



COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Unidade 7 – Sistemas de Cores

Ivan Nunes da Silva



Cor

- O que é cor?
 - ♦ Cor é uma **sensação** produzida no nosso cérebro pela luz que chega aos nossos olhos.
 - ♦ É um problema psico-físico.



Paradigmas de Abstração

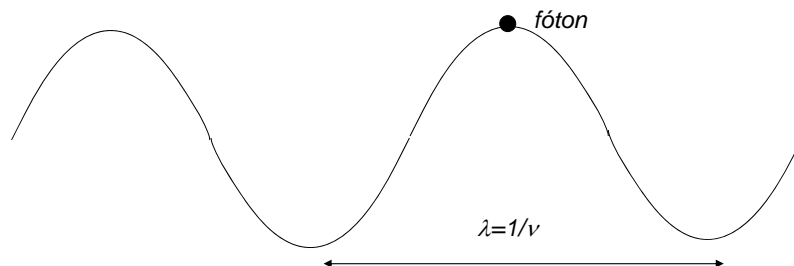
- Universos: físico → matemático → representação → codificação.
- Luz → modelo espectral → representação tricromática → sistemas de cor.

3



Modelo Espectral de Cor

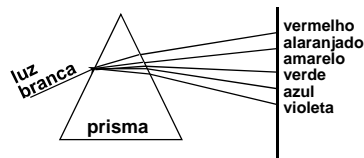
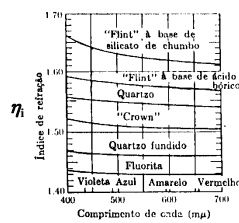
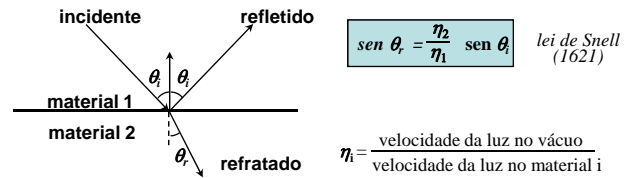
- Luz é uma **radiação** eletromagnética que se propaga a 3×10^8 km/s ($E = h \cdot \nu$, $c = \lambda \cdot \nu$).
 - ♦ h é a constante de Planck (6.626×10^{-34} J · s).
- Luz branca é uma mistura de radiações com diferentes comprimentos de onda.



4



Reflexão e Refração



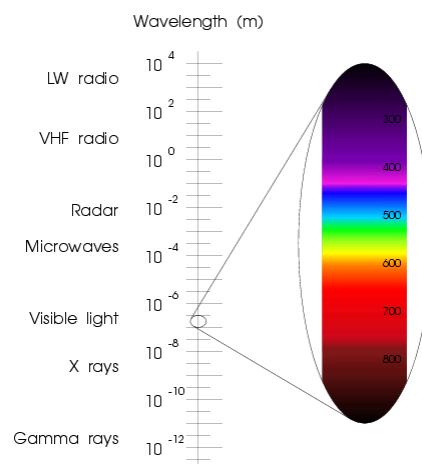
luz branca (acromática) tem todos os comprimentos de onda

Newton

5



Espectro Visível



6



Luz Visível

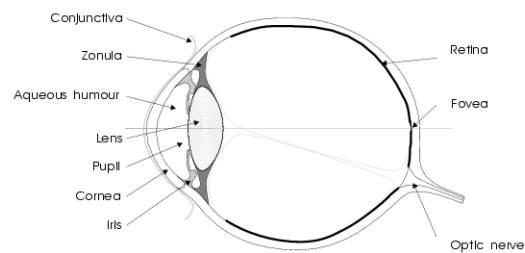
Range (nm)	Colour
380 – 450	Violet
450 – 490	Blue
490 – 560	Green
560 – 590	Yellow
590 – 640	Orange
640 – 730	Red

7



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.



8



Percepção de Cor

- Diferente para cada espécie animal.
 - ♦ Camarão “mantis” possui 12 tipos fotorreceptores de cor, ou seja, eles enxergam mais cores que os humanos.
- Dentre os mamíferos, só o ser humano e algumas espécies de macaco enxergam cores (tri-cromático).
- Aves têm uma visão muito mais acurada do que a nossa. A retina delas tem milhões de fotorreceptores, os quais aumentam o alcance visual.

9



Representação

- Amostragem gera uma representação **finita** de uma função de distribuição espectral.
- Todo sistema refletivo possui um número **finito** de sensores, que fazem uma amostragem em n faixas do espectro.

