

ACÚSTICA

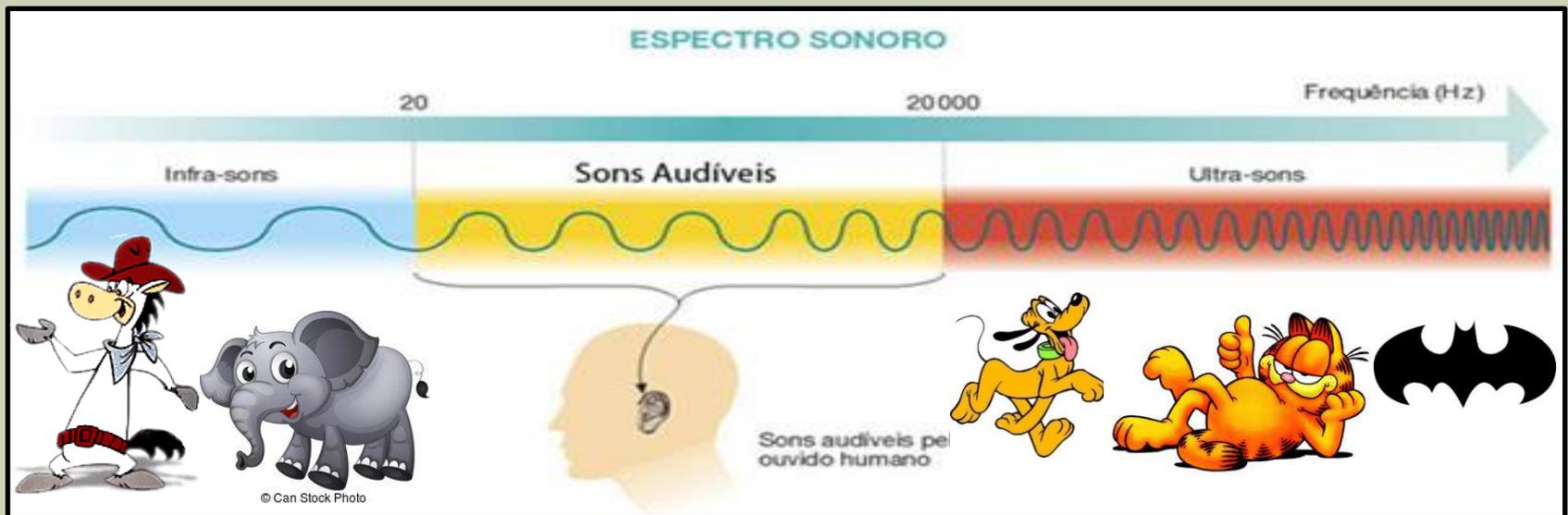
ONDAS SONORAS

Possuem origem MECÂNICAS. Propagam-se somente em meios materiais;
Não se propagam no vácuo.

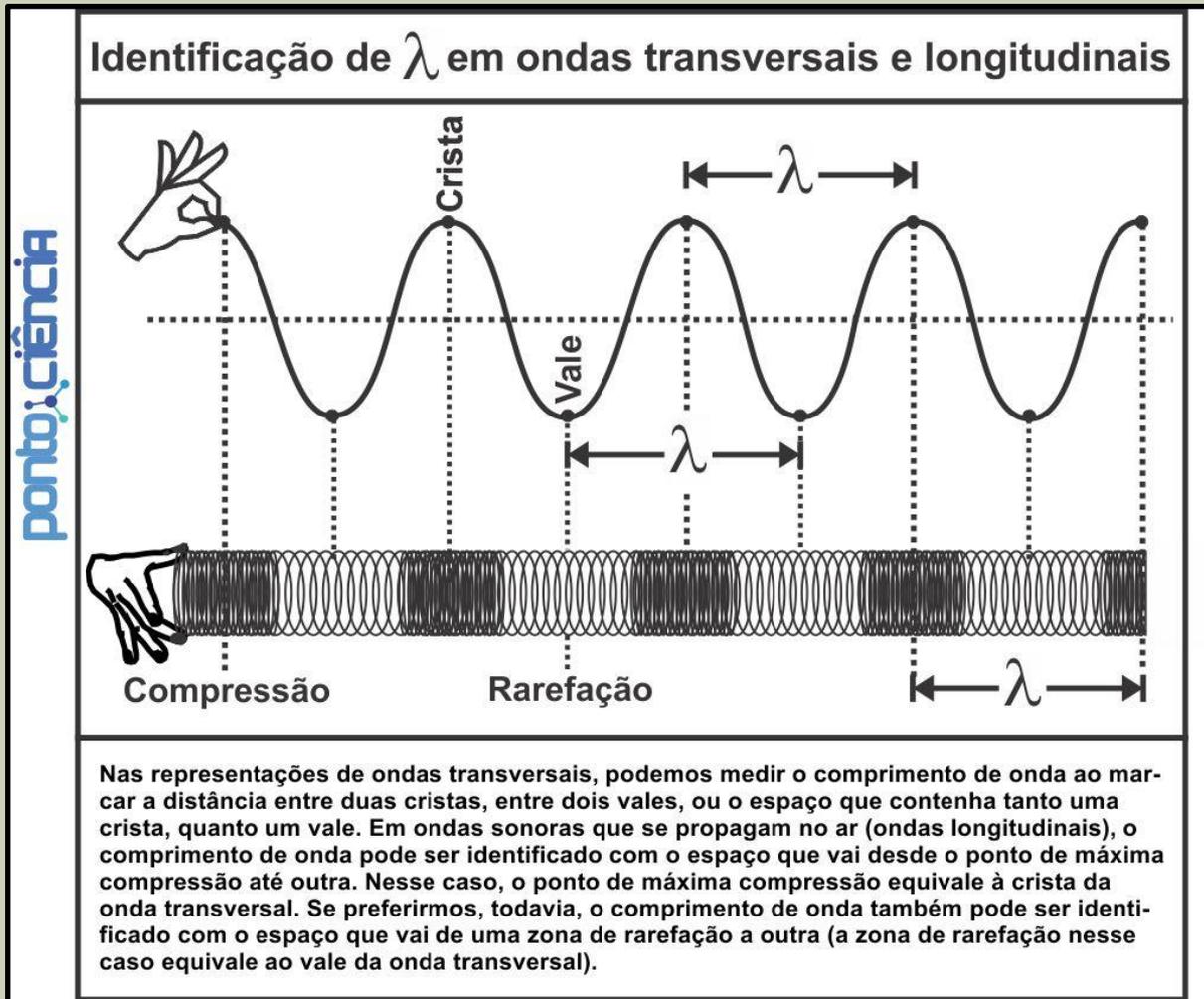
O sistema auditivo de uma pessoa normal é sensibilizado por uma frequência entre 20Hz e 20.000Hz.

