JOÃO GUILHERME CAMARGO - NºUSP : 11274507

/ /

Experimento 4 - Velocidade do Som

• Introdução

Onda sonora é definida como qualquer onda longitudinal, ou seja, que possuem a mesma direção de vibração de sua trajetória. A trajetória dessa onda implica que há uma velocidade envolvida que depende de algumas propriedades como comprimento de onda λ e frequência f, notados pela seguinte equação

$$v = \lambda . f \quad (1)$$

Neste experimento, ao emitir som na entrada de um tubo de acrílico cuja frequência é conhecida, algumas ondas sonoras estacionárias podem ser produzidas. Como existe um antinó na extremidade aberta e um nó na extremidade fechada, o modo mais simples (no caso geral) de se obter frequências de ressonância de um tubo de comprimento L com uma extremidade aberta e outra fechada é dado por

$$\lambda = \frac{4L}{n}, \text{ para } n = 1, 3, 5, ... \quad (2)$$

Assim, somente os harmônicos ímpares podem existir nesse tipo de tubo. Conhecendo o valor do comprimento L e a frequência f é possível determinar o respectivo comprimento de onda λ e ainda conhecer com qual velocidade a vibra ondas sonoras viajam. O objetivo do experimento, então, será determinar a velocidade do som no ar e a frequência de vibração de um diapasão desconhecido.

• Metodologia

Lista de material:
- Tubo de acrílico transparente com extremidade móvel;
- microfone;
- Amplificador;
- Fone de ouvido;
- Conjunto de cinco diapasões (4 com frequências conhecidas e um com frequência desconhecida);
- Termômetro ($\pm 0,5°C$);
- Martelo de borracha;
- Trena ($\pm 0,005 m$)
- Gerador de frequência ($\pm 1 Hz$)

Procedimento Experimental:

Posicionou-se o diapasão de modo que ele vibrasse num plano vertical sobre a extremidade aberta do tubo. Variando a posição da extremidade com o auxílio de um imã, vibrou-se o diapasão com o martelo de borracha. Escutando atentamente, variou-se a posição da extremidade móvel do tubo procurando um primeiro nível para o qual ocorra o máximo da intensidade do som (ressonância). Em seguida, localizou-se a posição da intensidade máxima o mais precisamente possível que foi identificado por A_1. O comprimento do tubo foi aumentado até localizar um segundo nível A_2 de ressonância, e assim por diante até toda a extensão do tubo. Os valores foram colocados em tabelas para realização das análises.

• Resultados e Discussão

a) Desprezando as medidas das extremidades para cada diapasão, determine os comprimentos de onda dos sons examinados, registrando esses valores também na respectiva tabela.

Utilizando a equação (2) calculou-se os valores de comprimento de onda λ que estão na última coluna de cada tabela.

Tabela 1 – Pontos de encontro para freqüência de 425,99 Hz.

n	L_1 (m) ± 0,005	L_2 (m) ± 0,005	L_3 (m) ± 0,005	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,175	0,185	0,184	0,181	0,007	0,724
3	0,582	0,589	0,587	0,586	0,006	0,781
5	0,997	0,991	0,992	0,993	0,006	0,794

Tabela 2 – Pontos de encontro para freqüência de 376,34 Hz.

n	L_1 (m) ± 0,005	L_2 (m) ± 0,005	L_3 (m) ± 0,005	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,212	0,205	0,204	0,207	0,007	0,828
3	0,665	0,663	0,659	0,662	0,006	0,883
5	1,111	1,119	1,117	1,116	0,007	0,893

Tabela 5 – Pontos de encontro para freqüência de 479,30 Hz.

n	L_1 (m) ± 0,005	L_2 (m) ± 0,005	L_3 (m) ± 0,005	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,162	0,161	0,163	0,162	0,005	0,648
3	0,521	0,522	0,520	0,521	0,005	0,695
5	0,872	0,877	0,879	0,876	0,006	0, 701

Tabela 4 – Pontos de encontro para freqüência de 525,06 Hz.

n	L_1 (m) ± 0,005	L_2 (m) ± 0,005	L_3 (m) ± 0,005	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,140	0,141	0,141	0,141	0,005	0,564
3	0,469	0,471	0,477	0,472	0,006	0,629
5	0,800	0,799	0,801	0,800	0,005	0,640

b) Porque as medidas das extremidades devem ser desprezadas?

As medidas das extremidades são desprezadas pelo fato de que as ~~ondas~~ ali presentes não apresentam ressonância, mas somente as ondas que se distribuem ao longo do tubo de acrílico.

c) Utilizando as frequências conhecidas dos diapasões e os resultados anteriores, determine a velocidade do som e sua média.