10



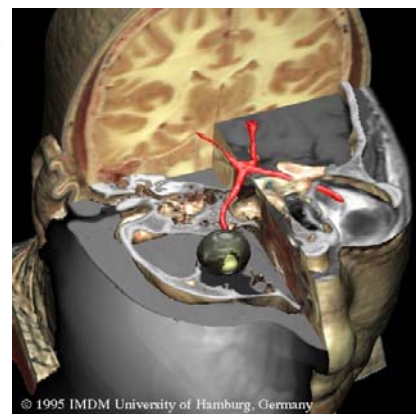
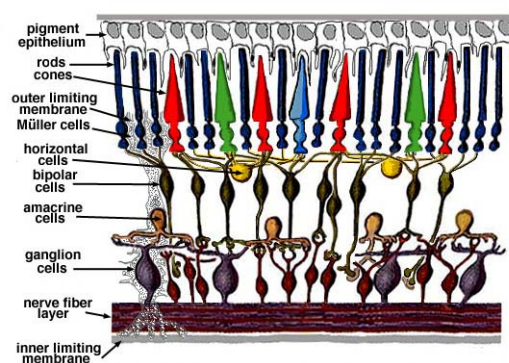
Sistema Visual Humano

- Dois tipos de células receptoras com sensibilidades diferentes: cones e bastonetes.
 - ♦ Bastonetes → luz de baixa intensidade (sem cor).
 - ♦ Cones → luz de média e alta intensidade (com cor).
- Três tipos de cones que amostram: comprimento de onda curto (azul), médio (verde) e longo (vermelho).

11



Cones e Bastonetes

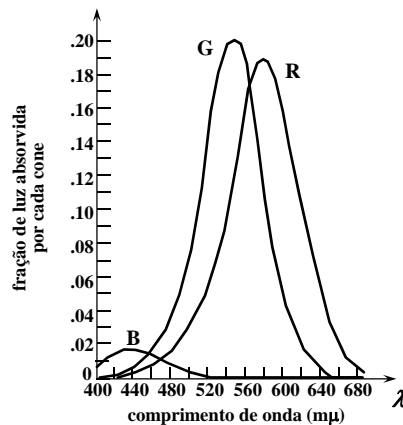


- 120 milhões de bastonetes (em cada olho).
- 6 milhões de cones (por olho).

12



Tipos de Cones e Eficiência Luminosa



- Brilho aparente varia com o comprimento de onda.
- Pico do brilho é diferente para níveis baixos (bastonetes), médios e altos (cones).
 - ♦ Máximo na faixa do verde.

13



Representação Discreta de Cor

- O espaço de todas as distribuições espectrais possui dimensão **infinita**.
- Representação **finita** requer um processo de amostragem.
 - ♦ Aproxima um espaço de dimensão infinita por um espaço de dimensão finita (há perda de informação).
- Pode-se utilizar um vetor de dimensão finita na representação discreta de cor.

$$R: f \in D \rightarrow (f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n)) \in \mathbb{R}^n$$

14



Sistemas Padrão e de Interface

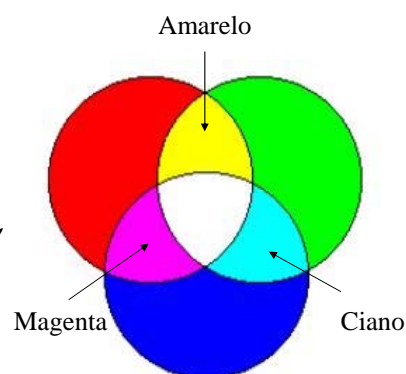
- Padronizada pela CIE – Comissão Internationale de L'Eclairage (criada em 1913).
- Sistemas Padrão:
 - ♦ CIE-RGB.
 - 700 $m\mu$ (Red), 546 $m\mu$ (Green), 435.8 $m\mu$ (Blue).
 - ♦ CIE-CMY.
 - Ciano (azul piscina), Magenta (violeta), Amarelo.
 - ♦ CIE-XYZ.
- Sistemas de Interface:
 - ♦ Baseados em **coordenadas**: HSV, HSL.
 - ♦ Baseados em **amostras**: Pantone, Munsell.

15



Sistema Padrão (RGB)

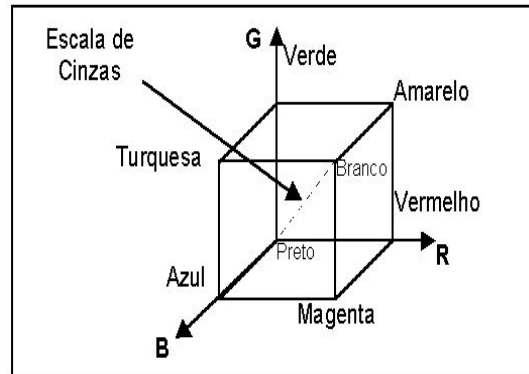
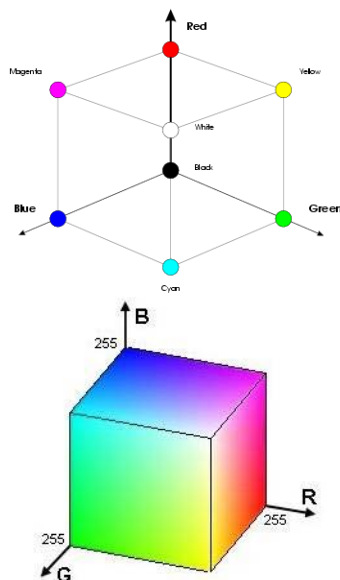
- As cores são obtidas através da adição da intensidades das cores primárias.
- As cores primárias utilizadas são o vermelho, o verde e o azul.
- O espectro de cores é formado a partir da combinação linear das cores primárias.



