

Exp IV

## VELOCIDADE DO SOM NO AR: TUBO DE RESSONÂNCIA

### → INTRODUÇÃO

A velocidade de propagação de uma onda é a rapidez com que a onda se propaga em determinado meio. Ela depende da distância percorrida pela onda e do intervalo de tempo gasto para percorrer essa distância. A fórmula que se usa para calcular a velocidade de propagação de uma onda é  $V = \lambda \cdot f$  (Equação 1)

Nessa experimento, existem situações em que dentro do tubo se formam ondas sonoras estacionárias. Na parede interna do tubo as moléculas de ar são restringidas a ficar paradas, formando assim um nó de deslocamento nulo. Na superfície aberta do tubo, a condição apropriada é que a pressão do ar se mantenha constante, resultando em um nó de pressão (igual à pressão atmosférica). Pressão nula corresponde a um extremo de deslocamento, equivalente a um ventre de deslocamento na boca do tubo. Essas duas condições de contorno selecionam uma série de harmônicos em que ocorre uma ressonância entre a vibração sonora da fonte e os modos naturais de vibração do tubo. Assim, o comprimento ( $L$ ) de um tubo sonoro corresponde a  $L = \frac{\lambda \cdot n}{4}$  (Equação 2), para um  $n$  ímpar,  $n = 1, 3, 5, 7, \dots$

### → MATERIAIS E METODOLOGIA

• materiais: tubo de acrílico com extremidade móvel, amplificador, microfone, fone de ouvido, gerador de funções, conjunto de 5 diapirões (sendo 4 com frequências conhecidas e 1 com desconhecida), termômetro, trena e martelo de borracha.

- colocou-se o diapasão para que vibrasse na extremidade aberta do tubo.
- vibrou-se o diapasão com o martelo de borracha
- variou-se a posição da extremidade móvel do tubo com o auxílio de um ímã, procurando o primeiro nível onde ocorreu ressonância.
- localizou-se a posição precisamente marcando-a com giz (esse ponto seria  $A_1$ , com  $A_0$  sendo a extremidade do tubo)
- aumentou-se o comprimento do tubo para localizar o segundo nível de ressonância  $A_2$
- repetiu-se até o final do tubo e registrou-se os valores nas Tabelas 1
- fez-se os mesmos para os outros 4 diapasões (incluindo o de frequência desconhecida) e registrou-se os valores nas respectivas Tabelas 2, 3, 4 e 5.

## → RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Para determinar os comprimentos das ondas utilizou-se a Equação 2, isolando  $\lambda$ , com  $L$  e  $n$  retirados das Tabelas 1, 2, 3 e 4. Completou-se essas Tabelas com os respectivos valores obtidos.

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

EM ANEXO

b) A extremidade aberta funciona como um nó de pressão e a extremidade fechada funciona como um nó de deslocamento; assim as ondas nesse locais não apresentam ressonância.

c) Com o objetivo de obter a velocidade do som no ar, utilizou-se a Equação 1, com os valores médios do comprimento ( $L$ ) e as frequências utilizadas em cada caso. Os valores obtidos estão na Ta-

bela 6. E o valor médio foi  $V = 325,19 \text{ m/s}$

• TABELA 6 EM ANEXO

d) Para determinar graficamente a velocidade do som, é necessário primeiramente manipular as Equações 1 e 2; da seguinte forma:

$$L = \lambda n \rightarrow \lambda = \frac{4L}{n} \quad (\text{I}) \quad V = \lambda \cdot f \quad (\text{II})$$

• Substituindo I em II:  $V = \frac{4Lf}{n}$

Portanto, fazendo um gráfico de  $4Lf$  por  $n$ , o coeficiente angular da reta desse gráfico será a velocidade do som. Os Gráficos 1, 2, 3 e 4 estão em anexo, bem como os valores obtidos da velocidade que estão na Tabela 7. E o valor médio foi  $V = 344,06 \text{ m/s}$

• TABELA 7 EM ANEXO

e) Ao comparar os dois valores da velocidade do som com o valor real da velocidade do som a  $20^\circ\text{C}$  que é aproximadamente  $340 \text{ m/s}$ ; percebe-se que o valor de  $344,06 \text{ m/s}$  obtido através do método gráfico é mais preciso. Isso ocorre pois o método gráfico utiliza os pontos distribuídos, e não seus valores médios, aumentando a precisão.

f) Para determinar a frequência da diapasão utilizou-se a equação  $V = \frac{4Lf}{n}$ , isolando  $f$ , e os valores de  $L$  médio e  $n$  da Tabela 5, e  $V = 344,06 \text{ m/s}$ .  
Tomou-se a média dos 3 valores obtidos, que resultou em  $678,06 \text{ Hz}$

g) • Método direto (fórmulas):

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

$$325,19 = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{273} \cdot 24} \rightarrow V_0 = 311,77 \text{ m/s}$$

• Método gráfico:

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

$$349,06 = V_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{273} \cdot 24} \rightarrow V_0 = 329,87 \text{ m/s}$$

De acordo com a teoria e os cálculos reais, o valor da velocidade do som a  $0^\circ \text{C}$  é aproximadamente  $330 \text{ m/s}$ ; e com o valor de  $V_0$  do método gráfico chegou-se extremamente próximo desse valor, comprovando a maior precisão desse método.

h) Demonstração da Equação 2:

$$\lambda = 4L \quad \text{nodo mais simples}$$

$$\lambda = \frac{4L}{3} \quad \text{segundo nodo mais simples}$$

$$\text{Aním} \quad \frac{L}{4} = \frac{3\lambda}{4} \rightarrow L = \frac{\lambda}{4} + \frac{3n\lambda}{4} \rightarrow L = \frac{\lambda}{4} + \frac{3n\lambda}{4} \rightarrow L = \frac{\lambda(2n+1)}{4}$$

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

aceita apenas números ímpares

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

com  $n = 1, 3, 5, \dots$  C.Q.D.

i) Pode-se utilizar um balde de água que se comunica com um tubo, e que dê para marcar e anotar as medidas em que ocorre as ressonâncias; e a água deve cobrir apenas uma das extremidades do tubo. Usa-se também um aplicativo ou programa que produz áudios com suas respectivas frequências. Então varia-se o comprimento do tubo (coluna de ar) até os pontos em que acontece a ressonância, que ocorre por causa da reflexão das ondas do som na água.

### → CONCLUSÃO

Com a realização do experimento, pode-se analisar e compreender os fenômenos que envolvem a propagação das ondas mecânicas sonoras. Os valores da velocidade do som encontrados foram bem próximos do esperado, ainda mais se forem levados em conta os erros experimentais e os desvios de idealidade. Portanto conclui-se que o objetivo do experimento foi alcançado, validando a metodologia usada.