

# Ondas



Prof. Luis Gomez

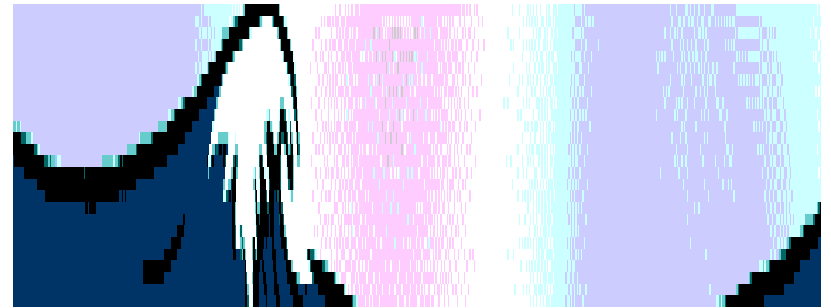
# Sumário

- Introdução
- Classificação das ondas ou tipos de onda.
- Propagação de ondas.
- ondas progressivas
- ondas harmônicas
- Velocidade transversal de uma partícula
- Velocidade de uma onda em uma corda esticada
- Equação de onda
- Energia e potência de uma onda progressiva em uma corda.
- Princípio de superposição para ondas
- Interferência de ondas
- Ondas estacionárias
- Ondas estacionárias e ressonância

# INTRODUÇÃO

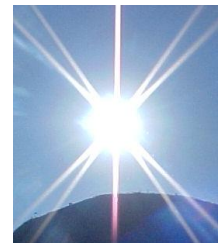
**ondas** é qualquer sinal (perturbação) que se transmite de um ponto a outro de um meio com velocidade definida.

**Pulso** – é uma perturbação que se propaga.



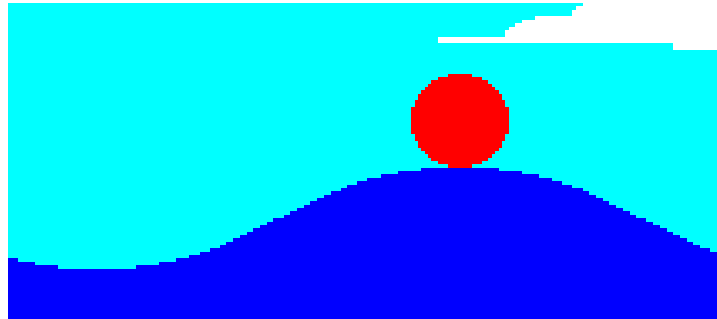
# Ondas

- Sempre que se fala em ondas, lembramo-nos das ondas do mar.
- Existem muitas outras ondas na natureza. O som, por exemplo, é transmitido de um lugar para outro por ondas sonoras.
- A luz também viaja como uma onda.



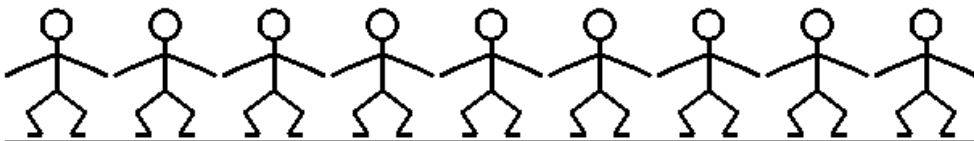
# Ondas e Energia

- Embora as ondas do mar viajem milhares de quilómetros, as moléculas de água não vão muito longe.



# “Onda” num estádio de futebol

- A energia é transmitida ao longo do estádio mas as pessoas permanecem nos mesmos lugares (apenas se levantam e se tornam a sentar).

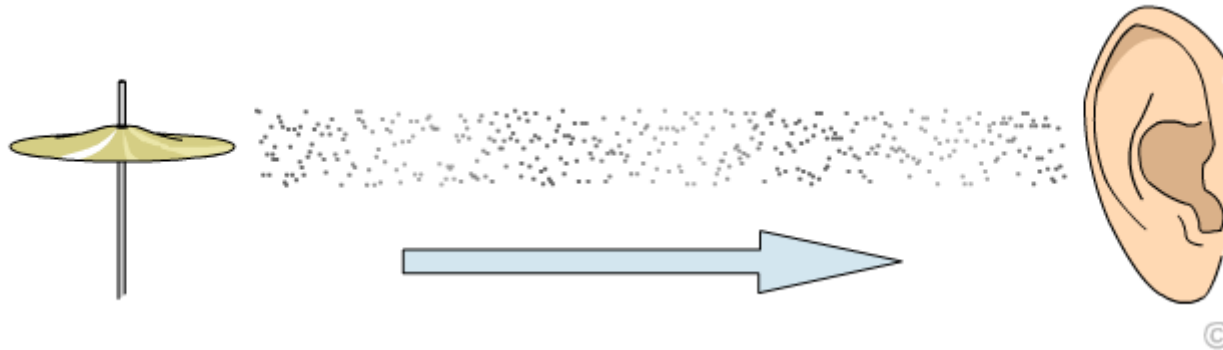


© 2002, Dan Russell

©2002, Dan Russell

# Ondas e Energia

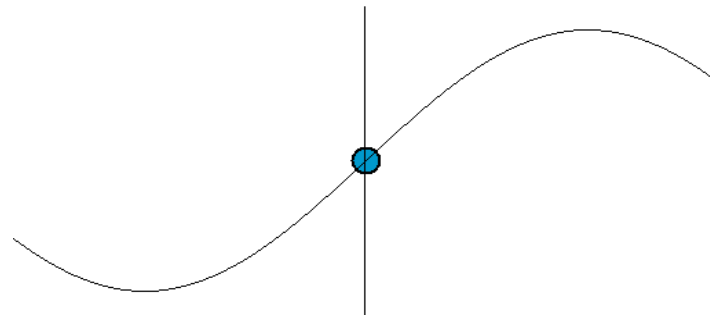
- Quando o baterista percute o címbalo, este vibra.
- A energia é transferida para as moléculas de ar circundantes. O som chega aos teus ouvidos porque **as moléculas do ar vibram**.



- **As moléculas de ar não se movem do címbalo para os teus ouvidos**. Elas apenas vibram e transmitem essa vibração às moléculas vizinhas.

