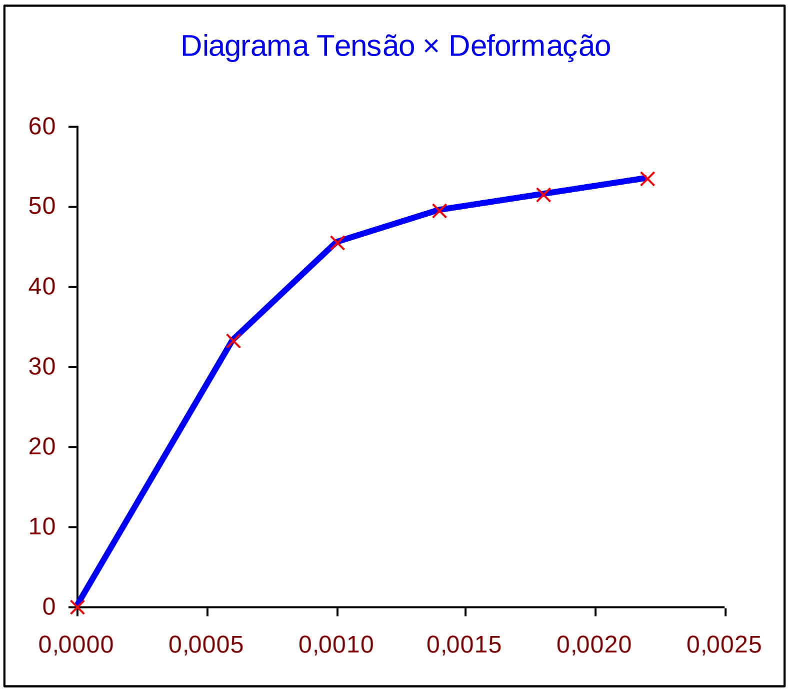
3.2 Os dados de um teste tensão-deformação de uma cerâmica são fornecidos na tabela. A curva é linear entre a origem e o primeiro ponto. Construir o diagrama e determinar o módulo de elasticidade e o módulo de resiliência.

σ (ksi)	ϵ (pol/pol)
0	0
33,2	0,0006
45,5	0,0010
49,4	0,0014
51,5	0,0018
53,4	0,0022

Solução:



O módulo de elasticidade é a inclinação da reta inicial, ou seja, a tangente do ângulo entre a reta inicial e o eixo das deformações (abscissa). O módulo de resiliência é a área sob essa reta inicial, ou melhor, área do triângulo inicial.

$$E = \frac{33{,}2}{0{,}0006} = 55333{,}3 \text{ ksi}$$

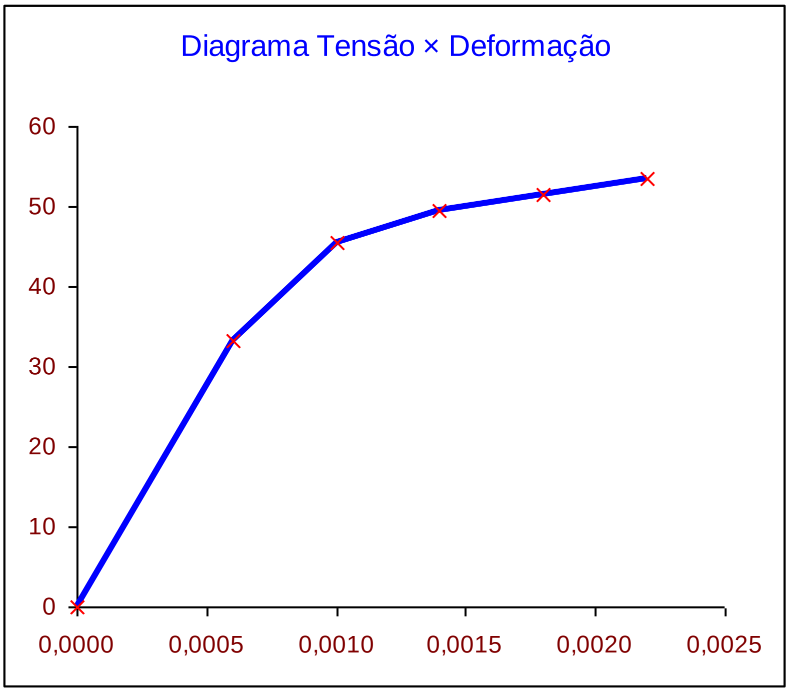
$$u_r = \frac{33{,}2 \times 0{,}0006}{2} = 0{,}00996 \text{ ksi} = 9{,}96 \text{ psi}$$

Resposta:. Módulo de elasticidade = **55300 ksi** e o módulo de resiliência = **9,96 psi**.

