



Computação Gráfica

UFRR – Departamento de Ciência da Computação
Computação Gráfica – Prof. Dr. Luciano F. Silva

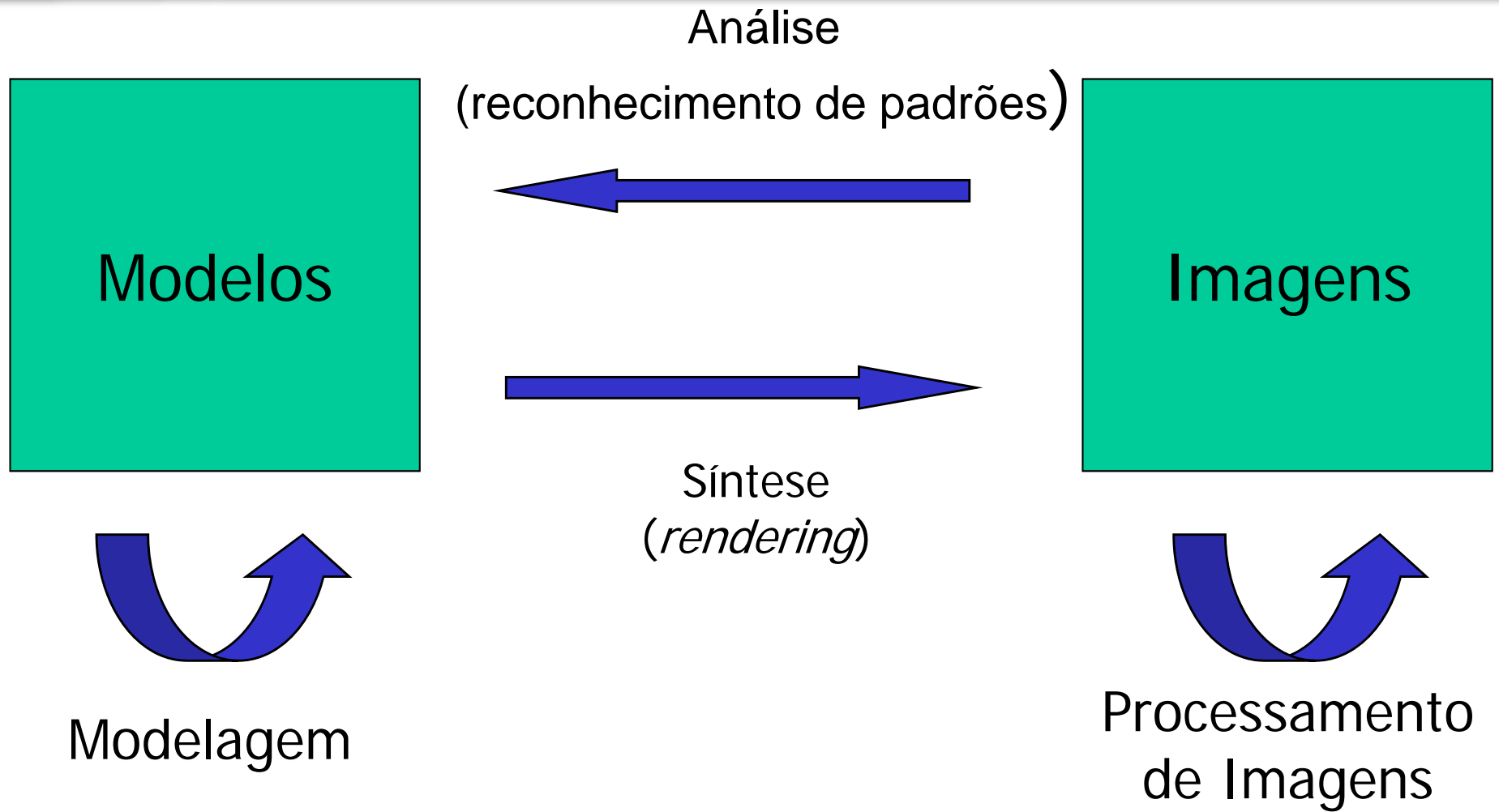
Sistemas de Cores

Professor: Luciano Ferreira Silva, Dr.

Aula 3



Computação Gráfica



- **Foco Principal: Imagens!**



Imagem

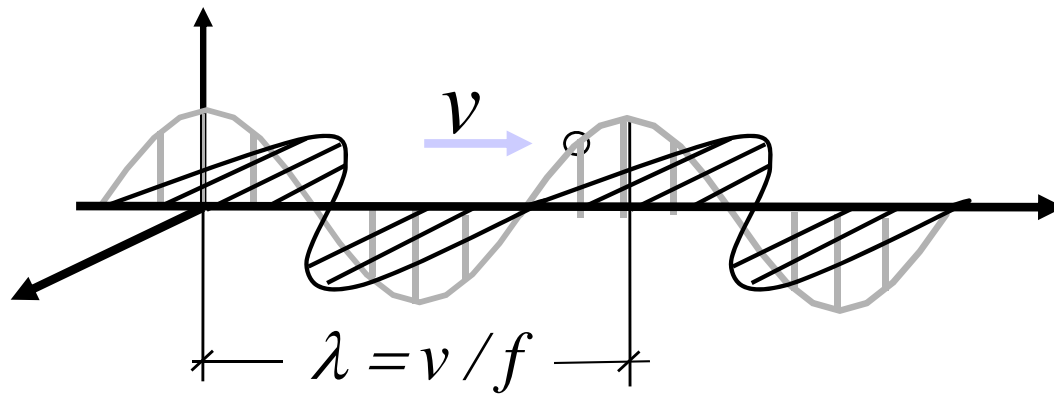
- De um modo intuitivo uma imagem fica determinada pela variação da cor nos diversos pontos de sua superfície;
- A cor é produzida por uma radiação eletromagnética cujo comprimento de onda está na faixa visível no espectro (entre 380 e 780 nanômetros)



Física da cor

Natureza dual da luz

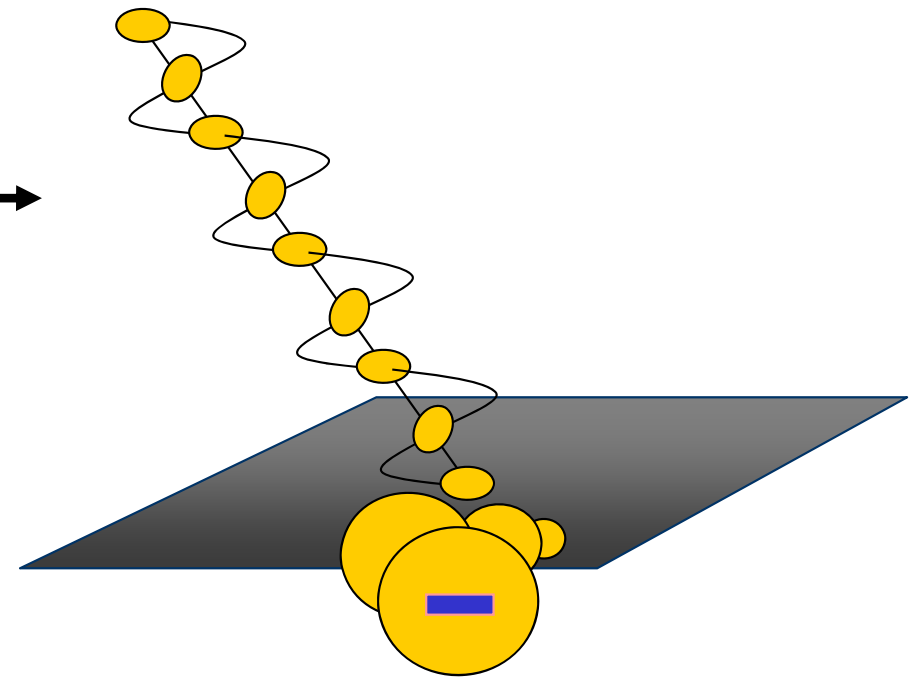
ONDA



$$c = \lambda f$$

c = Velocidade da Luz $\cong 3.0 \times 10^8$ m/s

PARTÍCULA

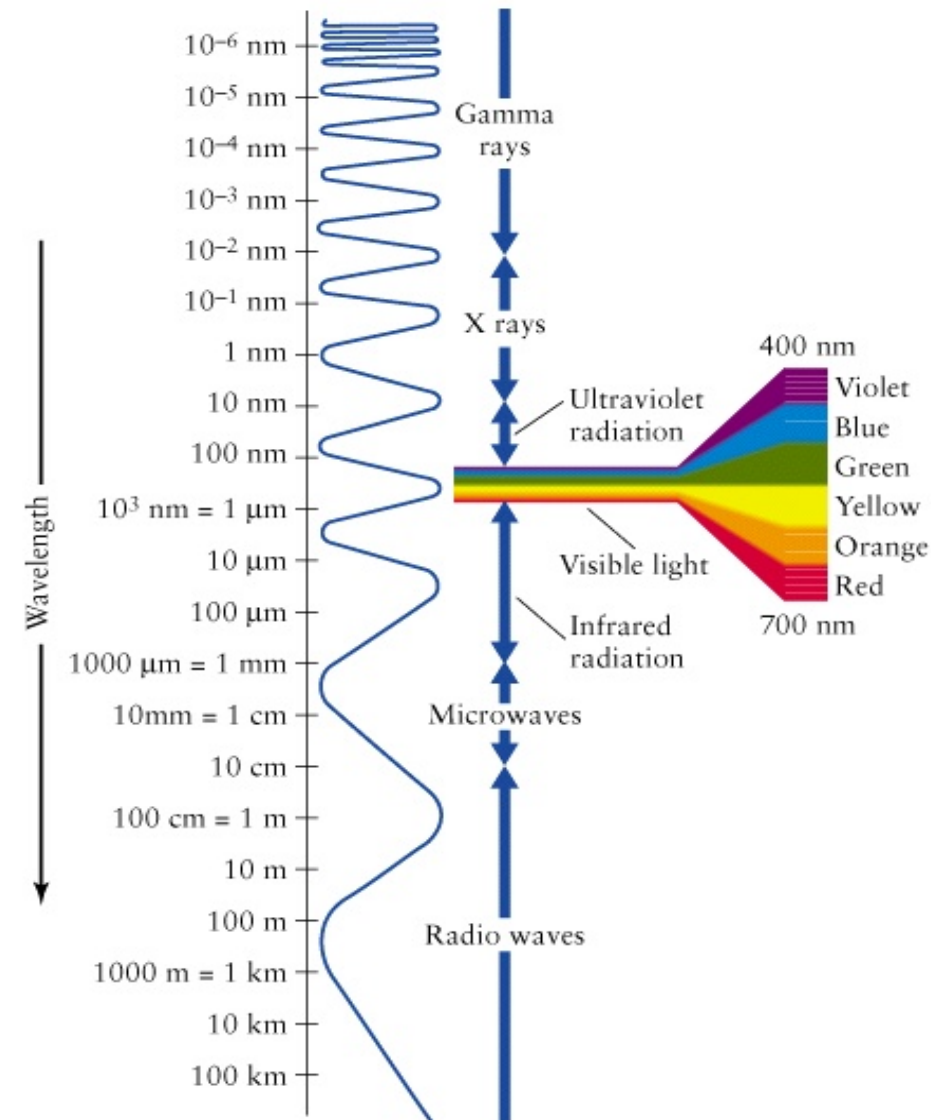




Física da cor

- Do ponto de vista perceptual, os diferentes comprimentos de onda estão associados a diferentes cores.

