

# Física IV - Laboratório

Intensidade Luminosa

# Introdução as Ondas Eletromagnéticas

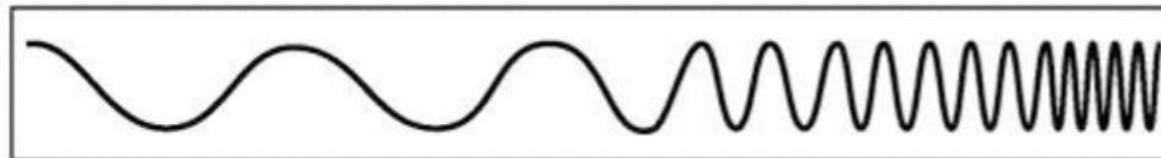
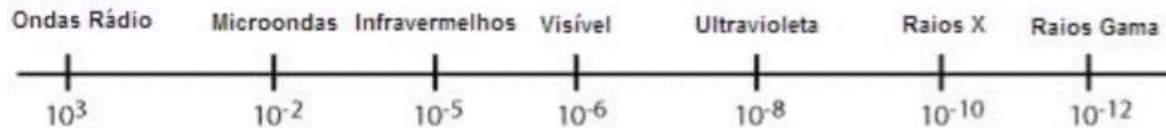
Slides do Prof. Sandro

- Algumas fontes de ondas eletromagnéticas são:
  - ✓ Sol e estrelas;
  - ✓ rádio/televisão/celular;
  - ✓ microondas;
  - ✓ raios cósmicos;
  - ✓ seres vivos (infravermelho) e qualquer objeto “quente”

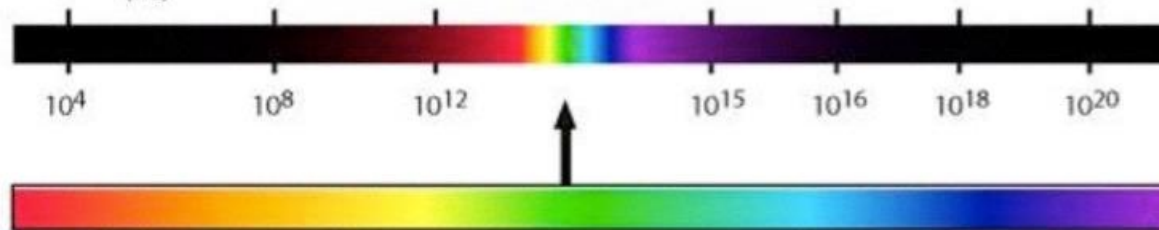
# Introdução as Ondas Eletromagnéticas

## Espectro Electromagnético

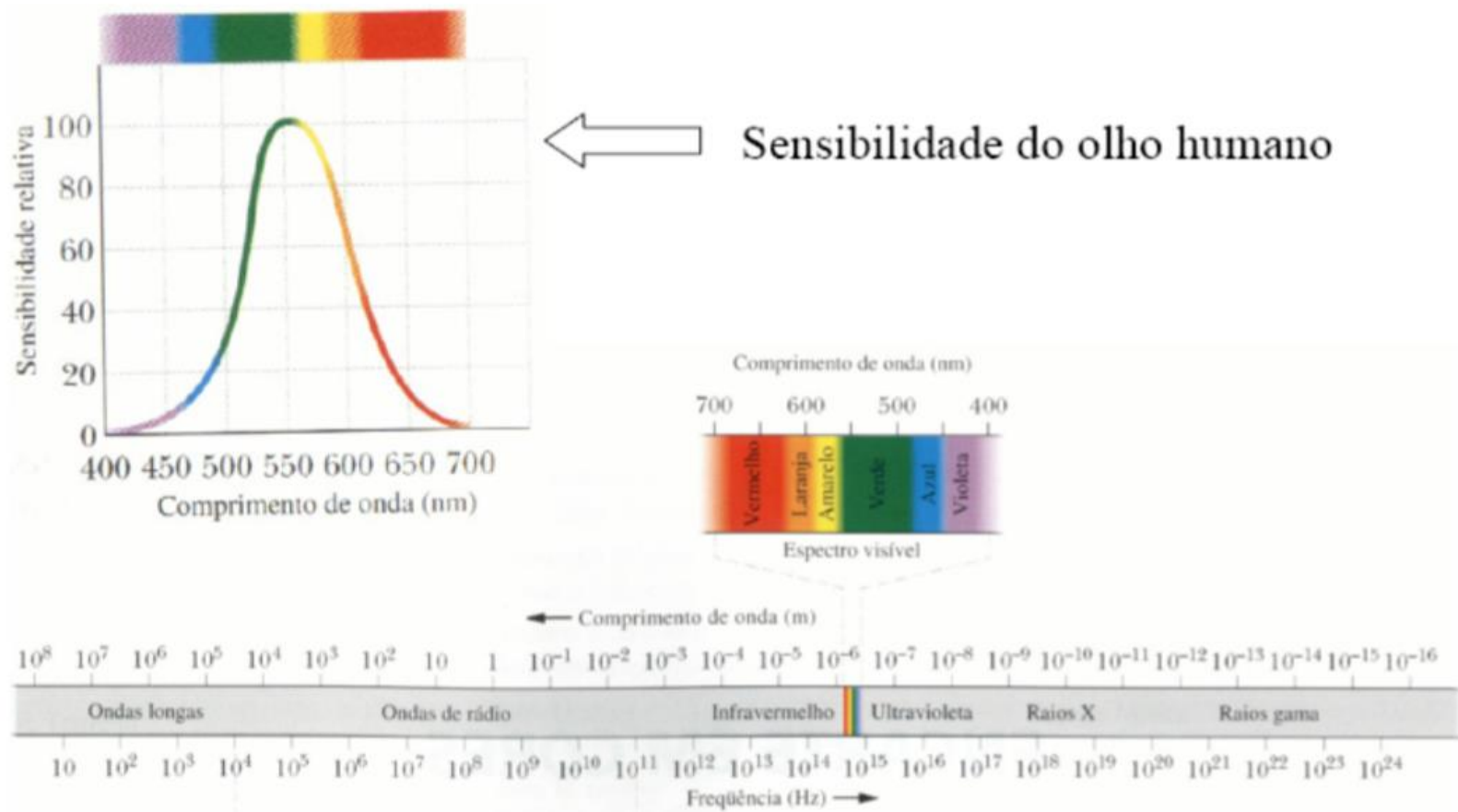
Comprimento de Onda  
(metros)



