

# Experimento 03 - Cordas Vibrantes e Ondas Estacionárias

Giovani Garuffi	<i>RA: 155559</i>
João Baraldi	<i>RA: 158044</i>
Lauro Cruz	<i>RA: 156175</i>
Lucas Schanner	<i>RA: 156412</i>
Pedro Stringhini	<i>RA: 156983</i>

30 de setembro de 2014

# 1 Resumo

## 2 Objetivos

Este experimento teve como objetivo principal o estudo de ondas estacionárias formadas ao longo de um fio, a fim de calcular-se o valor da densidade linear,  $\mu$ , desse fio.

## 3 Procedimento Experimental e Coleta de Dados

### 3.1 Materiais utilizados

Na realização deste experimento foram utilizados os seguintes materiais:

- Cigarra de Frequência de 120 Hz;
- Trena;
- Fio de Nylon;
- Copo Plástico;
- Pesos de Chumbo;
- Polia com Suporte;
- Balança de Precisão.

### 3.2 Procedimento

O fio de Nylon é ligado à cigarra em uma de suas extremidades, e na outra é ligado ao copo plástico, passando pela polia, como na figura 1. Então, coloca-se os pesos de chumbo no copo, de modo que, para cada realização do experimento o valor  $m$  varie, para tal, pode-se utilizar combinações lineares dos pesos adquiridos.

Com o copo preenchido e a máxima altura do chão possível, e com a cigarra ligada, varia-se a posição da cigarra até formar-se uma onda estacionária (configuração representada na figura 2), para assim anotar-se os valores da massa  $m$  no copo, previamente medido com a balança, da distância  $L$  da cigarra à roldana, medido com a trena, e do número  $n$  de ventres formados.

Obs.: A variação do valor de  $L$  não ultrapassa de 80 cm, tendo em vista que essa é, aproximadamente, a altura da mesa.

### 3.3 Dados Obtidos

Os valores de  $L$  que geraram os  $n$  ventres da onda, para cada valor  $m$  usado, pode ser encontrados na seguinte tabela:

Tabela 1: Valores de  $m$  usados, e os respectivos valores de  $L$  para gerar  $n$  ventres.

$m$ (g)	$L$ (cm)	$n$
$49.8 \pm 0.1$	$130.0 \pm 0.1$	7
	$116.8 \pm 0.1$	6
	$97.3 \pm 0.1$	5
$71.8 \pm 0.1$	$136.5 \pm 0.1$	6
	$115.5 \pm 0.1$	5
	$90.5 \pm 0.1$	4
$104.2 \pm 0.1$	$134.0 \pm 0.1$	5
	$106.5 \pm 0.1$	4
$147.5 \pm 0.1$	$131.0 \pm 0.1$	4
	$98.5 \pm 0.1$	3
$232.2 \pm 0.1$	$119.3 \pm 0.1$	3
$258.6 \pm 0.1$	$125.5 \pm 0.1$	3
	$87.5 \pm 0.1$	2

## 4 Análise dos Resultados e Discussões

### 4.1 Linearização

A equação

$$L = \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{mg}{\mu}} n$$

Pode ser reescrita como

$$L = \left( \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{g}{\mu}} \right) \cdot n\sqrt{m}$$

$$n\sqrt{m} = 2f \sqrt{\frac{\mu}{g}} \cdot L$$

Vemos então que deve existir uma relação linear entre  $L$  e  $n\sqrt{m}$  em que o coeficiente angular é  $a = 2f \sqrt{\frac{\mu}{g}}$  e o coeficiente linear é  $b = 0$ , que pode ser verificada utilizando-se a tabela abaixo:

### 4.2 Regressão linear

Fazendo-se a regressão linear  $n\sqrt{m}$  por  $L$  obtém-se os coeficientes:

$$a = 1.3985 \pm 0.0007 \frac{\sqrt{Kg}}{m}$$

$$b = -0.196 \pm 0.001 \sqrt{Kg}$$

Sendo  $a$  o coeficiente angular e  $b$  o coeficiente linear. Nota-se que segundo a linearização da equação original, o coeficiente linear deveria ser nulo, o que não condiz com a regressão linear dos dados experimentais. Isso se deve a erros aleatórios e erros durante as medições. A sobreposição da reta obtida sobre os pontos da tabela pode ser vista no gráfico abaixo:

