

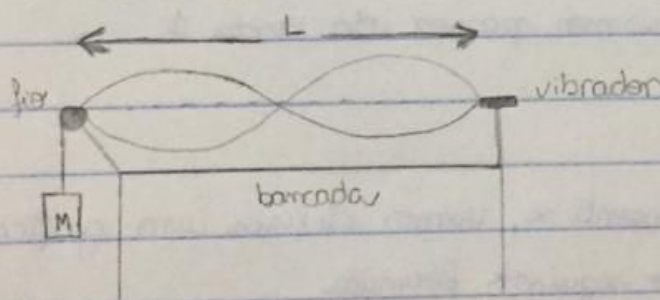
## Experimento 3 - corda vibrante

### INTRODUÇÃO

Ondas mecânicas propagam-se através de meios materiais diversos. Elas não transportam matéria, mas transmitem momento e energia, e podem assumir diferentes características, de acordo com o meio em que se propaga. No experimento em questão, será analisada a propagação de ondas em uma corda.

Define-se ondas estacionárias aquelas ondas que possuem ventres centrais, mas que apresentam mesma amplitude, comprimento de onda e oscilam sob mesma frequência. Considerando que uma das extremidades da corda está ligada fixa em um suporte e a outra está ligada a um vibrador de frequência variável, se a frequência de ondas se mantiver constante, e os reflexos ocorrerem. Em outras palavras, se a frequência constante, haverá formação de nós e ventres de onda, podendo, inclusive, exibir mais de um harmônico visível.

O desenho a seguir ilustra a montagem do experimento



É importante mencionar que a velocidade de propagação está intimamente relacionada com o material da corda e obedece a equação:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

onde  $F$  é a tensão aplicada na corda e  $\mu$  a densidade

de linear, que é a relação entre a massa ( $m$ ) da corda e o seu comprimento ( $l$ ). Outra equação utilizada para descrever a velocidade

é:  $v = \lambda \cdot f$ , em que  $f$  é a frequência e o  $\lambda$  é o comprimento de onda, também calculado através da equação:  $\lambda = \frac{2L}{n}$ , onde

$$n = 1, 2, 3, \dots$$



## MATERIAIS E MÉTODOS

Para esse experimento, os materiais usados foram um vibrador mecânico, 3 cordas com densidades diferentes, suporte de massa, kit de massas, balança, trena, frequencímetro, fonte para alimentar o motor do frequencímetro e balança analítica (utilizada na medição da massa das cordas, para calcular a densidade das mesmas).

O experimento foi proposto colocando-se uma das extremidades da corda no vibrador controlado pelo frequencímetro e a outra extremidade na veldoma, sendo que presa à esta extremidade havia o suporte de massa com algumas peças do kit.

Após isso, o frequencímetro foi ligado para que a corda vibrasse, com isso, observou-se os ventres e nós formados. Esse procedimento foi repetido utilizando-se massas diferentes para os suportes, para observar a variação da quantidade de ventres e nós de acordo com as diferentes massas presas à corda.

Em seguida, o experimento foi realizado com um comprimento de corda menor, variando de 1,50 para 1,25. Outras cordas também foram utilizadas, seguindo os mesmos passos da corda 1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para descobrir o valor do expoente  $x$ , vamos utilizar um gráfico de  $\log$  de  $m$  versus  $(p-1)$  e a seguinte fórmula.

$$m \cdot g = \frac{4 \mu L^n f^2}{(p-1)^x} \rightarrow m = \frac{4 \mu L^n f^2}{(p-1)^x \cdot g}$$

$$\log m = \log (p-1)^x + \log \left( \frac{4 \mu L^n f^2}{g} \right)$$

$$\log m = -x \log (p-1) + \log \left( \frac{4 \mu L^n f^2}{g} \right)$$



Com essa fórmula, percebemos que o coeficiente angular das equações dos gráficos abaixo é igual a  $(-x)$ , portanto

gráfico 1: massa utilizada no fio  $1 \times (p-1)$

gráfico 2: massa utilizada no fio  $2 \times (p-1)$

gráfico 3: massa utilizada no fio  $3 \times (p-1)$

temos que  $x_1 = 2,0461$

$x_2 = 2,0169$

$x_3 = 2,0365$

Seguindo um pensamento análogo à etapa passada, temos

$$m \cdot g = \frac{4 \mu \cdot L^n \cdot f^2}{(p-1)^x} \rightarrow m = \frac{4 \mu \cdot f^2 \cdot L^n}{(p-1)^x \cdot g}$$

$$\log m = \log L^n + \log \left( \frac{4 \mu f^2}{(p-1)^x \cdot g} \right) \rightarrow \log m = n \cdot \log L + \log \left( \frac{4 \mu \cdot f^2}{(p-1)^x \cdot g} \right)$$