Frequência  
(Hz)

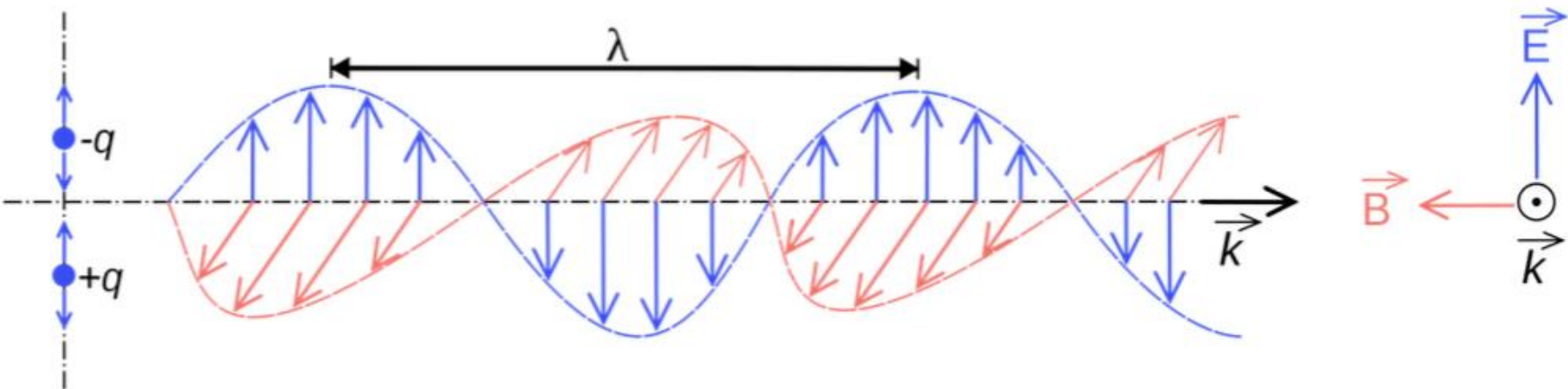


# Ondas eletromagnéticas



# Propriedades das O.E.

Descrevendo os campos elétricos e magnéticos.



$$\mathbf{E} = E_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$$

$$\mathbf{B} = B_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$$

Amplitudes

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

no vácuo todas as O.E. se propagam com a mesma velocidade  $c$ .