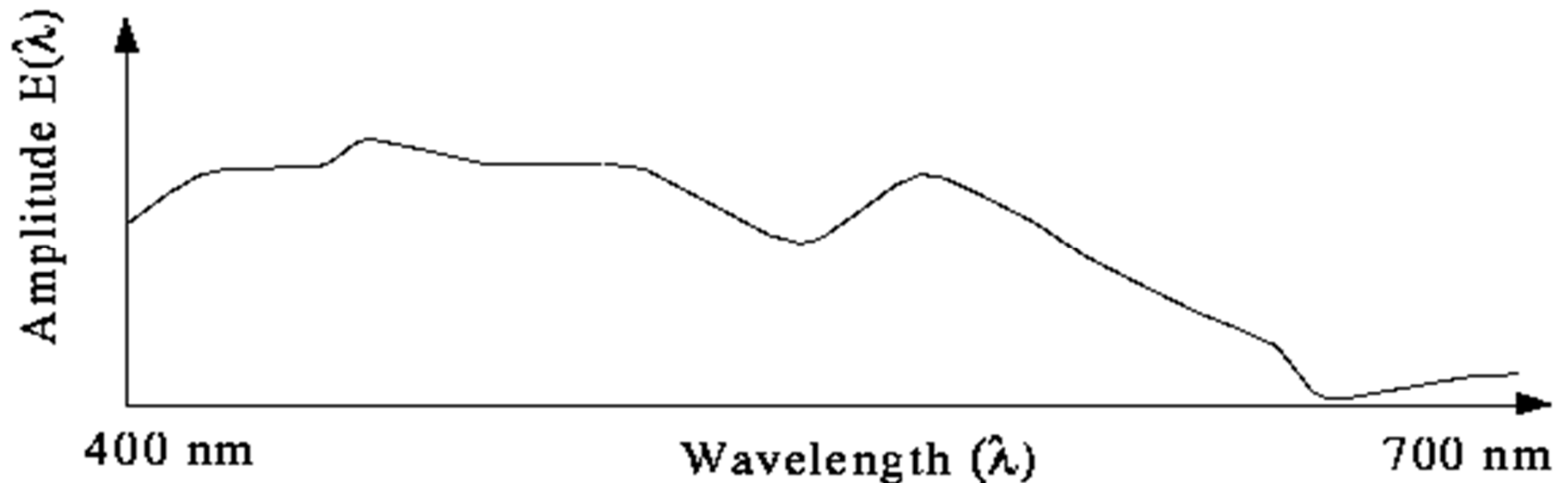
- ✓ Violeta: 380 – 440 nm
- ✓ Azul: 440 – 490 nm
- ✓ Verde: 490 – 565 nm
- ✓ Amarelo: 565 -590 nm
- ✓ Laranja: 590 – 630 nm
- ✓ Vermelho: 630 – 780 nm





Modelo de representação da cor

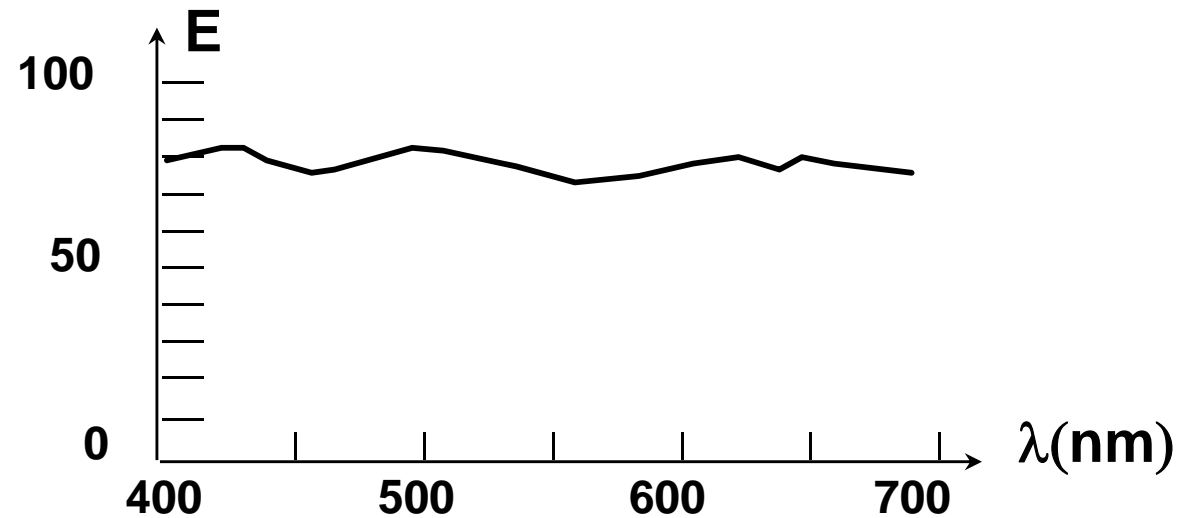
- O modelo espacial do sinal de cor associa cada comprimento de onda a uma medida de energia radiante: distribuição espectral.



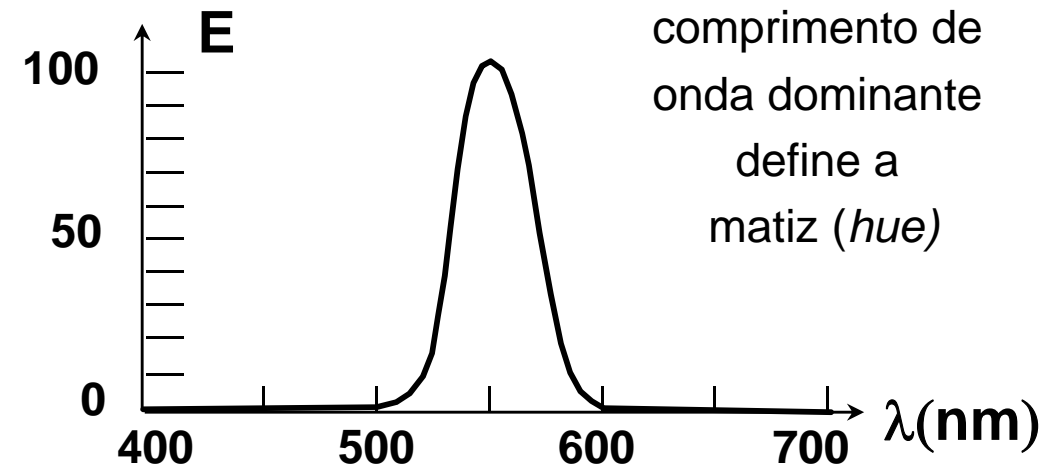


Fontes de luz

■ Luz branca

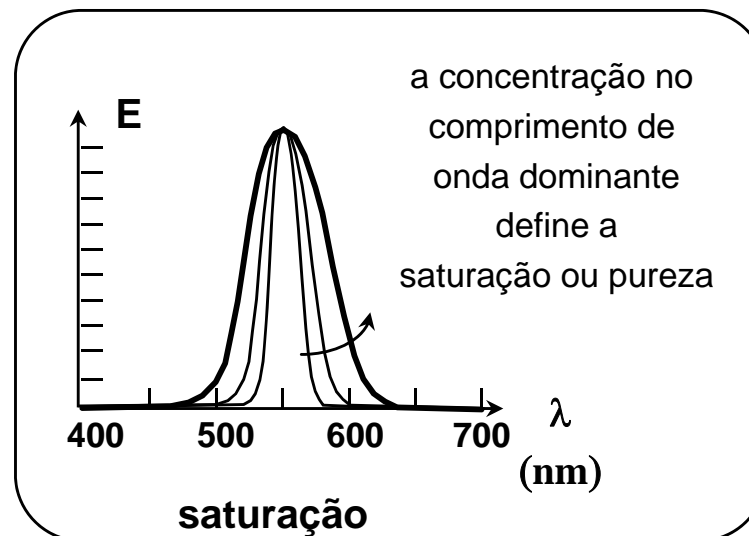
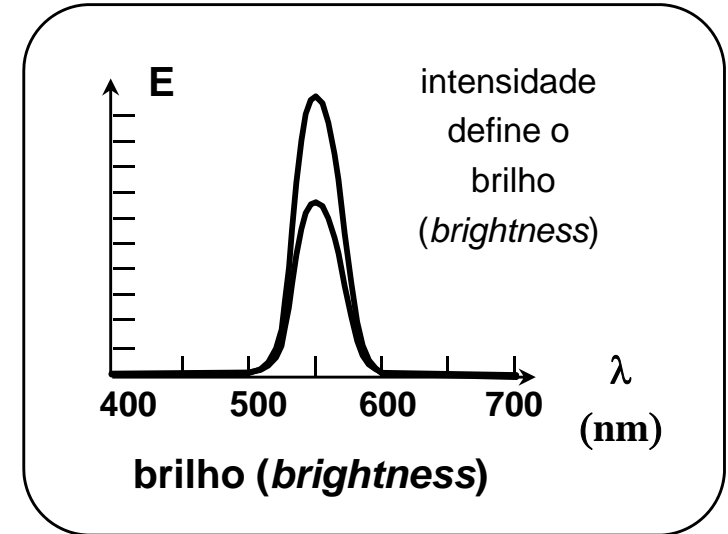
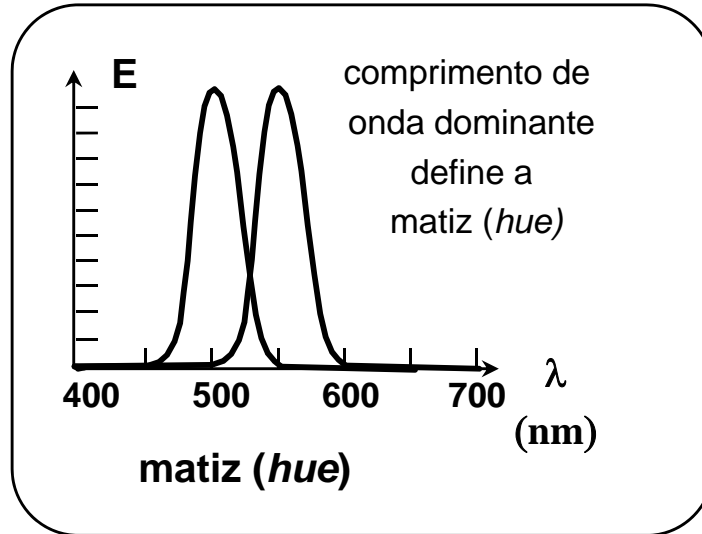


