

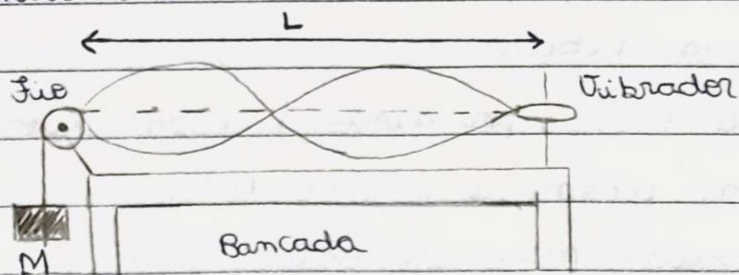
Experiência III - Corda Vibrante

• INTRODUÇÃO

Uma onda pode ser entendida como uma perturbação que se propaga em um meio. Dentre as mais fundamentais propriedades associadas a uma onda, está o transporte de energia sem envolver o arraste do meio material onde ela se propaga.

Ondas estacionárias são definidas como sendo aquela obtida pela interferência de duas ondas iguais que se propagam no mesmo meio e em sentidos contrários. Este tipo de onda é caracterizado por uma grande amplitude de vibração, e é uma manifestação de ressonância da corda com relação à excitação por uma força externa.

Os harmônicos de uma corda vibrante são as várias possíveis frequências naturais das ondas estacionárias que surgem em cordas fixas (sob ação de forças transversais de intensidade F), com massa (da corda) m , comprimento L e densidade linear de massa μ . Os pontos em que as cordas não se movem são chamados de nós e ventres e a distância entre dois nós, que é chamado de flange, onde todos os pontos estão em movimento vibratório.



(FIGURA 1: Esquema experimental)

• MATERIAIS E MÉTODOS

- neste experimento, foram utilizados os seguintes materiais:
- Suporte de massa com soldana;

- Vibrador mecânico;
- 3 cordas de diferentes densidades;
- Kit de massas;
- Balança digital (erro $\pm 1\text{g}$) / balança analítica (erro $\pm 0,0001\text{g}$);
- Trena (erro $\pm 0,005\text{m}$);
- Frequencímetro (mede a frequência que o meter oscila);
- Fonte para alimentar o meter (vibrador mecânico);
- Balança analítica (obter a massa das cordas).

→ Procedimento experimental:

Inicialmente, montou-se a estrutura fixando-se uma das extremidade da corda 1 (sendo esta, a mais grossa) no vibrador mecânico com frequência de 30Hz . A outra extremidade foi colocada na soldana que possuía um suporte para que fosse posicionada as massas que estavam no kit, deixando-se uma distância " L " de $1,50\text{m}$ entre a soldana e o vibrador, conforme a figura (1). Com a estrutura montada, determinou-se as massas " M " (entre 5g e 400g) para que fosse obtida ondas estacionárias com número de nós " p " variando de 2 a 6 para a corda 1. Repetiu-se o mesmo procedimento para a corda 2 e 3 (sendo a corda 3, a mais fina) e com os dados obtidos preencheu-se a tabela (1).

Em seguida, variou-se o comprimento L para valores próximos a $1,25\text{m}$, $1,00\text{m}$, $0,75\text{m}$ e $0,50\text{m}$. Determinou-se os valores de massa necessários para se obter 3 nós. O procedimento foi repetido com as 3 cordas e com os dados obtidos, preencheu-se a tabela (2).

Por fim, determinou-se a massa de cada corda com o auxílio de uma balança analítica e com a trena, mediu-se o comprimento de cada uma para que fosse possível

calcular a densidade e preenchê-la na tabela (3)

• RESULTADOS E DISCUSSÃO

TABELA 1 - Valores de M para L fixo = 1,50 m

p	p-1	M (g)		
		corda 1	corda 2	corda 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

TABELA 2 - Valores de M para p fixo = 3

L (m)	M (g)		
	corda 1	corda 2	corda 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

TABELA 3 - Valores de massa e comprimento das cordas

Corda	massa da corda (g)	comprimento da corda (m)
1	1,1218	1,866
2	0,6605	1,845
3	0,4039	1,945

a) Primeiramente, fiz-se 3 gráficos di-log de M (em g) por p-1 (onde p, notas de ondas estacionárias de frequência f)

GRÁFICO 1 - massa (M) utilizada na corda 1 versus $p-1$.

