

Experimento #4

As ondas sonoras são ondas mecânicas, ou seja, elas precisam de um meio para se propagar. A propagação de ondas em um meio homogêneo obedece a seguinte fórmula: $v = \lambda \cdot f$. Uma vez já familiarizada com as ondas estacionárias, temos conhecimento suficiente para analisar a propagação de ondas em um tubo de comprimento variável.

Para termos uma onda estacionária no tubo deste experimento, devemos ter um nó de deslocamento na extremidade fechada e um antinó de deslocamento na extremidade aberta. Podemos ver que o comprimento de onda fundamental é dado por $\lambda = 4L$, onde L é o comprimento que vai da extremidade aberta até a extremidade fechada do tubo, logo:

$$L = \frac{n \cdot \lambda}{4} \quad \text{sendo } n: 1, 3, 5, 7, \dots$$

A partir disso, teremos que encontrar as harmônicas através das pontas de ressonância e, posteriormente, calcular a velocidade de propagação no ar. Também será utilizado um diapasão, instrumento metálico sonoro que vibra em uma única frequência.

Metodologia

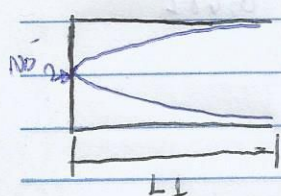
Foram utilizadas nessa prática um tubo de ressonância de acrílico, gerador de luzão, alto falante, microfone, detector de pico, diapasão de alumínio e martelinho.

~~Não~~ Na 1ª Parte o gerador de luzão gera ondas sonoras enquanto o tamanho do tubo era variado para achar as pontas de ressonância, e ao achar as pontas medimos com uma trena a distância.

Na 2ª Parte foi utilizado o ~~mar~~ diapasão no lugar do gerador de luzão, e com o martelinho fizemos o diapasão vibrar, emitindo ondas sonoras, com isso era mais capaz de descobrir as pontas de ressonância.

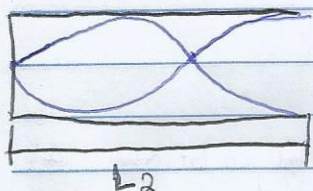
Resultados e discussão

Os tipos de onda que estamos analisando apresentam a seguinte característica:



Nesse caso, L_1 é a distância de um nó até a metade do freste, porém sabemos que a distância de um nó ao outro é igual a distância de um ventre ($\frac{\lambda}{2}$), então se vai até a metade de um ventre, $L_1 = \frac{\lambda}{4}$

Nesse caso, L_2 é a distância de um ventre completo ($\frac{\lambda}{2}$) mais a metade de um ventre ($\frac{\lambda}{4}$), logo $L_2 = \frac{3\lambda}{4}$



Nesse caso, L_2 é a distância de um ventre completo ($\frac{\lambda}{2}$) mais a metade de um ventre ($\frac{\lambda}{4}$), logo $L_2 = \frac{3\lambda}{4}$

Generalizando os casos, chegamos a seguinte expressão:

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

percebemos que n não pode ser um número par, já que sempre teremos a "metade" de um ventre nos casos examinados.

Com essa fórmula conseguimos descobrir o comprimento de onda com os valores das tabelas 1, 2, 3, e 4

Tabela 1 - Frequência = 425,99 Hz

$\lambda_{\text{médio}} = 0,7671111$

n	Distância (m)				Erro da média	$\lambda(m)$
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média		
1	0,175	0,185	0,184	0,181	0,007	0,725333333
3	0,582	0,589	0,587	0,586	0,006	0,781333333
5	0,997	0,991	0,992	0,993	0,006	0,794666667

$\lambda_{\text{médio}} = 0,76711$

data

S T Q Q S S D

Tabela 2 - Frequência = 376,34 Hz

 $\lambda_{\text{médio}} = 0,883111111 \text{ m}$

Distância (m)						$\lambda(m)$
n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média	
1	0,212	0,205	0,204	0,207	0,007	0,828
3	0,665	0,663	0,659	0,662	0,006	0,883111111
5	1,111	1,119	1,117	1,116	0,007	0,892533333

