



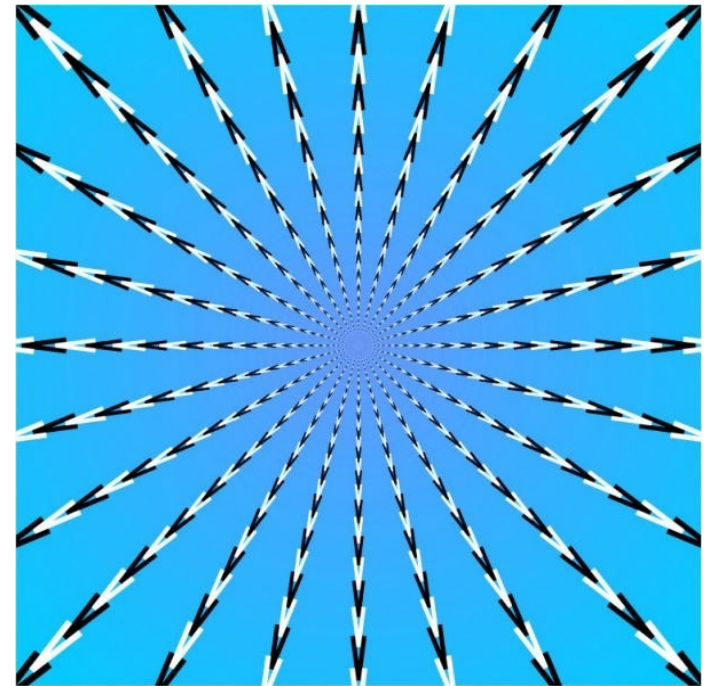
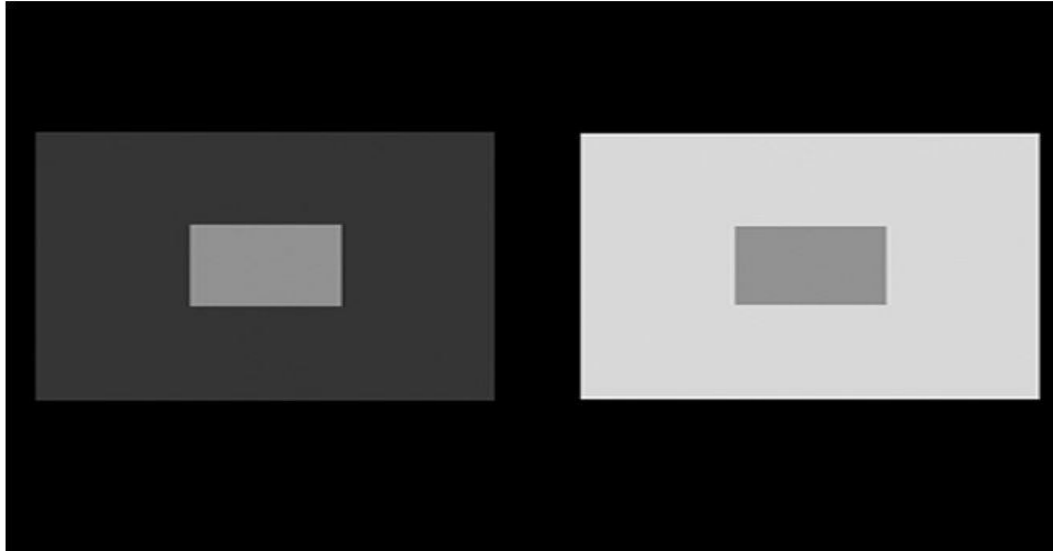
C209 – Computação Gráfica e Multimídia
EC212 – Computação Gráfica

Cores

Marcelo Vinícius Cysneiros Aragão
marcelovca90@inatel.br

Introdução

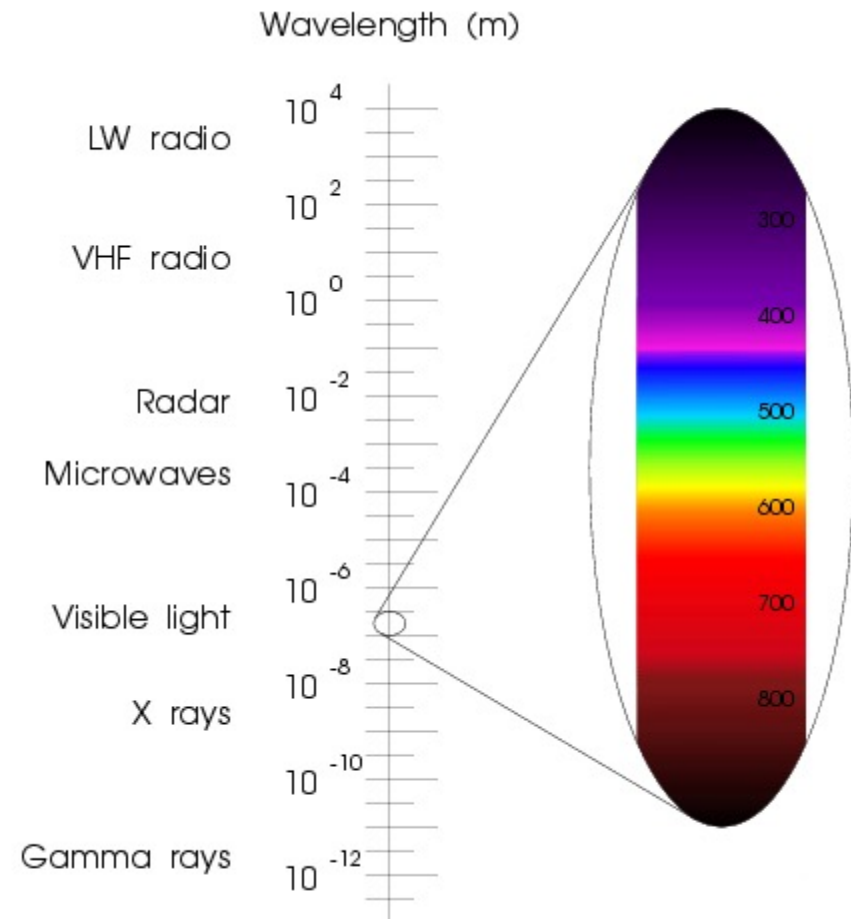
- O que é cor?
 - Cor é uma sensação produzida no nosso cérebro pela luz que chega aos nossos olhos.



