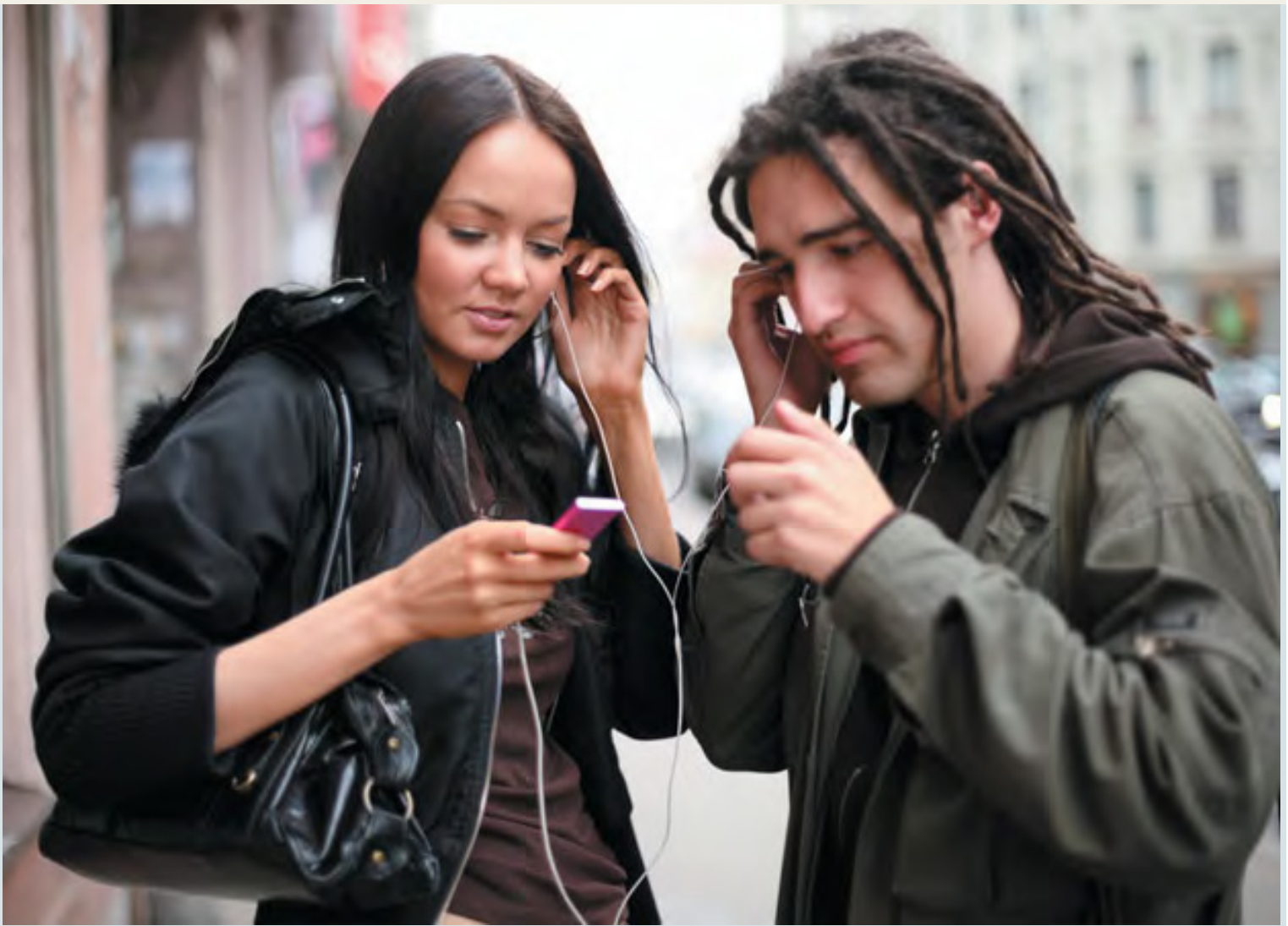


# ONDAS

Denomina-se *onda* o movimento causado por uma perturbação que se propaga através de um meio.

**ONDAS MECÂNICAS**

**ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**



Most people like to listen to music, but hardly anyone likes to listen to noise. What is the physical difference between musical sound and noise?

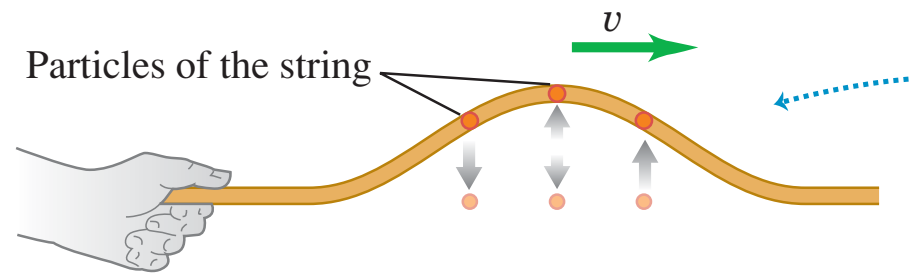
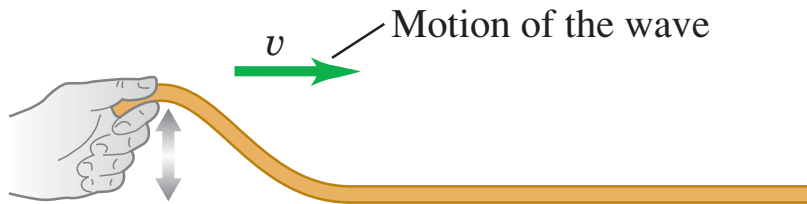
# Ondas

- Transmitem energia mas não transmitem matéria.
- É uma perturbação transmitido através do vácuo ou de um meio material.
- Ondas mecânicas: precisam de um meio material - som, ondas na água.
- Ondas eletromagnéticas: não precisam de um meio material.

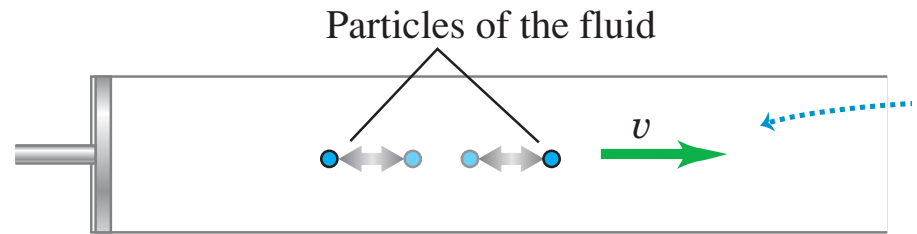
# Ondas

- Perturbação: algo varia, algo oscila.
- No som: pressão do ar varia.
- Na água: altura da superfície varia.
- Ondas eletromagnéticas: campos elétrico e magnético oscilam.
- Oscilam em que direção?

