



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus São Paulo*

ONDAS

3ª série – Ensino Médio Integrado

*André Cipoli
Rogério Burgugi*

Uma maneira de transmissão de **Energia** entre dois pontos



Transformação de
Energia Química em
Cinética, com
transporte de matéria.



ONDA

- Propagação de uma **perturbação**.
- Transferência de energia **sem** transporte de matéria.

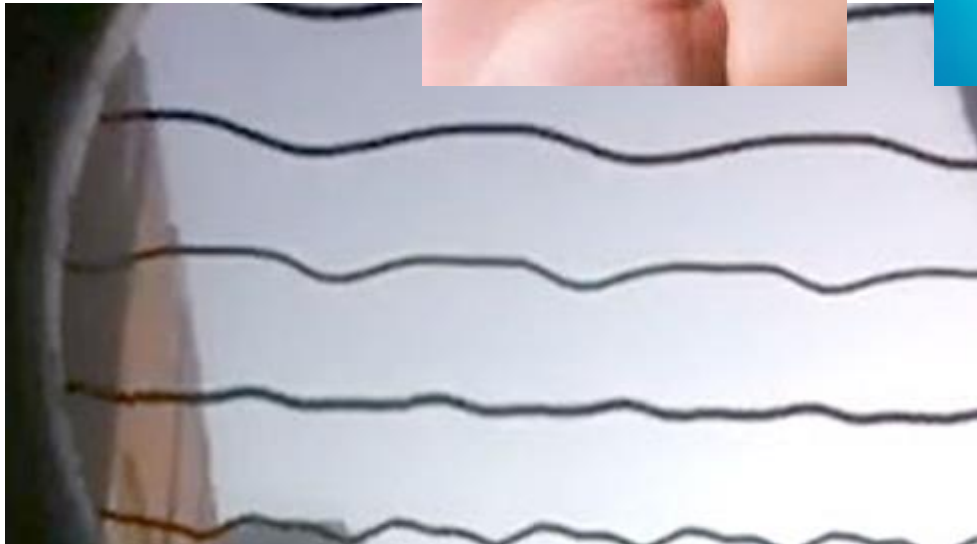
Som



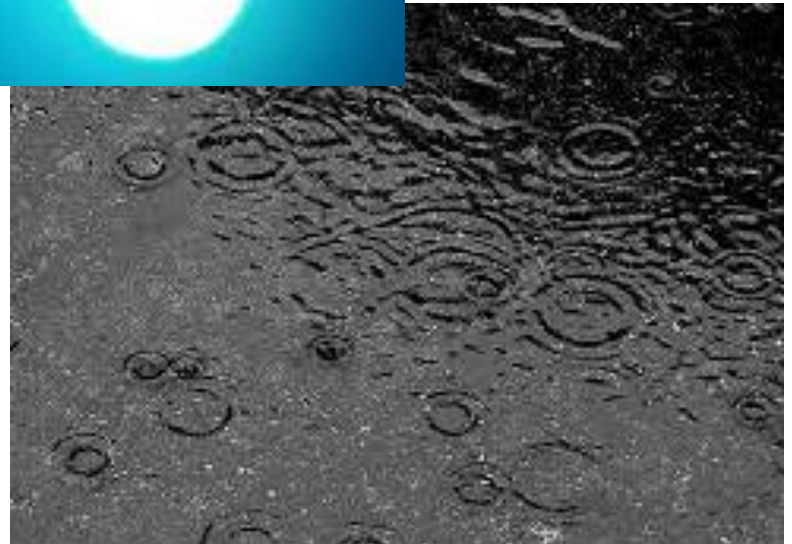
Luz



Cordas



Gotas de chuva

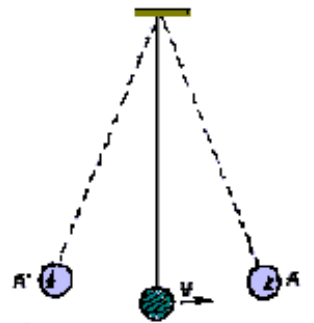


Movimento Harmônico Simples

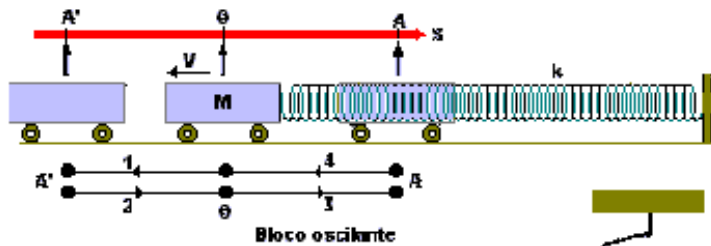
Definição: “É um movimento periódico retilíneo de vaivém.”

Exemplos de MHS

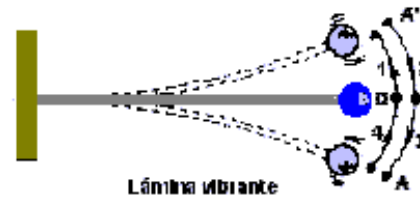
Sistemas mecânicos



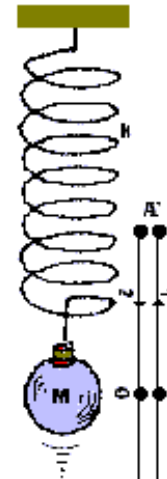
Movimento pendular



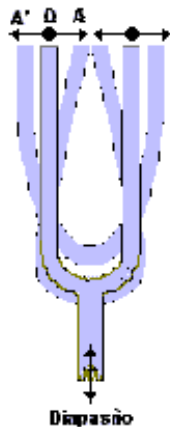
Bloco oscilante



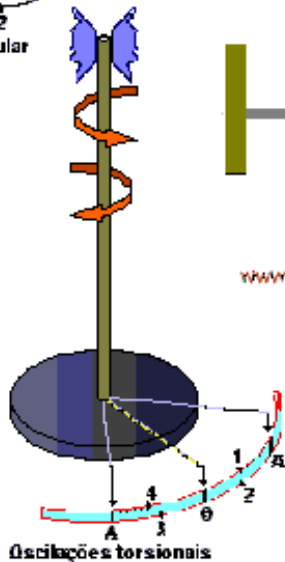
Lâmina vibrante



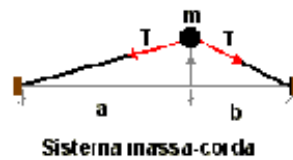
Pêndulo de mola



Diapásio

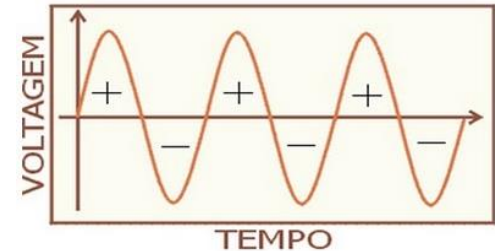
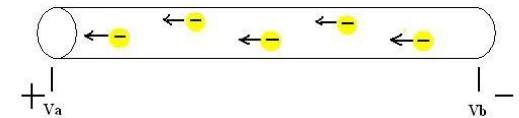


Oscilações torsionais

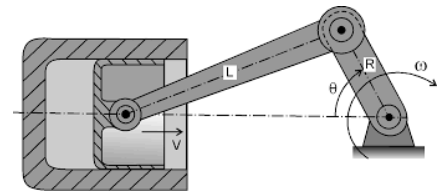


Sistema massa-corda

Sistemas elétricos

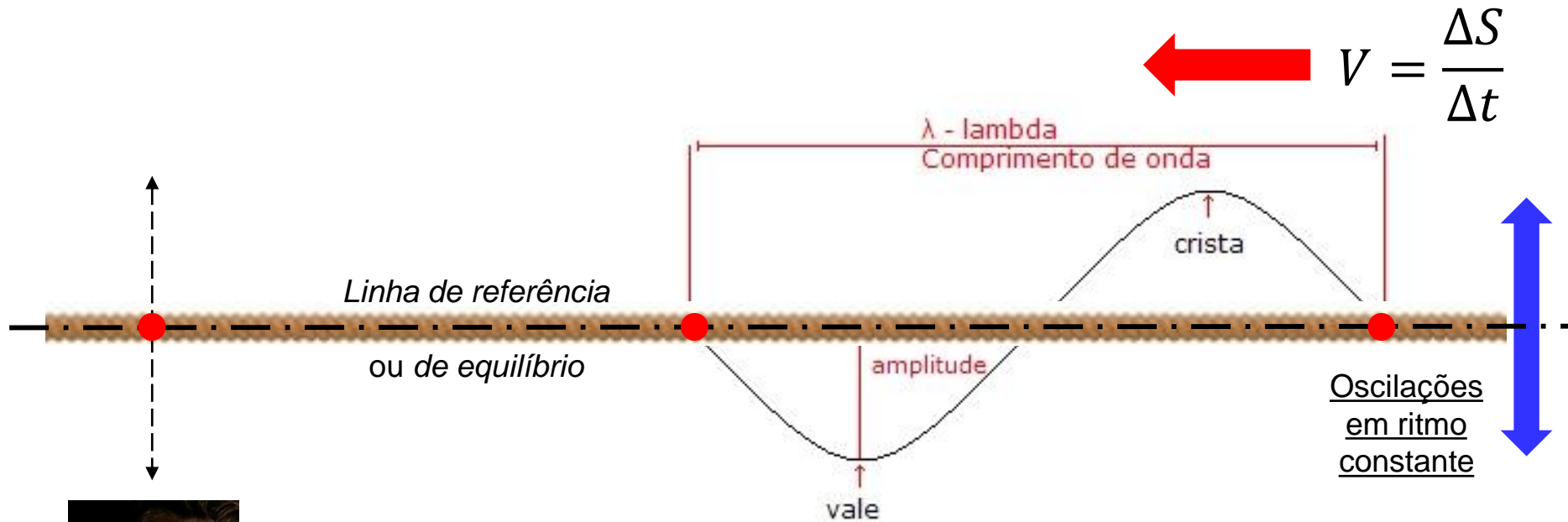


Corrente alternada



Sistema Manivela - Pistão

- **Características das ondas:** amplitude (**A**), comprimento (**λ**), período (**T**), frequência (**f**), velocidade de propagação (**V**).



Período: intervalo de tempo para uma oscilação completa.

$$f = \frac{1}{T} \left[\frac{1}{s} \rightarrow \text{hertz} \rightarrow \text{Hz} \right]$$

$$V = \lambda \cdot f$$

Equação Fundamental da Ondulatória

Classificação das Ondas

- *Natureza* {
 - Mecânicas* (som, cordas, água etc)
 - Eletromagnéticas* (luz, microondas etc)

- *Direção de propagação* {
 - Unidimensionais* (ondas em cordas)
 - Bidimensionais* (gota de chuva em poça d'água)
 - Tridimensionais* (som, luz)

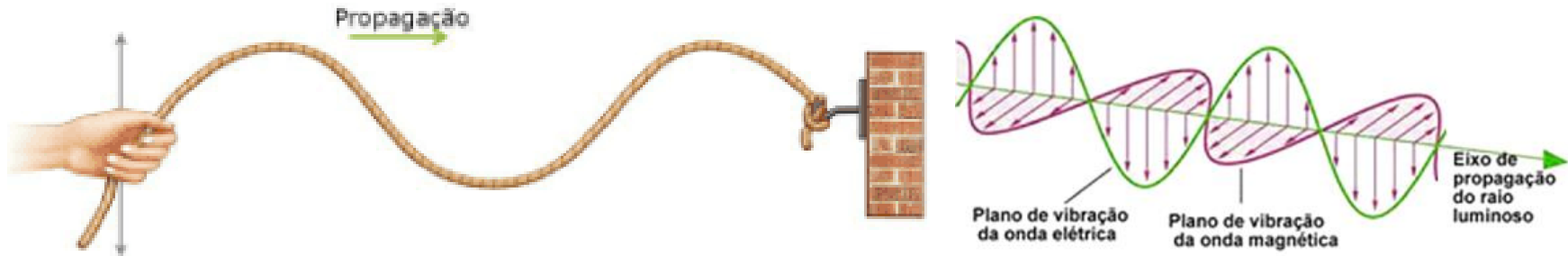
- *Direção de vibração* {
 - Transversais* (luz, ondas em cordas, slinky)
 - Longitudinais* (som, slinky)

- Direção de vibração

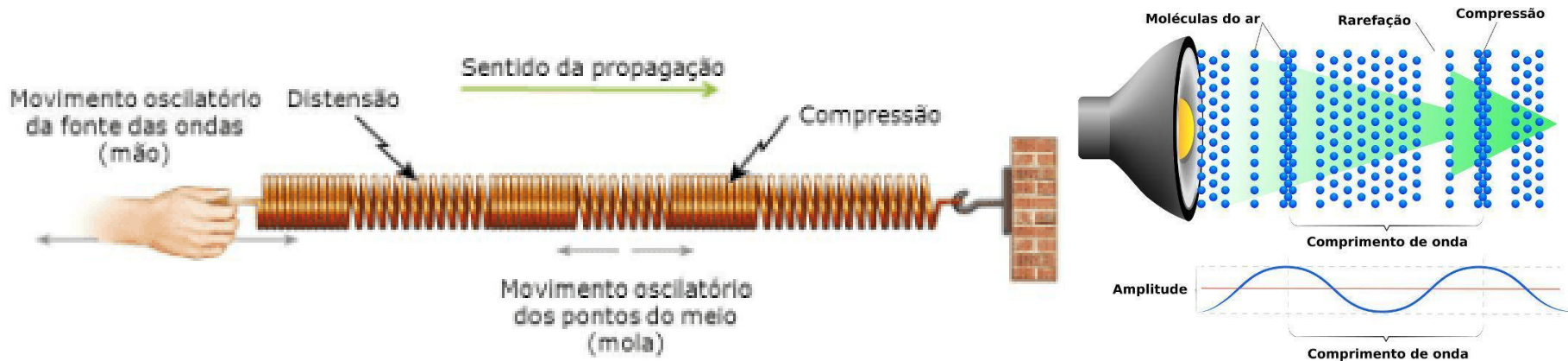
Mola
slinky



Transversais (luz, ondas em cordas, slinky)

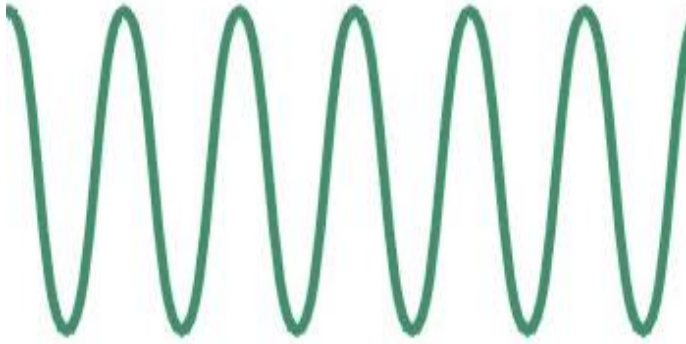


Longitudinais (som, slinky)