Introdução

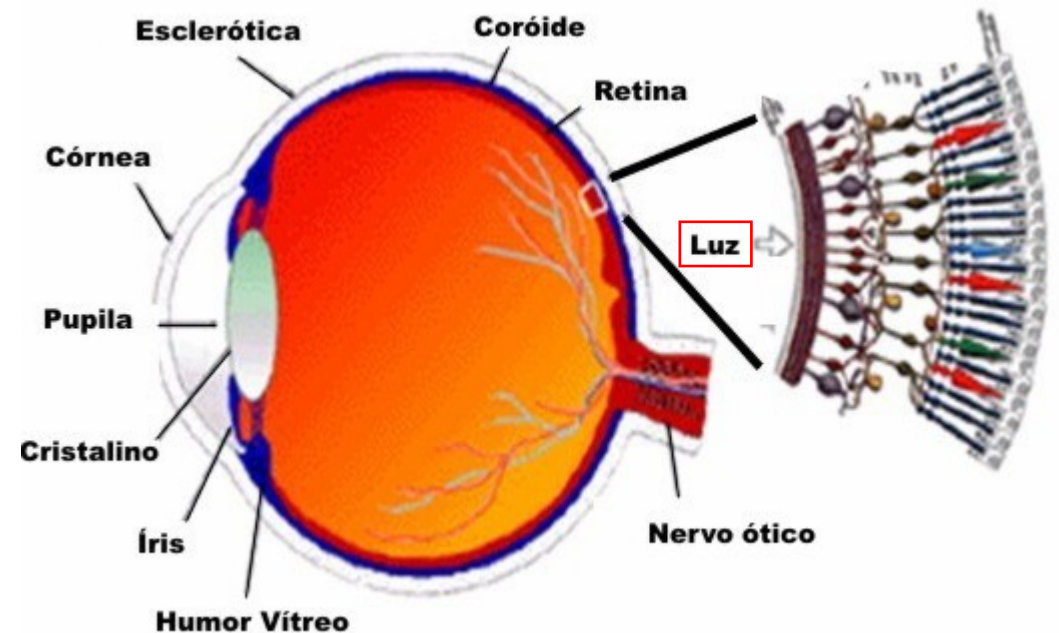
- Cores são um problema psicofísico.

Range (nm)	Colour
380 – 450	Violet
450 – 490	Blue
490 – 560	Green
560 – 590	Yellow
590 – 640	Orange
640 – 730	Red



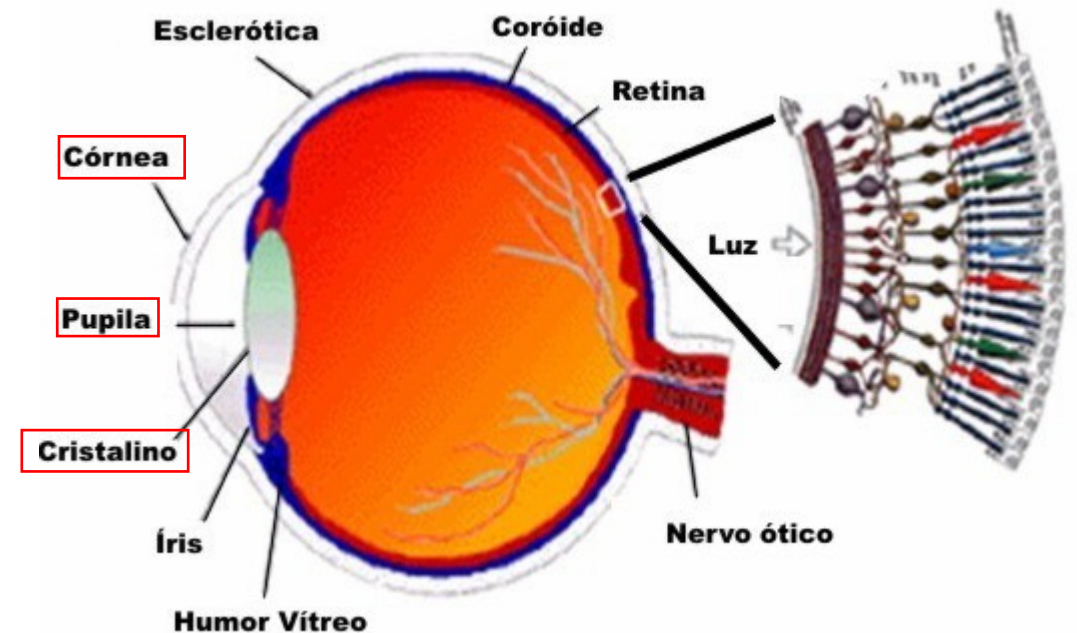
Sistemas Físicos de Cor

- O olho é um sistema físico de processamento de cor.
 - Sistema refletivo.
 - Similar a uma câmera de vídeo.
 - Converte luz em impulsos nervosos.