■ Luz colorida





Fontes de luz





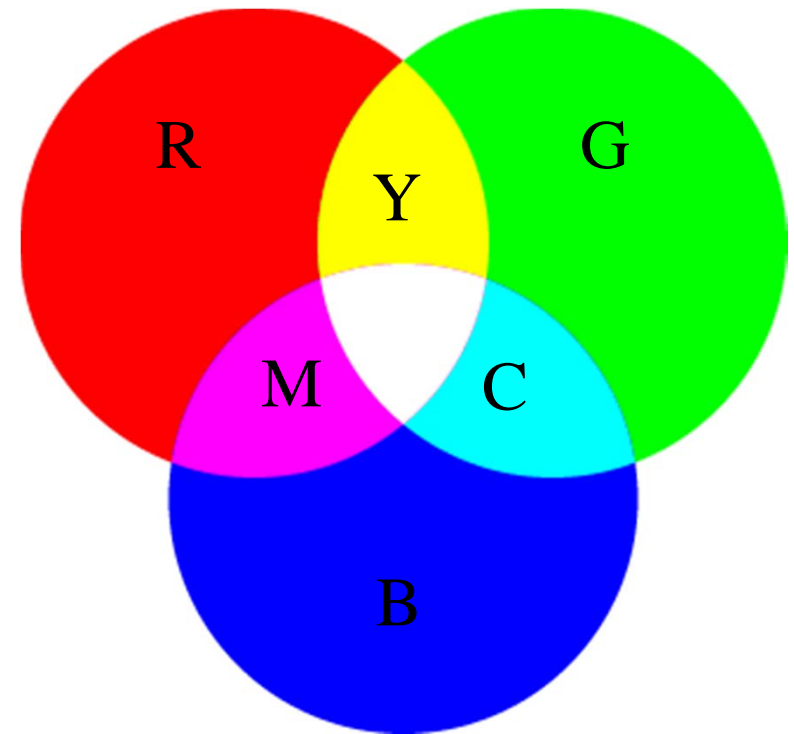
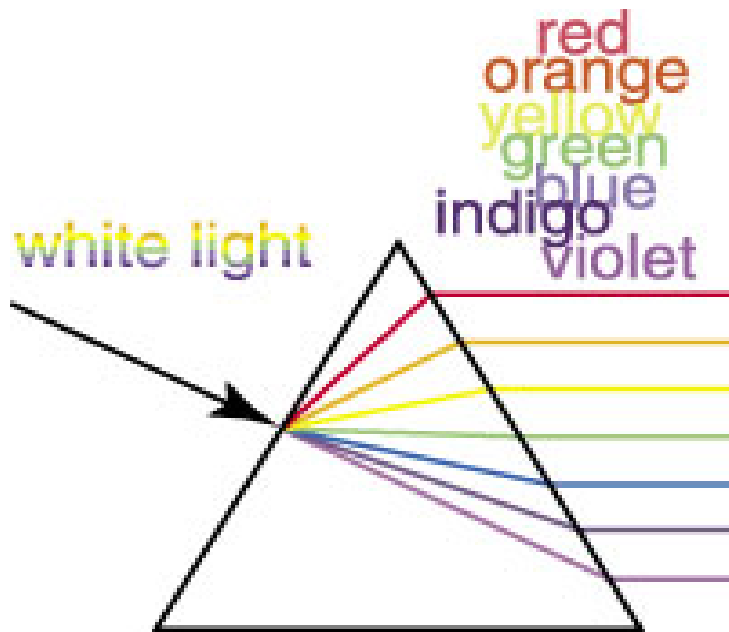
Formação da cor

- As cores que percebemos surgem da *iteração entre fontes de luz e diversos tipos de materiais* encontrados no mundo físico.
- Tipos de processos de formação:
 - ✓ Aditivo.
 - ✓ Subtrativo.
 - ✓ Por pigmentação.



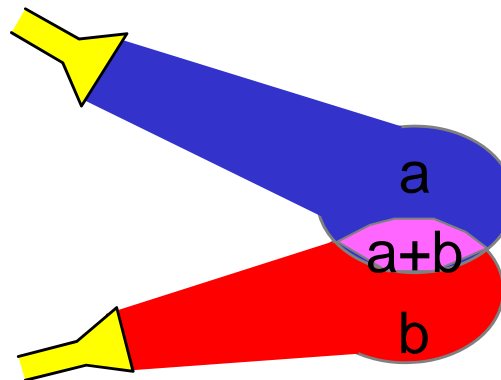
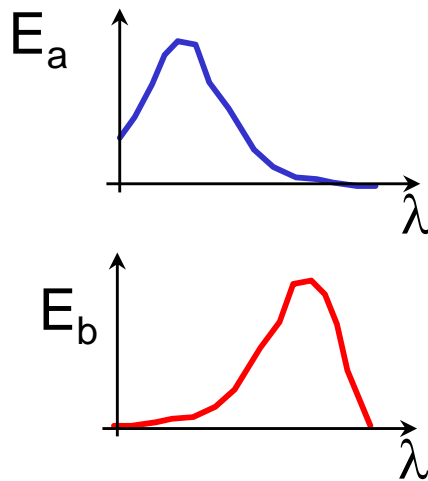
Processo aditivo

■ Ex.: RGB

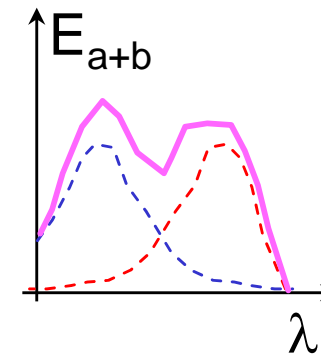




Processo aditivo



$$E_{a+b}(\lambda) = E_a(\lambda) + E_b(\lambda)$$

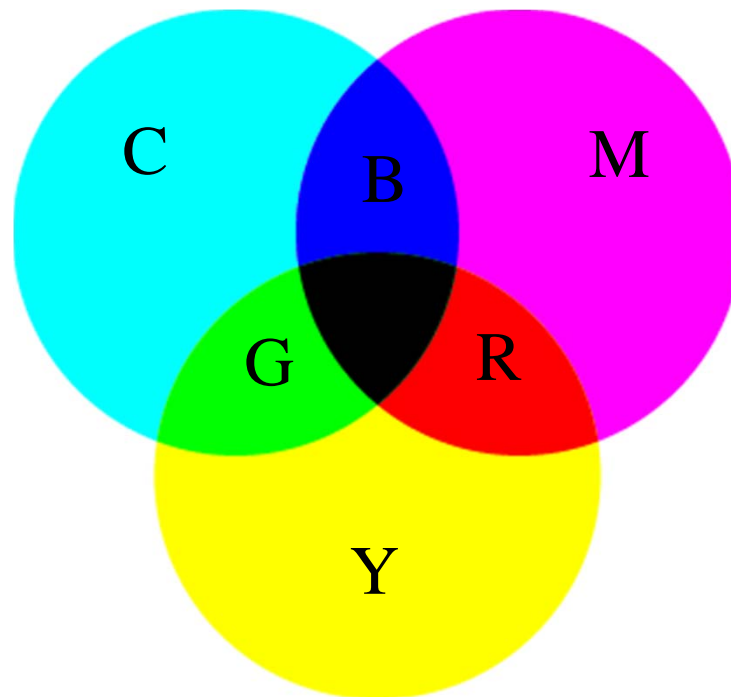


O olho não vê componentes!



Processo subtrativo

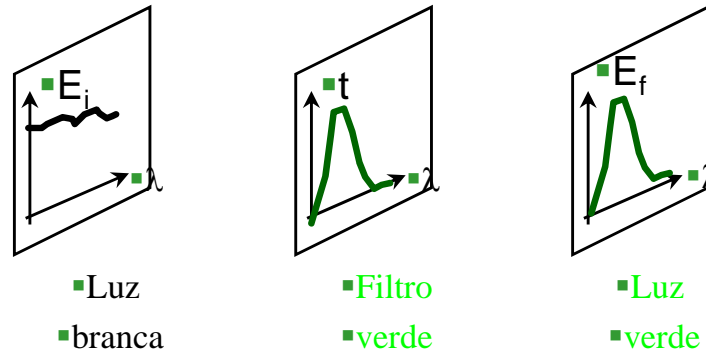
- A luz que recebemos é processada por um *filtro*, material sólido transparente, ou através de um *corante*, que absorve determinados comprimentos de onda e transmite outros. (Ex.: CMY)





Processo subtrativo

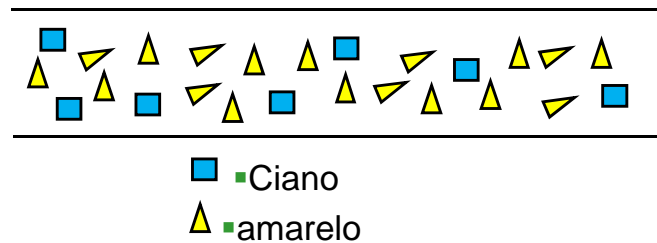
■ *filtros*



■ *transparência*

$$E_f(\lambda) = t(\lambda) \cdot E_i(\lambda)$$

■ *corantes*



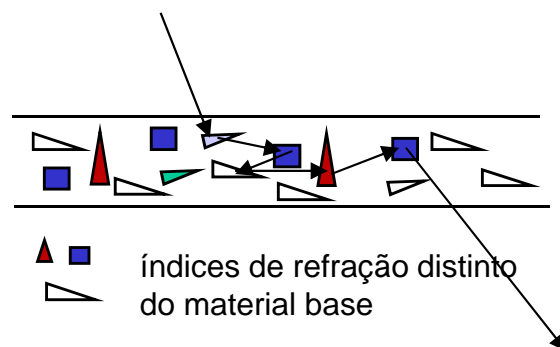


Por pigmentação

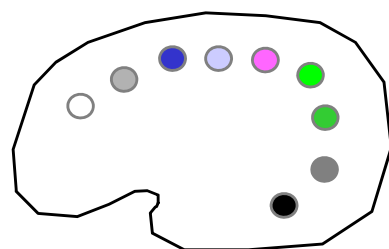
- Quando um raio luminoso atinge partículas chamadas *pigmentos*, há um efeito de espalhamento com fenômenos sucessivos e simultâneos de reflexão, transmissão e absorção entre os diversos pigmentos.



