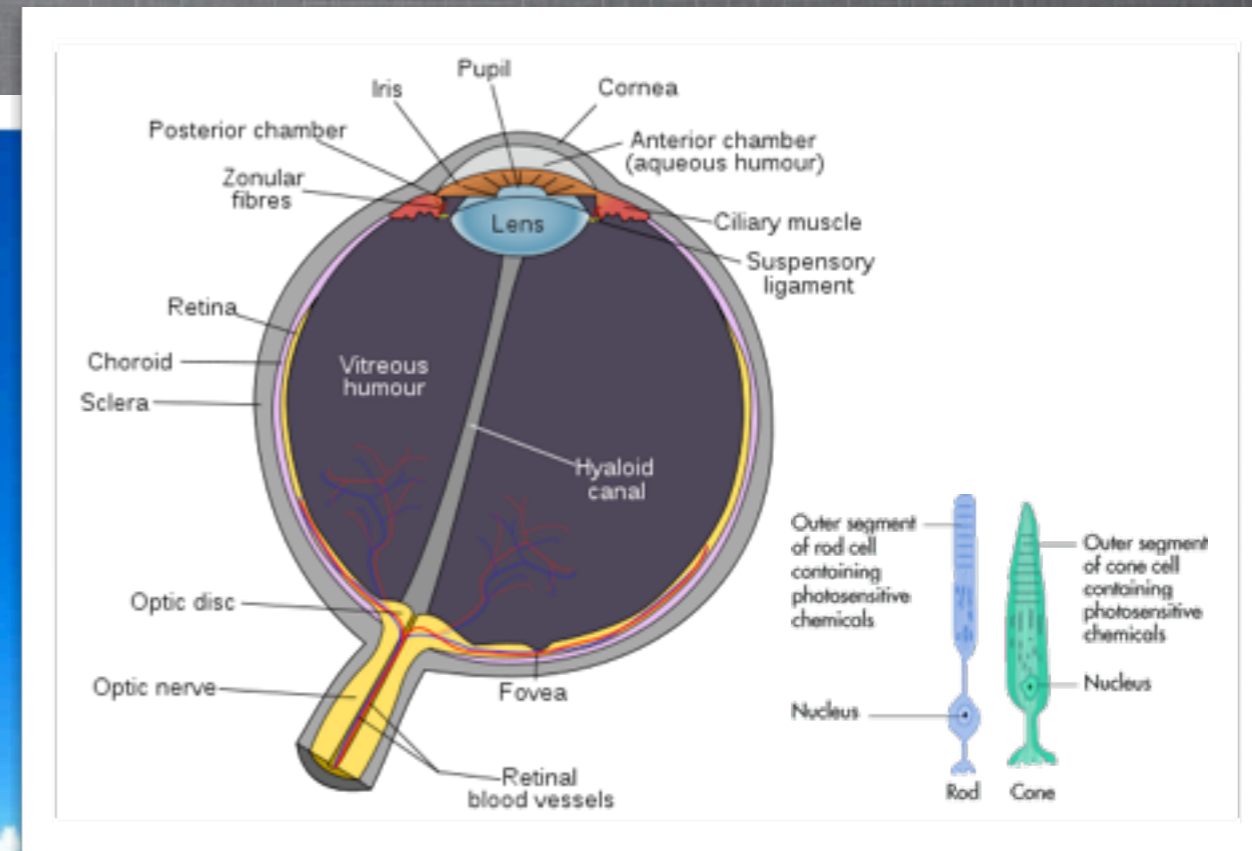


WORKSHOP LUZ E IMAGEM

Aula 1 — Teoria da Luz e Visão Humana

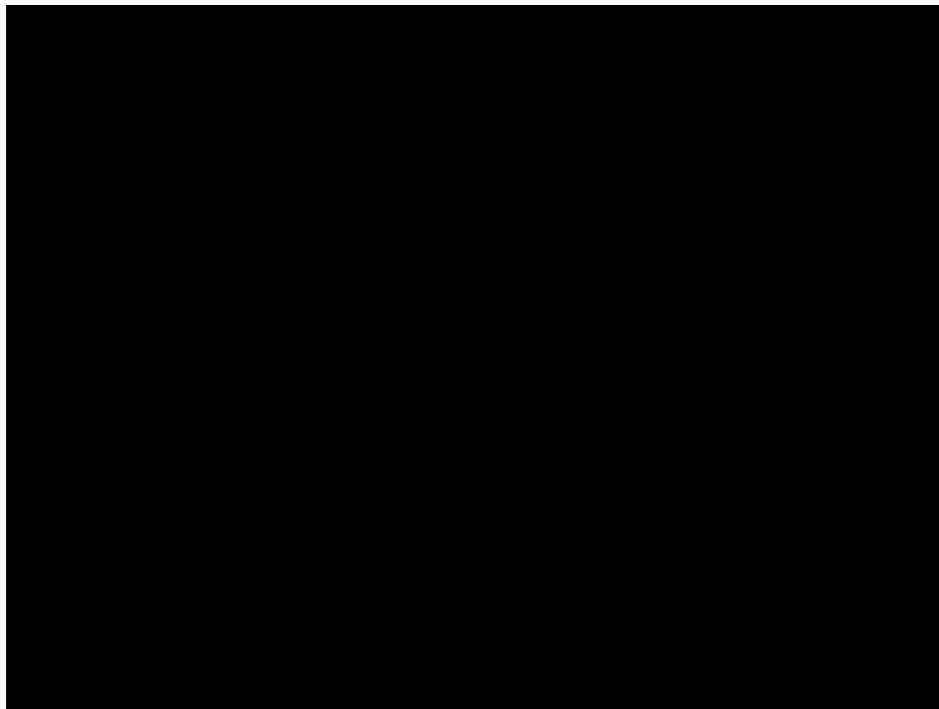


Paulo Tribolet Abreu e Manuel Silveira Ramos
Ar.Co, 2011

PARTÍCULA VS. ONDA

Partículas / matéria:

- Posição definida.
- Duas partículas não podem ocupar o mesmo espaço \Rightarrow **choque**.



Ondas / energia:

- Espalham-se numa zona do espaço.
- Qualquer número de ondas pode estar no mesmo espaço \Rightarrow **interferência**.