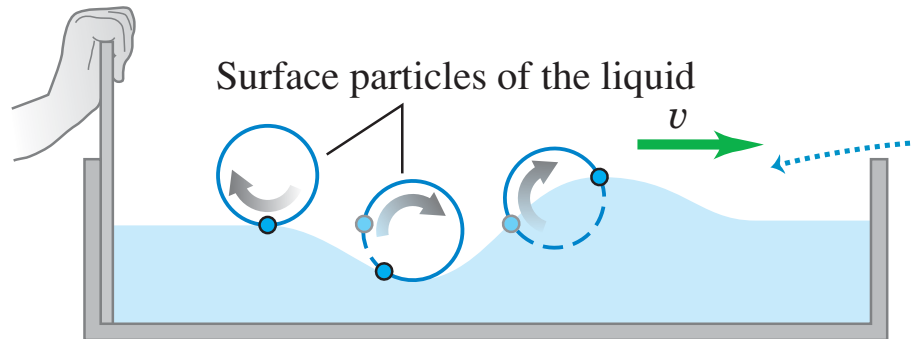
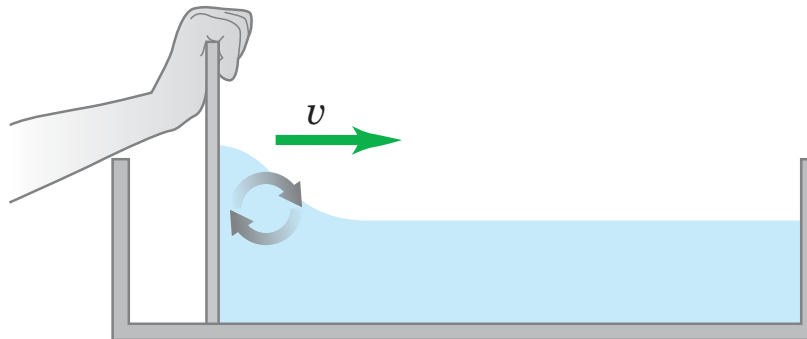
(a) Transverse wave on a string



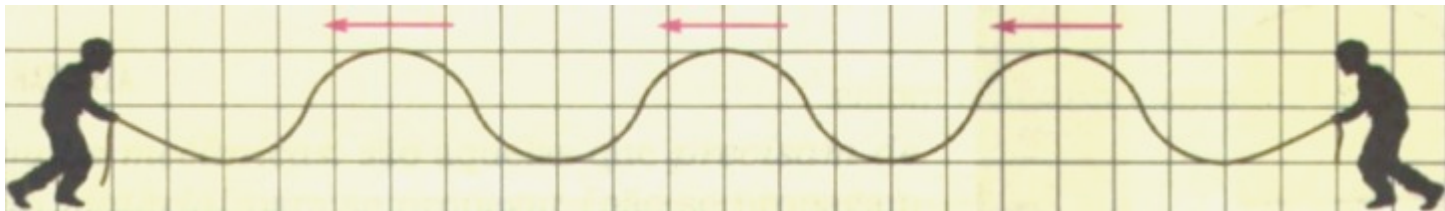
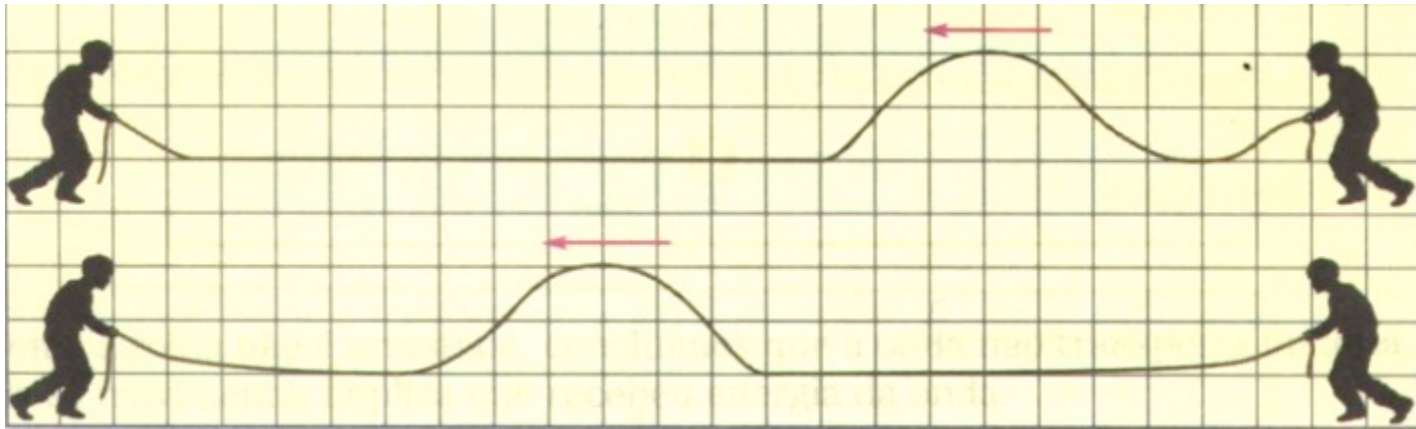
(b) Longitudinal wave in a fluid



(c) Waves on the surface of a liquid



# Produção da Onda



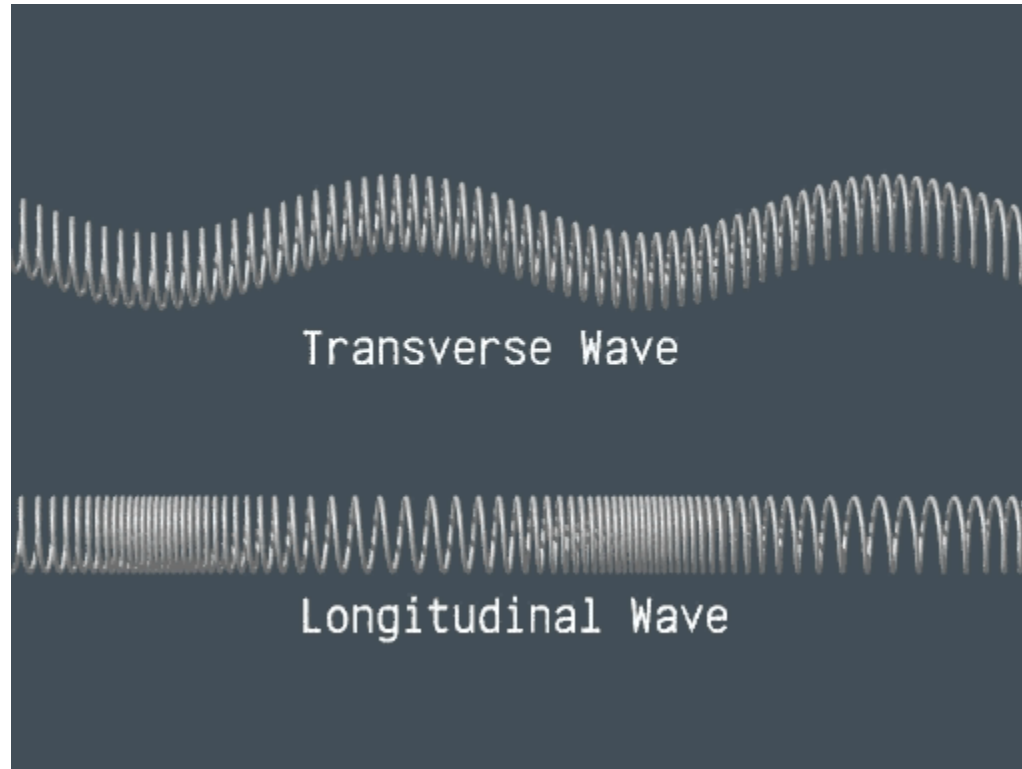


# Ondas

- Ondas transversais: oscilação perpendicular à direção de propagação - ondas eletromagnéticas, ondas na água.
- Ondas longitudinais: oscilação paralela - som.