# Ondas e energia

- Uma **ONDA** é a propagação de uma perturbação.
- **Transporta energia mas não matéria.**



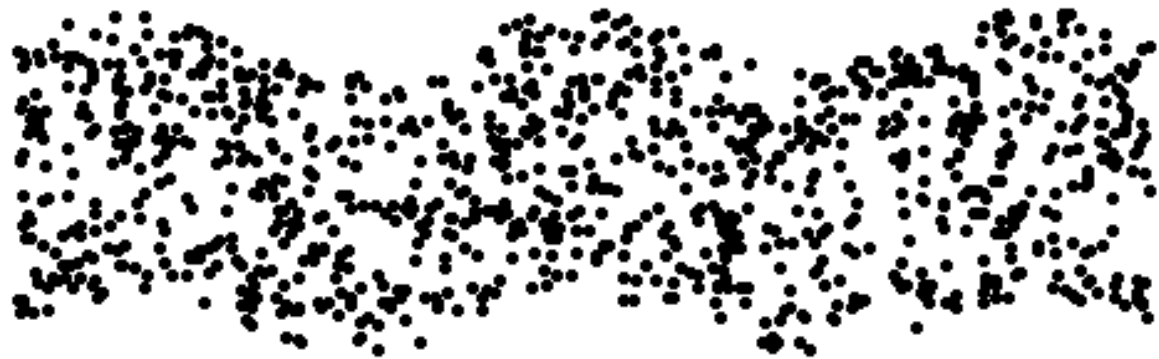


# Classificação das ONDAS:

## 1) Quanto à sua natureza.

- **Ondas Mecânicas:** É uma perturbação que se propaga através de um meio material. À medida que a onda se propaga através do meio, as partículas que constituem o meio sofrem deslocamentos de diversas espécies, dependendo da natureza da onda.

Ex. Pulso numa corda, ondas sonoras.



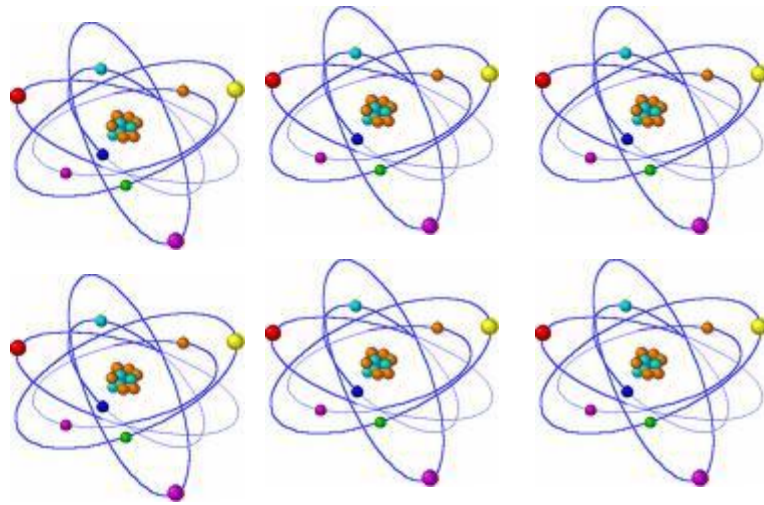
- **Ondas Electromagnéticas:** Resultam de vibrações de cargas elétricas, transportando energia sob a forma de quanta ("pacotes" de energia). Por isso, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em alguns meios materiais.

Ex. Ondas de rádio, luz visível, microondas, IV, UV...

Propagam-se no vácuo à mesma velocidade: **300 000 km/s**



**Ondas de matéria:** associadas ao movimento das partículas elementares, elétrons, e até átomos e moléculas.



## 2) Quanto à direção de vibração:

### ONDAS TRANSVERSAIS

- A perturbação dá-se na **direcção perpendicular à da propagação da onda;**



- **Exemplo:** a onda que viaja ao longo de uma corda quando é agitada numa das extremidades (a onda viaja mas a corda não sai da nossa mão).

# ONDAS TRANSVERSAIS

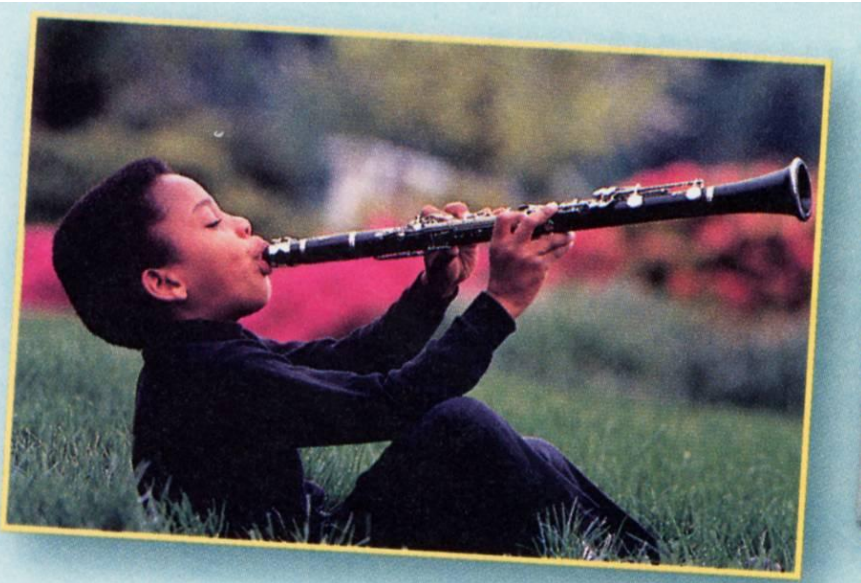
- Uma onda num estádio de futebol é um exemplo de uma **onda transversal** pois o movimento das partículas (as pessoas) faz-se **perpendicularmente** à direcção de propagação da onda.



