

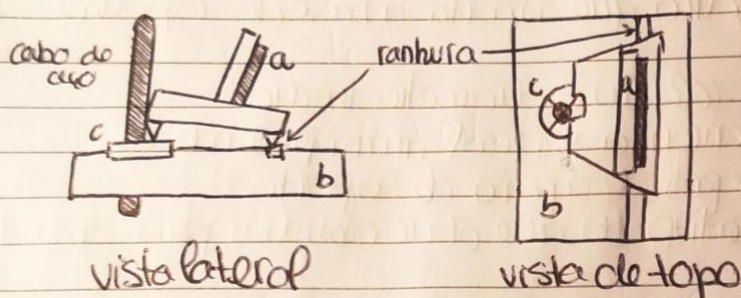
insuf

Beatriz Castro PL8 63
4B: comportamento mecânico do aço
28/3/22

Objetivos

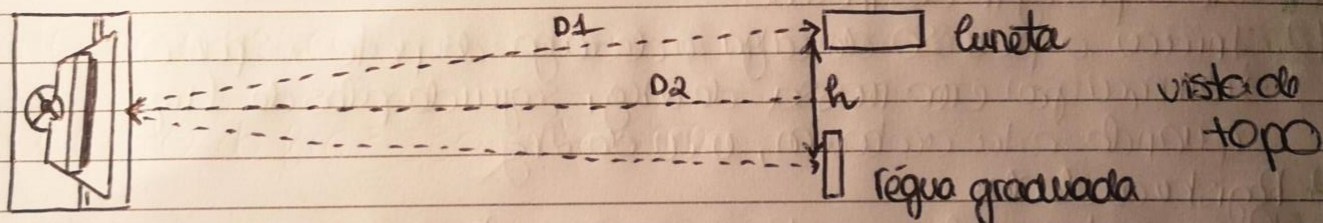
- Verificar a Lei de Hooke
- Verificar experimentalmente o comportamento elástico do aço
- Determinar o módulo de Young do em fio de aço

Plano de ação

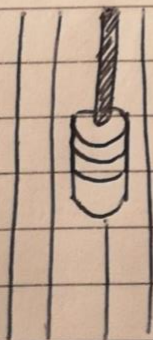


Espelho, a, apoiado sobre
plataforma, b, e garra, c,
através de pinos triangulares

1. Montar o esquema a cima representado



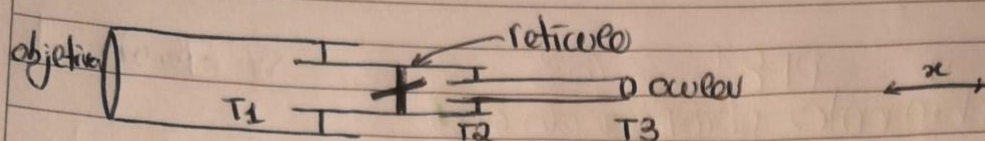
2. Colocar a luneta e régua a mais distante possível do plano do espelho
3. Rodar o suporte da luneta de modo a que consiga olhar para ela e ver a escala
4. Verificar que continua a ver a escala quando os pesos estão no fio



Representação, em perspectiva, do fio de aço com os pesos
Importante: os pesos não devem tocar no suporte

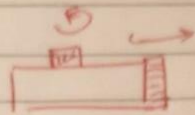
completar esquema

não completar!



5. Deslizar o suporte T3 de modo a ter o retículo centrado
→ atuar no parafuso lateral do luneta, focar bem a imagem
6. Medir D , usando um fio de nylon/fita métrica
→ evitar flexionar o fio
→ estimar o erro associado à determinação de D
7. Registrar o valor de L_0 , medido desde o ponto de suspensão do fio (ponto de encastramento no cilindro superior que está solidário com o fio) até a plataforma que suporta a base do espelho e é solidária com ele
8. Medir o diâmetro do fio, calcular o diâmetro médio
9. Garantir que o fio se encontra vertical, manipulando os parafusos existentes nos pés de apoio do suporte
→ fazer um esquema indicativo do que deve observar para garantir isso mesmo
10. Durante a execução, não abanar as bancadas
→ não usar como secretária ou apoio
11. Fazer a pesagem das massas
12. Iniciar o processo de carga e descarga do prato suspenso
→ começar por uma massa de 2 kg, seguida pelas de 1 kg; quando estas acabarem, usar de 2 kg
13. Registrar os dados
14. Representar graficamente m em função de d , para a carga e para a descarga, determinando a reta de ajuste
15. Identificar o fator de ampliação da alavanca ótica
16. Calcular os valores do módulo de Young do carga e da descarga e respetivos incertezas experimentais

