

| | | | | |
|--------|---------------------------------------|---|------------------|---------------|
| Nome: | <u>Bernardo Filipe Carneira Cozac</u> | Nº: | <u>9 0 2 4 2</u> | Classificação |
| Nome: | <u>Diogo Alexandre Botas Carvalho</u> | Nº: | <u>9 0 2 4 7</u> | |
| Nome: | <u>Diogo Coelho De Freitas</u> | Nº: | <u>9 0 1 4 7</u> | |
| Curso: | <u>LEI</u> | Turma: | <u>P L 5</u> | |
| Grupo: | <u>2</u> | Data de Realização: <u>20 /05 /2025</u> | | |

Ondas estacionárias numa corda

1. Objetivo da Experiência

Neste trabalho, estudámos como se formam ondas estacionárias numa corda esticada e como a frequência dessas vibrações depende de fatores como o modo de vibração, o comprimento da corda, a tensão e a densidade do material. O principal objetivo foi verificar se os resultados experimentais confirmam a fórmula teórica que descreve esse fenómeno.

2. Dados Experimentais

Incerteza da fita métrica: 0,5 (mm)

Incerteza do gerador: 0,1 (Hz)

2.1 – Frequência em função do modo

Parâmetros fixos: $L = 1,200 \text{ m}$, $m = 300 \text{ g}$ e $\mu = 1,393 \times 10^{-3} \text{ Kg/m}$

| n | $f \text{ (Hz)}$ |
|-----|------------------|
| 1 | 19,0 |
| 2 | 38,0 |
| 3 | 58,0 |
| 4 | 77,4 |
| 5 | 97,0 |
| 6 | 116,8 |
| 7 | 137,8 |

2.2 – Frequência em função da tensão

Parâmetros fixos: $L = 1,200\text{ m}$ e $\mu = 1,393 \times 10^{-3}\text{ Kg/m}$

| $m(\text{g})$ | $f(\text{Hz})$ | $T(\text{N})$ | $\sqrt[3]{T} (\sqrt[3]{N})$ |
|---------------|----------------|---------------|-----------------------------|
| 100 | 11,3 | 1,029 | 1,01 |
| 150 | 13,6 | 1,519 | 1,23 |
| 200 | 15,6 | 2,009 | 1,42 |
| 250 | 17,4 | 2,499 | 1,58 |
| 300 | 19,0 | 2,989 | 1,73 |
| | | | |
| | | | |

2.3 – Frequência em função do comprimento

Parâmetros fixos: $m = 300\text{ g}$ e $\mu = 1,393 \times 10^{-3}\text{ Kg/m}$

| $L(\text{m})$ | $f(\text{Hz})$ | $1/L(1/\text{m})$ |
|---------------|----------------|-------------------|
| 1,2 | 19 | 0,83 |
| 1,0 | 23,3 | 1,00 |
| 0,8 | 31,5 | 1,25 |
| 0,6 | 38,8 | 1,66 |
| 0,4 | 64,1 | 2,50 |
| | | |
| | | |

2.4 – Frequência em função da tensão

Parâmetros fixos: $L = 1,200\text{ m}$ e $m = 300\text{ g}$

| $\mu(\text{kg/m})$ | $f(\text{Hz})$ | $\sqrt{(1/\mu)} (\sqrt{m/\text{Kg}})$ |
|------------------------|----------------|---------------------------------------|
| $3,853 \times 10^{-3}$ | 14,5 | 16,11 |
| $1,393 \times 10^{-3}$ | 19,0 | 26,79 |
| $9,443 \times 10^{-4}$ | 27,7 | 32,54 |
| $2,933 \times 10^{-4}$ | 41,0 | 58,39 |
| | | |

3. Cálculos

(Para calcular o declive experimental, escolhemos dois pontos no gráfico aleatoriamente e calculamos $a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$)

Cálculos de f em função de n

$$f_n = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \times n \quad a_n^t = \frac{1}{2 \times 1,2} \times \sqrt{\frac{(0,305 \times 9,8)}{1,393 \times 10^{-3}}} = 19,32 \quad a_n^e = \frac{116,8 - 38}{6 - 2} = 19,70$$

$$\text{Erro \%} = \left| \frac{19,43 - 19,32}{19,32} \right| \times 100 = 0,57\%$$

Cálculos de f em função de T

$$f_1 = \frac{1}{2L} \times \frac{1}{\sqrt{\mu}} \times \sqrt{T} \quad a_T^t = \frac{1}{2 \times 1,2} \times \frac{1}{\sqrt{1,393 \times 10^{-3}}} \quad a_T^e = \frac{18 - 12}{1,65 - 1,1} = 10,90$$

$$\text{Erro \%} = \left| \frac{10,90 - 11,16}{11,16} \right| \times 100 = 2,33\%$$