©

# ONDAS LONGITUDINAIS

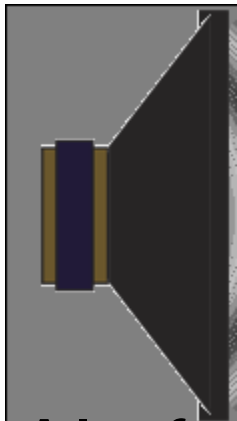
A perturbação dá-se **na direcção da propagação da onda.**



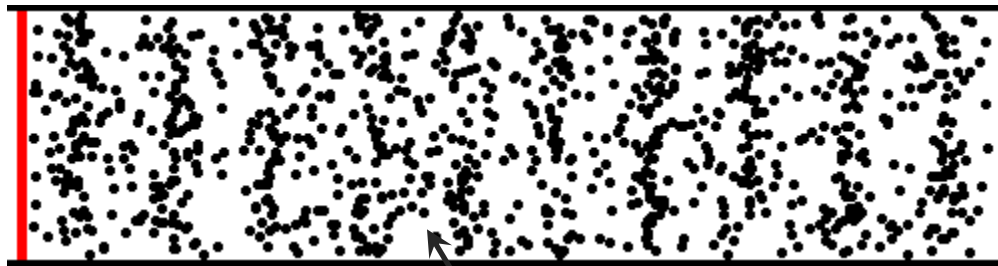
**Som:** onda longitudinal

# Som: onda longitudinal

- O som é uma **onda longitudinal** pois as partículas deslocam-se para a frente e para trás (passando pela posição de equilíbrio), na direcção da onda que se propaga.



Altifalante



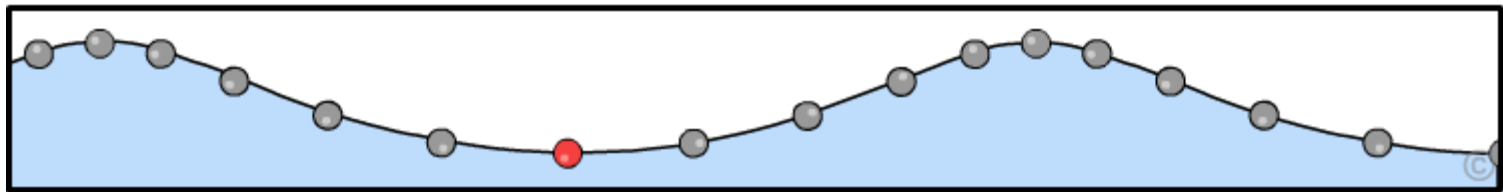
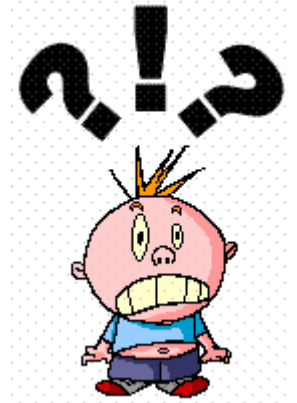
Moléculas de ar



Ouvido

# E as ondas na água? São transversais ou longitudinais?

- Se prestares atenção, verificas que, à medida que a onda progride na água, as partículas realizam movimentos circulares no sentido dos ponteiros do relógio.



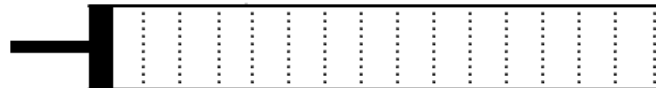


# Resumindo:

- As ondas podem ser:
- **Ondas mecânicas** - necessitam de um meio material para se propagarem.
- **Ondas electromagnéticas** - propagam-se tanto no vazio como num meio material.
- **Ondas transversais** - A perturbação dá-se na direcção perpendicular à da propagação da onda.

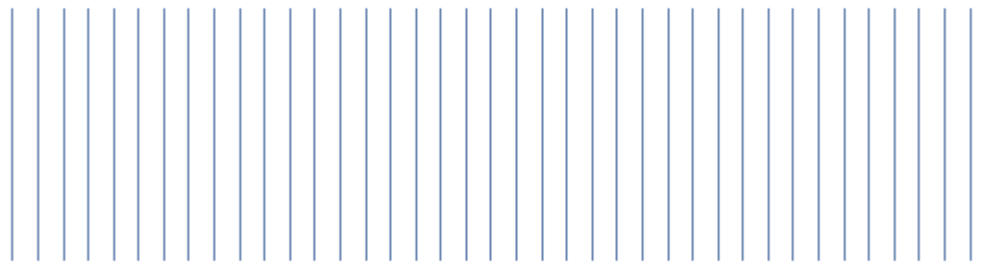
©2002, Dan Russell

- **Ondas longitudinais** - A perturbação dá-se na direcção da propagação da onda.



# Ondas sonoras

- As ondas sonoras são **ondas mecânicas longitudinais**.
- Resultam da **compressão e rarefacção** alternada das partículas

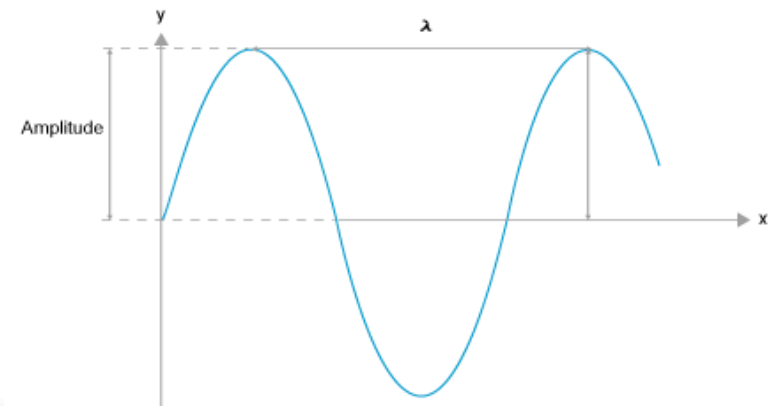
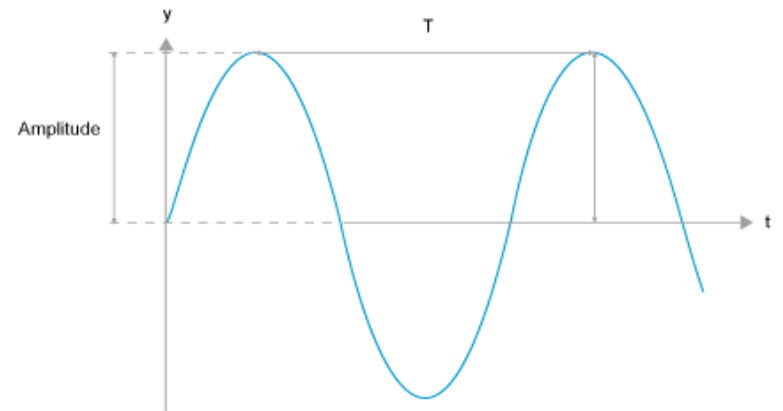


