Experimento 3 - cordas vibrantes

Introdução

O movimento ondulatório é entendido como a capacidade de transportar energia de um lugar a outro, de tal forma que não há transporte coincidente de matéria. As ondas podem ser de três tipos, porém, durante o experimento iremos focar nas mecânicas. Essas ondas são assim caracterizadas pois são regidas pelas leis da mecânica de Newton, além de estarem relacionadas apenas a meios materiais. Quando duas ondas se propagam no mesmo meio, ocorre um fenômeno designado superposição de ondas, em que o encontro dessas ondas forma uma onda resultante equivalente à soma algébrica das amplitudes de todas as perturbações locais.

Se trabalharmos com uma corda presa nas suas duas extremidades, a onda, ao atingir um dos pontos fixos (nós), é refletida para o sentido contrário. Assim, tem-se duas ondas confinadas em um espaço, que se propagam em sentidos opostos, resultando em um padrão de vibração estacionário, em que os pontos de mínimos e máximos não variam com o tempo.

Materiais e métodos

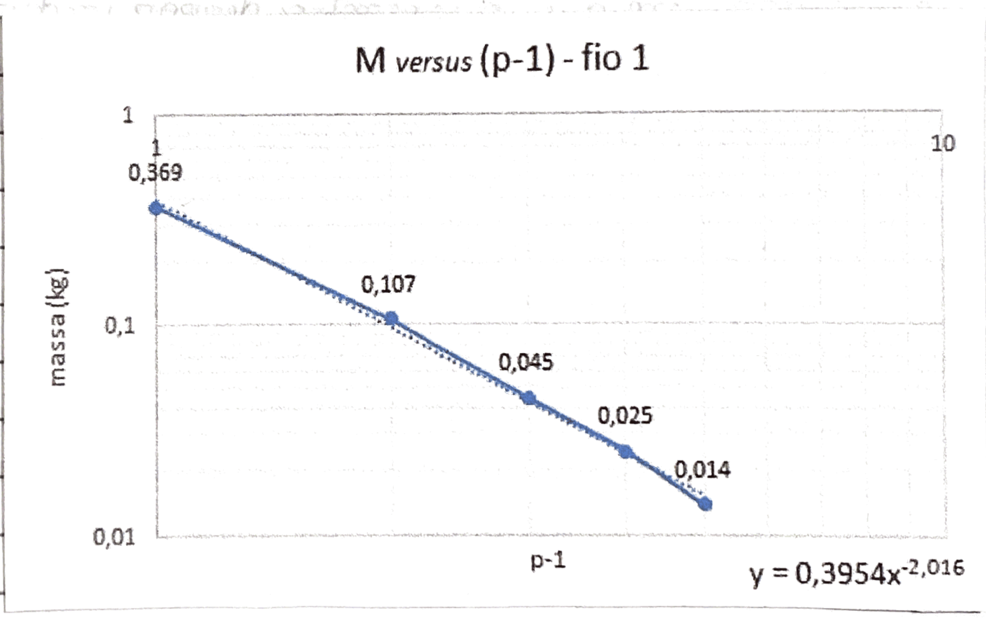
Para a realização do experimento, foram utilizados os seguintes materiais: suporte com roldana, vibrador com frequência variável, medidor de frequência, massas aferidas, balança, trena e três fios com densidades diferentes. Para dar início, o sistema foi montado da seguinte forma: a roldana e o vibrador mecânico foram fixados conforme indicado no roteiro e então os fios foram amarrados, um de cada vez, conforme fosse necessário.

Inicialmente, o fio mais grosso foi preso, fixando-o a um comprimento L de 1,50 m. Em seguida, o vibrador foi ajustado para manter a corda com uma frequência de 30 Hz. Dessa forma, foi possível encontrar os valores de massa M responsáveis por proporcionar a variação desejada no número de nós. Feito isto, o comprimento do fio foi diminuído para 1,25 m, 1,00 m, 0,75 m e 0,50 m, sucessivamente, determinando sempre os valores de massa necessários para formar 3 nós. Por fim, os procedimentos descritos foram repetidos para os outros 2 fios.