$F < 20 \text{ Hz}$: Infrassons (ocorrem antecedendo abalo sísmico, por isso cavalo e elefante pressentem os terremotos)

$F > 20.000$: Ultrassons (Ex.: cachorro , gato, morcegos etc)



RELEMBRANDO ONDAS LONGITUDINAIS



VELOCIDADE DO SOM

Velocidade do som no ar a 15° C : $v = 340$ m/s ou 1224 Km/h

A velocidade do som nos líquidos e nos sólidos é maior do que a do som no ar (pois as moléculas estão mais próximas uma das outras)

Velocidade do som nos Gases Perfeitos : É possível demonstrar que :

$$V = \sqrt{K \cdot T}$$

Onde $K = \frac{\gamma \cdot R}{M}$; R = constante Universal dos gases perfeitos ; $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

Obs .: A velocidade de propagação das ondas sonoras em um gás ideal **NÃO DEPENDEM DA PRESSÃO E NEM DA DENSIDADE DO GÁS.**

É válido lembrar que se tratam de ondas periódicas e que por isso para as ondas sonoras valem as mesmas considerações sobre Amplitude, frequência, velocidade e comprimento de onda.

QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM.

- **Altura :**
 - É a qualidade pela qual diferenciamos sons **GRAVES** de sons **AGUDOS**.
 - Depende apenas da frequência.
 - Quanto menor for a frequência mais será **GRAVE** .
 - Quanto maior for a frequência mais **AGUDO SERÁ** o som.

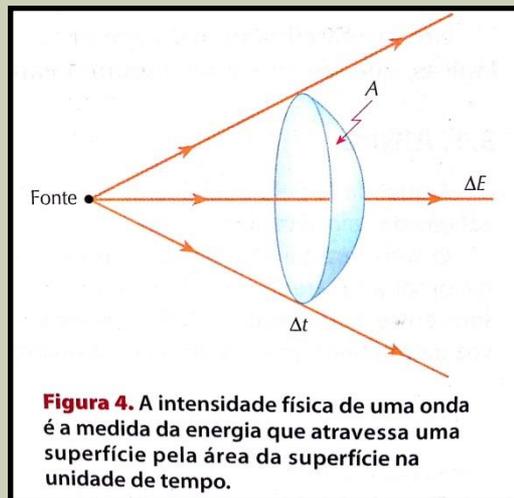
Intervalo Acústico entre dois sons : $I = \frac{f_2}{f_1}$

Intervalo acústico	Razão de frequência
Unísono	1:1
Oitava	2:1
Quinta	3:2
Quarta	4:3
Terça maior	5:4
Terça menor	6:5
Sexta maior	5:3
Sexta menor	8:5
Tom maior (M)	9:8
Tom menor (m)	10:9
Semitom (s)	16:15

QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM.