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 se a tensão de ruptura for de 53,4 ksi.

σ (ksi)	ϵ (pol/pol)
0	0
33,2	0,0006
45,5	0,0010
49,4	0,0014
51,5	0,0018
53,4	0,0022

Solução:



O módulo de tenacidade será a soma das áreas abaixo da curva do diagrama tensão versus deformação, neste caso, um triângulo e quatro trapézios:

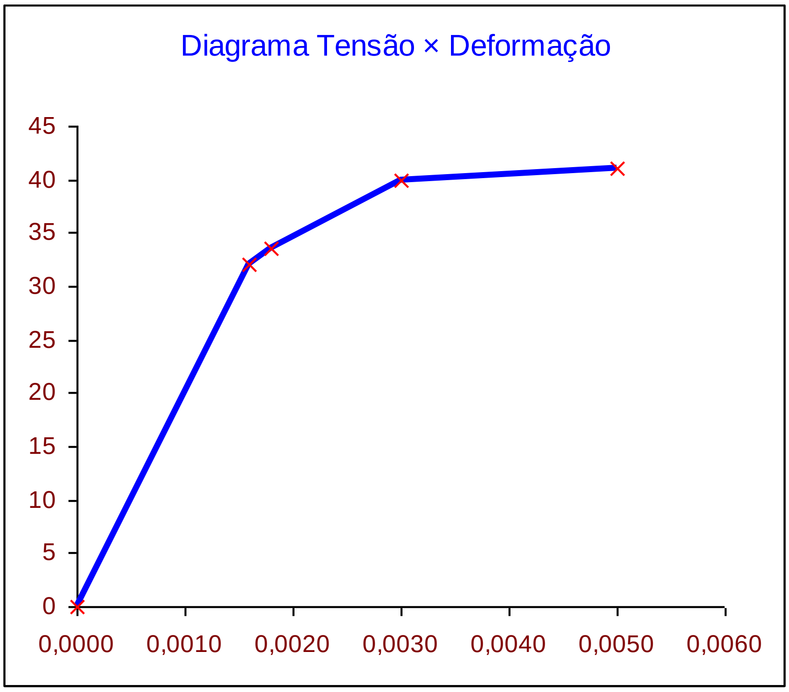
$$u_t = \frac{33{,}2\times 0{,}0006}{2} + \frac{0{,}0004}{2}\times(33{,}2+45{,}5) + \frac{0{,}0004}{2}\times(45{,}5+49{,}4) +$$
$$\frac{0{,}0004}{2}\times(49{,}4+51{,}5) + \frac{0{,}0004}{2}\times(51{,}5+53{,}4) = 0{,}08584\ \text{ksi} = 85{,}84\ \text{psi}$$

Resposta:. O módulo de tenacidade = **85,8 psi**.

3.4 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.

σ (ksi)	ϵ (pol/pol)
0	0
32,0	0,0016
33,5	0,0018
40,0	0,0030
41,2	0,0050

Solução:



O módulo de elasticidade é a tangente do ângulo entre a reta inicial e o eixo das deformações (abscissa). O módulo de resiliência é a área sob essa reta inicial.

$$E = \frac{32}{0{,}0016} = 20000 \text{ ksi}$$

$$u_r = \frac{32 \times 0{,}0016}{2} = 0{,}0256 \text{ ksi} = 25{,}6 \text{ psi}$$

Resposta:. O Módulo de elasticidade = **$20{,}0\times10^3$ ksi**, e o módulo de resiliência = **25,6 psi**.

2008-1) Um ensaio de tração foi executado em um corpo-de-prova com um diâmetro original de 13mm e um comprimento nominal de 50mm. Os resultados do ensaio até a ruptura estão listados na tabela ao lado. Faça o gráfico do diagrama tensão-deformação e determine aproximadamente o módulo de elasticidade, a tensão de escoamento, a tensão última, a tensão de ruptura, o módulo de resiliência e tenacidade.