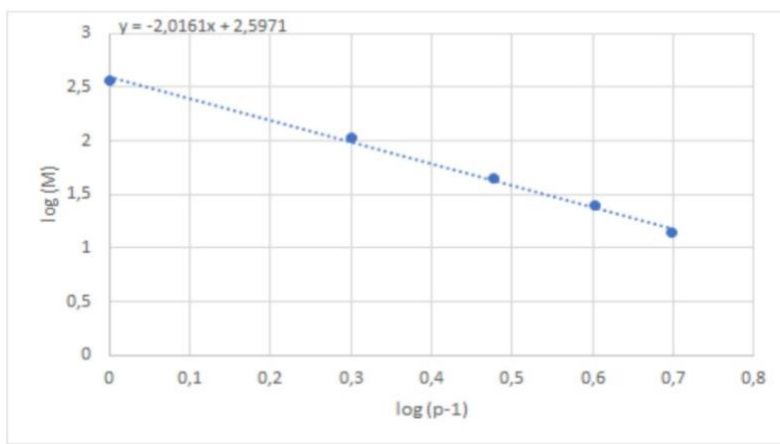


GRÁFICO 2 - massa (M) utilizada na corda 2 versus $p-1$.

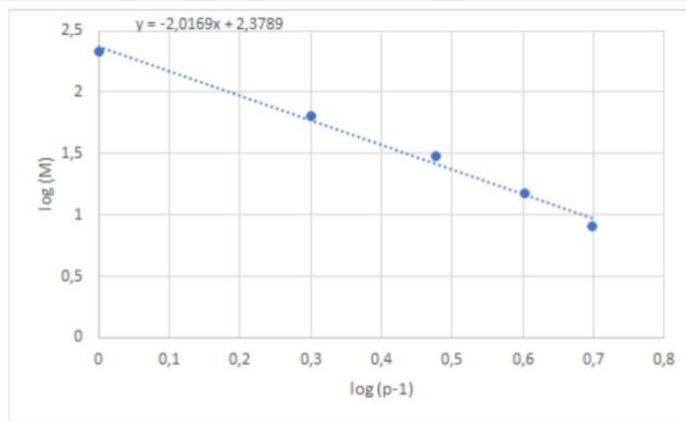
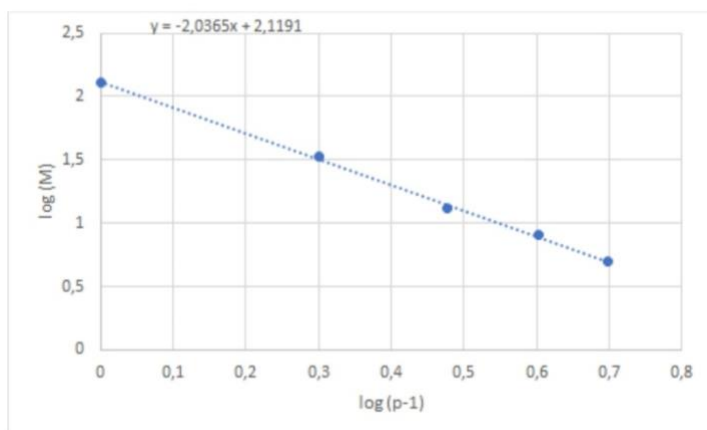


GRÁFICO 3 - massa (M) utilizada na corda 3 versus $p-1$.



A partir dos dados da tabela (1), aplicou-se log nos valores de M e $p-1$. Para encontrar os valores de x para cada fio é necessário manipular a equação

Equação (1):

$$F = \frac{4\mu L^n f^2}{(p-1)^x}$$

$$mg = \frac{4\mu L^n f^2}{(p-1)^x}$$

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

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

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

Portanto, o coeficiente angular da reta desse gráfico é $-x$, e assim, obtém-se o valor do expoente x .