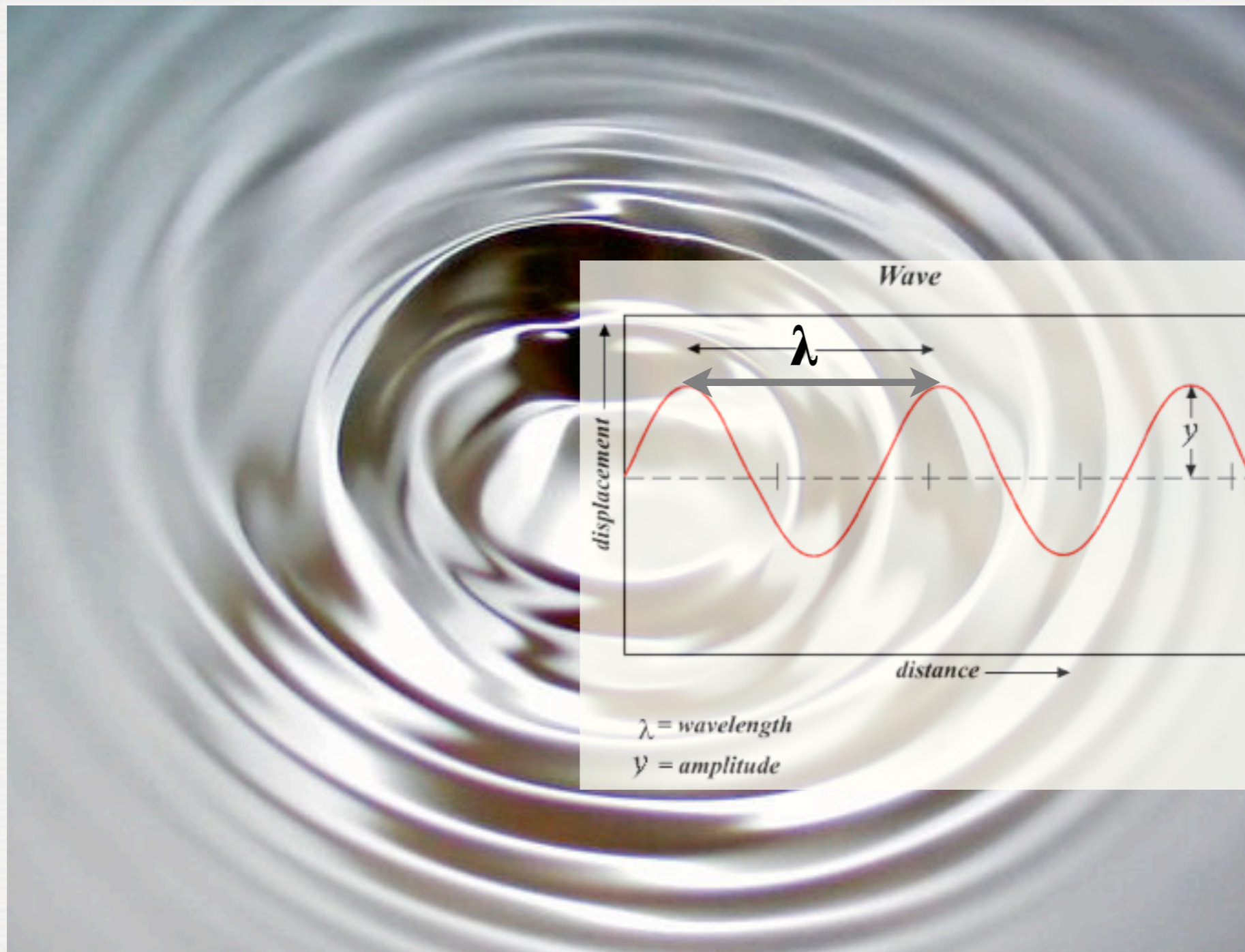


DEFINIÇÃO DE ONDA

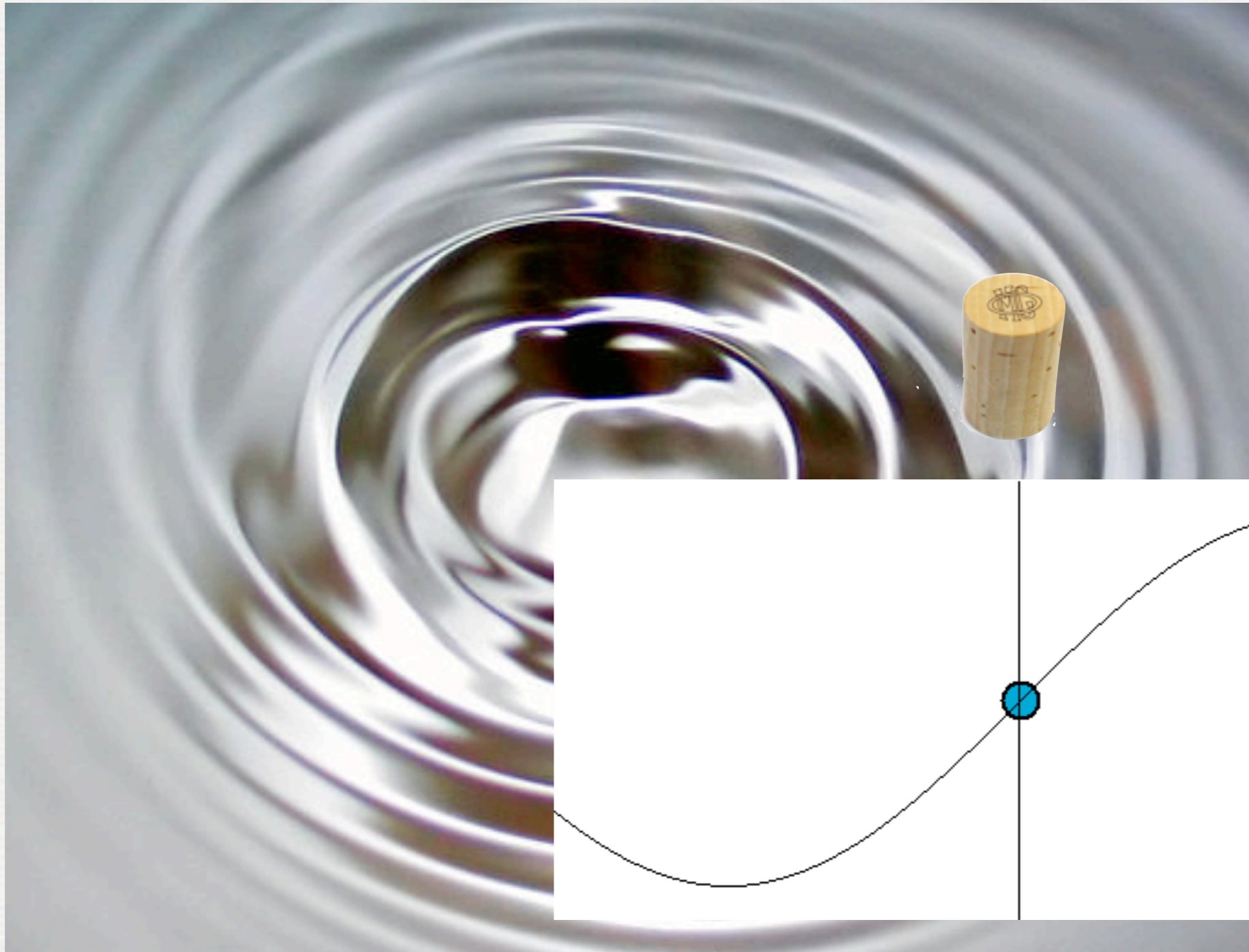
- Movimento duplamente periódico:
 - No **espaço**: comprimento de onda λ [m].
 - No **tempo**: período T [s]; ou frequência f [Hz].

$$f = 1/T$$

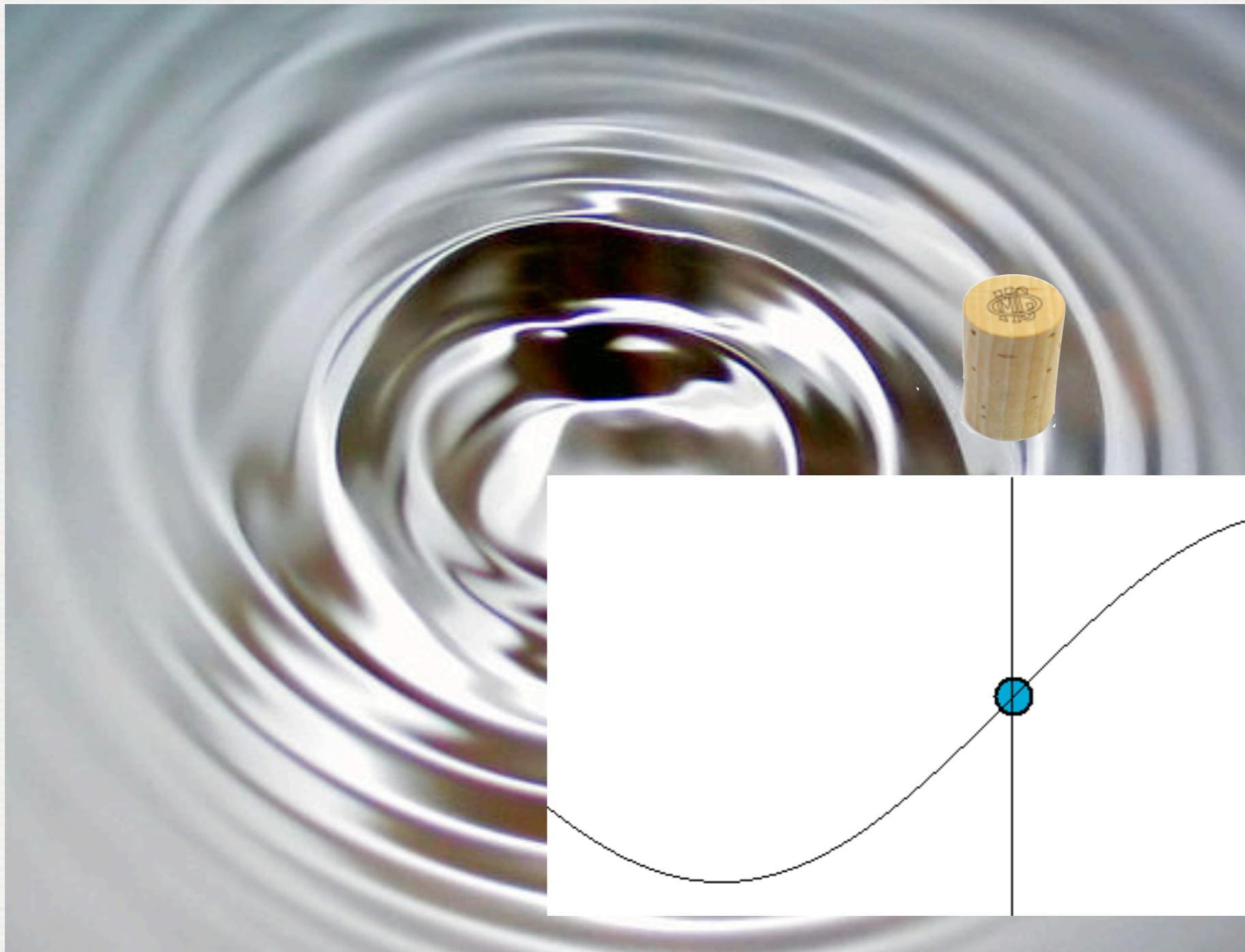
COMPRIMENTO DE ONDA — λ



PERÍODO — T



FREQUÊNCIA, CICLOS POR SEGUNDO



VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO

- Só depende do meio de propagação.
- Um comprimento de onda por período.
- $v = \lambda / T = \lambda \cdot f$



REFRAÇÃO

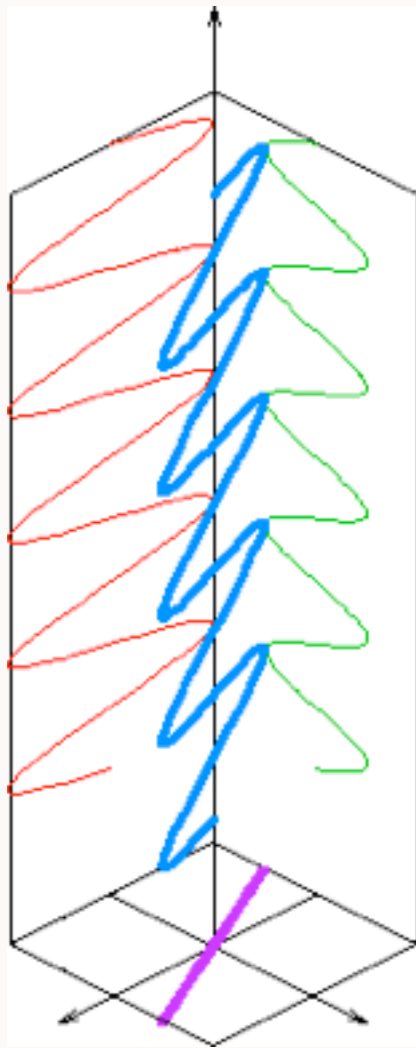
- Se o meio muda, v também muda em *valor* e em *direcção* ⇒ **refracção**.
- *Princípio de Fermat*: a luz escolhe o caminho *mais rápido* (que pode não ser o mais curto).
- Exemplos:
 - Som: mais sons à noite que de manhã; baleias e *sofar* (canal sonoro a 1 km de profundidade); extraterrestres em Roswell (canal a 16 km de altitude).
 - Luz: copo de água e palhinha; precessão de Mercúrio.

DE ONDE VEM A LUZ?

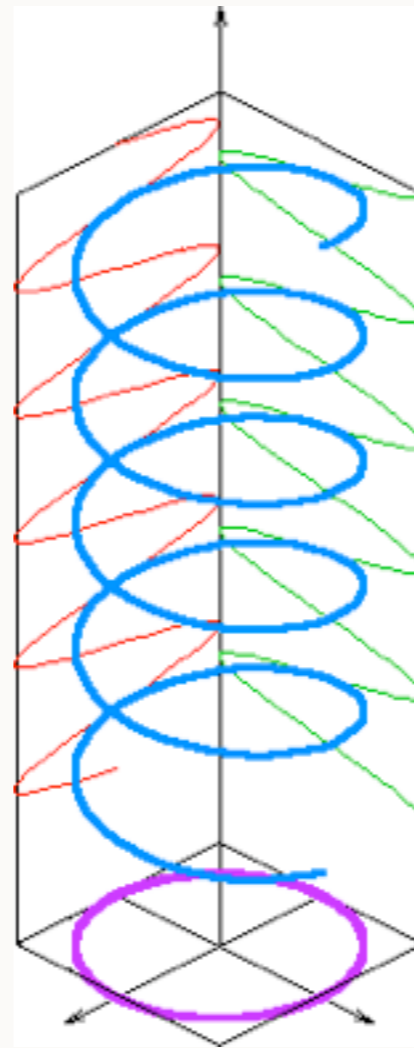
- Electrões absorvem e libertam energia:
 - Absorção de energia \Rightarrow orbitais mais distantes do núcleo.
 - Libertação de energia \Rightarrow orbitais mais próximas do núcleo.
- Átomos e moléculas absorvem e libertam energia.
- A energia libertada é sob a forma de **radiação electromagnética / fótons.**

POLARIZAÇÃO

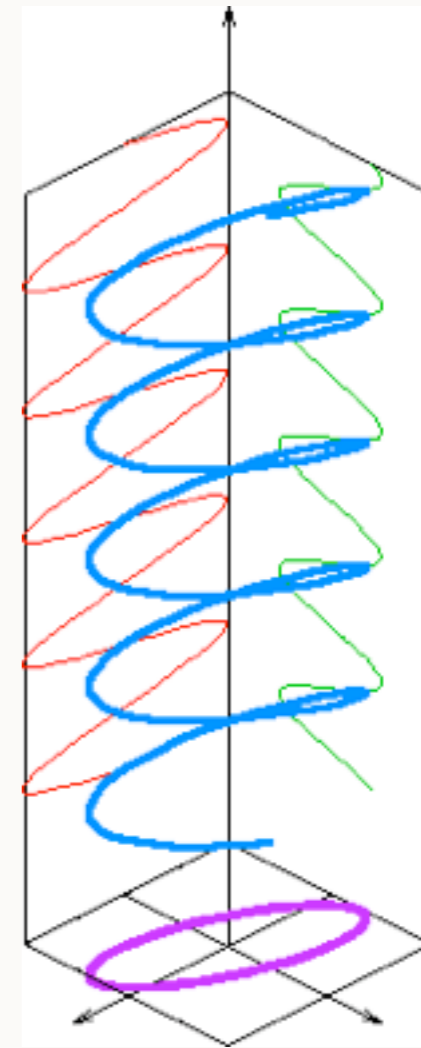
- Luz: “ondulação” do campo eléctrico e magnético de propagação no vácuo.
- Polarização: orientação relativa do plano de oscilação e de propagação.