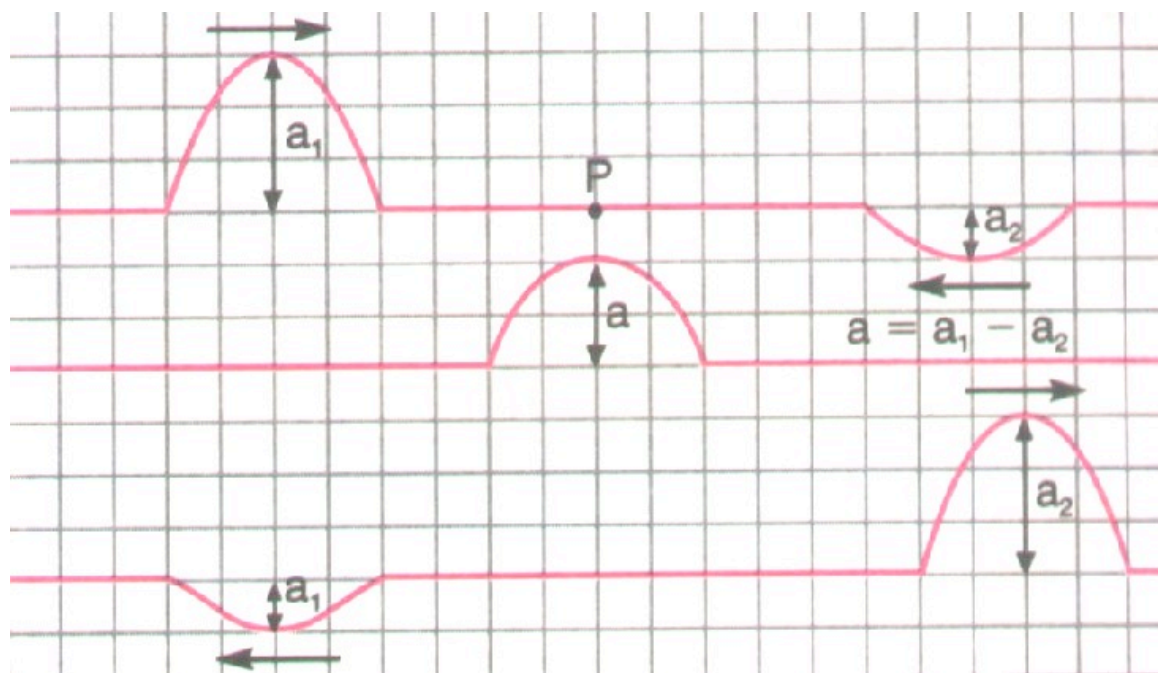
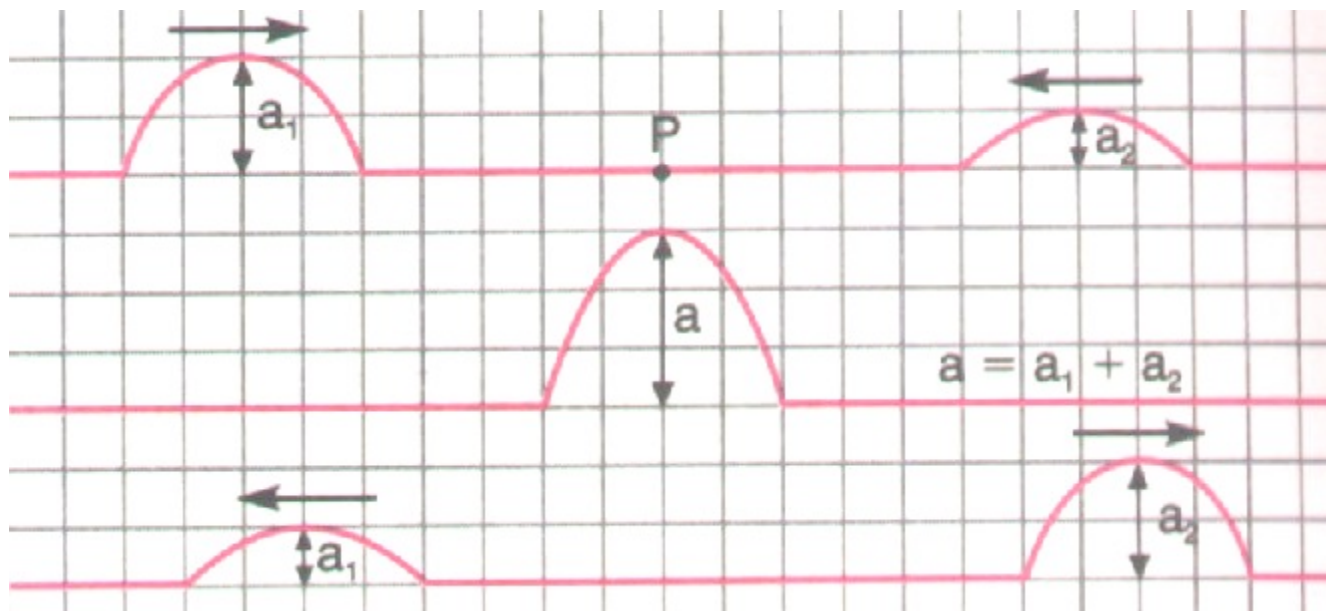


