

Nome: Igor Eiki Ferreira Kubota

RA: 19.02466-5

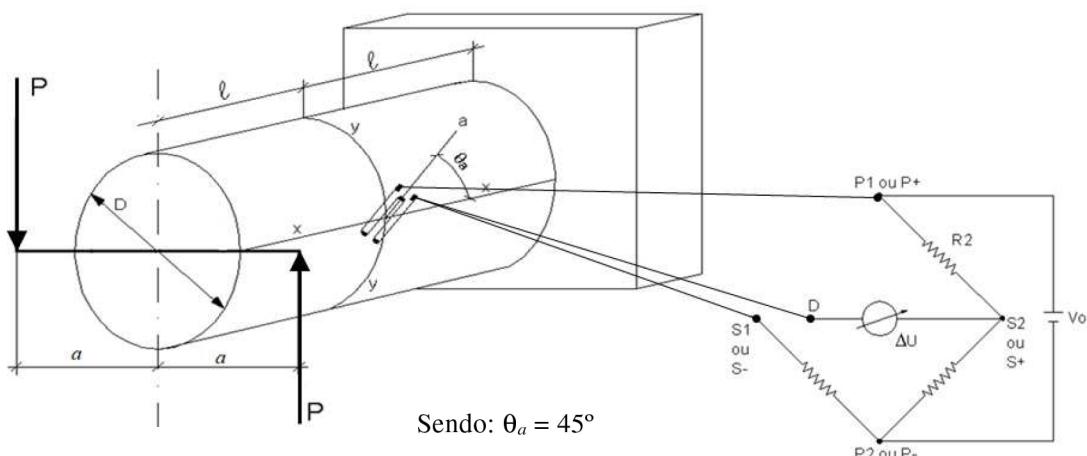
Experimento 3 – Análise analítica, experimental e numérica de um eixo sujeito a torção pura.

➤ **Visão geral do procedimento:**

- Fixação da estrutura no dispositivo.
- Carregar a estrutura.
- Ler e registrar a deformação específica obtida experimentalmente.
- Calcular a deformação específica analiticamente e comparar o erro.
- Simular a deformação específica numericamente por elementos finitos e comparar o erro.

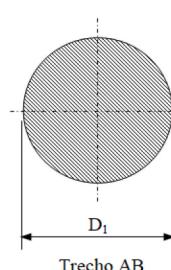
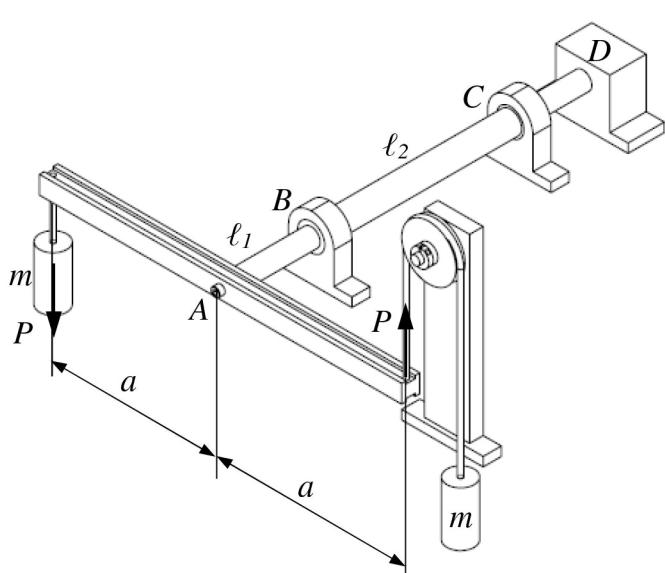
Parte 1 - Análise Experimental:

➤ Eixo sob torção pura – Esquema de 1/4 de ponte com 3 fios:



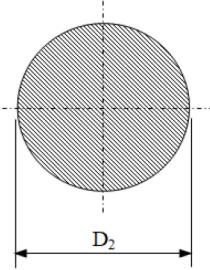
➤ Análise de deformações específicas

- ✓ **Etapa 1:** Procedimentos de aquisição de dados no laboratório



$$D_1 = 20 \text{ mm}$$

$$\ell_1 = 75 \text{ mm}$$



$$D_2 = 25 \text{ mm}$$

$$\ell_2 = 200 \text{ mm}$$

- Dados preliminares para coletar:

Estrutura:

Viga em balanço

Material da peça:

Liga de Alumínio 6061-T6

Extensômetro (SG):

PA-XX-125CX-350 L.

Indicador de deformações:

P3 (Micro-Measurements).