Linear

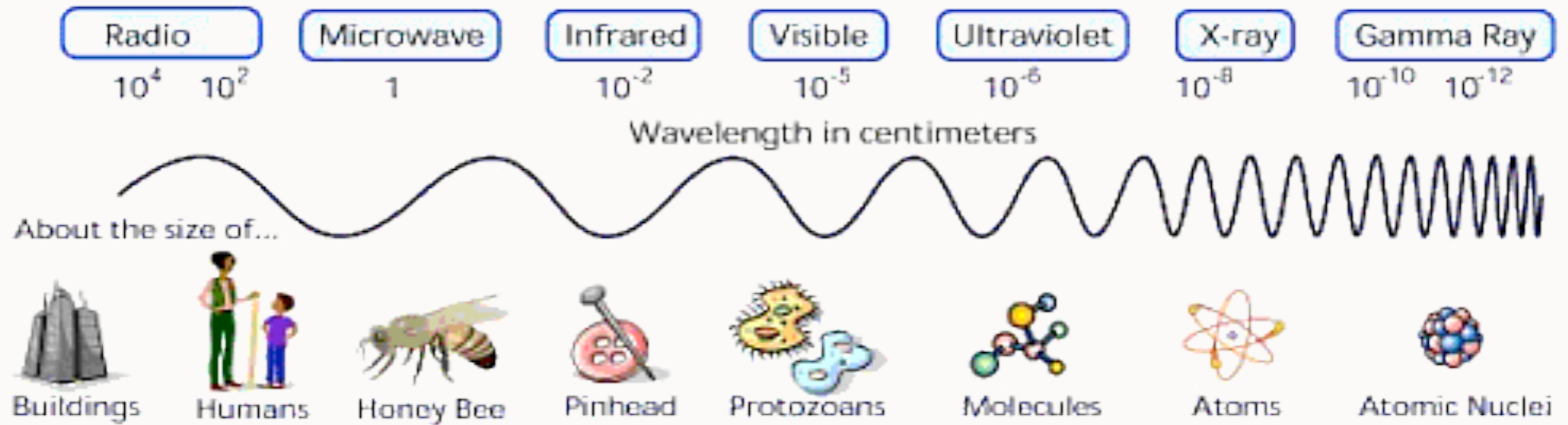


Circular

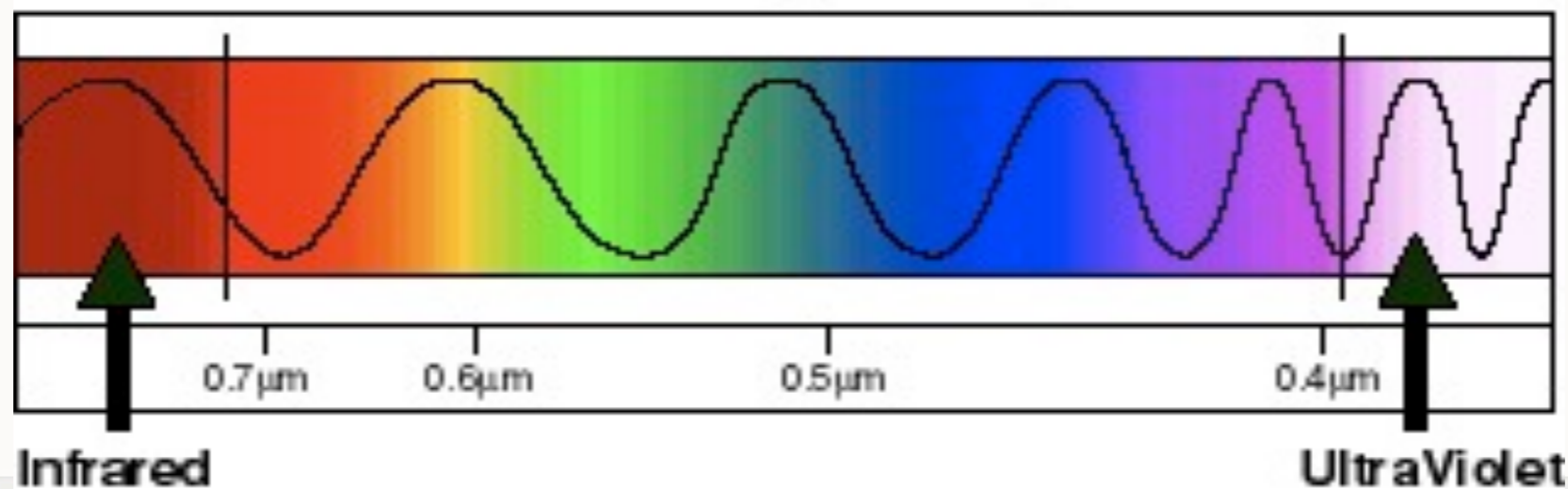


Elíptica

O ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Visible Light Region of the Electromagnetic Spectrum



ENERGIA DA RADIAÇÃO

- Velocidade de propagação no vácuo:

$$v = c = 300\,000 \text{ km/s} = 3 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

- A energia de cada fóton proporcional à frequência:

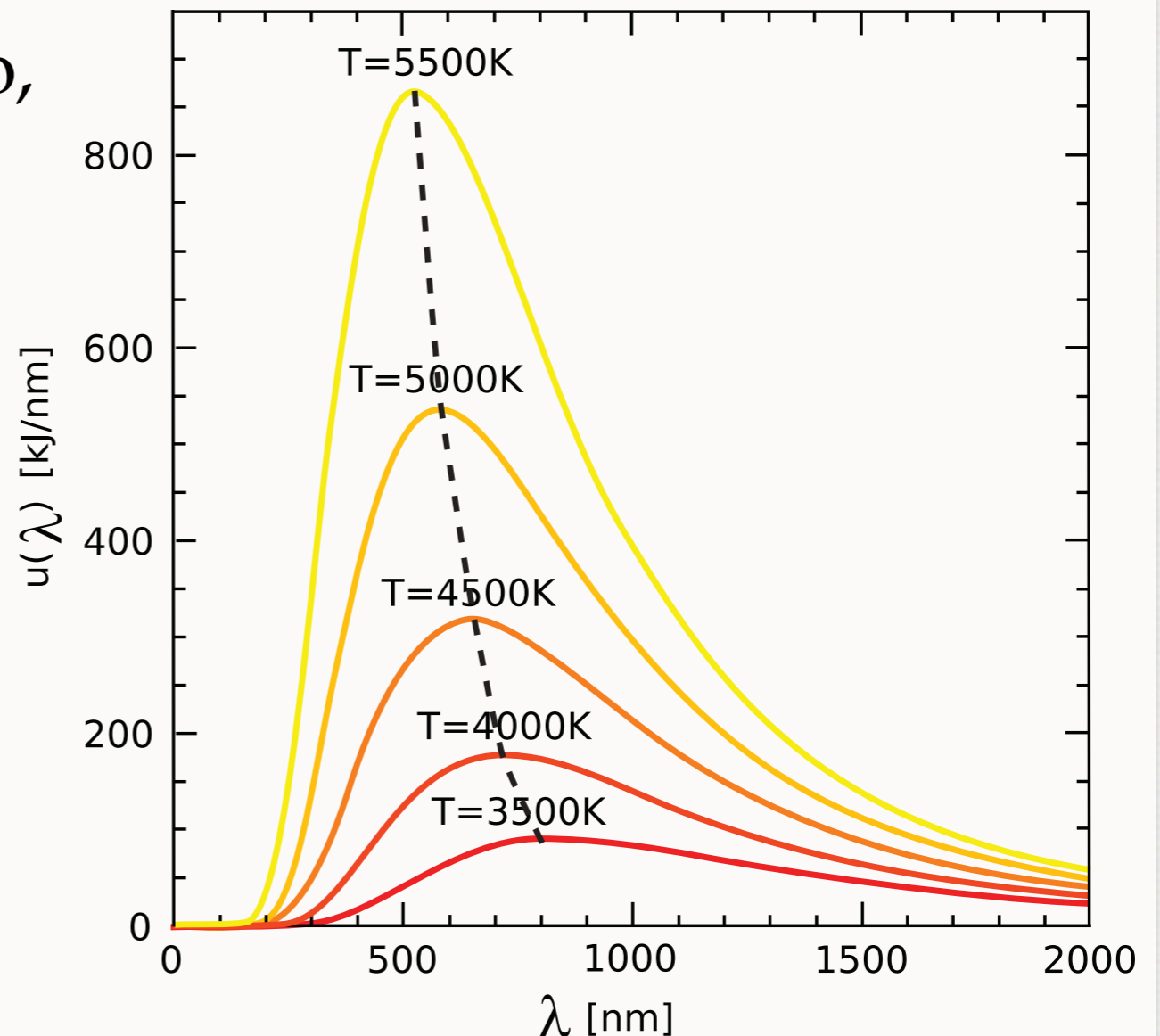
($h = \text{const. de Plank} = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