Carga (kN)	δ (mm)
0,0	0,00
53,5	0,13
53,5	0,20
53,5	0,51
75,3	1,02
90,7	2,54
97,5	7,11
88,5	10,2

Solução:

A coluna da carga (1 kN = 1000 N) deve ser dividida pela área da seção transversal do corpo-de-prova:

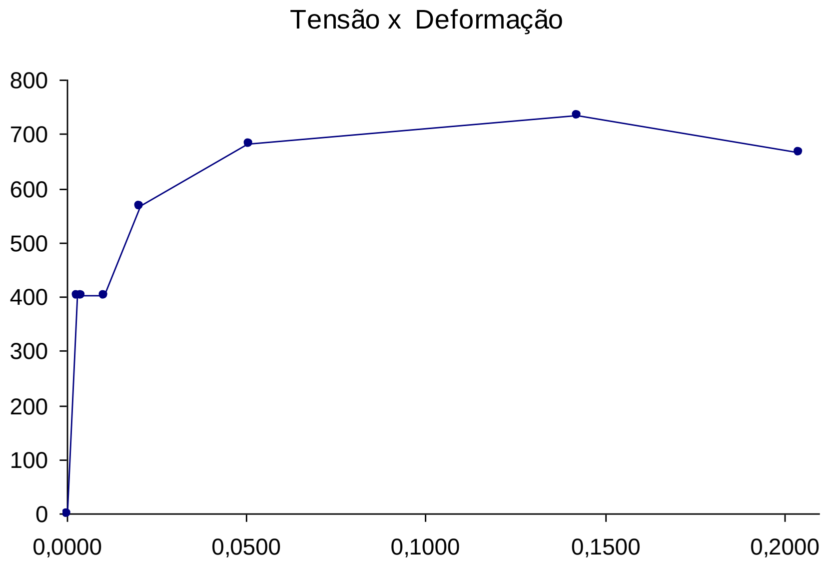
$$A = \frac{\pi \times (13\text{mm})^2}{4} = 132{,}7323\ \text{mm}^2$$

A coluna do alongamento δ deve ser dividida pelo comprimento nominal do corpo-de-prova:

$L_i = 50$ mm

Assim temos uma nova tabela:

ε (mm/mm)	σ (MPa)
0,0000	0,0
0,0026	403,1
0,0040	403,1
0,0102	403,1
0,0204	567,3
0,0508	683,3
0,1422	734,6
0,2040	666,8



Módulo de Elasticidade E:

$$E = \frac{403{,}1\ \text{MPa}}{0{,}0026} = 155026\ \text{MPa} = 155\ \text{GPa}$$

Módulo de Resiliência u_r:

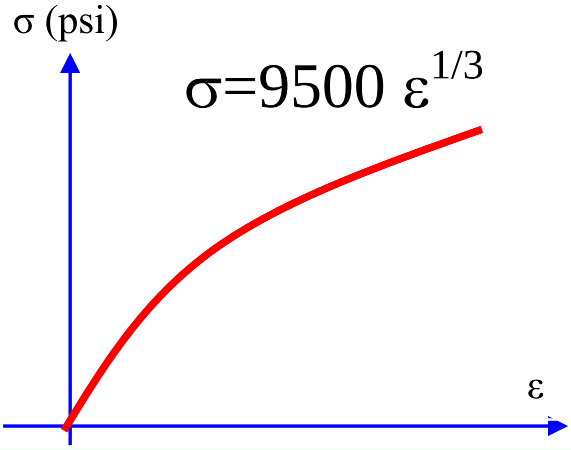
$$u_r = \frac{0{,}0026 \times 403{,}1\ \text{MPa}}{2} = 0{,}524\ \text{MPa} = 524\ \text{kPa}$$

Utilizando-se a regra dos trapézios (soma de trapézios sob a curva tensão x deformação) temos o Módulo de Tenacidade: $u_t = 135{,}6\ \text{MPa}$

Resposta:

Módulo de Elasticidade =	**155 GPa**	Tensão de Escoamento =	**403 MPa**
Módulo de Resiliência =	**524 kPa**	Tensão Última (Max) =	**735 MPa**
Módulo de Tenacidade =	**136 MPa**	Tensão de Ruptura =	**667 MPa**

2008-2) O diagrama tensão x deformação mostrado na figura refere-se a um plástico. Determine o alongamento de uma barra com 3 pés de comprimento e área de seção transversal de 0,875 pol^2 se ela é fabricada com este material e submetida a uma carga axial de 2,5 kip. Calcule o Módulo de Tenacidade se o plástico vai a ruptura sob a tensão de 3 ksi.



