

**RELATÓRIO EXPERIMENTO 4 (SEMANA 2)**  
**por Ricardo Rocha, Rafael Augustus e Cláudio Nascimento**  
**Professor: Leonardo Cristiano Campos**

Gráfico e Tabela (equação da reta na descrição do gráfico)

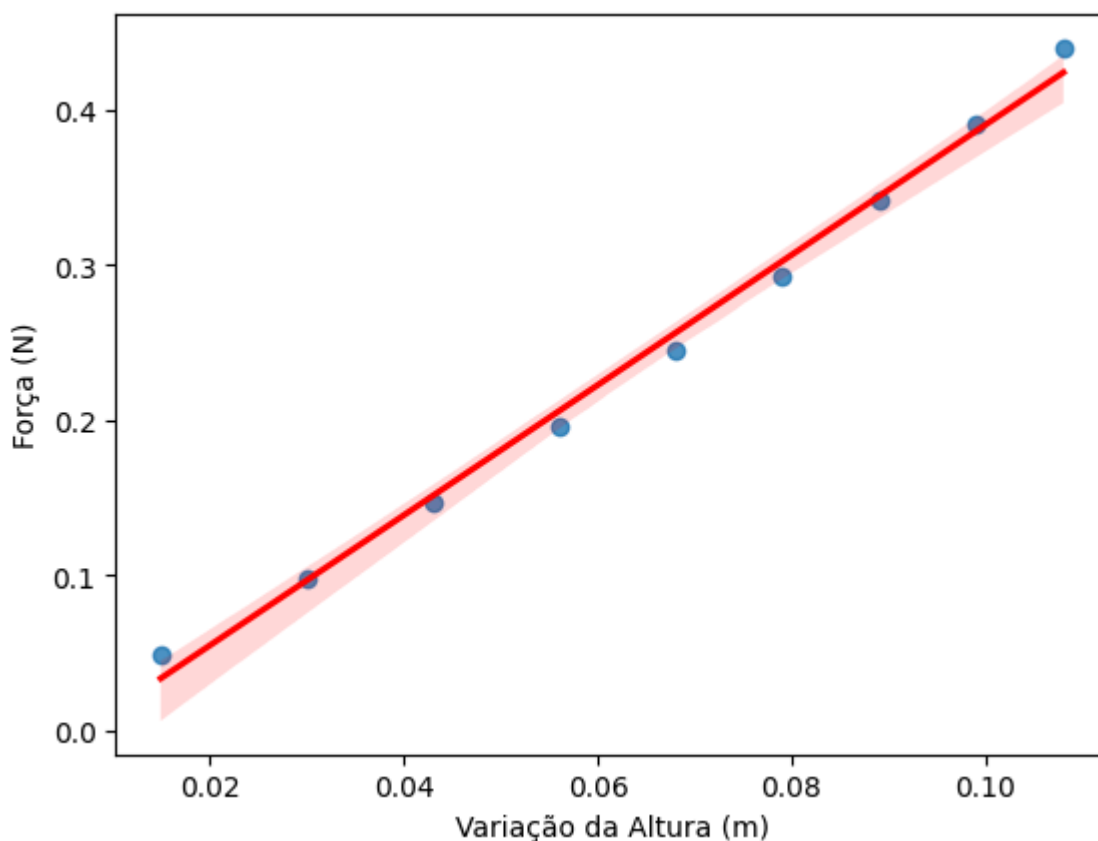


Imagem 1: Gráfico da Força (N) por Variação de Altura (m). Pode-se aproximar o resultado do gráfico pela equação  $F = (0,2371)*y + 0,0075$ . Fonte: Autoral, produzido em Python, equação obtida via Regressão Linear em Python com a biblioteca Scikit Learn (sklearn).

Nº	Força (N)	Variação da Altura (m)	Massa (Kg)
1	0.0489 ± 0,0490	0.015	0.005
2	0.0978 ± 0,0490	0.03	0.01
3	0.1467 ± 0,0490	0.043	0.015
4	0.1956 ± 0,0490	0.056	0.02
5	0.2445 ± 0,0490	0.068	0.025
6	0.2934 ± 0,0490	0.079	0.03
7	0.3423 ± 0,0490	0.089	0.035
8	0.3912 ± 0,0490	0.099	0.04
9	0.4401 ± 0,0490	0.108	0.045

Imagem 2: Tabela de dados. Fonte: Autoral, produzida em Python.