→ Para isso, utilizou-se o valor médio de cada comprimento de onda para as diferentes freqüências.

Tabela 5 – Velocidade do som para cada freqüência utilizada

Freqüência (Hz)	Velocidade do Som (m/s)
425,99	326,45
376,34	326,66
479,30	326,56
525,06	320,81

Valor médio: 325,12 m/s

d) Determine graficamente a velocidade do som no ar. Qual é o gráfico que deve ser montado?

Pela equação (1), substituindo λ por 4L/n, chega-se em uma equação para extrair diretamente a velocidade.

$$V = \frac{4Lf}{n} \quad (3)$$

Desse modo, construindo um gráfico de 4Lf versus n, o coeficiente angular da equação da reta será então o valor da velocidade do som.

A tabela a seguir apresenta os valores de m que equivalem à velocidade do som V.

Tabela 6 – Velocidade do som para cada freqüência utilizada encontrada graficamente pelo coeficiente angular v= 4Lf/n

Freqüência (Hz)	Velocidade do Som (m/s)
425,99	345,9
376,34	342,7
479,30	342,2
525,06	346,0

Valor médio= 344,20 m/s

tilibra

e) Discussão dos resultados dos itens c) e d)

Comparando os resultados obtidos pelo método direto (aplicação da equação) e graficamente, os que foram obtidos por este último foram mais precisos e próximos do valor esperado para T = 20°C que era de v = 343 m/s (um desvio de 0,35%, considerável pelo fato de que a 24°C a velocidade do som seria maior que o valor de literatura, ou seja, são valores precisos e válidos). Como para o método gráfico os pontos foram todos distribuidos e não se trabalhou com valor médio, o procedimento foi mais preciso.

f) Determine a frequência do diapasão de frequência desconhecida

→ Utilizou-se a velocidade do som v = 344,20 m/s, n = 5, L = 0,650 m

→ Através da equação 3 isolando f chega-se em:

$$f = \frac{Vn}{4L} \qquad (4)$$

Distância L (m)					
n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média
1	0,118	0,126	0,119	0,121	0,007
3	0,398	0,389	0,381	0,39	0,01
5	0,657	0,656	0,639	0,65	0,01

Tabela 7 – - Pontos de encontro para o diapasão de freqüência desconhecida

Logo, a frequência encontrada foi de $f = 661,92\ Hz$

g) Determinar velocidade do som a 0 °C.

Com $V(T) = 325,12\ m/s$

$$V_0 = \frac{325,12}{\sqrt{1 + \frac{24}{273}}} \Rightarrow V_0 = 311,7\ m/s$$

Com $V(T) = 344,20\ m/s$

$$V_0 = \frac{344,20}{\sqrt{1 + 24/273}} \Rightarrow V_0 = 330,01\ m/s$$

Para $V(T) = 344,20\ m/s$ chegou-se no valor esperado de $V = 330\ m/s$, enquanto que para $V(T) = 325,12\ m/s$ o valor foi estritamente menor, tratando-se de um valor cuja velocidade foi obtida por um método menos preciso.

h) Demonstração da equação (2)

$\lambda = 4L$ ⇝ modo mais simples

$\lambda = 4L/3$ ⇝ 2º modo mais simples

Logo $\Rightarrow$ $L = \frac{3\lambda}{4} = \frac{\lambda}{4} + \frac{n\lambda}{2}$

$$L = \frac{\lambda}{4} + 2n\lambda$$

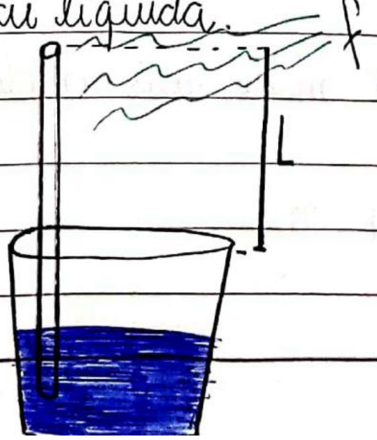
$$L = \frac{\lambda}{4}(2n+1)$$

$\therefore \lambda = \frac{4L}{2n+1}$ → admite apenas números ímpares, logo:

$\boxed{\lambda = \frac{4L}{n}}$ com $n = 1, 3, 5, \ldots$

i) Uma forma simples, limpa e mais barata de realizar este experimento

- balde com água com cano de PVC, cujo comprimento da coluna de ar pode ser variado facilmente possibilitando detectar os pontos de ressonância.
- As diapasões são substituídas por um programa de computador que gera áudios
- Através do som produzido, a uma determinada frequência, é possível variar o comprimento da coluna de ar até um valor total que ocorra a ressonância devido à reflexão das ondas na superfície líquida.