$$E = h \cdot f$$

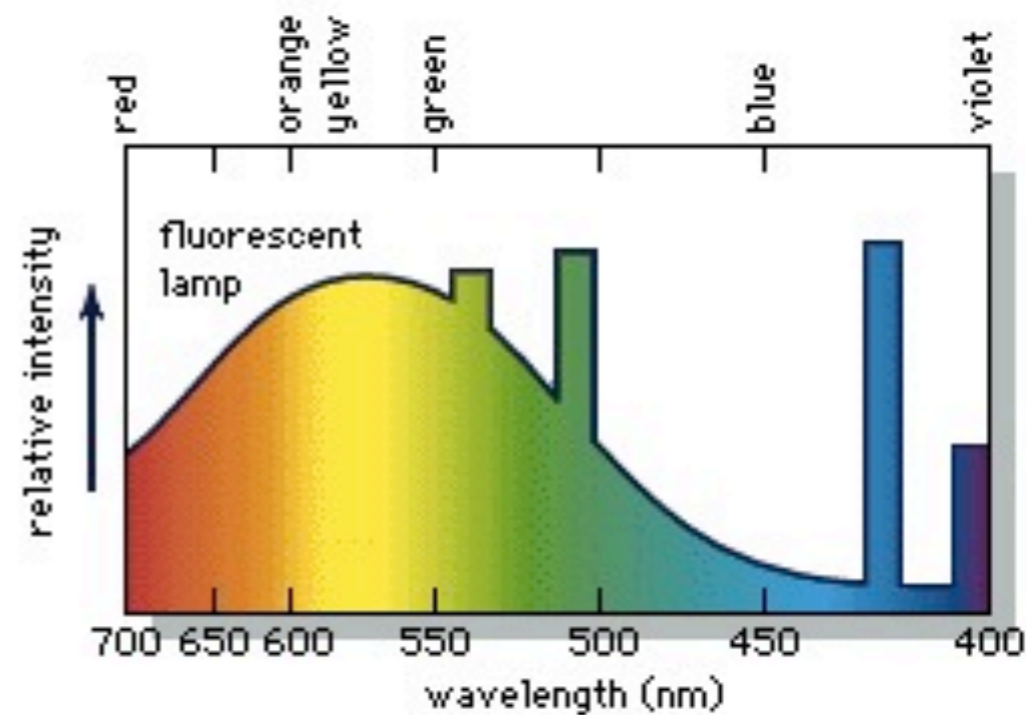
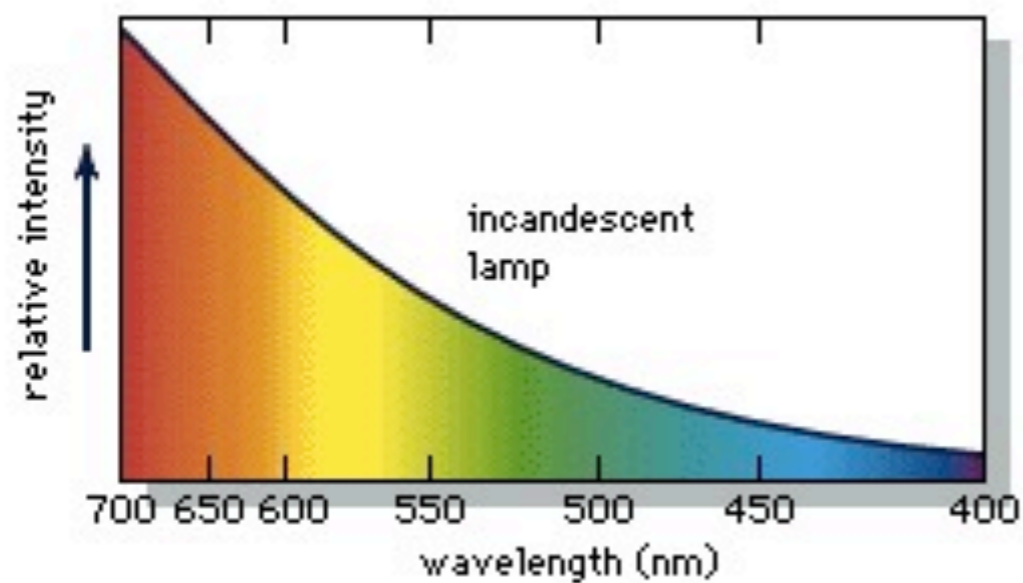
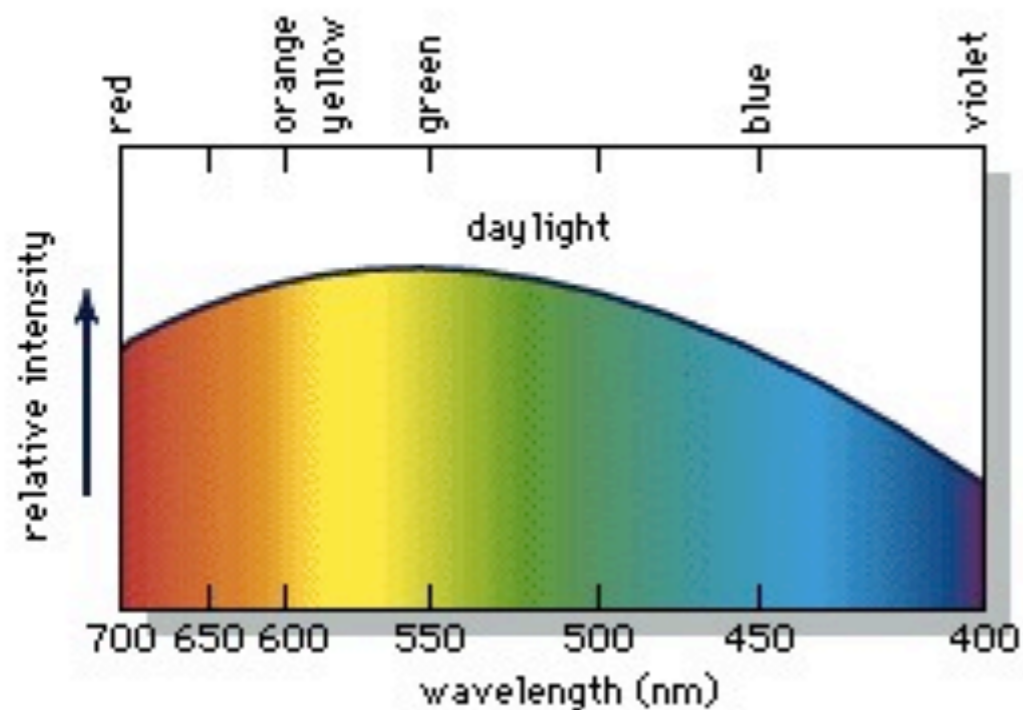
- Comp. de onda curto \Rightarrow freq. elevada \Rightarrow mais energia.
- Comp. de onda longo \Rightarrow freq. baixa \Rightarrow menos energia.

LEI DE WIEN

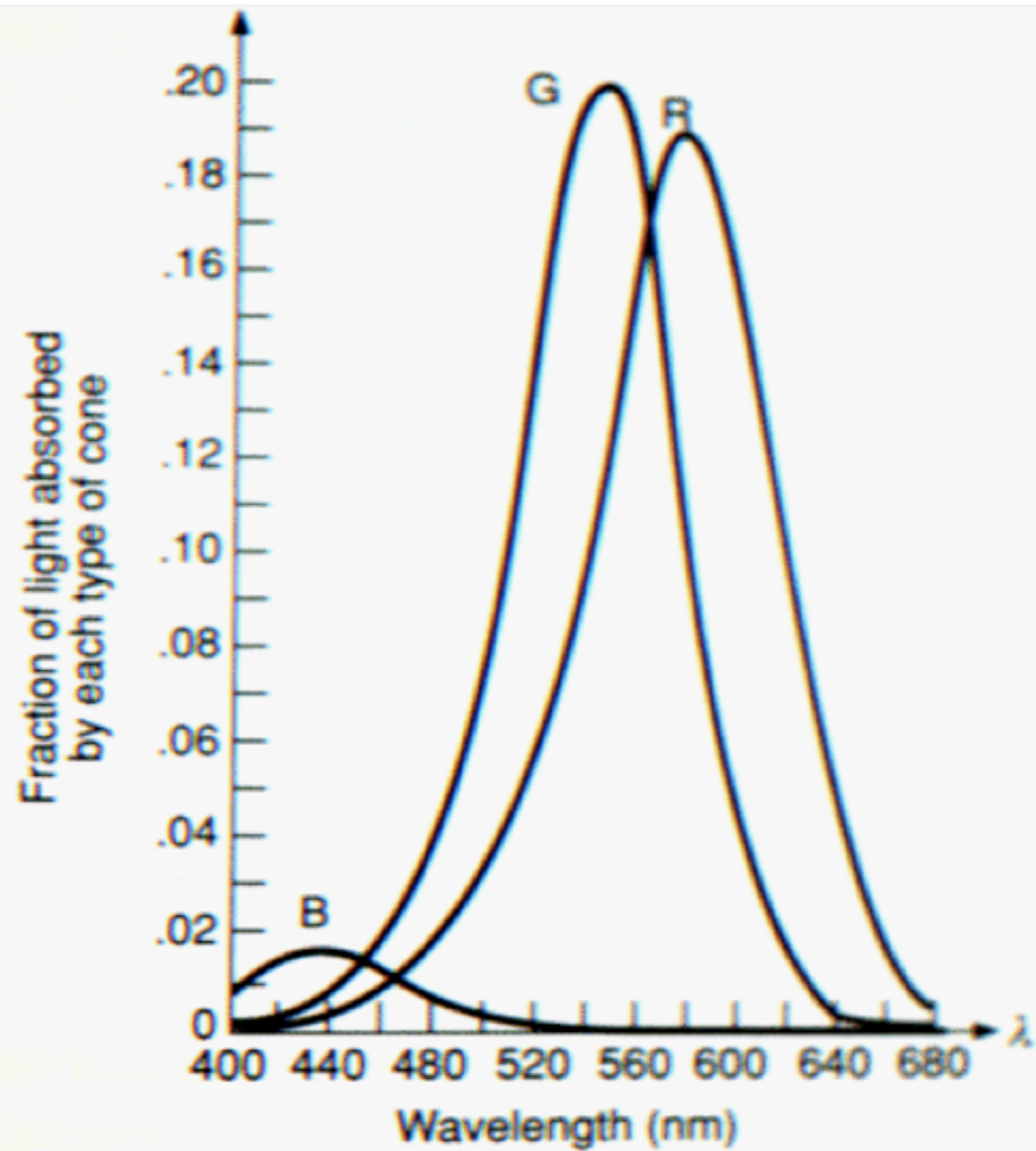
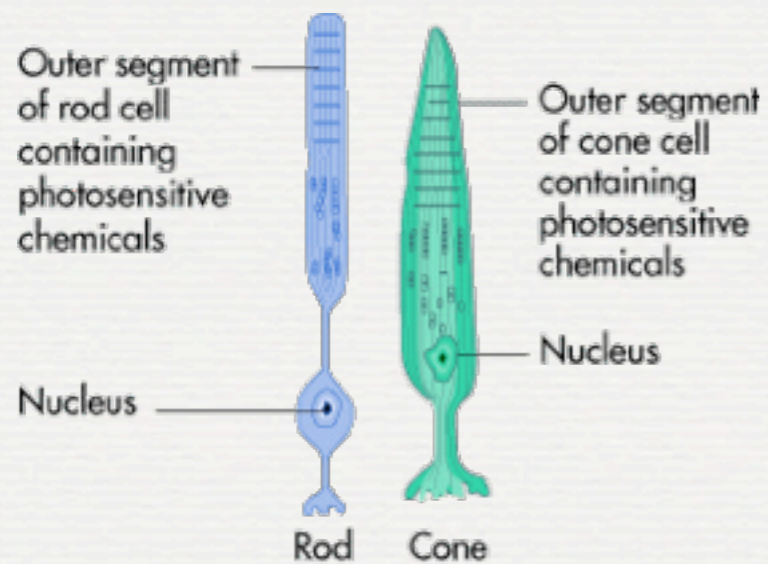
- Quando aqueço um corpo, ele começa a emitir radiação.
- Qual a relação entre temperatura e radiação?
- **Lei de Wien:**
 $\lambda_M \cdot T = \text{constante}$