$$c = \frac{E_m}{B_m} = \frac{E}{B}$$

velocidade

frequencia

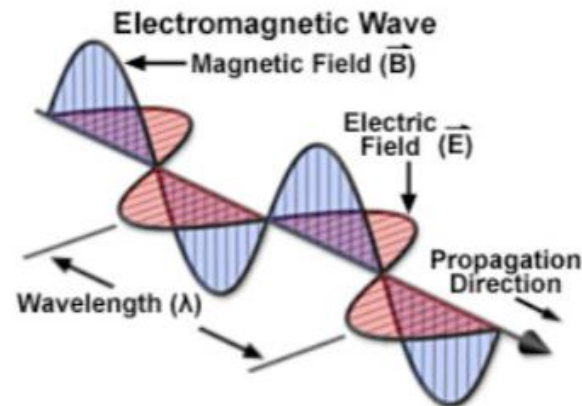
$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

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

comp. de onda

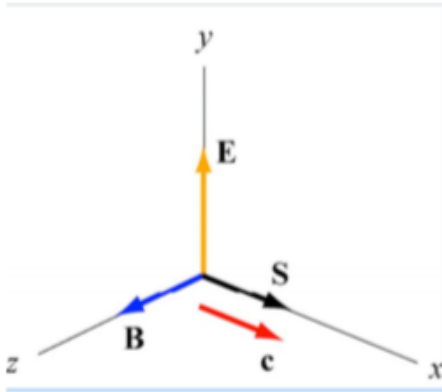
# Propriedades das O.E.

- Os campos **E** e **B** são perpendiculares à direção de propagação da onda (onda transversal);
- O campo elétrico é perpendicular ao campo magnético;
- O produto vetorial **E x B** aponta no sentido de propagação da onda;
- Os campos variam senoidalmente, com a mesma frequência e estão em fase.



# Transporte de Energia

A taxa de transporte de energia por unidade de área por parte de uma onda eletromagnética é descrita por um vetor  $S$ , conhecido por vetor de Poynting.



$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}$$

Aponta na direção de propagação

$$|\mathbf{S}| = \frac{1}{\mu_0} EB = \frac{1}{c\mu_0} \mathbf{E}^2$$

Fluxo instantâneo de energia

no SI:

$$S = \left( \frac{\text{energia/tempo}}{\text{area}} \right)_{\text{instantanea}} = \left( \frac{\text{potencia}}{\text{area}} \right)_{\text{instantanea}} = \frac{W}{m^2}$$

# Transporte de Energia

Na prática, a grande utilidade é o valor médio de  $S$ , também conhecido como intensidade  $I$  da onda.

$$I = S_{med} = \langle S \rangle = \frac{1}{c\mu_0} \langle E^2 \rangle$$

para:

$$\mathbf{E} = E_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$$

logo,

$$I = \frac{1}{c\mu_0} \langle E_m^2 \cdot \text{sen}^2(kx - \omega t) \rangle = \frac{1}{c\mu_0} E_m^2$$

$$\langle \text{sen}^2 x \rangle = \frac{1}{2} \quad \text{sen}^2 x + \text{cos}^2 x = 1 \quad E_m^2 = 2E^2$$



## Ondas eletromagnéticas esféricas

$$P_f = \frac{dU}{dt}$$

### Transporte de energia

Se a potência fornecida pela fonte é  $P_f$  temos

$$I = \langle S \rangle$$

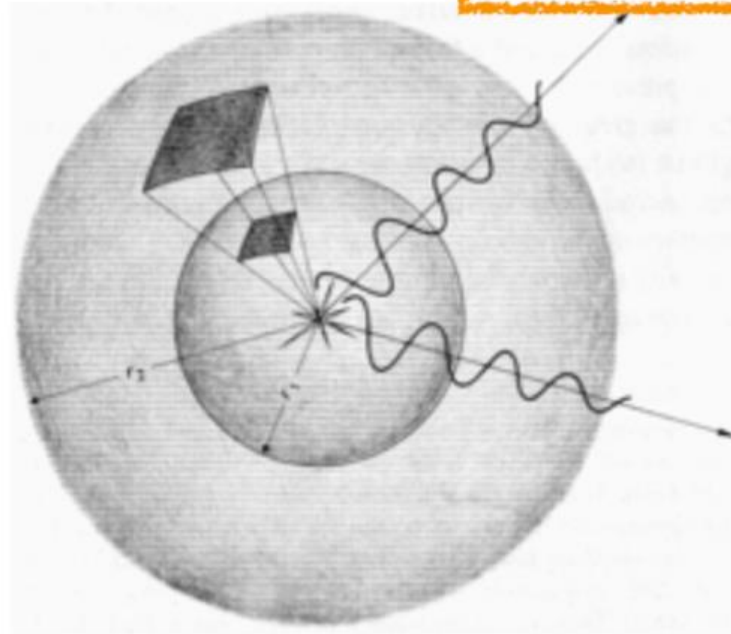
$$P_f = \int_A \vec{S} \cdot \hat{n} da$$