# Características das ondas

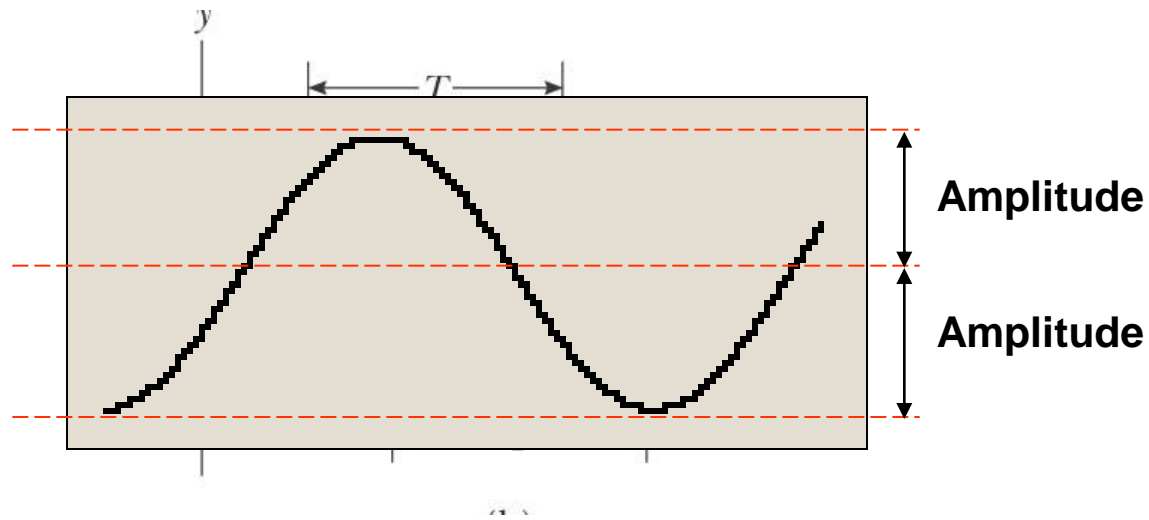
Uma onda sonora, ou qualquer outra onda, é descrita pelas seguintes características físicas:

- Amplitude,  $A$
- Frequência,  $f$
- Comprimento de onda,  $\lambda$
- Velocidade,  $v$

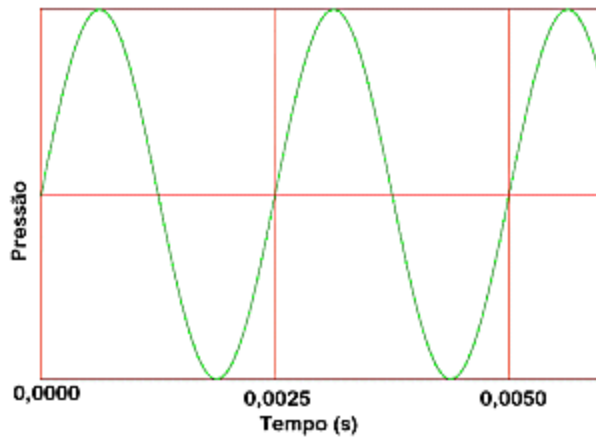
$$Y(x,t)=?$$



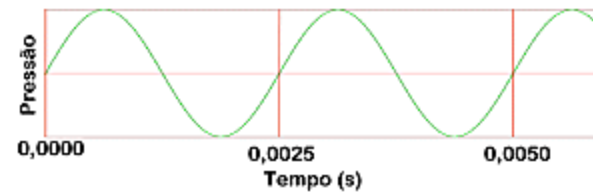
A **amplitude** ( $A$ ) da onda é o valor máximo de afastamento em relação à posição de equilíbrio.



# Amplitude



Amplitude grande

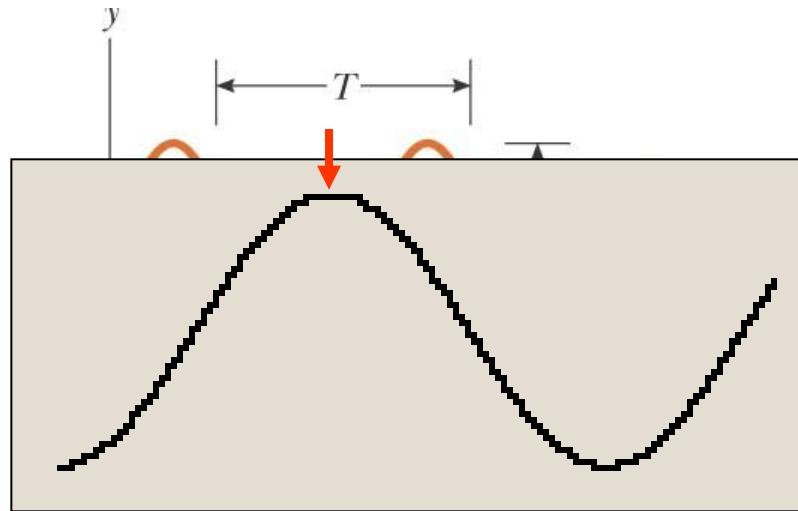


Amplitude pequena

# Frequência

**FREQUÊNCIA (f)** – número de oscilações por unidade de tempo. Depende da frequência da fonte emissora.

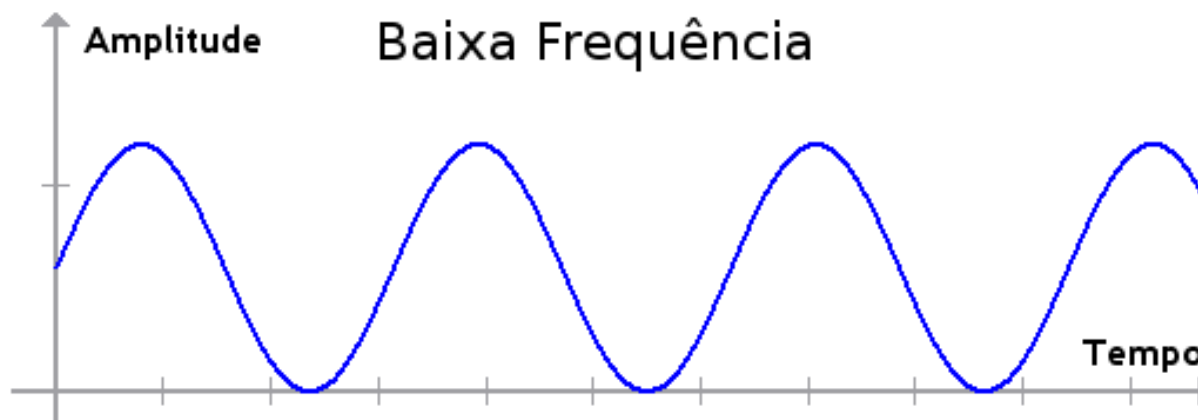
(Unidade SI: Hz ou s<sup>-1</sup>)