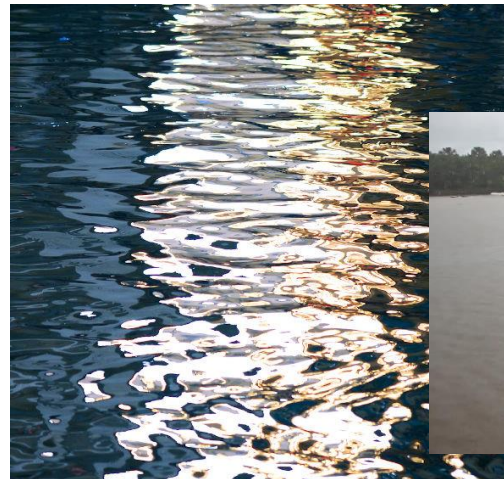


- *Periodicidade*

- *Periódicas (trem de ondas):*



- *Não-periódicas:*

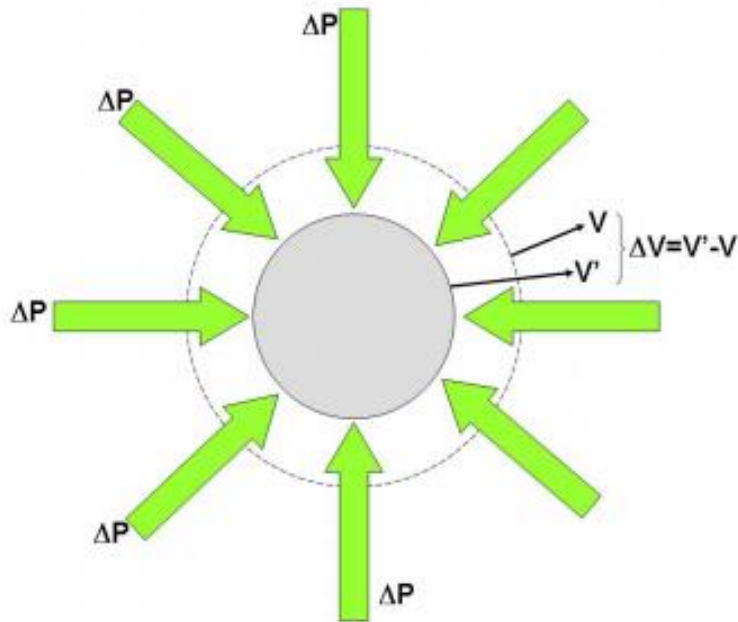


Velocidade de uma onda

- Sonora (sólidos, líquidos ou gases)

$$V_{gás} = \sqrt{\frac{\gamma \times R \times T}{Mol_{gás}}}$$

<i>meio material</i>	<i>velocidade (m/s)</i>
ar (0°C ; 1 atm)	331
hidrogênio (idem)	1.284
água (20°C)	1.482
granito	6.000
alumínio	6.420



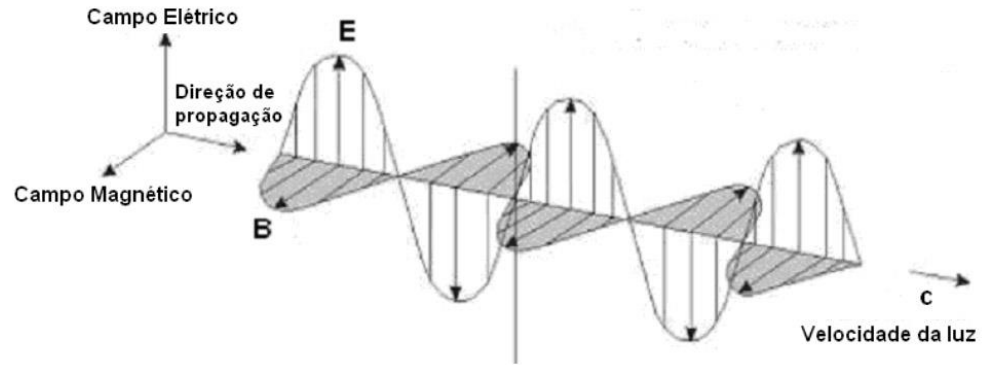
$$V_{sól,líq} = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

B → módulo de elasticidade volumétrico

ρ → densidade

Velocidade de uma onda

- Eletromagnética



$$c_{\text{v\u00e1cuo}} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \times \epsilon_0}}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_0 &= 4 \times \pi \times 10^{-7} \text{ H / m} \\ \epsilon_0 &= 8,854 \times 10^{-12} \text{ F / m} \end{aligned} \right\}$$

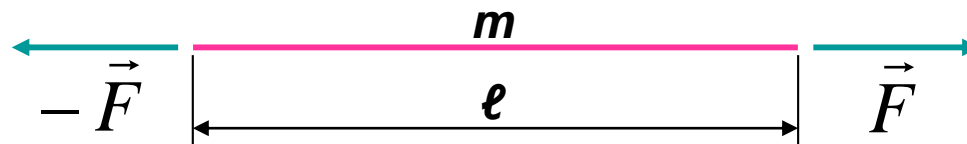
$$c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

- em Corda



Densidade Linear

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$



$$\mu = \frac{m}{l}$$

Fenômenos Ondulatórios

• Reflexão de ondas



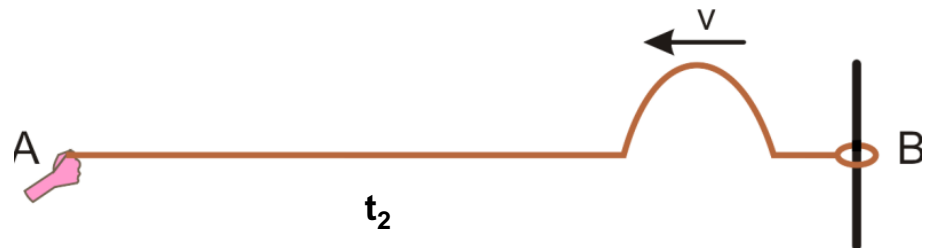
Extremidade **fixa**



Extremidade **livre**



“com inversão de fase”



“sem inversão de fase”

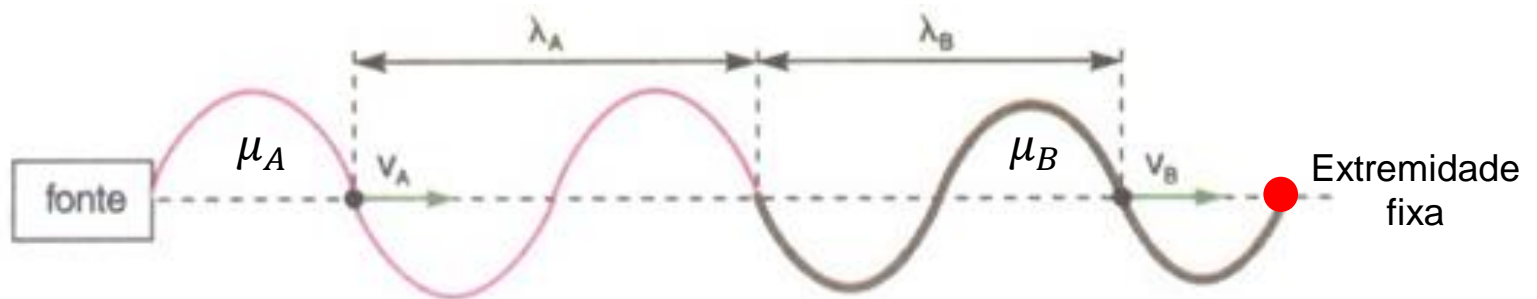
Na reflexão de ondas, a velocidade de propagação **não** muda, pois o meio de propagação **não** se altera.

• Refração de ondas

• em Cordas

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

$$\mu = \frac{m}{\ell} \rightarrow \text{Densidade Linear}$$



Frequência (f)

$$\mu_A < \mu_B$$

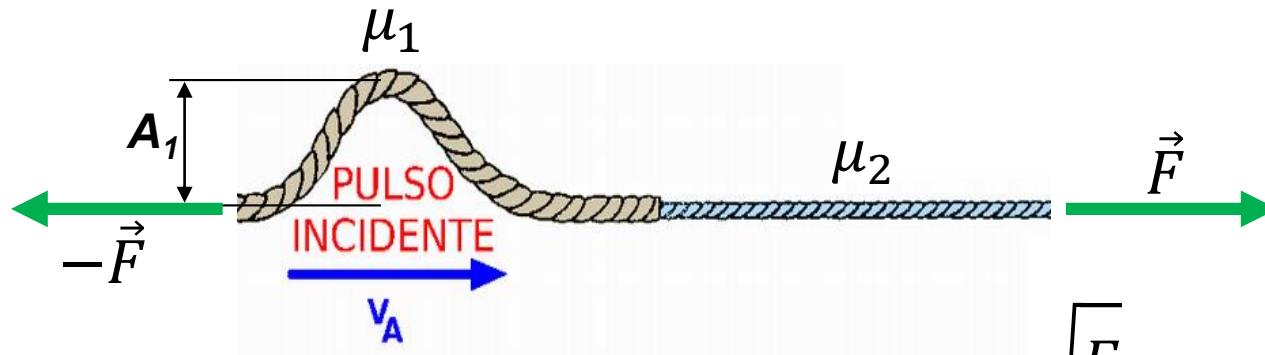
Tensão **F** ao longo das cordas é a mesma

$$v_A > v_B$$

$$\left. \begin{array}{l} v_A = \lambda_A \cdot f \\ v_B = \lambda_B \cdot f \end{array} \right\} \frac{v_A}{v_B} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} \rightarrow \lambda_A > \lambda_B$$

No caso de propagação de perturbações em cordas, o exato comportamento da reflexão e da refração na junção entre as duas cordas depende das propriedades em ambos os lados da junção. Uma propriedade importante é a impedância característica do material (Z), definida como o produto da densidade linear (μ) e a velocidade da onda (v):

$$Z = \mu \cdot v$$



$$\mu_1 > \mu_2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow v_1 < v_2$$

Se uma onda com amplitude A_1 no meio 1 encontra uma junção com um meio 2, a amplitude da onda refletida é dada por:

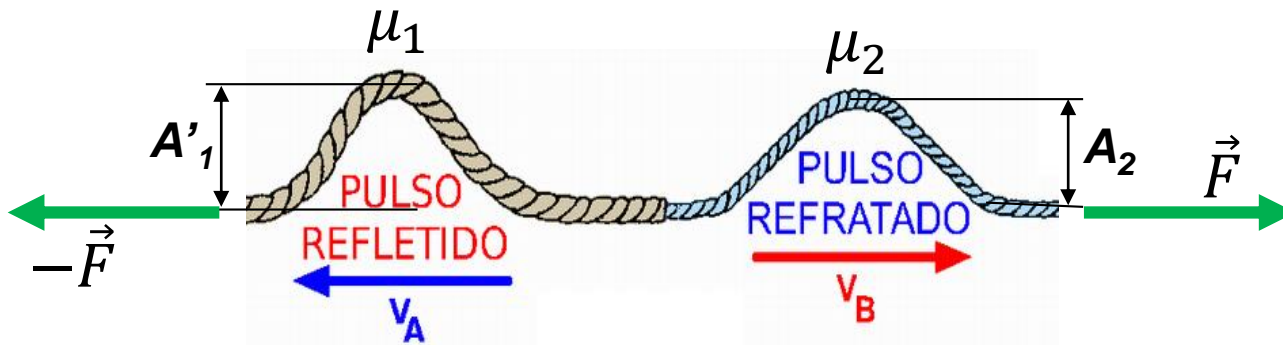
$$A'_1 = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot A_1$$

$$A_1 > A'_1$$

> 0, sem inversão de fase

E a amplitude da onda refratada é dada por:

$$A_2 = \frac{2 \cdot Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot A_1$$



$$A_2 > A_1$$

Exemplo: Determine as amplitudes dos pulsos refletido e refratado, sabendo que $\mu_1 = 4 \cdot \mu_2$.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \left\{ \begin{array}{l} v_1 = \sqrt{\frac{F}{\mu_1}} \\ v_2 = \sqrt{\frac{F}{\mu_2}} \end{array} \right. \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\frac{F}{\mu_1}}}{\sqrt{\frac{F}{\mu_2}}} \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{F \cdot \mu_2}{F \cdot \mu_1}} \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{1}{4}} \rightarrow \boxed{\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{2}}$$

$$Z = \mu \cdot v \quad \left\{ \begin{array}{l} Z_1 = \mu_1 \cdot v_1 \\ Z_2 = \mu_2 \cdot v_2 \end{array} \right. \quad \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\mu_1 \cdot v_1}{\mu_2 \cdot v_2} \rightarrow \frac{Z_1}{Z_2} = 4 \cdot \frac{1}{2} \rightarrow \boxed{\frac{Z_1}{Z_2} = 2}$$

A amplitude da onda refletida vale:

$$A'_1 = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot A_1 \rightarrow A'_1 = \frac{2 \cdot Z_2 - Z_2}{2 \cdot Z_2 + Z_2} \cdot A_1 \rightarrow A'_1 = \frac{\cancel{Z_2}}{3 \cdot \cancel{Z_2}} \cdot A_1 \rightarrow \boxed{A'_1 = \frac{1}{3} \cdot A_1}$$