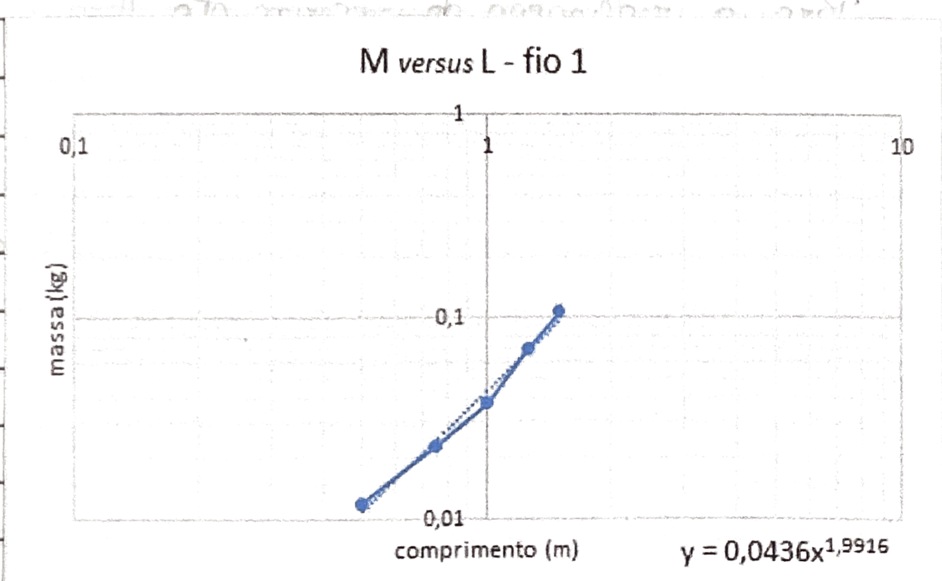
Resultados e discussões

A partir dos dados obtidos no experimento, foram montadas as seguintes tabelas e gráficos:

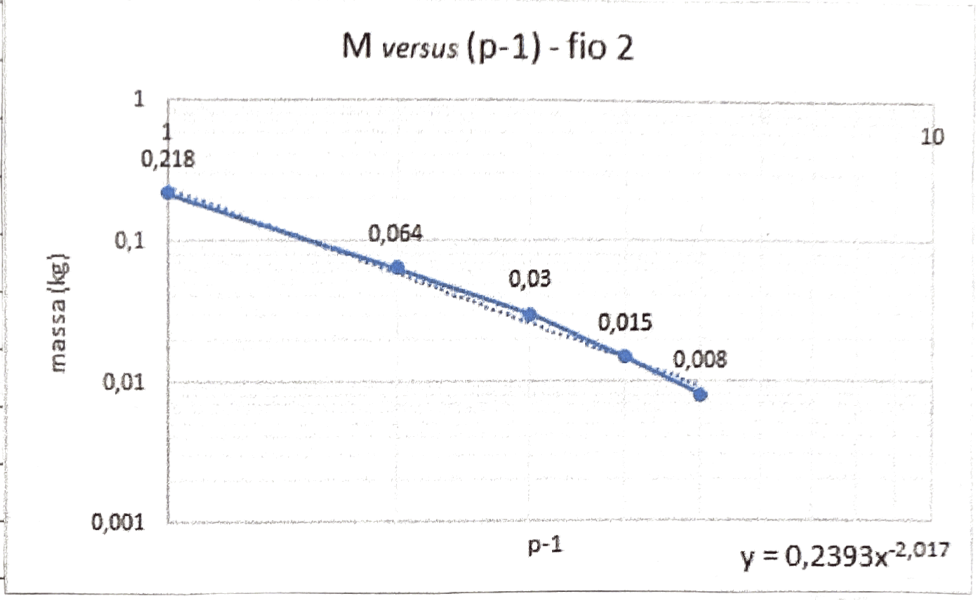
fio 1		
massa (g)	número de nós (p)	p-1
369	2	1
107	3	2
45	4	3
25	5	4
14	6	5



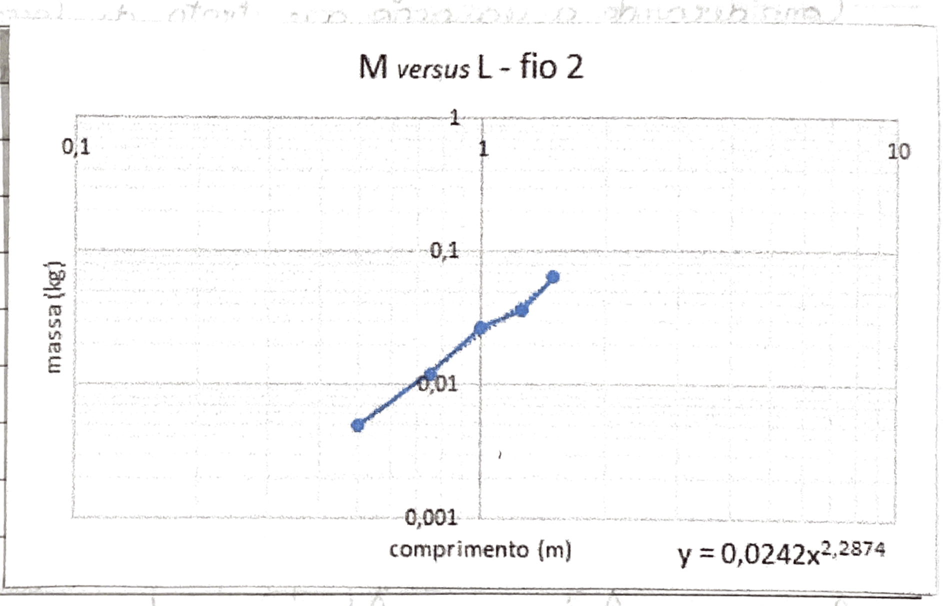
fio 1	
L(m)	massa (g)
1,5	107
1,25	70
1	38
0,75	23
0,5	12