$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

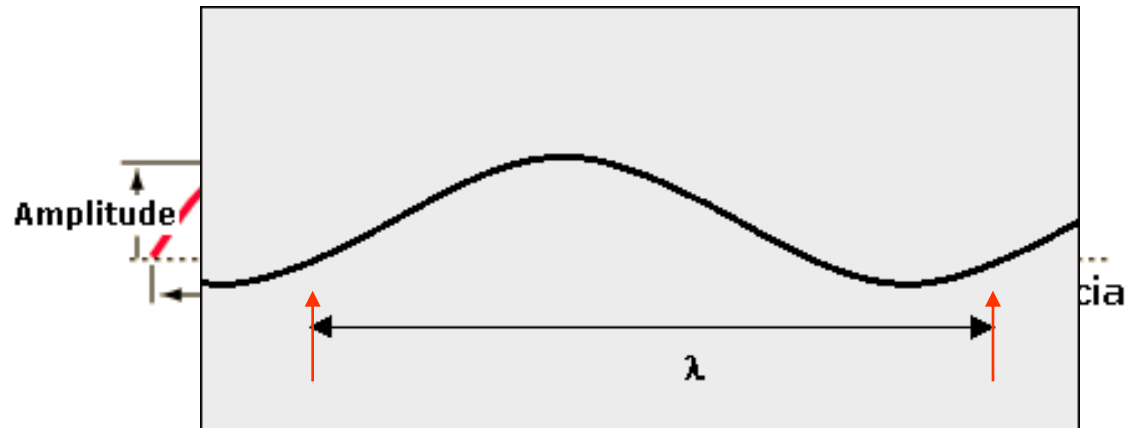
**PERÍODO (T)** – intervalo de tempo entre a emissão de dois pulsos; só depende do período de oscilação da fonte emissora. É o **tempo de um ciclo completo**. (Unidade SI: segundo)

# Frequência



# Comprimento de onda

**Comprimento de onda** ( $\lambda = \text{lambda (m, cm)}$ ) – distância entre dois pontos com o mesmo afastamento em relação à posição de equilíbrio. É a **distância que a onda avança ao fim de um período** (depende do meio de propagação).





# Comprimento de onda

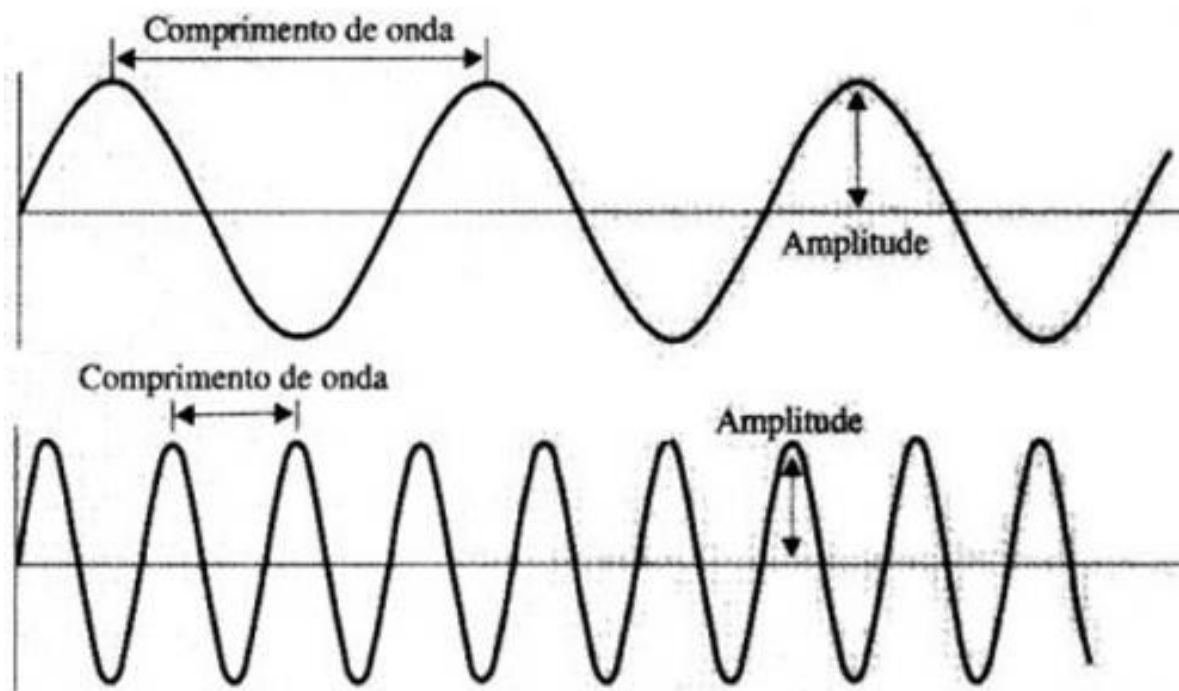
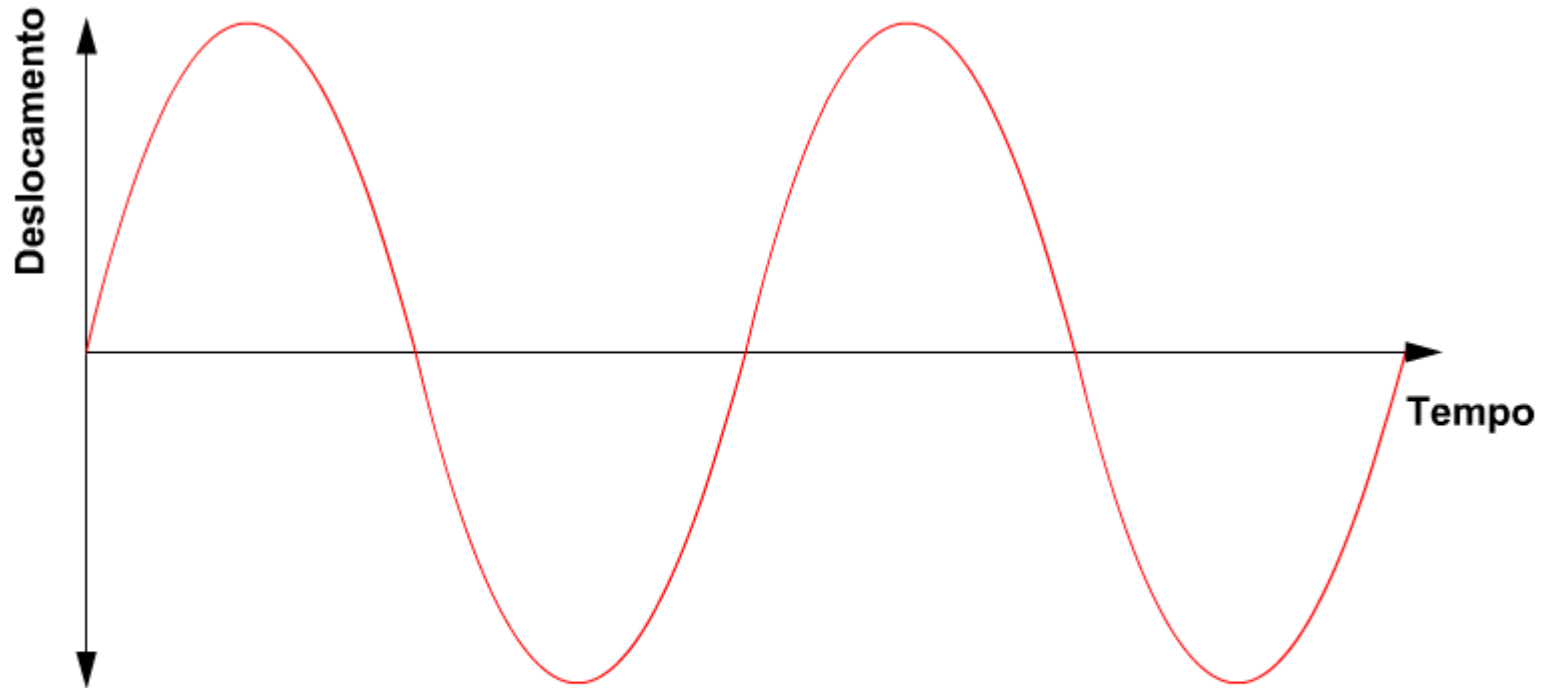