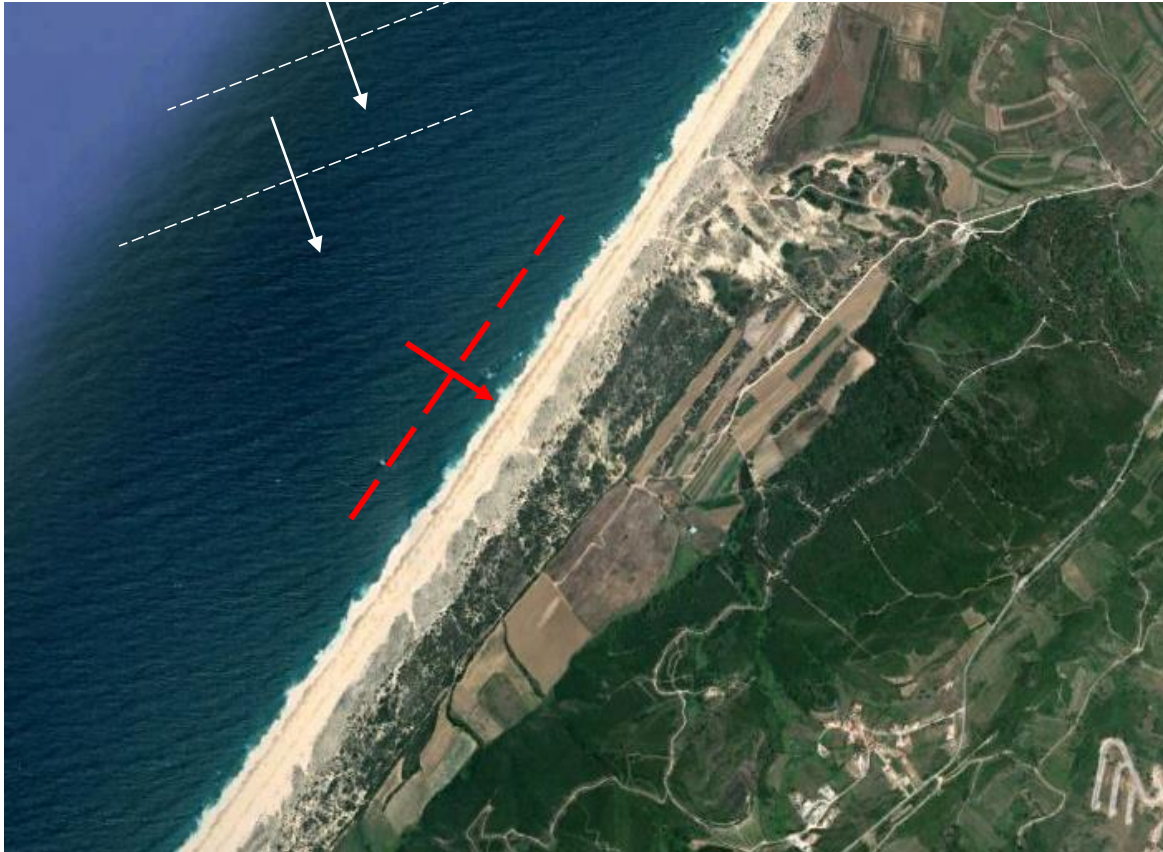
> 0, sem inversão de fase

A amplitude da onda refratada vale:

$$A_2 = \frac{2 \cdot Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot A_1 \rightarrow A_2 = \frac{2 \cdot (2 \cdot Z_2)}{2 \cdot Z_2 + Z_2} \cdot A_1 \rightarrow A_2 = \frac{4 \cdot \cancel{Z_2}}{3 \cdot \cancel{Z_2}} \cdot A_1 \rightarrow \boxed{A_2 = \frac{4}{3} \cdot A_1}$$

Refração de ondas

- em Ondas Marítimas



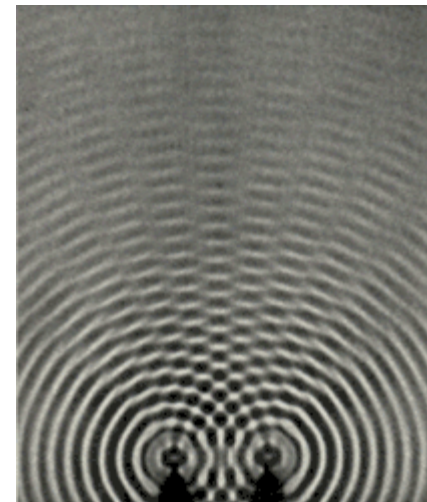
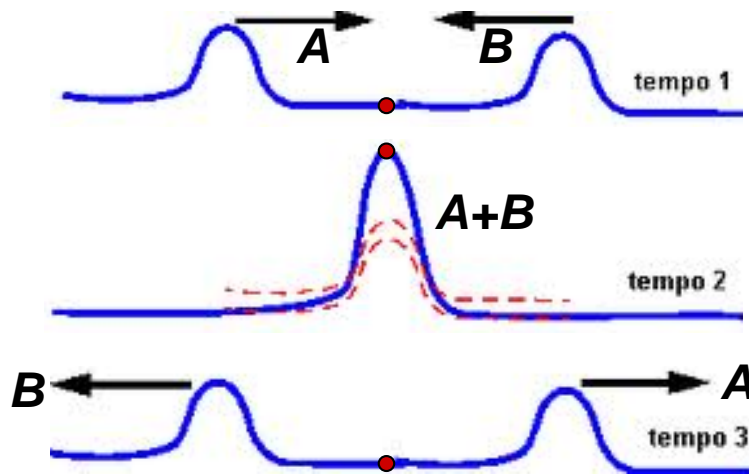
Em algum local da costa portuguesa...

*Refração de ondas na Costa Oeste Portuguesa
(Lagoa de Óbidos)*

$$v_{onda} \approx \sqrt{g \times h}$$

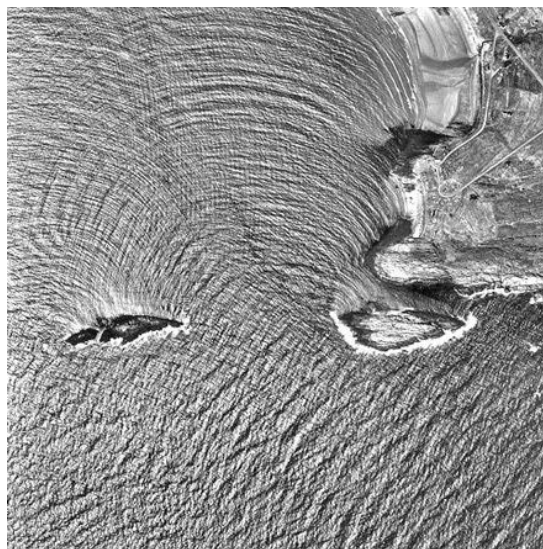


- Interferência de ondas



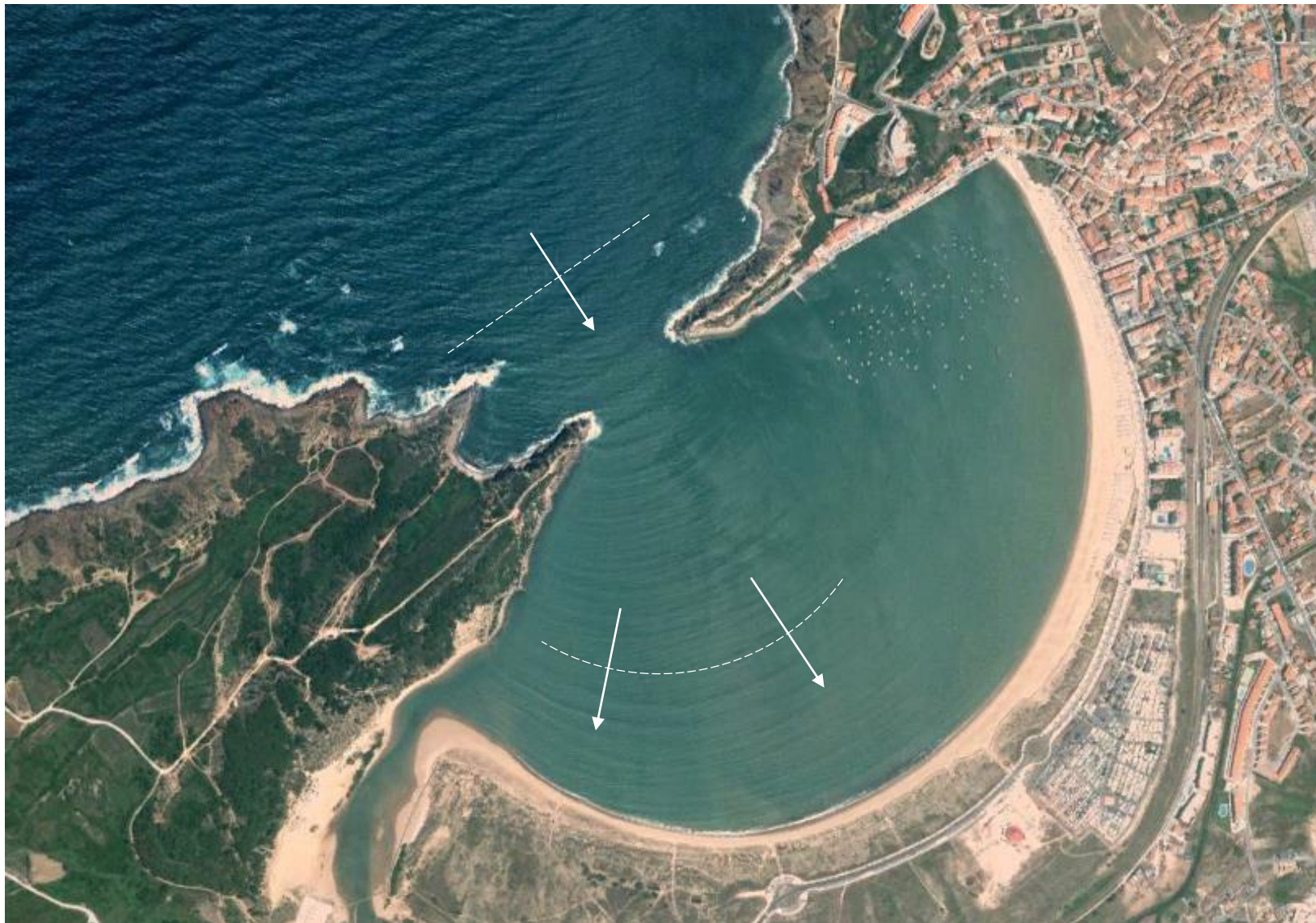
Cuba de ondas

- Difração de ondas



❖ *Comprimento de onda é comparável ao tamanho da fenda ou do obstáculo.*

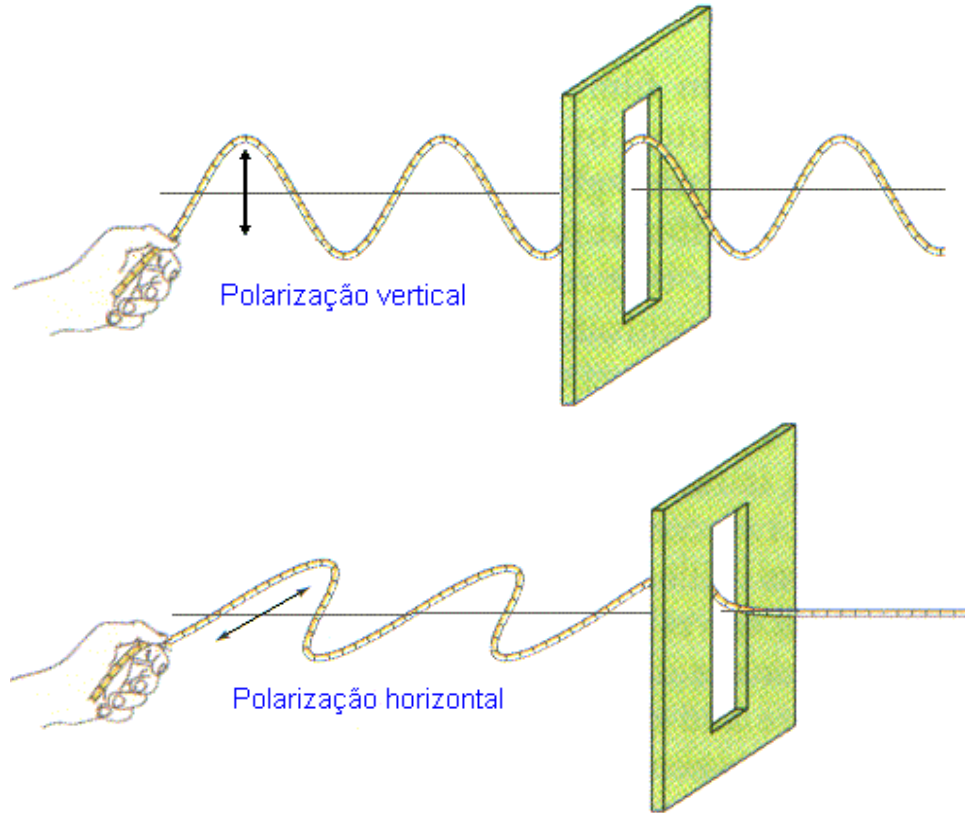
- **Difração de ondas**



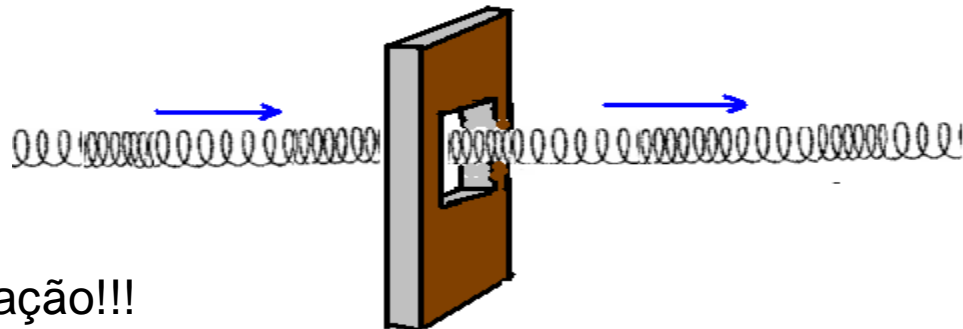
Difração de ondas à entrada da baía de São Martinho, Portugal.

• Polarização de ondas

• Ondas transversais



• Ondas longitudinais

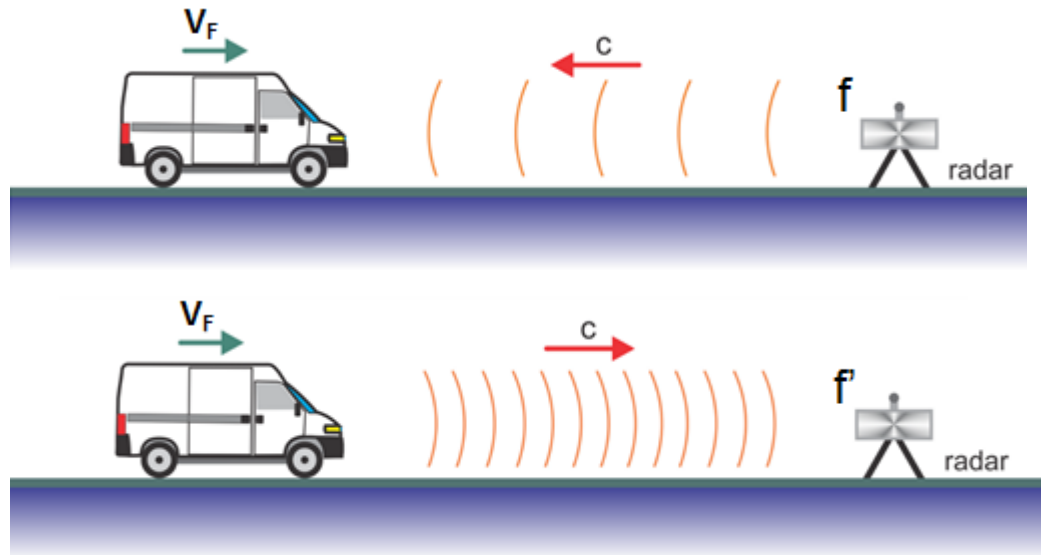


“Nunca” sofrem polarização!!!