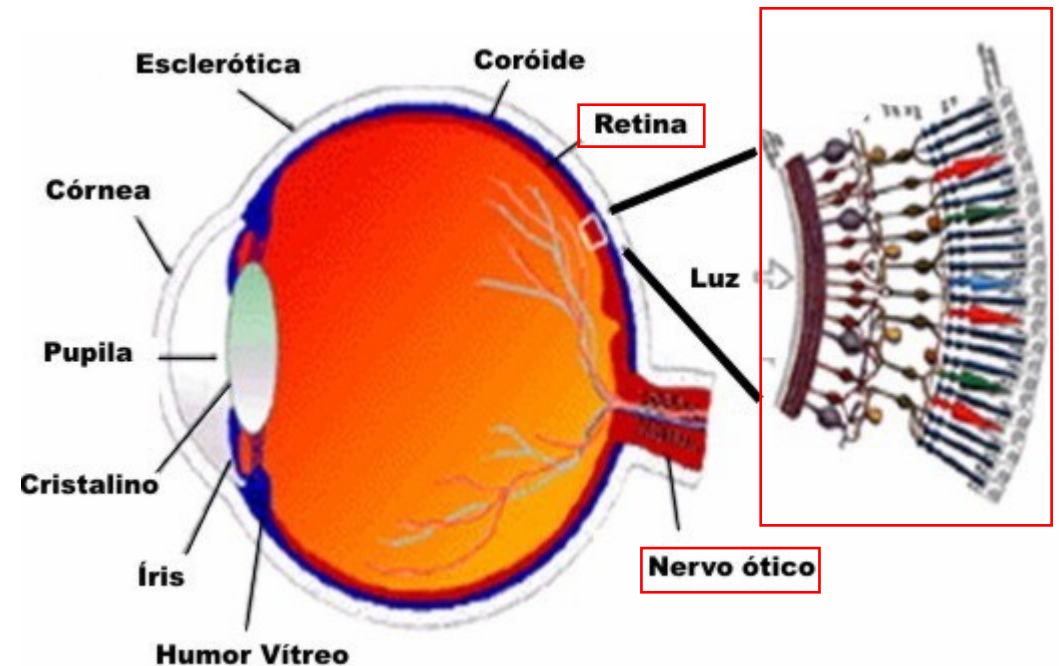
Sistemas Físicos de Cor

- **Córnea** - atua como uma lente simples, captando e concentrando a luz.
- **Cristalino** - parte da visão humana responsável pelo foco, sendo também chamado de lente.
- **Pupila** - a luz passa através deste orifício (ponto negro do olho).



Sistemas Físicos de Cor

- **Retina** – em média composta de cerca de 120 milhões de bastonetes e 6 milhões de cones (sensores), converte o estímulo luminoso em sinais elétricos.
- **Nervo ótico** - transmite para o cérebro os sinais.
- **Bastonetes**: sensibilidade à intensidade da luz; são cerca de 125 milhões.
- **Cones**: sensibilidade ao comprimento de onda; são cerca de 7 milhões.



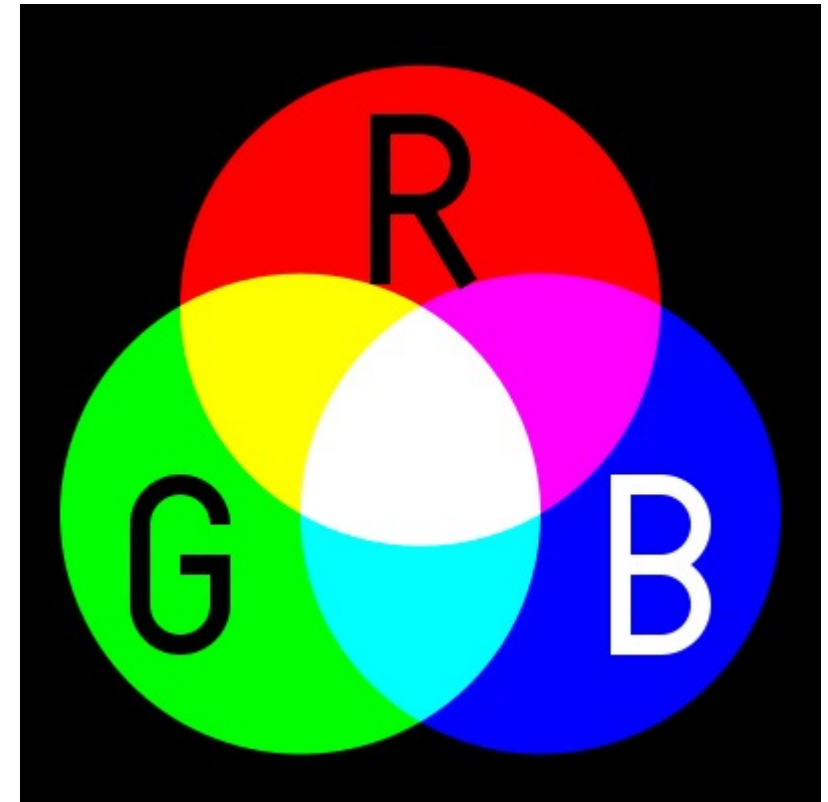
Percepção de Cor

- É diferente para cada espécie animal.
- Dentre os mamíferos, só o homem e o macaco enxergam cores.
- Aves têm uma visão muito mais acurada do que a nossa.