Al Sal



representação da mola utilizada e os seus parâmetros para a experiência

Lei de Hooke

$$T = E \frac{\Delta L}{L_0} = E \lambda$$

$$\Delta L = L_{final} - L_0 \quad T = \frac{F}{S}$$

T → gráfico de tensão
 λ → deformação relativa

L_0 → comprimento inicial

S → área de secção reta do fio

F → força de tração

ΔL → deformação

distância $D = 450 \pm 10$

$2800,0 \pm 0,5 \text{ mm}$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

↓
ver tabela
de aceleração
gravítica

L_0 , distância do fio de suspensão

$2412,0 \pm 0,5 \text{ mm}$

diâmetro do fio

Dados apresentados em tabelas!

0,9900

$\pm 0,0005 \text{ mm}$

$\psi = 0,3010 \text{ mm}$

0,8150

0,9200

0,8550

0,9250

massas, $m_n \pm 0,1 \text{ g}$

$m_{13} = 1991,3$

$m_5 = 1001,4$

$m_6 = 996,4$

$m_7 = 999,6$

$m_8 = 997,5$

$m_9 = 1000,7$

$m_1 = 2005,7$

$m_{11} = 1998,3$

$m_{10} = 2003,7$

$m_{12} = 996,1$

$m_3 = 1002,8$

$m_4 = 1001,8$

$m_9 = 1000,7$

$m_{23} = 997,0$

ML Sp... on
5 min
5 min

Leide Hook

$$\text{eq.1} \quad F = \frac{E b \pi \gamma^2 d}{8 D l_0}$$

$$\text{eq.2} \quad E = \frac{8 l_0 D F}{b \pi \gamma^2 d}$$

F → força tensão

E → módulo de Young

b → comprimento dos apoios da plataforma

D → distância espelho - régua

l_0 → comprimento do fio (inicial)

γ → diâmetro do fio (média)

d → altura

Fator de ampliação $\frac{2D}{b}$

Análise

distância, D	$2800,0 \pm 0,5 \text{ mm}$	$2,8000 \pm 0,0005 \text{ m}$
distância do fio de suspensão, l_0		$2,4120 \pm 0,0005 \text{ m}$
diâmetro do fio, γ		$0,0009010 \pm 0,0000005 \text{ m}$
altura, d	$0,2050$	$\pm 0,00005 \text{ m}$
comprimento dos apoios da plataforma, b	$0,07420$	$\pm 0,00005 \text{ m}$