Efeito Doppler - Fizeau



Johann C. A. Doppler
1803 - 1853
SOM (1842)



$V \rightarrow$ velocidade do som no local

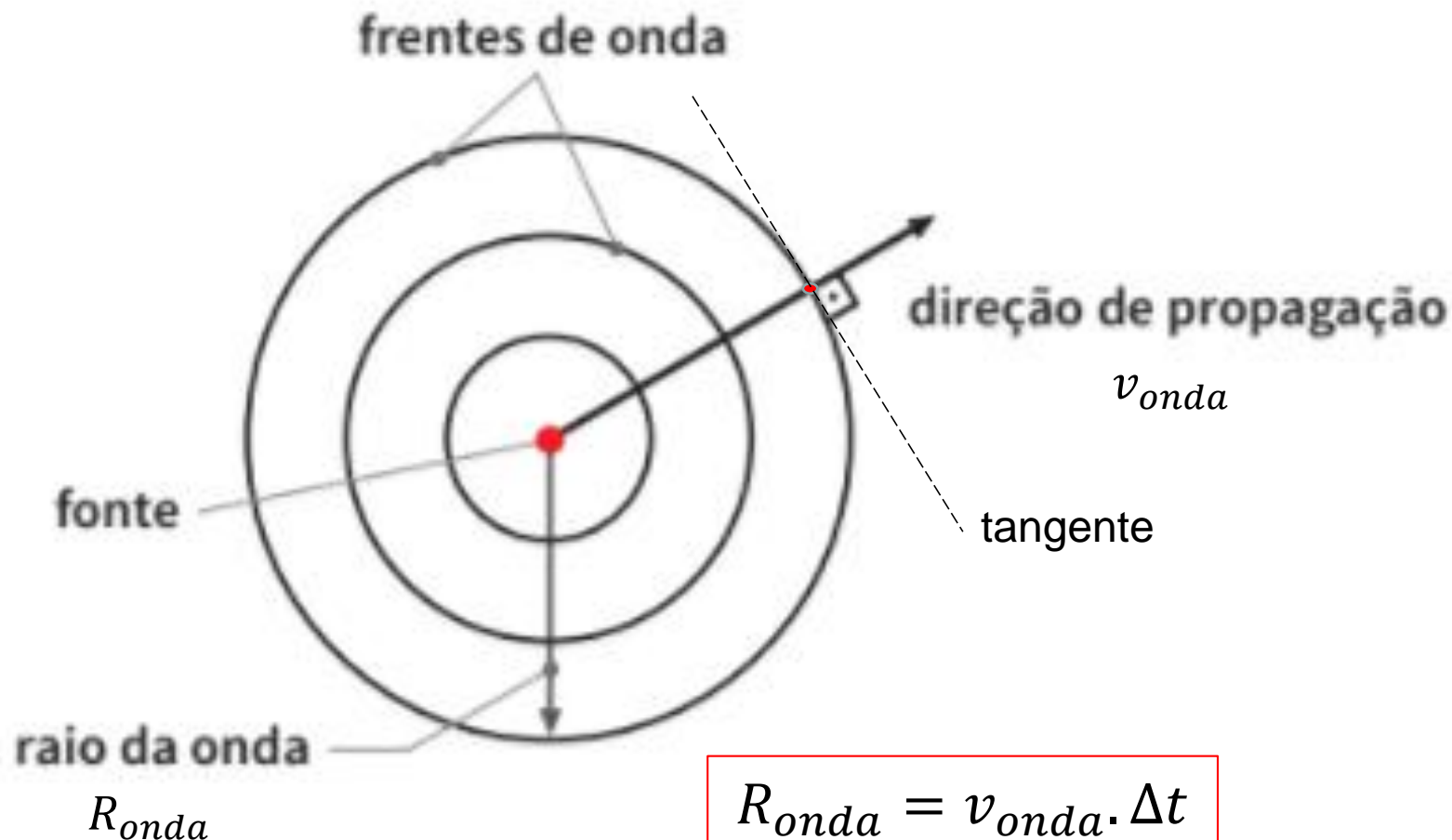


Armand Hippolyte Louis Fizeau
1819 - 1896

SOM

Fonte ● →	Observador ← ●	$f' = f \cdot \frac{V + v_O}{V - v_F}$
Fonte ← ●	Observador ● →	$f' = f \cdot \frac{V - v_O}{V + v_F}$
Fonte ● →	Observador ● →	$f' = f \cdot \frac{V - v_O}{V - v_F}$
Fonte ← ●	Observador ← ●	$f' = f \cdot \frac{V + v_O}{V + v_F}$

- **Luz e Som**: frentes de onda esféricas, com a fonte parada ou em movimento.



v_{onda} → Velocidade de propagação da onda

Dedução de um caso (atmosfera em repouso)

• Fonte se aproxima de observador parado:

v_A → velocidade da fonte;

f_A → frequência da fonte;

v_{som} → velocidade local do som;

f' → frequência aparente

Cálculo da distância d entre a fonte sonora e o observador, em um intervalo de tempo Δt .

$$d = v_{som} \times \Delta t - v_A \times \Delta t$$

Cálculo do número de frentes de onda à direita da fonte sonora, em um intervalo de tempo Δt .

$$N = \frac{d}{\lambda'}$$

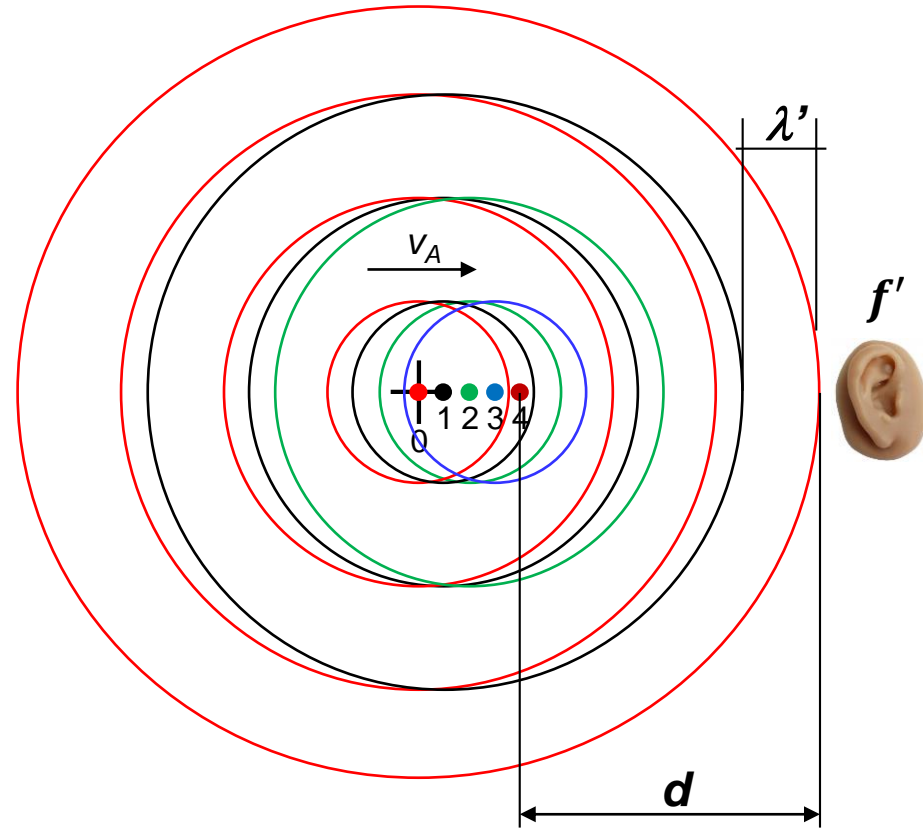
Cálculo do número de frentes de onda emitidas pela fonte sonora, em um intervalo de tempo Δt .

$$N = f_A \times \Delta t$$

$$v_{som} = \lambda' \cdot f'$$

$$N \times \lambda' = v_{som} \times \Delta t - v_A \times \Delta t$$

$$f_A \times \cancel{\Delta t} \times \lambda' = v_{som} \times \cancel{\Delta t} - v_A \times \cancel{\Delta t}$$



$$f_A \times \frac{v_{som}}{f'} = v_{som} - v_A$$

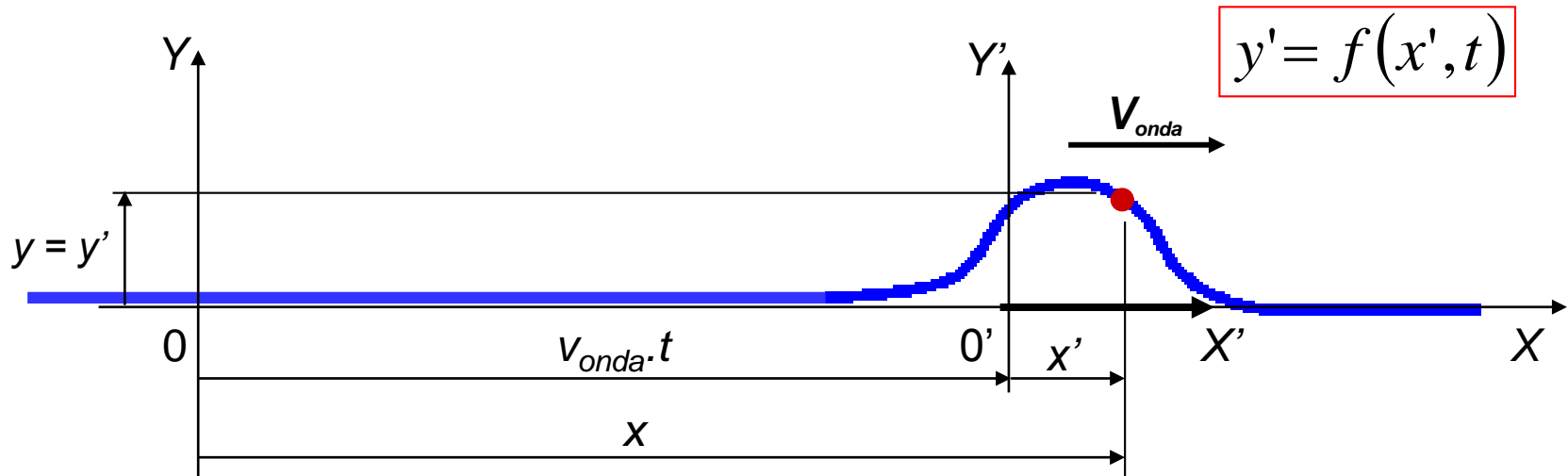
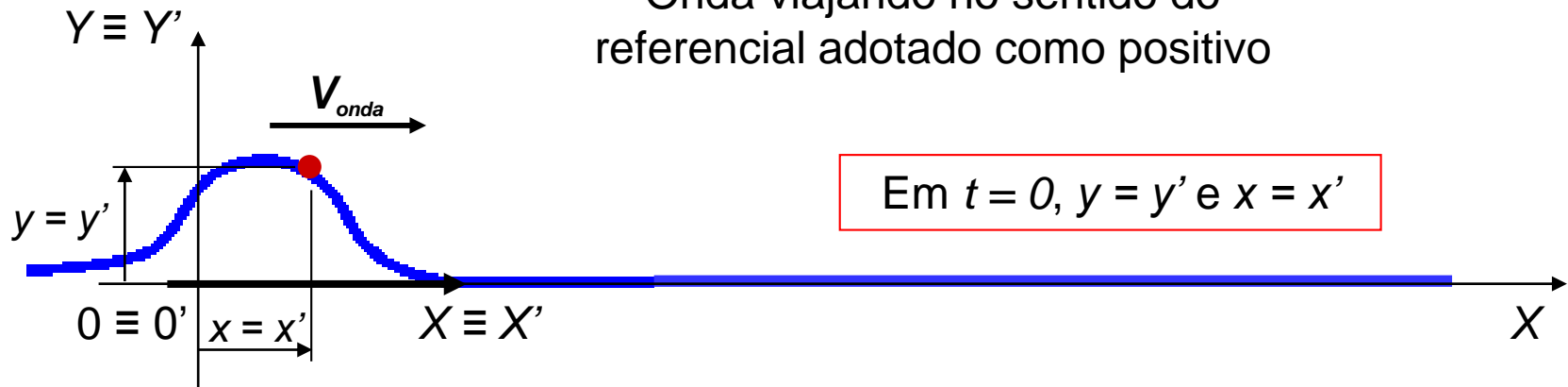
$$f' = f_A \times \frac{v_{som}}{v_{som} - v_A}$$

Não se esqueça de assistir aos seguintes vídeos:

- <https://www.youtube.com/watch?v=IXQtFB32egl> - Ondas e classificação
- https://www.youtube.com/watch?v=r89TQ2_xdAg - Propriedades das ondas
- <https://www.youtube.com/watch?v=coVfbENnzIM> - Ondas Eletromagnéticas

Função de onda → $y = f(x, t)$

Onda viajando no sentido do referencial adotado como positivo



Em $t > 0, y = y'$ e $x' = x - v_{onda} \cdot t$

Mas $y = y'$, $y' = f(x', t)$ e $x' = x - v_{onda} \cdot t$

$$\therefore y = f(x - v_{onda} \cdot t)$$

Assim, usando uma função harmônica (ou periódica) do tipo $y = \text{sen} \alpha$,

$$y(x, t) = A \cdot \text{sen}[k \cdot (x - v_{onda} \cdot t)]$$

onde $k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$

k é chamado de número de onda (quantidade de ondas que cabem na unidade de comprimento).

Assim $y(x, t) = A \cdot \text{sen}[k \cdot (x - v_{onda} \cdot t)] = A \cdot \text{sen}[k \cdot x - k \cdot v_{onda} \cdot t]$

$$y(x, t) = A \cdot \text{sen}\left(\frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot x - \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot v_{onda} \cdot t\right)$$

Lembrando que

$$v_{onda} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

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

Lembrando que

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

Para um caso geral

$$y(x, t) = A \cdot \text{sen}(k \cdot x - \omega \cdot t + \alpha_0)$$

é a função de onda procurada, onde α_0 é a fase inicial.