Cores Primárias

- Cores primárias aditivas (RGB)
 - *Red Green Blue*
 - Mistura de luzes
 - Primárias aditivas
 - Usadas por TVs e displays de vídeo / computadores em geral



Cores Primárias

- Cores primárias subtrativas (CMY)
 - *Cyan Magenta Yellow*
 - Mistura de pigmentos
 - Primárias subtrativas
 - Usadas por impressoras.
 - Pode ser adicionada uma componente K (*Black*) para economizar tinta e diminuir o tempo de secagem da impressão.



Conversão RGB \rightarrow CMY(K)

- Feita de forma matricial:
$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \text{ e } \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$
- Note que “1” representa o valor máximo na faixa escolhida.
- Conversão para o padrão alternativo CMYK:

Conversão RGB → CMY(K)

91,104,146

RGB to CMYK conversion formula

The R,G,B values are divided by 255 to change the range from 0..255 to 0..1:

$$R' = R/255$$

$$G' = G/255$$

$$B' = B/255$$

The black key (K) color is calculated from the red (R'), green (G') and blue (B') colors:

$$K = 1 - \max(R', G', B')$$

The cyan color (C) is calculated from the red (R') and black (K) colors:

$$C = (1 - R' - K) / (1 - K)$$

The magenta color (M) is calculated from the green (G') and black (K) colors:

$$M = (1 - G' - K) / (1 - K)$$

The yellow color (Y) is calculated from the blue (B') and black (K) colors:

$$Y = (1 - B' - K) / (1 - K)$$

<https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-cmyk.html>

Conversão RGB → CMY(K)

91,104,146

RGB to CMYK conversion formula

The R,G,B values are divided by 255 to change the range from 0..255 to 0..1:

$$R' = R/255$$

$$G' = G/255$$

$$B' = B/255$$

The black key (K) color is calculated from the red (R'), green (G') and blue (B') colors:

$$K = 1 - \max(R', G', B')$$

The cyan color (C) is calculated from the red (R') and black (K) colors:

$$C = (1 - R' - K) / (1 - K)$$

The magenta color (M) is calculated from the green (G') and black (K) colors:

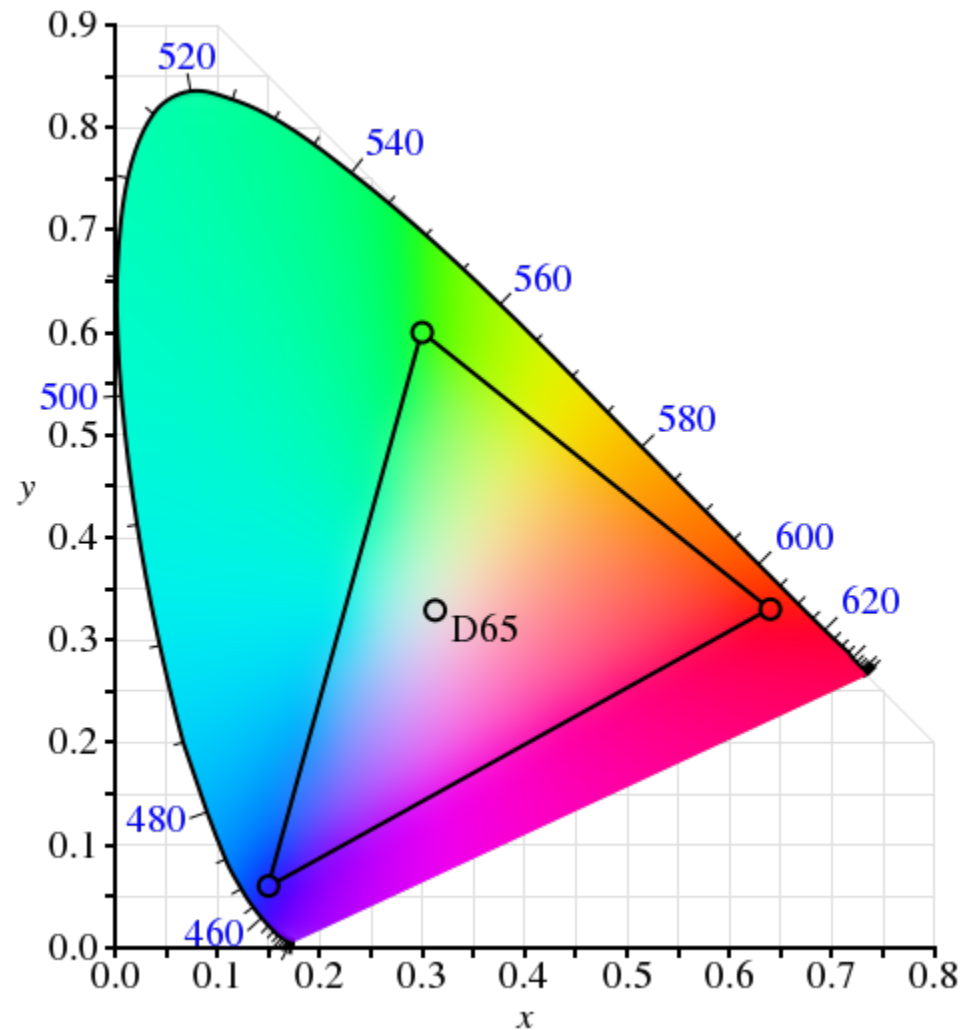
$$M = (1 - G' - K) / (1 - K)$$

The yellow color (Y) is calculated from the blue (B') and black (K) colors:

$$Y = (1 - B' - K) / (1 - K)$$

<https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-cmyk.html>

Diagrama de Cromaticidade CIE



International Commission on Illumination (CIE - Commission internationale de l'éclairage)

Diagrama de Cromaticidade CIE

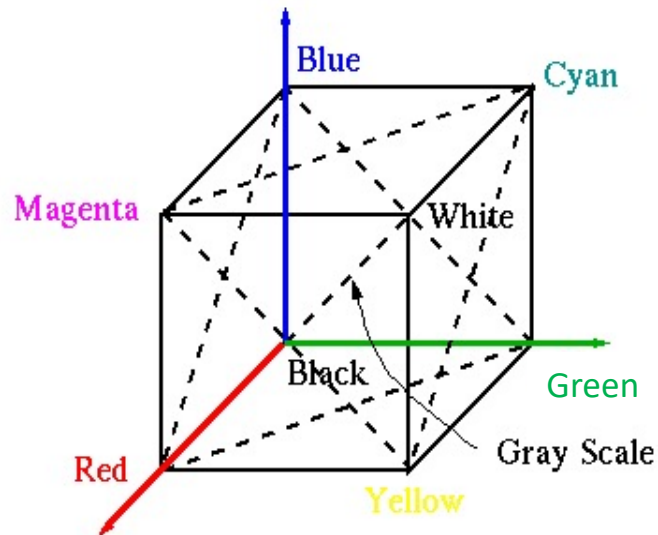
- O conjunto de cores que estão na borda do diagrama, indo do violeta (380nm) ao vermelho (780nm), são as cores **puras**. Todas as outras, fora da borda são **junção** de duas ou mais cores;
- O ponto de energia igual nas direções das 3 cores primárias é o ponto assumido como a **luz branca** pelo CIE;
- O ponto de maior **saturação** de cada cor está na borda e decai com a aproximação do ponto da luz branca;

Diagrama de Cromaticidade CIE

- O segmento de reta que liga qualquer par de pontos do diagrama define todas as variações de cores que podem ser obtidas combinando as cores correspondentes aos dois pontos por **combinação** aditiva;
- Qualquer linha que liga o ponto de luz branca a uma determinada cor no diagrama define o **degradê** possível desta cor;
- O triângulo demarcado por 3 cores quaisquer no diagrama, delimitam todas as possíveis cores que podem ser geradas **combinando** estas 3 cores.

Modelo de cor RGB

- Decomposição das cores da imagem nas cores primárias.
 - As cores primárias aditivas ficam nos eixos x, y e z do cubo.
 - As cores primárias subtrativas ficam nos vértices do cubo.
- A linha entre o ponto Preto (0, 0, 0) e Branco (1, 1, 1) corresponde aos tons de cinza.



