



Acústica da Fala e da Voz -1

BAF0235

Profa Dra Jeniffer de Cássia Rillo Dutka

Fala

- As pessoas geralmente se comunicam falando: é rápido e eficiente
 - Já refletiu porque falar é tão rápido e eficiente?
- Alguns aspectos da fala podem ser explicados a partir de duas propriedades do som: frequência e intensidade
 - Estes aspectos mudam com muita rapidez ao longo do tempo, se ajustando às demandas de produção e percepção de fala, ou seja, constituindo uma produção que deve ser percebida por um ouvinte

Acústica

- Acústica é o ramo da física que estuda as propriedades do som
- Acústica da fala estuda as propriedades dos sons da fala
 - As propriedades físicas investigadas pela fonética acústica incluem amplitude, duração, frequência fundamental e conteúdo espectral da onda sonora
 - A análise acústica pode ser feita através de espectrogramas, gráficos da forma de onda, trajetórias de formantes, frequência fundamental, etc
 - Para entender todos estes aspectos precisamos lembrar o que é som...

O que é o som?

O som é um fenômeno vibratório resultante de variações da pressão no ar.

- O som consiste em **oscilações** (ondas) de pressão que se propagam através de um meio material sólido, líquido ou gasoso
 - Som não se propaga no vácuo
- Sons são produzidos por **fontes sonoras**
 - pregas vocais, a pele de um tambor, as cordas de um piano ou violão, etc...

Rever aulas do Prof João Cândido!

O **som** é a propagação de uma frente de compressão mecânica ou onda mecânica; é uma onda longitudinal, que se propaga de forma circuncêntrica, apenas em meios materiais (que têm massa e elasticidade), como os sólidos, líquidos ou gasosos.¹
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Som>
(sendo assim, é a mesma coisa que vibração do ar)



Qualquer fenômeno capaz de causar ondas de pressão no ar é considerado uma fonte sonora

Variedade de sons = Variedade de Fontes Sonoras

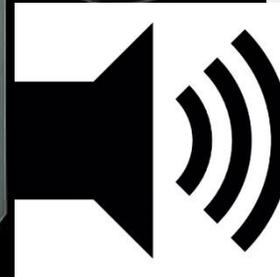
Sons Agradáveis



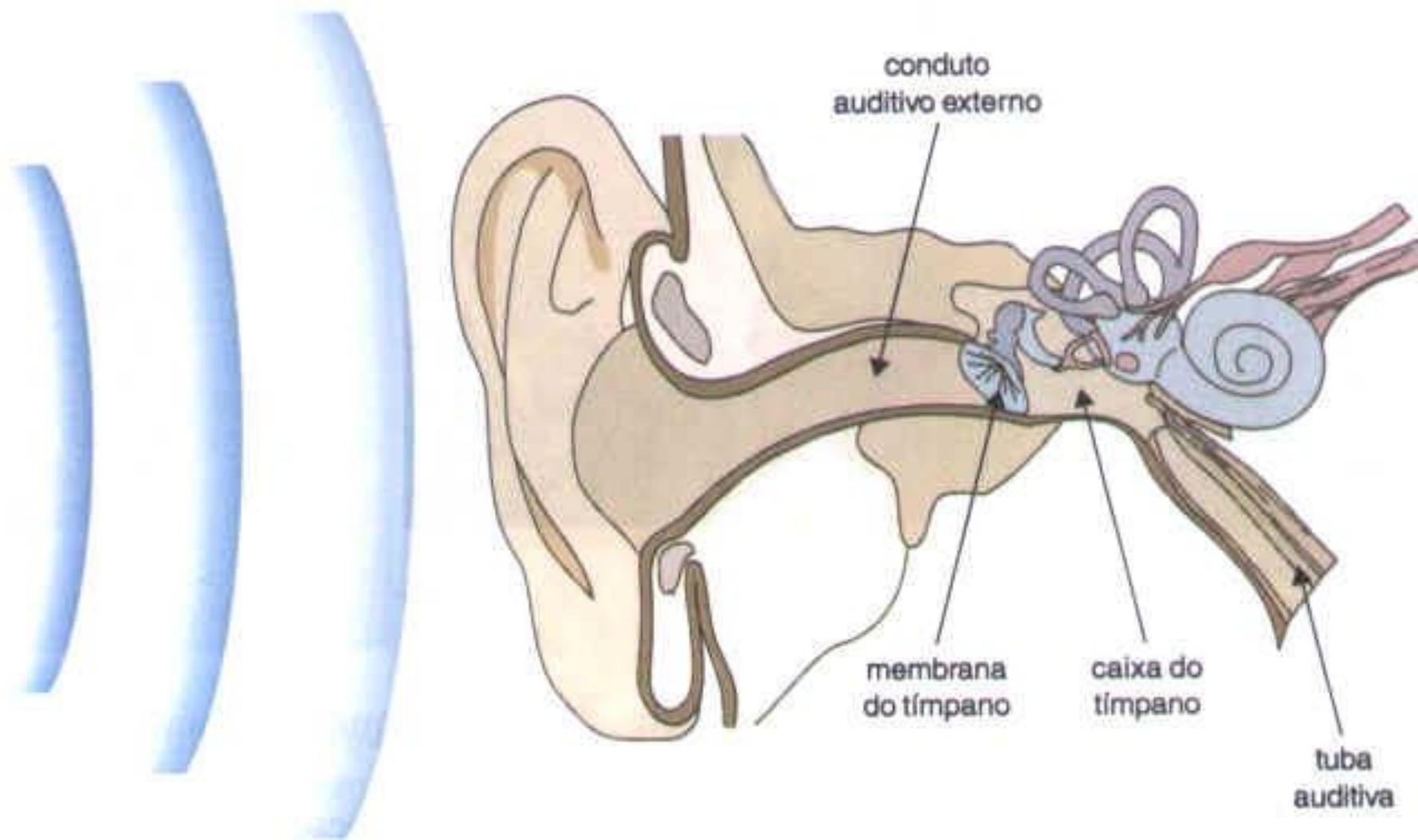
Sons Desagradáveis



Meio de Comunicação, Expressão, Funcionamento

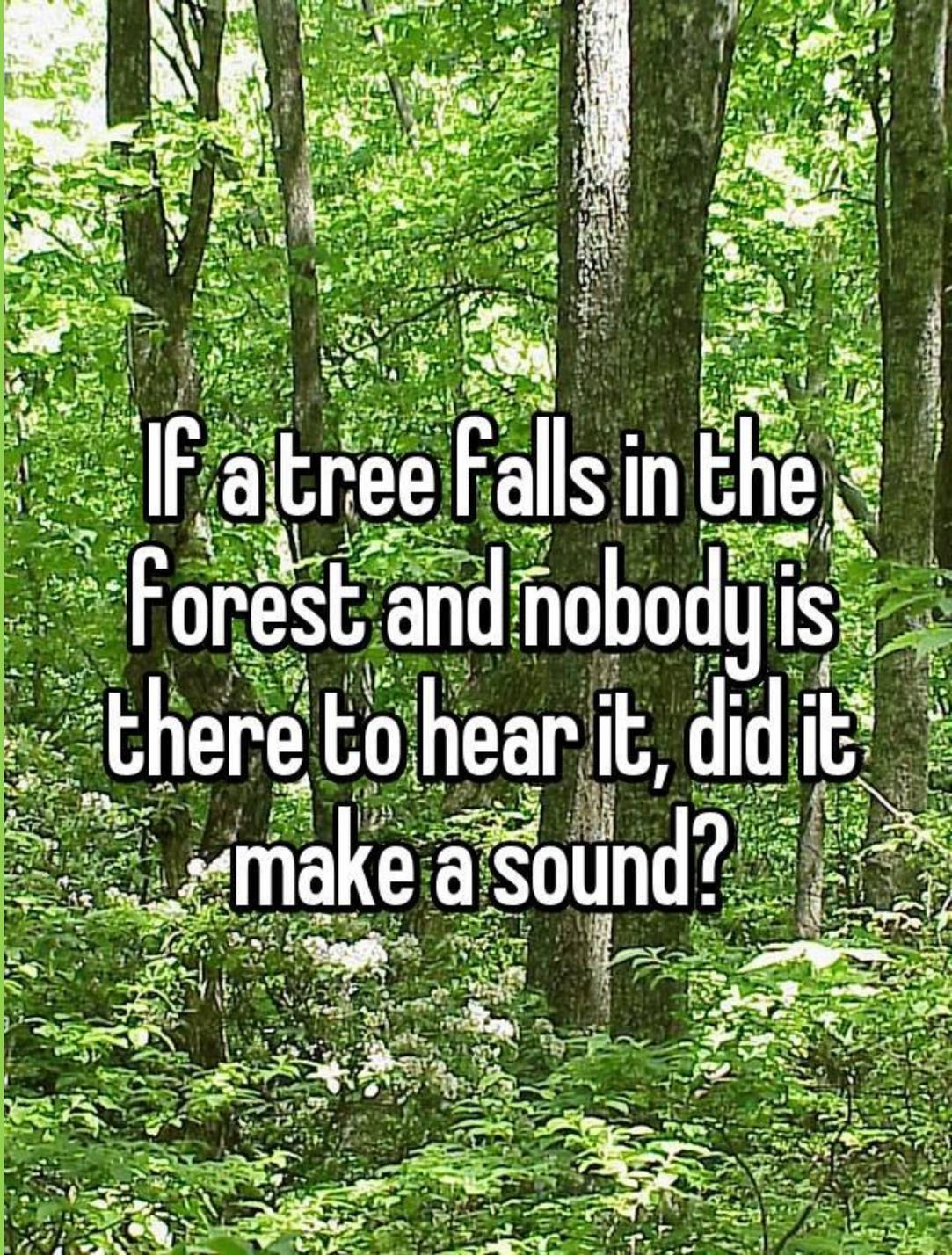


O som, ao se propagar através do ar, entra em contato com a orelha causando vibrações na membrana timpânica que resultam na **sensação sonora**



Se uma árvore cai
numa floresta,
mas não há ninguém
por perto,
ela faz barulho?