Por pigmentação



A sucessão de reflexão e refração
determinam a natureza da luz refletida

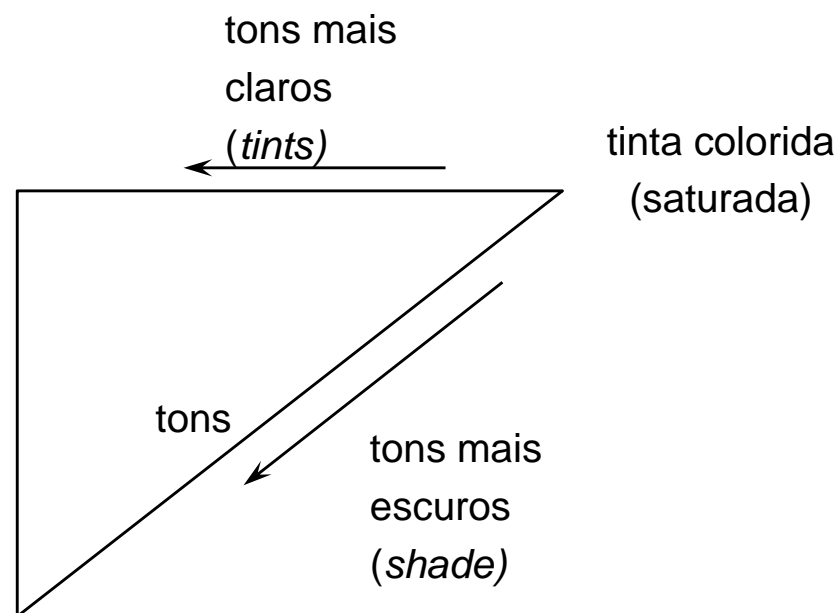


PALHETA
DO
PINTOR

tinta branca

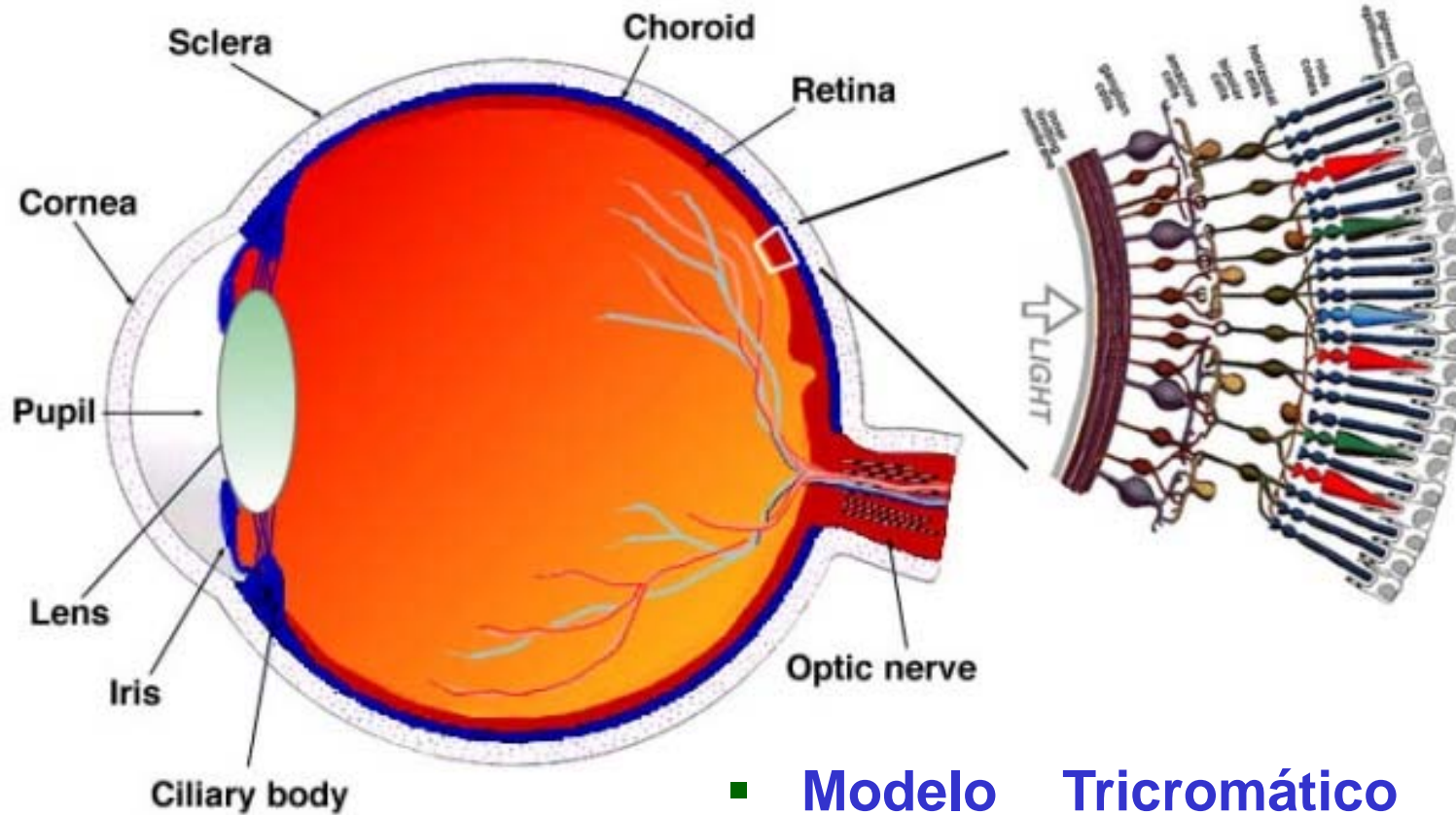
Cinzas
(greys)

tinta preta





Percepção da Cor

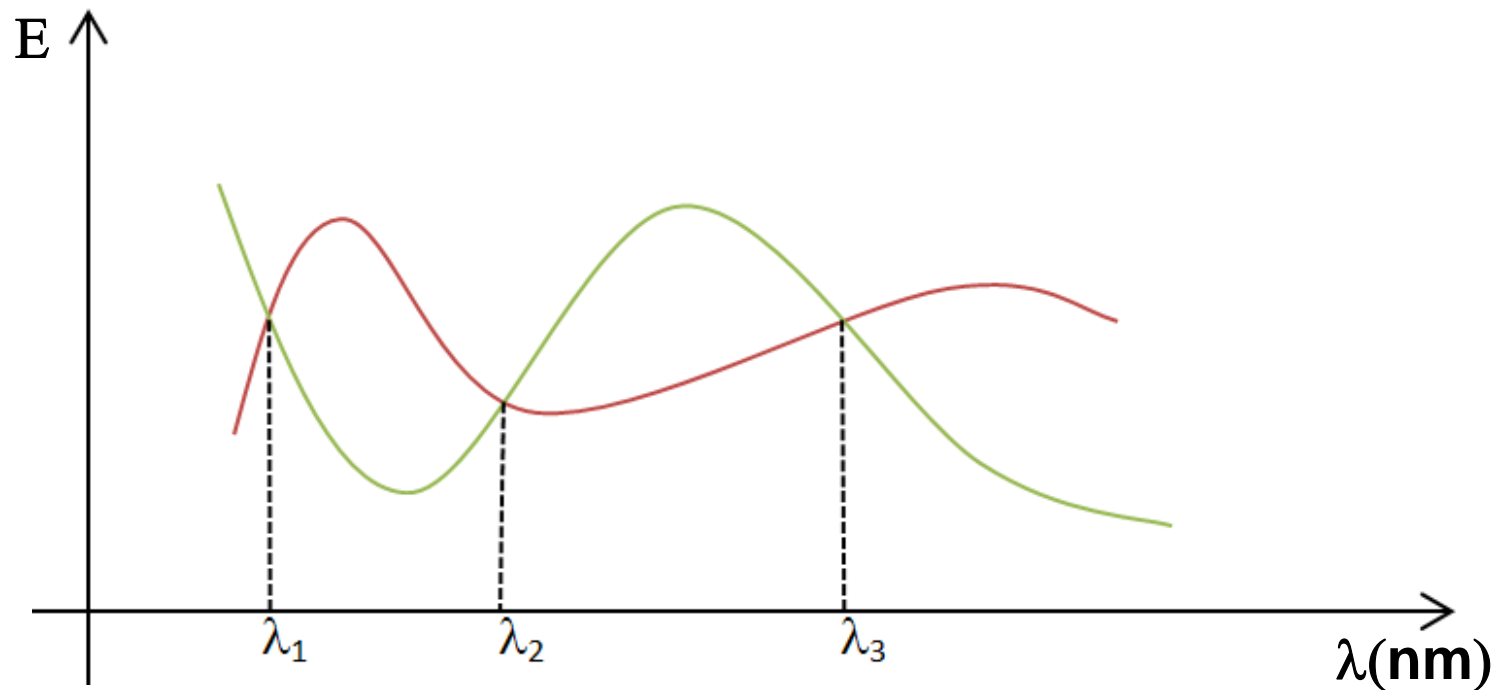


- Modelo Tricromático de Young – Helmholtz – RGB (Século XIX);
- Cones RGB fornecem a *Crominância*;
- Bastonetes a *Luminância*;



Cores Metaméricas

- **O olho humano trabalha com amostragem;**
 - ✓ Podem existir cores com distribuições espectrais distintas que são identificadas perceptualmente como iguais;
 - ✓ Estas cores são chamadas de cores *metaméricas*.





Sistemas físicos receptores

- São aqueles que fazem uma amostragem em RGB da função de distribuição espectral para identificação metamérica da cor.
- Exemplos deste sistema:
 - ✓ olho humano;
 - ✓ scanners;
 - ✓ câmeras de vídeo.



Sistemas físicos emissores

- São aqueles que emitem luz de cor c , permitindo que um sistema receptor realize a amostragem e identificação metamérica c .
- Exemplo aparelho de televisão:
 - ✓ em cada ponto da tela temos um sistema emissivo que reconstrói a informação de cor da imagem naquele ponto a partir de informações recebidas pelo sinal de vídeo.



Sistema CIE-RGB

- CIE - Comissão Internacional de Iluminação
- Usou como base o modelo tricromático de Young-Helmholtz
- Vermelho (R): 700 nm;
- Verde (G): 546 nm;
- Azul (B): 436 nm;
- $C(\lambda) = r(\lambda) R + g(\lambda) G + b(\lambda) B$