Modelo de cor RGB

<https://www.youtube.com/watch?v=74Q5K5u9Sj4>

e RGB color model

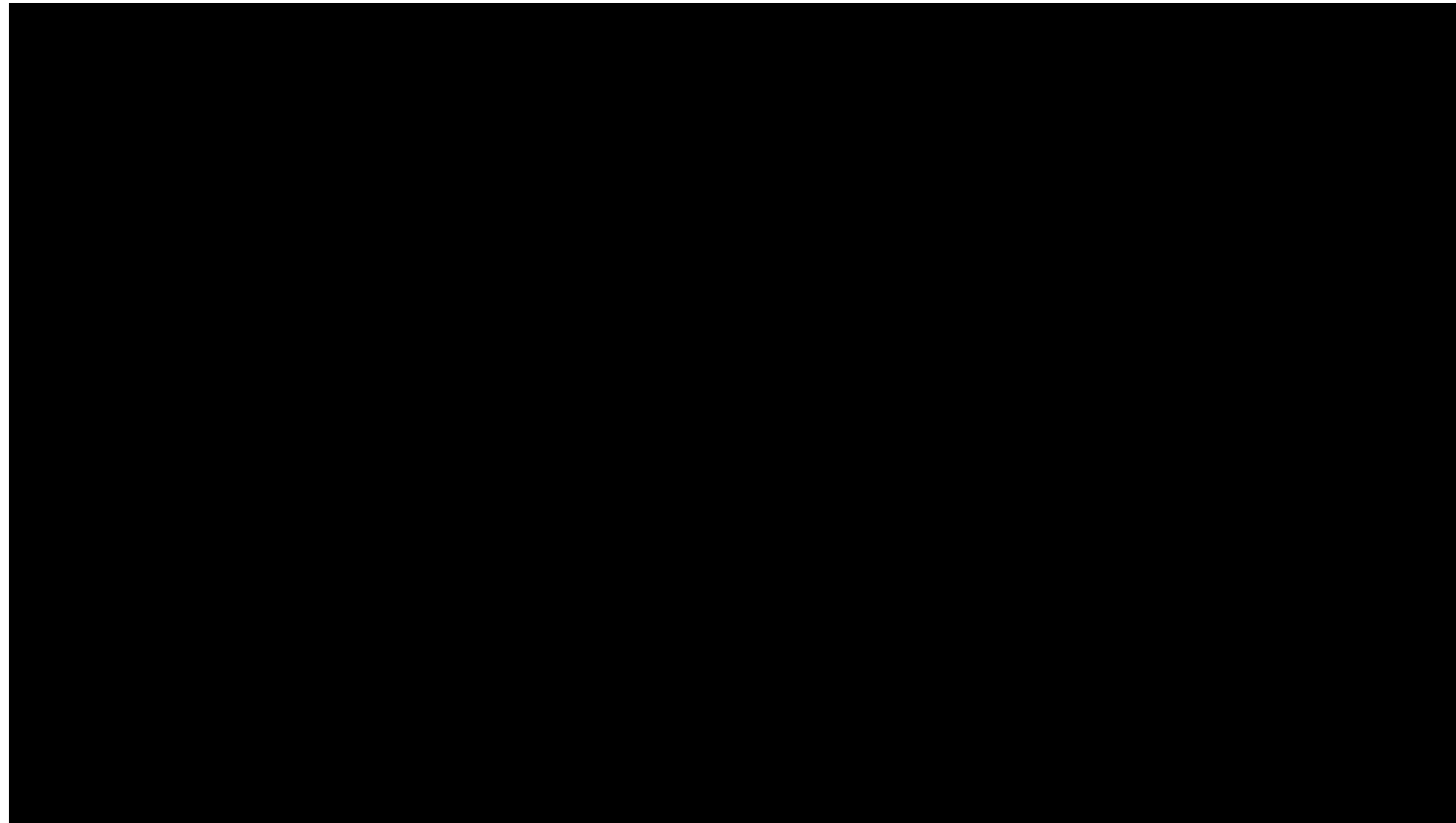
Thales Sehn Kc

Modelo de cor XYZ

- Os espaços de cores CIE 1931 foram as primeiras ligações quantitativas definidas entre cores puras físicas (ou seja, comprimentos de onda) no espectro eletromagnético visível e **cores fisiológicas** percebidas na visão de cor humana.
- Os resultados experimentais foram combinados na especificação do espaço de cores **CIE RGB**, a partir do qual o espaço de cores **CIE XYZ** foi derivado.
- Ao julgar a luminosidade relativa (brilho) de cores diferentes em situações bem iluminadas, os seres humanos tendem a **perceber** a luz dentro das partes verdes do espectro como luz **mais brilhante** do que vermelha ou azul de potência igual.

Modelo de cor XYZ

<https://www.youtube.com/watch?v=x0-qoXOCOow>



Conversão RGB \rightarrow XYZ

- Feita de forma matricial:
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [M] \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \text{ e } \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = [M^{-1}] \times \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

- Há diversos padrões. Exemplo:

RGB Working Space	Reference White	RGB to XYZ [M]			XYZ to RGB [M] ⁻¹		
Adobe RGB (1998)	D65	0.5767309	0.1855540	0.1881852	2.0413690	-0.5649464	-0.3446944
		0.2973769	0.6273491	0.0752741	-0.9692660	1.8760108	0.0415560
		0.0270343	0.0706872	0.9911085	0.0134474	-0.1183897	1.0154096

- Fonte: http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn_RGB_to_XYZ.html

Modelo de cor YIQ



- Utilizado na transmissão de imagens de televisão analógica NTSC (National Television System(s) Committee);
- Divide a cor em (Y) Luminância e (I) Crominância vermelha e (Q) Crominância azul.
- Televisões preto e brancas utilizam apenas a componente Y.
- Componentes I e Q podem ser mais comprimidas devido as características do olho humano.

Conversão RGB \rightarrow YIQ

- Feita de forma matricial:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.60 & -0.28 & -0.32 \\ 0.21 & -0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.9563 & 0.6210 \\ 1 & -0.2721 & -0.6474 \\ 1 & -1.1070 & 1.7046 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

Modelo de cor YUV



- Idêntico ao YIQ, porém com valores diferentes de conversão;
- Utilizado em televisões analógicas no padrão PAL (*Phase Alternating Line*) e na compressão de imagens e vídeos MPEG e JPEG.