Imagem obtida no site: [http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/imagens/md\\_ef\\_ci/2009-03-10\\_22/image016.jpg](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/imagens/md_ef_ci/2009-03-10_22/image016.jpg)

# Gráfico do deslocamento em função do tempo

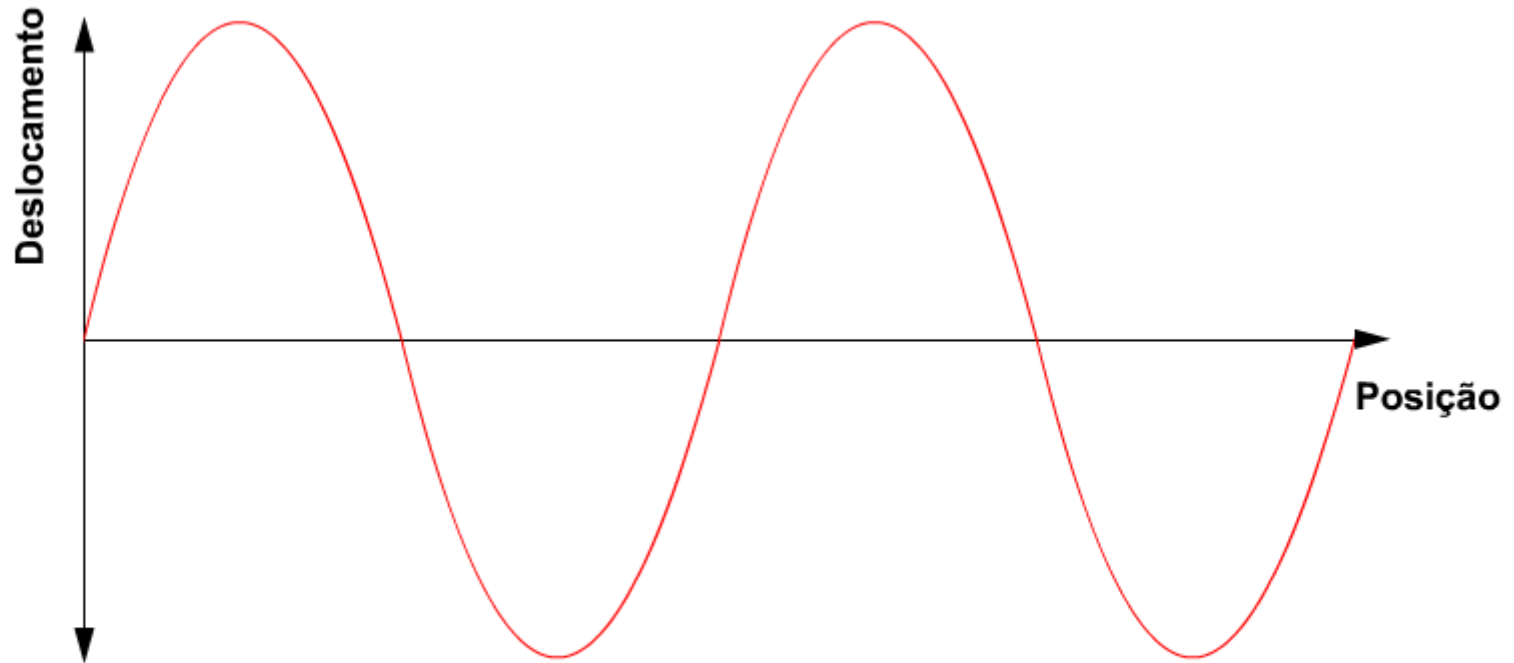


**Amplitude**



**Período**

# Gráfico do deslocamento em função da posição

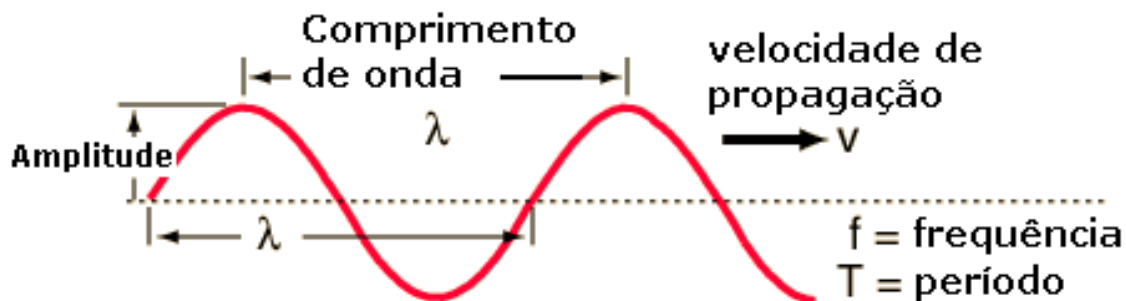


**Amplitude**



**Comprimento de onda**

# Velocidade de propagação da onda



Velocidade (m/s)

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

Comprimento de onda (m)

Período (s)

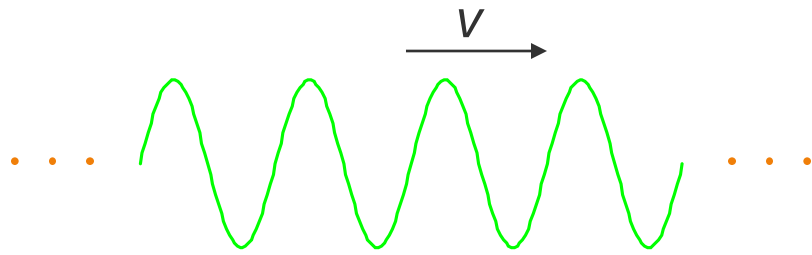
$$\lambda = vT \quad \longrightarrow \quad v = \lambda \cdot f$$

A velocidade de propagação da onda depende apenas do meio em que a onda se propaga e não da amplitude, frequência ou comprimento de onda