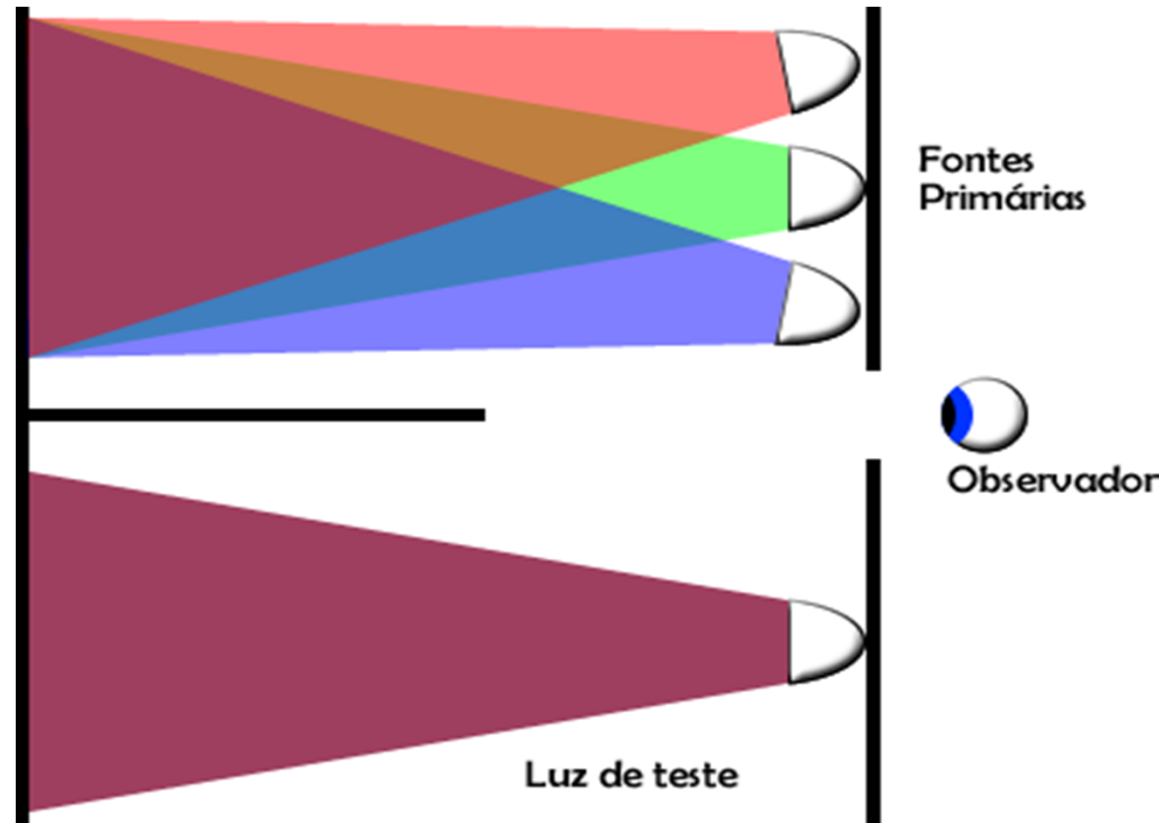
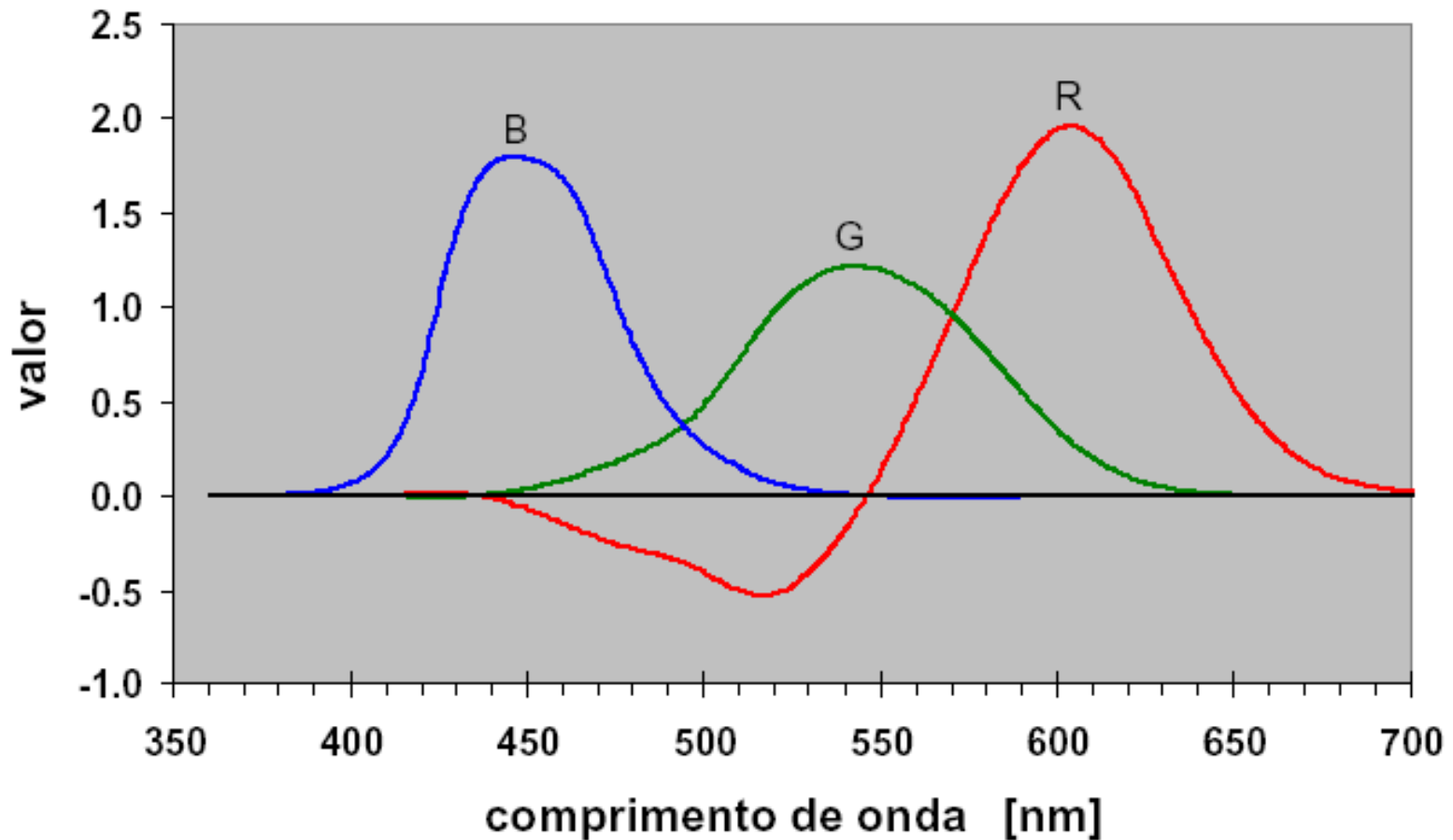




Diagrama de cor CIE-RGB



Quantidades RGB necessárias para reproduzir todas as cores do espectro visível, com a existência de quantidades negativas.

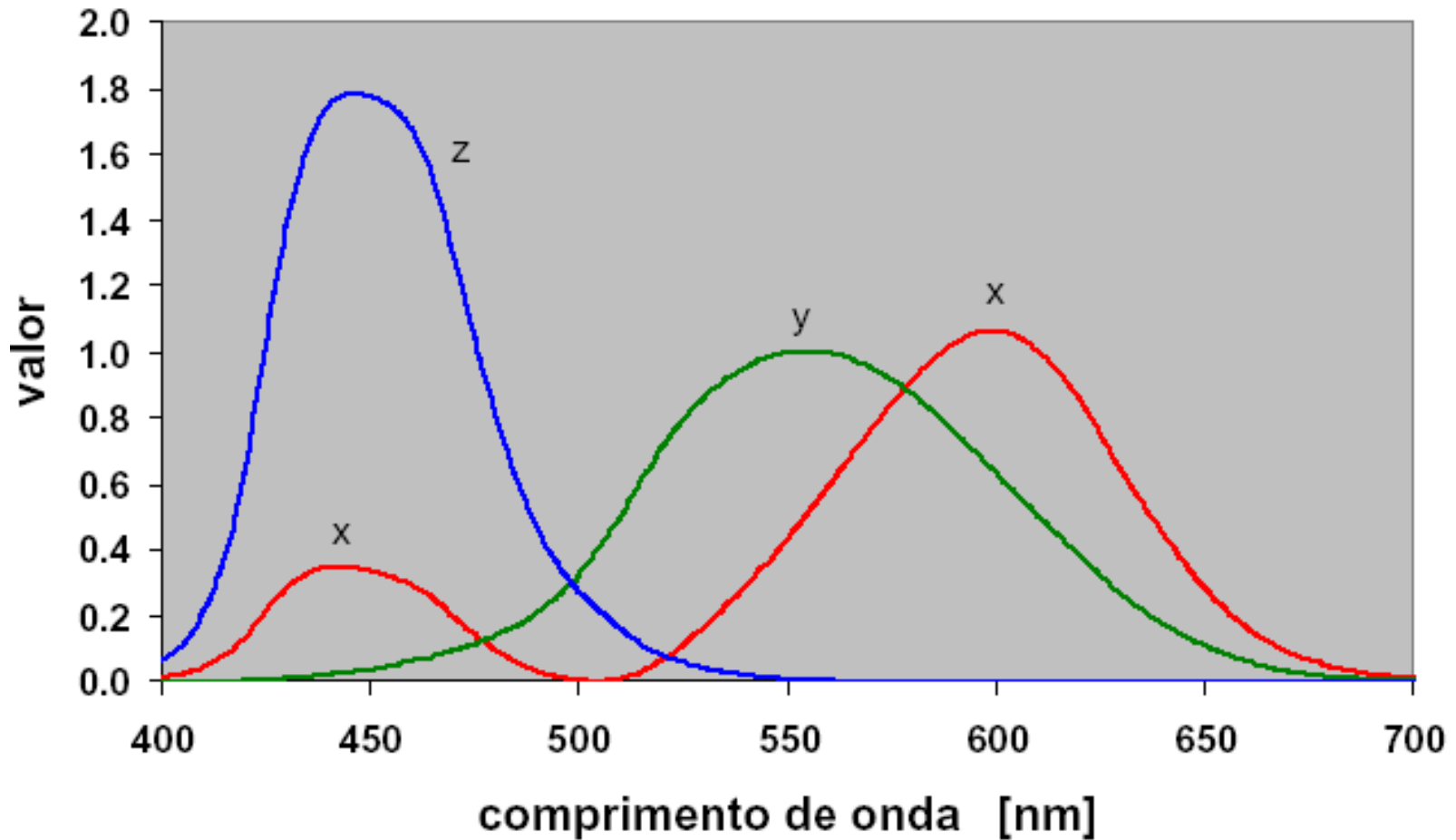


Sistema CIE-XYZ

- É uma aplicação de uma transformação de mudança de bases do CIE-RGB;
- X, Y, Z, são cores primárias que não correspondem a cores visíveis;
- mas suas componentes de cor são positivas, sendo possível então reproduzir no monitor todos os comprimentos de ondas de luz visível;



Diagrama de cor CIE-XYZ



Funções CMF x, y z.



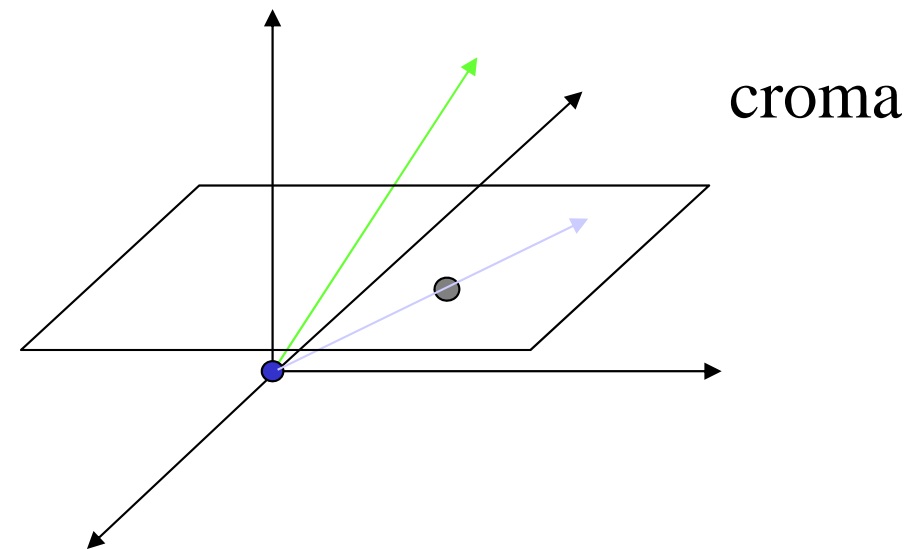
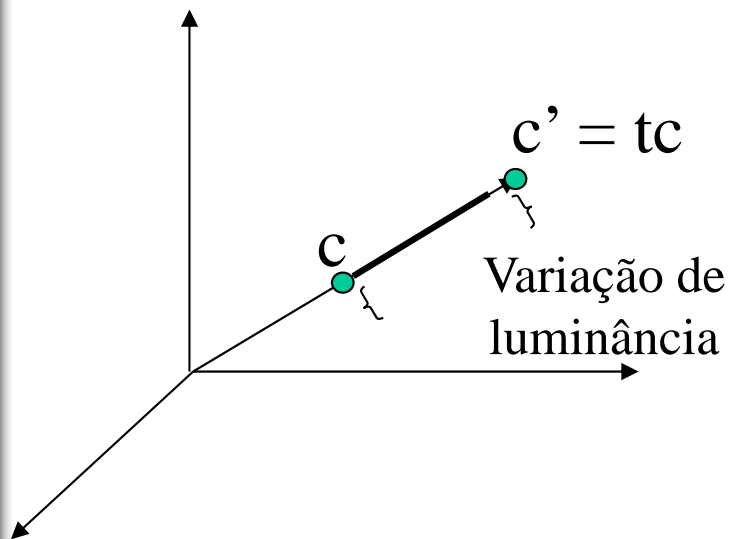
Matrizes de transformação