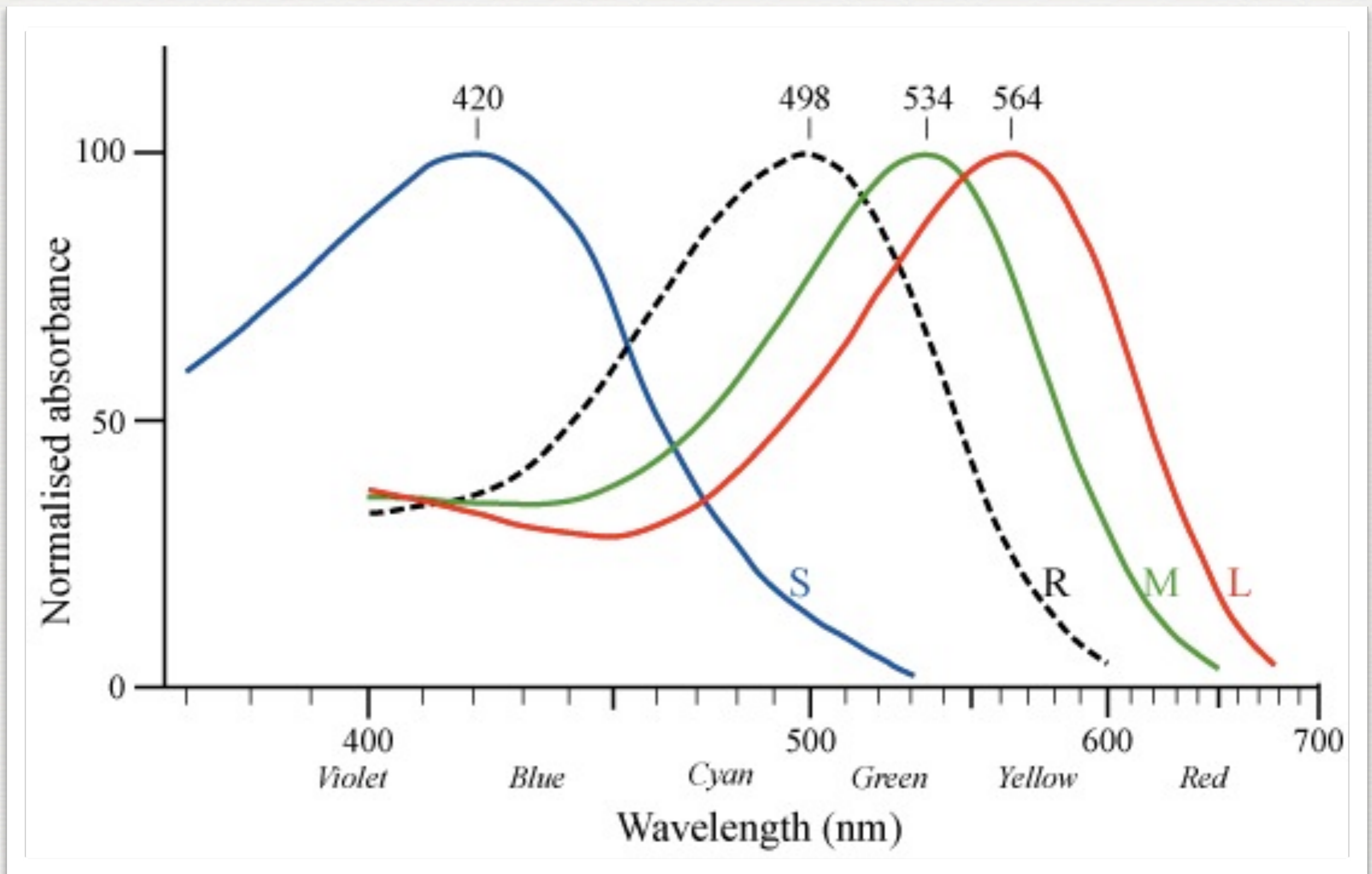
ESPECTRO DE EMISSÃO CONTÍNUO



SENSIBILIDADE DO OLHO HUMANO I



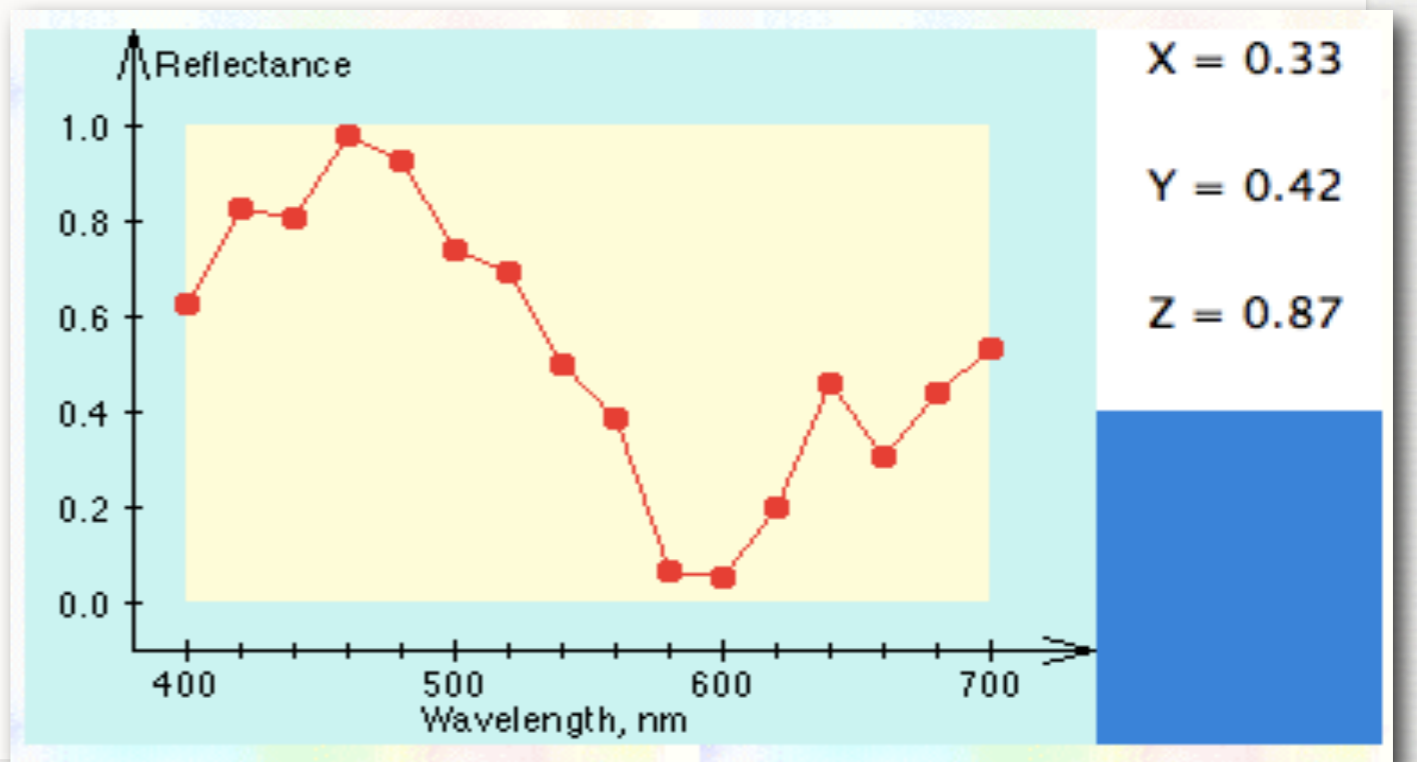
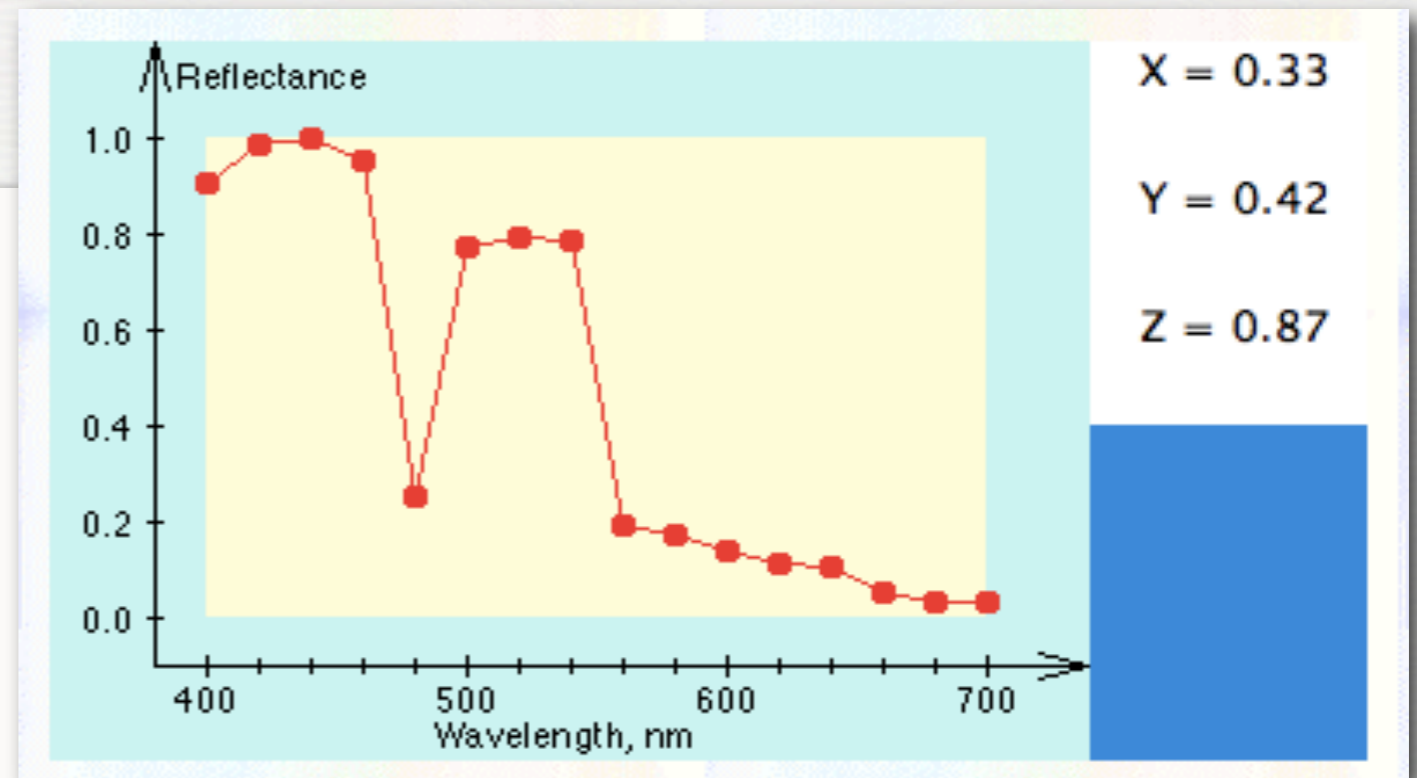
SENSIBILIDADE DO OLHO HUMANO II



METAMERISMO

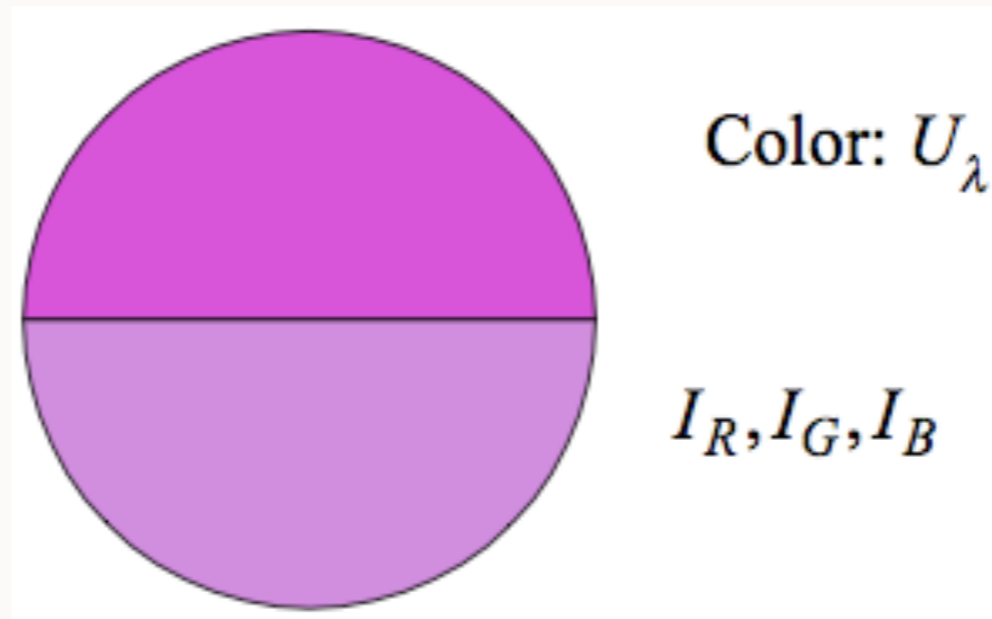
Dois espectros diferentes podem produzir a mesma sensação de cor.

R = 1
G = 132
B = 219



TRISTÍMULO

Qualquer sensação de cor pode ser reproduzida por 3 estímulos (por ex., por 3 cores monocromáticas).