- **Intensidade :**

- É qualidade fisiológica pela qual diferenciamos sons **FORTES** dos sons **FRACOS**;
- Pode ser denominada : Intensidade auditiva ou nível sonoro;
- Depende da energia transportada pela onda chamada de I (Intensidade física);
- $I = \frac{\Delta E}{A \cdot \Delta t}$; $Pot = \frac{\Delta E}{\Delta t} \therefore I = \frac{Pot}{A}$



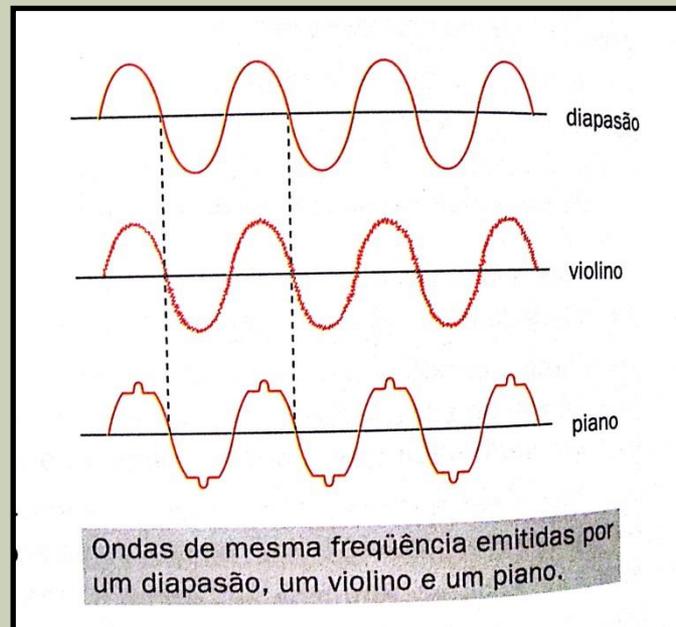
QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM.

- Limiar de audição : mínima intensidade física que uma onda deve ter para ser audível: $I = 10^{-12} \text{ W/m}^2$
- Limiar de dor : se a intensidade exceder a $1,0 \text{ W/m}^2$ provocará efeitos dolorosos.
- O sistema auditivo do ser humano não é excitado linearmente pelo som. Experiências mostram que para medir a intensidade auditiva (nível sonoro) é melhor usarmos uma escala logarítmica.
- $\beta = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ ou ainda $\beta = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$. Obs .: (β é medido em bel)
- Sendo que :
 - I_0 = menor intensidade física de som audível (10^{-12} W/m^2)
 - I = intensidade física do som que se deseja medir.

QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM.

Timbre :

- É a qualidade que permite identificar os sons de mesma altura e de mesma intensidade, emitidos por fontes sonoras diferentes.
- Depende da forma das vibrações, isto é da forma da onda sonora.



PROPRIEDADE DAS ONDAS SONORAS

- Reflexão;
 - *Reforço;*
 - *Reverberação;*
 - *Eco.*
- Refração;
- Difração;
- Interferência.

REFLEXÃO

Pode dar origem :

- Reforço ;
- Reverberação;
- Eco.

Persistência Auditiva

Só conseguimos distinguir sons que nos chegam com um intervalo de tempo superior a 0,1 s (*Persistência Auditiva*).

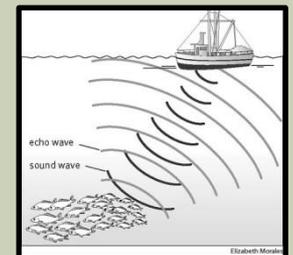
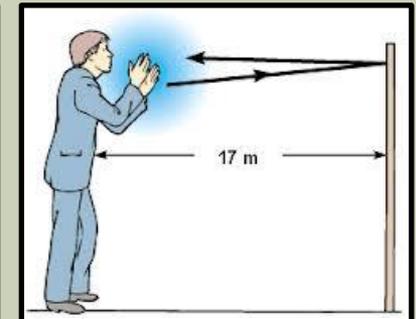
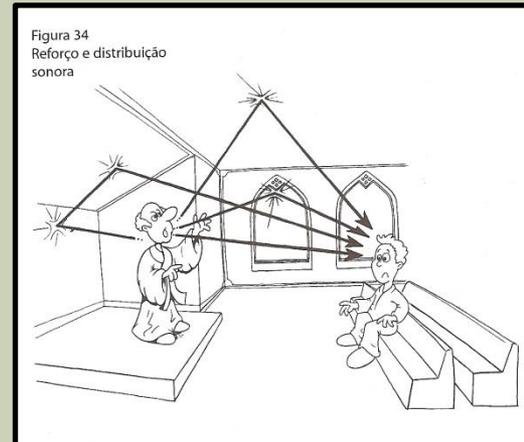
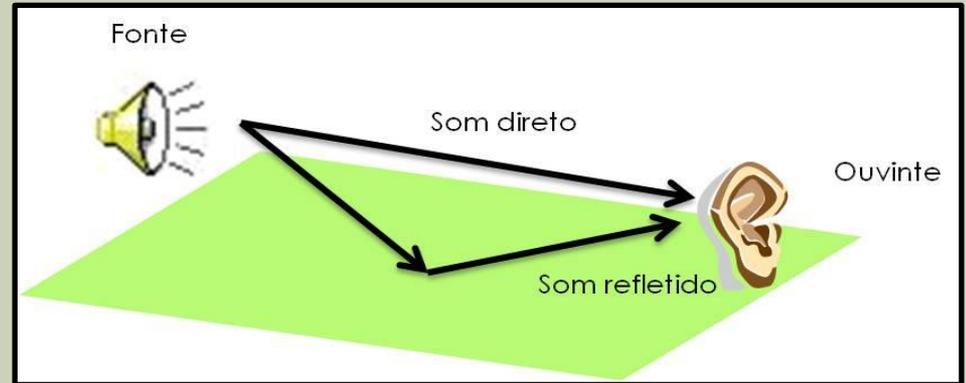
Obs.: Depende do intervalo de tempo entre a percepção pelo ouvinte pelo som direto e do som refletido podemos ter os fenômenos do Reforço, Reverberação e Eco.

