

CIV 1111 – Sistemas Estruturais na Arquitetura I – 2012.2

Terceiro teste T3: *Ensaio de tração* – 14/set/2012

Solução:

(a) Diagrama Tensão-Deformação.

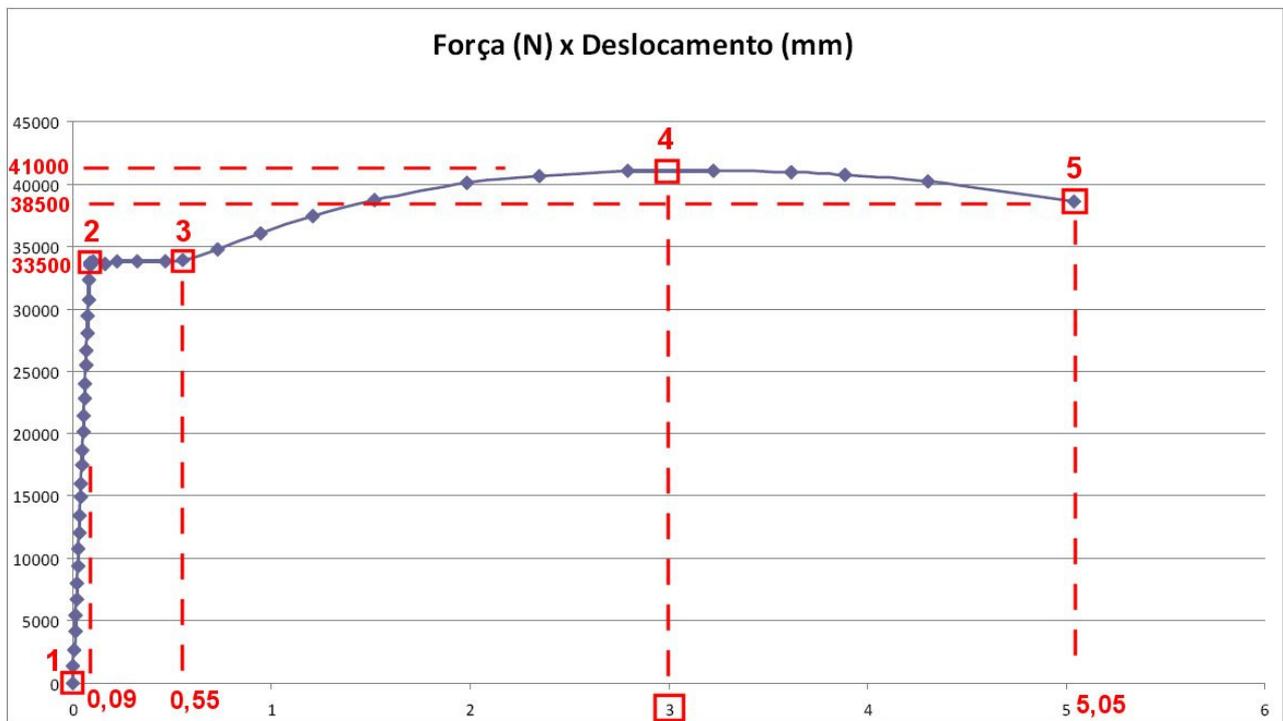
Área da seção transversal ($d = 8,25$ mm):

$$A = \frac{\Pi d^2}{4} = 53,4 \text{ mm}^2$$

Distância entre as hastes do “clip gage”:

