Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais

Graduação em
Engenharia da Computação

Prática 09 - Ondas Estacionárias

Alunos:
Egmon Pereira;
Igor Otoni Ripardo de Assis
Leandro de Oliveira Pinto;
Nicollas Andrade Silva

Professor:
Anderson Augusto Freitas

1 Introdução

Uma onda estacionária é uma onda que é propagada até um limite, onde ela é refletida e retorna no sentido oposto e invertida. Sendo assim possui a mesma amplitude, o mesmo período e o mesmo comprimento de onda. Entretanto é oposta à onda inicial. Na figura a seguir a onda tracejada representa a onda inicial refletida. Pode-se perceber que certos pontos da onda permanecem imóveis em relação à vertical. Estes pontos são chamados modos ou harmônicos.

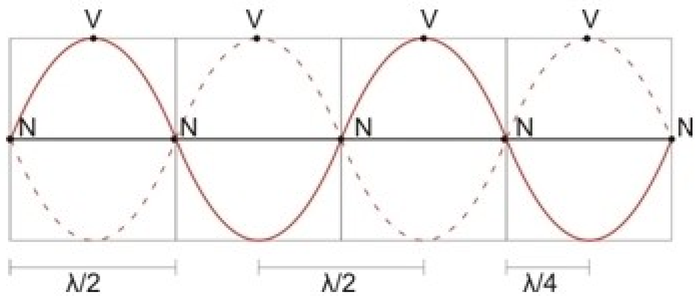

Figura 1: Representação do 4º Harmônico de uma Onda Estacionária.

A equação de uma onda é y(x,t) = A·sen(k.x $\pm$ ω.t + ϕ), considerando que a constante de fase(ϕ) seja 0, e a onda inicial está indo para a direita a equação pode ser reescrita assim: y(x,t) = A·sen(k.x - ω.t), e a equação da onda refletida por esta em direção oposta, para a esquerda, então fica assim: y(x,t) = A·sen(k.x + ω.t).

Estas duas ondas vão co-existir no mesmo meio e portanto vão se sobrepor. Segundo o Principio de sobreposição, que é o fenômeno que ocorre quando duas ou mais ondas se encontram gerando uma onda resultante, igual à soma algébrica das perturbações de cada onda. Tem-se:

$$y = y1 + y2 = Asen(k.x - \omega.t) + Asen(k.x + \omega.t) \tag{1}$$

Sabe-se que:

$$sen(a \pm b) = sen(a) \cdot cos(b) \pm sen(b) \cdot cos(a) \tag{2}$$

Logo pode-se escrever as equações anteriores como:

$$y_2 = A \cdot sen(kx) \cdot cos(\omega t) \pm sen(\omega t) \cdot cos(kx) \tag{3}$$

E então tem-se que a equação de uma onda estacionária é:

$$y_1 + y_2 = 2 \cdot Asen(kx) \cdot cos(\omega t) \tag{4}$$

Estas ondas podem ser ondas sonoras dentro de tubos, que é o que acontece em instrumentos de sopro como a flauta. Nestes casos pode-se ter um situação em que o tubo é aberto em uma extremidade, e quando é aberto em ambas as extremidades.

Veja uma figura a seguir do tubo fechado em uma extremidade:

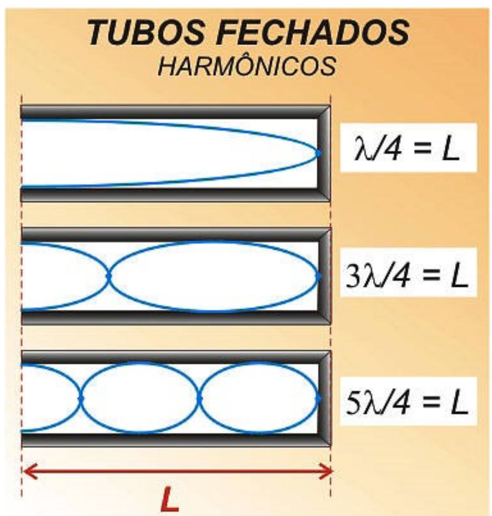

Figura 2: Onda Estacionária dentro de um Tubo Fechado. 1º, 2º e 3º Harmônico.