Emissão isotrópica

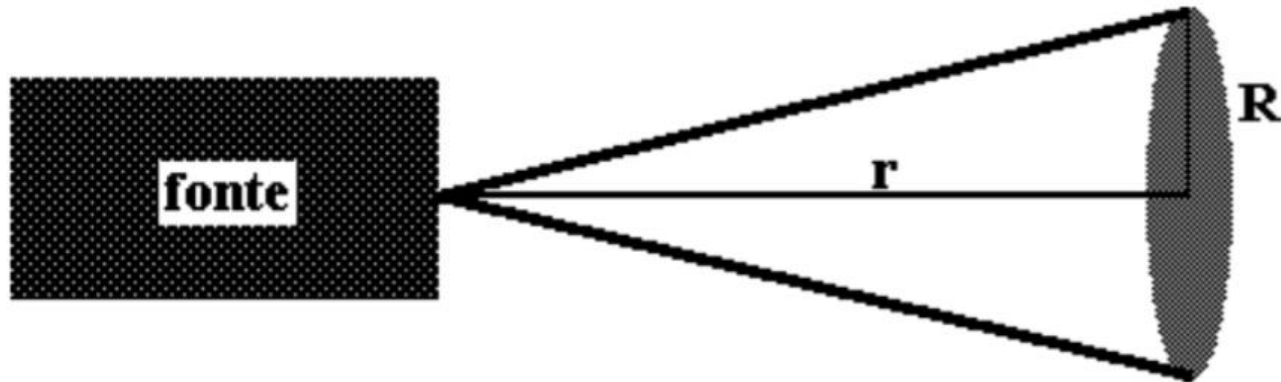
$$\vec{S} \cdot \hat{n} = \vec{S} \cdot \hat{r} = S$$



$$I = \frac{dU/dt}{4\pi \cdot r^2}$$



# Fonte anisotrópica



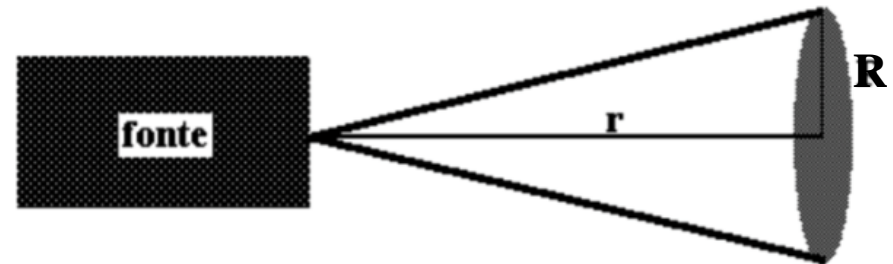
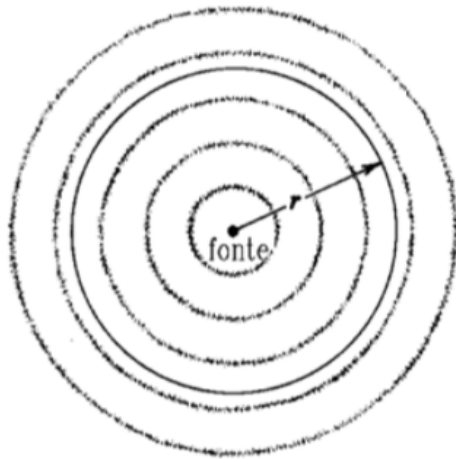
Uma fonte envia ondas através de um feixe que se espalha sob a forma de um cone com seção transversal circular.

$$I = \frac{\textit{energia/tempo}}{\textit{area}} = \frac{dU/dt}{\pi R^2}$$

$$I = \frac{dU/dt}{\pi (\textit{tg}\theta)^2} \frac{1}{r^2}$$

$$R = r \textit{tg}\theta$$

# Comparando os tipos de fontes



constante

$$I = \frac{dU/dt}{4\pi \cdot r^2}$$

Tanto para fontes isotrópicas e anisotrópicas temos que:

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

$$I = \frac{dU/dt}{\pi(\tan\theta)^2 \cdot r^2}$$

Vamos verificar experimentalmente!

# Objetivo

- Determinar a dependência da intensidade luminosa em função da distância entre a fonte luminosa e o detector.