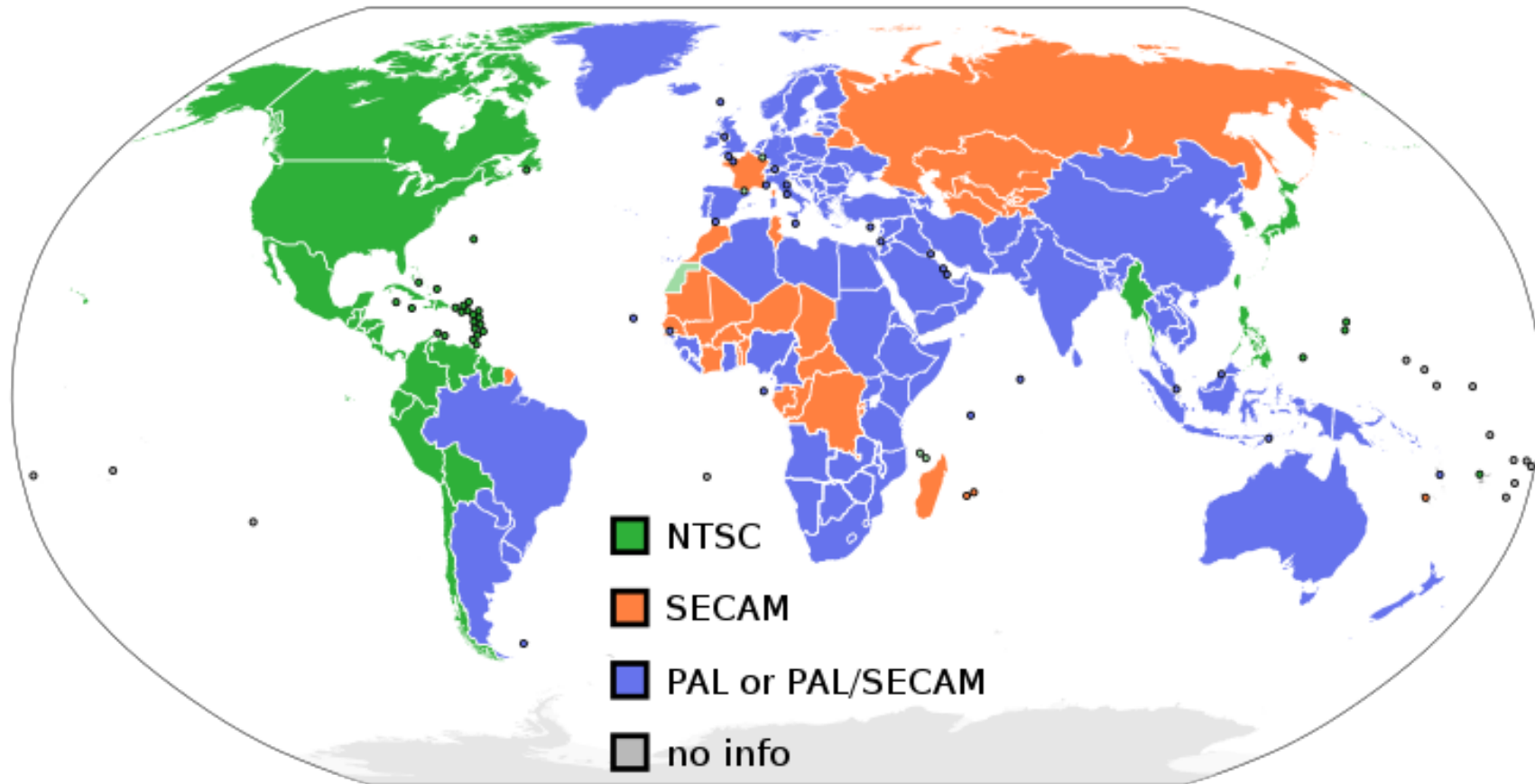
Conversão RGB \rightarrow YUV

- Feita de forma matricial:

$$\begin{bmatrix} Y' \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -1.4713 & -0.28886 & 0.436 \\ 0.615 & -0.51499 & -0.10001 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

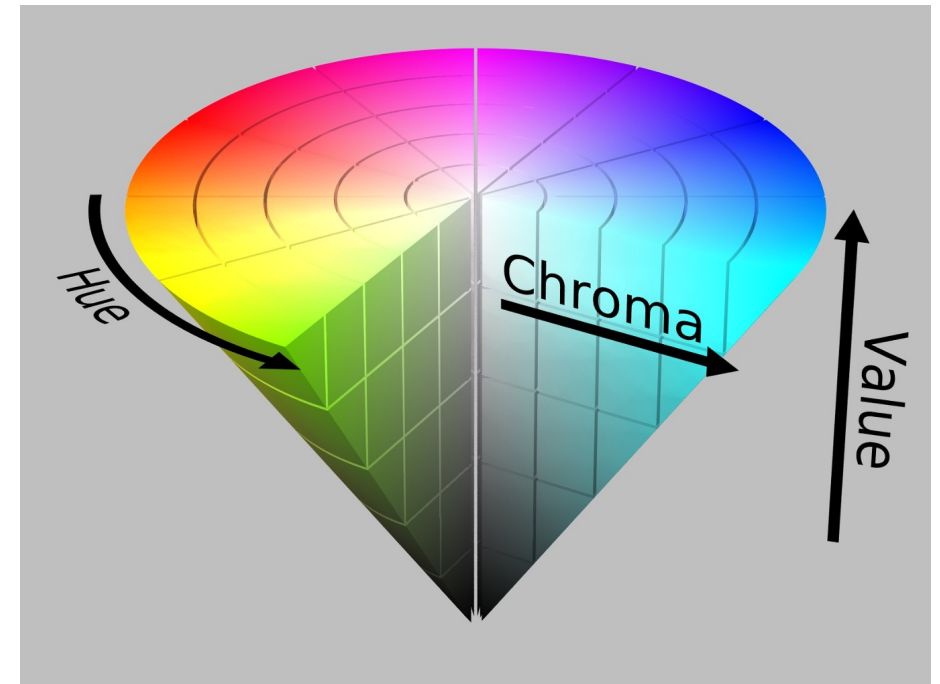
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.13983 \\ 1 & -0.39465 & -0.58060 \\ 1 & 2.03211 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y' \\ U \\ V \end{bmatrix}$$

YIQ (NTSC) e YUV (PAL)

