Vou corrigir rapidamente. Não há motivos para excesso de orientações pois não haverá mais estudos por parte de vocês neste semestre.

**ESTUDO DA VELOCIDADE DO SOM NA PROPAGAÇÃO DE ONDAS ESTACIONÁRIAS E ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE BATIMENTOS A PARTIR DO NÚMERO DE BATIDAS EM UM INTERVALO DE TEMPO**

Estavam indo bem. Não teve a conclusão (??)

Nota 8,5

 **Felipe de Oliveira Lima Gabriel Guidi Cardoso**

 **Gabriel Lacerda Soares Gabriel Nascimento Rangel**

 **Lucas Sales R. de Oliveira**

**Resumo:** Este artigo apresenta uma comparação entre dois comportamentos estudados na interferência de ondas sonoras. Primeiramente calculou-se a velocidade do som no ar a partir da relação para ondas estacionárias em um tubo com uma extremidade fechada, onde o comprimento de onda foi encontrado pela distância entre os anti nós na onda resultante, onde a intensidade do som é maior. As velocidades obtidas corresponderam com o esperado, fornecendo valores muito próximos de 340,29 m/s, que é a velocidade do som no vácuo no nível do mar. No experimento de batimentos, mediu-se a quantidade de batimentos em um intervalo de tempo cronometrado, assim, com esses dados, foi possível encontrar a frequência dos batimentos, que é dada pela diferença entre as frequências utilizadas que eram previamente conhecidas.

**Palavras-chave:** Ondas Estacionárias, Batimentos, Frequência de Oscilação.

.

**Introdução**

**Parte 1 – Ondas Estacionárias**

 O estudo de ondas é de extrema importância no desenvolvimento da tecnologia atual. É devido a seu caráter oscilatório que tecnologias como o rádio, televisão, transmissão de dados por satélite e o forno microondas puderam ser inventados.

No estudo da propagação de ondas, a ressonância de uma onda é observada quando há uma interferência de ondas periódicas com frequências, comprimentos de onda e amplitudes iguais se propagando em sentidos contrários. O principal caso de ocorrência desse evento é quando a própria onda reflete em uma superfície e retorna na mesma direção da propagação inicial, criando uma estrutura de ressonância conhecida como onda estacionária.

 Suponhamos um tubo com uma de suas extremidades fechadas e uma onda sonora que se propaga por dentro deste. Para determinados comprimentos do tubo, teremos um evento onde a onda sonora irá refletir na extremidade fechada e retornará em uma estrutura de ressonância, que apresentará um vale (ou anti nó) coincidindo com a extremidade aberta. Neste ponto, se um observador está posicionado com o ouvido perto da extremidade aberta, este irá ouvir um som com maior intensidade do que se o tubo tivesse um comprimento diferente.

 A Figura 1 apresenta a relação entre o comprimento do tubo ($L$) utilizado com relação ao comprimento de onda (λ).



Figura 1 – Relação entre o comprimento da onda em ressonância com o comprimento do tubo

 A relação para que este fenômeno ocorra é: $L$ deve ser um múltiplo ímpar de $\frac{λ}{4}$. Assim, pode-se escrever uma relação no formato:

$$L\_{2n-1}= \frac{(2n-1)v}{4f} v= λf n=1,2,3,…$$

 É possível ainda relacionar a distância entre dois vales utilizando o comprimento do tubo e o comprimento da onda sonora. Para encontrar esse resultado, pode-se observar a relação entre dois vales próximos, como $y= L\_{3}- L\_{1}$.

$$y= \frac{3v}{4f}- \frac{v}{4f}= \frac{v}{2f}$$

 Com isso, o objetivo desta parte do experimento é a realização de uma comparação entre um resultado teórico e experimental para o comportamento de uma onda sonora em uma situação de onda estacionária.