FENÔMENOS DA REFLEXÃO DO SOM.

Reforço : se o obstáculo que reflete o som estiver muito perto o som direto e o som refletido chegam praticamente juntos. O ouvinte terá a sensação de som mais forte.

Reverberação : o som refletido chega e os efeitos do som direto ainda existem (Prolongamento do som direto).

Eco : o som refletido é recebido pelo ouvinte depois que o som direto já se extinguiu. ($x > 17 \text{ m}$)



Sonar Humano

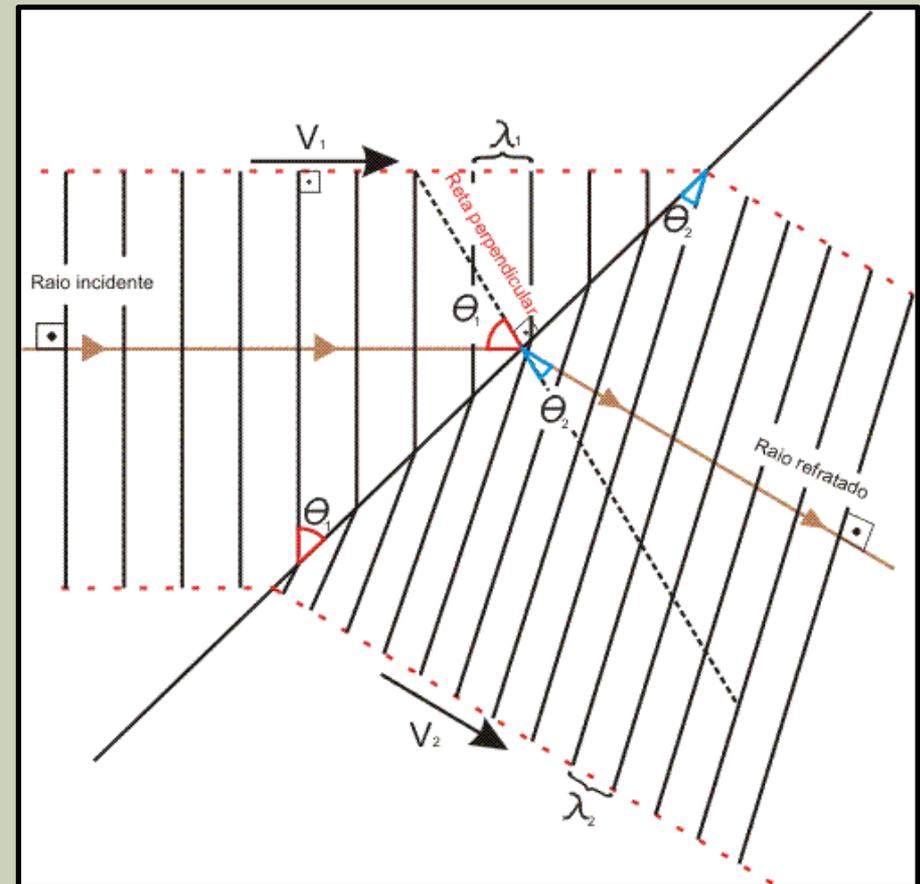
Deficiente visual anda de bike

REFRAÇÃO

Chama-se **Refração** de uma onda a passagem dessa onda de um meio para outro, de características diferentes.

Importante lembrar :

1. Não há alteração da frequência na refração;
2. Há mudança na velocidade de propagação (pois ocorreu mudança de meio);
3. O comprimento de onda (λ) também sofre alteração;



DIFRAÇÃO

A difração do som permite que contorne obstáculos entre 2 cm e 20 m .

*Sabemos que : $f_{min} = 20 \text{ Hz}$ e $f_{max} = 20000 \text{ Hz}$ para sons audíveis.
Considerando a velocidade do som no ar : $V_{som} = 340 \text{ m/s}$
temos que :*