Pode-se observar que uma onda estacionária dentro de um tubo fechado, forma hamônicos de maneira que na extremidade fechada do tubo sempre há um modo, e na extremidade aberta um vale. Na situação que temos o primeiro harmônico, o comprimento do tubo é $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda (λ). E os seguintes comprimentos podem ser observados na imagem. Analisando estes comprimentos é possível determinar uma proporcionalidade, sendo que é possível determinar um valor n, que multiplicado por $\frac{1}{4}$ encontra-se o comprimento L do tubo, este n pode assumir valores de números ímpares positivos como 1,3,5,7 e etc.

As ondas também podem ser propagadas em tubos abertos em ambas as extremidades veja a ilustração seguir:

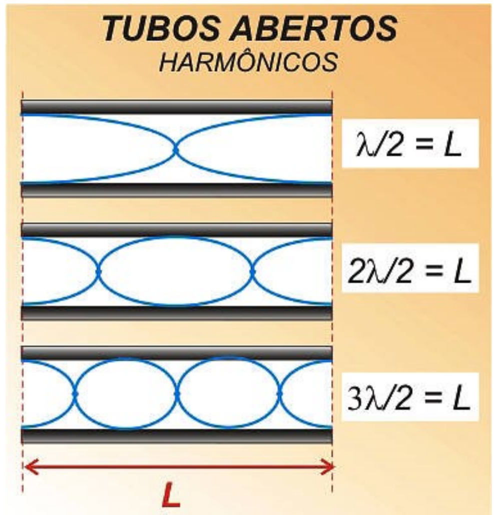

Figura 3: Onda Estacionária dentro de um Tubo Aberto. 1º, 2º e 3º Harmônico.

Pode-se observar que nas extremidades do tubo sempre há vales, enquanto os modos ficam dentro do tubo. Temos também que a proporcionalidade n entre os harmônicos e o comprimento do tubo é de números positivos como 1,2,3,4... multiplicados por $\frac{1}{2}$.

2 Objetivos

Determinar a coluna de ar em um tubo para obtermos o primeiro harmônico de um onda estacionária.

3 Procedimento, material, instrumentos

Os materiais utilizados neste experimento foram:

- Diapasão;
- Martelo de Diapasão;
- Becker 150ml;
- Tubo de ensaio de 28,9 cm;
- Trena.

Para este experimento primeiramente mediu-se o tamanho do tubo, que foi de 28,9 cm , em seguida sabendo que a velocidade do som no ar é de 340 m/s e que a v = λ . f, sendo λ o comprimento de onda e f a frequencia. A frequencia do diapasão era de 440 Hz, é possível descobrir o comprimento de onda de uma onda que se propaga dentro deste tubo, que neste caso é:

Harmônico	**Comprimento do tubo (m)**
1º	0,1932
2º	0,5795
3º	0,9659

Tabela 1: Tabela dos cálculos da coluna de ar para gerar o Harmônico desejado.

Utilizando a equação $L = \frac{n \cdot \lambda}{4}$; pode-se identificar a posição do tubo onde os modos dos harmônicos irão se formar. Sendo assim, pode-se colocar água até que a coluna de ar dentro do tubo seja a melhor para formar algum harmônico.

Fazendo estes cálculos percebe-se que o único harmônico possível de ser formado em um tubo de 28,9 cm é o primeiro harmônico. Para identificar este harmônico no tubo foram precisos 5,58 cm de água para que a coluna de ar fosse de 19,32 cm. Com isso ao vibrar o diapasão e aproximando ele da boca do tubo, é possível ouvir um som, harmônico, e não apenas barulho.

Veja a seguir fotos da montagem realizada em laboratório:

Figura 4: Onda sonora emitida pelo diapasão entra pelo Tubo

4 Conclusão

Realizando este experimento pode-se perceber que uma onda sonora dentro de um tubo fechado pode formar ondas estacionárias de acordo com a coluna de ar dentro do tubo. No caso deste experimento foi possível encontrar apenas o primeiro harmônico, devido ao tamanho do tubo. Este harmônico estaria à uma coluna de 19,32 cm de ar.