Para uma onda viajando no sentido oposto ao do referencial adotado

$$y(x, t) = A \cdot \text{sen}(k \cdot x + \omega \cdot t + \alpha_0)$$

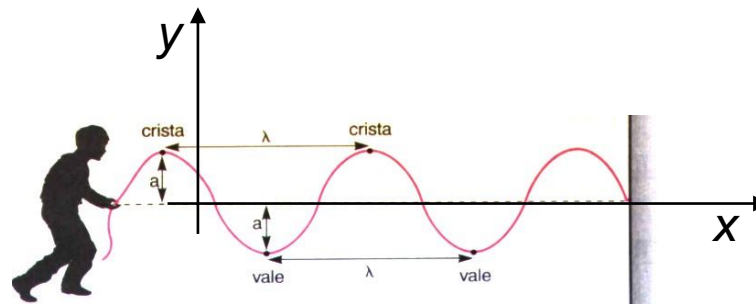
onde α_0 é a fase inicial.

$$y(x,t) = A \cdot \text{sen}(k \cdot x - \omega \cdot t + \alpha_0)$$

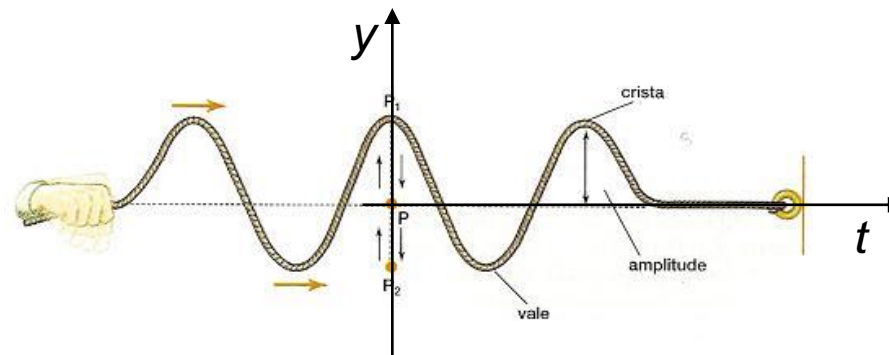
Então, qual é o significado de cada termo?

Para uma onda conhecida (λ e T conhecidos):

- Fixando-se \underline{t} , tem-se uma *fotografia* da onda (isto é, uma imagem congelada):



- Fixando-se \underline{x} , tem-se um movimento periódico naquele ponto \underline{x} (isto é, um *MHS*):



- Em $\underline{t} = 0 \text{ s}$ e $\underline{x} = 0 \text{ m}$, a coordenada \underline{y} deste ponto da onda *pode* estar em um valor diferente de $\underline{0 \text{ m}}$.

Exercícios

Considerando uma onda senoidal com parâmetros $\alpha_0 = 0$, $T = 1\text{s}$, $A = 0,5\text{m}$ e $\lambda = 1\text{m}$, determine:

$$y = A.\text{sen}(k.x - \omega.t + \alpha_0)$$

- o movimento de pontos de uma corda de grande comprimento, localizados em $x_1 = 0\text{m}$, $x_2 = 0,5\text{m}$, $x_3 = 1\text{m}$, $x_4 = 1,5\text{m}$ e $x_5 = 2\text{m}$, ao passar a onda acima.
- a fotografia da corda, em $t_1 = 1\text{s}$, $t_2 = 2\text{s}$, $t_3 = 3\text{s}$ e $t_4 = 4\text{s}$, ao passar a onda acima.

Ondas Estacionárias

Onda 1

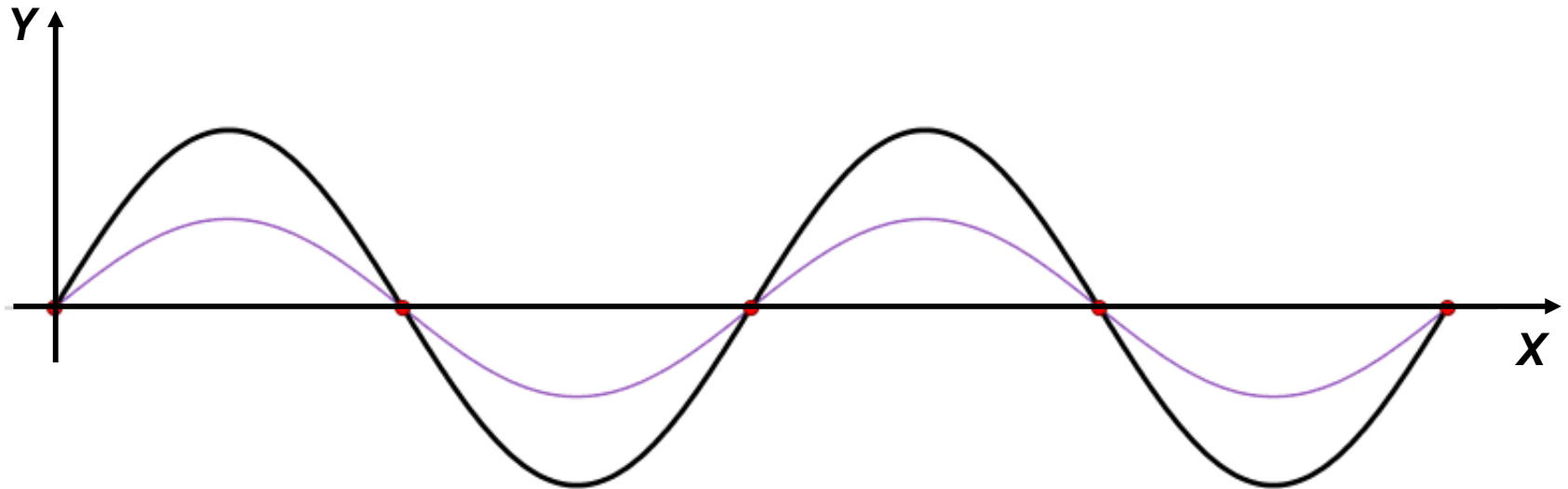


$$Y_i(X;t) = +A.\text{sen}(k.x - \omega.t)$$

Onda 2



$$Y_r(X;t) = +A.\text{sen}(k.x + \omega.t)$$



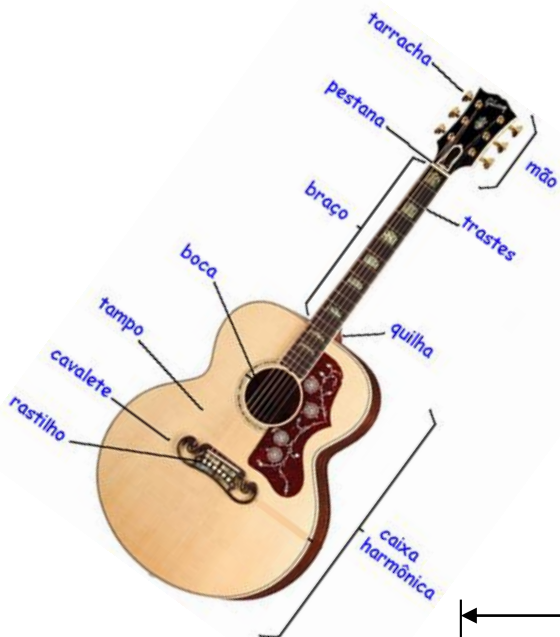
Onda Resultante

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \cdot \sin\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right)$$

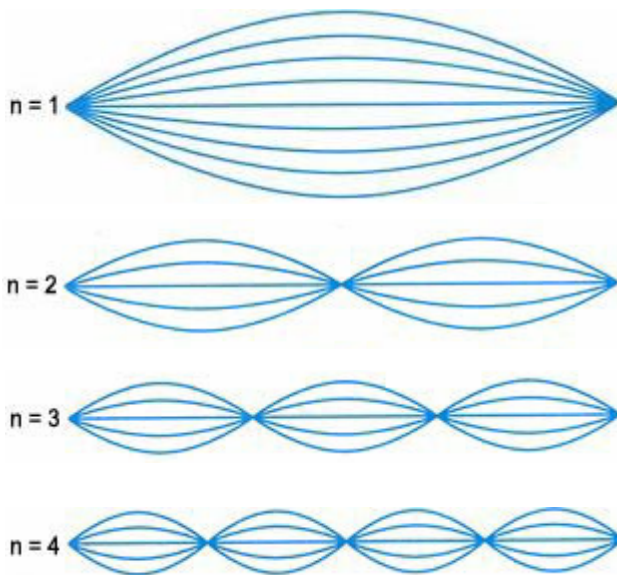
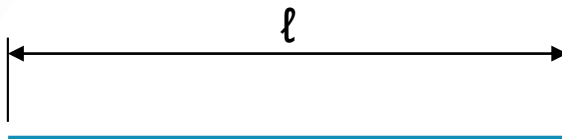
$$\text{sen } A - \text{sen } B = 2 \text{sen}\left(\frac{A - B}{2}\right) \cos\left(\frac{A + B}{2}\right)$$

● **Nó** → ponto de amplitude constantemente nula.

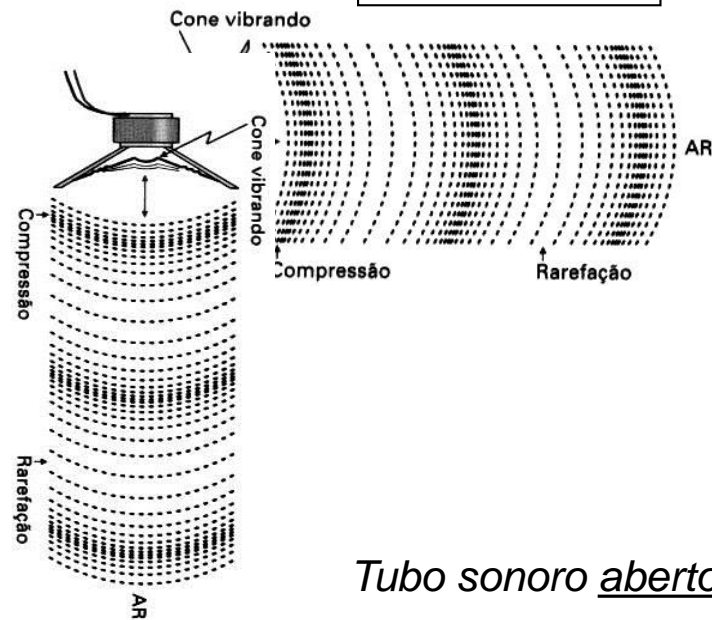
Ondas Estacionárias



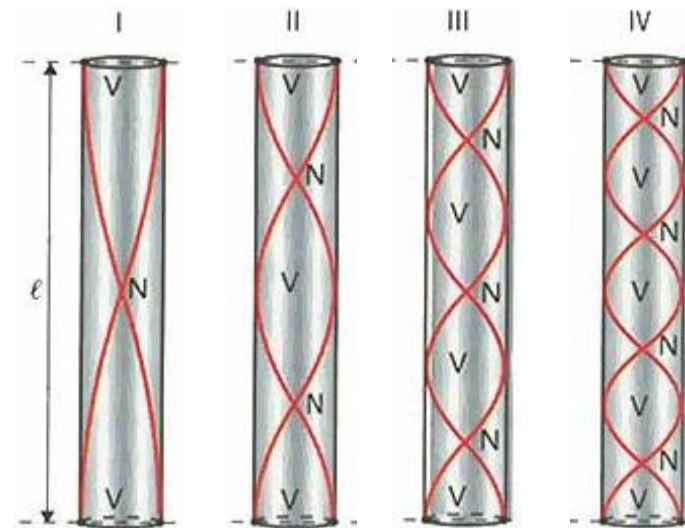
• em cordas



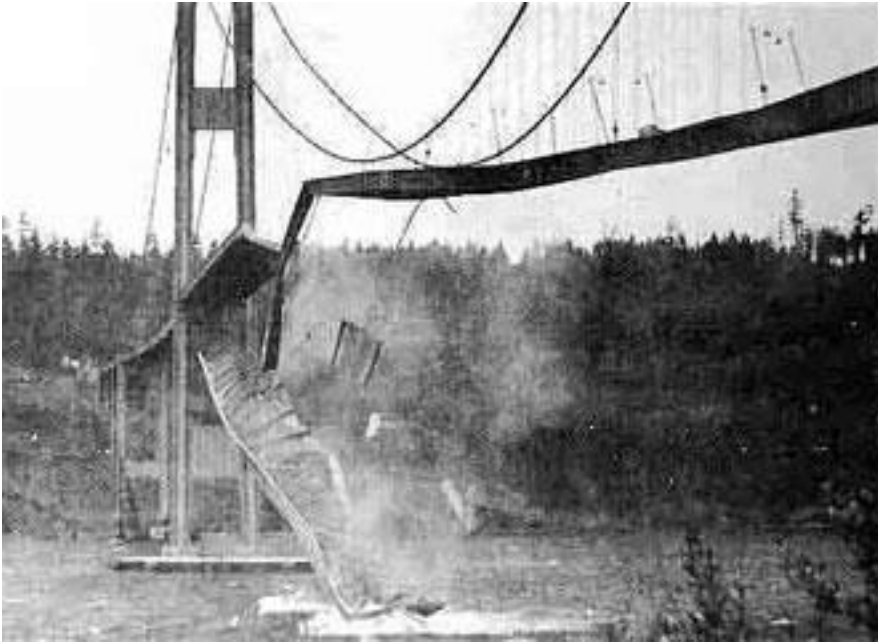
• em gases



Tubo sonoro aberto



Ressonância e seus efeitos indesejáveis!!



Tacoma Narrows Bridge
Tacoma, USA
7/11/1940

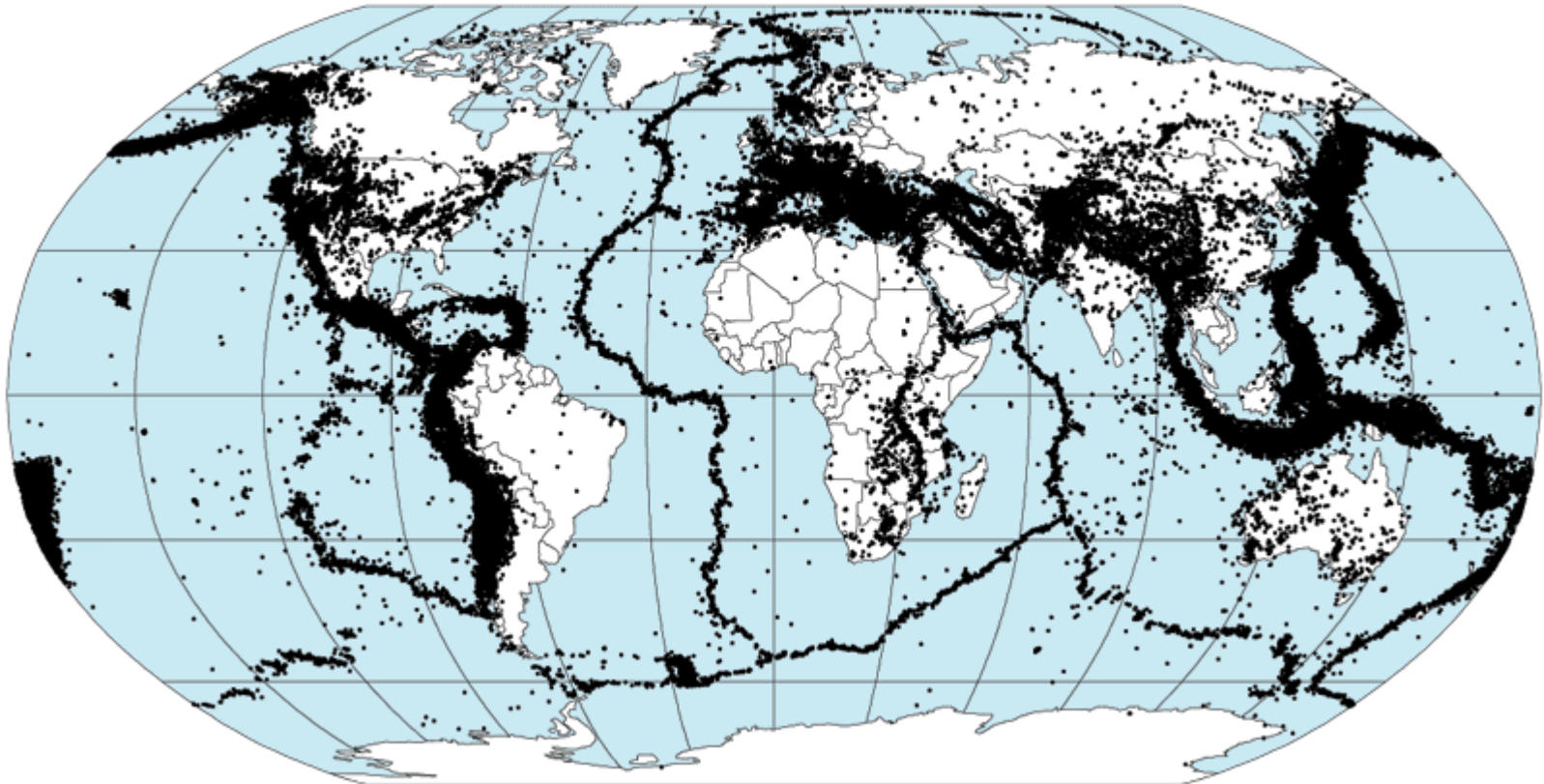


Efeitos de um terremoto
Cavezzo, Itália
29/05/12

Abalos Sísmicos

Onda sísmica é uma onda que se propaga através da Terra, geralmente como consequência de um sismo, ou devido a uma explosão.

