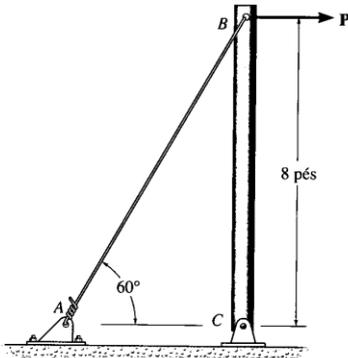
**\*3.36.** O tubo rígido é apoiado por um pino em  $A$  e um cabo de aço A-36  $AB$ . Supondo que o cabo possua 0,2 pol de diâmetro, determinar quanto estica quando uma força  $P = 300$  lb atua sobre o tubo. O material permanece elástico.



Problema 3.36

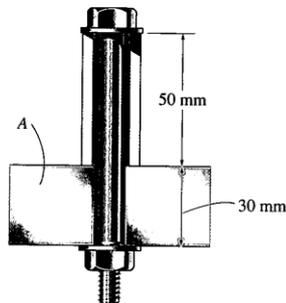
**3.35.** A pedra tem massa de 800 kg e centro de gravidade em  $G$ . Ela repousa sobre um calço em  $A$  e sobre um rolete em  $B$ . O calço é fixo no chão e tem altura comprimida de 30 mm, largura de 140 mm e comprimento de 150 mm. Supondo que o coeficiente de atrito estático entre o calço e a pedra seja  $\mu_e = 0,8$ , determinar o deslocamento horizontal aproximado da pedra provocado por deformações de cisalhamento no calço, antes que a pedra comece a deslizar. Supor, ainda, que a força em  $A$  atue a 1,5 m de  $G$  como mostrado. O calço é feito de um material que tem  $E = 4$  MPa e  $\nu = 0,35$ .

3.37. O tubo rígido é apoiado por um pino em *A* e um cabo de aço A-36 *AB*. Supondo que o cabo possua 0,2 pol de diâmetro, determinar a força *P* se a extremidade *B* for deslocada 0,10 pol para a direita.  $E_{aço} = 29(10^3)$  ksi.



Problema 3.37

3.38. O parafuso de 8 mm de diâmetro é feito de uma liga de alumínio. Está instalado em uma luva de magnésio que possui diâmetro interno de 12 mm e diâmetro externo de 20 mm. Supondo que os comprimentos originais do parafuso e da luva sejam, respectivamente, 80 mm e 50 mm, determinar as deformações da luva e do parafuso se a porca for apertada de modo que a força no parafuso seja de 8 kN. Suponha que o material de *A* é rígido.  $E_{al} = 70$  GPa,  $E_{mg} = 45$  GPa.



Problema 3.38

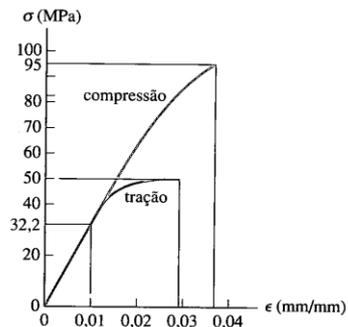
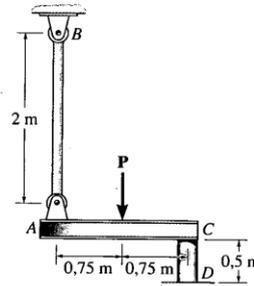
3.39. Foi realizado um teste de tração em um corpo-de-prova de aço com diâmetro de 0,503 pol e comprimento de referência de 2,00 pol. Os dados estão relacionados na tabela a seguir. Construir o diagrama tensão-deformação e determinar aproximadamente o módulo de elasticidade, o limite de escoamento, o limite de resistência e a tensão de ruptura. Usar escala de 1 pol = 20 ksi e 1 pol = 0,05 pol/pol. Depois, refazer a região elástica com a mesma escala de tensão, porém com escala de deformação de 1 pol = 0,001 pol/pol.

Carga (kip)	Alongamento (pol)
0	0
1,50	0,0005
4,60	0,0015
8,00	0,0025
11,00	0,0035
11,80	0,0050
11,80	0,0080
12,00	0,0200
16,60	0,0400
20,00	0,1000
21,50	0,2800
19,50	0,4000
18,50	0,4600

Problema 3.39

\*3.40. O diagrama tensão-deformação de uma resina de poliéster é dado na figura. Supondo que a viga rígida esteja apoiada por um elo *AB* e um poste *CD*, ambos feitos do mesmo material e submetidos a uma carga  $P = 80$  kN, determinar o ângulo de inclinação da viga quando a carga é aplicada. O diâmetro do elo é de 40 mm e o do poste é de 80 mm.

3.41. O diagrama tensão-deformação de uma resina de poliéster é dado na figura. Supondo que a viga rígida esteja apoiada por um elo *AB* e um poste *CD*, ambos feitos do mesmo material, determinar a maior carga *P* que pode ser aplicada à viga antes que tanto *AB* como *CD* rompam. O diâmetro do elo é de 12 mm e o do poste é de 40 mm.



Problemas 3.40/3.41