→ o valor de massa foi arredondado às unidades

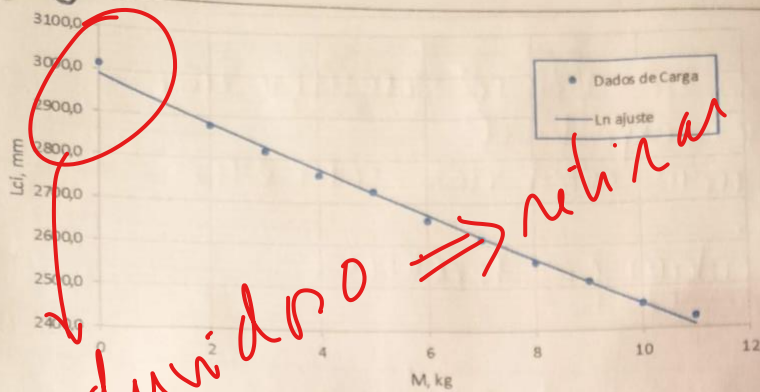
Carga

nºs das massas	M carga/kg	F carga/N	Lci/mm $\pm 0,5 \text{ mm}$	dci/mm	log(M)	log(Lci)	Ajuste	Resíduos
0	0	0	3015,0	0	0	8,01	2989,21	25,79
13	2	19,6	2880,0	135,0	0,69	7,97	2883,63	-3,63
13, 8	3	29,4	2820,0	60,0	1,10	7,94	2830,84	-10,84
13, 8, 7	4	39,2	2765,0	55,0	1,39	7,92	2778,05	-13,05
13, 8, 7, 6	5	49,1	2730,0	35,0	1,61	7,91	2725,26	4,74
13, 8, 7, 6, 5	6	58,9	2660,0	70,0	1,79	7,89	2672,47	-12,47
13, 8, 7, 6, 5, 12	7	68,7	2615,0	45,0	1,95	7,87	2619,68	-4,68
13, 8, 7, 6, 5, 12, 3	8	78,5	2560,0	55,0	2,08	7,85	2566,89	-6,89
13, 8, 7, 6, 5, 12, 3, 4	9	88,3	2515,0	45,0	2,20	7,83	2514,11	0,89
13, 8, 7, 6, 5, 12, 3, 4, 9	10	98,1	2460,0	55,0	2,30	7,81	2461,32	-1,32
13, 8, 7, 6, 5, 12, 3, 4, 9, 23	11	107,9	2430,0	585,0	2,40	7,80	2408,53	21,47

Descarga

nºs das massas	M descarga/kg	F descarga/N	Ldi/mm	ddi/mm	Log(M)	Log(Ldi)	Ajuste	Resíduos
13, 8, 7, 6, 5, 12, 3, 4, 9, 23	11	108	2430	-450	2,40	7,80	3560	1130
13, 8, 7, 6, 5, 12, 3, 4, 9	10	98,1	2475	-345	2,30	7,81	3508	1033
13, 8, 7, 6, 5, 12, 3, 4	9	88,3	2520	-245	2,20	7,83	3456	936
13, 8, 7, 6, 5, 12, 3	8	78,5	2560	-170	2,08	7,85	3404	844
13, 8, 7, 6, 5, 12	7	68,7	2615	-45	1,95	7,87	3352	737
13, 8, 7, 6, 5	6	58,9	2660	45	1,79	7,89	3300	640
13, 8, 7, 6	5	49,1	2710	150	1,61	7,90	3248	538
13, 8, 7	4	39,2	2760	245	1,39	7,92	3196	436
13, 8	3	29,4	2820	360	1,10	7,94	3144	324
13	2	19,6	2875	445	0,69	7,96	3092	217
0	0	0	3030	0	0	8,02	2988	-42

Carga

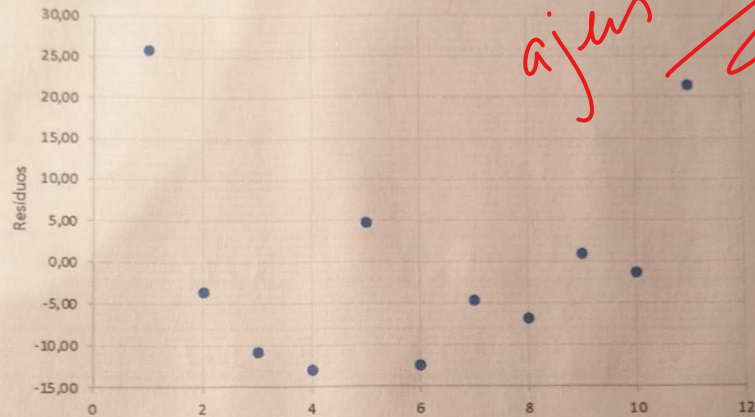


re hacer ajustes!

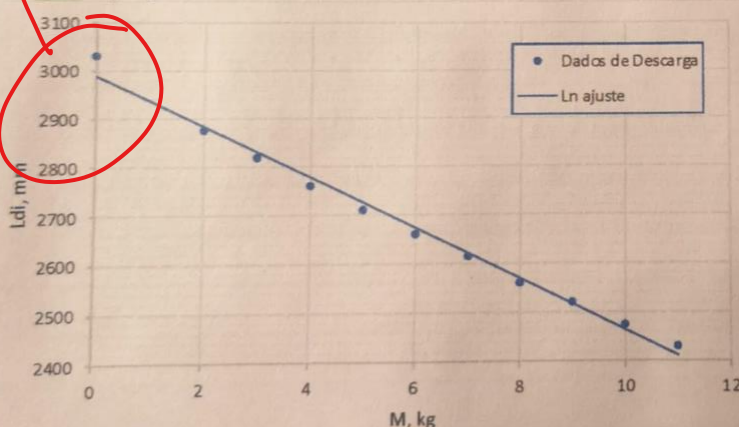
m	-53	2989	b
sm	1	8	sb
r^{**2}	0,995	13,65	residuos