16



Sistema Padrão (RGB)

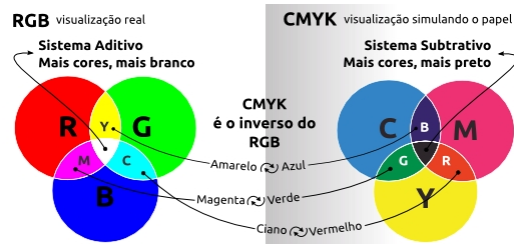
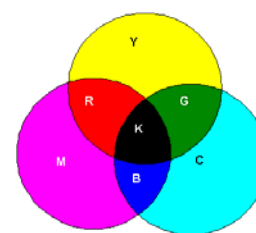


17



Sistema Padrão (CMY)

- Sistema das Impressoras.
 - CMY ou CMYK.
 - C → Ciano // M → Magenta // Y → Yellow // K → Preto
- Processo predominantemente subtrativo.
- As cores são geradas subtraindo-se o comprimento da onda dominante da luz branca, por isso, a cor resultante corresponde à luz que é refletida.
- As cores primárias subtrativas subtraem uma cor primária (R,G,B) da luz branca e reflete as outras duas.
 - A quantidade de preto numa cor é indicada pela diferença entre o branco e a intensidade máxima das 3 cores primárias aditivas (R,G,B).
 - A quantidade de branco numa cor é indicada pela diferença entre o preto e a intensidade mínima das 3 cores primárias aditivas (R,G,B).

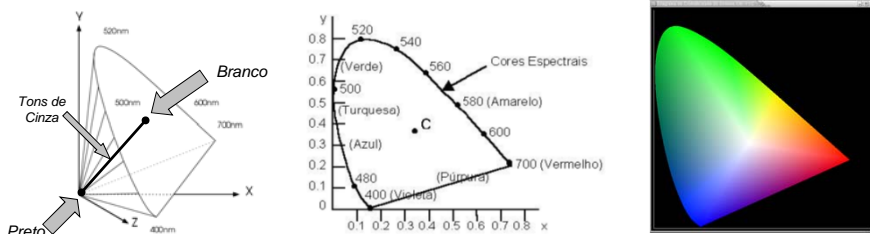


18



Sistema Padrão (XYZ)

- Sistema aditivo de cores primárias da CIE.
 - ♦ Descreve as cores através de 3 cores primárias virtuais X, Y e Z.
 - ♦ Sistema foi criado devido à inexistência de um conjunto finito de cores primárias que produza todas as cores visíveis possíveis.
 - ♦ As cores C_i podem ser expressas pela seguinte equação:
 - $C_i = x.X + y.Y + z.Z \rightarrow$ com $x + y + z = 1$.
 - X, Y e Z especificam as quantidades das primárias padrões necessárias para descrever uma cor espectral.
- Este conjunto de cores visíveis forma um cone convexo, chamado de sólido de cor.
 - ♦ Espaço de cor é o conjunto das retas que passam pela origem.



19



Conversão Entre Sistemas Padrões

- Conversão de RGB para XYZ e Vice-Versa

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.489989 & 0.310008 & 0.200003 \\ 0.176962 & 0.812400 & 0.010638 \\ 0.000000 & 0.009999 & 0.990001 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.364666 & -0.896583 & -0.468083 \\ -0.515155 & 1.426409 & 0.088746 \\ 0.005203 & -0.014407 & 1.009204 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}.$$

- Conversão de RGB para CMY

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

20



Sistemas de Interface

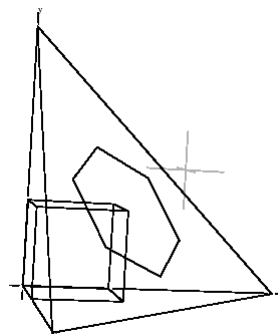
- Oferecem uma **interface** adequada a especificação de cores por um usuário comum.
- Sistema bem mais intuitivo.
- Em geral, especificam cores através de três parâmetros: matiz, saturação e luminância.
- Tipos de Sistemas de Interface:
 - ♦ Baseados em **coordenadas**: HSV, HSL.
 - ♦ Baseados em **amostras**: Pantone, Munsell.