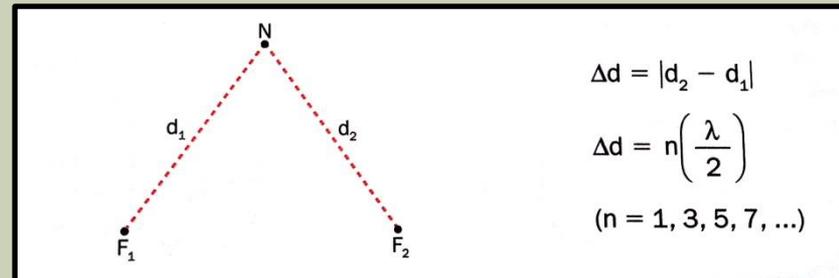
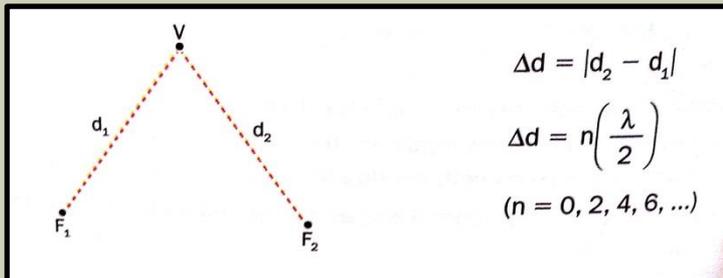
$$\lambda_{min} = \frac{V}{f_{max}} \therefore \lambda_{min} = \frac{340}{20000} \therefore \lambda_{min} = 0,017 \text{ m} \therefore \lambda_{min} = 1,7 \text{ cm}$$

$$\lambda_{max} = \frac{V}{f_{min}} \therefore \lambda_{max} = \frac{340}{20} \therefore \lambda_{max} = 17 \text{ m}$$

Na prática considera-se a variação entre 2,0 cm e 20 m. A difração das ondas sonoras audíveis no ar é bem perceptível quando os obstáculos a serem contornados possuem dimensões dessa ordem de grandeza.

INTERFERÊNCIA SONORA.

Ocorre quando um ponto do meio recebe dois ou mais sons originados por várias fontes ou por reflexões em obstáculos.
Vale para as interferências das ondas sonoras as mesmas condições estabelecidas para as ondas em geral.



Para qualquer ponto V de uma linha ventral, para que a onda chegue em fase, a diferença das distâncias entre esse ponto e as fontes é nula, ou um **número par** de meios comprimentos de ondas.

Para qualquer ponto N de uma linha nodal, para que a onda chegue em oposição de fase, a diferença das distâncias entre esse ponto e as fontes um **número ímpar** de meios comprimentos de ondas.

INTERFERÊNCIA SONORA

1. Fontes em concordância de fase (ou em fase):

- Interferência construtiva:

- $d = p \cdot \frac{\lambda}{2}$ sendo $p = 0, 2, 4, 6, \dots$

- Interferência destrutiva:

- $d = i \cdot \frac{\lambda}{2}$ sendo $i = 1, 3, 5, 7, \dots$

2. Fontes em oposição de fase:

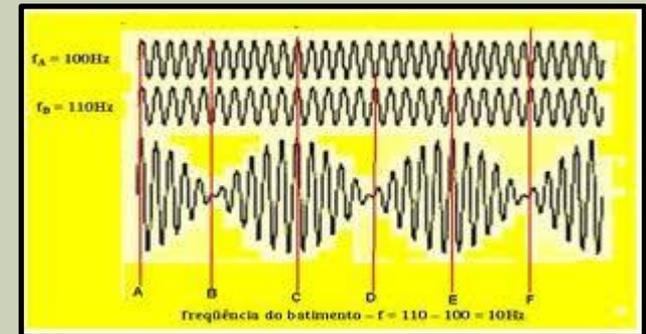
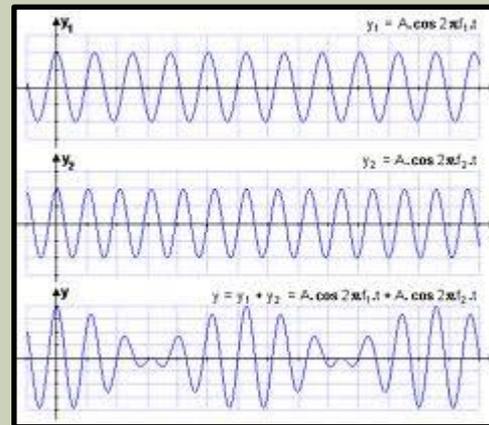
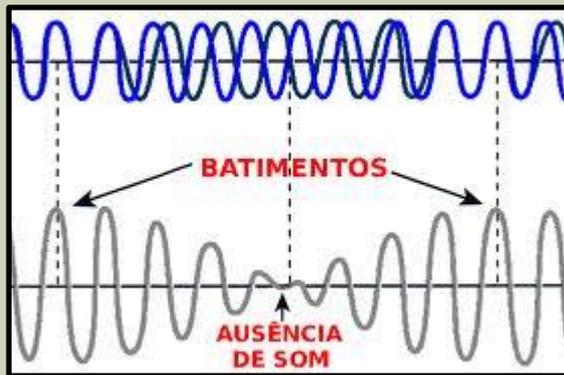
- Interferência construtiva:

- $d = i \cdot \frac{\lambda}{2}$ sendo $i = 1, 3, 5, 7, \dots$

- Interferência destrutiva:

- $d = p \cdot \frac{\lambda}{2}$ sendo $p = 0, 2, 4, 6, \dots$

INTERFERÊNCIA SONORA BATIMENTO



É a interferência de ondas sonoras de frequências ligeiramente diferentes. A intensidade varia de um som forte (interferência construtiva), que se ouve em dado instante, para um silêncio quase total (interferência destrutiva). A seguir novamente o som forte, e assim por diante.