Tabela 2: Valores de  $m$ ,  $\sqrt{m}$  e  $n\sqrt{m}$  relacionados aos comprimentos do fio  $L$

$L$ (m)	$n$	$m$ (Kg)	$\sqrt{m}$ ( $\sqrt{Kg}$ )	$n\sqrt{m}$ ( $\sqrt{Kg}$ )
$0.875 \pm 0.001$	2	$0.2586 \pm 0.0001$	$0.5085 \pm 0.0001$	$1.0171 \pm 0.0002$
$0.905 \pm 0.001$	4	$0.0718 \pm 0.0001$	$0.2680 \pm 0.0002$	$1.0718 \pm 0.0007$
$0.973 \pm 0.001$	5	$0.0498 \pm 0.0001$	$0.2232 \pm 0.0002$	$1.116 \pm 0.001$
$0.985 \pm 0.001$	3	$0.1975 \pm 0.0001$	$0.4444 \pm 0.0001$	$1.3332 \pm 0.0003$
$1.065 \pm 0.001$	4	$0.1042 \pm 0.0001$	$0.3228 \pm 0.0002$	$1.2912 \pm 0.0006$
$1.155 \pm 0.001$	5	$0.0718 \pm 0.0001$	$0.2680 \pm 0.0002$	$1.3400 \pm 0.0009$
$1.168 \pm 0.001$	6	$0.0498 \pm 0.0001$	$0.2232 \pm 0.0002$	$1.340 \pm 0.001$
$1.193 \pm 0.001$	3	$0.2322 \pm 0.0001$	$0.4819 \pm 0.0001$	$1.4456 \pm 0.0003$
$1.255 \pm 0.001$	3	$0.2586 \pm 0.0001$	$0.5085 \pm 0.0001$	$1.5256 \pm 0.0003$
$1.300 \pm 0.001$	7	$0.0498 \pm 0.0001$	$0.2232 \pm 0.0002$	$1.562 \pm 0.002$
$1.310 \pm 0.001$	4	$0.1975 \pm 0.0001$	$0.4444 \pm 0.0001$	$1.7776 \pm 0.0004$
$1.340 \pm 0.001$	5	$0.1042 \pm 0.0001$	$0.3228 \pm 0.0002$	$1.6140 \pm 0.0008$
$1.365 \pm 0.001$	6	$0.0718 \pm 0.0001$	$0.2680 \pm 0.0002$	$1.608 \pm 0.001$