**Parte 2 – Batimentos**

É o fenômeno que ocorre quando duas ondas acústicas de frequências parecidas se superpõem, fazendo um aumento e uma diminuição constante da intensidade Sonora (interferências construtivas e destrutivas, respectivamente). Quanto menor a diferença entre as duas frequências, maior será o ritmo das batidas, até que elas se sobreponham totalmente e produzam um som sem variação da intensidade (as frequências se tornam iguais).

 A presença do comportamento de batimentos é fundamental quando o objetivo de um estudo é igualar duas ondas de frequências inicialmente distintas, esse tipo de aplicação fica explícito principalmente quando se realiza a afinação de instrumentos musicais.

 A frequência de uma batida depende somente da diferença entre as frequências que estão interferindo entre si. Assim, temos que:

$$f\_{batimento}=f\_{1}- f\_{2}$$

 A Figura 2 apresenta o comportamento de duas ondas com frequências diferentes e como a interferência de ambas cria momentos onde não há som (interferência destrutiva) e onde as ondas se somam e propagam um som com maior intensidade que as ondas originais (interferência construtiva).



Figura 2 – Interferência entre duas ondas de frequências distintas (a) e (b), gerando um padrão de batimentos (c)

 Assim, o objetivo deste artigo, também inclui a comparação entre a diferença teórica entre as frequências utilizadas e o resultado experimental obtido quando se utiliza o número de batimentos em um intervalo de tempo.

**Procedimento Experimental:**

 Os materiais necessários para realização deste experimento são:

* Régua milimetrada;
* Programa gerador de frequências de áudio;
* Computador com caixas de som;
* 40 cm de um cano de 32 mm (tubo de PVC);
* Balde ou tubo de água com altura de 40 cm;
* Crônometro.

**Parte 1 – Ondas Estacionárias**

 Com o balde ou tubo cheios de água, deve-se ligar o programa gerador de frequência e escolher uma frequência para ser analisada. Assim que o som começar a ser emitido, deve-se introduzir uma extremidade do cano lentamente dentro do tubo e se posicionar com o ouvido próximo a extremidade aberta. A Figura 3 apresenta a esquematização do experimento.



­­­Figura 3 – Posicionamento do observador e do equipamento utilizado no experimento de ondas estacionárias.

 Deve-se então, adotar um ponto de referência para o balde (recomenda-se utilizar a extremidade superior do mesmo). O ouvinte, posicionado como descrito anteriormente, deve fazer marcações no cano para os pontos onde ouvir o som com maior intensidade. Esta distância entre os dois pontos, chamada na introdução de $y$ deve ser medida para que se possa comparar os resultados experimentais e teóricos.

 A Tabela 1 apresenta as relações dos dados obtidos.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$y\_{1}(mm)$$ | $$y\_{2}(mm)$$ | $$y\_{3}(mm)$$ | $$<y>(mm)$$ | $$σ (mm)$$ | $$f (Hz)$$ |
| 141 | 138 | - | 139 | 1 | 1200 |
| 114 | 102 | 104 | 107 | 4 | 1600 |
| 78 | 86 | 78 | 81 | 3 | 2000 |
| 65 | 76 | - | 70 | 5 | 2400 |

Tabela 1 – Distância aparente entre dois vales na estrutura de ondas estacionárias para as frequências utilizadas

 Onde $y\_{n} (n=1 ,2, 3)$ são as medidas de comprimento do tubo onde se percebeu as maiores intensidades da onda estacionária, $<y>$ é a média das $n$ distâncias para cada frequência, $σ$ é a variação estatística das medidas realizadas e $f$ é a frequência da onda.

**Parte 2 – Batimentos**

Para esta etapa do experimento, devemos utilizar o programa gerador de frequências de áudio, de modo que tenhamos duas caixas de som, e cada uma reproduza uma frequência diferente.