A frequência do batimento (f_0) é igual a diferença entre as frequências componentes.

$$f_0 = f_2 - f_1 \quad (f_2 > f_1)$$

CORDAS VIBRANTES

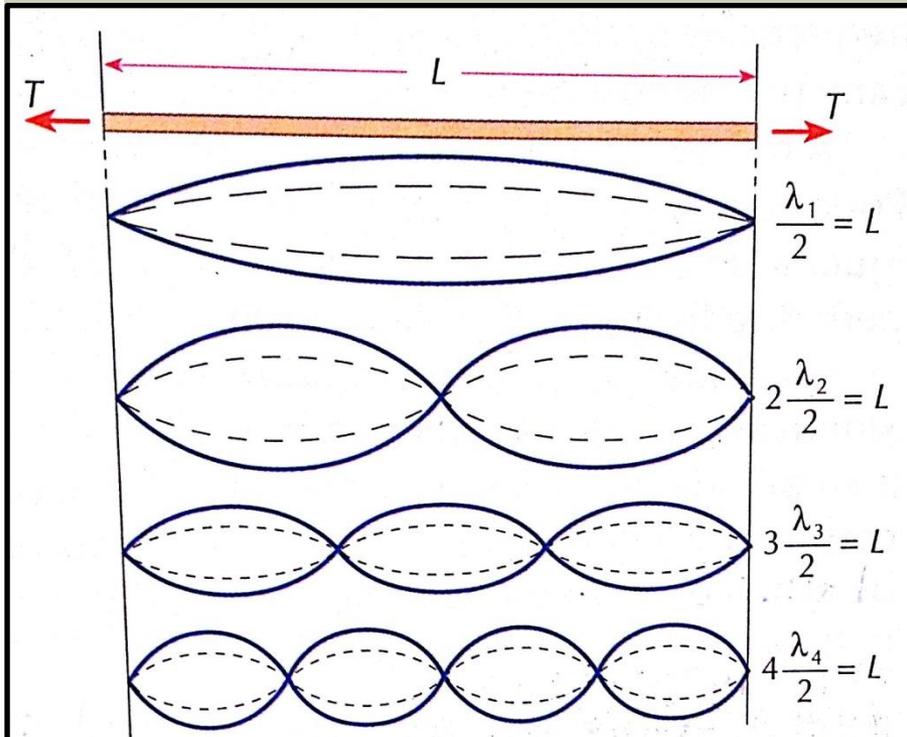


Figura 8. Ondas estacionárias em uma corda vibrante.

$$n \cdot \frac{\lambda_n}{2} = L \therefore \lambda_n = 2 \cdot \frac{L}{n} (n = 1, 2, 3, \dots)$$

$$v = \lambda \cdot f \therefore v = 2 \cdot \frac{L}{n} \cdot f_n \therefore$$

$$f_n = n \cdot \frac{v}{2 \cdot l}$$

*Fundamental
ou primeiro harmônico (n = 1)*

$$f_1 = \frac{v}{2 \cdot l}$$

*Portanto : $f_n = n \cdot f_1$
(sendo $n = 1, 2, 3, \dots$)*

CORDAS VIBRANTES



CORDAS VIBRANTES

UNIVESP

USP

COLUNA DE AR VIBRANTE

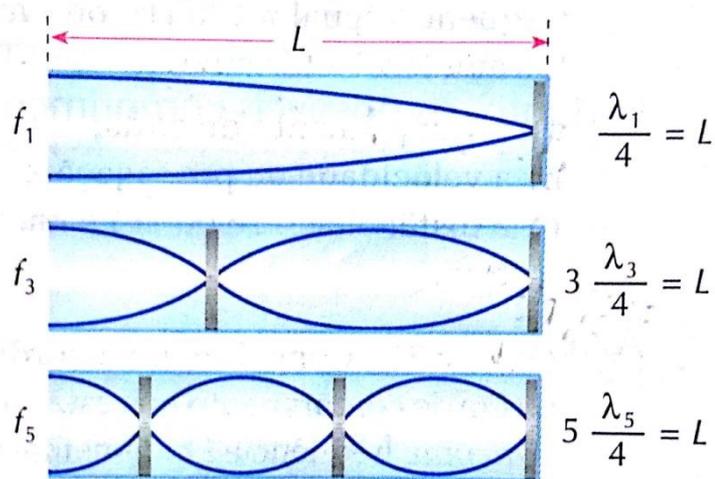


Figura 10. Modos naturais de vibração de uma coluna de ar em um tubo fechado numa extremidade. As regiões mais escuras, onde a pressão do ar é maior, correspondem aos nós.