Conclusão

O objetivo do experimento foi concluído e pôde-se assim estudar os fenômenos envolvidos por trás da propagação de ondas mecânicas sonoras. Os valores encontrados de velocidade do som foram próximos do esperado, e tratando de um experimento prático, possíveis erros sistemáticos são inerentes, entretanto, não invalidam o procedimento.

Referências

- HALLIDAY. Fundamentos de Física, volume 2: Gravitação, ondas e termodinâmica; 9° edição, Rio de Janeiro - LTC, 2013
- SILVA, Wilton Pereira da et al. Velocidade do som no ar: um experimento caseiro com microcomputador e balde d'água. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v.25, n.1, p-71-80, 2003.

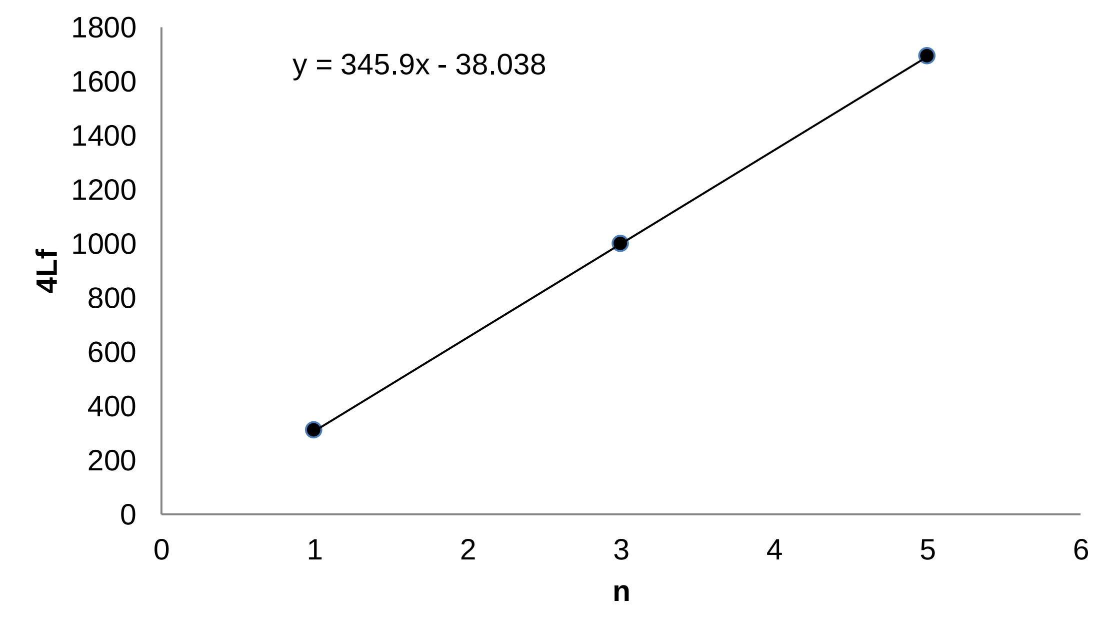


Gráfico 1- Frequência de 425,99 Hz

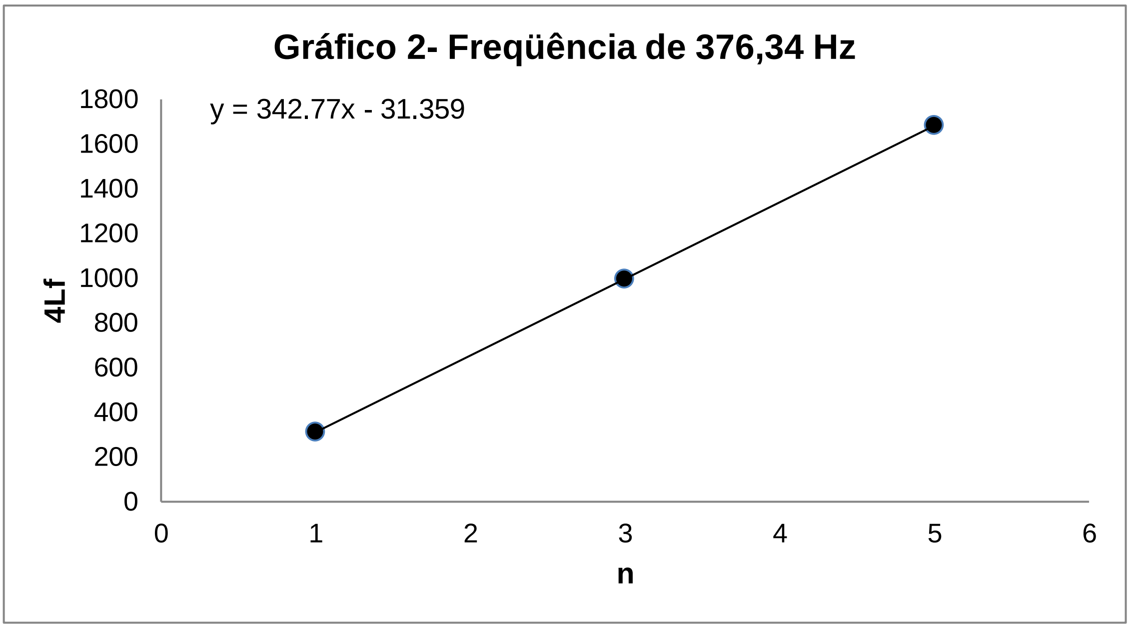


Gráfico 2- Freqüência de 376,34 Hz
y = 342.77x - 31.359
4Lf
n
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
0
1
2
3
4
5
6

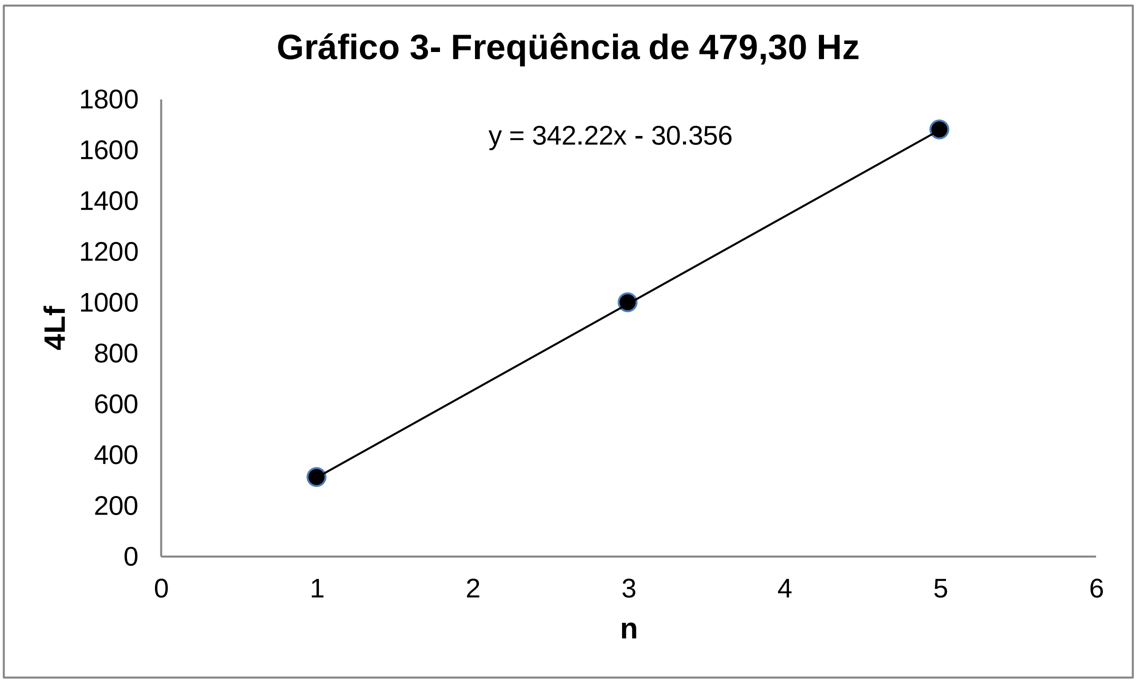


Gráfico 3- Freqüência de 479,30 Hz
y = 342.22x - 30.356
4Lf
n
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
0
1
2
3
4
5
6