Tabela 3 - Frequência = 479,30 Hz

 $\lambda_{\text{médio}} = 0,681$

Distância (m)						$\lambda(m)$
n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média	
1	0,162	0,161	0,163	0,162	0,005	0,648
3	0,521	0,522	0,520	0,521	0,005	0,694666667
5	0,872	0,877	0,879	0,876	0,006	0,7008

Tabela 4 - Frequência = 525,06 Hz

 $\lambda_{\text{médio}} = 0,61 \text{ m}$

Distância (m)						$\lambda(m)$
n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média	
1	0,140	0,141	0,141	0,141	0,005	0,562666667
3	0,469	0,471	0,477	0,472	0,006	0,629733333
5	0,800	0,799	0,801	0,800	0,005	0,64

~~Como a frequência e o comprimento de onda são inversamente proporcionais~~

Sabendo as frequências e o comprimento de onda das cobrimos a velocidade do som e a sua média pela seguinte fórmula:

$$v = \lambda \cdot f$$

Tabela 5 - Frequência = 425,99 Hz

 $v_{\text{médio}} = 326,7816622$

Distância (m)				$v \text{ (m/s)}$
n	Média	Erro da média	$\lambda(m)$	
1	0,181	0,007	0,725333333	308,9847467
3	0,586	0,006	0,781333333	332,8401867
5	0,993	0,006	0,794666667	338,5200533

Tabela 6 - Frequência = 376,34 Hz

 $v_{\text{médio}} = 326,6115167$

Distância (m)				$v \text{ (m/s)}$
n	Média	Erro da média	$\lambda(m)$	
1	0,207	0,007	0,828	311,60952
3	0,662	0,006	0,883111111	332,3500356
5	1,116	0,007	0,892533333	335,8959947

data

(S) (T) (Q) (Q) (S) (S) (D)

Tabela 7 - Frequência = 479,30 Hz $V_{média} = 326,4778578 \text{ m/s}$

n	Distância (m)		$\lambda(m)$	v (m/s)
	Média	Erro da média		
1	0,162	0,005	0,648	310,5864
3	0,521	0,005	0,694666667	332,9537333
5	0,876	0,005	0,7008	335,89344

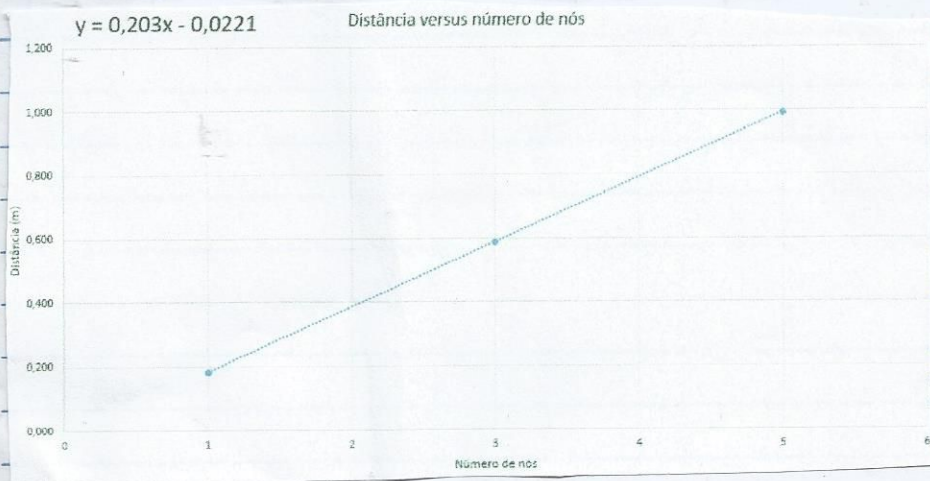
Tabela 8 - Frequência = ~~520~~ 525,06 Hz $V_{média} = 320,706648 \text{ m/s}$

n	Distância (m)		$\lambda(m)$	v (m/s)
	Média	Erro da média		
1	0,141	0,005	0,562666667	295,43376
3	0,472	0,006	0,629733333	330,647784
5	0,800	0,005	0,64	336,0384

Então temos como a velocidade média ~~total~~ a partir dos dados da tabela igual a $325,1461712 \text{ m/s}$