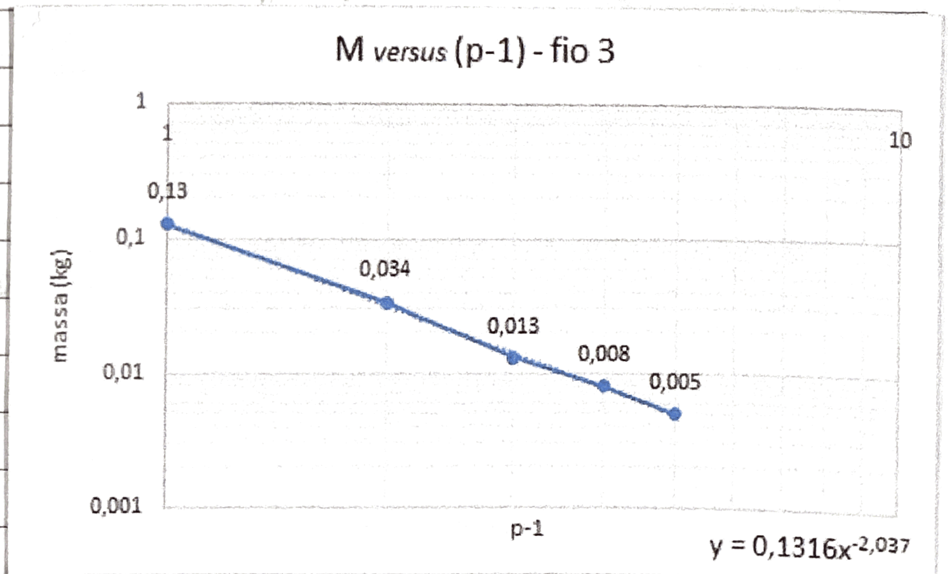
fio 2		
massa (g)	número de nós (p)	p-1
218	2	1
64	3	2
30	4	3
15	5	4
8	6	5



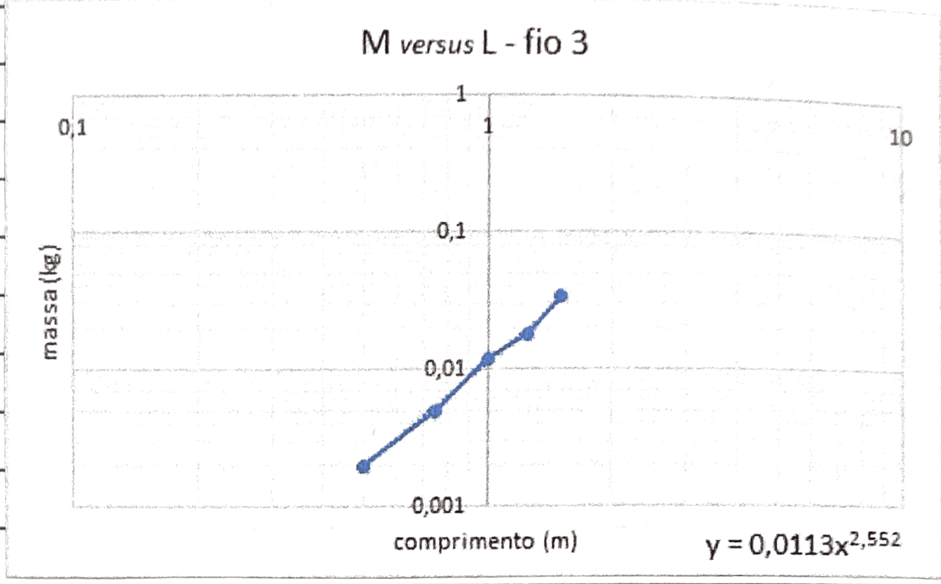
fio 2	
L (m)	massa (g)
1,5	64
1,25	36
1	27
0,75	12
0,5	5



fio 3		
massa (g)	número de nós (p)	p-1
130	2	1
34	3	2
13	4	3
8	5	4
5	6	5



fio 3	
L (m)	massa (g)
1,5	34
1,25	18
1	12
0,75	5
0,5	2



Considerando a equação que trata da força necessária para que o fio seja distendido e aplicando as propriedades logarítmicas nos dois lados da mesma, encontramos as seguintes relações:

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

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

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

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

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

Assim, realizando o mesmo processo para as equações encontradas a partir dos gráficos, foi possível determinar os valores dos expoentes x e n para cada fio.