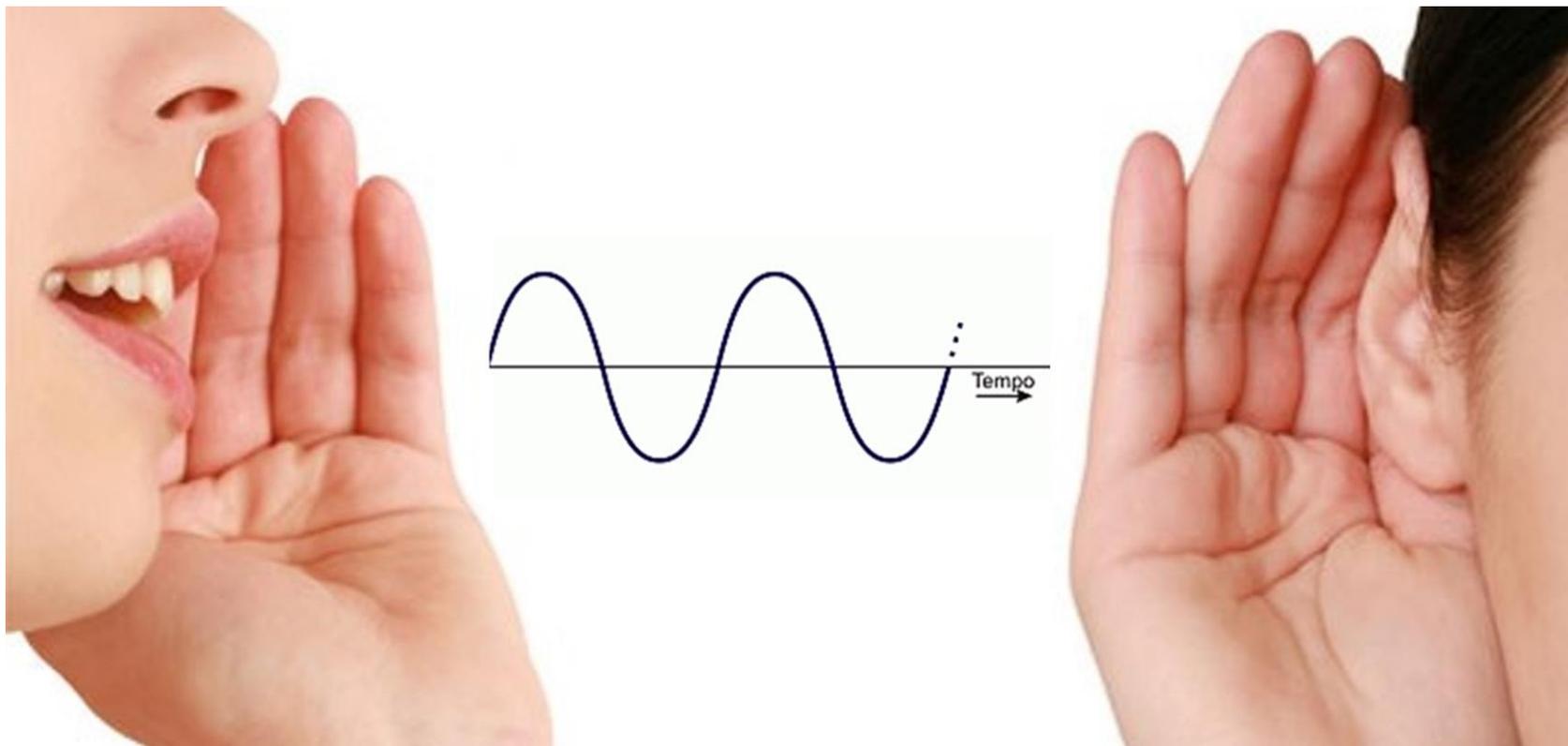
<http://blog.oup.com/2011/02/quantum/>



**If a tree falls in the
forest and nobody is
there to hear it, did it
make a sound?**

Para um som existir...





FONTE

MEIO DE PROPAGAÇÃO

RECEPTOR



Produção do som

Propagação do som

Recepção do som



Para o som se propagar necessita sempre de um meio material que pode ser sólido, líquido ou gasoso, que propague as vibrações provocadas pela fonte sonora até ao receptor sonoro.

Em que meio se propaga melhor o som?

Em geral:

Menor velocidade de propagação

Maior velocidade de propagação



Gasoso



Líquido



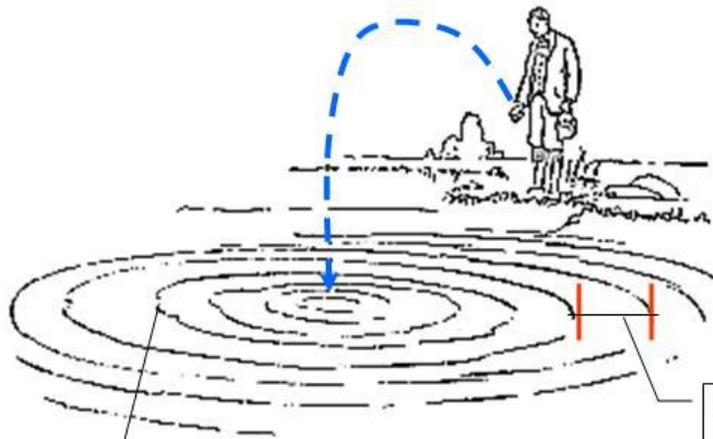
Sólido



Se não existir um meio que propague estas vibrações, então não há propagação de som.



Ondas e Energia

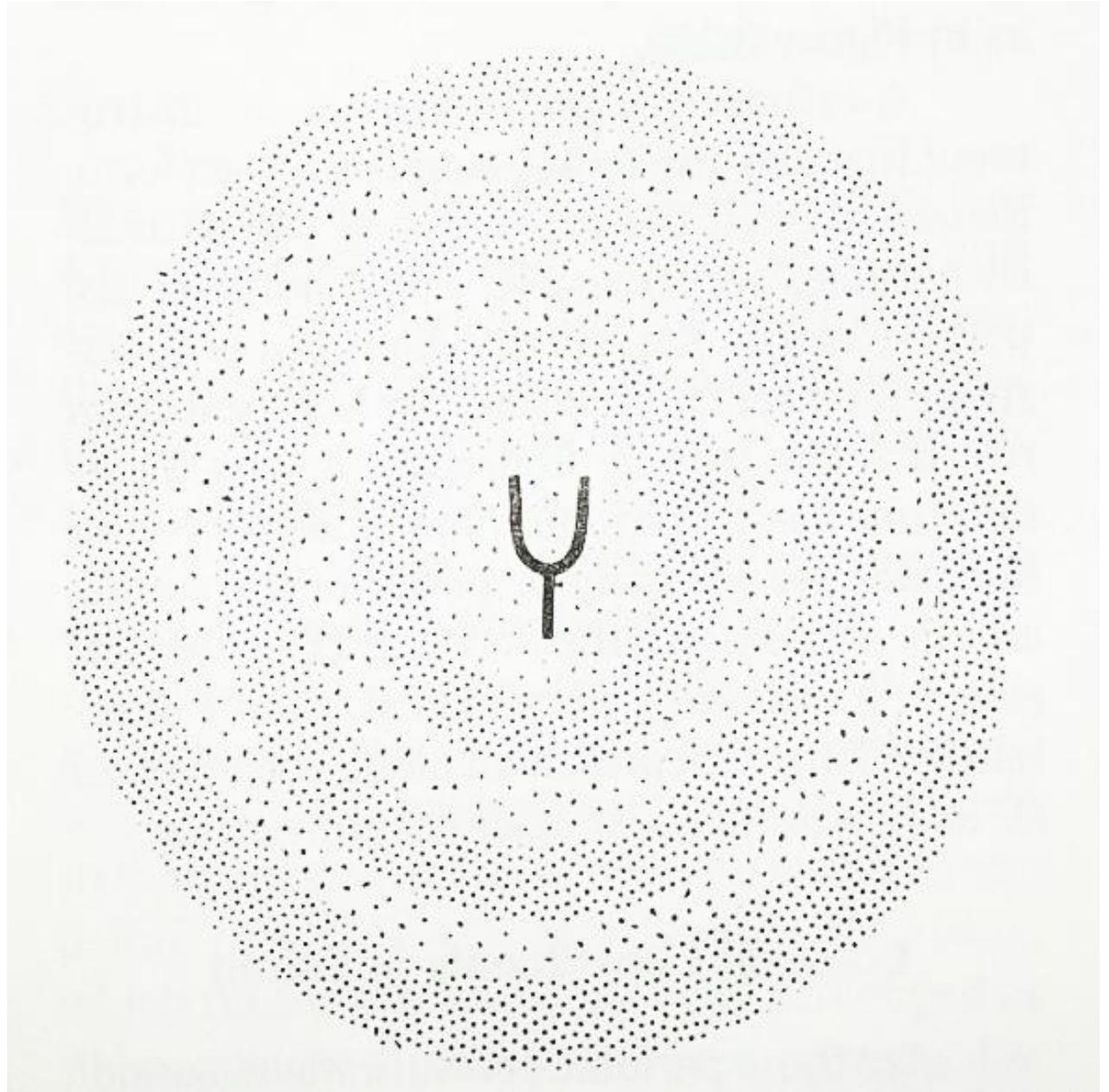
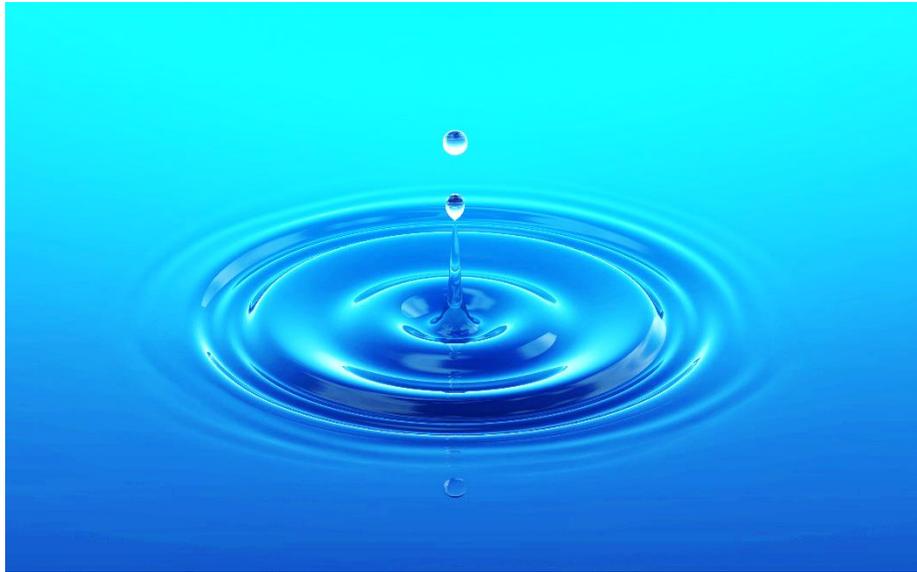