Relógio comparador:

Mitutoyo centesimal

$$a = 195 \text{ mm}$$

$$D_1 = 20 \text{ mm}$$

$$D_2 = 25 \text{ mm}$$

$$\ell_1 = 75 \text{ mm}$$

$$\ell_2 = 200 \text{ mm}$$

- Adotar:

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad E = 69.000 \text{ N/mm}^2 \quad \nu = 0,35 \quad \sigma_{\lim} = \sigma_{esc} = 255 \text{ N/mm}^2 \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

✓ **Etapa 2:** Procedimento de medição experimental

- A partir das massas m_1 , m_2 , e m_3 , calcular as cargas P_1 , P_2 e P_3 e os torques M_{t1} , M_{t2} e M_{t3} .
- Aplicar os torques M_{t1} , M_{t2} e M_{t3} e medir as deformações específicas ε_a (leitura à 45°)

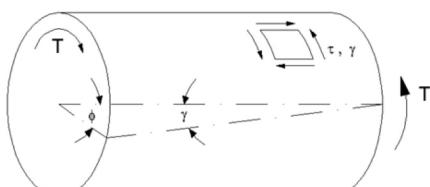
$$M_t = 2 \cdot P \cdot a$$

Massa m [kg]	Carga P [N]	Torque M _t [N.mm]	Deformação ε _a [μd]
$m_1 = 5,677$	$P_1 = 55,69$	$M_{t1} = 21719,10$	$\varepsilon_{a1} = 268$
$m_2 = 7,677$	$P_2 = 75,31$	$M_{t2} = 29370,90$	$\varepsilon_{a2} = 368$
$m_3 = 8,677$	$P_3 = 85,12$	$M_{t3} = 33196,80$	$\varepsilon_{a3} = 413$

✓ **Etapa 3:** Análise experimental a partir das leituras dos extensômetros:

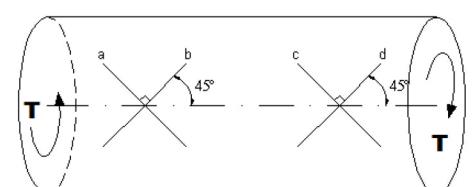
- Cálculo da distorção angular γ_{xy} a partir da deformação específica ε_a :

$$\varepsilon_a = \gamma_{xy} \cdot \sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ = 0,5 \cdot \gamma_{xy}$$



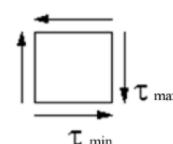
$$\text{Portanto: } \gamma_{xy} = 2 \cdot \varepsilon_a$$

Distorção γ _{xy} [μrad]
$\gamma_1 = 536$
$\gamma_2 = 736$
$\gamma_3 = 826$



- Cálculo da tensão de cisalhamento máxima τ_{max} a partir da Lei de Hooke para o cisalhamento: $\tau = G \cdot \gamma$

Tensão de Cisalhamento Experimental τ _{max} [MPa]
$\tau_{max1} = 13,70$
$\tau_{max2} = 18,81$
$\tau_{max3} = 21,11$



Parte 2: Análise teórica a partir do torque M_t aplicado na seção A:

- ✓ **Etapa 1:** Características geométricas da seção: Momento Polar de Inércia $I_p = \frac{\pi D^4}{32}$
- ✓ **Etapa 2:** Características geométricas da seção: Módulo de Resistência $W_t = \frac{I_p}{D/2} = \frac{\pi D^3}{16}$

Trecho do eixo	Momento Polar de Inércia I_p [mm ⁴]	Módulo de Resistência na Torção W_t [mm ³]
AB	$I_{pAB} = 15707,9$	$W_{tAB} = 1570,80$
BC	$I_{pBC} = 38349,5$	$W_{tBC} = 3067,96$

- ✓ **Etapa 3:** Tensão de cisalhamento máxima τ_{\max} na seção ℓ – posição do SG (strain gage).

Método Analítico de solução (Resistência dos Materiais):

$$\tau_{\max} = \frac{M_t \cdot D}{I_p \cdot 2} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot D^3}$$

Tensão de Cisalhamento Analítica AB τ_{\max} [MPa]	Tensão de Cisalhamento Analítica BC τ_{\max} [MPa]
$\tau_{\max AB1} = 13,83$	$\tau_{\max BC1} = 7,08$
$\tau_{\max AB2} = 18,70$	$\tau_{\max BC2} = 9,57$
$\tau_{\max AB3} = 21,13$	$\tau_{\max BC3} = 10,82$

Parte 3: Comparação dos resultados experimentais com os resultados analíticos

- Resultados dos erros calculados:

Tensão de Cisalhamento Experimental AB τ_{\max} [MPa]	Tensão de Cisalhamento Analítica AB τ_{\max} [MPa]	Erro [%]
$\tau_{\max AB1} = 13,70$	$\tau_{\max AB1} = 13,83$	0.94
$\tau_{\max AB2} = 18,81$	$\tau_{\max AB2} = 18,70$	0.58
$\tau_{\max AB3} = 21,11$	$\tau_{\max AB3} = 21,13$	0.09

Parte 4: Comparação dos resultados numéricos (simulação MEF) com os resultados analíticos

- Resultados dos erros calculados:

Tensão de Cisalhamento Numérica AB τ_{\max} [MPa]	Tensão de Cisalhamento Numérica BC τ_{\max} [MPa]	Erro AB [%]	Erro BC [%]
$\tau_{\max AB1} = 13,91$	$\tau_{\max BC1} = 7,11$	0.58	0.42
$\tau_{\max AB2} = 18,79$	$\tau_{\max BC2} = 9,57$	0.48	0.00
$\tau_{\max AB3} = 21,28$	$\tau_{\max BC3} = 10,78$	0.70	0.37