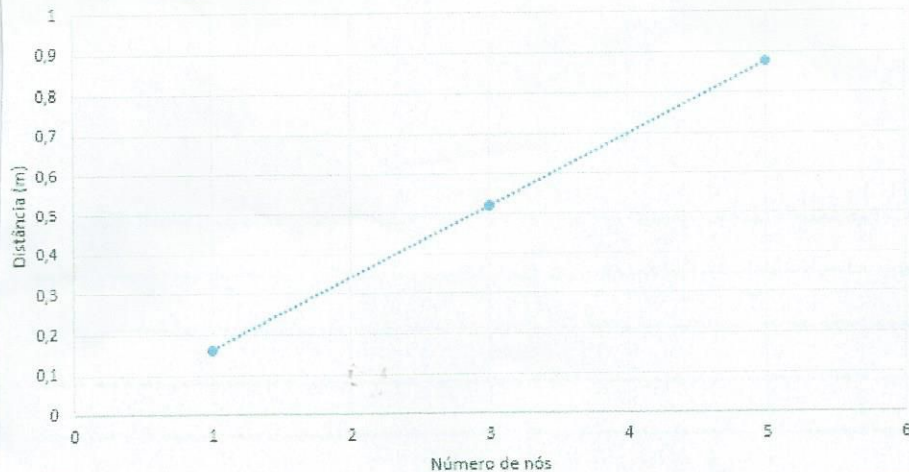
Vamos utilizar um gráfico de distância (m) versus o número de nós para descobrir graficamente a velocidade do som, o coeficiente angular da equação da reta desse gráfico é igual a $\frac{\lambda}{4}$, então

no multiplicarmos por 4 o coef. angular e teremos o λ graficamente.

Para $f = 425,99 \text{ Hz}$ temos $\lambda = 0,812 \text{ m}$ logo $V = 345,90 \text{ m/s}$ Para $f = 376,34 \text{ Hz}$ temos $\lambda = 0,9088 \text{ m}$ logo, $V = 342,02 \text{ m/s}$ 

$$y = 0,1785x - 0,0158$$

Distância versus número de nós



data

(S) (T) (Q) (Q) (S) (S) (D)