Cálculos de f em função de L

$$f_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \times \frac{1}{L} \quad a_L^t = \frac{1}{2} \times \sqrt{\frac{(0,305 \times 9,8)}{1,393 \times 10^{-3}}} = 23,16 \quad a_L^e = \frac{57,5 - 10}{2,25 - 0,5} = 27,14$$

$$\text{Erro \%} = \left| \frac{27,14 - 23,16}{23,16} \right| \times 100 = 17,18\%$$

Cálculos de f em função de μ

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{T} \times \frac{1}{\sqrt{\mu}} \quad a_\mu^t = \frac{1}{2 \times 1,2} \times \sqrt{(0,305 \times 9,8)} = 0,72 \quad a_\mu^e = \frac{32 - 8}{44 - 6} = 0,63$$

$$\text{Erro \%} = \left| \frac{0,632 - 0,72}{0,72} \right| \times 100 = 12,20\%$$

3.1 Quadro resumo dos resultados

| | a teórico | a experimental | Erro percentual |
|----------------------|-----------|----------------|-----------------|
| f em função de n | 19,32 | 19,43 | 0,57% |
| f em função de T | 11,16 | 10,90 | 2,33% |
| f em função de L | 23,16 | 27,14 | 17,18% |
| f em função de μ | 0,72 | 0,63 | 12,20% |