- fio 1 $\begin{cases} x = 2{,}016 \\ n = 1{,}992 \end{cases}$ fio 2 $\begin{cases} x = 2{,}017 \\ n = 2{,}287 \end{cases}$ fio 3 $x = 2{,}037$, $n = 2{,}552$

Dessa forma, levando como referência que os expoentes deveriam ser iguais a 2, o fio 1, que é o mais pesado dentre os 3 utilizados, foi o que mais se aproximou do valor ideal. Apesar disso, os fios 2 e 3 também apresentaram bons resultados, sendo o expoente n_3 o que mais se distanciou do esperado.

Para o cálculo da densidade linear μ experimental, foi utilizada a relação $\mu = \dfrac{m}{L}$ e os valores das massas e comprimentos dos fios, os quais foram medidos no laboratório.

- fio 1

$m = 1{,}1218\,g$ $\mu_1 = \dfrac{1{,}1218 \cdot 10^{-3}}{1{,}866} = 6{,}012 \cdot 10^{-4}$ Kg/m

$L = 1{,}866\,m$

- fio 2

$m = 0{,}6605\,g$ $\mu_2 = \dfrac{0{,}6605 \cdot 10^{-3}}{1{,}845} = 3{,}580 \cdot 10^{-4}$ Kg/m

$L = 1{,}845\,m$

- fio 3

$m = 0{,}4039\,g$ $\mu_3 = \dfrac{0{,}4039 \cdot 10^{-3}}{1{,}945} = 2{,}077 \cdot 10^{-4}$ Kg/m

$L = 1{,}945\,m$

É possível também calcular a densidade linear dos fios através da expressão 1:

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

• fio 1

$$\mu = \frac{0{,}107 \cdot 9{,}8 \cdot 2^{2{,}016}}{4 \cdot (1{,}50)^{1{,}992} \cdot 30^2} = 5{,}253 \cdot 10^{-4}\ Kg/m$$

• fio 2

$$\mu = \frac{0{,}064 \cdot 9{,}8 \cdot 2^{2{,}017}}{4 \cdot (1{,}50)^{2{,}287} \cdot 30^2} = 2{,}790 \cdot 10^{-4}\ Kg/m$$

• fio 3

$$\mu = \frac{0{,}034 \cdot 9{,}8 \cdot 2^{2{,}034}}{4 \cdot (1{,}50)^{2{,}552} \cdot 30^2} = 1{,}350 \cdot 10^{-4}\ Kg/m$$

Comparando os resultados experimentais e os obtidos pela expressão, observa-se uma divergência nos valores de densidade linear para os 3 fios. Essa imprecisão pode ser derivada de erros de medida e/ou dos aparelhos.

Para o cálculo da frequência do fio fez-se o uso da mesma equação já apresentada e o μ foi substituído tanto pelo experimental como pelo obtido através da equação. Assim, foi obtido dois valores de frequência para cada fio estudado, os quais apresentaram diferenças.

• frequência com μ experimental

fio 1 ⇒ F = 25,89 Hz

fio 2 ⇒ F = 24,29 Hz

fio 3 ⇒ F = 23,34 Hz

• frequência com μ da equação 1

fio 1 ⇒ F = 27,70 Hz

fio 2 ⇒ F = 27,52 Hz

fio 3 ⇒ F = 28,95 Hz

Considerando que a frequência utilizada foi de 30 Hz, a segunda leva de frequências calculadas é a mais apropriada.

Conclusão

Pode-se concluir, diante da realização do experimento, a existência de uma relação entre o comprimento L da corda e o comprimento de onda λ da onda estacionária de frequência F. Além disso, a quantidade de número de nós é influenciada pela massa colocada na extremidade do fio: quanto menor a massa, maior a quantidade de nós. Vale também ressaltar que o fio também influenciou nos valores, visto que apresentam diferentes massas, espessuras e densidades. Assim, o experimento possibilitou o estudo e aprofundamento das ondas estacionárias mecânicas.