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.49000 & 0.17697 & 0.0 \\ 0.31000 & 0.81240 & 0.01000 \\ 0.20000 & 0.01063 & 0.99000 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.3647 & -0.51515 & 0.0520 \\ -0.89665 & 0.14264 & -0.01441 \\ -0.46808 & 0.08874 & 1.00921 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$



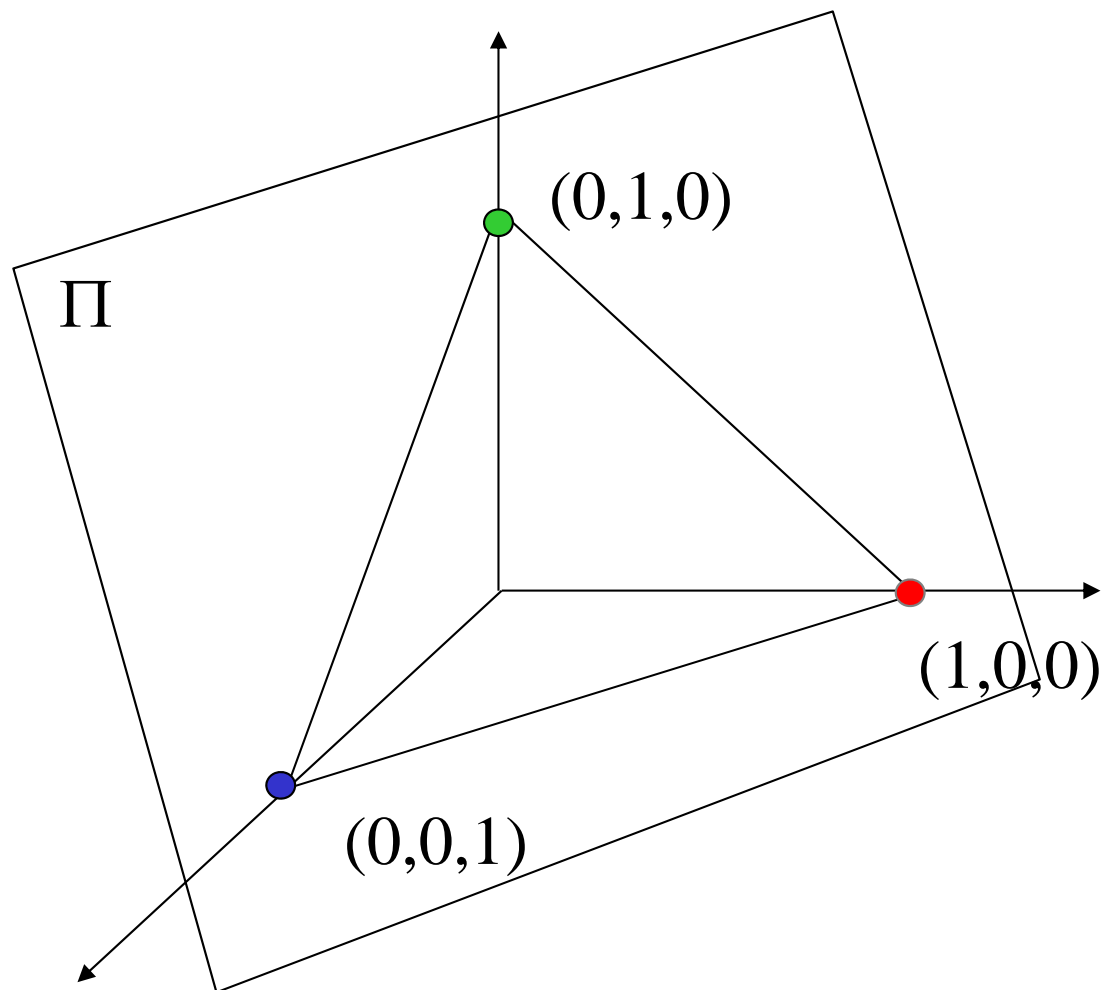
Geometria dos espaços de cor tricromáticos



- Cada reta passando pela origem (menos a própria origem) define uma informação de cromaticidade (*croma*)

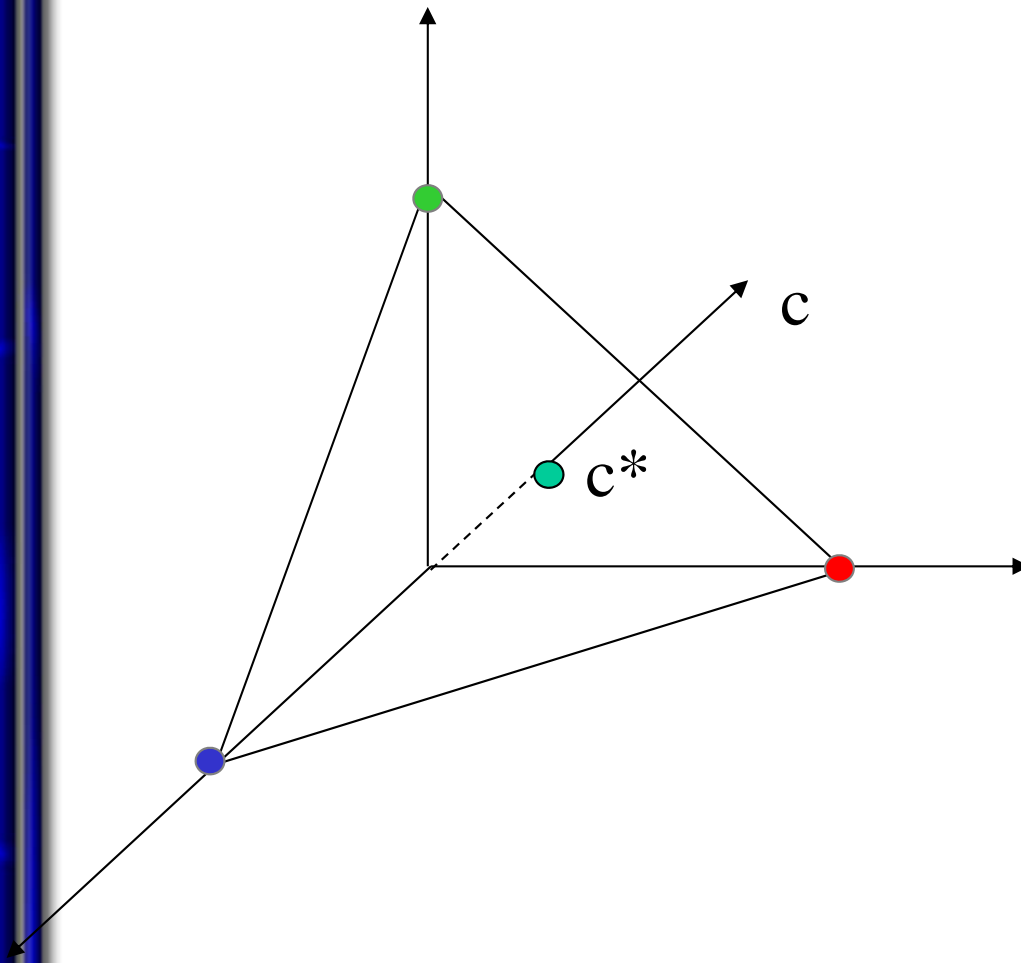


Triângulo de Maxwell





Coordenadas de cromaticidade



$$c_i^* = \frac{c_i}{c_1 + c_2 + c_3}$$

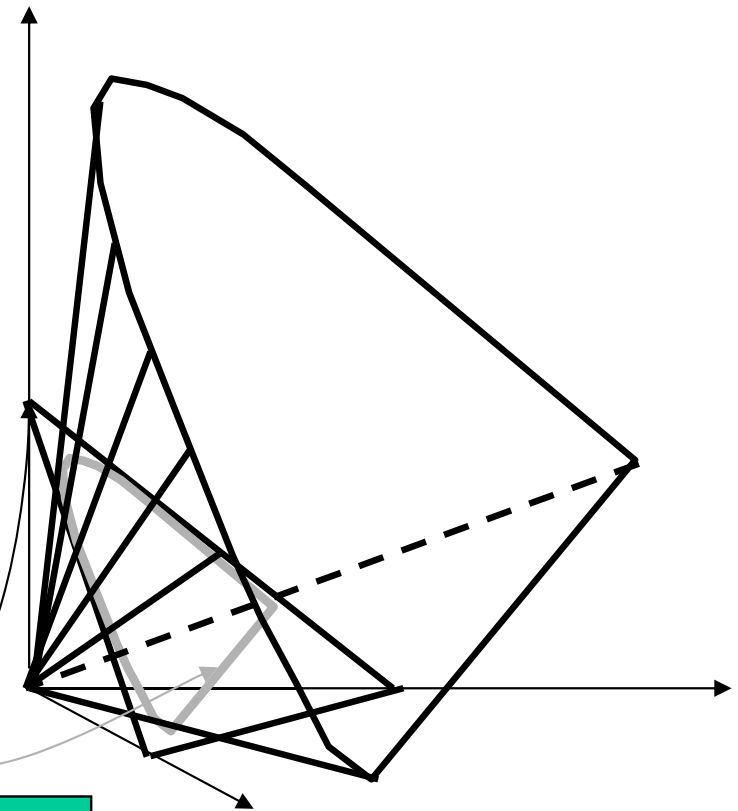


Sólidos de cor e diagramas de cromaticidade

- É um cone.
- É convexo.
- Cores espectrais (puras) estão na fronteira.