Os valores obtidos de x foram:

Corda 1: 2,0161

Corda 2: 2,0169

Corda 3: 2,0365

b) De forma análoga à etapa (a), construiu-se 3 gráficos \log - \log de M (em g) por L (em m).

GRAFICO 4 - massa (M) versus comprimento (L) da corda 1.

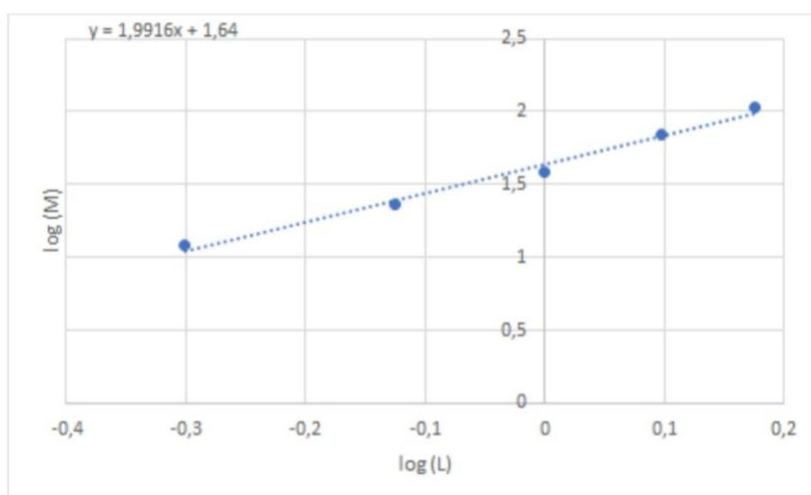


GRÁFICO 5: Gráfico di-log da massa (M) em gramas pelo comprimento do fio (L) em metros para o Fio 2.

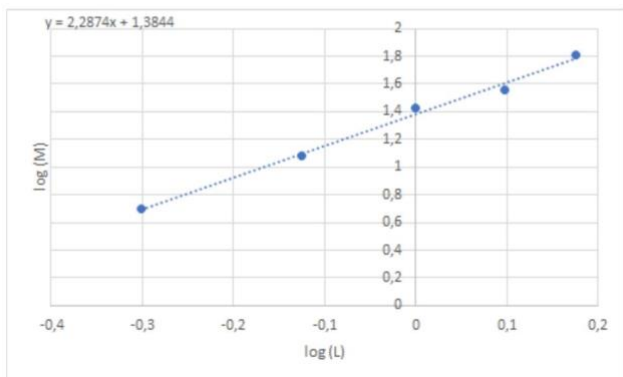
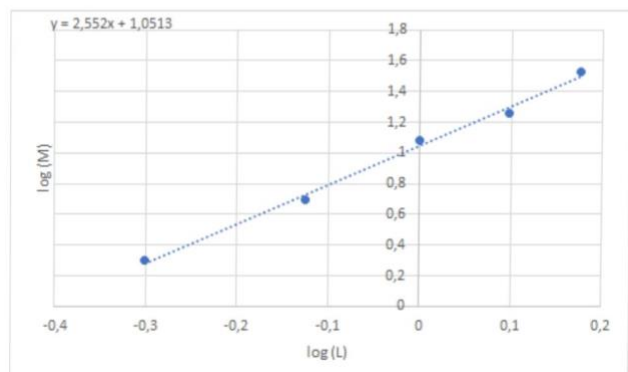


GRÁFICO 6: Gráfico di-log da massa (M) em gramas pelo comprimento do fio (L) em metros para o Fio 3.



A partir dos dados da tabela (2), aplicou-se log nos valores de M e L. Para encontrar o valor do expoente n para cada fio, fez-se uma manipulação diferente da equação (1):

$$F = \frac{4\mu L^n f^2}{(p-1)^x}$$

$$mg = \frac{4\mu L^n f^2}{(p-1)^x}$$

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

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

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

Portanto, o coeficiente angular da reta desse gráfico é n, e assim obtém-se o valor do expoente n.