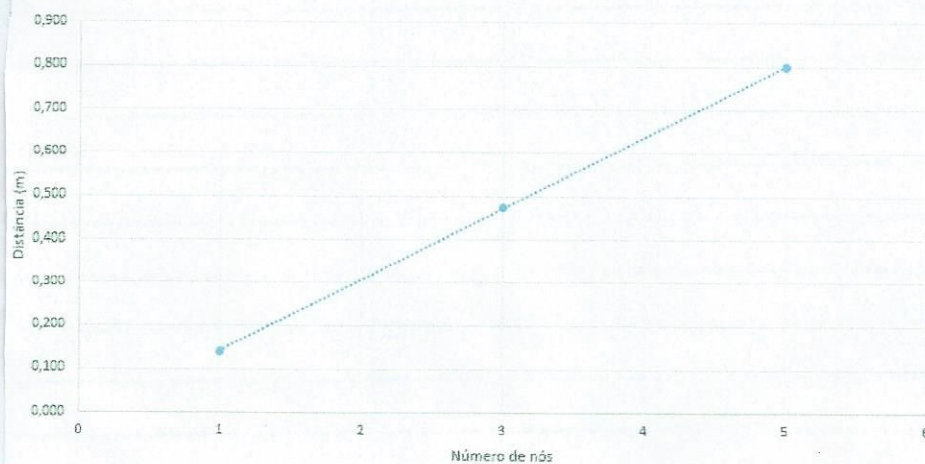
Para $f = 479,30 \text{ Hz}$

temos $\lambda = 0,714$

logo, $v = 342,22 \text{ m/s}$

$$y = 0,1548x - 0,0235$$

Distância versus número de nós



Para $f = 525,06 \text{ Hz}$

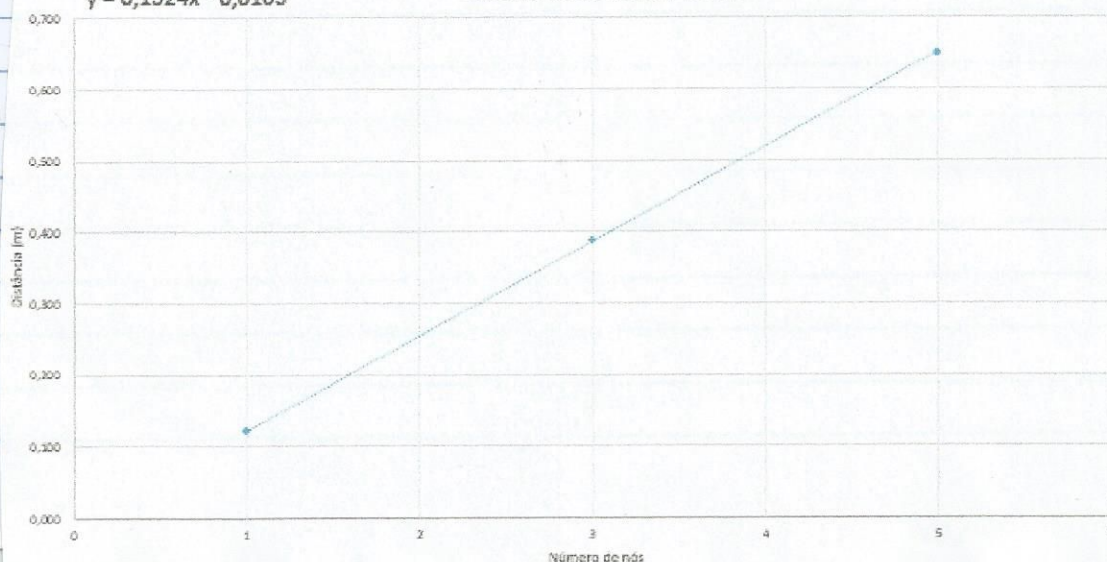
temos $\lambda = 0,6592 \text{ m}$

logo $v = 346,12 \text{ m/s}$

Por fim, temos que o v médio obtido graficamente é igual a $344,06 \text{ m/s}$. Podemos perceber a discrepância entre os valores obtidos graficamente e pela tabela, havendo uma diferença de $18,92$ entre as velocidades. Porém a velocidade obtida graficamente é bem precisa e condizente à realidade, já que a 20°C , a velocidade do som no ar é igual a 343 m/s . Agora com esses dois valores, vamos descobrir a frequência do diapasão com os dados obtidos na tabela e pelo gráfico abaixo:

$$y = 0,1324x - 0,0103$$

Distância versus número de nós



data

S T Q Q S S D

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

Com o gráfico somos capazes de descobrir o λ Diagrama e por sua vez a frequência da diapasão:

$$\lambda = 0,5296 \text{ m} \quad \text{Usando } v = \lambda \cdot f$$

$$\text{temos para } v_1 = 344,06 \text{ m/s};$$

$$f = 630,78 \text{ Hz} \quad \text{Mais precisa}$$

$$\text{e para } v = 325,14 \text{ m/s} \text{ temos:}$$

$$f = 613,93 \text{ Hz} \quad \text{Menos precisa}$$

Podemos observar uma diferença de ^{16,85} ~~16,85~~ Hz entre as frequências e podemos dizer que a frequência de ~~630,78 Hz~~ ^{630,78 Hz} é a que chega mais próxima da verdadeira frequência da diapasão. Vale lembrar que desprezamos as extremidades da diapasão devido a distância entre o aparelho que produz o som não foi incluída nos dados e ela é necessária, visto que o espaço percorrido pelo som até entrar no tubo é considerável.

Para descobrir a velocidade do som a 0°C , vamos utilizar a seguinte fórmula:

$$v(T) = v_0 \sqrt{1 + \beta \cdot T}$$

$$v(25) = 344,06 \text{ m/s}$$

$$v(25) = v_0 \sqrt{1 + \frac{25}{273}}$$

$$v_0 = 329,31 \text{ m/s}$$

A velocidade do som a 0°C é igual a $331,45\text{ m/s}$, havendo uma diferença de $2,14$ entre a velocidade obtida com a real velocidade do som a 0°C , provando nossa boa precisão.

Um método mais fácil de descobrir a velocidade do som no ar, seria substituir o gerador de função/alto falante por um diapás com frequência conhecida, seria desse jeito um experimento mais simples e barato.

