

Atribuição B4

MB

João Alberto Soberano Teixeira Fornés

Objetivos

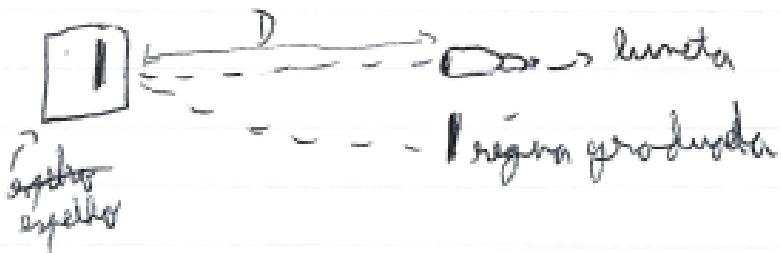
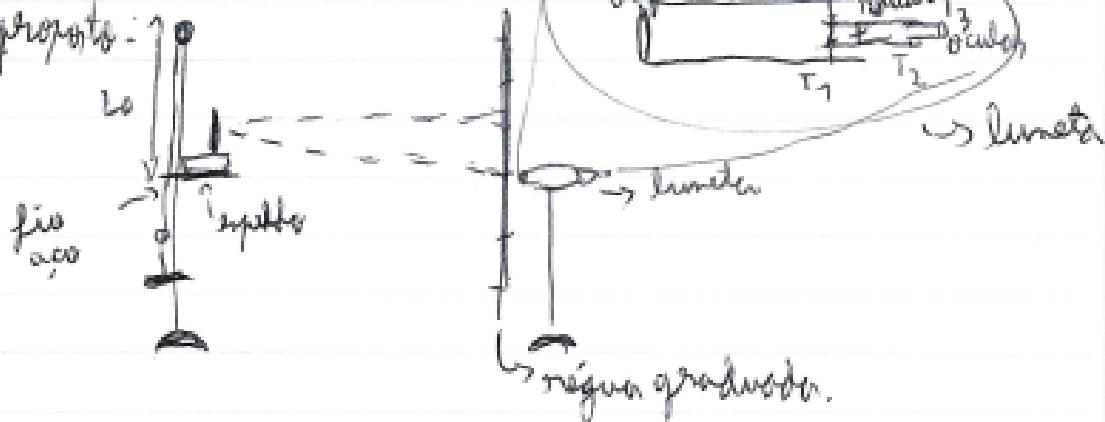
• Determinar o módulo de Young para a barra e de carga.

Verificação da lei de Hooke para os materiais, determinando

Verificação do comportamento elástico do aço.* O módulo de Young através dos pesos da

Determinação experimental do módulo de Young de um fio de aço através do método de observação ótica.

Esquema projeto:

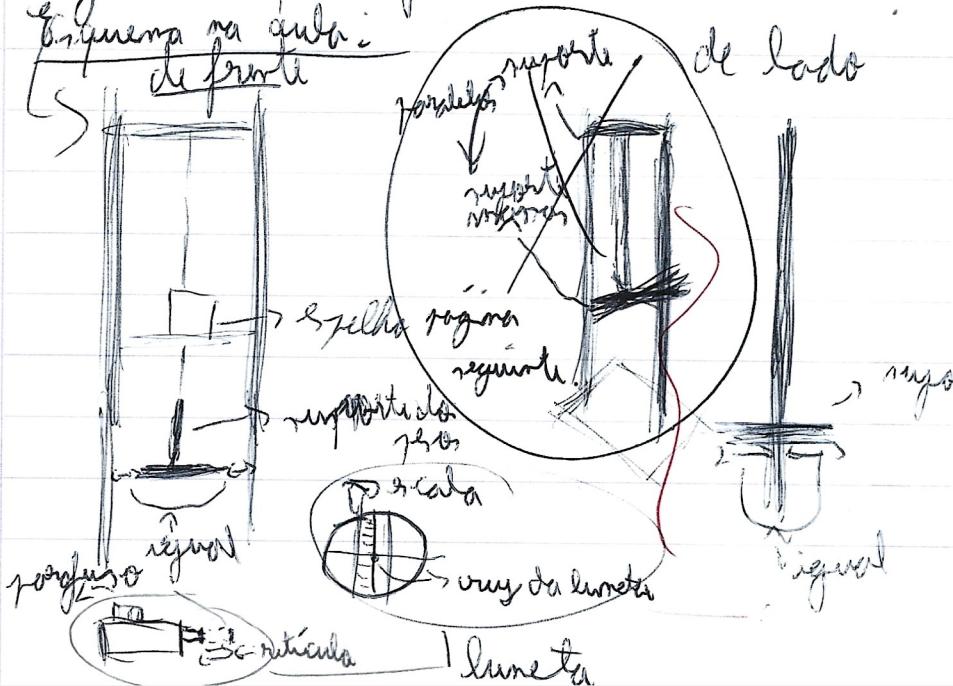


Plans de execução

- Posicionar cuidadosamente o espelho sobre a plataforma de suporte, com o pinos da frente colocados na ranhura e o de trás sobre a garra robusta com o cabo de aço (sem tocar no cabo)
- Posicionar o suporte da régua + luneta de modo a ditar o mesmo ângulo dos planos de espelhos para diminuir o ângulo que a luneta

~~o~~ negr o espelho fazem com o espelho e a régua.

- Rodar o suporte do espelho de modo a que se consiga ver a régua através da luneta.
 - Verificar que a régua continua visível pela luneta com todos os pesos juntos.
 - Socar a luneta, desligando o T_3 , ao longo do eixo da luneta e apertando o parafuso lateral.
 - Medir D cuidadosamente usando um fio de nylón e estendendo este fleti-lo de modo a evitar erros por diferença dos comprimentos da circunferência.
 - Medir o comprimento L_0 do fio com o fio de nylón.
 - Medir o diâmetro do fio em vários locais e calcular valor médio.
 - Pesar as massas e adicionar identificá-las pelo número.
 - Realizar o processo de carga, seguido de de descarga.
 - Registar os dados experimentais.
 - Representar m em função de d para a carga e descarga e determinar a reta de ajuste.
 - Calcular o módulo de Young E , identificando o fator de ampliação pela equação $m = E \frac{b(1 - \nu^2)}{8D^2 g} d$. Identificar o fator de ampliação b .
 - Desenhar resultados, no retículo, sobre a escala, através de traços contínuos.
 - Garantir que o fio se encontra vertical.



Exercícios experimental

Notamos que o fio está meio torto.

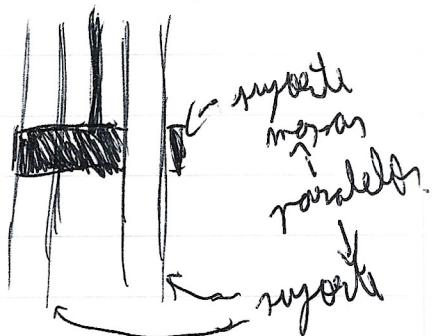
$$\text{distância } D = 258,40 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{l} \text{diâmetro fio: } 0,81 \text{ mm} \\ \quad \quad \quad 0,80 \\ \quad \quad \quad 0,81 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} L_0: \\ \text{Compr. fio (cm) } \pm 0,05 : 25,72,00 \\ \text{braço do balanço (mm) } \pm 0,1 : 25,3 \end{array}$$

Com o acréscimo dos pesos, verificou-se que o raio é menor de ficar vertical.

Análise dados



g/M Sat
raio é menor
MB

Obterámos dados

Depois de feita a carga, obtiveram-se os seguintes resultados:

Os valores das massas usadas foram os seguintes:

m_{pesos}/g (+/-0,1) Kg	
2006.2	2.0062
1003.1	1.0031
997.1	0.9971
1001.9	1.0019
1001.4	1.0014
996.4	0.9964
999.6	0.9996
997.7	0.9977
1000.8	1.0008
996.2	0.9962

A distância do fio
O valor da constante do fio em extensão é
 $d_0 = (28,60 \pm 0,05)$ mm na escala.