A altura da crista da onda diminui com a distância do centro

O comprimento de onda é constante, independente da distância

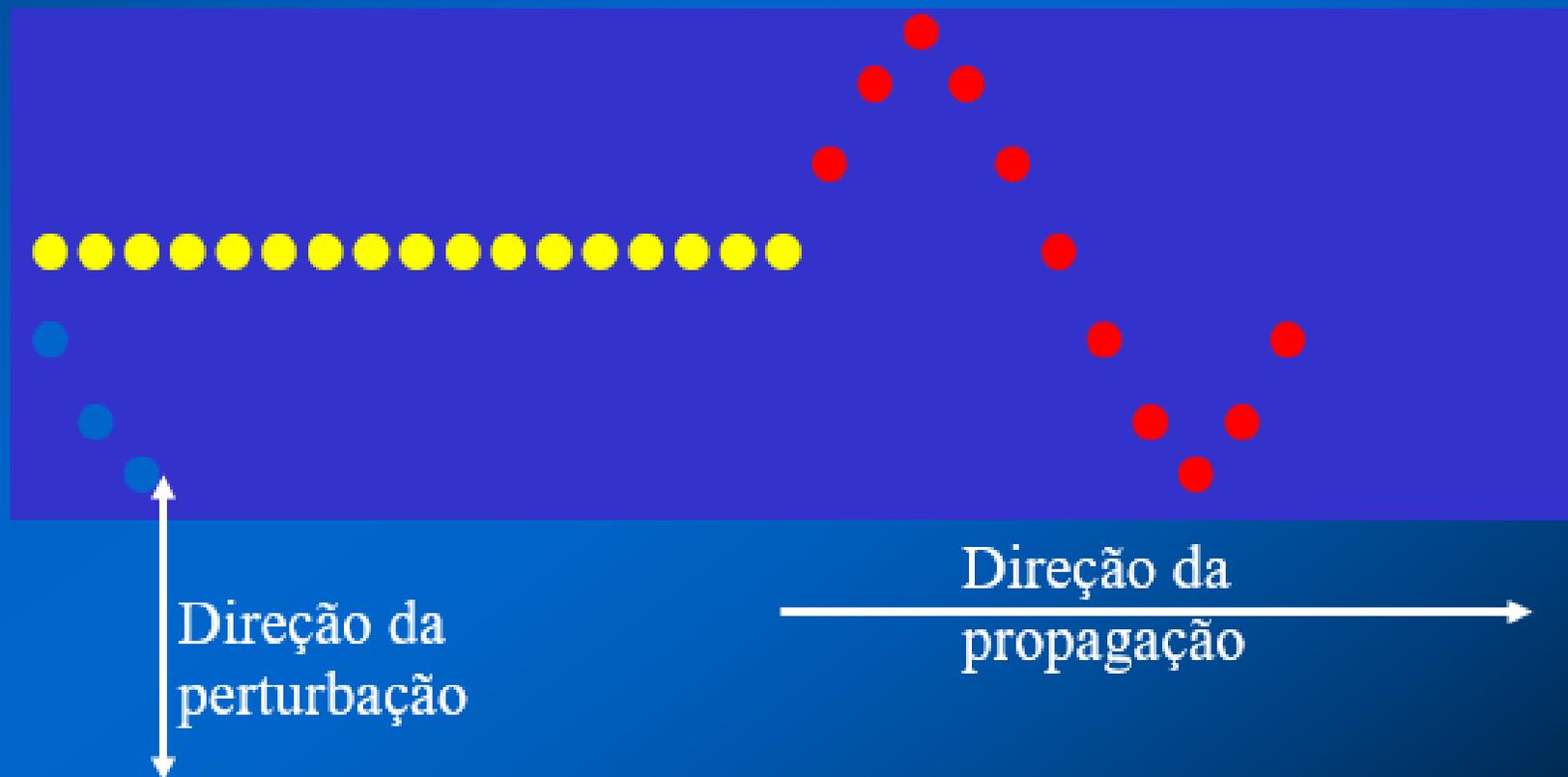
**Propagação
Transversal
e
Propagação
Longitudinal**

Onda...



Movimento Ondulatório

Propagação Transversal:



Propagação Transversal:

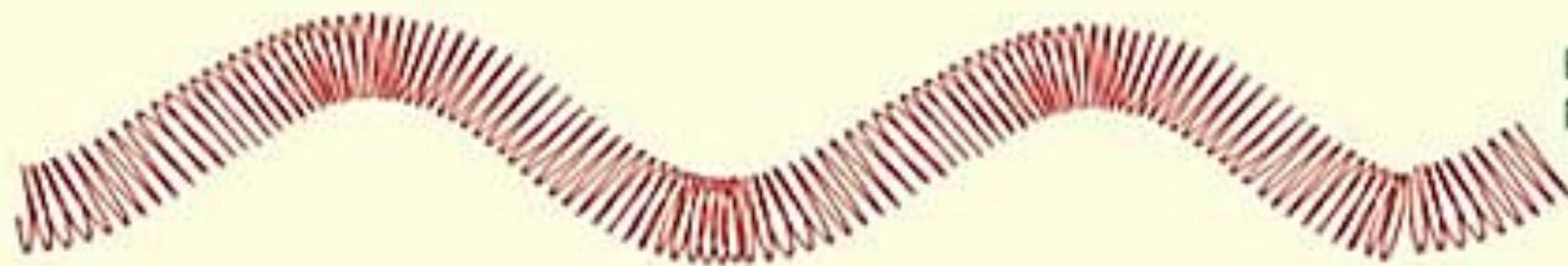
Rever este conteúdo na
Aula 1 do Prof João
Cândido – Movimento
Vibratório (Moodle)



Propagação Transversal:
Onda no Lago
(Visível)



Direcção
de vibração



Direcção de
propagação





Movimento Ondulatório

Propagação Longitudinal:



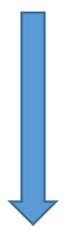
Direção da
perturbação



Direção da
propagação

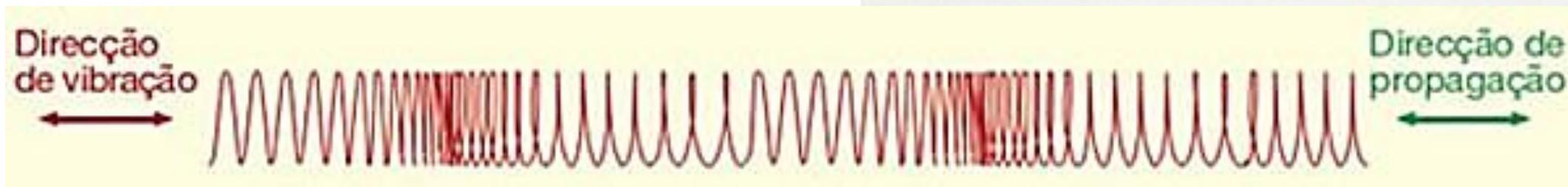
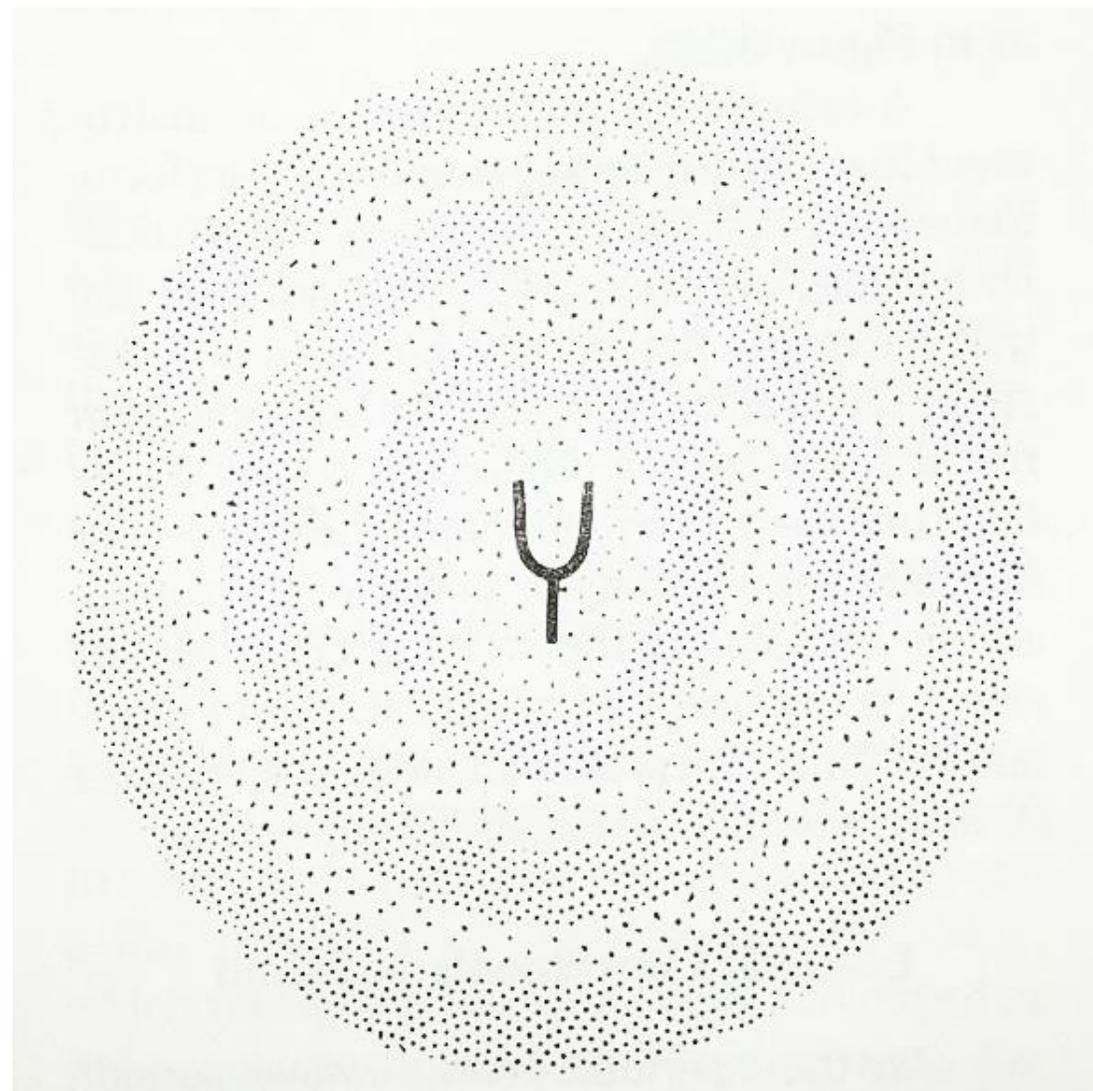
Propagação Longitudinal:

Rever este conteúdo na
Aula 1 do Prof João
Cândido – Movimento
Vibratório (Moodle)

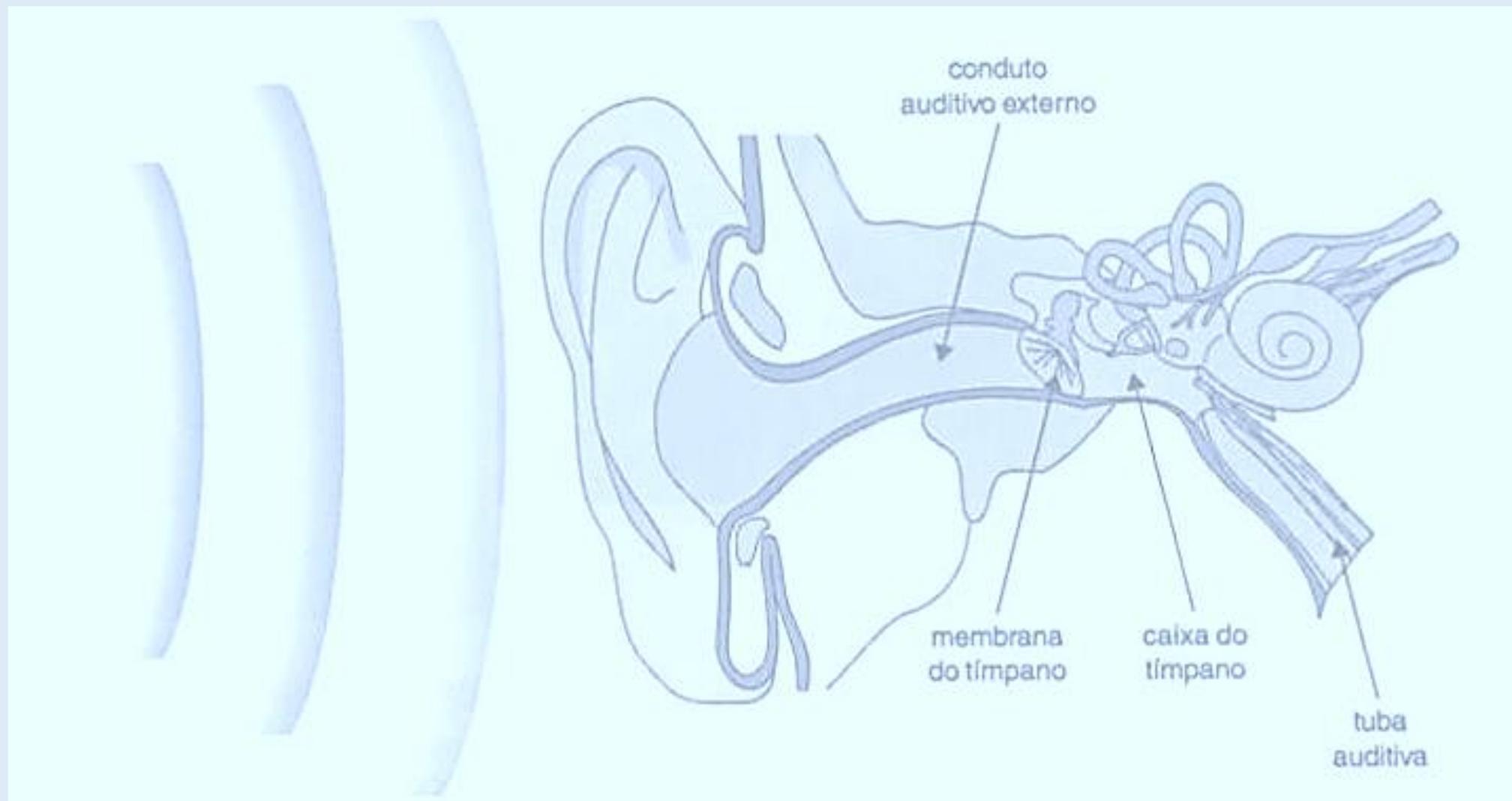


Propagação Longitudinal:

Onda Sonora
(Invisível)



Sensação Sonora...



Sensação Sonora na Orelha Humana:

- Para ser captado na orelha humana um som deve ter algumas características:
 - As **vibrações resultantes das oscilações das moléculas de ar** devem ocorrer numa frequência entre 20Hz e 20.000Hz em 1 segundo
 - Uma **quantidade mínima de energia** contida no movimento vibratório é necessária para **causar a sensação sonora na orelha** ($0\text{db}=10^{-16}$), enquanto uma **quantidade extrema** pode causar desconforto ou dor

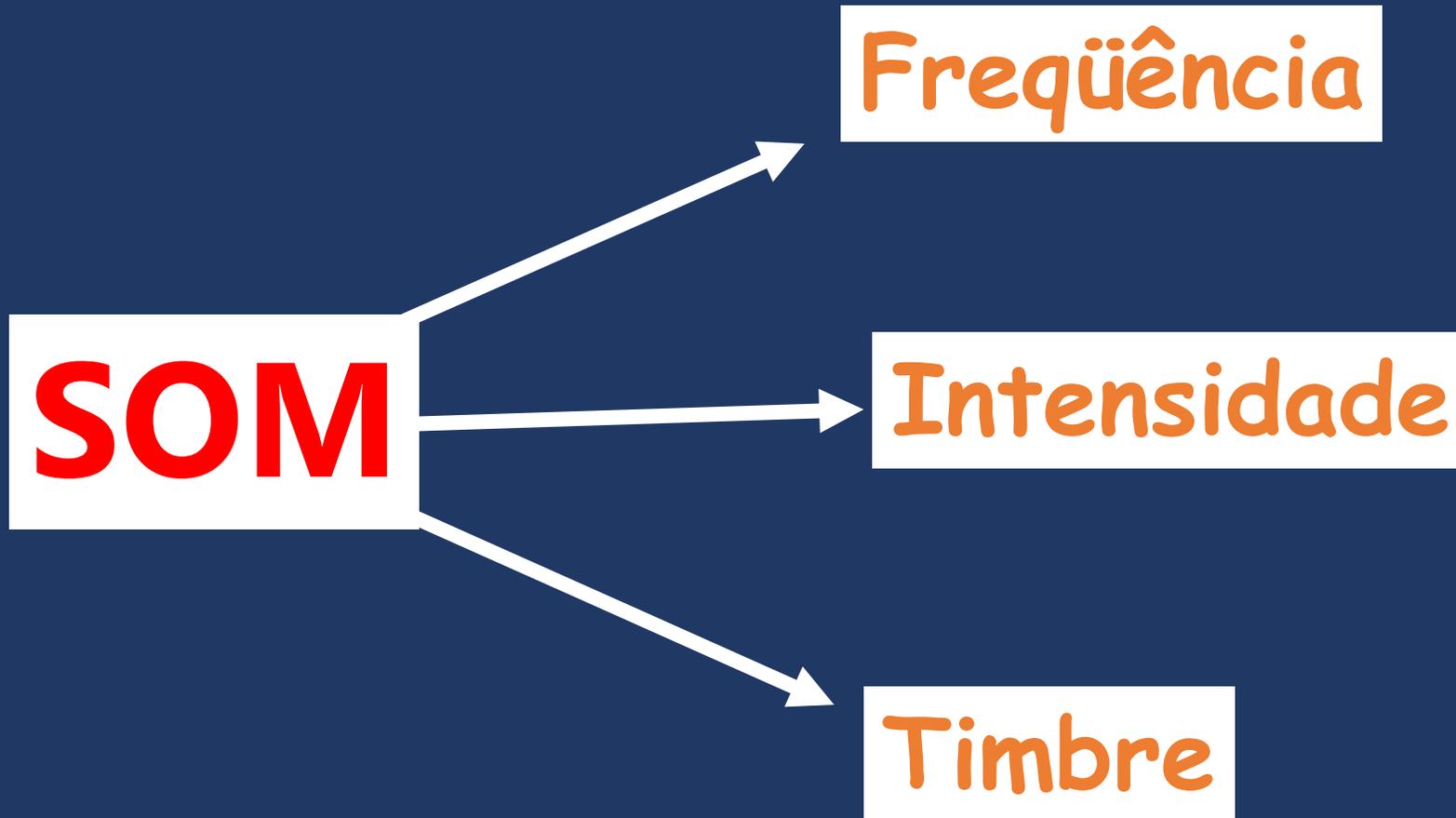
conduto
auditivo externo

membrana
do tímpano

caixa do
tímpano

tuba
auditiva

Propriedades Físicas do Som Incluem:



Propriedades do som:

Frequência:

- número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som

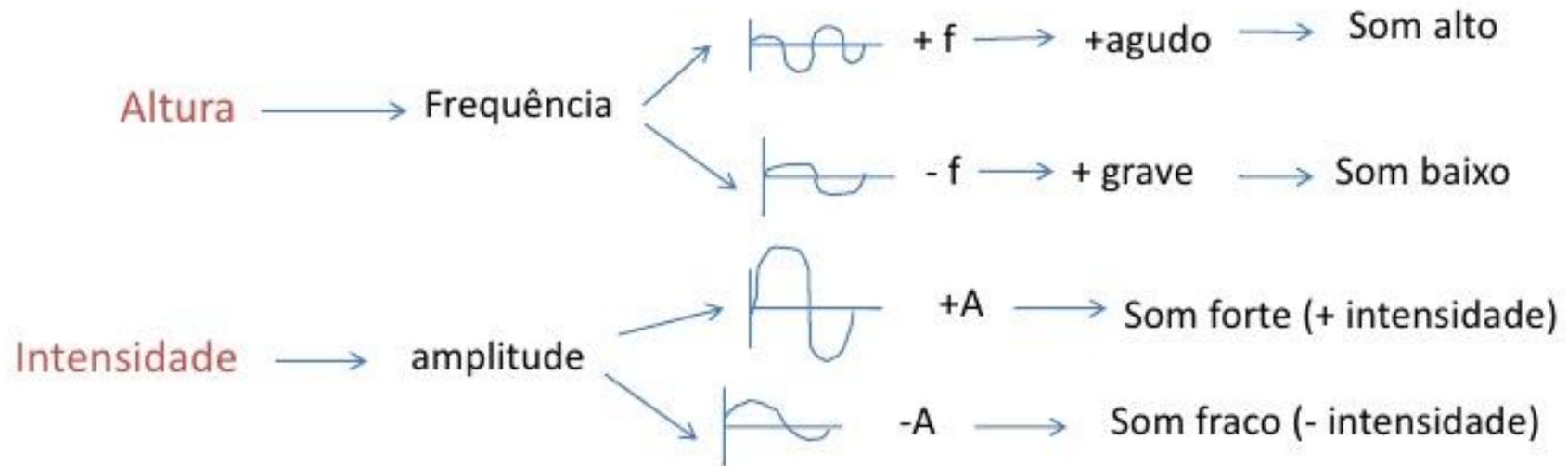
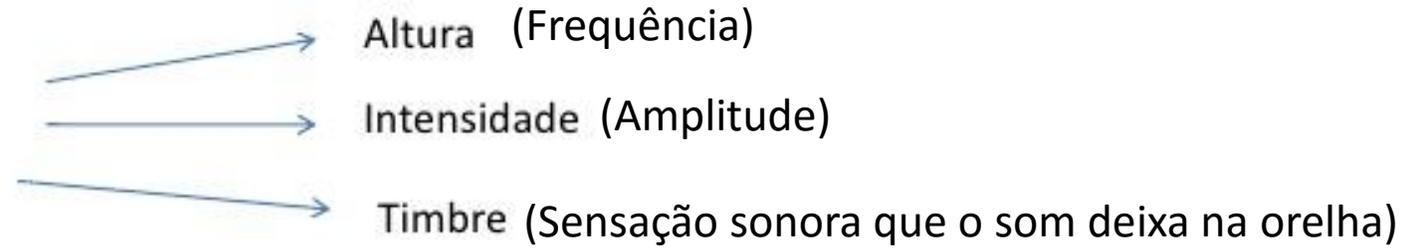
Intensidade:

- é a quantidade de energia contida no movimento vibratório

Timbre:

- é o atributo da percepção auditiva que permite a diferenciação entre duas ondas de mesma amplitude (loudness) e frequência (pitch)

Propriedades do som



Timbre : característica do som que permite distinguir 2 sons com a mesma Intensidade e altura , produzidos por fontes sonoras diferentes

Propriedades do som:

Frequência:

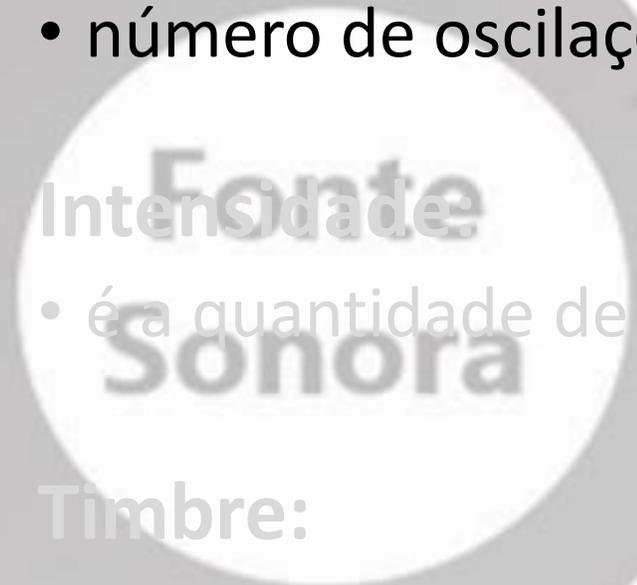
- número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som

Intensidade:

- é a quantidade de energia contida no movimento vibratório

Timbre:

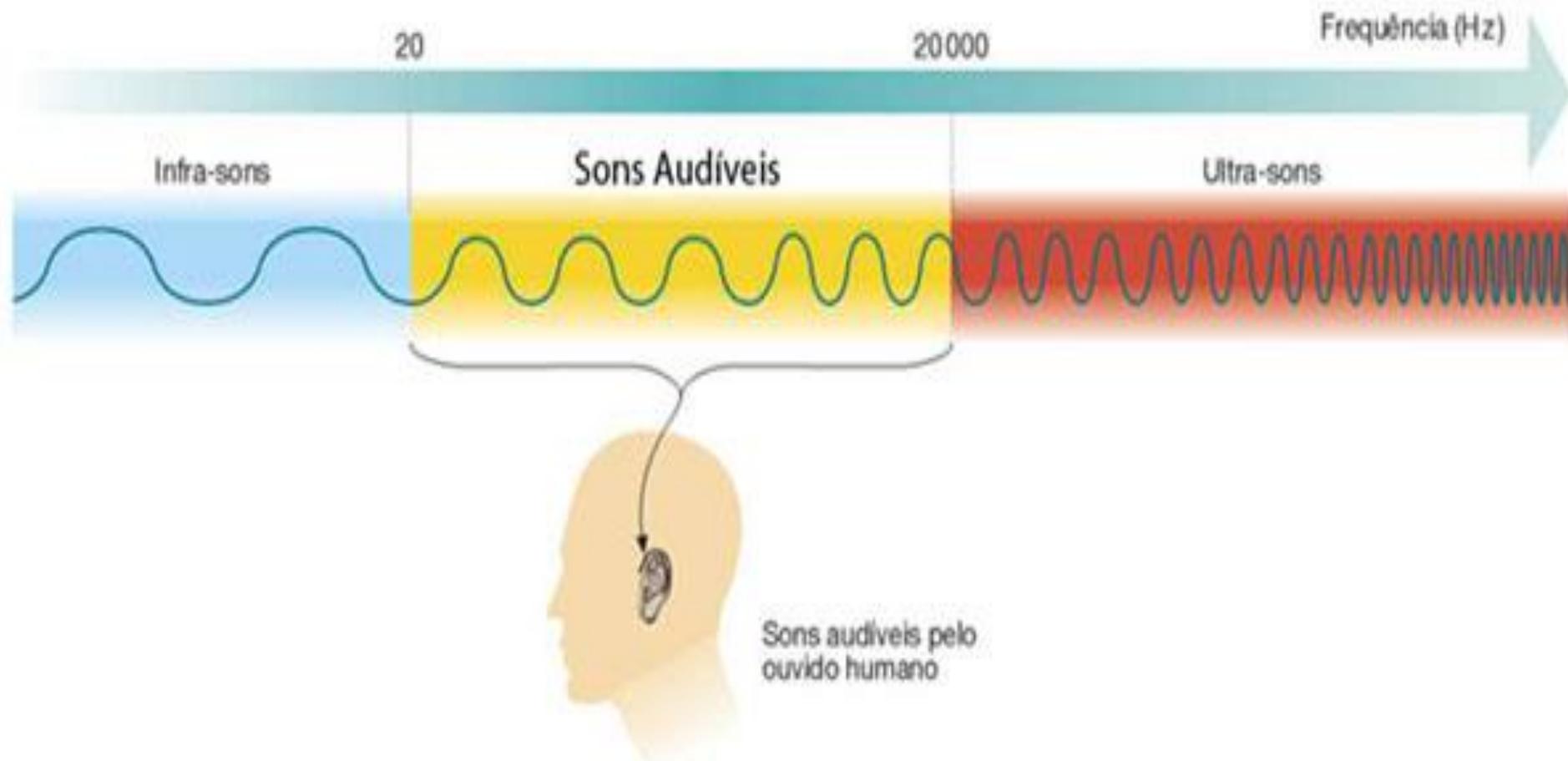
- é o atributo da percepção auditiva que permite a diferenciação entre duas ondas de mesma amplitude (loudness) e frequência (pitch)



Frequência

- Frequência (f) é a número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som
 - Para uma onda sonora em propagação, é o número de ondas que passam por um determinado referencial em um intervalo de tempo
 - A unidade de frequência (**SI**) é ciclos por segundo, ou **Hertz (Hz)**
 - O nosso ouvido é capaz de captar sons de 20 a 20.000 Hz.
 - Esta faixa de frequências entre 20 e 20kHz é definida como *faixa audível de frequências* ou *banda audível*
 - Os sons com menos de 20 Hz são chamados de infra-sons e
 - Os sons com mais de 20.000 Hz são chamados de ultra-sons

ESPECTRO SONORO



A figura abaixo também ilustra a faixa de frequência audível, destacando a região na qual a voz humana está contida e chamando a atenção para o fato de que, à medida que se envelhece, perde-se gradualmente a capacidade de se ouvir sons agudos.