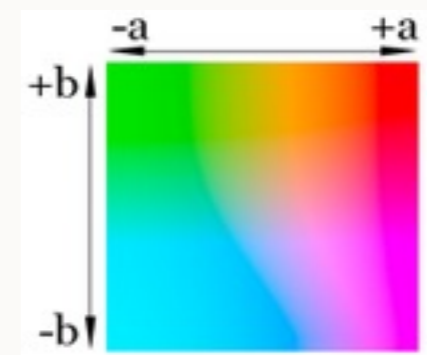
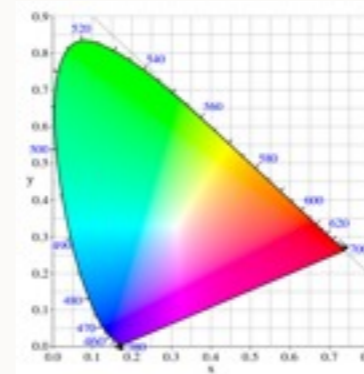
COMO QUANTIFICAR COR?

- Como posso reproduzir uma sensação de cor?
- Dado um espectro contínuo, descubro 3 estímulos que produzem uma cor metamérica.
- Assim, para cada sensação de cor, tenho 3 números que a reproduzem.
- Não é necessário ser 3 cores diferentes, apenas 3 *estímulos*.

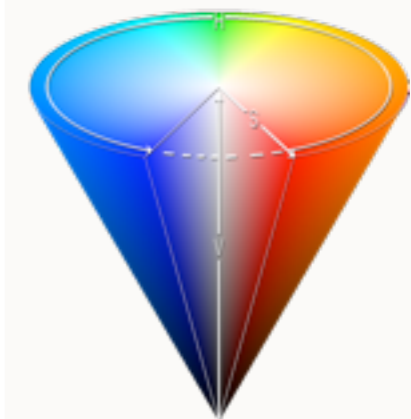
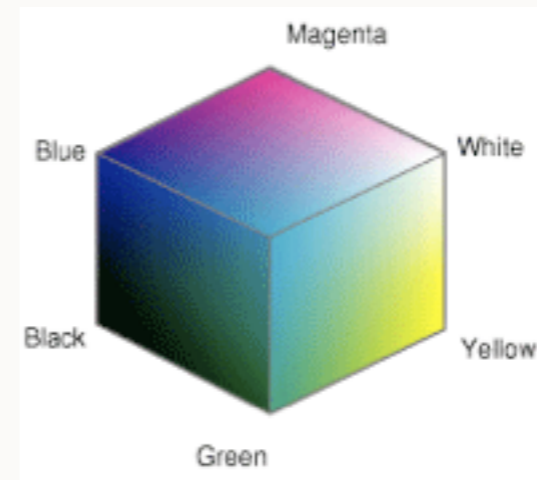
ESPAÇO DE COR

- É o espaço definido pelos 3 estímulos possíveis.
- Exemplos:

- Independente do aparelho:
CIE XYZ, CIE L*a*b*.

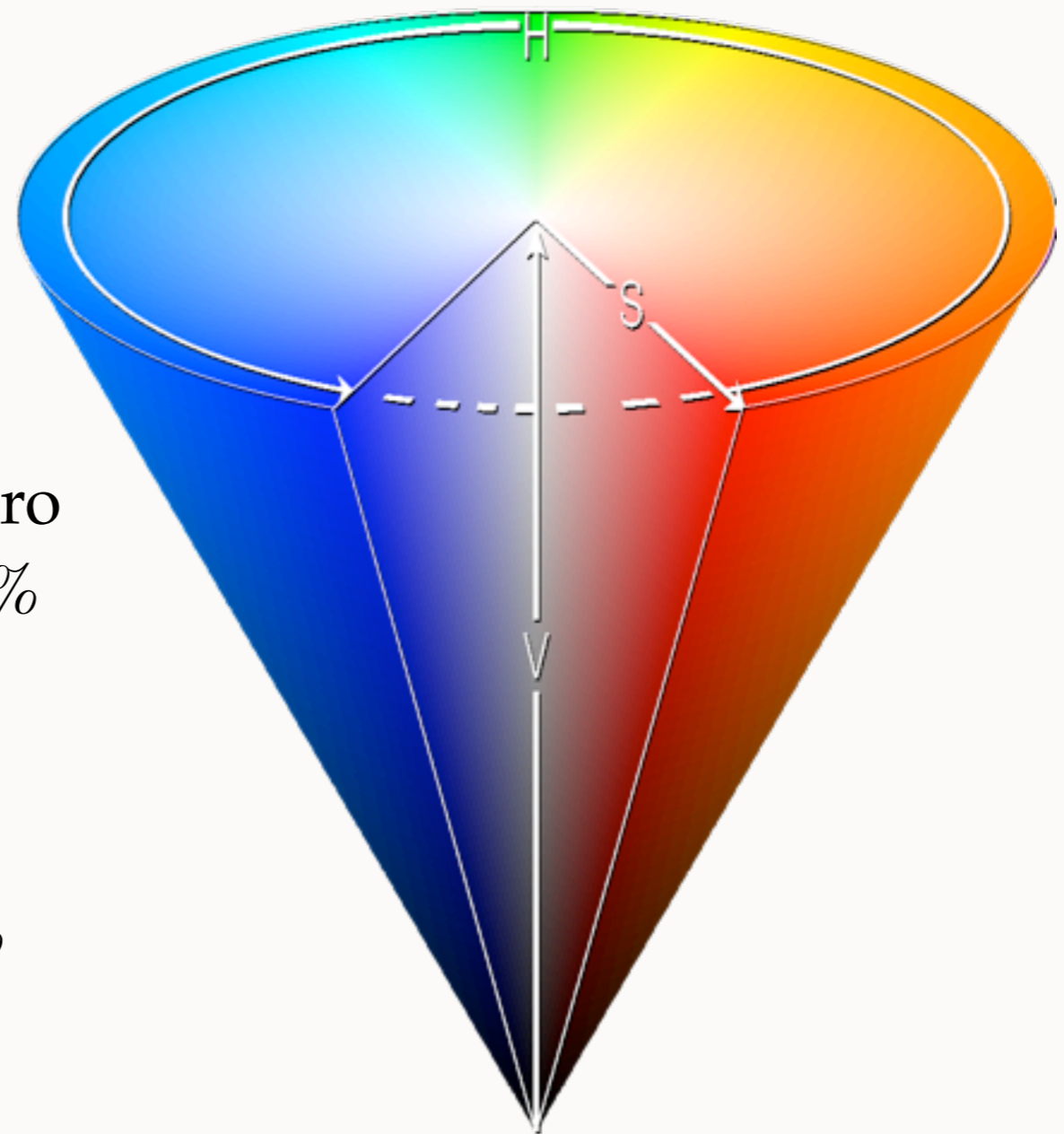


- Dependente do aparelho:
RGB, CMYK, HSV.



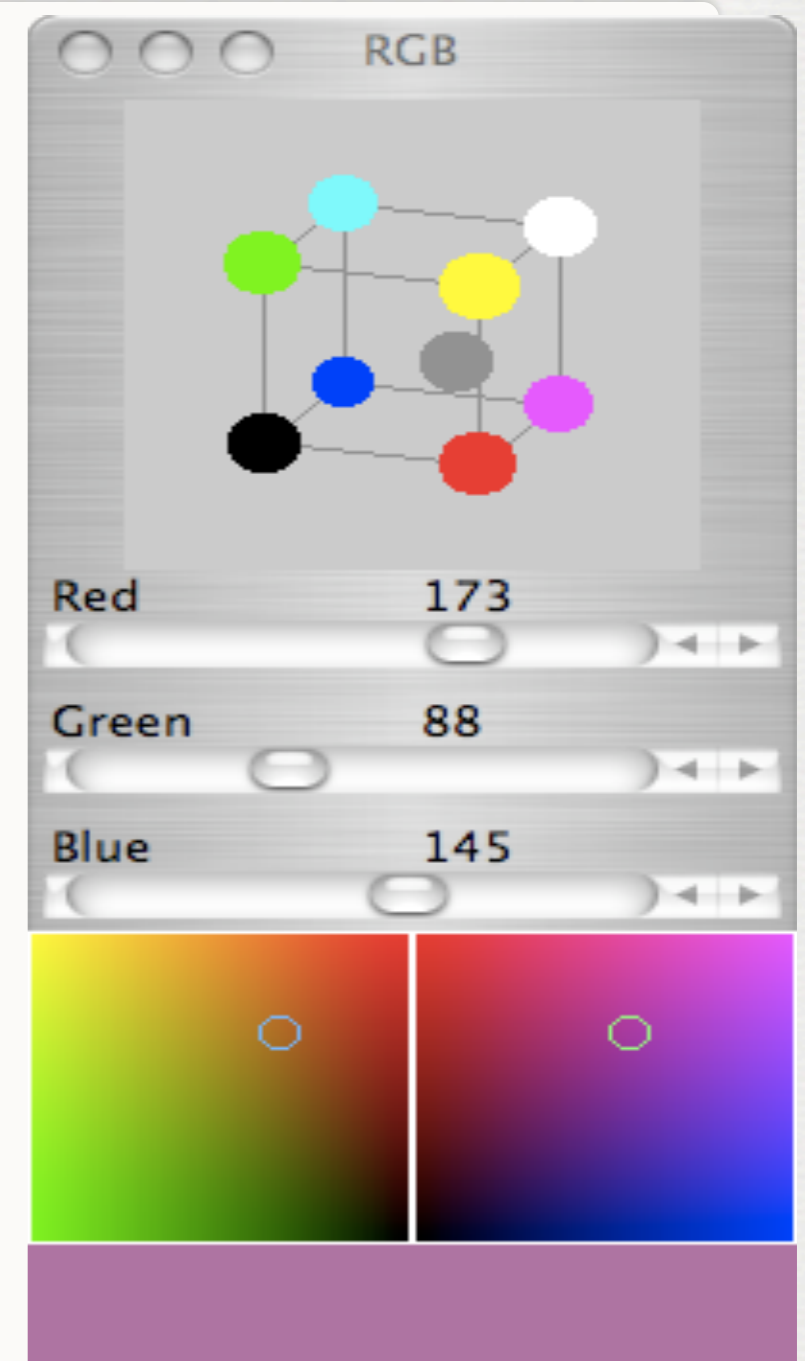
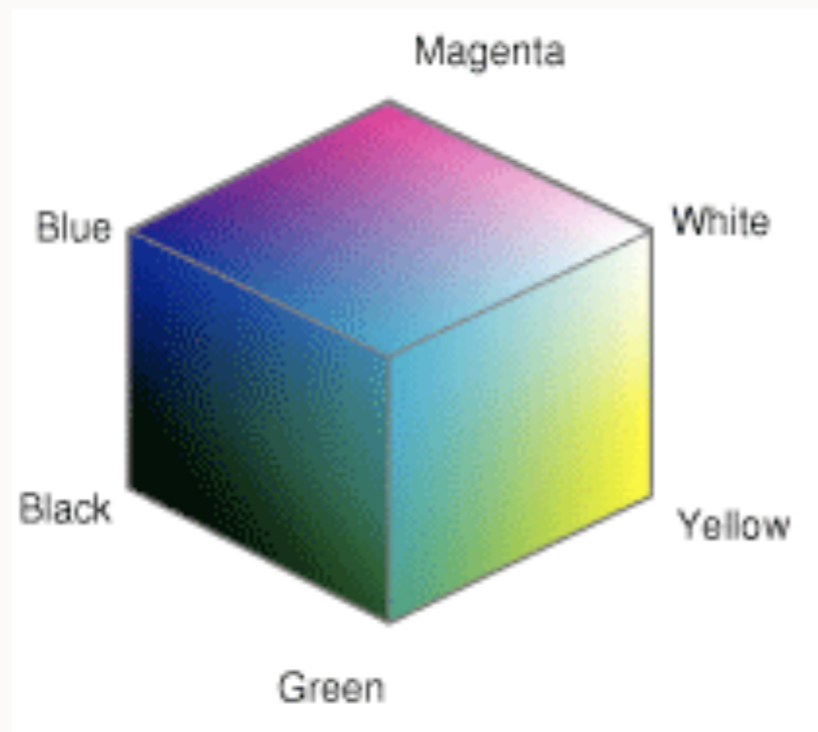
HSV

- Inspirado pela **pintura**.
 - **Hue** (tonalidade): entre 0° (vermelho) e 360° (violeta).
 - **Saturation**: distância ao centro neutro: de 0% (neutro) a 100% (saturado).
 - **Value**: distância ao vértice (preto): de 0% (preto) a 100% (intensidade máxima).