$$L_0 = 28 \text{ mm}$$

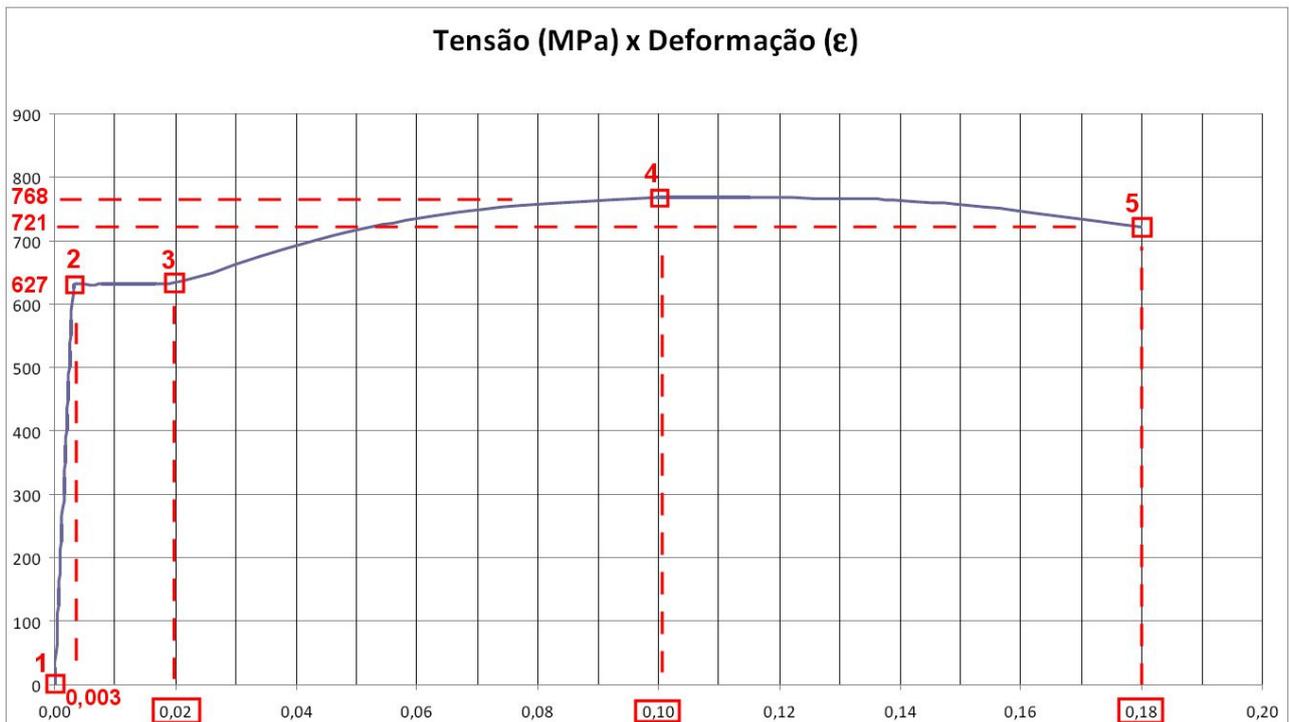
Cinco pontos notáveis no diagrama força-deslocamento:



Cálculo das deformações e tensões nos cinco pontos notáveis:

Deslocamento no ponto 1:	$\Delta = 0$ mm	\Rightarrow	Deformação no ponto 1:	$\epsilon = \Delta/L_0 = 0$
Força no ponto 1:	$F = 0$ N	\Rightarrow	Tensão no ponto 1:	$\sigma = F/A = 0$ MPa
Deslocamento no ponto 2:	$\Delta = 0,09$ mm	\Rightarrow	Deformação no ponto 2:	$\epsilon = \Delta/L_0 = 0,003$
Força no ponto 2:	$F = 33500$ N	\Rightarrow	Tensão no ponto 2:	$\sigma = F/A = 627$ MPa
Deslocamento no ponto 3:	$\Delta = 0,55$ mm	\Rightarrow	Deformação no ponto 3:	$\epsilon = \Delta/L_0 = 0,02$
Força no ponto 3:	$F = 33500$ N	\Rightarrow	Tensão no ponto 3:	$\sigma = F/A = 627$ MPa
Deslocamento no ponto 4:	$\Delta = 3,00$ mm	\Rightarrow	Deformação no ponto 4:	$\epsilon = \Delta/L_0 = 0,10$
Força no ponto 4:	$F = 41000$ N	\Rightarrow	Tensão no ponto 4:	$\sigma = F/A = 768$ MPa
Deslocamento no ponto 5:	$\Delta = 5,05$ mm	\Rightarrow	Deformação no ponto 5:	$\epsilon = \Delta/L_0 = 0,18$
Força no ponto 5:	$F = 38500$ N	\Rightarrow	Tensão no ponto 5:	$\sigma = F/A = 721$ MPa