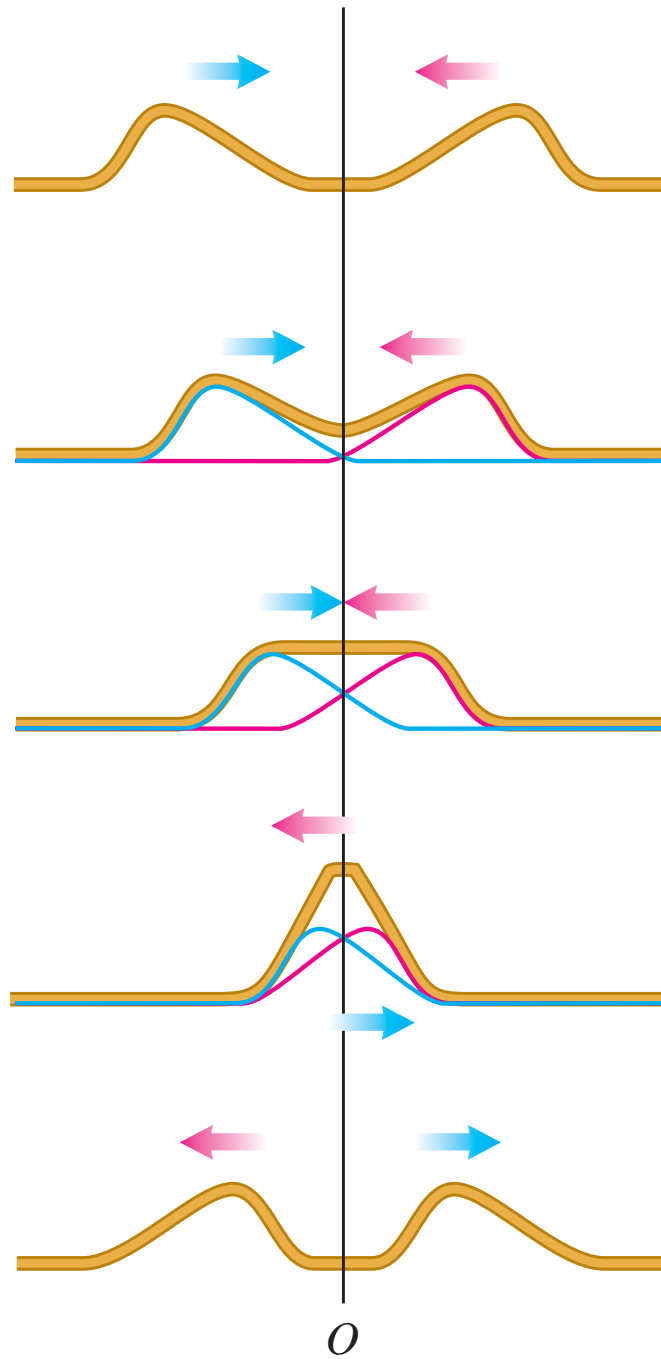
# Ondas Longitudinais e Transversais

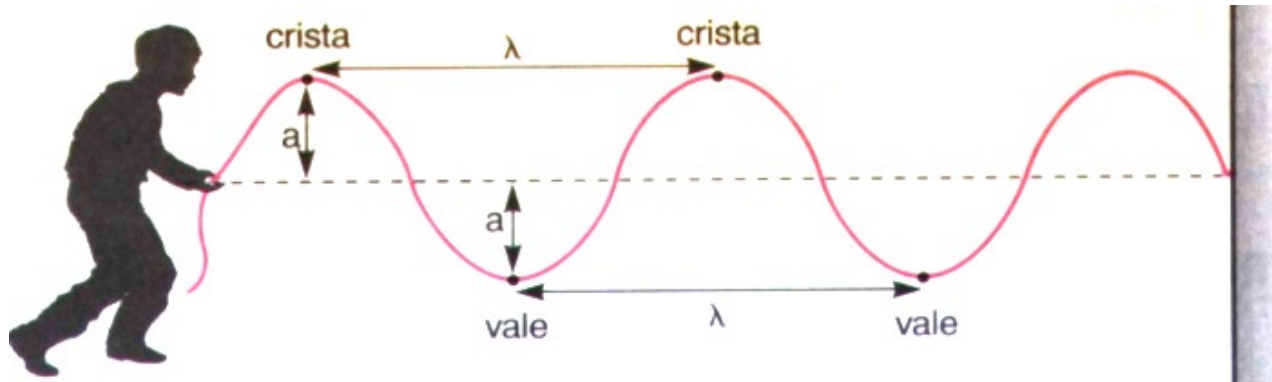


# Princípio da Superposição

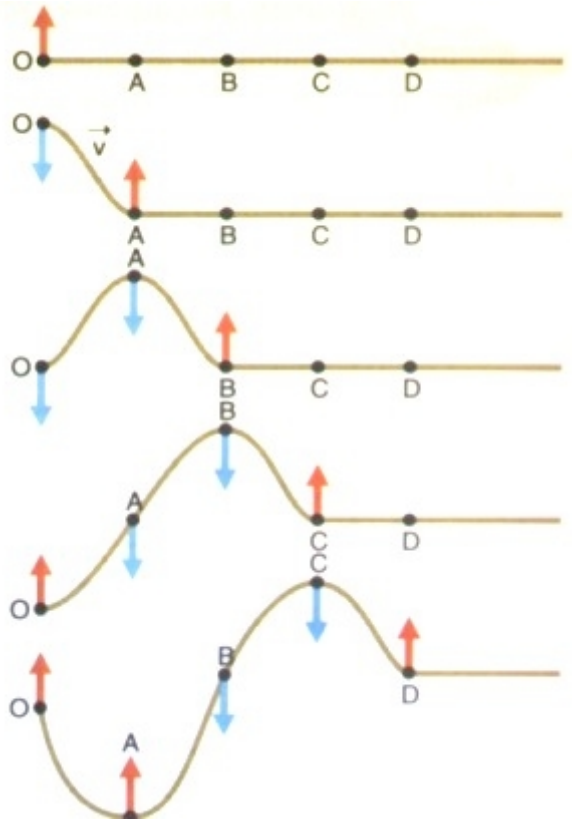
- Quando duas ondas se encontram em uma mesma posição e tempo, a onda resultante é a soma algébrica delas.
- Vale para todos os tipos de ondas.
- Essa soma algébrica é exclusivo de movimento ondulatório.







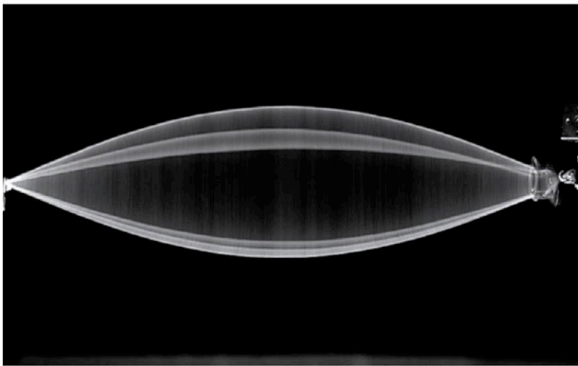
Comprimento da onda  $\rightarrow \lambda$



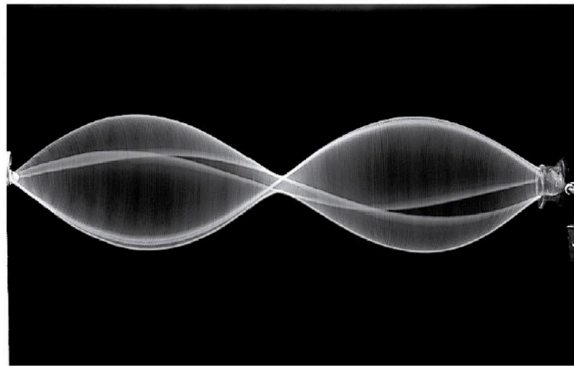
Velocidade da onda  $\rightarrow v$

# Ondas Estacionárias

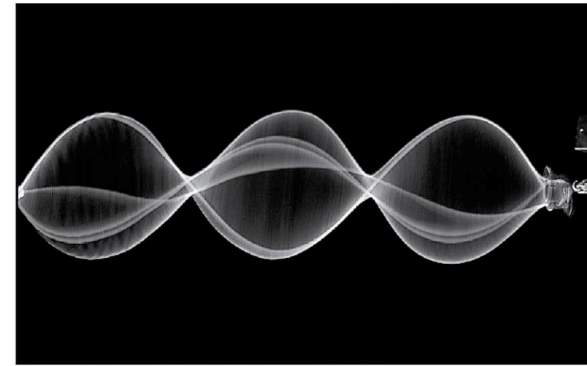
- Suponha que haja duas ondas, uma indo e outra voltando em uma corda com as extremidades fixas.
- A soma de ambas pode resultar em um padrão chamado de ondas estacionárias, onde os máximos e os mínimos são fixos.