Depois de feita o ensaio de carga, obtiveram-se os seguintes dados:

nº	massa	m_{carga}/Kg	F_{carga}/N	L_{ci}/cm (+/-0,05)	d_{ci}/m (+/-0,05)	E-4)
1	2.0062	19.7	27.15	0.0145		
2	3.0093	29.5	26.70	0.0190		
3	4.0064	39.3	26.25	0.0235		
4	5.0083	49.1	25.70	0.0290		
5	6.0097	59.0	25.20	0.0340		
6	7.0061	68.7	24.70	0.0390		
7	8.0057	78.5	24.25	0.0435		
8	9.0034	88.3	23.85	0.0475		
9	10.0042	98.1	23.30	0.0530		
10	11.0004	107.9	22.80	0.0580		

d_{ci}/m	m_{carga}/kg	$m_{carga,aj}/kg$	Resíduos	$u(m_{carga})$
0.0145	2.0062	2.02	0.01	0.0001
0.0190	3.0093	2.95	-0.06	0.0001
0.0290	5.0083	5.01	0.00	0.0002
0.0340	6.0097	6.04	0.03	0.0002
0.0390	7.0061	7.07	0.07	0.0002
0.0435	8.0057	8.00	0.00	0.0003
0.0530	10.0042	9.96	-0.04	0.0003
0.0580	11.0004	10.99	-0.01	0.0003
0.0235	4.0064	3.88	-0.13	0.0002
0.0475	9.0034	8.83	-0.18	0.0003

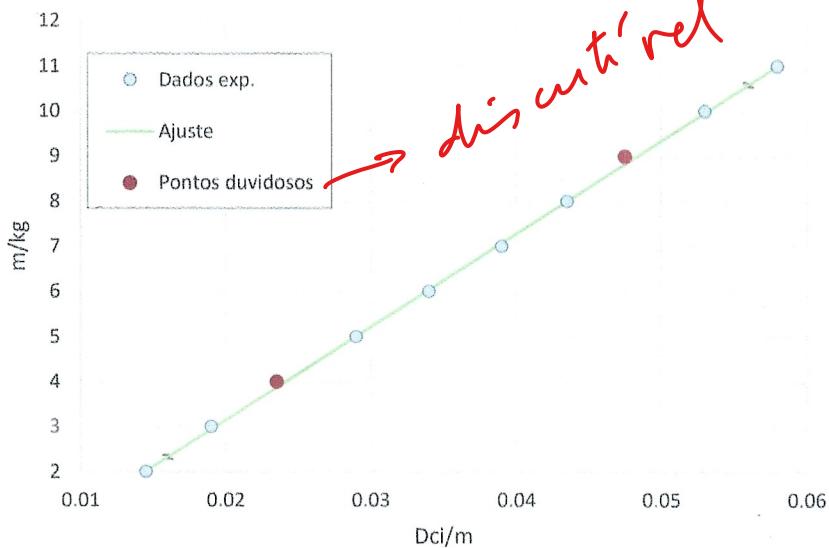
m	206	-0.97	y
σ_m	1	0.04	σ_y
r^2	0.9998	0.04	$\sigma_{y,aj}$

Como se vê, o ajuste linear é muito bom!

A dependência linear é visível.

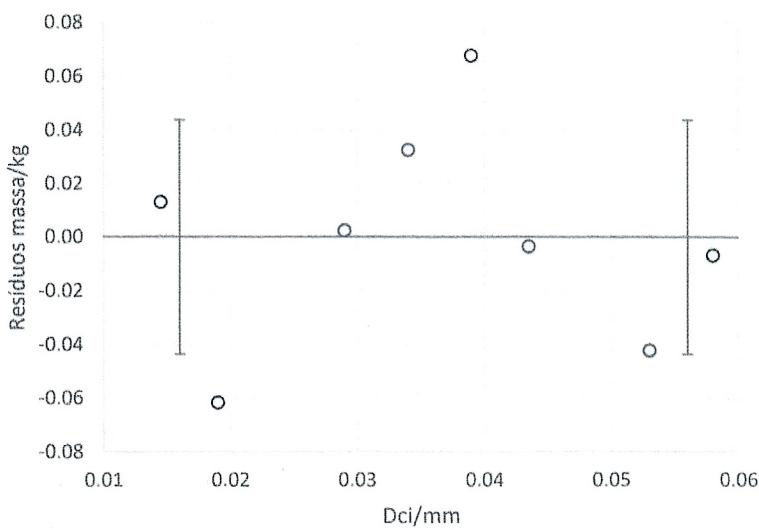
GRÁFIOS: MÁS DE
vêm as linhas de grelha
e de limites ← maior
contraste

Gráfico massa - deformação



As barras de incerteza experimental não são visíveis em nenhum dos graficos

Resíduos massa



As barras de erro do ajuste, todas visíveis, correspondem a um intervalo de confiança de 90%