Preliminary Determination of Epicenters
358,214 Events, 1963 - 1998



Ressonância

e um método para minimizar os efeitos indesejáveis!!



*Taipei 101
508 m
Chão até o telhado → 449,2m*



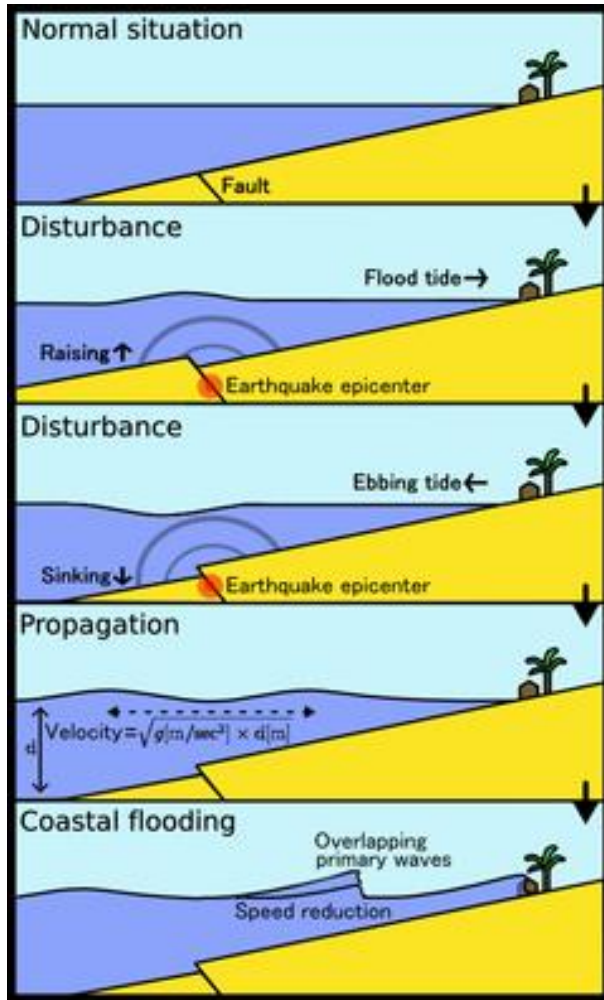
Pêndulo com 660 ton.

Estime a frequência natural de oscilação do edifício.

$$T = \frac{0,09 \times H}{\sqrt{L}}$$

$$0,5 \text{ Hz} < f_{o.s.} < 20 \text{ Hz}$$

Tsunami



- Alto mar

$$A \approx 1m$$

$$\lambda \approx 200km$$

$$v_{onda} \approx 800km/h$$



- Praia

$$A \approx 3m$$

$$v_{onda} \approx 80km/h$$

$$f \rightarrow cte$$

$$A \approx 10m$$

$$v_{onda} \approx 20km/h$$

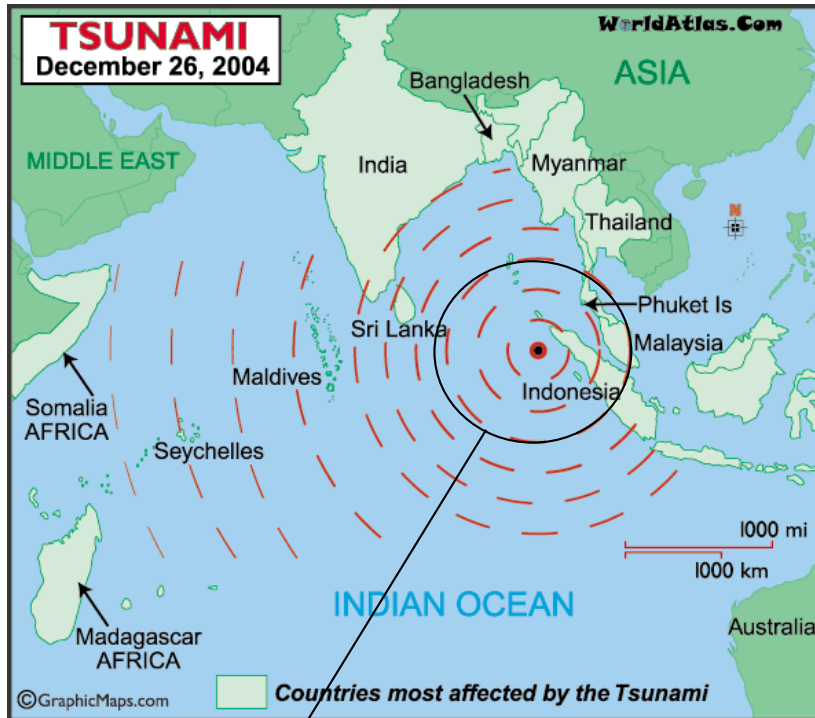
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Tsunami>

Estime o tempo do abalo sísmico no fundo do mar.

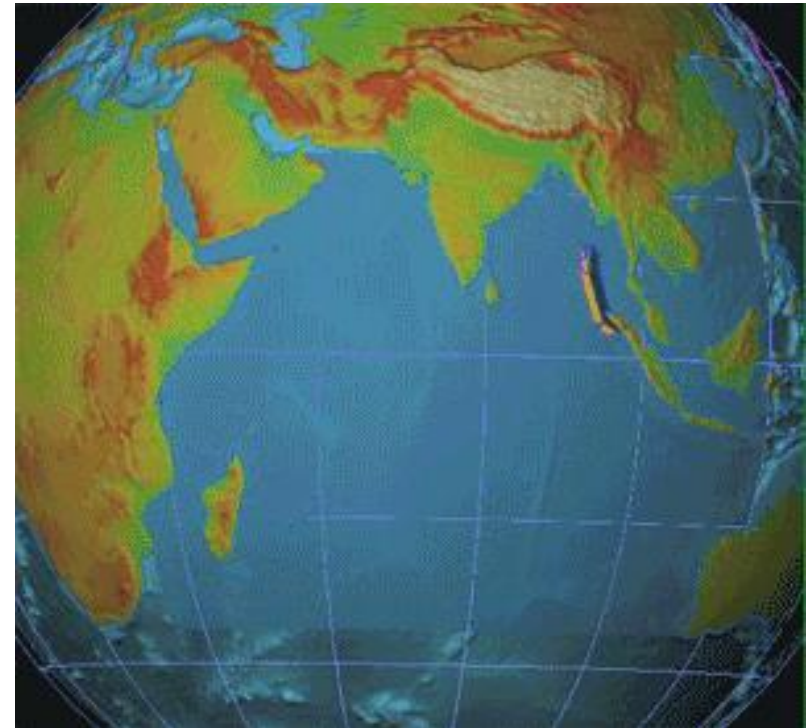
Terremoto de Sumatra-Andaman

26/12/2004

- Epicentro **3,316° N - 95,854° E**
- Profundidade de **30** km
- Magnitude entre **9,1** e **9,3**
- Duração entre **8,3** e **10** min
- Altura de até **30** m



Placa Indo-australiana subindo em direção à Euro-asiática





January 1, 2004



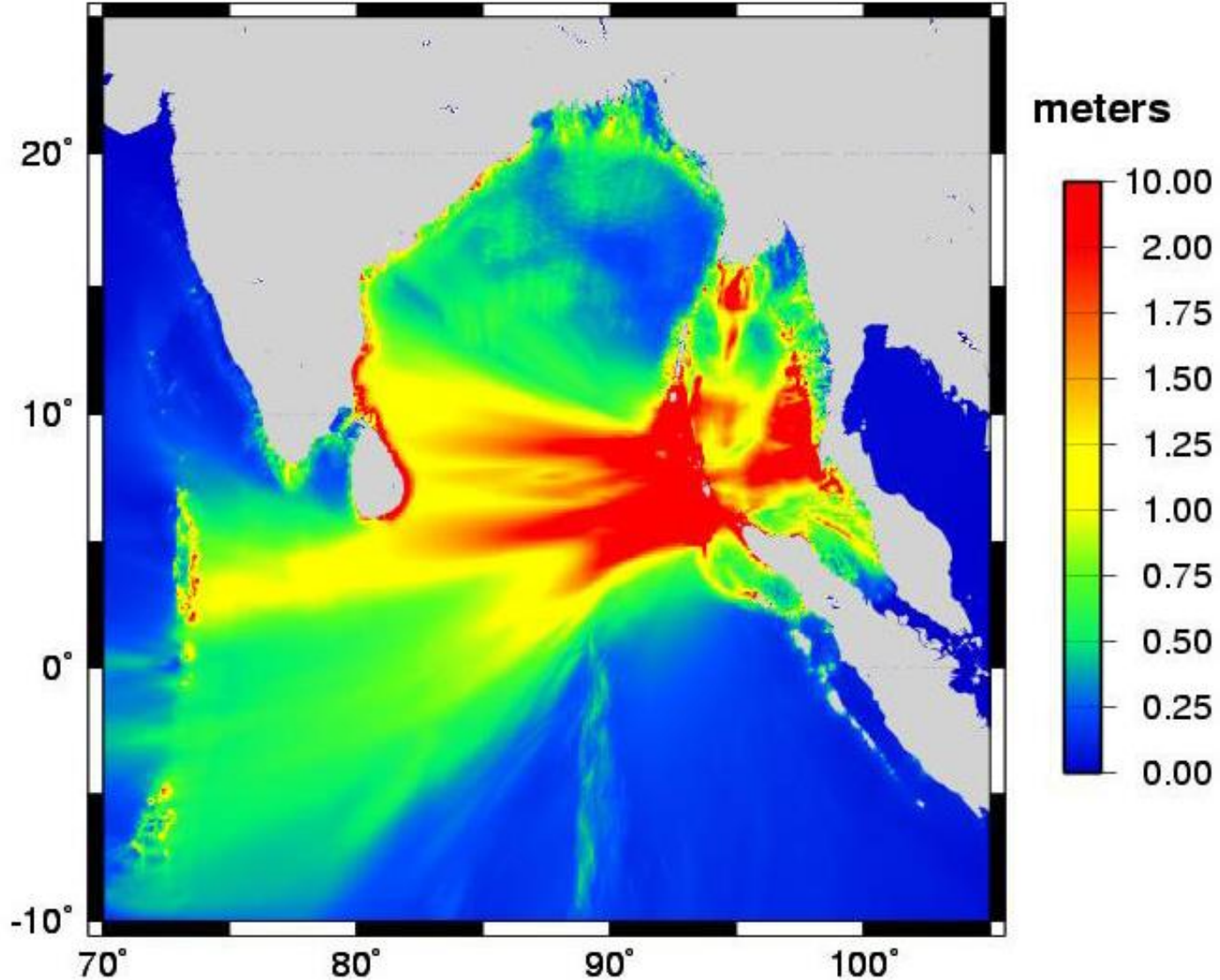
December 26, 2004

Sismo e tsunami de Tohoku ou de Sendai

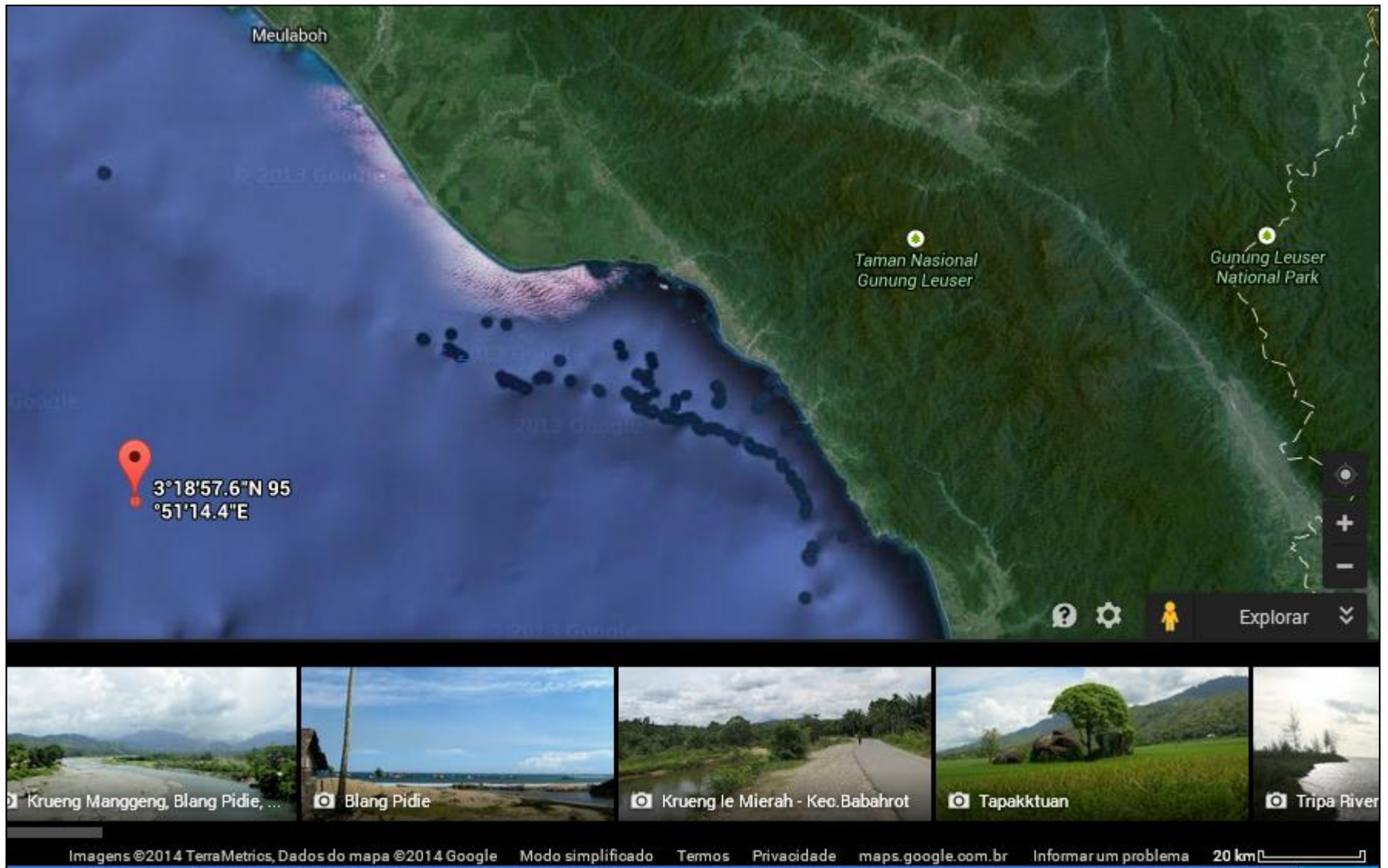
11/03/2011



Elevação Máxima da Água



Estime o tempo de viagem da onda até *Meulaboh*.