~~ajustes errados!~~

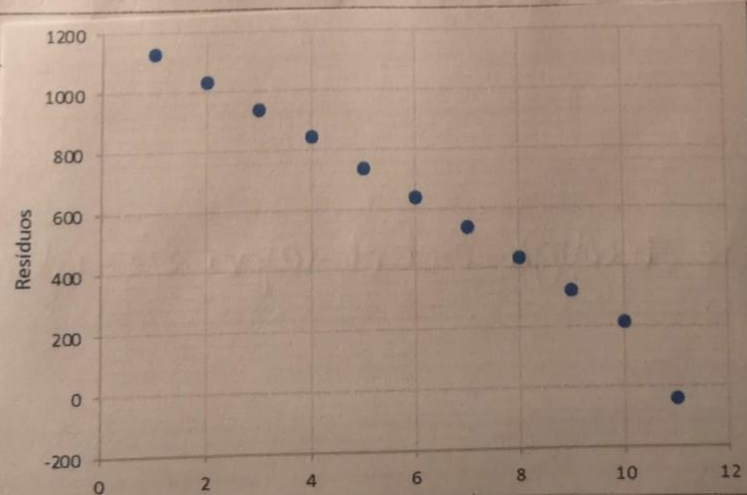
$M(d)$



Descarga

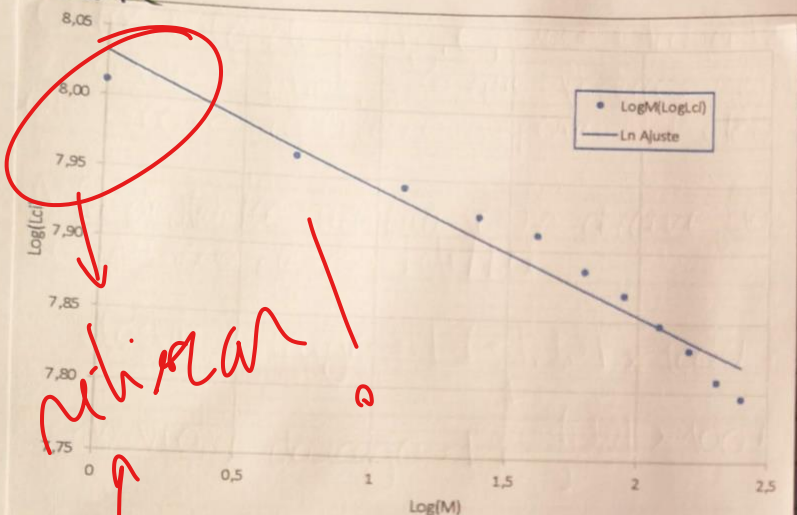


m	-52	2988	b
sm	2	12	sb
r^{**2}	0,990	19,18	residuos



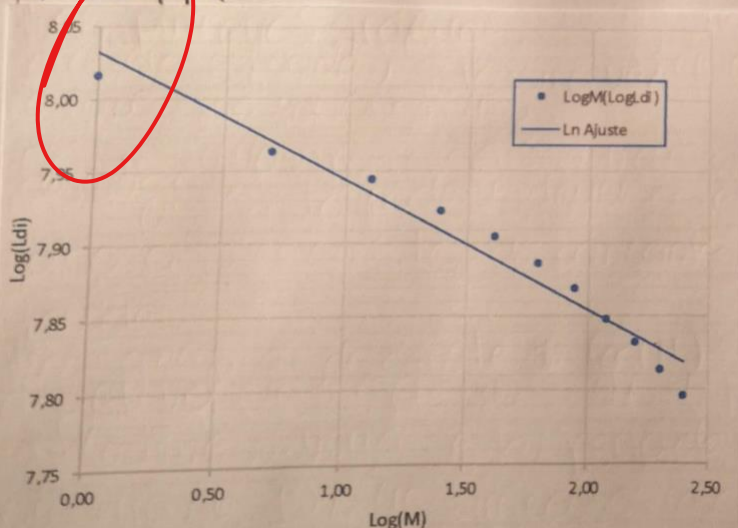
Os ajustes de carga e descarga, apesar de não serem iguais, são quase idênticos, o que era expectável. Os resíduos da carga são mais aleatórios, com uma certa tendência parabólica. Os resíduos da descarga apresentam uma tendência