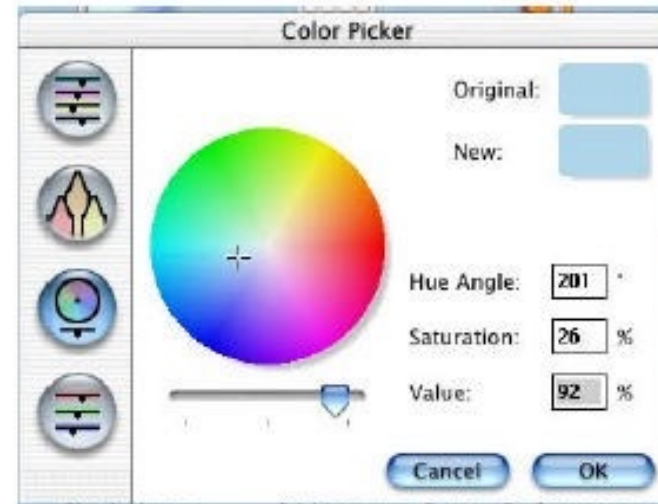
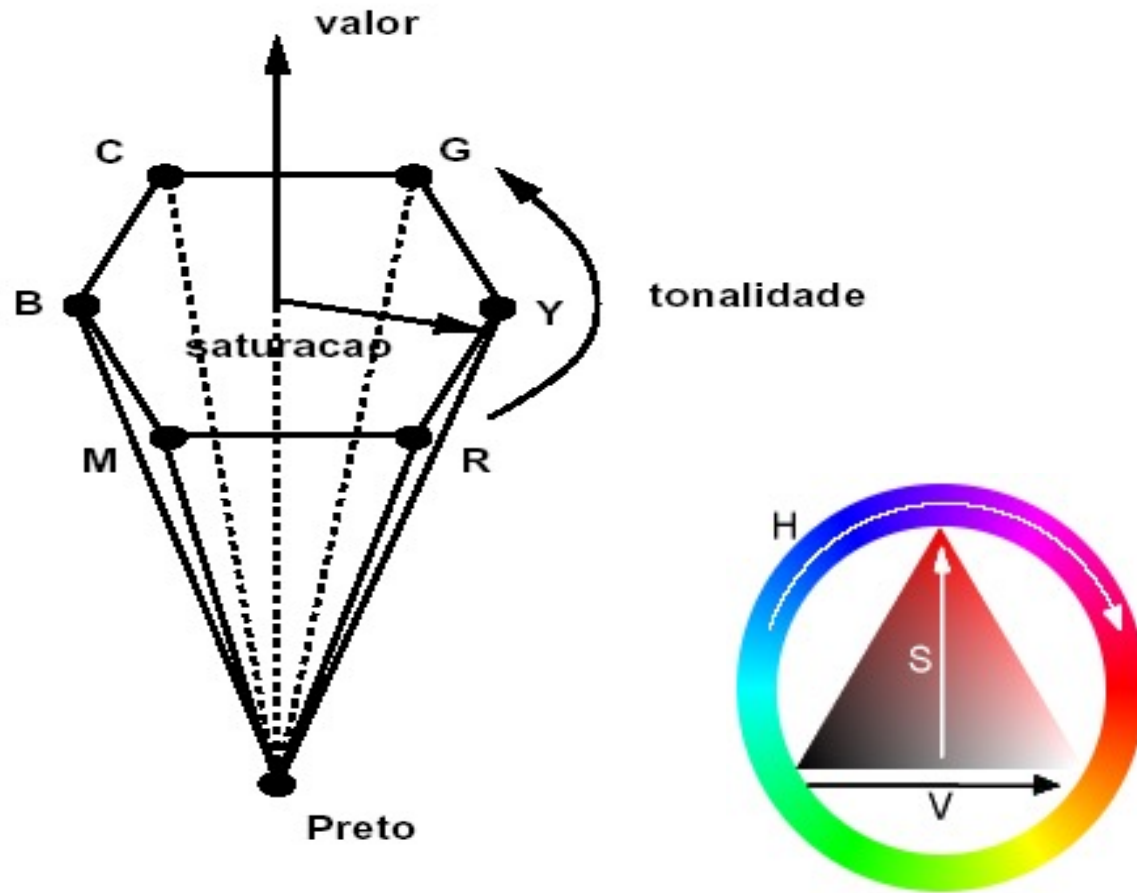


Modelo de cor HSV

- Diferente dos modelos anteriores, o HSV é orientado ao usuário;
- Define a cor com uma combinação de (H) Matiz, (S) Saturação e (V) Valor;
- É também conhecido como HSB onde (B) é Brilho;
- Conversão por algoritmo e não por matriz.



Visualização do Sistema HSV



HSV color
picker from
Mac OS X's
Finder

Visualização do Sistema HSV

https://www.youtube.com/watch?v=NAw2_NtGNaA

e HSV color mod

Thales Sehn Kö

Referências

- Thales Sehn Körting - **The RGB color model.**

Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=74Q5K5u9Sj4>>.

- Jeremy Selan - **Visualizing the XYZ Color Space.**

Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=x0-qoXOCOow>>.

- Thales Sehn Körting - **The HSV color model.**

Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=NAw2_NtGNaA>.

- AZEVEDO, Eduardo. CONCI, Aura. **Computação gráfica: geração de imagens.** Rio de Janeiro: Campus, 2503.