logo, o coeficiente angular é igual a  $n$ , portanto

gráfico 4: massa  $\times$  comprimento do fio 1

gráfico 5: massa  $\times$  comprimento do fio 2

gráfico 6: massa  $\times$  comprimento do fio 3

temos que  $n_1 = 1,9916$

$n_2 = 2,2814$

$n_3 = 2,5520$

Comparando os resultados obtidos dos expoentes  $n$  e  $x$ , e sabendo que pela teoria ~~esse~~ esses valores deveriam ser próximos de 2, pode-se notar a precisão no fio 1 nos dois expoentes, uma boa precisão para  $x$  nos fios 2 e 3, e uma baixa precisão para  $n$  no fio 3.

Agora vamos utilizar a seguinte fórmula para descobrir o valor da densidade linear de cada fio, e utilizando os gráficos obtidos para descobrir o expoente  $x$ :  $\log m = -x \log (p-1) + \log \left( \frac{4 \mu L^n f^2}{g} \right)$



Com isso, concluímos que os coeficientes lineares dos gráficos 1, 2, e 3 são iguais a  $\log \left( \frac{4 \mu L^n f^2}{g} \right)$

Está

Então para o fio 1, utilizando  $\mu_1 = 0,6011 \text{ g/m}$ , temos que

$$2,5971 = \log \left( \frac{4 \cdot 0,6011 \cdot 15^{1,9916} f^2}{9,8} \right)$$

$$2,5971 = \log (0,550 \cdot f^2)$$

$$f = 26,81 \text{ Hz}$$

Agora com o valor da frequência, podemos descobrir  $\mu_2$  e  $\mu_3$

$$2,3789 = \log \left( \frac{4 \mu_2 \cdot 15^{2,2574} \cdot 26,81^2}{9,8} \right)$$

$$\mu_2 = 0,3226 \text{ g/m}$$

$$= \frac{4 \mu_3 \cdot 15^{2,5520} \cdot 26,81^2}{9,8}$$

$$\mu_3 = 0,1593 \text{ g/m}$$

Agora vamos calcular o  $\mu_2$  e  $\mu_3$  pelos dados obtidos experimentalmente

$$\mu_2 = 0,3519 \text{ g/m}$$

$$\mu_3 = 0,2016 \text{ g/m}$$

Vendo os dados, podemos ver uma pequena diferença na frequência de 3,19, e como já é visto pelos valores do expoente  $n$ , podemos ver a diferença de 0,0483 na densidade do fio 3, uma diferença maior do que a diferença mostra no fio 2, que foi de 0,0353. Apesar disso, fomos bem precisos, não havendo grandes discrepâncias.

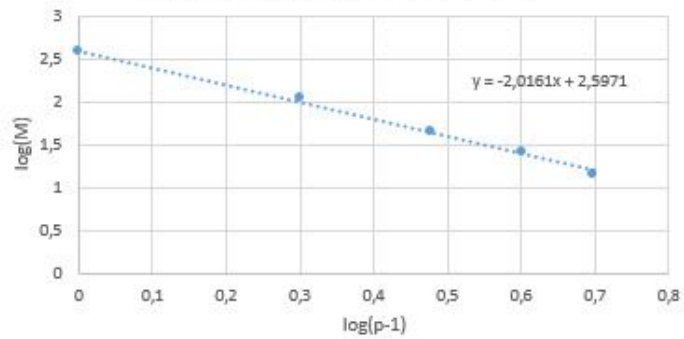
## CONCLUSÃO

Através dos experimentos adquiriu-se um conhecimento mais profundo a respeito de ondas estacionárias. Com os dados obtidos em laboratório a partir da variação de elementos, (tais como o comprimento do fio ou a massa presa à ele) montou-se um gráfico em escala  $\log$ . Através

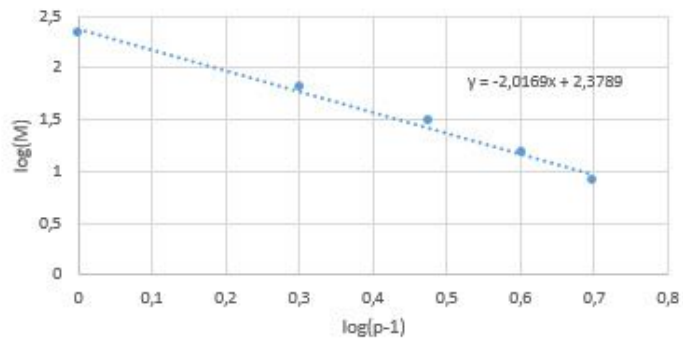
desse gráfico, foi possível calcular o valor dos expoentes das equações detalhados nos resultados e ~~deixar~~ discussões, uma vez que eles eram iguais ao coeficiente angular dos gráficos plotados. Também foram comparados os valores obtidos experimentalmente com os valores esperados pela teoria, notando que o fig 1 apresentou alta precisão, enquanto que no fig 3 esta precisão foi consideravelmente menor.