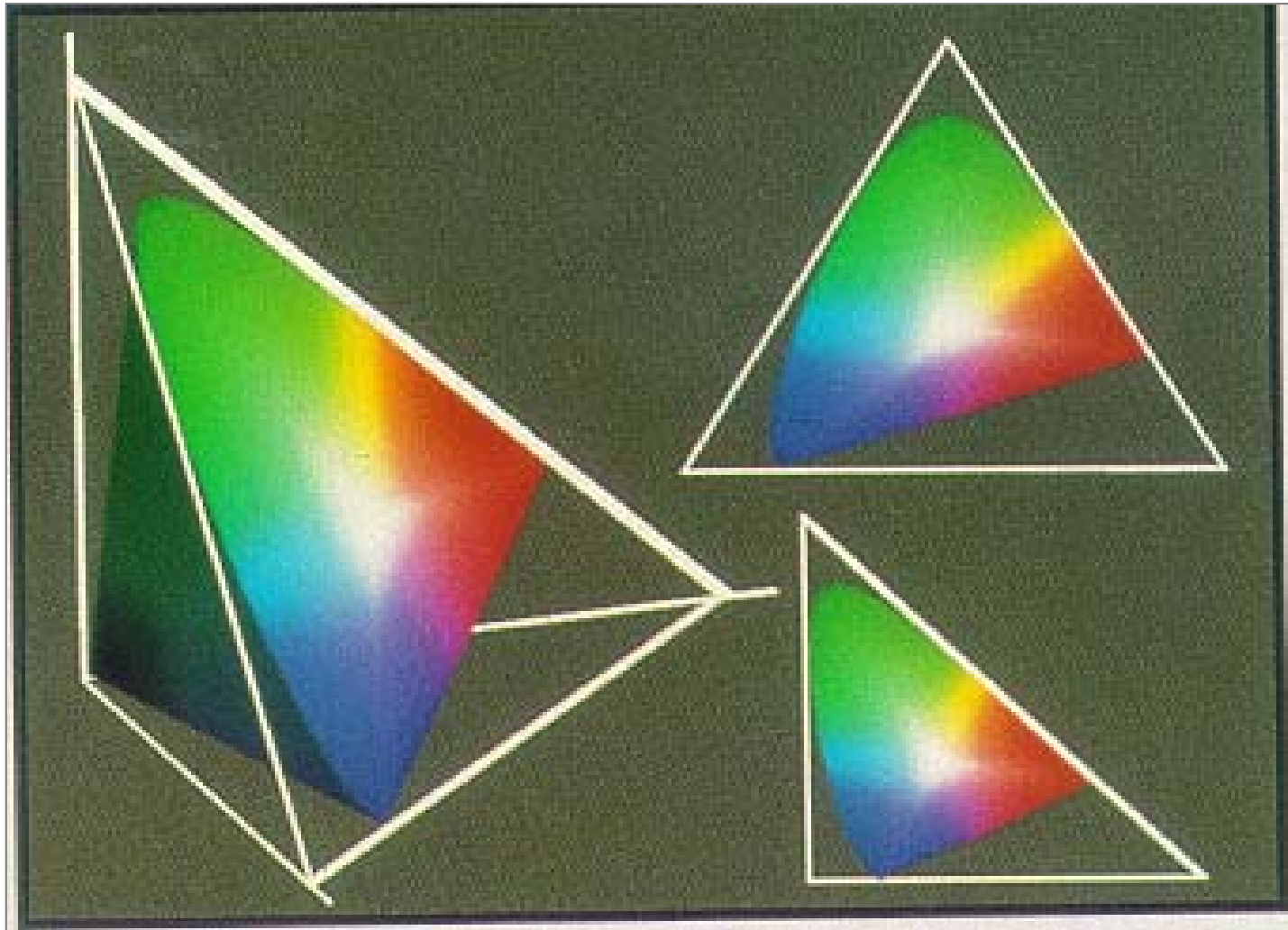
■ Plano $X+Y+Z=1$

■ Diagrama de cromaticidade (projeção do sólido de cor sobre o Triângulo de Maxwell)



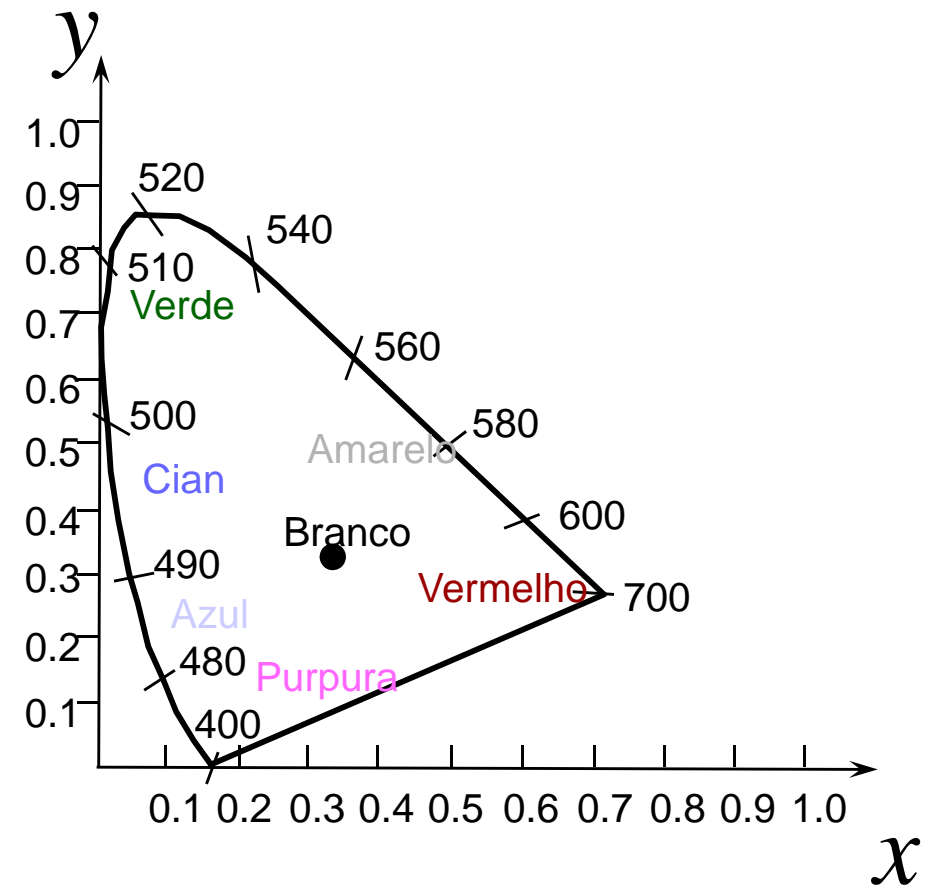
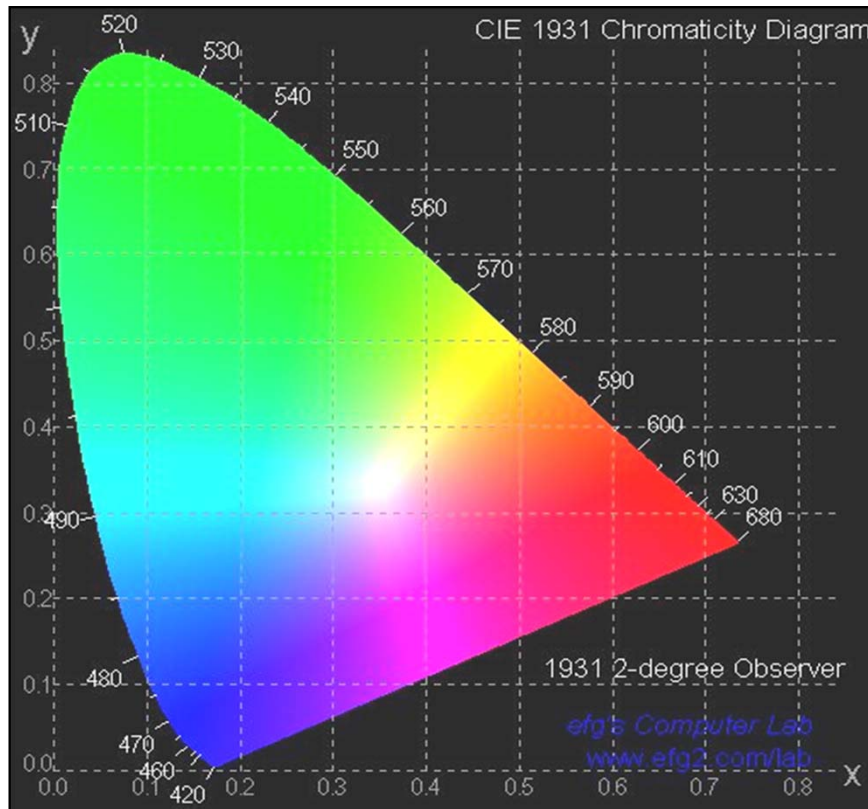


Sistema CIE-XYZ





Sistema CIE-XYZ





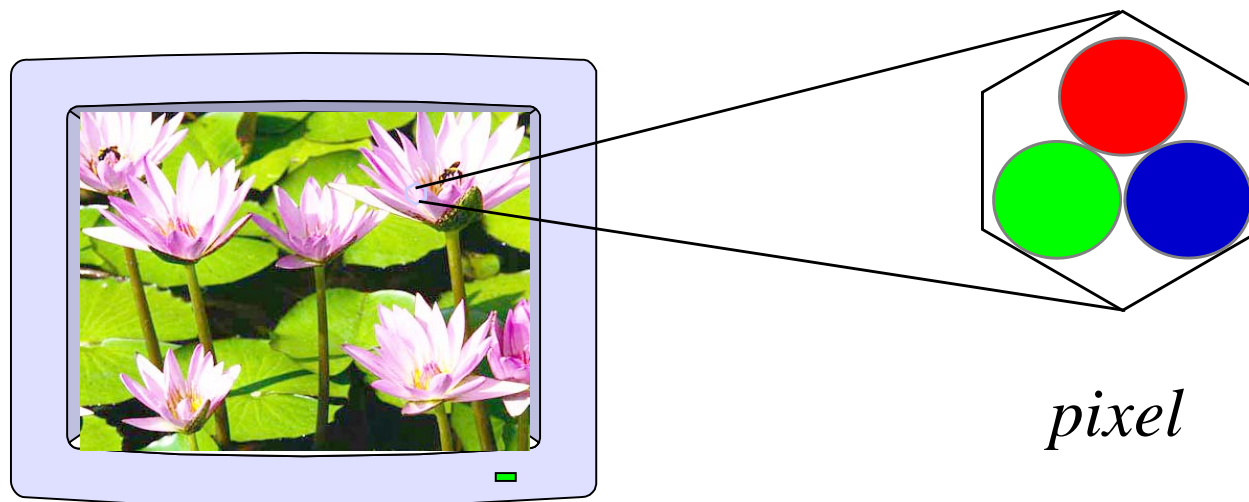
Sistemas de Cores

- Em geral podemos classificar os sistemas de cor de acordo com a sua funcionalidade, como por exemplo:
 - ✓ Sistemas Padrão;
 - ✓ Sistemas dos Dispositivos;
 - ✓ Sistemas subtrativos ou complementares
 - ✓ Sistemas de Interface;
 - ✓ Sistemas Computacionais;
 - ✓ Sistemas de Vídeo;
 - ✓ Etc.