Esboço do diagrama tensão-deformação:



(b) Módulo de elasticidade:

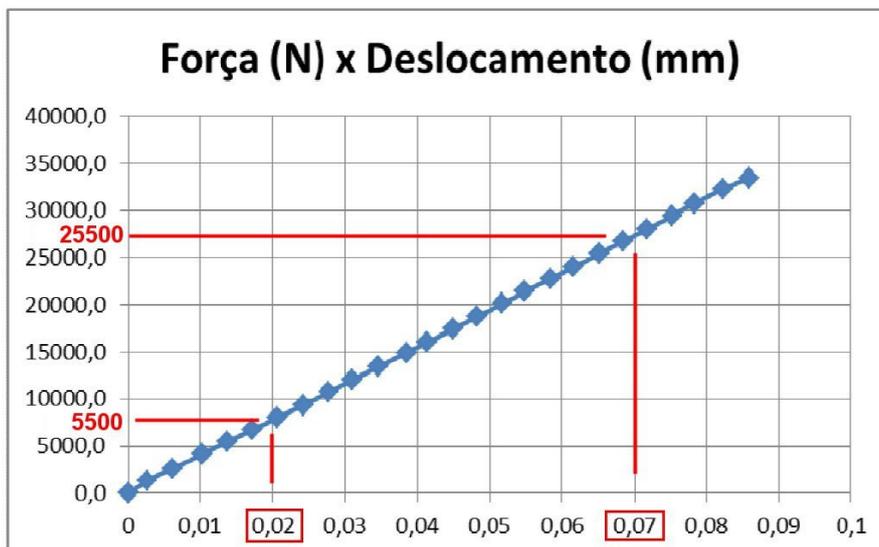
Estratégia:

- (1) Mede valores de força e deslocamento em dois pontos do trecho linear da curva força-deslocamento.
- (2) Calcula os valores de tensão e deformação nesses dois pontos.
- (3) Calcula o coeficiente angular da reta que passa pelos dois pontos no gráfico tensão-deformação.

Observação:

No ensaio de tração, no início do carregamento da barra, em geral ocorre uma acomodação da barra nas garras de fixação, o que provoca um pequeno deslizamento da barra. Por esse motivo, existe uma perturbação no trecho inicial da curva força-deslocamento. Para evitar essa perturbação, deve-se pegar como primeiro ponto na curva força-deslocamento um ponto fora da origem (0,0).

(1) Valores de força e deslocamento em dois pontos do trecho linear da curva força-deslocamento



(2) Valores de tensão e deformação nesses dois pontos.

Deslocamento (alongamento) e força no primeiro ponto:

$$\Delta_1 = 0,02 \text{ mm} \quad F_1 = 5500 \text{ N}$$

Tensão correspondendo a $F_1 = 5500 \text{ N}$:

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A} = 103 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 103 \text{ MPa}$$

Deformação correspondendo a $\Delta_1 = 0,02 \text{ mm}$:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta_1}{L_0} = 0,0007$$

Deslocamento (alongamento) e força no segundo ponto:

$$\Delta_2 = 0,07 \text{ mm} \quad F_2 = 25500 \text{ N}$$

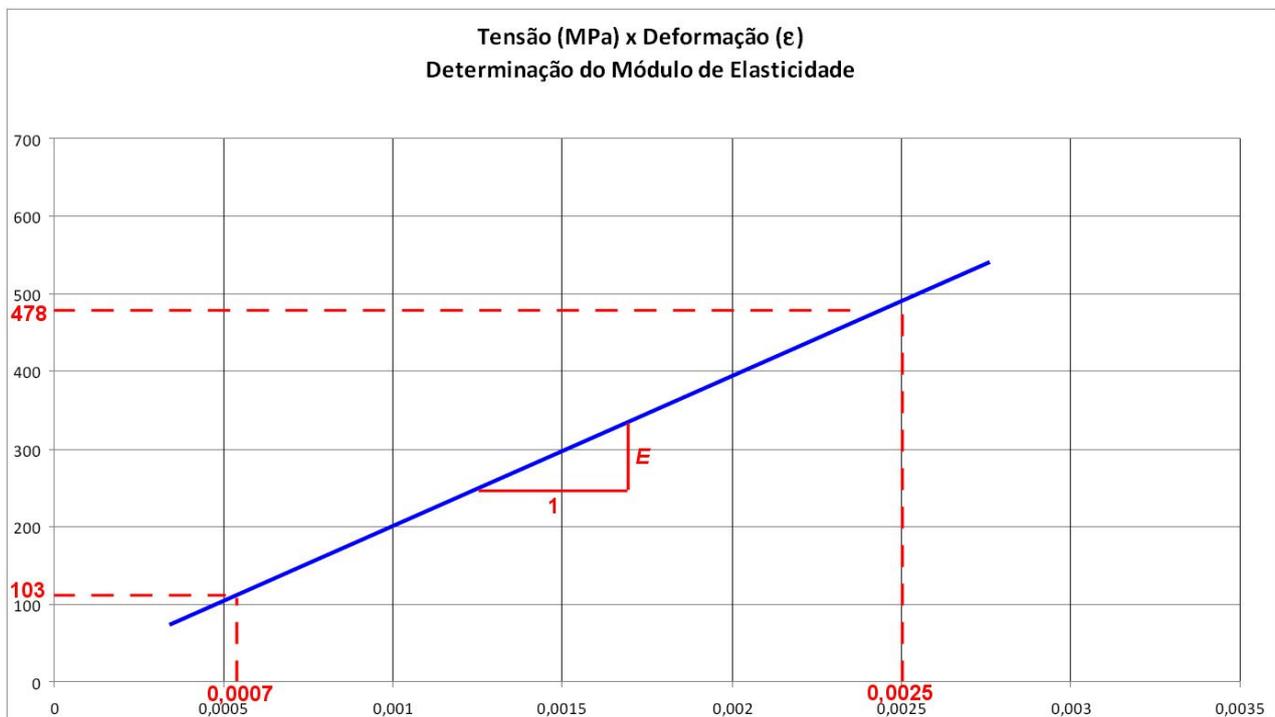
Tensão correspondendo a $F_2 = 25500 \text{ N}$:

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{A} = 478 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 478 \text{ MPa}$$

Deformação correspondendo a $\Delta_2 = 0,07 \text{ mm}$:

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta_2}{L_0} = 0,0025$$

(3) Coeficiente angular da reta que passa pelos dois pontos no gráfico tensão-deformação.



Módulo de Elasticidade (coeficiente angular da reta $\sigma \times \varepsilon$):

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = 208333 = 208 \times 10^{+3} \text{ MPa}$$

Observação: O valor do módulo de elasticidade obtido é aproximado, pois a precisão na leitura dos valores do gráfico é baixa. No ensaio de tração realizado, os valores de força e alongamento são medidos de forma muito mais precisa. Com base nesses valores mais precisos, o módulo de elasticidade calculado foi:

$$E = 204 \times 10^{+3} \text{ MPa}$$

(c) Tensão limite de escoamento do material:

Valor da força correspondente ao início do patamar de escoamento do gráfico força-alongamento (ponto 2 do item a):

$$F_E = 33500 \text{ N}$$

Tensão limite de escoamento do material:

$$\sigma_E = \frac{F_E}{A} = 627 \text{ MPa}$$

(d) Tensão limite de resistência do material:

Valor da força correspondente ao limite de resistência do gráfico força-alongamento (ponto 4 do item a):

$$F_r = 41000 \text{ N}$$

Tensão limite de resistência do material:

$$\sigma_r = \frac{F_r}{A} = 768 \text{ MPa}$$