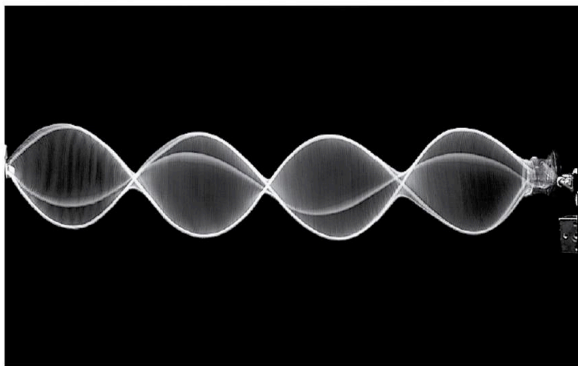
(a)



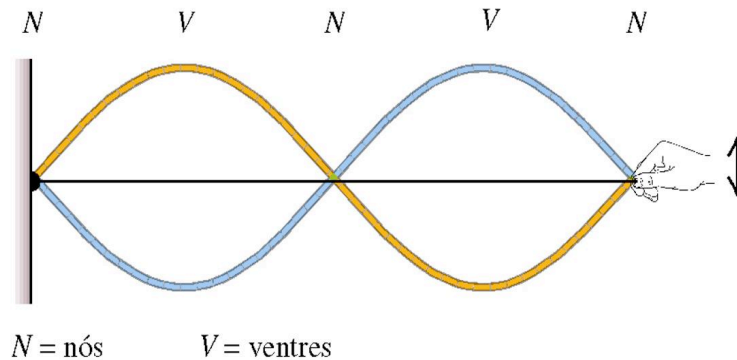
(b)



(c)



(d)

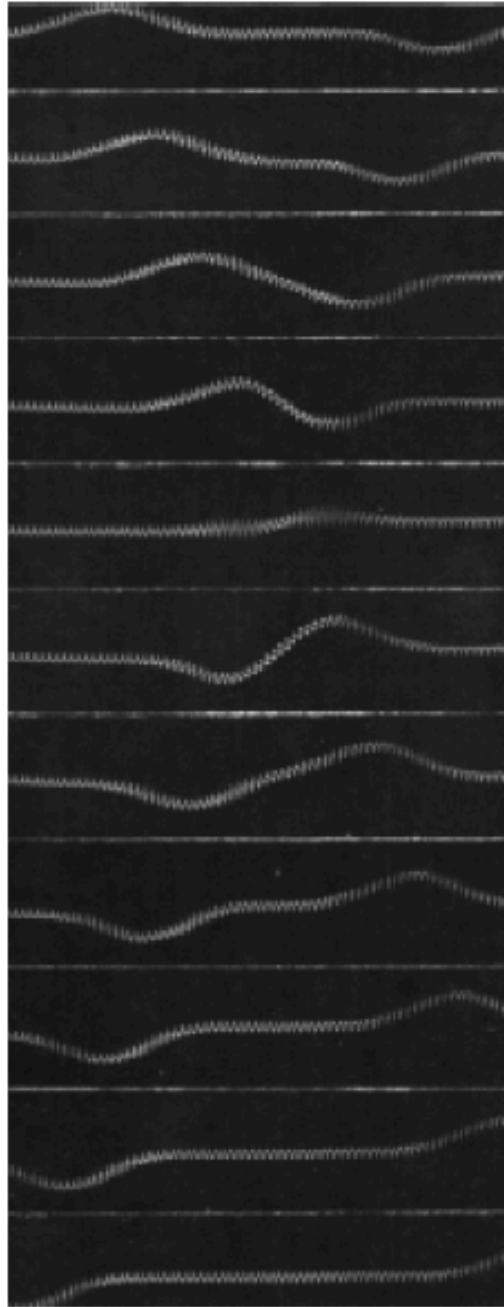
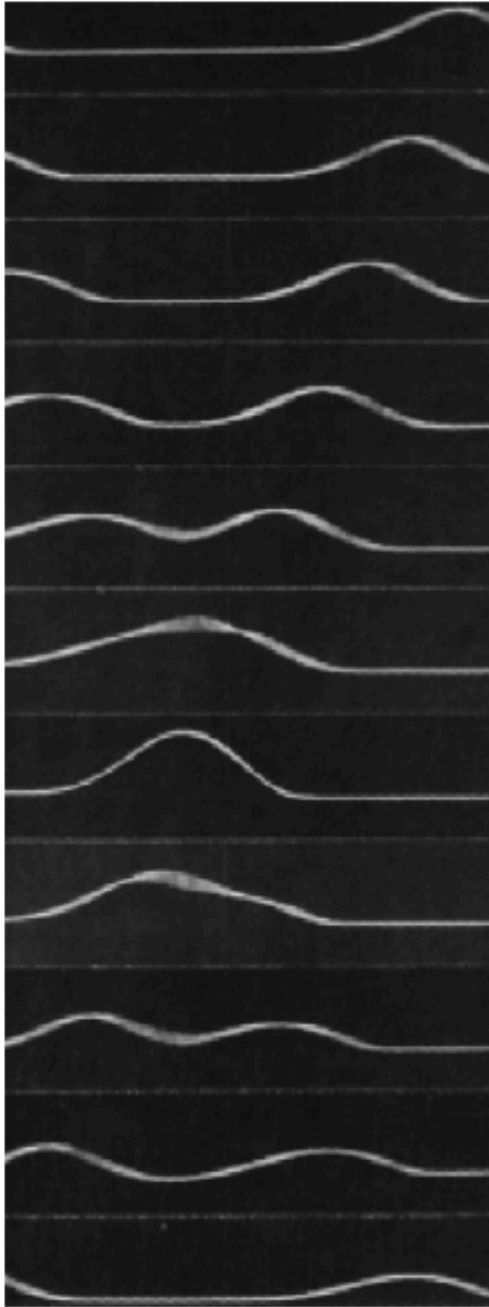


(e)

$N = \text{nós}$

$V = \text{ventres}$

**FIGURA 20.5** (a) — (d) Fotografias feitas com tempo de exposição longo mostrando ondas estacionárias em uma corda esticada. De (a) até (d) a frequência da oscilação produzida pela mão na extremidade direita aumenta e o comprimento de onda da onda estacionária diminui. (e) Os extremos dos movimentos da onda estacionária indicada em (b), mostrando os nós formados nas extremidades e no centro. A extremidade direita se move muito pouco em comparação com os ventres, de modo que ela é essencialmente um nó.



# PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO

Superposição de dois pulsos  
ondulatórios deslocando-se  
em sentidos opostos

(a) não invertidos

(b) invertidos

Quando duas ondas se superpõem, o deslocamento resultante em qualquer ponto da corda e em qualquer instante é obtido somando-se os deslocamentos individuais que cada ponto deveria ter caso não existisse o outro deslocamento.

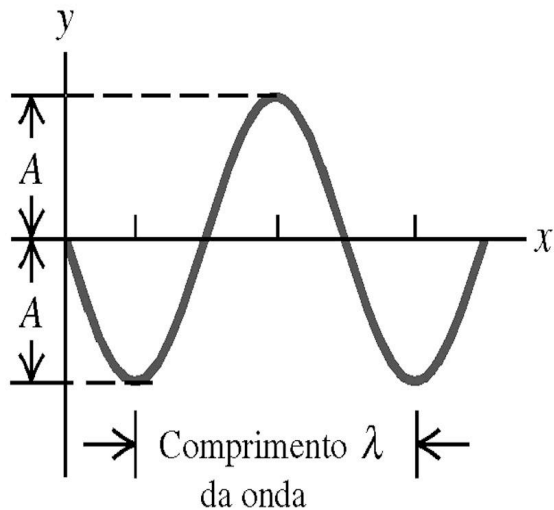


# ONDA HARMÔNICA SIMPLES

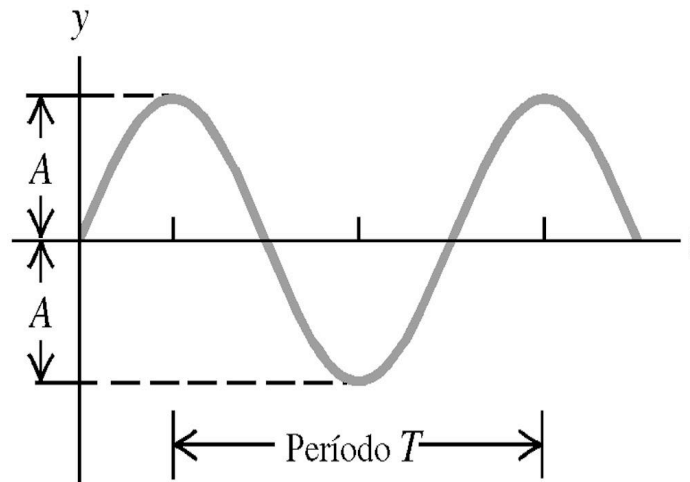
A partícula se movimenta executando MHS com amplitude **A** e freqüência **f**.  
O deslocamento, **y**, é uma função de **x** e do tempo **t**.  
Podemos escrever a expressão p/ uma onda senoidal se propagando no sentido **+x**