Os valores obtidos de n foram:

Corda 1: 1,9916

Corda 2: 2,2874

Corda 3: 2,5520.



c) Pela teoria, os valores de x e n deveriam ser pró-

ximes de 2. Dessa forma, a corda 1 foi a que apresentou os valores mais precisos. Tirando-se a média dos valores, o valor médio de x será 2,0232 e o de n será 2,2770, considerando o valor teórico, uma diferença de 0,0232 é observada para o expoente x e uma diferença de 0,2770 para o expoente n . Essa diferença é relativamente pequena, levando-se em conta os erros de idealidade dos experimentos e os erros experimentais.

cd) Os valores experimentais da densidade dos fios são obtidos pela fórmula $\mu = \frac{M}{L}$, com M em g e L em m.

Utilizando-se os dados da tabela (3), obtêm-se os seguintes valores:

$$\text{Corda 1: } \mu = 0,6012 \text{ g/m}$$

$$\text{Corda 2: } \mu = 0,3580 \text{ g/m}$$

$$\text{Corda 3: } \mu = 0,2077 \text{ g/m}$$

Para descobrir os valores de μ_2 e μ_3 pelo método gráfico, primeiramente é necessário encontrar a frequência do vibrador. Para isso, utiliza-se a equação obtida anteriormente:

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

Então, conclui-se que os coeficientes lineares dos gráficos (1), (2) e (3) são iguais a $\log\left(\frac{4\mu L^n f^2}{g}\right)$.

• Para a corda 1, utilizando $\mu_1 = 0,6012 \text{ g/m}$; $L = 1,5 \text{ m}$; $n = 1,9916$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e o coeficiente linear igual a 2,5971:

$$2,5971 = \log \left(\frac{4 \cdot 0,6012 \cdot 1,5^{1,9916} \cdot f^2}{9,8} \right)$$

$$2,5971 = \log (0,5502 \cdot f^2)$$

$$2,5971 = \log (0,5502) + \log (f^2)$$

$$2,5971 = -0,2595 + 2 \log f$$

$$\log f = 1,4283$$

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

Encontra-se a frequência do vibrador.

Agora pode-se obter o valor de μ_2 e μ_3 , utilizando os coeficientes lineares dos gráficos (2) e (3); os pontos n obtidos anteriormente, e a mesma equação:

• Corda 2:

$$2,3789 = \log \left(\frac{4 \cdot \mu_2 \cdot 1,5^{2,2874} \cdot 26,81^2}{9,8} \right)$$

Que resulta um $\mu_2 = 0,3226 \text{ g/m}$.

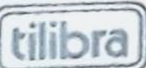
• Corda 3:

$$2,1191 = \log \left(\frac{4 \cdot \mu_3 \cdot 1,5^{2,5520} \cdot 26,81^2}{9,8} \right)$$

Que resulta um $\mu_3 = 0,1593 \text{ g/m}$.

Comparando os valores, a frequência real do aparelho é 30 Hz, uma diferença de 3,19 do valor calculado. E para as densidades da corda, uma diferença de 0,0354 para a corda 2 e 0,0484 para a corda 3; sendo o cálculo para a corda 2 ligeiramente mais preciso. Porém, como já discutido no item (c), quando se um conta os erros experimentais, os resultados se mostram precisos e comprovam a validade da metodologia utilizada.

• CONCLUSÃO:



Através da análise experimental, foi possível comen-

lizar o conhecimento sobre ondas estacionárias. Com os dados experimentais, obtiveram-se valores permitiram a determinação de grandezas por meio de cálculos, manipulações algébricas de equações, análise de tabelas e gráficos. Os resultados obtidos foram próximos ao esperado teoricamente, sendo a verda- e mais precisa. Assim, ao considerar os erros experimentais e os desvios da idealidade, a validade da metodologia é comprovada, interpretando os resultados com precisão.