Nestes tubos somente frequências ímpares da frequência fundamental

$$\frac{\lambda_1}{4} = L \therefore \lambda_1 = 4.L$$

$$3 \cdot \frac{\lambda_3}{4} = L \therefore \lambda_3 = 4 \cdot \frac{L}{3}$$

$$5 \cdot \frac{\lambda_5}{4} = L \therefore \lambda_5 = 4 \cdot \frac{L}{5}$$

$$\lambda_i = 4 \cdot \frac{L}{i}$$

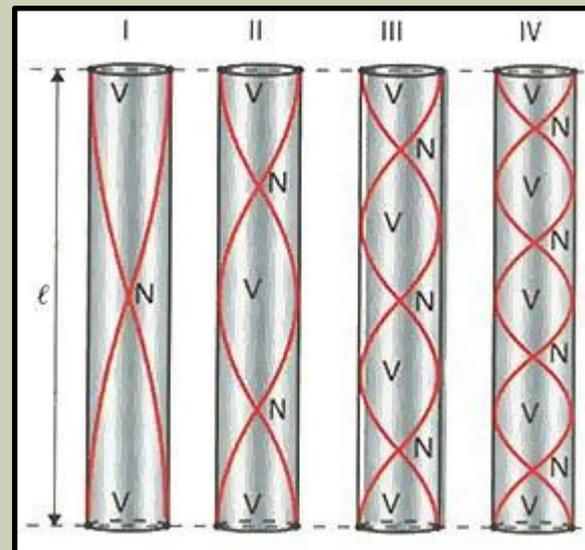
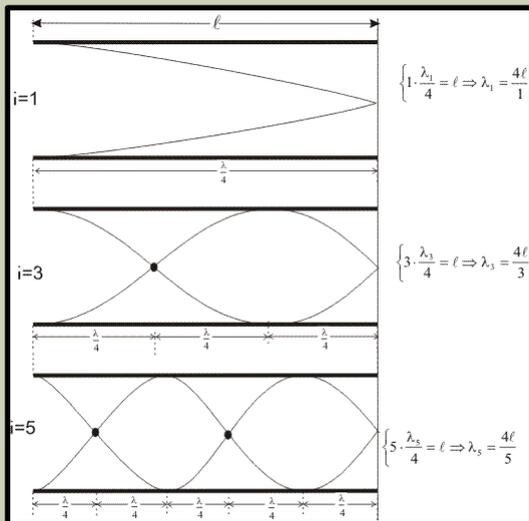
(sendo $i = 1, 3, 5, 7, \dots$)

A frequência fundamental f_1 corresponde a $\lambda_1 = 4.L \therefore f_1 = \frac{v}{4.L} \therefore f_i = i \frac{v}{4.L}$

Portanto : $f_i = i \cdot f_1$
(sendo $n = 1, 3, 5, 7, \dots$)

TUBOS SONOROS

Os tubos são classificados como abertos e fechados, sendo os tubos abertos aqueles que têm as duas extremidades abertas (sendo uma delas próxima à embocadura) e os tubos fechados que são os que têm uma extremidade aberta (próxima à embocadura) e outra fechada.



TUBO FECHADO (IGUAL A COLUNA DE AR VIBRANTE)

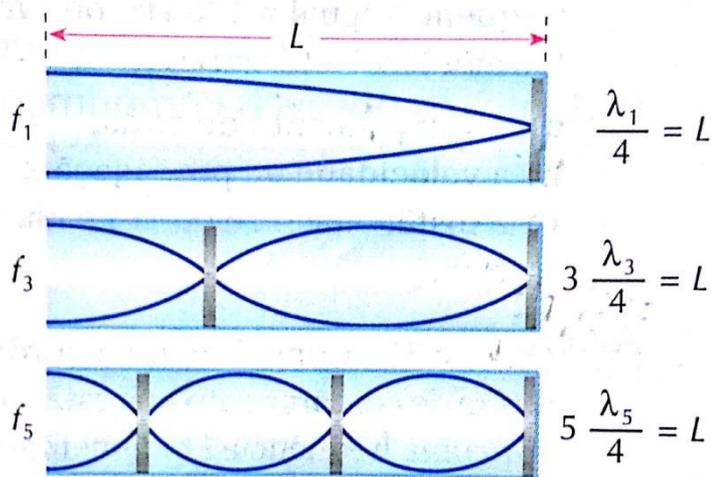


Figura 10. Modos naturais de vibração de uma coluna de ar em um tubo fechado numa extremidade. As regiões mais escuras, onde a pressão do ar é maior, correspondem aos nós.