Ponto que não faz parte da reta do ajuste é m = $\frac{E_c \pi \varphi^2}{8 D \log}$

$$\text{Tenha } E_c = \frac{8 D \log m_c}{\pi \varphi^2}$$

$$\text{Assim, } E_c = 7,93867 \times 10^{11} \text{ Nm}^2$$

$$\text{Quanto à incerteza, } \frac{\mu(E_c)}{E_c} = \frac{\mu^2(m)}{m^2} + \frac{\mu^2(D)}{D^2} + \frac{\mu^2(L_0)}{L_0^2} + \frac{\mu^2(b)}{b^2} + \frac{\mu^2(\varphi)}{\varphi^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\mu(E_c)}{E_c} = 2,52\% \text{ (incerteza relativa).}$$

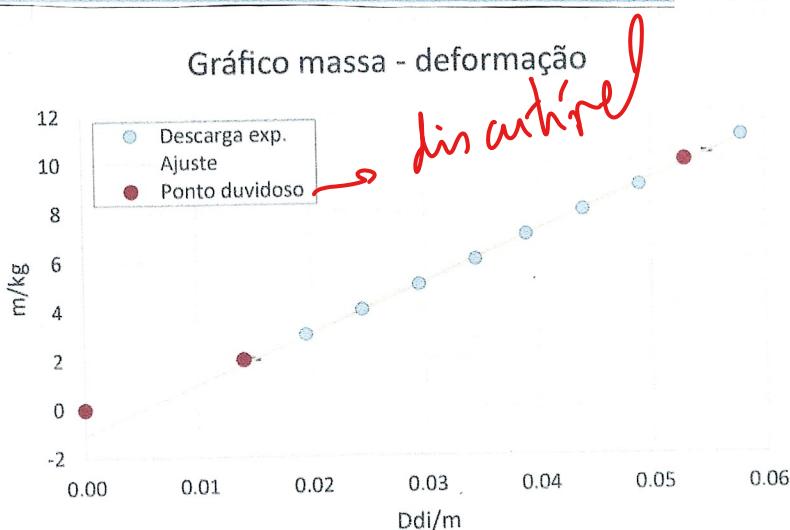
$$\text{O que dá } u(E_c) = E_c \cdot \frac{u(E_c)}{E_c} = 0,09 \times 10^{11} \text{ Nm}^2$$

$$E_c = (1,94 + 0,05) \times 10^{11} \text{ Nm}^2$$

Relativamente aos ensaios de descarga, obtiveram-se os seguintes resultados

Massas	$m_{\text{descarga}}/\text{kg}$	$F_{\text{descarga}}/\text{N}$	$L_{\text{di}}/\text{cm} (+/-0,05)$	$d_{\text{di}}/\text{m} (+/-0,005)$	$\epsilon_{\text{di}}/(\%)$
10	11.0004	107.9	22.80	0.0580	
9	10.0042	98.1	23.30	0.0530	
8	9.0034	88.3	23.70	0.0490	
7	8.0057	78.5	24.20	0.0440	
6	7.0061	68.7	24.70	0.0390	
5	6.0097	59.0	25.15	0.0345	
4	5.0083	49.1	25.65	0.0295	
3	4.0064	39.3	26.15	0.0245	
2	3.0093	29.5	26.65	0.0195	
1	2.0062	19.7	27.20	0.0140	
0	0.0000	0.0	28.60	0.0000	

Massas	$m_{\text{descarga}}/\text{kg}$	$m_{\text{descarga,a}}/\text{kg}$	Resíduos	$u(m)$
0.0580	11.0004	10.92	-0.08	0.0003
0.0490	9.0034	9.06	0.06	0.0003
0.0440	8.0057	8.03	0.02	0.0003
0.0390	7.0061	6.99	-0.01	0.0002
0.0345	6.0097	6.06	0.05	0.0002
0.0295	5.0083	5.03	0.02	0.0002
0.0245	4.0064	3.99	-0.01	0.0002
0.0195	3.0093	2.96	-0.05	0.0001
0.0530	10.0042	9.89	-0.11	0.0003
0.0140	2.0062	1.82	-0.19	0.0001
0.0000	0.0000	-1.08	-1.08	0.0000