$$y(x,t) = A \text{ sen } (kx - \omega t)$$

Onde  $k = \text{número de onda} = 2\pi / \lambda$  e  $\omega = \text{freqüência angular} = 2\pi f = 2\pi / T$



(a)



(b)

**FIGURA 19.5** (a) O gráfico da função de onda  $y(x, t)$  em função de  $x$  para um tempo fixo, neste caso  $t = 0$ , descreve a forma da onda nesse instante. (b) O gráfico da função de onda  $y(x, t)$  em função de  $t$  para uma coordenada fixa, neste caso  $x = 0$ , descreve o movimento da partícula situada neste local em função do tempo. A escala vertical está exagerada em (a) e em (b).

$$f = \frac{1}{T}$$

frequência

$$T = \frac{\lambda}{v}$$

período

$$v = \lambda f$$

Velocidade  
da onda

# VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DA ONDA EM MEIOS ELÁSTICOS

Meio elástico é constituído de qualquer material que tende a preservar seu comprimento, forma e volume.

A velocidade de propagação da onda em meios elásticos depende, em geral, das características de elasticidade e da densidade do meio.

## ONDAS TRANSVERSAIS NUMA CORDA

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$\mu$  = massa por unidade de comprimento



## ONDAS LONGITUDINAIS EM UM FLUIDO

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

$B$  é o módulo volumétrico

$\rho$  é a densidade do fluido

$$B = \frac{F/A}{\Delta V/V}$$

$F$  é a intensidade da  
força externa que age  
sobre a área  $A$

## ONDAS LONGITUDINAIS EM UM SÓLIDO

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

$Y$  é o módulo de Young

$\rho$  é a densidade do sólido

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

- Densidade e elasticidade do meio variam com a temperatura e pressão;
- Portanto a velocidade de propagação depende da temperatura e pressão do meio;**
- Essas velocidades são independentes do comprimento de onda e da frequência da onda;**
- Para meios onde a densidade e elasticidade não variam, a velocidade e a forma da onda são constantes, esses meios são chamados de não-dispersivos;
- A velocidade do som no ar independe da frequência, isto é, **a velocidade do som audível, infra-som e ultra-som é a mesma;**
- Quando há alteração na forma e velocidade da onda é porque a onda está passando por um meio dispersivo.**

**16.9** This three-dimensional image of a fetus in the womb was made using a sequence of ultrasound scans. Each individual scan reveals a two-dimensional “slice” through the fetus; many such slices were then combined digitally.



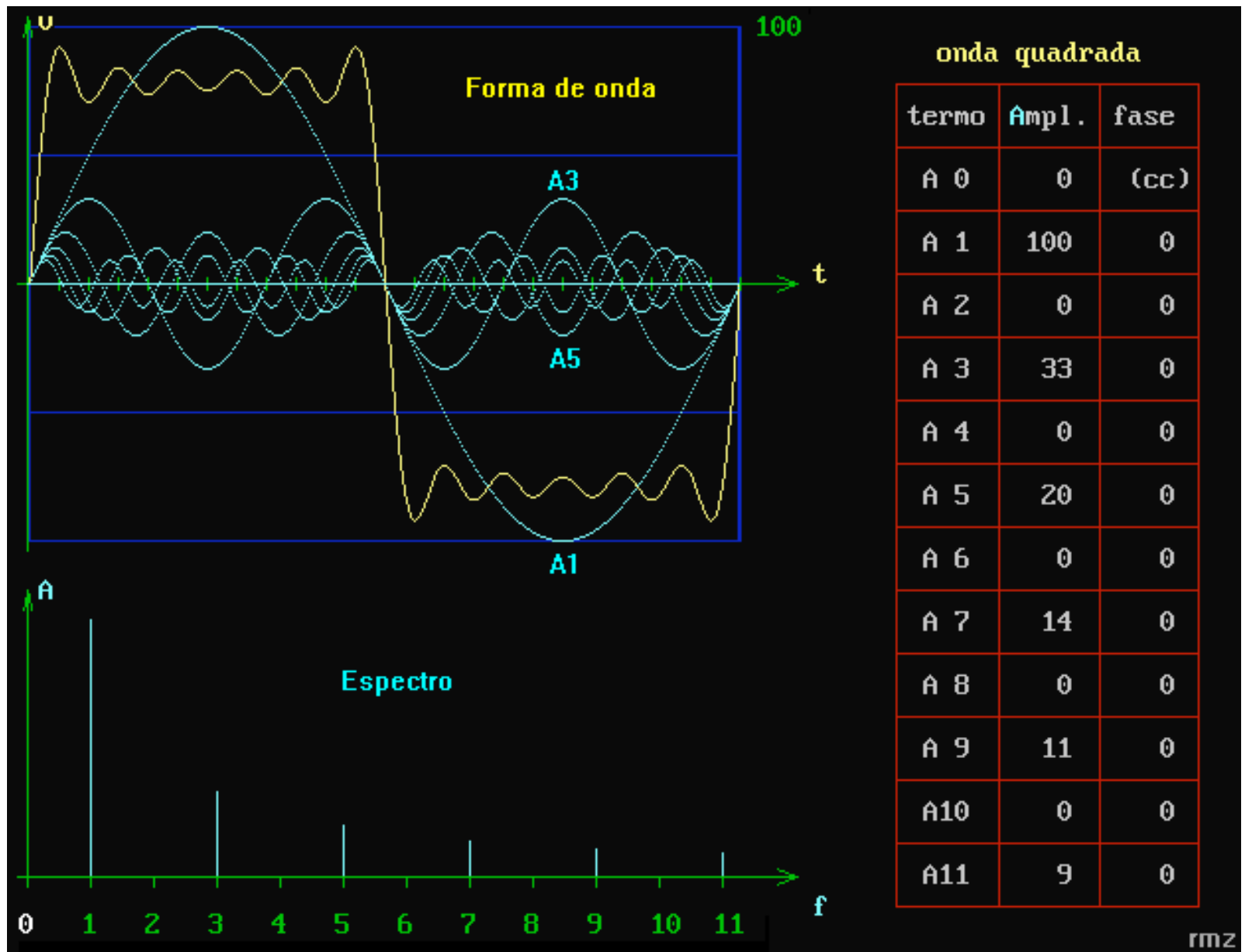
# TEOREMA DE FOURIER

O teorema de Fourier fornece a base matemática para analisar qualquer forma de onda como uma superposição de ondas senoidais de comprimentos de onda.