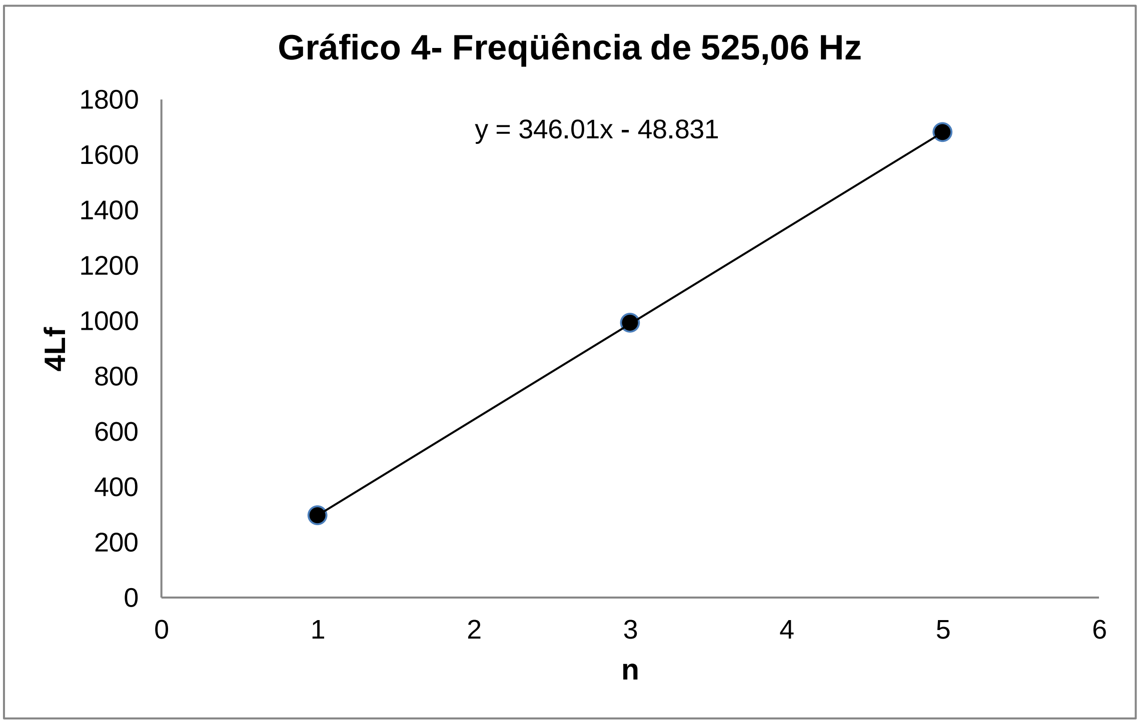


Gráfico 4- Freqüência de 525,06 Hz
y = 346.01x - 48.831
4Lf
n
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
0
1
2
3
4
5
6

DESVIOS PADRÃO (ITEM C)

- $v = 326,45 \pm 12,9$ m/s
- $v = 326,66 \pm 10,75$ m/s
- $v = 326,56 \pm 11,35$ m/s
- $v = 320,81 \pm 17,61$ m/s

Correção - Relatório 4

Item d) Determine graficamente a velocidade do som no ar. Qual é o gráfico que deve ser montado?

A partir da equação (1), rearranjando, chega-se em:

$$v = \frac{\lambda}{\frac{1}{f}}$$

Extraindo o coeficiente angular de um gráfico de λ versus $1/f$, encontra-se a velocidade do som no ar. O gráfico corrigido encontra-se ao final do relatório, com $v = 339,79$ m/s

→ O gráfico foi construído a partir dos valores λ para cada frequência no item A

• Discussão

Comparando os resultados obtidos pelo método direto e graficamente, este último foi o mais próximo do esperado para a velocidade do som no ar a 20°C que é de 343 m/s. Com o método gráfico, o desvio com a literatura foi de 0,93%, ao passo que o desvio do valor encontrado no item c com a literatura foi 5,2%.

Item f) Determine a frequência do diapasão de frequência desconhecida

Calculando a frequência para V = 325,12 m/s

$n = 1$ $f = 325/4 \times 0,121 = 671,5$ Hz
$n = 3$ $f = 975/4 \times 0,39 = 625$ Hz
$n = 5$ $f = 1625/4 \times 0,65 = 625$ Hz

Calculando a frequência para V = 339,79 m/s

$n = 1$ $f = 339,79/4 \times 0,121 = 702$ Hz
$n = 3$ $f = 1019,37/4 \times 0,39 = 653,44$ Hz
$n = 5$ $f = 1698,95/4 \times 0,65 = 653,44$ Hz

$$\boxed{\bar{f} = 654,9 \text{ Hz}}$$

Os gráficos feitos na primeira versão foram com base em cada frequência utilizada para as três medições que geraram 3 diferentes comprimentos de onda, gerando assim coeficientes angulares muito próximos. Entretanto, não foi um método muito preciso, recorrendo então a um único gráfico utilizando os valores médios de comprimento de onda e cada frequência.