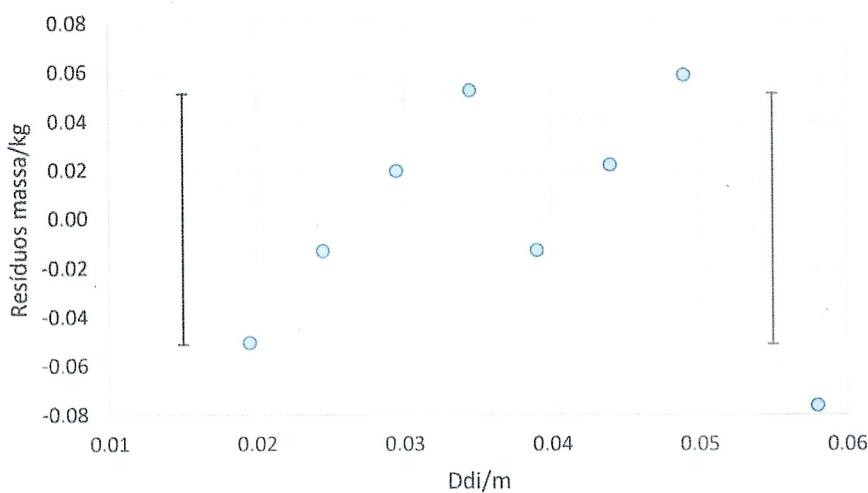


m	207	-1.08	y
σ_m	2	0.06	σ_y
r^2	0.9997	0.05	σ_{yaj}

As barras de incerteza experimentais, mais uma vez, não são visíveis.

As barras de erro do ajuste, representadas não de um intervalo de confiança de 50 %

Resíduos massa



Mais uma vez, está clara a dependência linear entre a tensão e a deformação.

Agora, podemos mais uma vez calcular o módulo de Young para a descarga.

$$E_{dy} = \frac{8D \log \frac{m}{m_0}}{\pi \varphi^2} \quad E_{dy} = 1,9481 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$

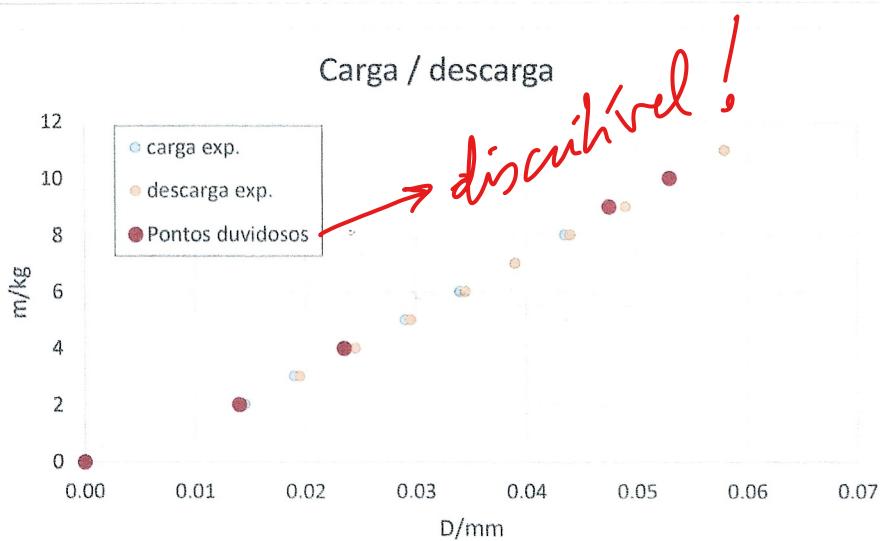
$$\frac{\mu(E_{dy})}{E_{dy}} = 2,66\% \text{ (incerteza relativa)}$$

$$\mu(E_{dy}) = 0,05 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$

$$E_{dy} = (1,95 \pm 0,05) \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$

Os valores coincidem (dentro do erro) tendo em conta a incerteza!