Solução:

$$\sigma = 9500\,\varepsilon^{1/3} \Rightarrow \varepsilon = \left(\frac{\sigma}{9500}\right)^3 \Rightarrow \varepsilon = \left(\frac{\sigma}{9500}\right)^3$$

Mas,

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{2500\ \text{lbf}}{0{,}875\ \text{in}^2} = 2857{,}143\ \text{psi}$$

Então:

$$\varepsilon = \left(\frac{2857{,}143}{9500}\right)^3 = 0{,}027204$$

Como:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \Rightarrow \delta = \varepsilon \times L$$

Onde L = 3 pés = 36 pol

Assim,

$$\delta = 0{,}027204 \times 36$$

$$\therefore \delta = 0{,}979\ \text{pol}$$

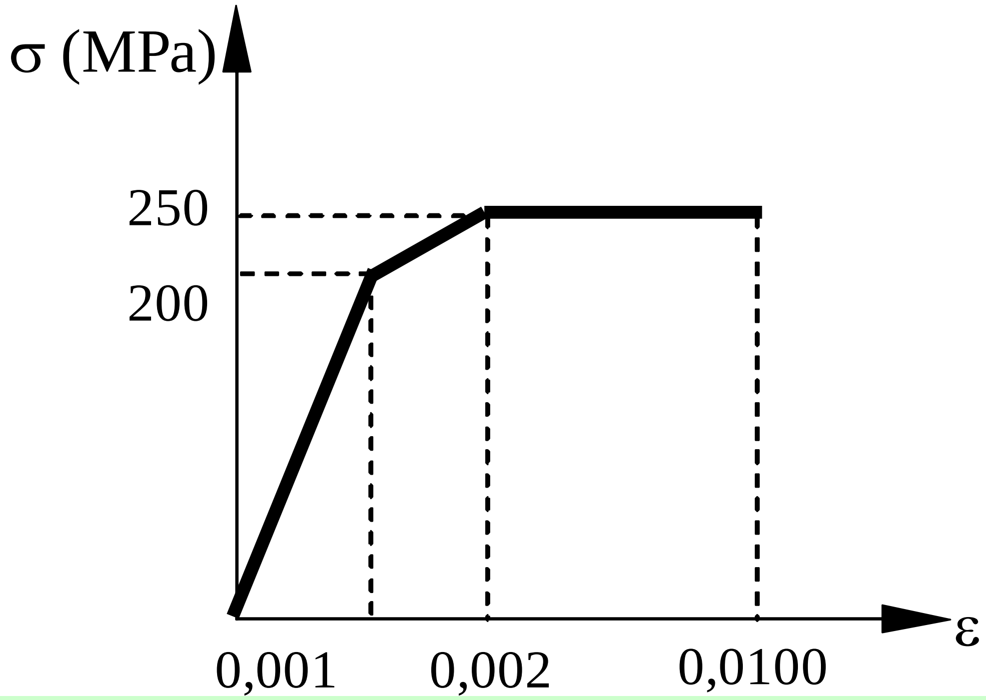
Módulo de Tenacidade

$$\varepsilon_{rup} = \left(\frac{3000}{9500}\right)^3 = 0{,}0314915$$

$$u_t = \int_0^{\varepsilon_{rup}} 9500\varepsilon^{1/3} d\varepsilon = 9500 \left.\frac{\varepsilon^{4/3}}{4/3}\right|_0^{\varepsilon_{rup}} = 9500 \frac{\varepsilon_{rup}^{4/3}}{4/3} = 9500 \frac{(0{,}0314915)^{4/3}}{4/3} = 70{,}9\ \text{psi}$$

Resposta: O alongamento da barra com 3 pés (36 pol) de comprimento será de **0,979 pol** e o módulo de tenacidade = **70,9 psi**.

2008-3) Calcule o alongamento de um tubo de comprimento de 8,0 m, quando sujeito a uma tensão de tração de 225 MPa. O material desse tubo é visto no diagrama tensão versus deformação ao lado. Calcule, também, os módulos de elasticidade, resiliência e tenacidade desse material.



Solução:

Módulo de Elasticidade

$$E = \text{tg}\,\alpha = \frac{200}{0{,}001} = 200000\,\text{MPa} = 200\text{ GPa}$$

Módulo de Resiliência

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

Módulo de Tenacidade

$$u_t = \frac{0{,}001 \times 200}{2} + \frac{(0{,}002 - 0{,}001)}{2} \times (200 + 250) + (0{,}010 - 0{,}002) \times 250 = 2{,}325\,\text{MPa}$$

Para uma tensão de 225 MPa temos uma deformação ε=0,0015, como visto no diagrama. Assim:

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

$$\therefore \delta = 12\text{ mm}$$

Resposta: O alongamento do tubo de 8000 mm é de **12 mm**. Os Módulos de Elasticidade, Resiliência e Tenacidade são: **200 GPa**, **100 kPa** e **2,33 MPa**, respectivamente.