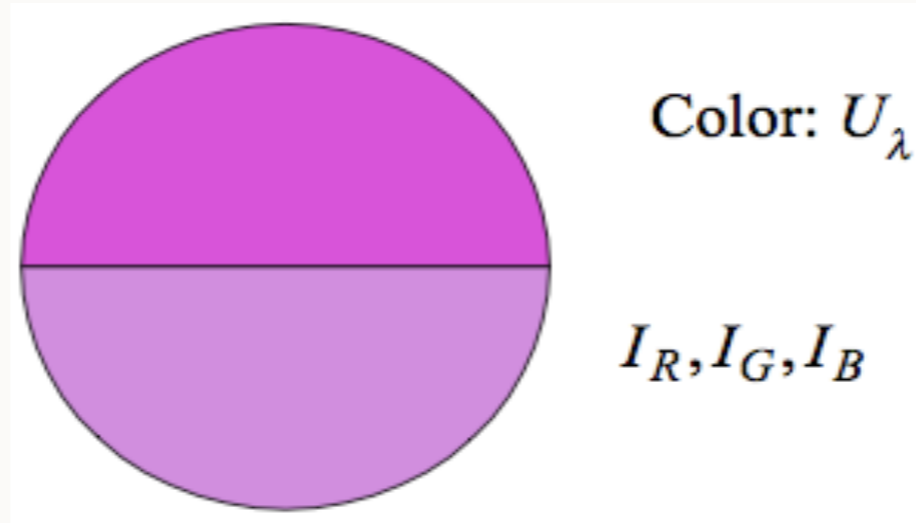


RGB E CMYK

- **RGB:** usado para **fontes** de luz (monitores, CCD, *scanners*).
- **CMY(K):** usado para superfícies **reflectoras** (impressão).
- Cada cor varia entre 0 e um valor máximo, por ex., 255 (8/24 bits) ou 65535 (16/48 bits) ou 100%.



CIE XYZ (1)



- Para cada comprimento de onda, o observador ajusta a intensidade de RGB – par metamérico.
- $\lambda_R = 645 \text{ nm}$, $\lambda_G = 526 \text{ nm}$, $\lambda_B = 444 \text{ nm}$
- A cor é então representada pelos I_R, I_G, I_B .
- Também se aplica para espectros contínuos.

CIE XYZ (4)

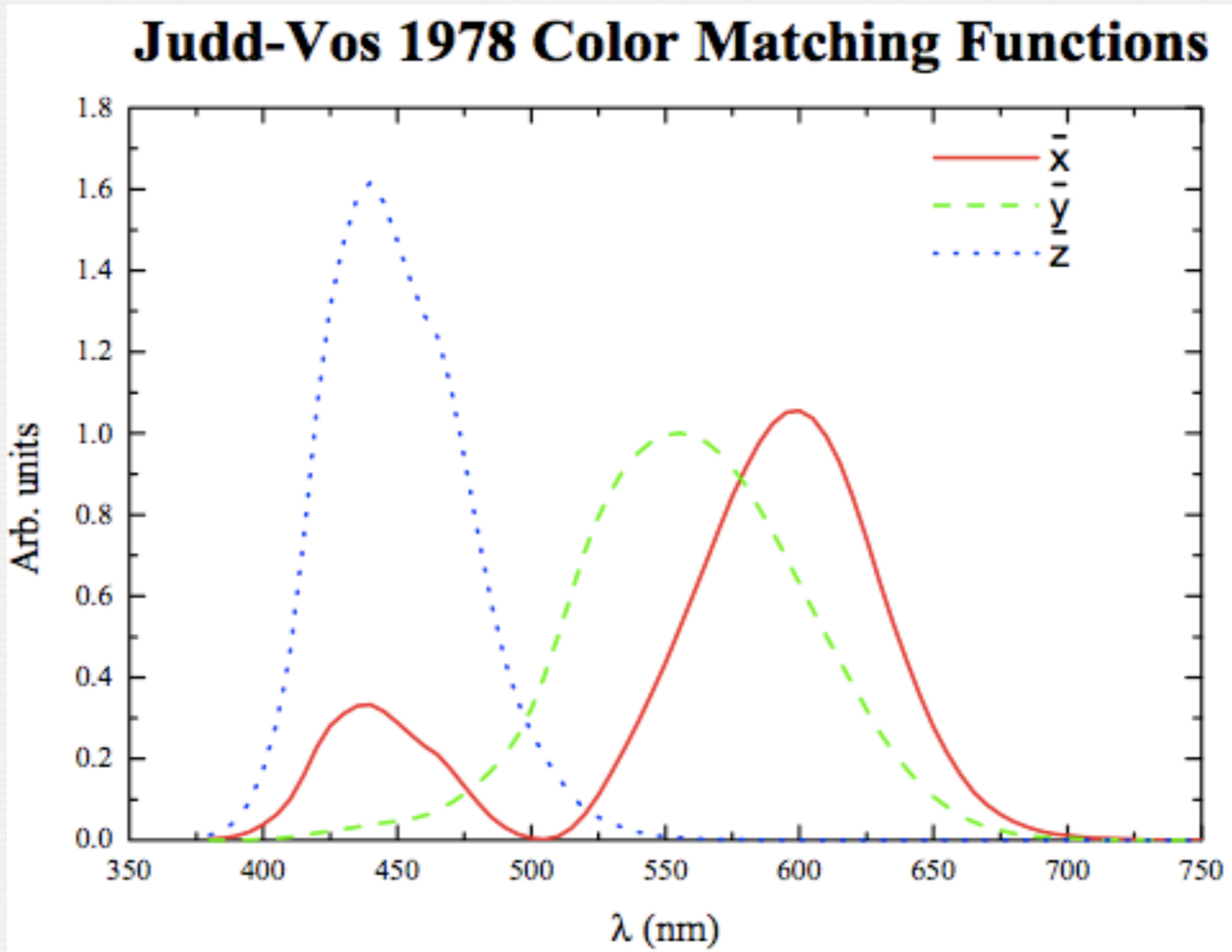


DIAGRAMA DE CROMACIDADE XY (1)

- De CIE XYZ.
- 2D: cor e saturação na intensidade máxima.

$$\text{■ } x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$\text{■ } y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

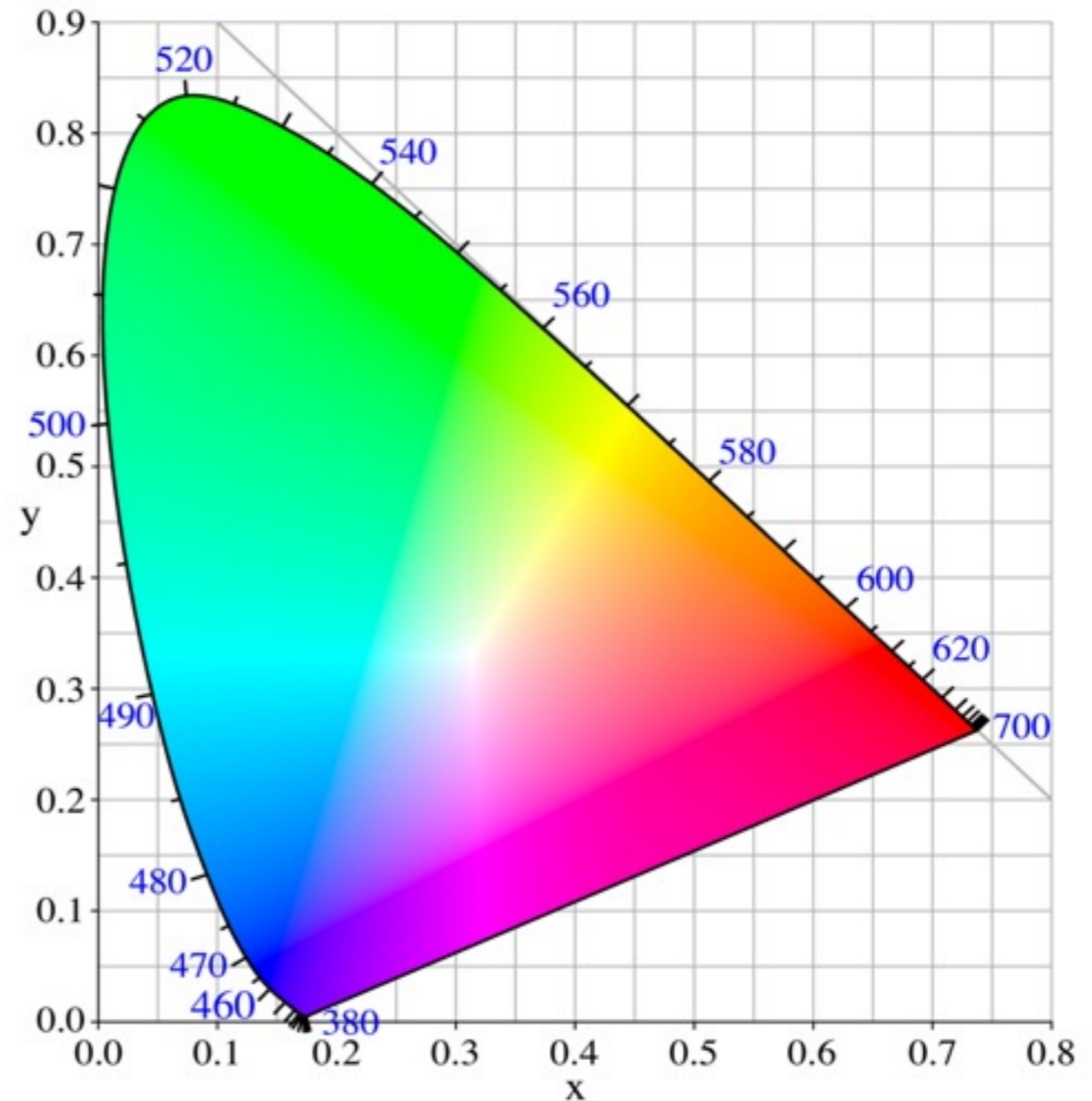


DIAGRAMA DE CROMACIDADE XY (2)

- Gamute completo da visão humana.
- Linha em ferradura são as cores monocromáticas.
- A recta é a linha do magenta.
- O centro é a luz branca.