Como mostrado anteriormente:

$$I \propto A \frac{1}{r^2}$$

# Material Utilizado

- fonte incandescente de luz
- fotômetro
- ponta de prova de fibra óptica
- banco óptico
- suporte para a ponta de prova

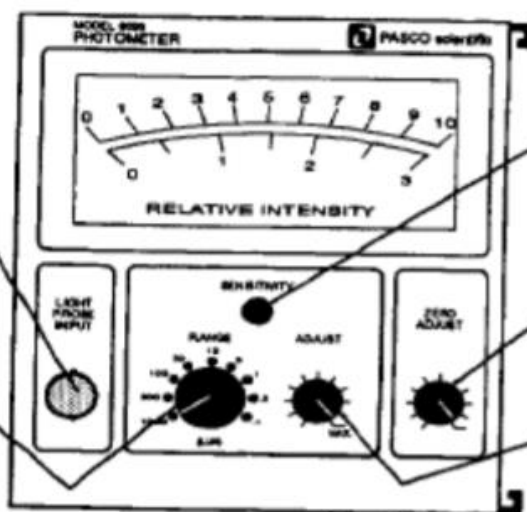
# Material Utilizado



# Procedimentos

Fibra Óptica: conecte a fibra óptica ao fotômetro, mas se desejar maior sensibilidade do aparelho, deixe a luz incidir diretamente sobre o conector.

Intervalo de Sensibilidade: selecione o maior valor para que sua intensidade de referência leve o ponteiro ao valor máximo da escala.



Zero Mecânico: lembre-se de deligar o aparelho caso deseje zerá-lo mecanicamente.

Ajuste Eletrônico do Zero: quando for zerar o aparelho eletronicamente lembre-se de cobrir a fibra óptica ou a fonte de luz.

Ajuste de Sensibilidade: após selecionar o intervalo de sensibilidade, ajuste o ponteiro de forma que ele atinja o valor máximo da escala.

Figura 2.3: Painel de Controle do Fotômetro

# Procedimentos

## **Calibração do fotômetro**

1. Regule o seletor de sensibilidade do fotômetro (botão “sensitivity”) para a maior escala (escala 1000, menor sensibilidade);
2. Retire a fibra ótica do fotômetro e cubra a entrada de luz com um objeto preto;
3. Com a luz da sala apagada, regule o seletor de sensibilidade do fotômetro para a menor escala (escala 0.1, de maior sensibilidade);
4. Ajuste o botão de ajuste do zero (“ZERO ADJUST”) de forma que o ponteiro do fotômetro se posicione em cima do zero da escala;
5. Depois de realizado o ajuste, gire o seletor de sensibilidade até a escala 1000 e então retire o objeto preto do fotômetro.

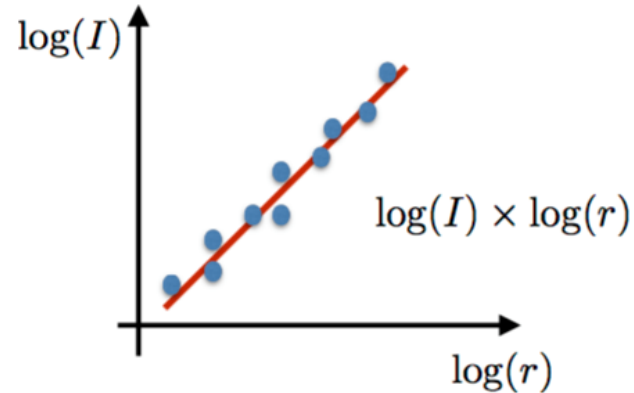
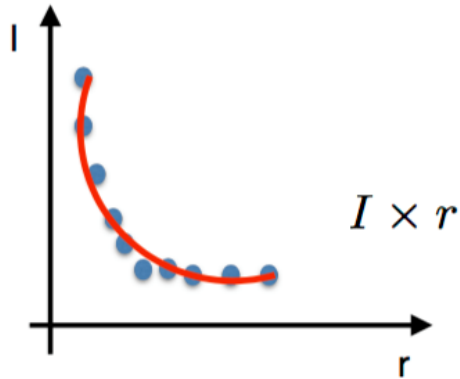
## **Determinação da Intensidade usando o fotômetro**

1. Com o detector posicionado na distância mínima, (ou seja, máxima intensidade), regule o seletor de sensibilidade para o maior valor possível, tal que o ponteiro permaneça no máximo da escala (10), utilizando para isso o botão de ajuste de sensibilidade.



# Resultados

Faça dois gráficos:



Determine através do gráfico o coef. angular e linear, entretanto note que:

$$I \propto A \frac{1}{r^2}$$
$$I = Ar^{-n}$$

**Aplicando o logaritmo**

$$\log(I) = b - n \log(r)$$
$$b = \log(A)$$

- Verifique se seus dados tem comportamento igual em todo o domínio. Comente o seu resultado.