Em seguida estão representados os dados obtidos para a carga e descarga:



Como se vê, não há deformação permanente \Rightarrow competência elétrica.

quantifique: $\% \text{ dif } (E_c, E_d)$

Tendo em conta o método que utilizamos - alavanca ótica - podemos determinar o coeficiente de ampliação da balança ótica.

$$\text{Cargl} = \frac{2D}{b}$$

$$\text{Cargl} = 68,6487$$

$$\frac{\mu(\text{Cargl})}{\text{Cargl}} = \frac{\mu(D)}{D^2} + \frac{\mu^2(b)}{b^2} \Rightarrow \frac{\mu(\text{Cargl})}{\text{Cargl}} = 0,13\% \text{ (incerteza relativa)}$$

$$\mu(\text{Cargl}) = 0,09$$

$$\text{Cargl} = 68,66 \pm 0,09$$

Resultados finais:

Módulo de Young do fio para carga: $E_c = (1,94 \pm 0,05) \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$
incerteza relativa de 2,62%

Módulo de Young do fio para a descarga: $E_{dc} = (1,95 \pm 0,05) \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$
incerteza relativa de 2,66%. Diferença entre módulos de $0,01 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$, 0,51% relativamente a E_{dc}

Relativamente ao erro, apenas sabemos que ~~está~~ E está entre $(1,9 - 2,0) \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$. Os valores estão dentro desse intervalo.

Total de ampliação da balança ótica: $\text{Cargl} = 68,66 \pm 0,09$
incerteza relativa de 0,13%

Para esta grandeza não há valor de referência, logo, não é possível determinar o erro.

Comportamento clínico: qualificado?

Conclusão

- Pela qualidade dos ajustes, $r_e^2 = 0,9998$ e $r_{de}^2 = 0,9997$, está clara a ~~o comportamento linear~~, ou seja, está clara a prevalência da lei de Hooke para a gama experimental em estudo.

→ **quantificação: se com o dedire (n 1) de $\log m / \log d$**

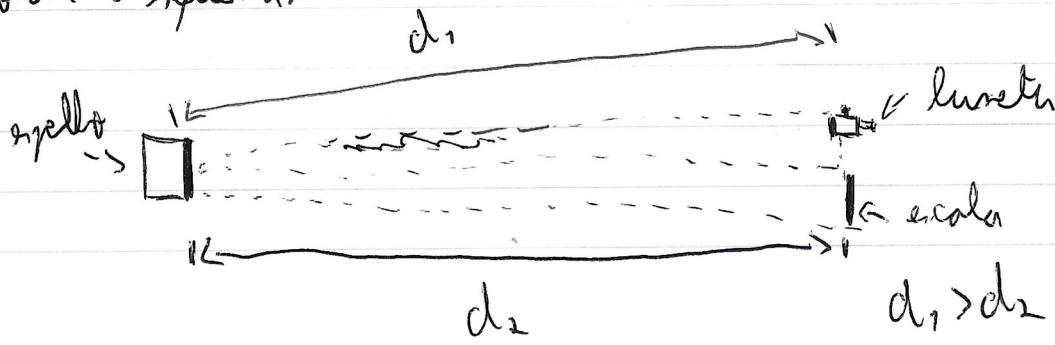
- Por comparação dos módulos de Young, $E_c = (1,94 \pm 0,09) \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ com incerteza relativa de 2,92% e $E_{de} = (1,95 \pm 0,09) \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ com incerteza relativa de 2,66%, está clara o comportamento plástico do fio no na gama experimental estudada.

*Respostas
comentários* → Relativamente às questões propostas no relatório, aqui estão algumas propostas de resposta:

- O suporte da escala + luneta deve distar o máximo possível do espelho porque, como a luneta e a escala distam entre si, o ângulo α não é dado por $\alpha = \arctan \frac{d}{2D}$, devido ao ângulo que a reta espelho-luneta faz com a reta espelho-escala. No entanto, quanto menor for a distância entre a luneta e a escala, melhor será a aproximação $\alpha = \arctan \frac{d}{2D}$.

- Deve-se evitar a flexão do fio/fita porque, para curvas, o valor medido terá um erro associado, sendo este por defeito ou por excesso, dependendo do lado da curva que se está a medir.

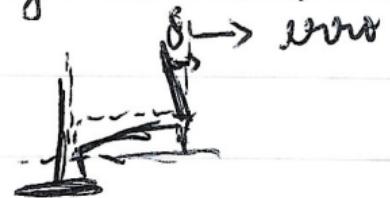
- Tal como referido anteriormente, o espelho, a luneta e a escala formam um grande triângulo. Por isso, os valores medidos irão diferir conforme a esquerda:



F

F

* Se vanta mais cargo tiver o fio, mais inclinado estará o espelho, o que também indica um erro.



- Utilizou-se primeiro uma massa de 2kg porque o fio se encontrava relativamente encravado, o que ~~induz~~ indica um erro.