Essas ondas senoidais, cada qual com determinada frequência, são chamadas componentes de Fourier de uma onda complexa, podendo ser periódica ou aperiódica.

A análise de Fourier é aplicada em quase todas as áreas de conhecimento, nos auxiliando na interpretação e resolução de várias tarefas.

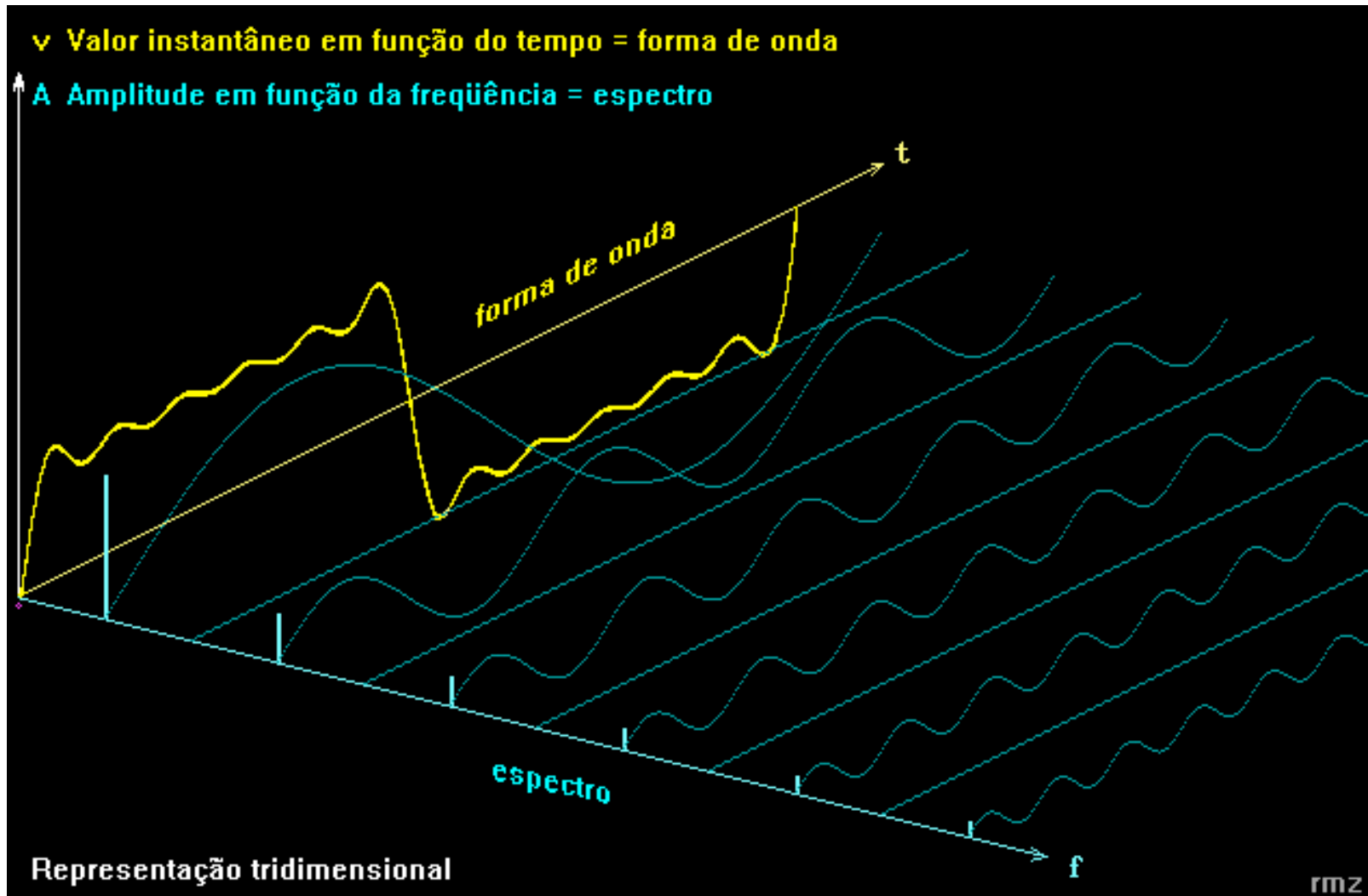




## Sobreposição de Várias Ondas

**ESPECTRO** é a representação das componentes (ou raias ou termos) num gráfico que mostra suas **amplitudes versus frequência**.

**FORMA DE ONDA** é a representação dos **valores instantâneos em função do tempo**.



# TRANSPORTE DE ENERGIA POR ONDAS

- A transmissão de energia por uma onda progressiva é feita no sentido de sua propagação.
- No caso de ondas estacionárias, não há transmissão de energia ao longo da onda.

$$I = \frac{E}{S\Delta t}$$

I – Intensidade da onda

E – Energia transmitida pela onda

S – área perpendicular à direção de propagação

$$I = 2\pi^2 \rho v f^2 A^2$$

$\rho$  – densidade do meio

$v$  – velocidade da onda no meio

$f$  – frequência

A - amplitude

A intensidade pode ser escrita em termos da potência transmitida  $P$ .

$$I = \frac{P}{S}$$

Para uma distância  $d$  de uma fonte puntiforme, a intensidade fica na forma:

$$I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

Se a potência transmitida por uma fonte for constante, as intensidades  $I_1$  e  $I_2$  às distâncias  $d_1$  e  $d_2$  serão:

$$I_1 = \frac{P}{4\pi d_1^2}$$

$$I_2 = \frac{P}{4\pi d_2^2}$$

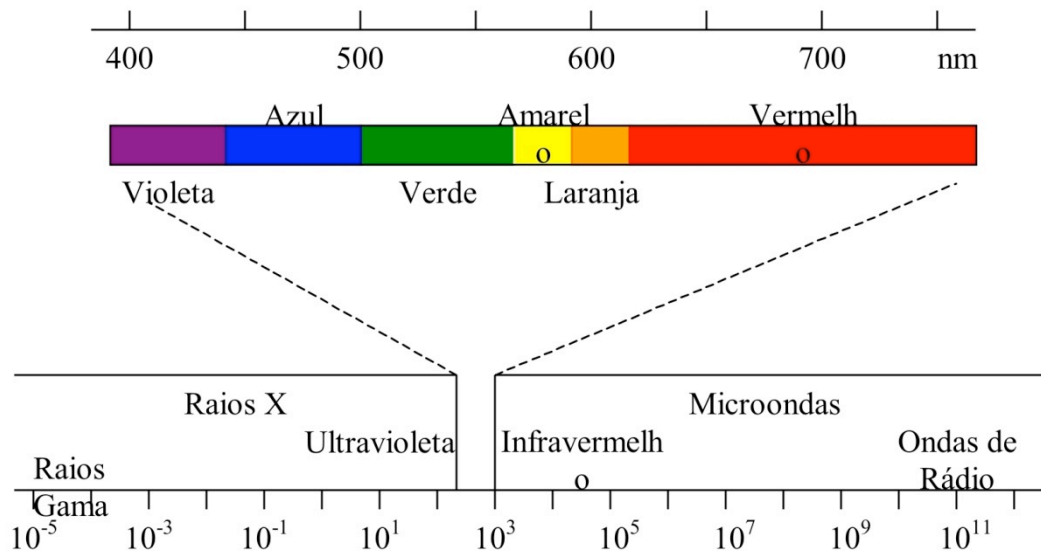
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