Sistemas dos monitores - mRGB

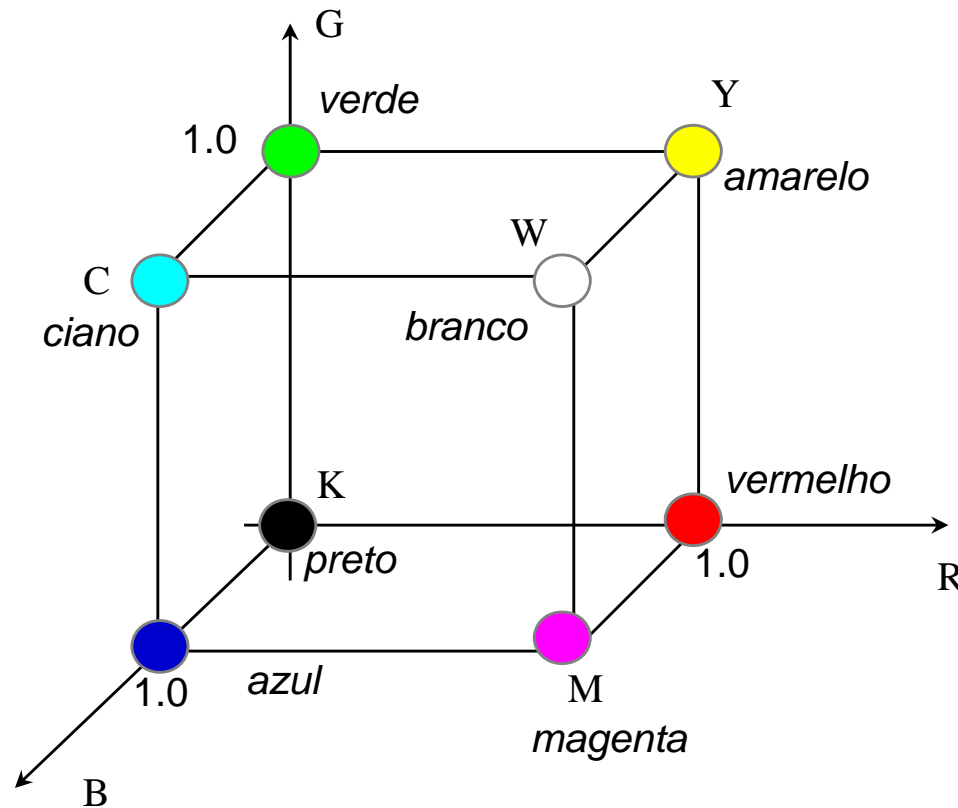
- Para dispositivos o fabricante deve especificar o valor das componentes primárias (normalmente em CIE-XYZ);
- Considerando, por exemplo, fósforo ou filtro.



Processo Aditivo



Sistemas dos monitores - mRGB

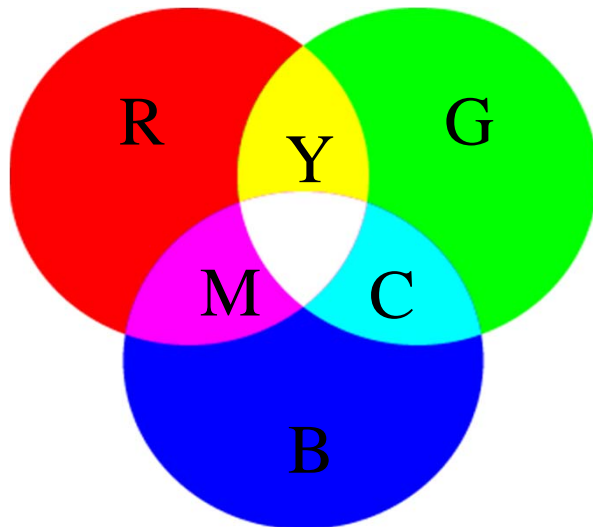
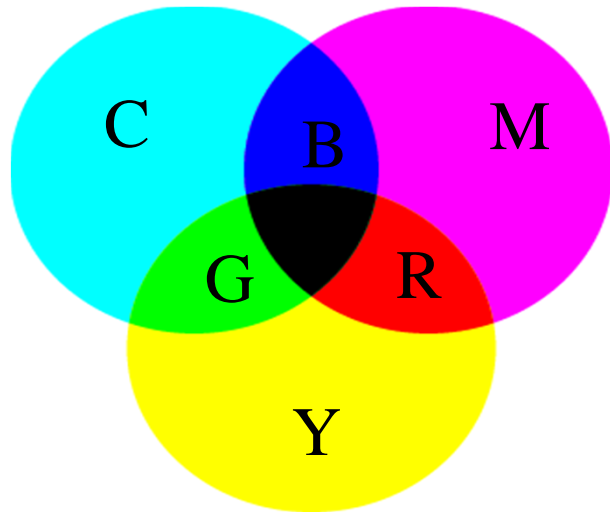


- Para dispositivos o fabricante deve especificar o valor das componentes primarias (normalmente em CIE-XYZ);

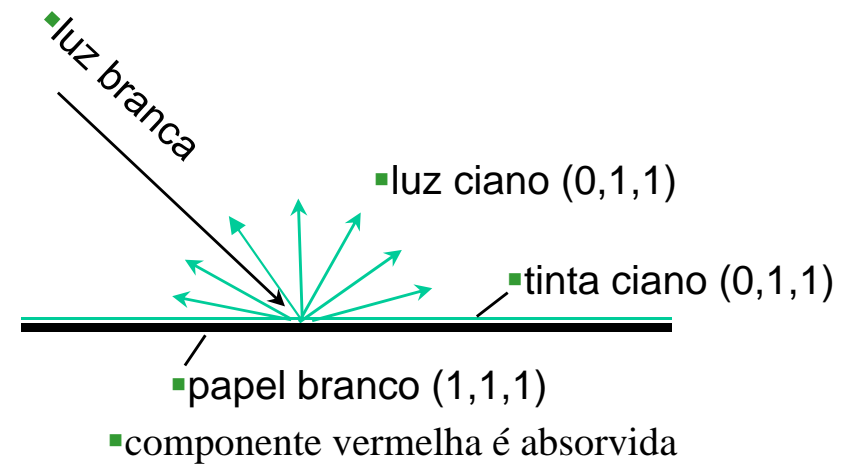
Normalmente temos 1 *byte* para cada componente mapeando [0, 255] em [0,1]



Sistemas as impressoras -CMY(K)



processo subtrativo





Sistemas de interface

- **Permitem uma especificação intuitiva de cores.**
- **São baseados em uma decomposição crominância-luminância.**
- **Utilizam o seguinte esquema:**
 1. Escolha da crominância.
 2. Escolha da luminância(brilho).



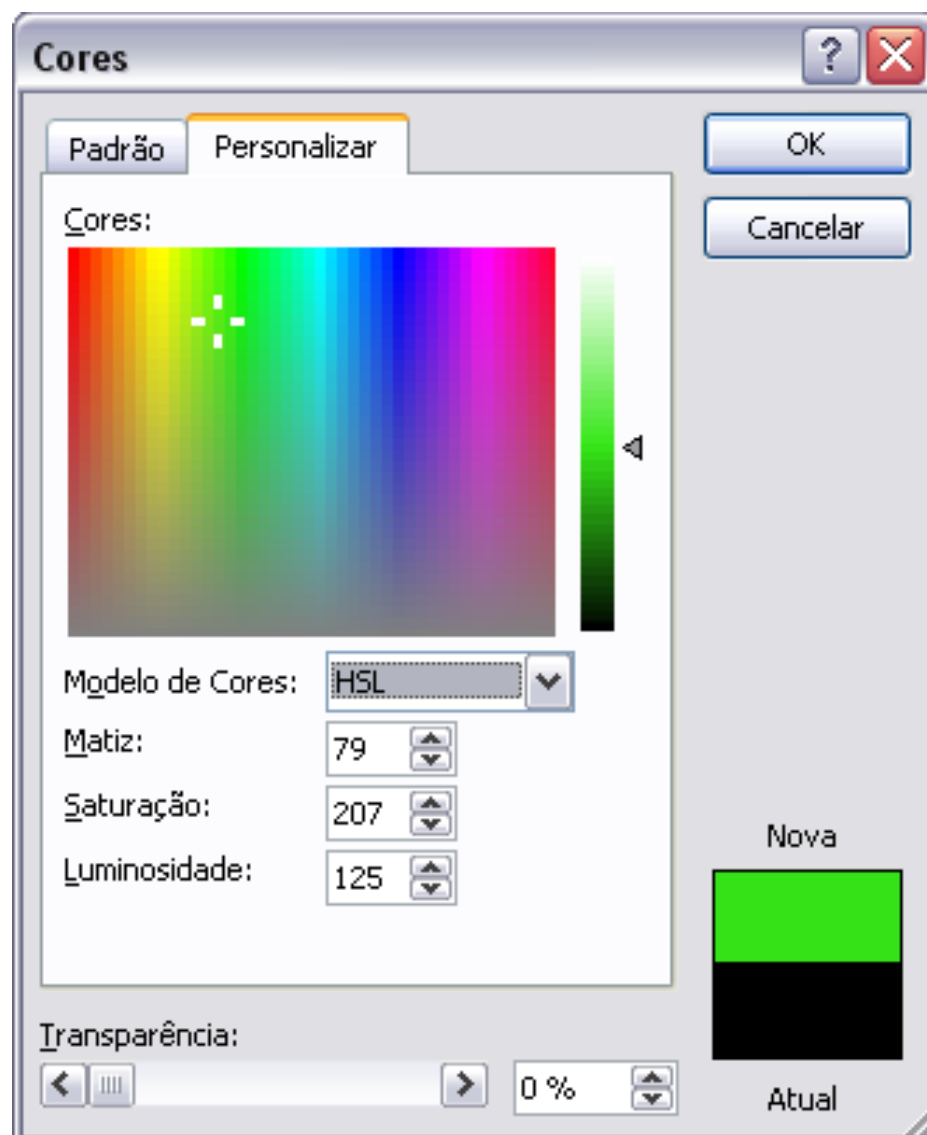
Sistemas de interface

■ Escolha da cromaticidade:

- ✓ Escolha de um ponto no espaço de croma (bidimensional).
 - Primeiro o usuário escolhe a matiz (a cor pura).
 - Depois o usuário escolhe a saturação (nível de mistura da cor pura com o branco).



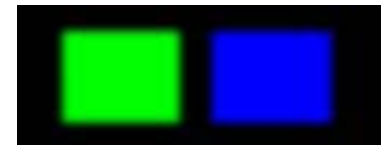
Modelo HSL





Sistemas de vídeo componente

- O olho tem menor sensibilidade para detectar cores do que variações de intensidade
 - ✓ Utiliza-se uma banda maior para a luminância:
$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,116B;$$
 - ✓ Os componentes de crominância são representados como: R-Y e B-Y;
- Sistemas baseados em Y, R-Y, B-Y são chamados de vídeo componente.





Sistemas de vídeo digital

- O padrão internacional para vídeo digital Y, Cr, Cb é dado pela seguinte transformação de Y, R-Y, B-Y:
 - ✓ $Y = 16 + 234Y$
 - ✓ $Cr = 128 + 112 (0,5/(1-0,114) * (B-Y))$
 - ✓ $Cb = 128 + 112 (0,5/(1-0,299) * (R-Y))$
- Usado nos padrões JPEG e MPEG.



Sistemas de vídeo composto

- São sistemas de cor para transmissão de vídeo (NTSC, PAL, etc.).
- Os componentes são combinados em um único sinal:
 - ✓ O sinal de luminância pode ser utilizado em aparelhos preto e branco
 - ✓ As crominâncias podem ser codificada em apenas 5% da banda de passagem sem degradar o sinal de luminância.
- Sistema YUV
 - ✓ $U = 0,493 (B-Y)$
 - ✓ $V = 0,877 (R-Y)$



Sistemas de vídeo composto

■ Sistema YIQ:

- ✓ IQ pode ser obtido a partir de uma rotação das coordenadas UV;
- ✓ Ocupa uma banda menor;
- ✓ NSTC;

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & -0.311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$