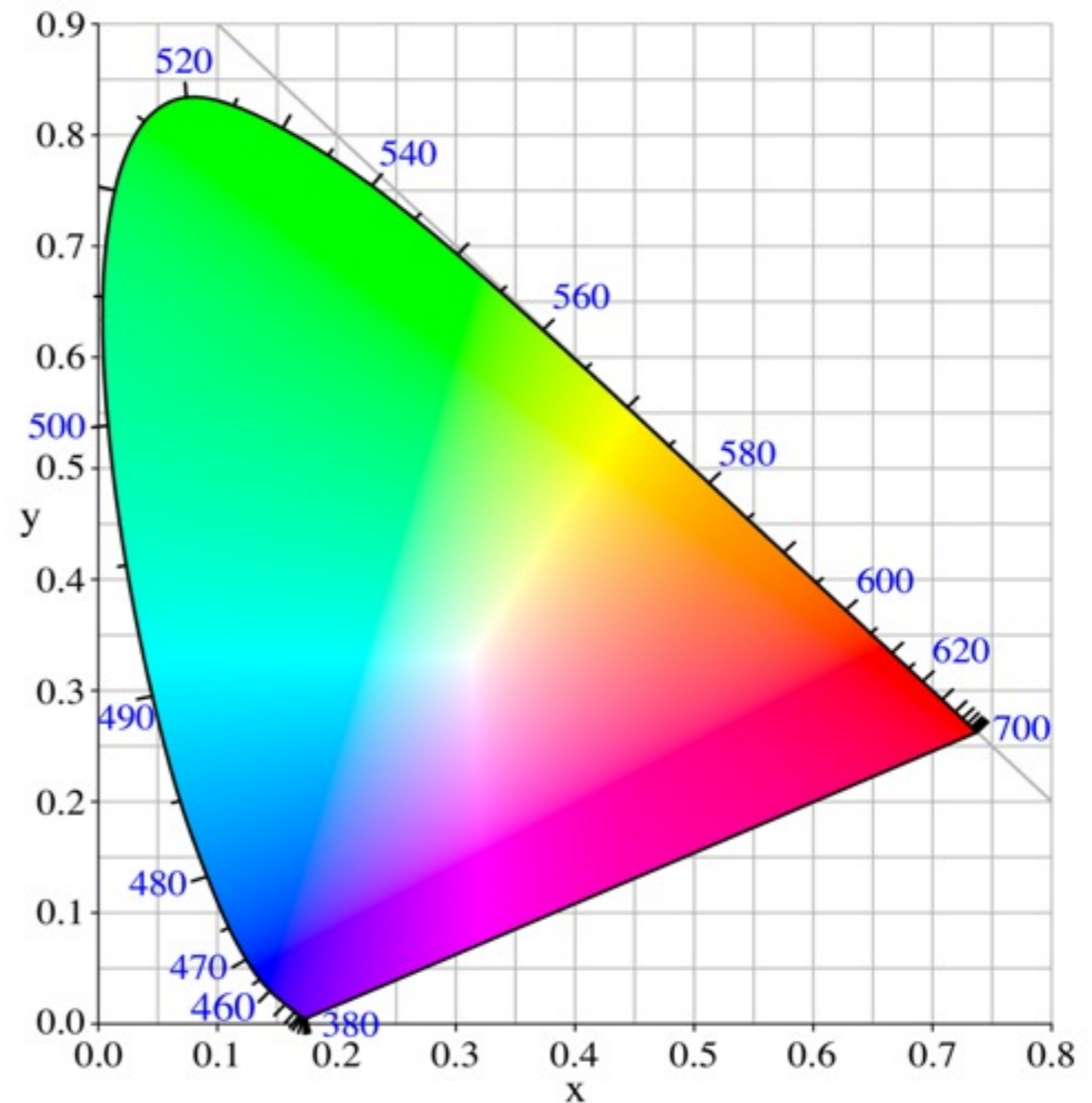


DIAGRAMA DE CROMACIDADE XY (3)

- A recta que une dois pontos passa por todas as cores possíveis de fazer com essas duas cores.
- Se a recta passa pelo branco, as cores são **complementares**: a soma pode dar branco.

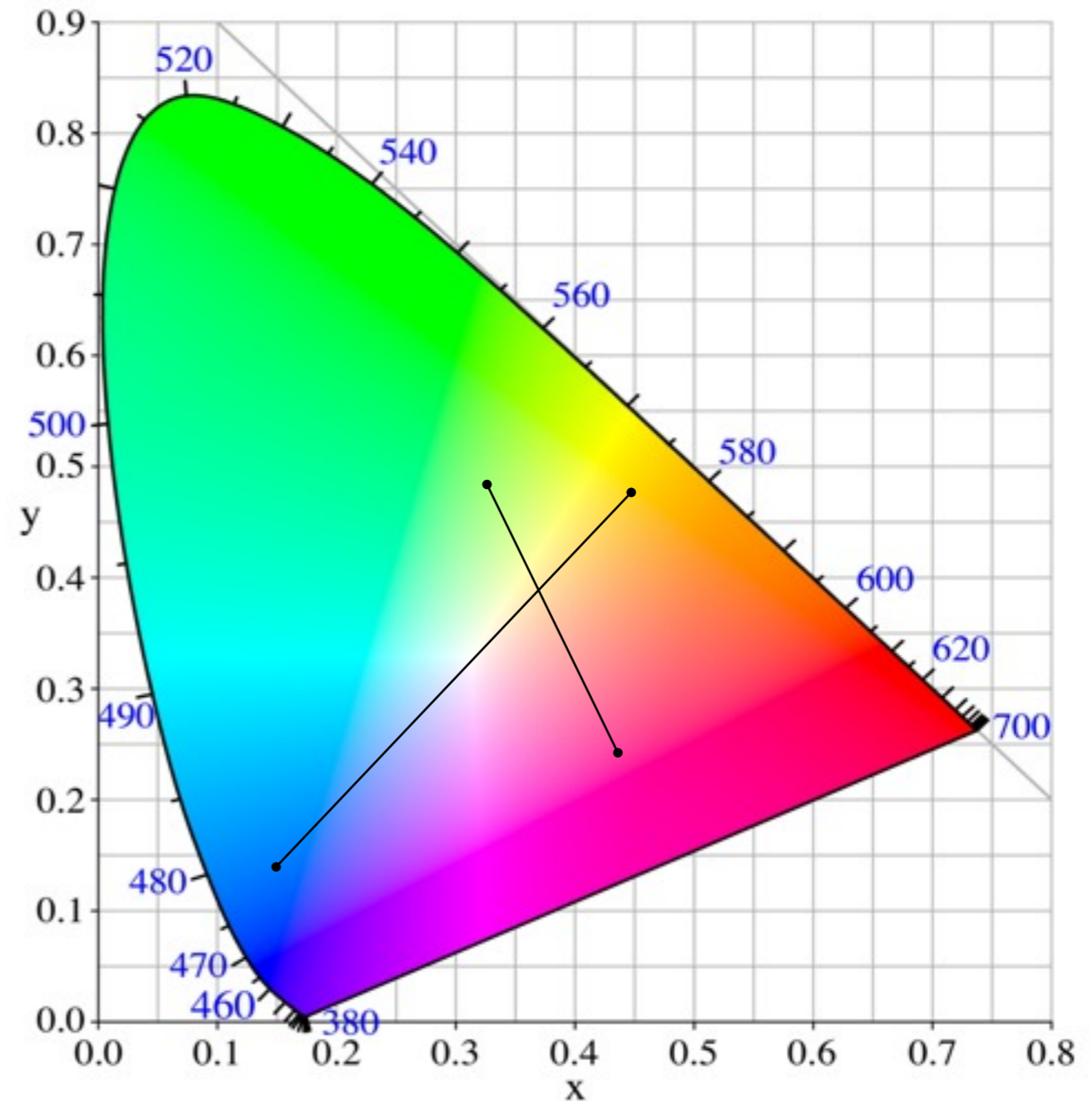
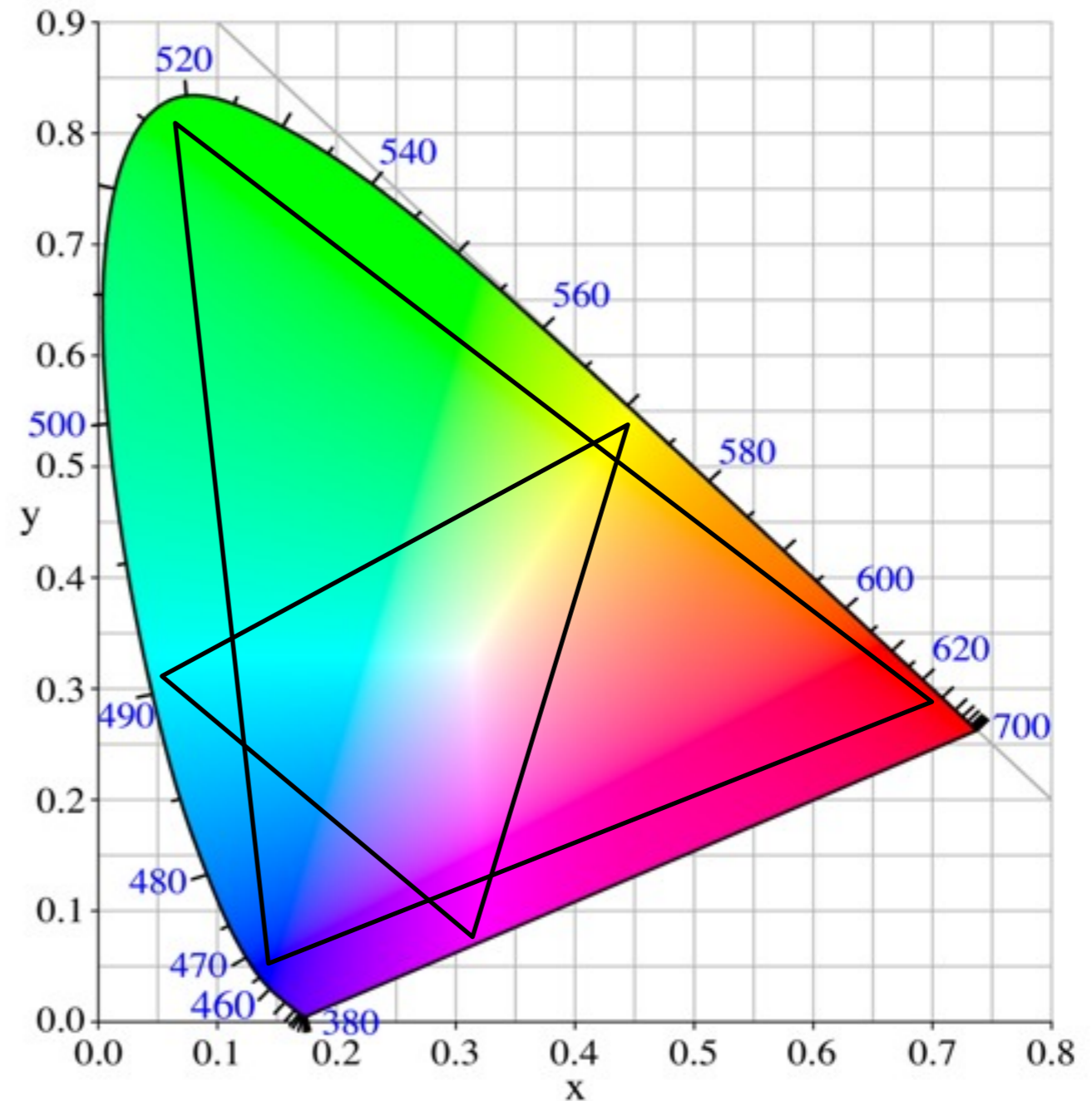


DIAGRAMA DE CROMACIDADE XY (4)

- Um triângulo (três pontos) nunca cobre todo o gamute.
- Logo, qualquer espaço RGB ou CMYK **não tem todo o gamute.**



CIE L* A* B*

- Duas cores podem estar próximas no CIE XYZ mas serem muito diferentes (ver diagrama de cromacidade).
- L*a*b* compensa essa limitação (e outras, por ex., é 3D).
- **L*** – **luminosidade**: 0=preto, 100=branco.
- **a*** – **entre verde e magenta**: $a^* < 0$ é verde, $a^* > 0$ é magenta.
- **b*** – **entre azul e amarelo**: $b^* < 0$ é azul, $b^* > 0$ é amarelo.