Lei do inverso do  
quadrado da distância

Fim

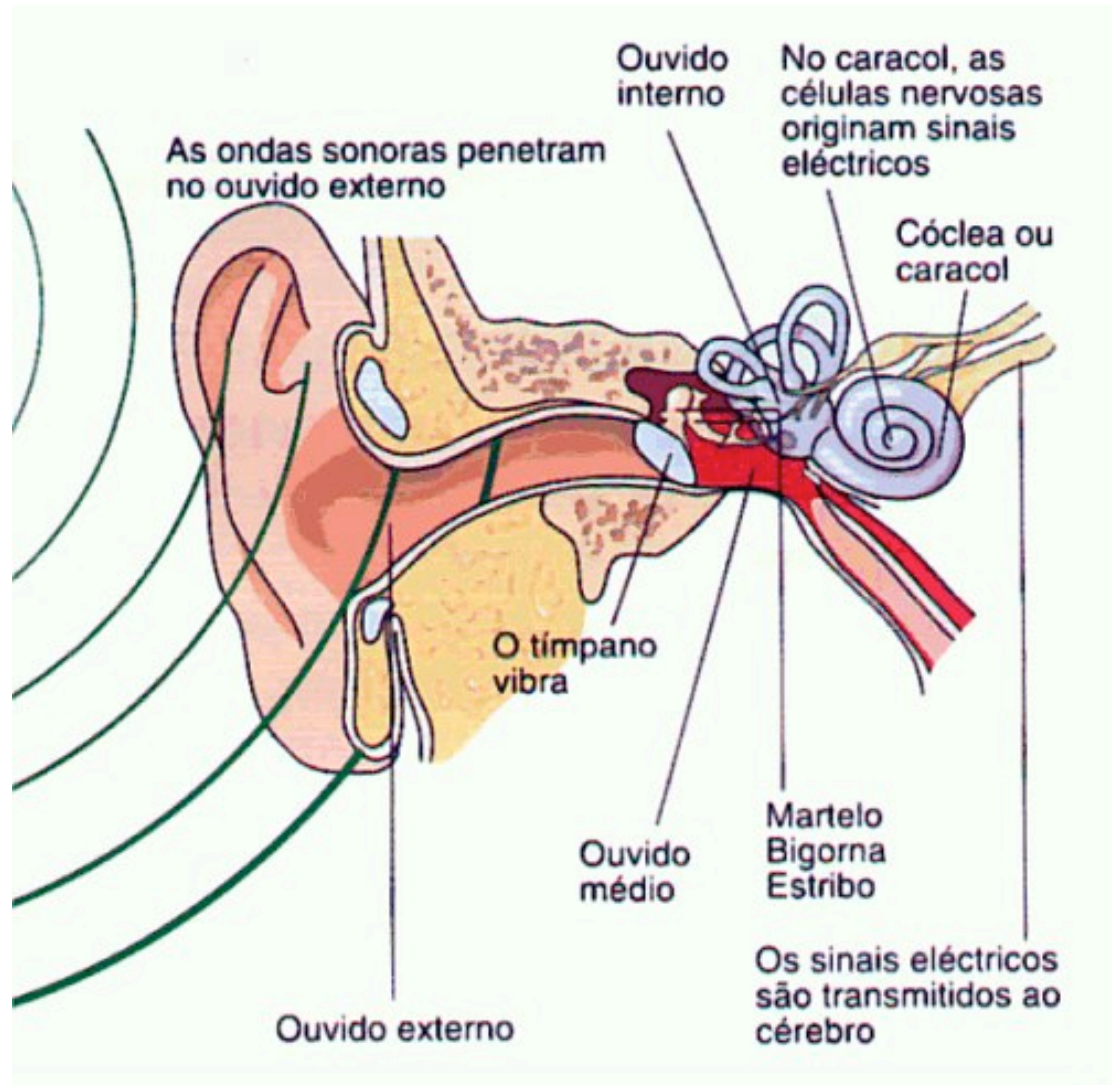
Agora é só fazer a lista!

Os olhos são receptores especiais que detectam as ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.

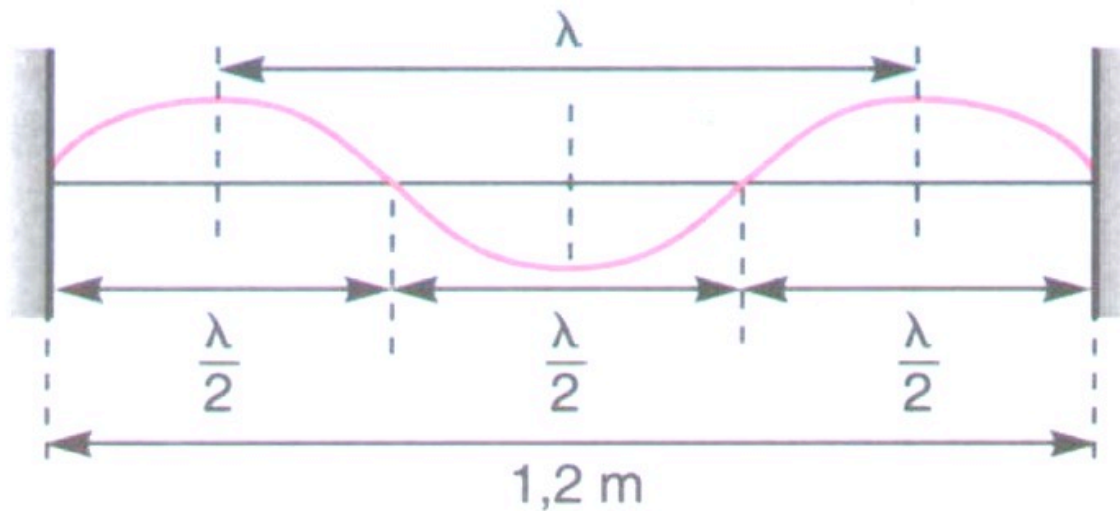
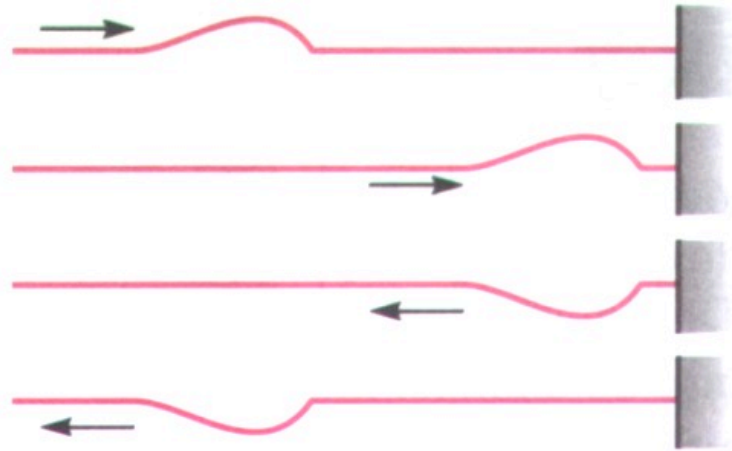


Chamadas *ondas luminosas visíveis* ou simplesmente ondas luminosas

Nas ondas sonoras a variável física que sofre oscilação é a pressão. Os ouvidos constituem receptores especiais de ondas sonoras com frequências de 20 a 20000 Hz.



# Reflexão de um pulso numa corda



Onda  
Estacionária