4 Gráficos

Anexar no final duas folhas de papel milimétrio com os 4 gráficos

Gráfico de f_n em função de n

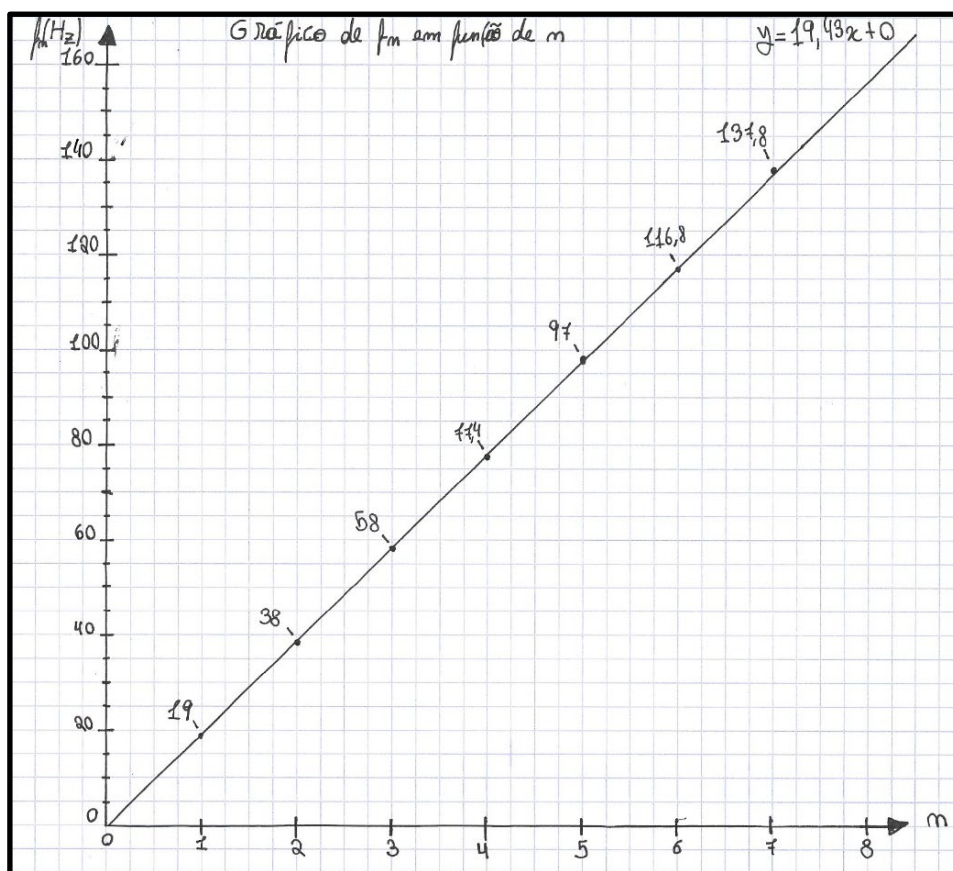


Gráfico de f_1 em função de \sqrt{T}

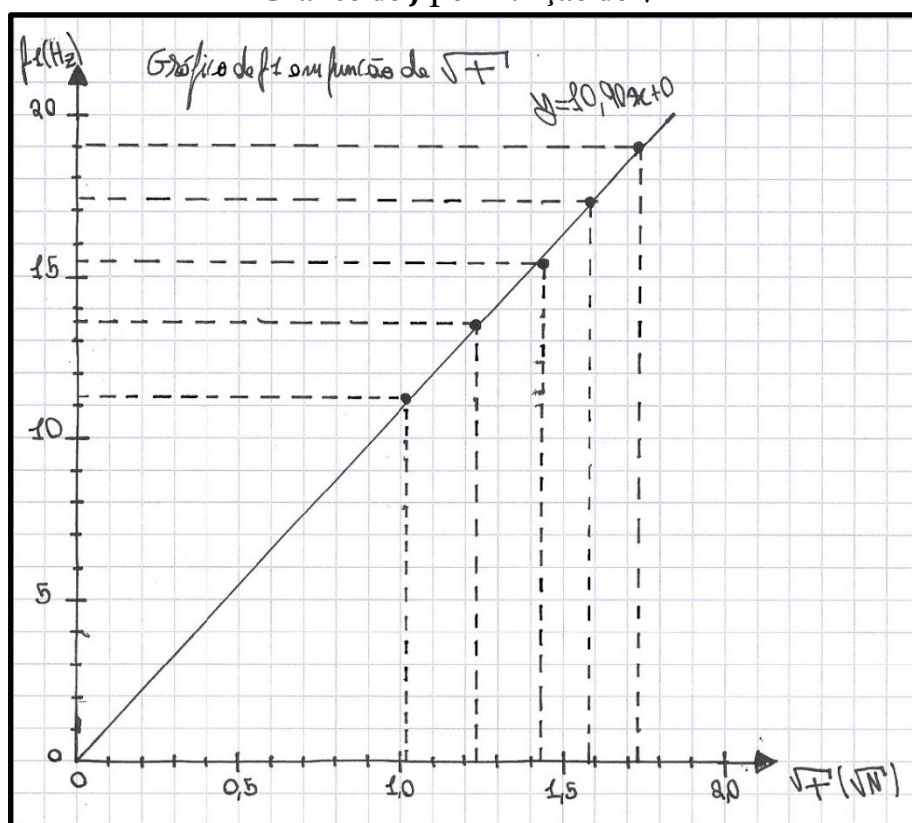


Gráfico de f_1 em função de $\frac{1}{L}$

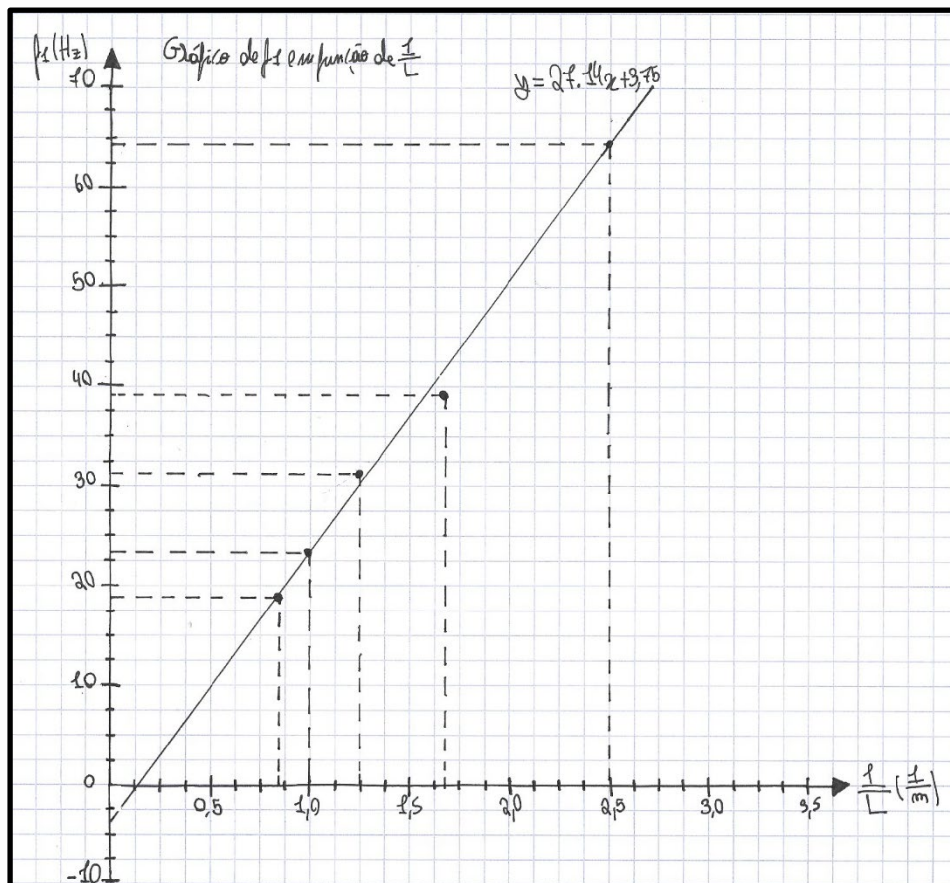
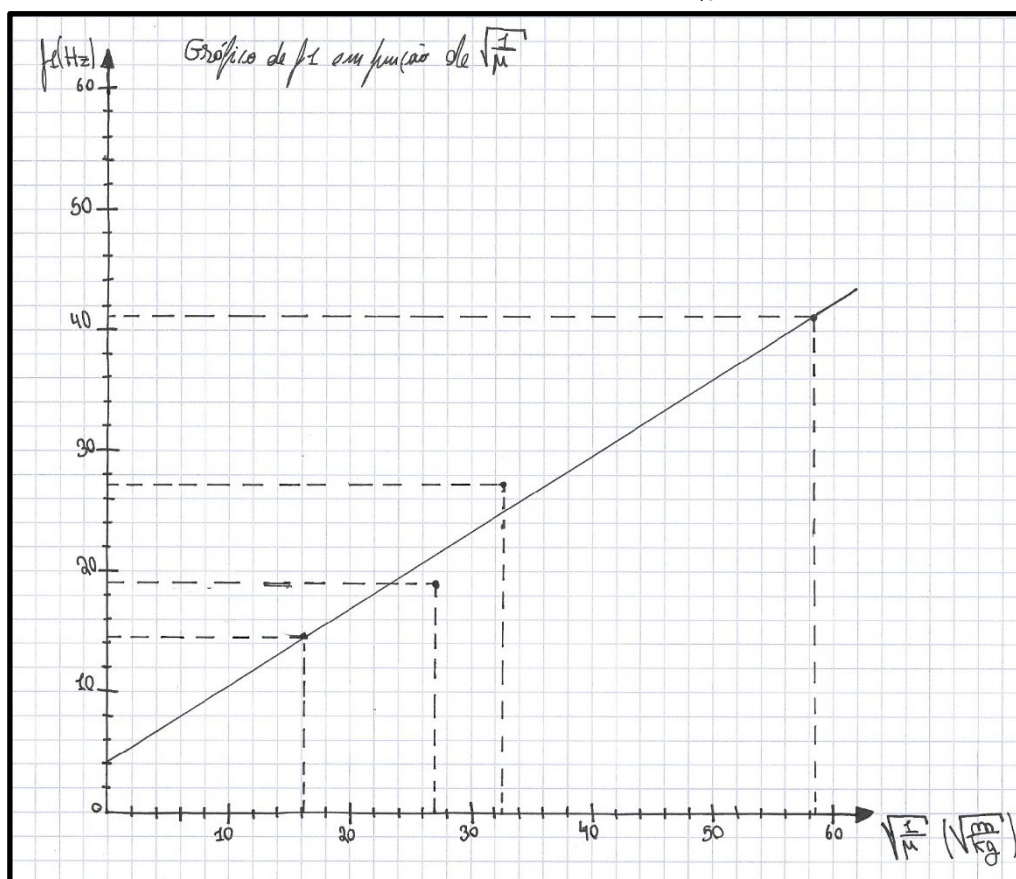


Gráfico de f_1 em função de $\frac{1}{\sqrt{\mu}}$



5. Comentários e conclusões

1. Frequência em função do modo

O erro foi muito pequeno (0,57%), o que mostra que os dados experimentais seguem quase perfeitamente a relação teórica. A proporcionalidade entre a frequência e o número do modo ficou bem confirmada.

2. Frequência em função da tensão

Com um erro de apenas (2,33%), ficou claro que a frequência aumenta com a raiz da tensão, como previsto. Os resultados foram bastante fiáveis e bem alinhados com a teoria.

3. Frequência em função do comprimento

Neste caso, o erro foi mais elevado (17,18%), possivelmente devido à dificuldade em ajustar bem o comprimento da corda ou à sensibilidade maior deste parâmetro. Ainda assim, a tendência teórica foi respeitada.

4. Frequência em função da tensão

O erro (12,20%) indica que os resultados seguiram a tendência teórica, mas com alguma variação. Diferenças entre as cordas (como rigidez ou tensão real) podem ter influenciado ligeiramente os valores obtidos.

No geral, os resultados experimentais confirmaram bem a teoria das ondas estacionárias. Apesar de alguns desvios maiores em certos casos, a relação entre a frequência e os parâmetros físicos da corda ficou bem demonstrada. A experiência permitiu compreender de forma prática como funcionam as ondas estacionárias e como cada variável influencia a vibração da corda.