Nestes tubos somente frequências ímpares da frequência fundamental

$$\frac{\lambda_1}{4} = L \therefore \lambda_1 = 4.L$$

$$3 \cdot \frac{\lambda_3}{4} = L \therefore \lambda_3 = 4 \cdot \frac{L}{3}$$

$$5 \cdot \frac{\lambda_5}{4} = L \therefore \lambda_5 = 4 \cdot \frac{L}{5}$$

$$\lambda_i = 4 \cdot \frac{L}{i}$$

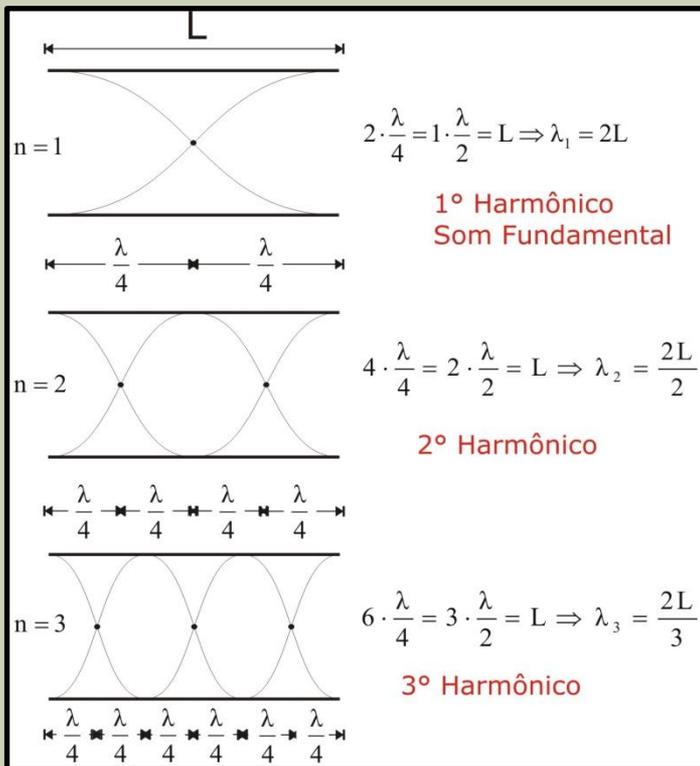
(sendo $i = 1, 3, 5, 7, \dots$)

A frequência fundamental f_1 corresponde a $\lambda_1 = 4.L \therefore f_1 = \frac{v}{4.l} \therefore f_i = i \frac{v}{4.l}$

Portanto : $f_i = i \cdot f_1$
(sendo $n = 1, 3, 5, 7, \dots$)

TUBO SONORO ABERTO

A extremidade oposta à embocadura é aberta e as ondas estacionárias apresentam ventres em ambas as extremidades.



$$\frac{\lambda_1}{2} = L \therefore \lambda_1 = 2 \cdot L$$

$$2 \cdot \frac{\lambda_2}{2} = L \therefore \lambda_2 = 2 \cdot \frac{L}{2}$$

$$3 \cdot \frac{\lambda_3}{2} = L \therefore \lambda_3 = 2 \cdot \frac{L}{3}$$

$$\lambda_n = 2 \cdot \frac{L}{n}$$

(sendo $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$)

A frequência fundamental f_1 corresponde

$$a \lambda_1 = 2 \cdot L \therefore$$

$$f_1 = \frac{v}{2 \cdot l} \therefore$$

$$f_n = n \frac{v}{2 \cdot l} \therefore$$

$$f_n = n \cdot f_1$$

RESSONÂNCIA

Quando a frequência da fonte coincide com uma frequência natural de oscilação do corpo, a amplitude de oscilação deste atinge valores elevados, pois a fonte progressivamente cede energia ao corpo.

[Ponte de Tacoma - 1.mp4](#)

EFEITO DOPPLER

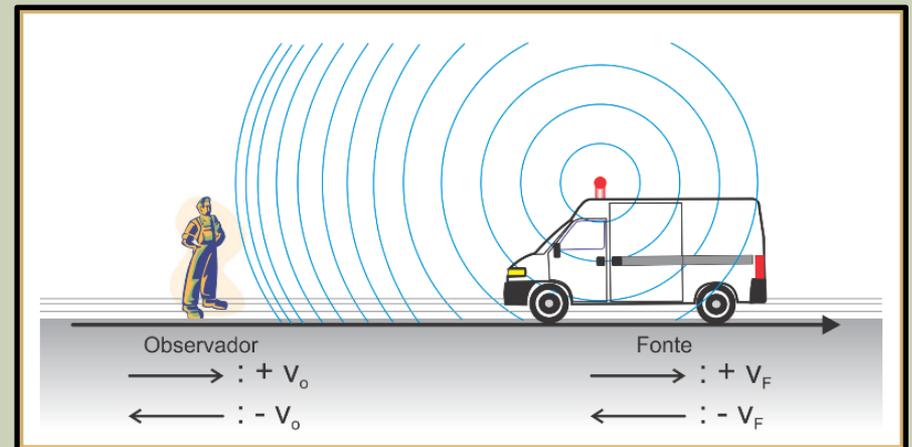
É o fenômeno em que um observador percebe uma frequência diferente da frequência real (f) quando ocorre aproximação ou afastamento entre ele e a fonte.

$$f_{ap} = f_{real} \cdot \left(\frac{V \pm v_o}{V \pm v_f} \right)$$

v = velocidade do som

v_o = velocidade do observador

v_f = velocidade da fonte



FUNIVERSA – PROVA PERITO DF 2012

A frequência de uma buzina de um carro policial é de 500 Hz. A buzina é acionada com o carro em movimento retilíneo e com velocidade de 144 km/h, sem vento e na direção e no sentido de um receptor estacionário. Considerando a velocidade do som no ar igual a 340 m/s, a frequência percebida pelo receptor é de, aproximadamente,

Resp.: 566 Hz

BIBLIOGRAFIA

- Ramalho, Nicolau e Toledo; Os Fundamentos da Física Volume 2- 9^a edição - São Paulo-2008
- Newton, Helou e Gualter; Tópicos de Física volume 2 ;18^a edição; São Paulo 2008