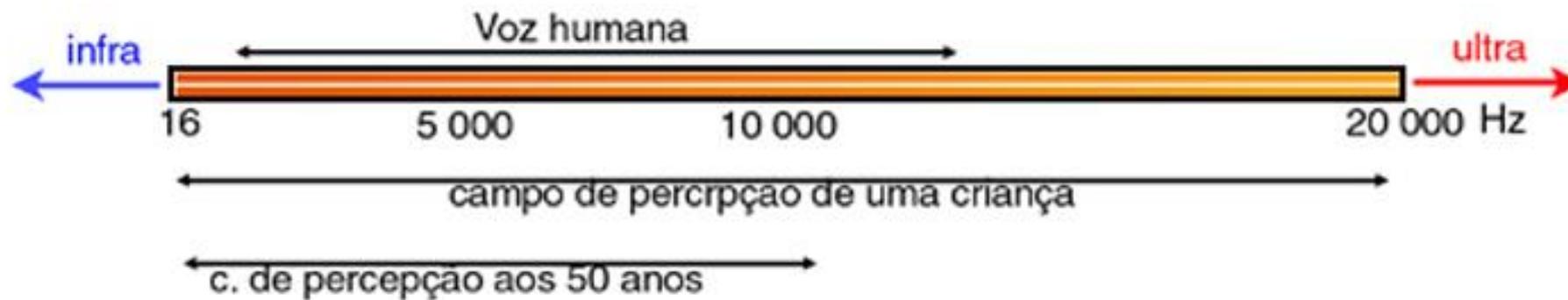
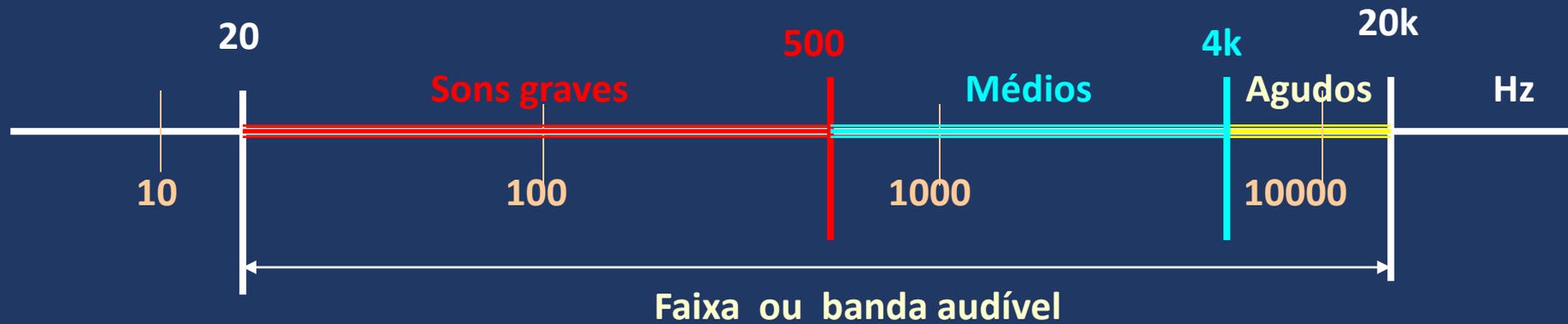
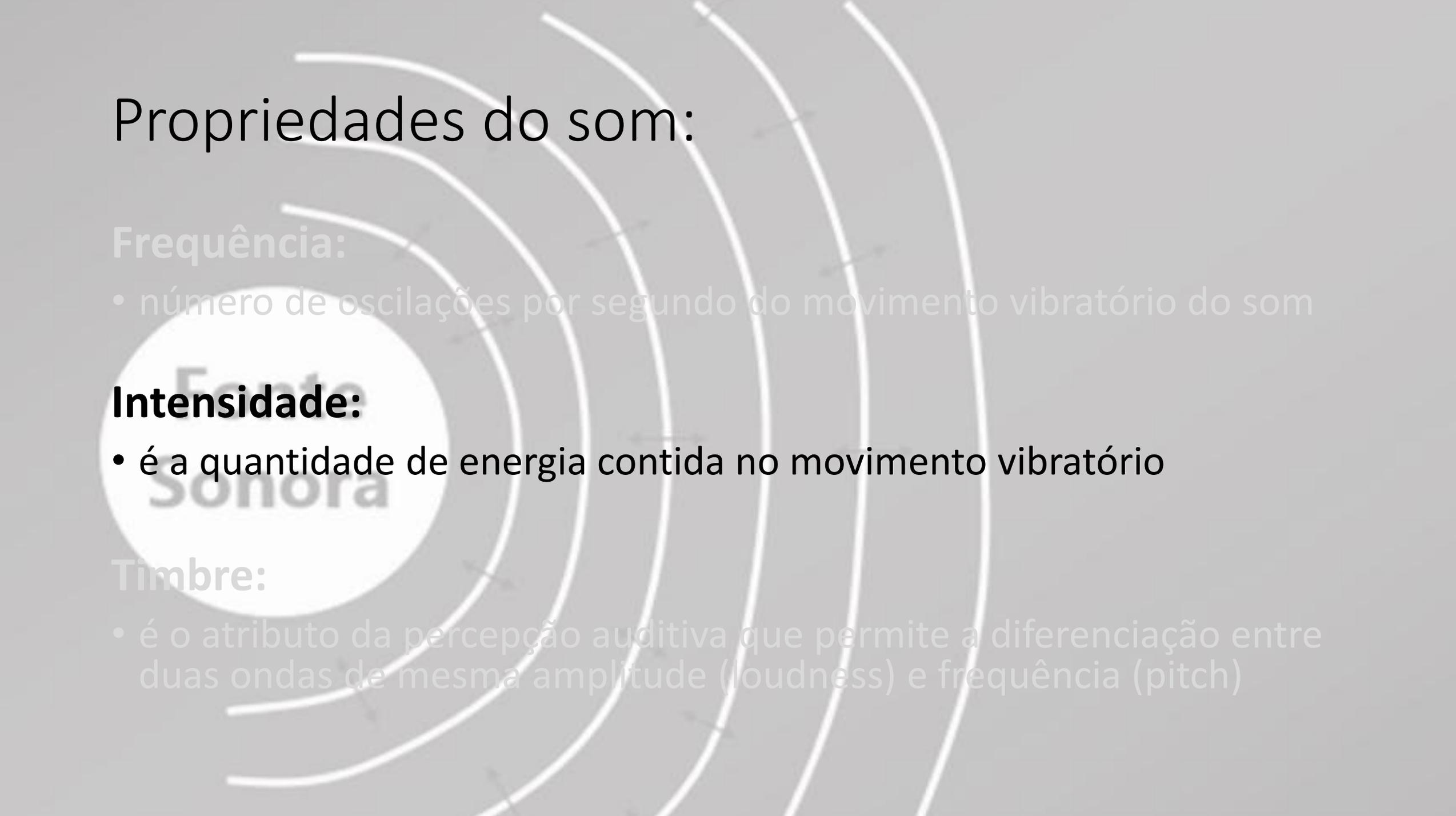


Imagem obtida no site: <http://www.somavivo.mus.br/artigos.php?id=86>

Medida de Frequência do Som



Propriedades do som:

A diagram illustrating sound waves. It features a central white circle labeled 'Fonte Sonora' (Sound Source). From this source, several concentric white arcs radiate outwards, representing the propagation of sound waves. Small black arrows are placed between the arcs, pointing outwards from the source, indicating the direction of wave travel.

Frequência:

- número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som

Intensidade:

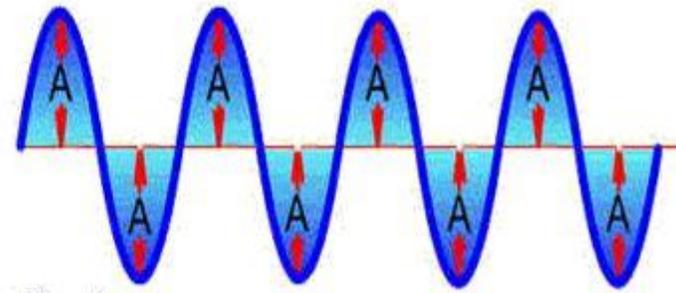
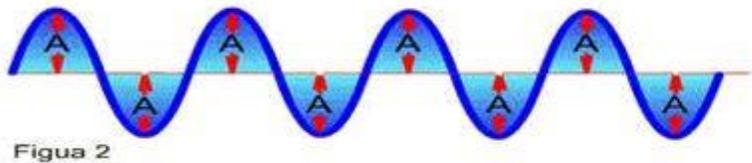
- é a quantidade de energia contida no movimento vibratório

Timbre:

- é o atributo da percepção auditiva que permite a diferenciação entre duas ondas de mesma amplitude (loudness) e frequência (pitch)

Intensidade:

- É a qualidade que diferencia sons fracos e fortes.
- Intensidade sonora é a *potência sonora por unidade de área*¹.
- A intensidade mínima da audição é, geralmente, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

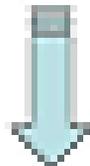


INTENSIDADE SONORA

SOM FORTE

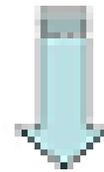


Intensidade Alta



**Onda Sonora com
amplitude Alta**

SOM FRACO



Baixa Intensidade



**Onda Sonora com
amplitude baixa**

Intensidade

- A intensidade do som é uma propriedade que relacionada à potência (energia por unidade de tempo) de vibração da fonte que emite a onda sonora: **é a quantidade de energia contida no movimento vibratório**
- A unidade de medida de intensidade sonora é o bel (B), mas, normalmente, utiliza-se seu submúltiplo, o decibel (dB)
 - $1\text{dB} = 0,1\text{B}$
- **É a intensidade do som que nos dá a sensação de volume do som**