### Introdução e Equações

Utilizando uma haste de material metálico e passível de sofrer deformação elástica, aplicou-se uma força vertical ( $F$ ) em uma de suas extremidades enquanto a outra permanecia fixa. Observou-se então uma variação de altura ( $y$ ) na extremidade com o peso. Com base nas forças verticais e alturas medidas, foi possível determinar a constante de flexão ( $Kf$ ). Sabe-se que esta constante e o módulo de Young ( $E$ ) estão relacionadas e, com o restante das medidas da haste, foi possível estimar o valor deste módulo para o material apresentado. O módulo de Young depende apenas do material utilizado.

Isso é expresso pelas equações:

$Kf = \frac{F}{y}$  |  $Kf$  = constante de flexão (N/m),  $F$  = força vertical (mg),  $y$  = altura deslocada (m)

$E = \frac{Kf \cdot 4 \cdot x^3}{l \cdot e^3}$  |  $E$  = Módulo de Young (Pa),  $Kf$  = constante de flexão (N/m),  $x$  = comprimento da haste (m),  $l$  = largura da haste (m),  $e$  = espessura da haste (m)

### Objetivo

Medir a constante de flexão de uma haste metálica.

### Material utilizado

Haste, prendedor, suporte, objetos de massa ( $5,0 \pm 0,1$ )g e régua milimetrada.

### Procedimento

Após terem sido realizados as medições em laboratório da variação de altura por peso adicionado, realizaram-se os seguintes passos teóricos:

- 1) Utilizar a equação  $Kf = \frac{F}{y}$  para determinar a constante de flexão ( $F$  e  $y$  medidos experimentalmente).

- 2) Substituir a constante de flexão encontrada em  $E = \frac{Kf \cdot 4 \cdot x^3}{l \cdot e^3}$  ( $x$ ,  $l$  e  $e$  medidos experimentalmente) e determinar o Módulo de Young ( $E$ ).

### Cálculos Realizados

O cálculo da incerteza da força foi realizado mediante a seguinte fórmula:

$$\Delta F = \sqrt{((\partial F / \partial g) \cdot \Delta g)^2 + ((\partial F / \partial m) \cdot \Delta m)^2}$$

O resultado encontrado foi  $\pm 0,0490 \text{ N}$ .

O cálculo da incerteza do módulo de Young foi realizado mediante a seguinte fórmula:

$$\Delta E = \sqrt{((\partial E / \partial x) \cdot \Delta x)^2 + ((\partial E / \partial Kf) \cdot \Delta Kf)^2 + ((\partial E / \partial e) \cdot \Delta e)^2 + ((\partial E / \partial l) \cdot \Delta l)^2}$$

O resultado encontrado foi  $\pm 17494,2571 \text{ Pa}$ .

Os algarismos significativos foram estabelecidos da seguinte maneira:

- 3 algarismos significativos e 1 duvidoso após a vírgula para a força (por referência).
- 4 algarismos significativos e 1 duvidoso após a vírgula para as medidas de distância (pela precisão do paquímetro).
- Pela propagação da incerteza, a constante de flexão e o módulo de Young (em Pascal) possuem 3 algarismos significativos e 1 duvidoso após a vírgula.
- O módulo de Young apresentado abaixo está em GigaPascal, portanto terá precisão de 13 casas decimais (12 significativas e 1 duvidosa).

### Resultado e Conclusões

Chegou-se, experimentalmente, a uma constante de flexão de 3,6230 N/m e um módulo de Young do material de 76,5884297520661 GPa. Não se pode determinar ao certo um material em específico que compõe a haste neste caso, porém o módulo de Young não está muito distante do que seria esperado do alumínio (~70GPa). Caso o material seja alumínio, uma possível causa da discrepância é uma irregularidade na haste ou defeitos em sua constituição.

### Referências

[https://www.fisica.ufmg.br/ciclo-basico/wp-content/uploads/sites/4/2020/05/Deformacao\\_Elastica\\_de\\_uma\\_Haste.pdf](https://www.fisica.ufmg.br/ciclo-basico/wp-content/uploads/sites/4/2020/05/Deformacao_Elastica_de_uma_Haste.pdf)

“Modelo de trabalho a ser entregue - FIS Experimental”, Leonardo Campos

Notas de aula por Leonardo Campos, anotadas por Rafael Augustus

<https://github.com/RicardoRocha1/experimento4>