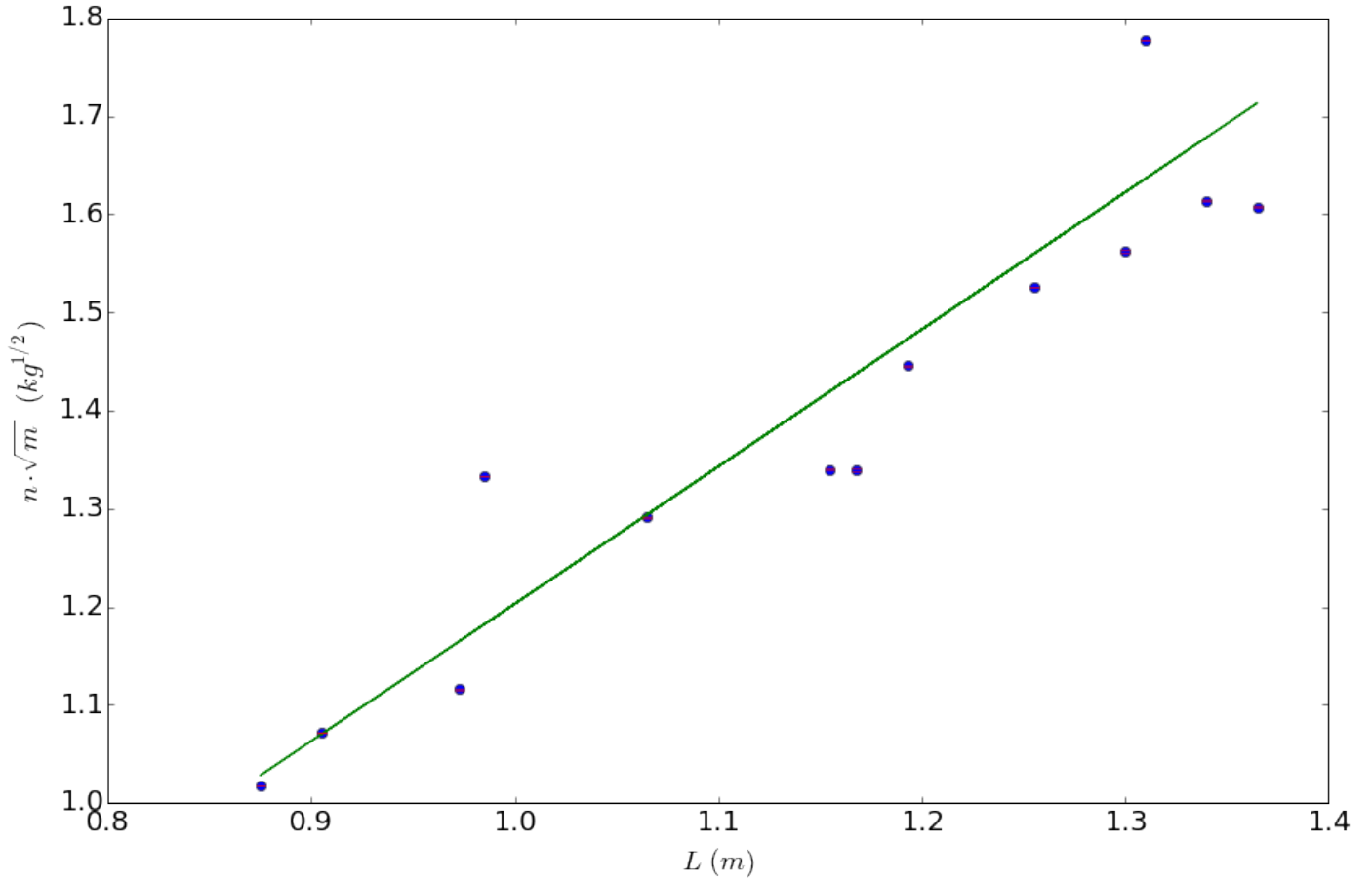


Figura 1: Gráfico da regressão linear de  $n\sqrt{m}$  por  $L$ , sobreposta aos pontos obtidos experimentalmente.

### 4.3 Densidade linear do fio

A densidade linear do fio é a relação entre o comprimento ( $L$ ) do fio e sua massa ( $M_f$ ), representado por  $\mu = \frac{M_f}{L}$ .

A representação física do coeficiente linear ( $a$ ) é:

$$a = 2f\sqrt{\frac{\mu}{g}}$$

Isolando  $\mu$  obtemos:

$$\mu = \frac{ga^2}{4f^2}$$

Considerando o valor da aceleração da gravidade

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

Podemos calcular o valor da densidade linear como:

$$\mu = 3.327 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/m}$$

O erro de  $\mu$  é dado por:

$$\Delta\mu = \frac{ga}{2f^2} \cdot \Delta a$$

E fazendo-se as devidas substituições chega-se ao valor de:

$$\Delta\mu = 3 \cdot 10^{-7} \text{ Kg/m}$$

Assim, o valor encontrado experimentalmente não está de acordo com o valor conhecido da densidade linear do fio, de  $2.340 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/m}$ .

O valor encontrado, bem longe do esperado, aponta para a possibilidade de erros experimentais como falhas na medição do comprimento do fio, na obtenção de ondas estacionárias e até mesmo talvez falha na contagem de ventres. Pelo gráfico, pode-se ver que há uma quantidade muito alta de erro aleatório, o que não se esperava dessa montagem experimental.

## 5 Conclusões

Neste experimento, utilizou-se a relação entre o comprimento de um fio, a tensão e número de nós da onda estacionária presente nele, à uma frequência conhecida. Com essa relação foi possível calcular a densidade linear do fio, encontrando o valor  $\mu = (3.327 \pm 0.003) \cdot 10^{-4} \text{ Kg/m}$ , que não corresponde com o valor conhecido, de  $2.340 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/m}$ . Assim, questiona-se a possibilidades de erros experimentais graves.