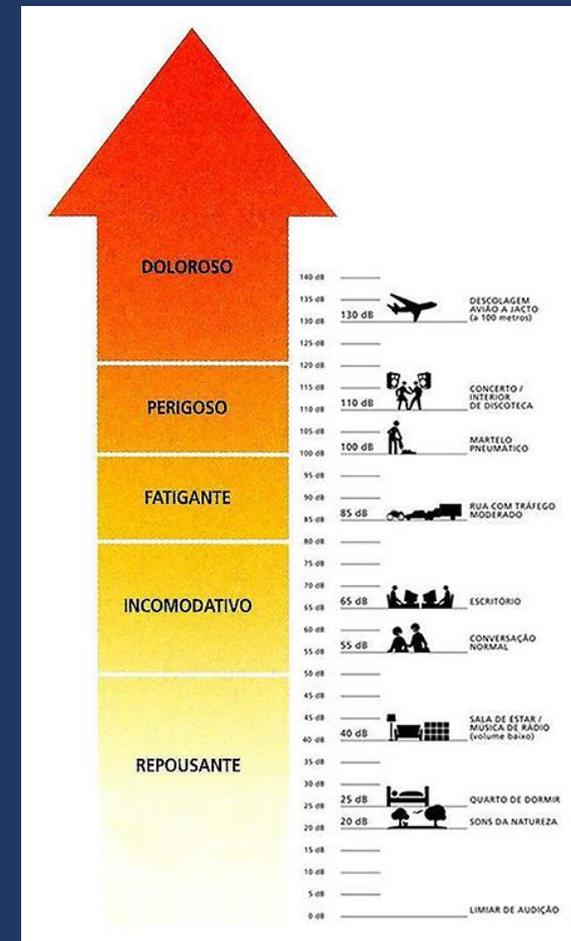
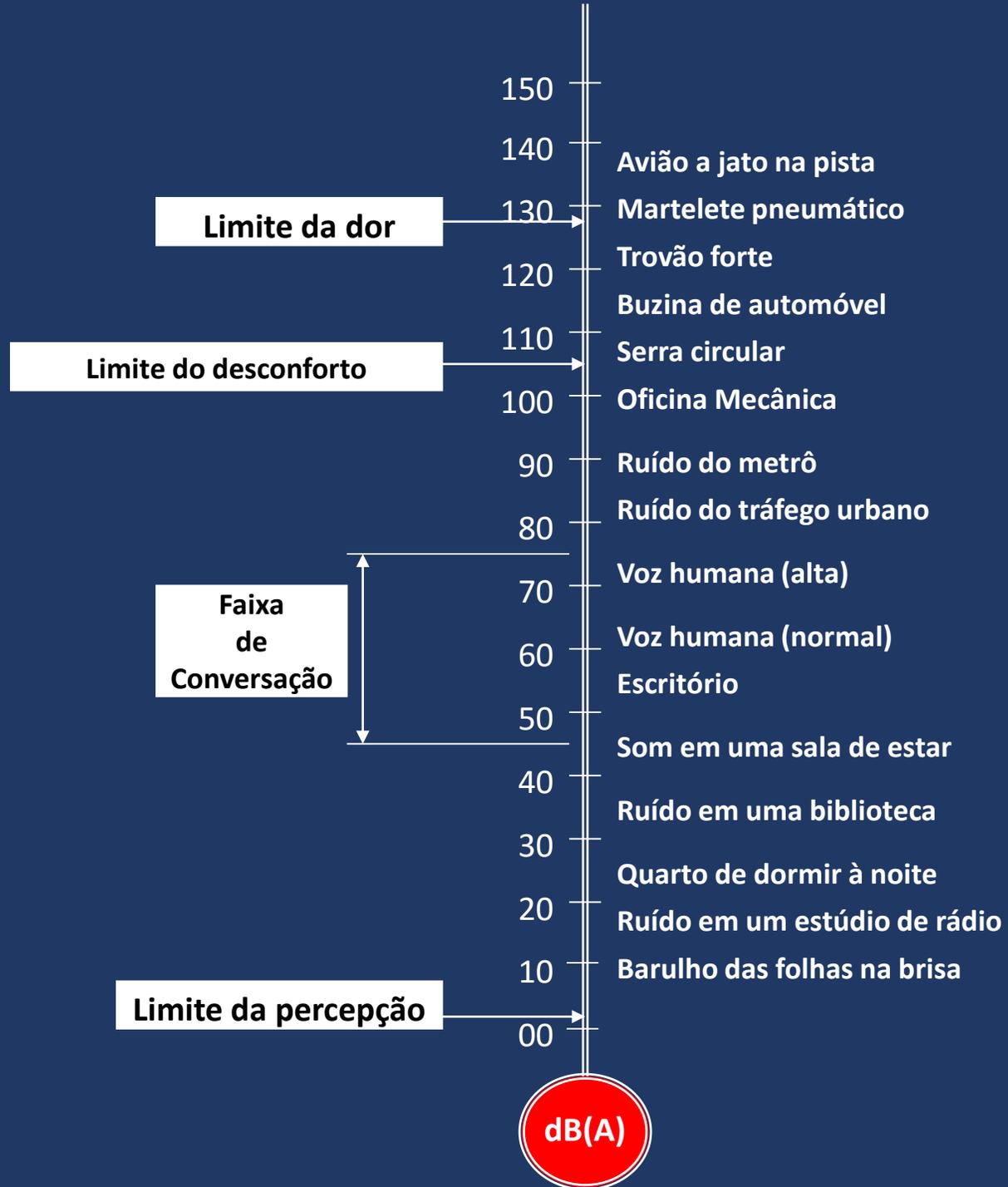
Alexander Graham Bell

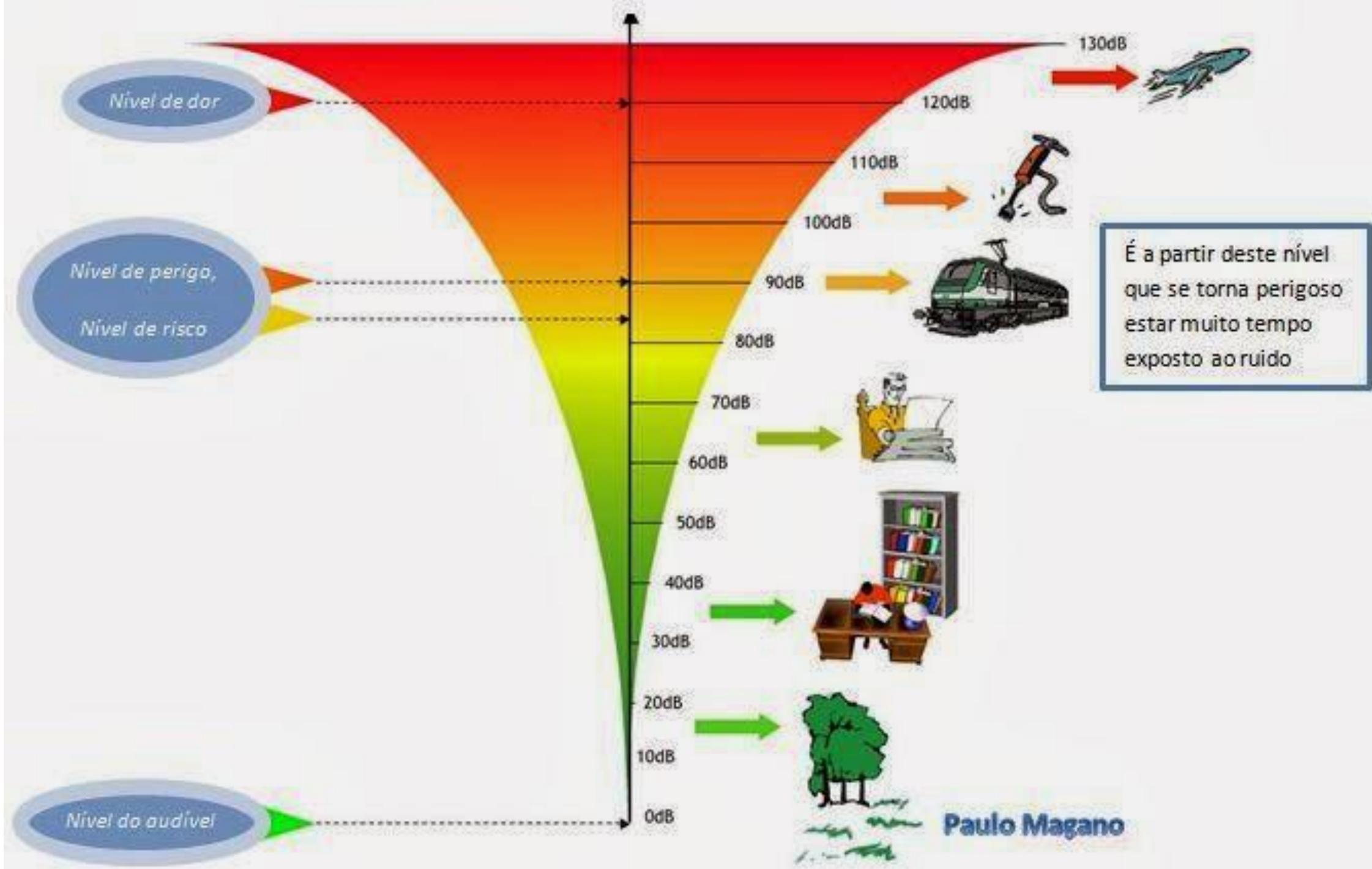
Decibel

O decibel não é uma unidade de medida, mas apenas uma escala.

← O plural de decibel é decibels.