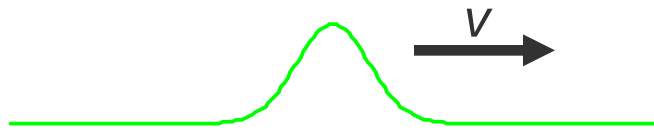
- As animações utilizadas foram retiradas daqui:
- <http://www.absorblearning.com/physics/about.jsp>
- <http://paws.kettering.edu/~drussell/Demos.html>

# Propagação de ondas

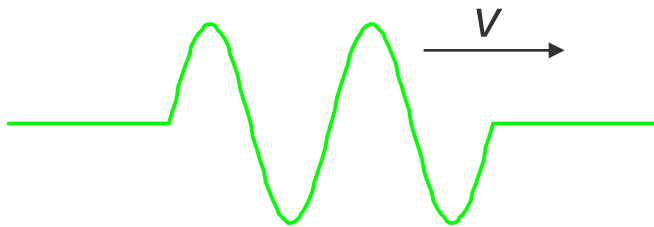
# Ondas Progressivas- Forma da onda



“ondas contínuas”  
são infinitas nas duas  
direções;



“pulsos”  
causados por um distúrbio  
breve do meio;



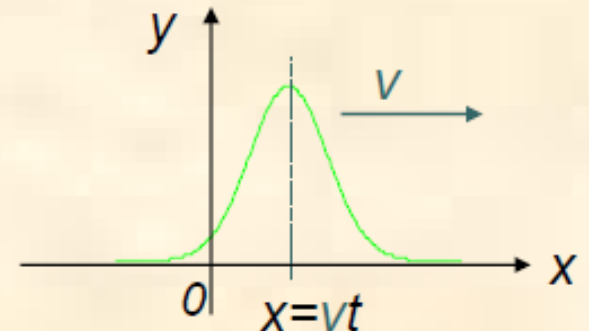
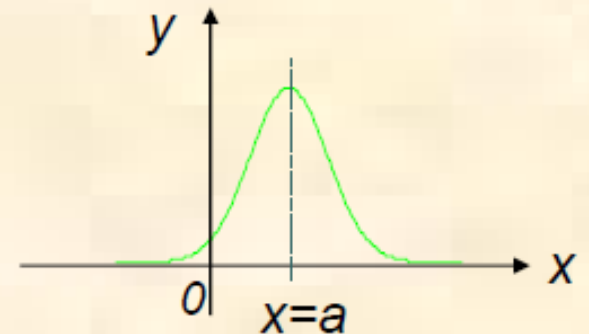
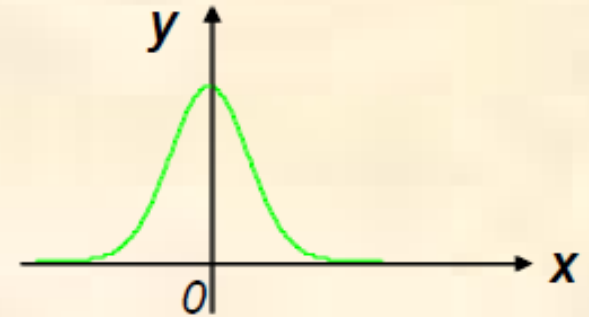
“trens de pulsos”,  
situação intermediária.

# Descrição Matemática

- Supor que temos alguma função  $y = f(x)$ :  $t=0$

$f(x-a)$  tem a mesma forma, só que deslocada uma distância  $a$  à direita:

Seja  $a=vt$  então  $f(x-vt)$  será descrita pela mesma forma, se movendo à direita com velocidade  $v$ .