Carga



m	-0,089	8,03	b
sm	0,007	0,01	sb
r**2	0,94	0,017	resíduos

Descarga



m	-0,089	8,03	b
sm	0,006	0,01	sb
r**2	0,96	0,01	resíduos

Mais uma vez, o ajuste de carga e de descarga são idênticos

- que info retira de $\log M$ ($\log d$)?
 \hookrightarrow o declive deve dar 1!

fator de ampliação

$$D^2 = \left(\frac{d}{a}\right)^2 + D_1^2$$

$$\Rightarrow D = \sqrt{\left(\frac{0,2050}{a}\right)^2 + 28000^2}$$

$$\Rightarrow D = 28000,0 \text{ m}$$

$$\frac{2D}{b} = \frac{2 \times 28000}{0,07420}$$

$$= 75,472$$

$$\mu(d^2) = \bar{d}^2 \sqrt{\left(\frac{0,0005}{\bar{d}}\right)^2 \times 2} = 0,00001$$

$$\mu(D_1^2) = \bar{D}_1^2 \sqrt{\left(\frac{0,0005}{\bar{D}_1}\right)^2 \times 2} = 0,00020$$

$$\mu(D) = \sqrt{(\mu(D_1^2))^2 + (\mu(d^2))^2} = 0,00002$$

$$\mu(F_a) = \sqrt{\left(\frac{\mu(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{\mu(b)}{b}\right)^2} = 0,00007$$

$$F_a = 75,47200 \pm 0,00007$$

$$e = \frac{8 l_0 D F}{b \pi \varphi^2 d}$$

$$= \frac{8 l_0 D}{b \pi \varphi^2} \cdot mg$$

$$\frac{1}{m} = \frac{k_i}{M} = \frac{F}{mg} \Rightarrow \frac{F}{d} = (m \times g)$$

$g \rightarrow$ aceleração gravítica

$$m = -53 \text{ mm/kg}$$

$$\frac{1}{m} = -\frac{1}{53} \text{ kg/mm} = \frac{-1}{53 \times 10^{-3}} \text{ kg/m}$$

$$e = \frac{8 l_0 D}{b \pi \varphi^2 g} \times \frac{-1}{53 \times 10^{-3}} = -349132420,4 \text{ N/m}^2$$

$$\mu(E) = E \sqrt{\left(\frac{\mu(l_0)}{l_0}\right)^2 + \left(\frac{\mu(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{\mu(b)}{b}\right)^2 + 2\left(\frac{\mu(\psi)}{\psi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2}$$

$$= -10377340,4$$

$$E = (-549132420,4 \pm 10377340,4) \text{ N/m}^2$$

$$\rightarrow \sim 5 \times 10^8$$

*cálculo errado
alg. signific.
errado!*

O módulo de Young, E , deve estar entre $1,9 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ e $2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, pois que podemos afirmar que deve ter ocorrido um erro na realização experimental e/ou na análise dos dados.

A lei de Hooke verifica-se no declive dos gráficos de $\log M$ em função de $\log L_{di}/L_{ci}$.

$$\text{desvio \% carga} = \frac{|1 - 1,12|}{1} \times 100\% = 12\%$$

$$\text{desvio \% descarga} = \frac{|1 - 1,12|}{1} \times 100\% = 12\%$$

*desv. melhor
se tiver
mais
dados*

Resultados finais?

conclusão / discussão

% diferença

Nos primeiros gráficos, os ajustes são praticamente lineares, como era esperado; isto uma vez que as forças que atuam no cabo são conservativas.

Os resíduos na carga são mais aleatórios do que na descarga; isto pode se dever a erros aleatórios tais como o oscilamento da bancada ou o cabo bater nas paredes.

Nos gráficos de ajuste de $\log(M)$ em função de $\log(L_{di}/L_{ci})$ o objetivo era comprovar a lei de Hooke. Para isto, o declive deveria estar perto de 1, tendo sido obtido um erro de 12%. em ambos os casos de carga e descarga chegamos à conclusão que o fator de ampliação da fonte é $75,47200 \pm 0,00007$.

O módulo de Young obtido não se encontra dentro dos valores esperados.