← O termo "decibeis" é errado, embora tenha se tornado de uso popular





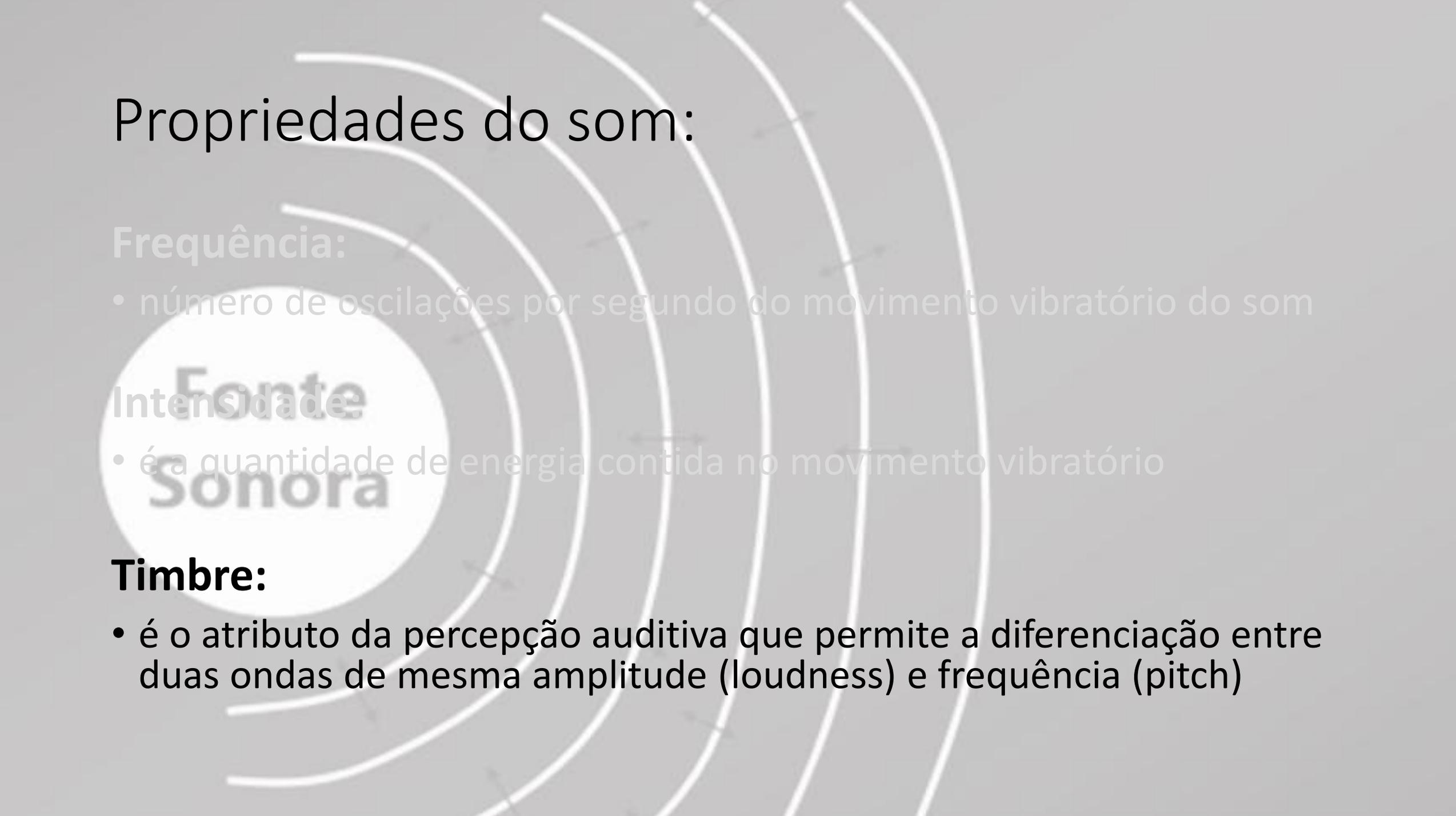
Medida de Intensidade

A intensidade sonora medida em decibels é definida como **Nível de Intensidade Sonora (NIS)** ou **Sound Intensity Level (SIL)**, em inglês

← Intensidade Sonora ↑ Watts / cm²

← Nível de Intensidade Sonora - NIS - ↑ decibels (dB)

Propriedades do som:

The background features a diagram of sound waves. A central white circle is labeled 'Fonte Sonora' (Sound Source). From this circle, several concentric white arcs radiate outwards, representing the propagation of sound waves. Small arrows are placed between these arcs, pointing outwards from the source, indicating the direction of wave travel.

Frequência:

- número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som

Intensidade:

- é a quantidade de energia contida no movimento vibratório

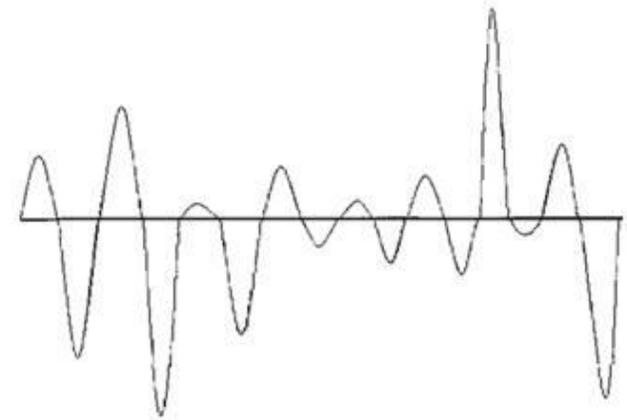
Timbre:

- é o atributo da percepção auditiva que permite a diferenciação entre duas ondas de mesma amplitude (loudness) e frequência (pitch)

Timbre

- Se nós tocarmos a mesma nota (mesma frequência) com a mesma intensidade, em um piano e em um violino, notamos claramente a diferença
- Em linguagem comum, dizemos que os seus timbres são diferentes.
- Portanto, o timbre nos permite reconhecer a fonte geradora do som

VOZ



piano



violino



Timbre

- No caso da fala, o timbre está diretamente ligado às características do locutor
 - Assim, é através do timbre que se torna possível distinguir dois sons de mesma intensidade, altura e duração



Timbre

- Em termos da forma de onda, é o timbre que diferencia duas ondas de mesma amplitude e frequência
 - Dessa forma, ainda que tenham a mesma intensidade, altura e duração, **os timbres das vozes de duas pessoas diferentes são diferentes**, assim como são diferentes os timbres de um piano e de um violino

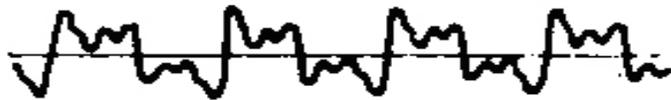
Formas de onda de voz e de instrumentos com diferentes timbres:



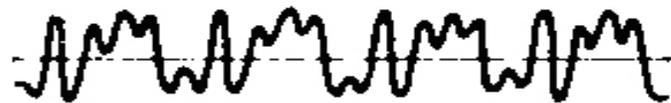
Diapasão



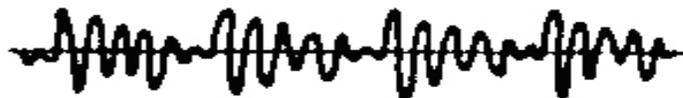
Violino



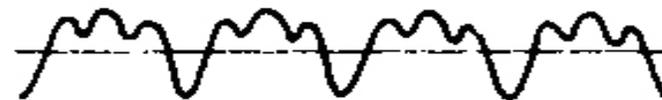
Clarinete



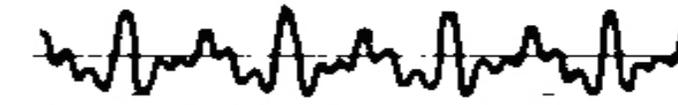
Oboé



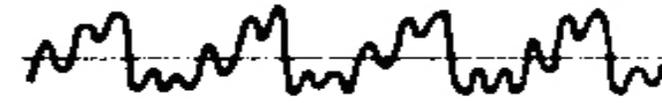
Corneta



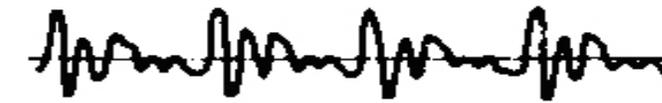
Flauta



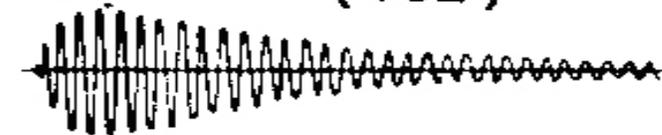
Vogal "a" (voz)



Baixo (voz)



Vogal "o" (voz)

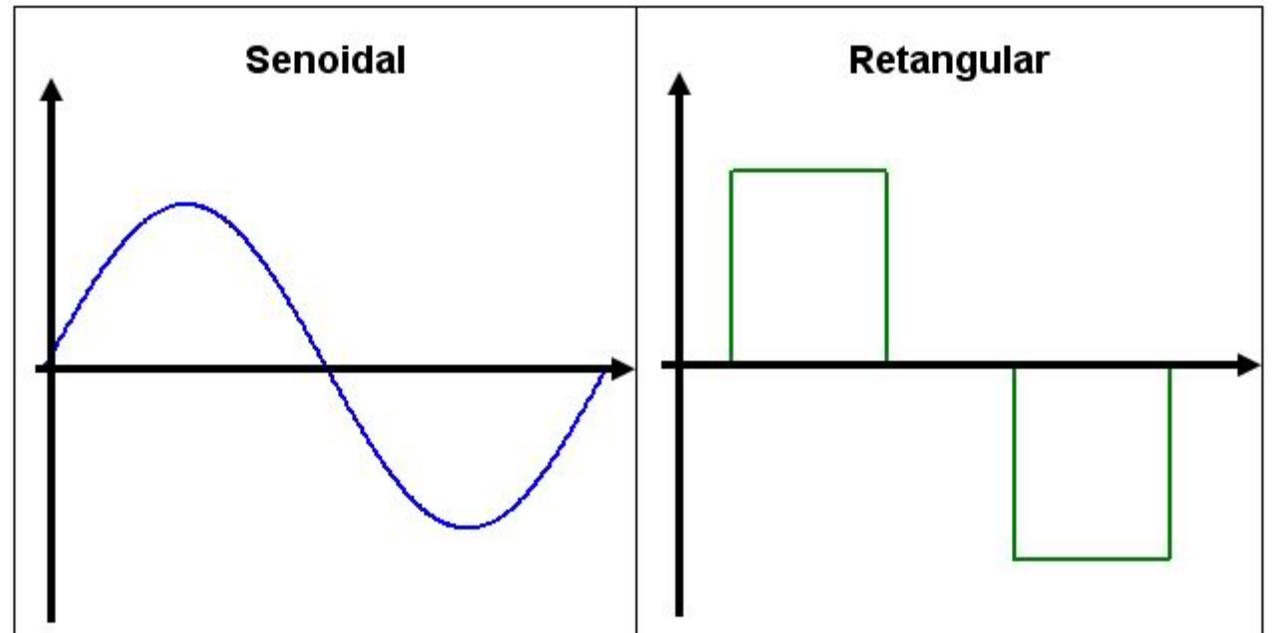


Piano

Timbre

- Para melhor entender timbre é importante entender o que é o espectro sonoro
- Para melhor entender o espectro sonora usamos uma representação gráfica do som:

Formas de Onda:



Forma de Onda



- **Forma de onda** é a representação gráfica da forma com que uma onda evolui ao longo do tempo