Levantamento de Vítimas

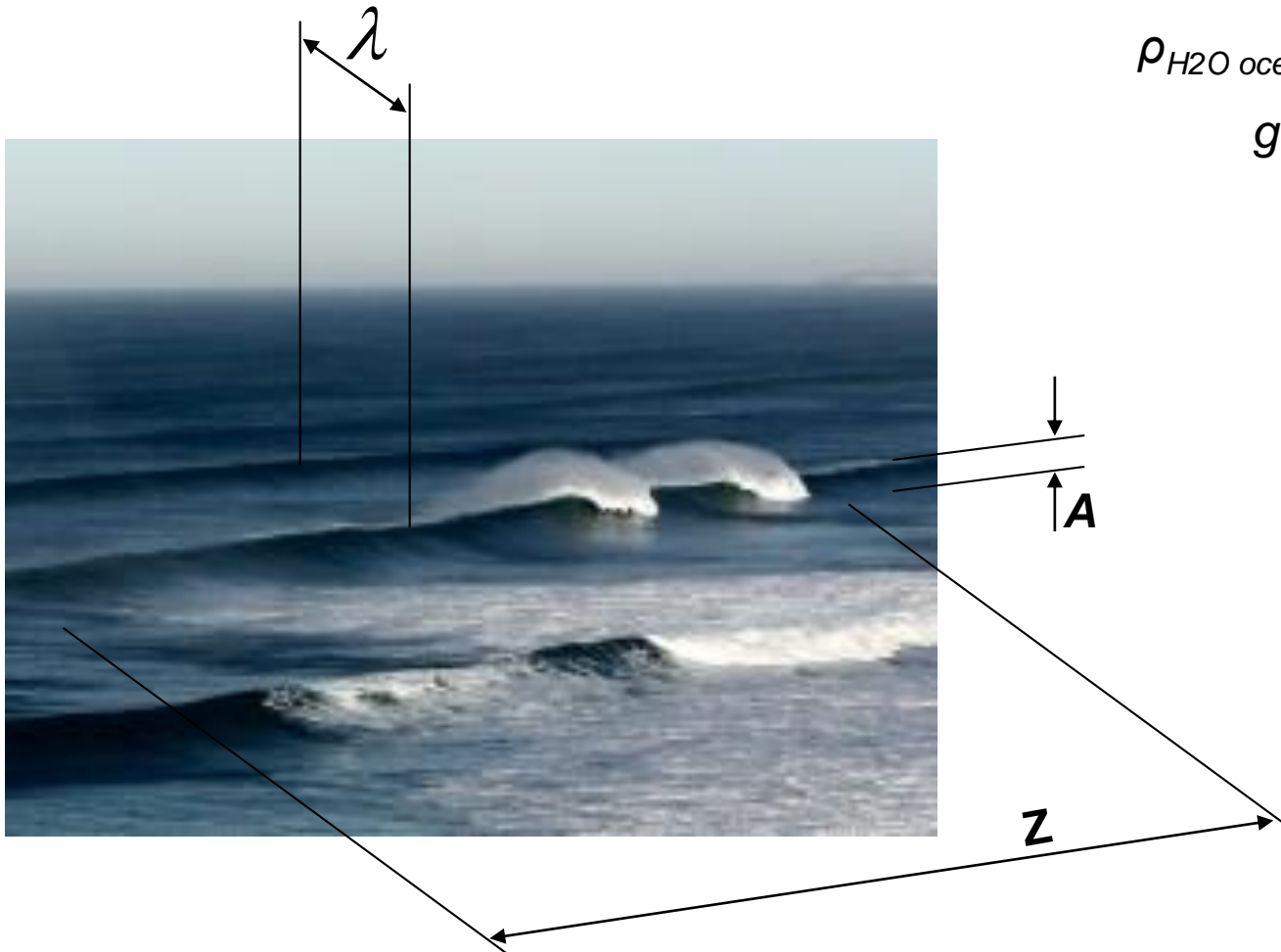
Países onde as mortes ocorreram	Mortes		Feridos	Desaparecidos	Desalojados
	Confirmado	Estimado ¹			
Indonésia	126 915	+126 915	~100 000	37063	400 000 - 700 000
Sri Lanka	30 957	38 195	15 686	5637 ²	~573 000
Índia	10 749	16 413	—	5640	380 000
Tailândia	5395 ³	11 000	8457	2932	—
Somália	298	298	—	—	5000
Mianmar	61	290– 600]	45	200	3200 confirmados
Malásia	68– 74	74	299	—	—
Maldivas	82	108	—	26	12000– 22000
Seychelles	1– 3	3	—	—	—
Tanzânia	10	+10	—	—	—
Bangladesh	2	2	—	—	—
África do Sul	2	2	—	—	—
Quênia	1	2	2	—	—
Iêmen	1	1	—	—	—
Madagascar	—	—	23000	+1000	
Total	174 542	~193 623	~125 000	~51 498	~1,5 milhão

Estimativa da Energia transportada por um Tsunami

$$E_{\text{onda}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot A^2 \cdot \lambda \cdot z \text{ [J]}$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O oceano}} = 1,03 \text{ g/cm}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$



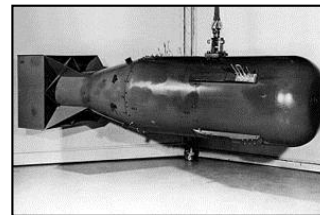
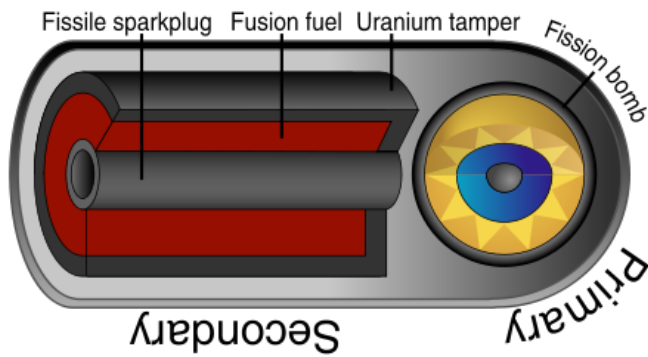
Comparação com a energia em uma bomba de Urânio



Ivy Mike

Enewetak Atoll, Ilhas Marshall

31/10/1952



“Little Boy” (Hiroshima - 06/08/1945)

70.000 mortes diretas

13 kTons de TNT

1 Mton TNT $\rightarrow 4,184 \times 10^{18} \text{ J}$

$E_{Ivy} = 10,4 \text{ Mtons} \rightarrow ??? \text{ joules}$

Fenômenos ondulatórios

- Reflexão e Refração
 - Difração
- Interferência
- Polarização
- Ressonância
- Efeito Doppler

Exercícios

1) (ITA/87) Considere os seguintes fenômenos ondulatórios:

- I. Luz
- II. Som
- III. Perturbação propagando-se numa mola helicoidal esticada.

Podemos afirmar que:

- a) I, II e III necessitam de um suporte material para propagar-se.
- b) I é transversal, II é longitudinal e III tanto pode ser transversal como longitudinal.
- c) I é transversal, II é longitudinal e III é longitudinal.
- d) I e III podem ser longitudinais.
- e) somente III é longitudinal.

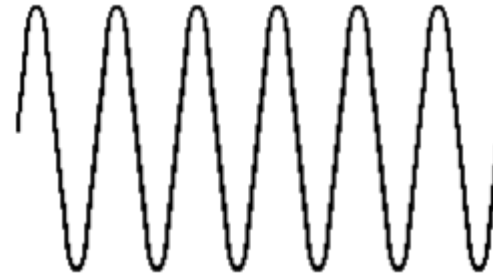
2) (ITA/89) Um automóvel, movendo-se a 20 m/s, passa próximo a uma pessoa parada junto ao meio-fio. A buzina do carro está emitindo uma nota de frequência $f = 2,00$ kHz. O ar está parado e a velocidade do som em relação a ele é 340 m/s. Que frequência o observador ouvirá:

- I. quando o carro está se aproximando?
- II. quando o carro está se afastando?

- | | I | II |
|----|----------|----------|
| a) | 2,00 kHz | 2,00 kHz |
| b) | 1,88 kHz | 2,12 kHz |
| c) | 2,13 kHz | 1,89 kHz |
| d) | 2,10 kHz | 1,87 kHz |
| e) | 1,88 kHz | 2,11 kHz |

- 3) (ITA/90) Uma onda transversal é aplicada sobre um fio preso pelas extremidades, usando-se um vibrador cuja frequência é de 50 Hz. A distância média entre os pontos que praticamente não se movem é de 47 cm. Então a velocidade das ondas neste fio é de:
- a) 47 m/s
 - b) 23,5 m/s
 - c) 0,94 m/s
 - d) 1,1 m/s
 - e) Outro valor
- 4) (ITA/97) Um violinista deixa cair um diapasão de frequência 440 Hz. A frequência que o violinista ouve na iminência do diapasão tocar no chão é de 436 Hz. Desprezando o efeito da resistência do ar, a altura da queda é:
- a) 9,4 m
 - b) 4,7 m
 - c) 0,94 m
 - d) 0,47 m
 - e) Inexistente, pois a frequência deve aumentar à medida que o diapasão se aproxima do chão.
- 5) (ITA/97) Um fio metálico, preso nas extremidades, tem comprimento L e diâmetro d , vibra com uma frequência fundamental de 600 Hz. Outro fio, de mesmo material, mas com comprimento $3L$ e diâmetro $d/2$, quando submetido à mesma tensão, vibra com uma frequência fundamental de:
- a) 200 Hz
 - b) 283 Hz
 - c) 400 Hz
 - d) 800 Hz
 - e) 900 Hz

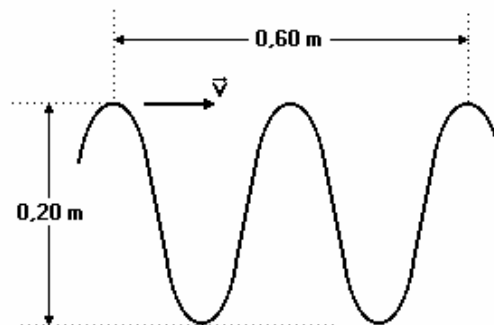
- 6) (Unesp) A sucessão de pulsos representada na figura a seguir foi produzida em 1,5 segundo. Determine a frequência e o período da onda.



- 7) (Unesp) Numa experiência clássica, coloca-se dentro de uma campânula de vidro onde se faz o vácuo, uma lanterna acesa e um despertador que está despertando. A luz da lanterna é vista, mas o som do despertador não é ouvido. Isso acontece porque
- a) o comprimento de onda da luz é menor que o do som.
 - b) nossos olhos são mais sensíveis que nossos ouvidos.
 - c) o som não se propaga no vácuo e a luz sim.
 - d) a velocidade da luz é maior que a do som.
 - e) o vidro da campânula serve de blindagem para o som mas não para a luz.
- 8) (Unirio) Entre as afirmativas a seguir, a respeito de fenômenos ondulatórios, assinale a que é **FALSA**.
- a) A velocidade de uma onda depende do meio de propagação.
 - b) A velocidade do som no ar independe da frequência.
 - c) No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas possuem o mesmo período.
 - d) Ondas sonoras são longitudinais.
 - e) Ondas sonoras não podem ser polarizadas.

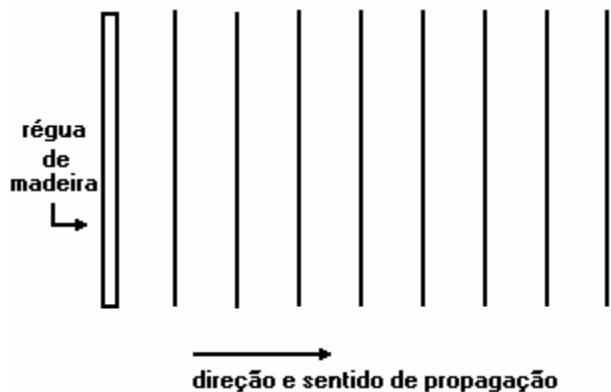
9) (Mackenzie) A figura ao lado ilustra uma onda mecânica que se propaga numa velocidade 3,0 m/s e frequência:

a) 1,5 Hz. b) 3,0 Hz. c) 5,0 Hz. d) 6,0 Hz. e) 10,0 Hz.

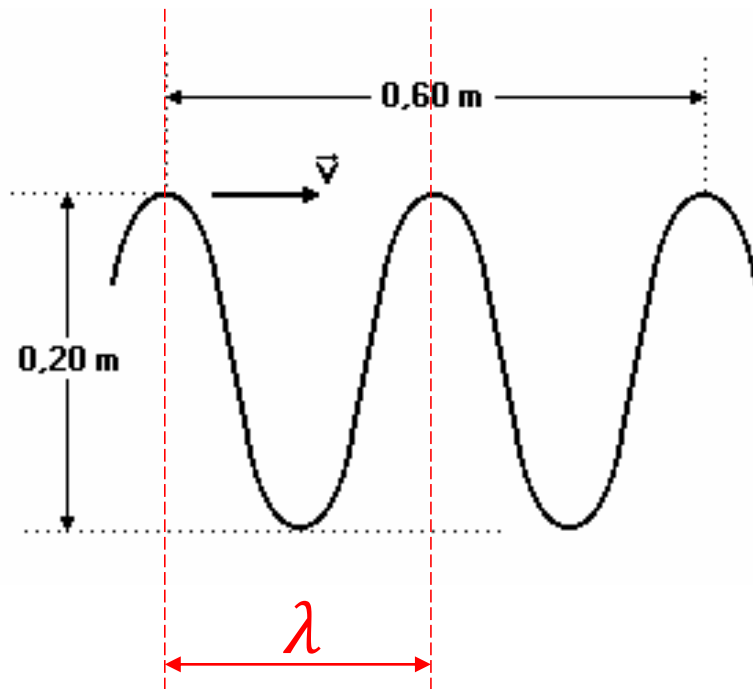


10) (UFMG) Para se estudar as propriedades das ondas num tanque de água, faz-se uma régua de madeira vibrar regularmente, tocando a superfície da água e produzindo uma série de cristas e vales que se propagam da esquerda para a direita. A régua toca a superfície da água 10 vezes em 5,0 segundos, e duas cristas consecutivas da onda ficam separadas de 2,0 centímetros. A velocidade de propagação da onda é

a) 0,5 cm/s. b) 1,0 cm/s. c) 2,0 cm/s. d) 4,0 cm/s. e) 8,0 cm/s.