 A Tabela 2 representa os intervalos de tempo medidos, relacionados ao número de batidas e frequências diferentes utilizadas.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Frequências ($Hz$) | Tempo ($s$) | Número de Batidas |
| 200 e 201 | $$15,0\pm 0,2$$ | 15 |
| 200 e 202 | $$7,5\pm 0,2$$ | 15 |
| 200 e 203 | $$5,0\pm 0,2$$ | 15 |
| 500 e 501 | $$15,1\pm 0,2$$ | 15 |
| 500 e 502 | $$7,5\pm 0,2$$ | 15 |
| 500 e 503 | $$5,0\pm 0,2$$ | 15 |

Tabela 2 – Tempo medido para determinado número de batidas para as determinadas frequências reproduzidas

 Cada tempo da tabela representa o tempo total para o número total de batidas.

**Resultados e Conclusões:**

 A relação que buscada na Parte 1 (Ondas Estacionárias) é a comparação entre as velocidades obtidas para a propagação em diferentes frequências. A medida que se aumenta a frequência, consequentemente, temos um comprimento de onda menor, a equação que relaciona os comprimento entre dois anti nós e as frequências fornece os resultados teóricos apresentados na Tabela 2.

Tendo o conhecimento prévio de que a velocidade do som no ar no nível do mar é de aproximadamente 340,29 m/s, pode-se comparar os dados experimentais com os teóricos. Essa comparação será realizada calculando-se um valor D que é o quociente entre a velocidade teórica do som e as velocidades obtidas experimentalmente.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$<y>(mm)$$ | $$σ (mm)$$ | $$f (Hz)$$ |  $v\_{experimental}(\frac{m}{s})$ | Δ$v\left(\frac{m}{s}\right)$ | $$D=\frac{v\_{som}}{v\_{experimentl}}$$ |
| 139 | 1 | 1200 | 334,8 | 4 | 1,01 |
| 107 | 4 | 1600 | $34 x$ 10¹ | $$1 x 10¹$$ | 0,99 |
| 81 | 3 | 2000 | $$32 x 10¹$$ | $$1 x 10¹$$ | 1,05 |
| 70 | 5 | 2400 | $$34 x 10¹$$ | $$3 x 10¹$$ | 1,01 |

Tabela 3 – Velocidades do som calculadas a partir dos dados experimentais coletados

 Como observado, o termo D está muito próximo de 1, assim, as relações dos dados obtidos concordam com a teoria e o experimento representa dados satisfatórios.

 Para a segunda parte do experimento, calcula-se a divisão do número de batimentos pelo tempo medido. Esse resultado fornece a frequência em Hertz para cada batimento. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 4.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Frequências ($Hz$) | Tempo ($s$) | Número de Batidas (N) | Tempo de cada batida(s) | Frequências Calculadas $\left(\frac{N}{Tempo}\right)$ |
| 200 e 201 | $$15,0\pm 0,2$$ | 15 | 1,002 | $$0,99\pm 0,01$$ |
| 200 e 202 | $$7,5 \pm 0,2$$ | 15 | 0,503 | $$1,99\pm 0,05$$ |
| 200 e 203 | $$5,0\pm 0,2$$ | 15 | 0,335 | $$3,0\pm 0,1$$ |
| 500 e 501 | $$15,1 \pm 0,2$$ | 15 | 1,004 | $$1,00\pm 0,01$$ |
| 500 e 502 | $$7,5\pm 0,2$$ | 15 | 0,498 | $$2,01\pm 0,05$$ |
| 500 e 503 | $$5,0\pm 0,2$$ | 15 | 0,335 | $$3,0\pm 0,1$$ |

 A partir das frequências calculadas, pode-se realizar uma comparação através do resultado teórico. Pela teoria, a frequência dos batimentos é a diferença entre as frequências utilizadas, assim, temos que para as frequências esperadas foram:

$$201 – 200 = 501 – 500 = 1 Hz$$

$$202 – 200 = 502 – 500 = 2 Hz$$

$$203 – 200 = 503 – 500 = 3 Hz$$

 Fica claro que os resultados experimentais corroboram com os dados teóricos, o que apresenta um resultado satisfatório para o experimento proposto.