Conclusão

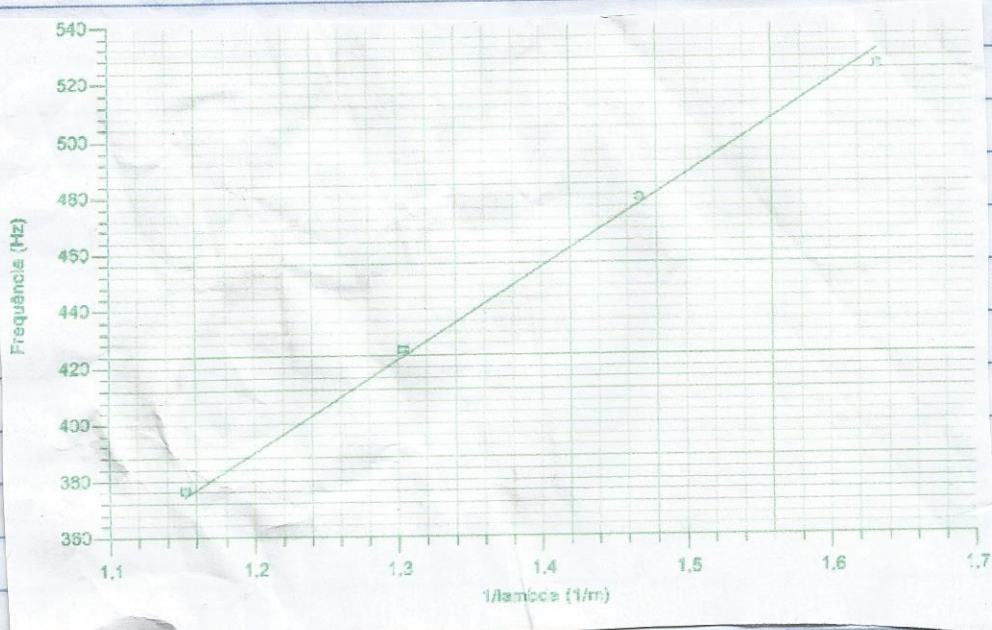
Com esse experimento aperfeiçoamos nosso conhecimento sobre onda, já visto em experimentos passados. Com os dados obtidos na primeira etapa construímos tabelas e gráficos, e percebemos que os valores de velocidade obtidos pelos gráficos foram mais condizente com a realidade, logo mais precisos. Também descobrimos a frequência do diapás que mais chega perto da sua verdadeira frequência, além de descobrir a velocidade a 0°C .

Correção:

Utilizando, $v = \lambda f$, temos:

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

$$y = a \cdot x + b \quad b=0$$



Com o coeficiente angular temos: $v = 324,79 \text{ m/s}$

Com isso vemos a pequena diferença pelo método das tabelas,

Agora com o diapasão temos:

Diapasão (frequência desconhecida)					$\lambda \text{ (m)}$
Distância(m)	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	
A1	0,118	0,126	0,119	$0,121 \pm 2,11 \cdot 10^{-3}$	$0,484 \pm 1,69 \cdot 10^{-3}$
A2	0,398	0,389	0,381	$0,389 \pm 4,04 \cdot 10^{-3}$	$0,519 \pm 3,23 \cdot 10^{-3}$
A3	0,657	0,656	0,639	$0,651 \pm 4,79 \cdot 10^{-3}$	$0,521 \pm 3,84 \cdot 10^{-3}$

- Para fazer a média do λ não usamos a primeira medição, devido sua grande incerteza, está:

$$\lambda_{\text{médio}} = 0,52 \text{ m}$$

Agora vamos usar os valores de velocidade obtidos para calcular a frequência

Frequência com a velocidade das tabelas: (325,14 m/s)

$$\hookrightarrow f = 625,27 \text{ Hz}$$

Frequência com a velocidade dos gráficos (324,79 m/s)

$$\hookrightarrow f = 624,59 \text{ Hz}$$

Como já esperado, as frequências foram parecidas, então provavelmente a frequência do diapásmo está nesse intervalo

Agora para a velocidade do som a OC temos:

$$V(T) = V_0 \sqrt{1 + \beta \cdot T}$$

$$\hookrightarrow \text{Utilizando } V(T) = 325,14$$

$$\hookrightarrow V_0 = \frac{325,14}{\sqrt{1 + \beta \cdot T}} = \frac{325,14}{1,04} = 312,5 \text{ m/s}$$