9) Resolução



$$v = 3\text{ m/s}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

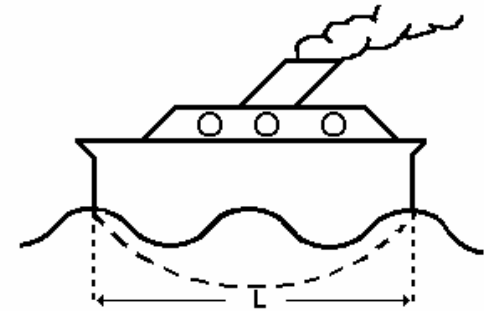
$$f = \frac{v}{\lambda}$$

$$f = \frac{3}{0,3}$$

$$f = 10\text{ Hz}$$

11) (Fuvest) Um navio parado em águas profundas é atingido por uma crista de onda (elevação máxima) a cada T segundos. A seguir o navio é posto em movimento, na direção e no sentido de propagação das ondas e com a mesma velocidade delas. Nota-se, então, (veja a figura ao lado) que ao longo do comprimento L do navio cabem exatamente 3 cristas. Qual é a velocidade do navio?

a) $L/3T$ b) $L/2T$ c) L/T d) $2L/T$ e) $3L/T$



12) (FUVEST) Um vibrador, operando com frequência igual a f , perturba a superfície tranqüila da água de um tanque num dado ponto O , produzindo um trem de ondas circulares. Essas ondas, ao se propagarem, atingem uma pequena boia situada a $2,0\text{m}$ do ponto O , em um intervalo de tempo de $0,50\text{s}$ depois de terem sido emitidas pelo vibrador. Se a distância entre uma crista e um vale consecutivos das ondas é igual a 10cm , o valor de f , em hertz, é:

a) $5,0$ b) 10 c) 20 d) 40 e) 80

13) (MACKENZIE) Uma onda transversal se propaga obedecendo à função $y = 4,0 \cdot \cos [\pi \cdot (20 \cdot t - 4,0 \cdot x)]$, [cm, s]. O módulo da velocidade de propagação dessa onda é:

a) $5,0\text{cm/s}$ b) $3,1\text{cm/s}$ c) $1,0\text{cm/s}$ d) $0,50\text{cm/s}$ e) $0,20\text{cm/s}$

14) Para pesquisar a profundidade do oceano numa certa região, usa-se um sonar instalado num barco em repouso. O intervalo de tempo decorrido entre a emissão do sinal ultrassom de frequência 75.000 Hz e a resposta ao barco (eco) é de 1 segundo. Supondo que o módulo da velocidade de propagação do som na água é igual a 1.500m/s, a profundidade do oceano na região considerada é de:

- a) 25m b) 50m c) 100m d) 750m e) 1.500m

15) O som não se propaga no vácuo porque:

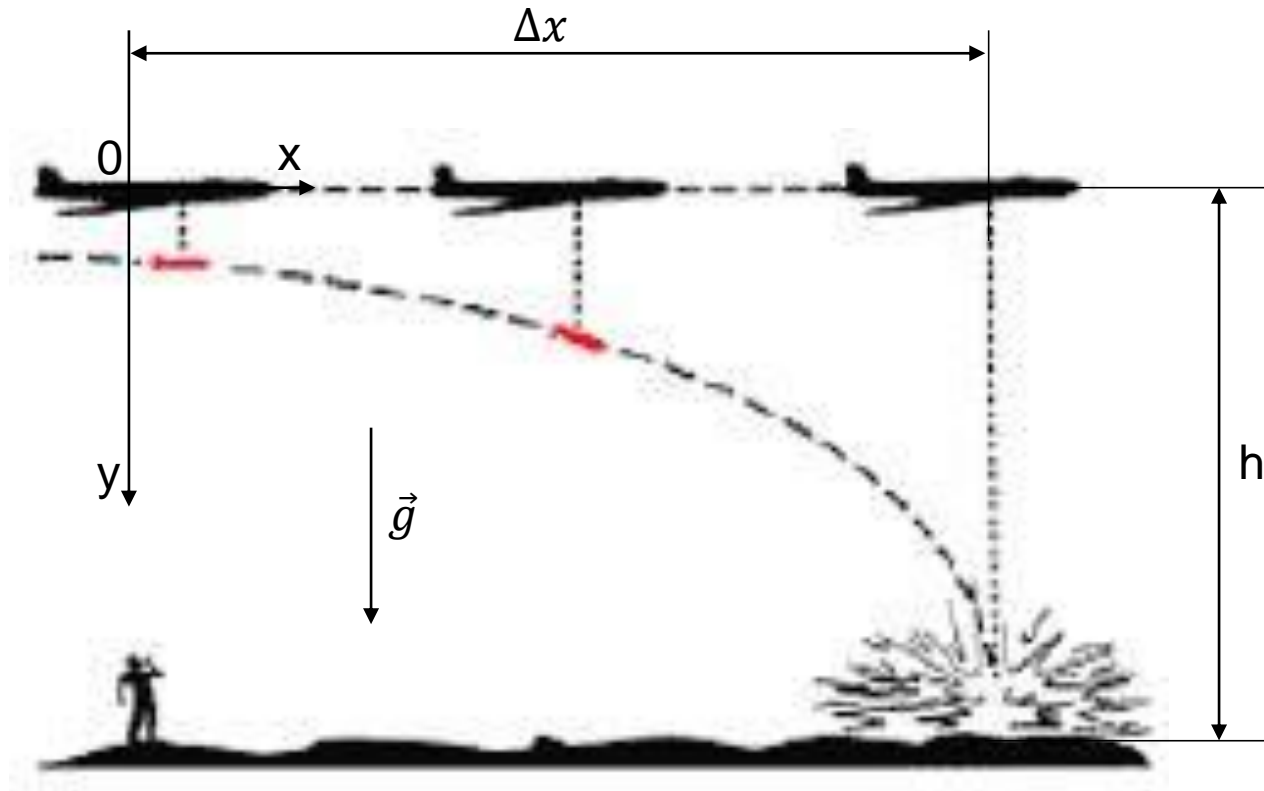
- a) é uma onda longitudinal;
- b) é uma onda mecânica;
- c) não é tridimensional;
- d) é uma onda eletromagnética;
- e) não é uma onda estacionária.

16) Quando uma onda sonora se propaga no ar, numa certa direção:

- a) o ar, como um todo, se desloca na direção da propagação da onda;
- b) o ar, como um todo, se desloca na direção normal à direção de propagação da onda;
- c) as partículas do ar se movimentam de um lado para outro, numa direção normal à direção da propagação da onda;
- d) as partículas do ar se movimentam para frente e para trás, na direção da propagação da onda;
- e) o ar não se movimenta, apenas sua pressão aumenta e diminui sucessivamente.

17) (FUVEST) Um avião, voando paralelamente ao solo plano e horizontal, com velocidade de intensidade igual a 468km/h , a uma altitude de 500m , larga uma bomba no exato instante em que passa pela vertical de um observador parado em relação à Terra. O observador ouve o estrondo da explosão da bomba ao atingir o solo 14s depois de a mesma ter sido abandonada do avião. Se $g = 10\text{m/s}^2$ e a influência do ar no movimento da bomba é desprezível, pode-se concluir que a velocidade de propagação do som no local tem módulo igual a:

- a) 325m/s b) 330m/s c) 335m/s d) 340m/s e) 345m/s



17) Resolução

$$V_{\text{avião}} = 468 \frac{\text{km}}{\text{h}} \rightarrow V_{\text{avião}} = \frac{\Delta x}{\Delta t_{\text{queda}}} \rightarrow 468 \cdot \frac{1000}{3600} = \frac{\Delta x}{10} \rightarrow \Delta x = +1300\text{m}$$

$$h = 500\text{m}$$

$$\Delta t = 14\text{s} \rightarrow \Delta t = \Delta t_{\text{queda da bomba}} + \Delta t_{\text{propagação do som}}$$

$$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$y = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \rightarrow h = \cancel{y_0} + \cancel{v_{0y}} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \rightarrow +500 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t_{\text{queda}}^2$$

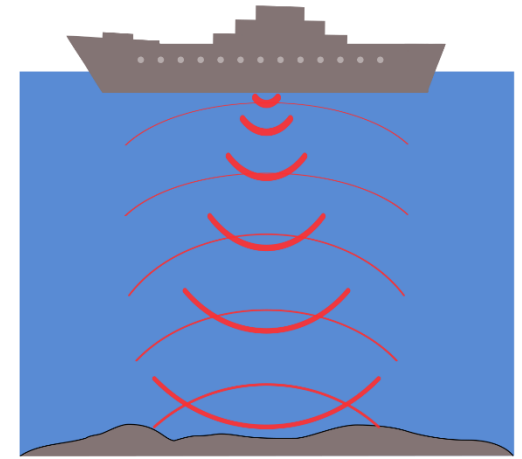
$$t_{\text{queda}} = 10\text{s}$$

$$14\text{s} = 10\text{s} + \Delta t_{\text{propagação do som}} \rightarrow \Delta t_{\text{som}} = 4\text{s}$$

$$V_{\text{som}} = \frac{\Delta x}{\Delta t_{\text{som}}} \rightarrow V_{\text{som}} = \frac{1300}{4} \rightarrow V_{\text{som}} = 325 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

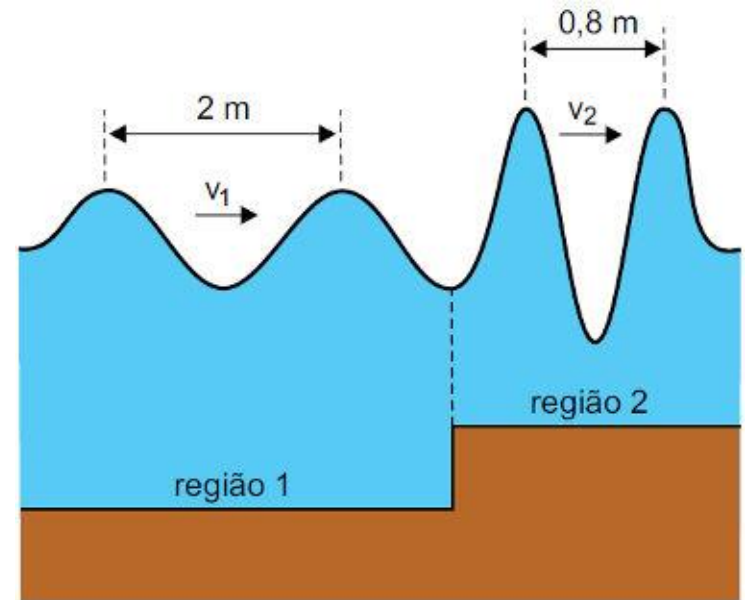
18) Para pesquisar a profundidade do oceano numa certa região, usa-se um sonar instalado num barco em repouso. O intervalo de tempo decorrido entre a emissão do sinal ultrassom de frequência 75000Hz e a resposta ao barco (eco) é de 1 segundo. Supondo que o módulo da velocidade de propagação do som na água é igual a 1500m/s, a profundidade do oceano na região considerada é de:

- a) 25m
- b) 50m
- c) 100m
- d) 750m
- e) 1500m



19) (FAMEMA-SP) Com o objetivo de simular as ondas no mar, foram geradas, em uma cuba de ondas de um laboratório, as ondas bidimensionais representadas na figura, que se propagam de uma região mais funda (região 1) para uma região mais rasa (região 2). Sabendo que, quando as ondas passam de uma região para a outra, sua frequência de oscilação não se altera e considerando as medidas indicadas na figura, é correto afirmar que a razão entre as velocidades de propagação das ondas nas regiões 1 e 2 é igual a:

- a) 1,6
- b) 0,4
- c) 2,8
- d) 2,5
- e) 1,2



fora de escala

Referências

- <http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/ondas2/ondas2.html>
- <http://fisicaacustica.no.comunidades.net/>
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/Eco>
- http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/10_T02.asp
- http://www.gamagases.com.br/propriedades_hidrogenio.htm
- http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_25/musicaimagem/foto1.jpg&imgrefurl=http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_25/musica.html&h=268&w=205&sz=17&tbnid=EH3dTBBLvSZhXM:&tbnh=113&tbnw=86&prev=/images%3Fq%3Dtimbre%2Bsonoro&zoom=1&hl=pt-R&usg=__Nna0-HBUDgjbjEHol9a-tz59W2Rg=&sa=X&ei=87x7TMy6loL58AaD1v2YCA&ved=0CC0Q9QEwBw
- <http://www.youtube.com/watch?v=OSbOWEm35ok&NR=1>
- <http://www.novafisica.net/projetos/microondas/conteudo.html#Polarizacao>
- <http://mais.uol.com.br/view/xgzjh84w45eg/difraccion-teatro-de-epidauro-04023164E4916366?types=A&>
- <http://www.youtube.com/watch?v=bNWlSEngMBE&feature=related>
- <http://www.youtube.com/watch?v=OZvuPnfAooE&feature=endscreen&NR=1>
- <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=indice-negativo-refracao-metais>
- http://www.fisica.ufs.br/ladmello/F%C3%ADsica_c/13_som_acustica_2.pdf
- http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/10_T03.asp
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Taipei_101
- <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/ondasismica.html>
- http://alfaconnection.net/pag_avsf/ond0301.htm
- <http://astro.if.ufrgs.br/telesc/node3.htm>
- http://www.rumoaota.com/portal/attachments/article/113/exercicios_ondulatoria_miguel.pdf
- http://www.colegioser.com.br/o_aluno/atividades/ens_fund_2/9_serie/ListaComite.pdf
- <http://axpfep1.if.usp.br/~otaviano/Tsunami.html>
- http://alfaconnection.net/pag_avsf/ond0403.htm (polarização luz)
- <http://slideplayer.com.br/slide/330355/> - Escoam. Fluidos Compress.
- <https://www.politecnicos.com.br/disciplinas/4323203-fisica-iii-poli-usp/pdf/068.pdf>