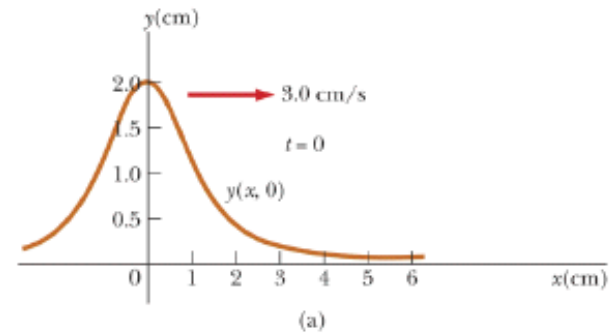




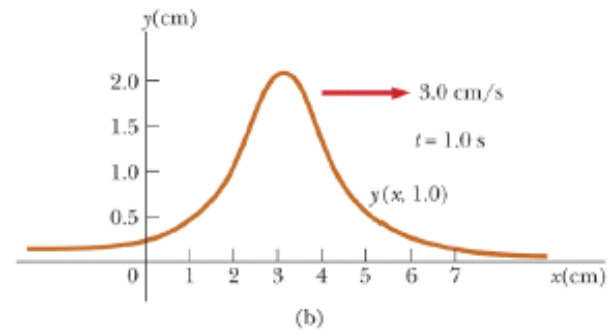
## Pulso para a direita

$$y(x, t) = \frac{2}{(x - 3t)^2 + 1}$$

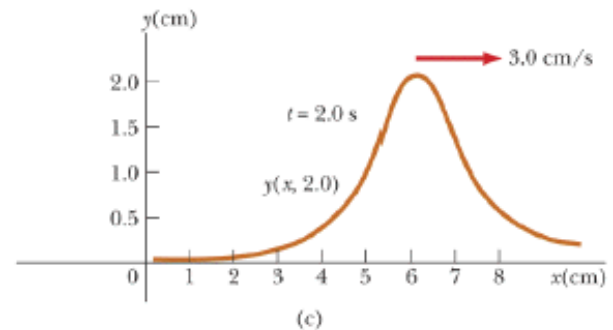
$$t = 0 \text{ s} \quad y(x, t) = \frac{2}{x^2 + 1}$$



$$t = 1 \text{ s} \quad y(x, t) = \frac{2}{(x - 3)^2 + 1}$$



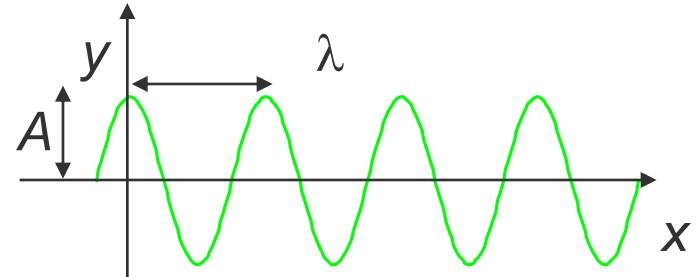
$$t = 2 \text{ s} \quad y(x, t) = \frac{2}{(x - 6)^2 + 1}$$



# Onda harmônica

Função harmônica de  $x$  :

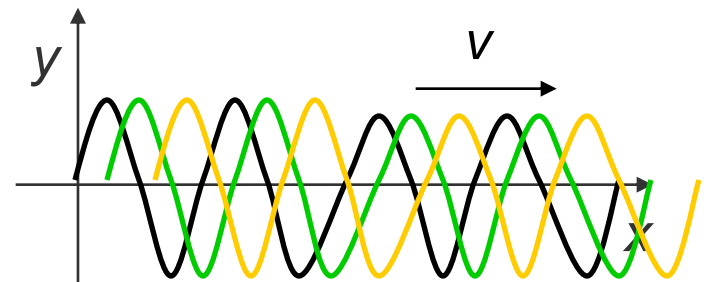
$$y(x, t) = A \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right)$$



Onda harmônica se movendo para a direita com velocidade  $v$

$t=0s$     $t=1s$     $t=2s$

$$y(x, t) = A \operatorname{sen}\frac{2\pi}{\lambda} (x - vt)$$



# Onda harmônica

$$y(x, t) = A \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\right)$$

FREQUÊNCIA ANGULAR

NÚMERO DE ONDA

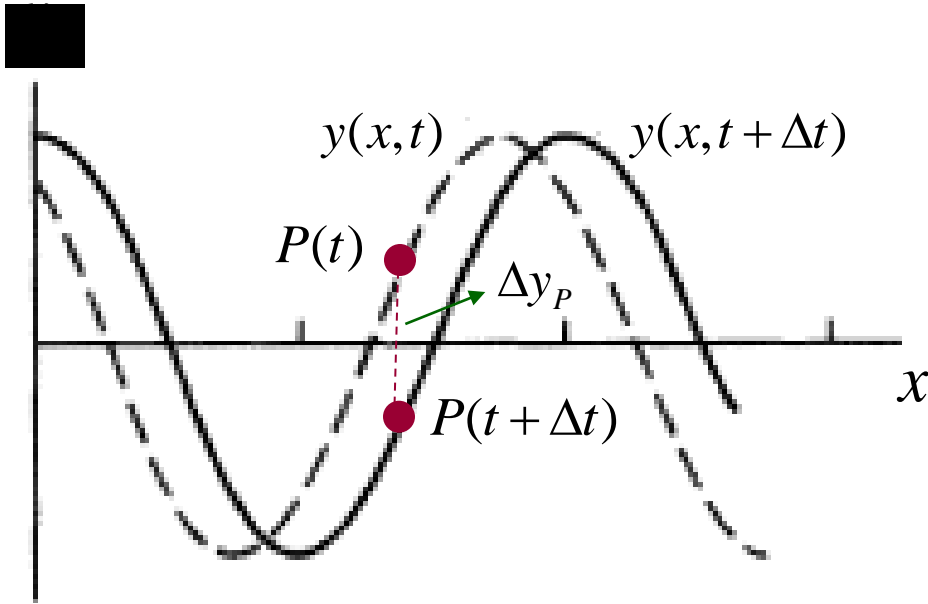
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi v}{\lambda}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ rad/m}$$

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

Como descrever uma onda se movendo para a esquerda ao longo da direção  $x$ , *sentido negativo* ?

# Velocidade transversal de uma partícula



Vamos agora focalizar atenção em um ponto P com  $x$  constante

$$v_y(x, t) = \frac{\partial}{\partial t} y(x, t)$$

$$= \frac{\partial}{\partial t} [y_m \text{sen}(kx - \omega t - \phi)]$$

$$= -\omega y_m \cos(kx - \omega t - \phi)$$

Velocidade transversal (não é a velocidade da onda!)

Aceleração transversal:

$$a_y(x, t) = \frac{\partial v_y}{\partial t} = -\omega^2 y_m \text{sen}(kx - \omega t - \phi)$$

$$= -\omega^2 y \quad \text{Como no OHS!}$$