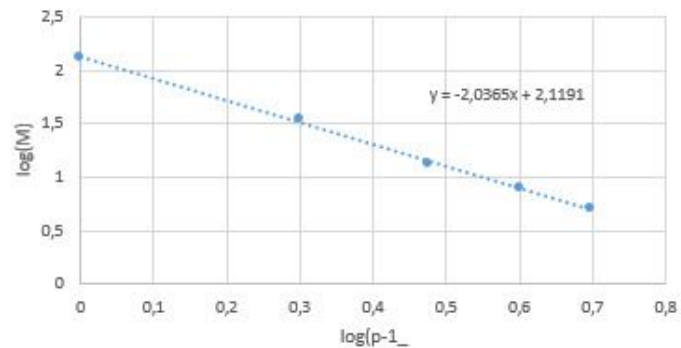
Massa utilizada no Fio 1 versus p - 1



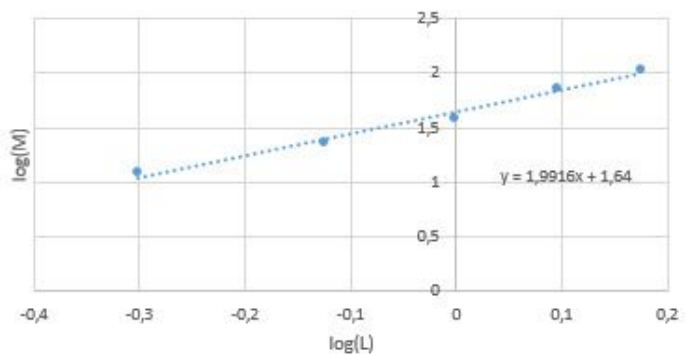
Massa utilizada no Fio 2 versus p-1



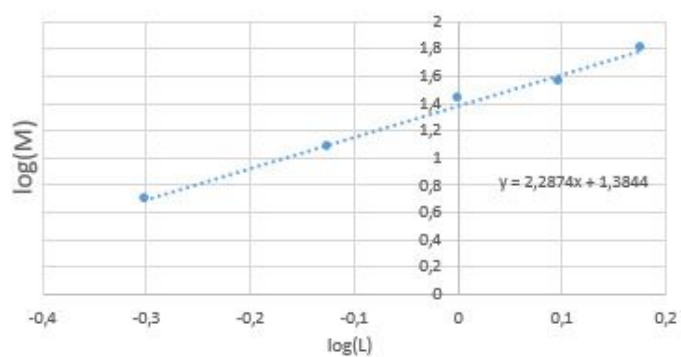
Massa utilizada no Fio 3 versus p-1



Massa versus comprimento do fio 1



Massa versus comprimento do fio 2



Massa versus comprimento do fio 3

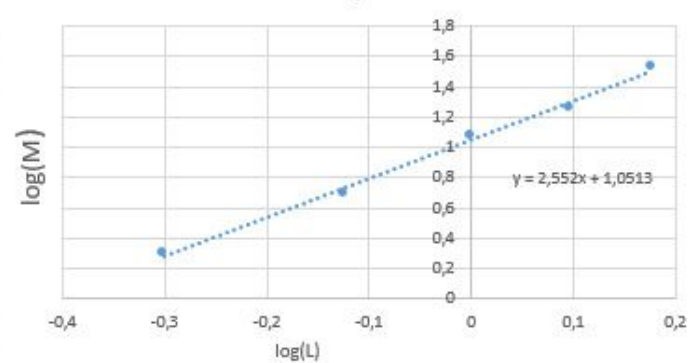


Tabela 1 - valores de massa para L fixo = 1,50 m

p	p-1	M (g) *		
		fio 1	fio 2	fio 3
2	1	369	218	130
3	2	107	64	34
4	3	45	30	13
5	4	25	15	8
6	5	14	8	5

\* já adicionado o valor da massa do suporte

Tabela 2 - valores de massa para p fixo = 3

L (m)	M (g) *		
	fio 1	fio 2	fio 3
1,50	107	64	34
1,25	70	36	18
1,00	38	27	12
0,75	23	12	5
0,50	12	5	2

\* já adicionado o valor de massa do suporte

Tabela 3 - valores de massa e comprimento dos fios

fio	massa do fio (g)	comprimento do fio (m)
1	1,1218	1,866
2	0,6605	1,845
3	0,4039	1,945