21



Sistema HSV (Definição)

- Sistema HSV foi criado por Alvy Ray Smith.
 - ♦ H → Hue (matiz)
 - ♦ S → Saturation (saturação)
 - ♦ V → Value (valor da luminância)
- Projeta o cubo RGB ortogonalmente sobre o plano: $x + y + z = 3$.
- A representação gráfica tridimensional do sistema HSV é um cone de 6 lados derivado do cubo RGB.
- Conversão para RGB não é uma transformação linear.

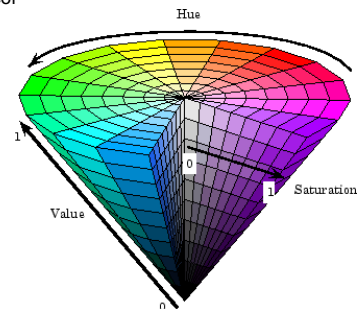
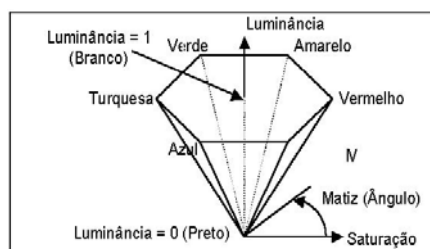
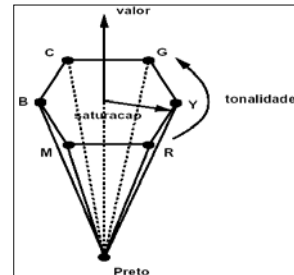


22

Sistema HSV (Visualização)



- A cor é especificada através de uma cor espectral e das quantidades de branco e preto que serão adicionadas.
- Os vários **matizes** (tonalidades) estão representados na parte superior do cone, a **saturação** é medida ao longo do eixo horizontal e a **luminância** é medida ao longo do eixo vertical, que passa pelo centro do cone.
- O **matiz**, que corresponde às arestas ao redor do eixo vertical, varia de 0 (vermelho) a 360°, e o ângulo entre os vértices é de 60°.
- A **saturação** varia de 0 a 1 e é representada como sendo a razão entre a pureza de um determinado matiz e a sua pureza máxima ($S = 1$). Um determinado matiz possui $\frac{1}{4}$ de pureza em $S = 0.25$. Quando $S = 0$ tem-se a escala de cinzas.
- A **luminância** varia de 0 (no pico do cone), que representa a cor preta, até 1 (na base), onde as intensidades das cores são máximas.

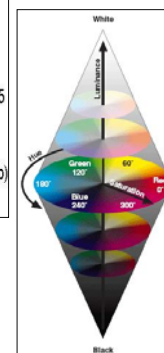
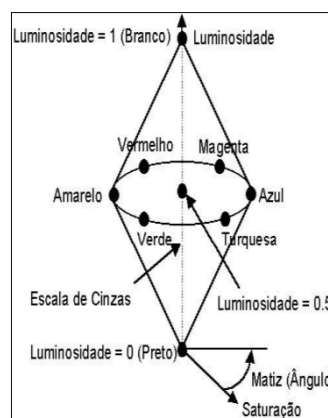


23

Sistema HSL



- Sistema: H (Hue) S (Saturation) L (Lightness)
 - H → Hue (matiz)
 - S → Saturation (saturação)
 - L → Lightness (luminosidade/brilho)
 - Patenteado pela Tektronix.
- Sistema baseado no HSV.
- O ângulo em relação ao eixo vertical varia de 0 (matiz azul) a 360° em intervalos de 60° e especifica um matiz.
- O eixo vertical corresponde à luminosidade e varia de 0 (preto) a 1 (branco) e é onde se encontra a escala de cinzas.
- A saturação varia de 0 a 1, e os matizes puros são encontrados no plano onde a luminosidade é igual a 0.5 e a saturação é igual a 1.
 - Quanto menor o valor da saturação menor é a pureza do matiz
 - Quando a saturação é igual a 0, tem-se a escala de cinzas.



24



Facilidades do Sistema HSV e HSL

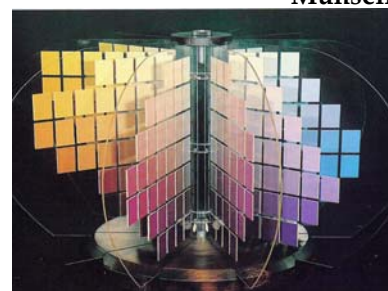
- Os sistemas HSV e HSL permitem que se pense em termos de cores mais “claras” e mais “escuras”.
- As cores são especificadas através de um ângulo, e os diversos *shades*, *tints*, e *tones* de cada cor são obtidos através do ajuste do brilho ou luminosidade e da saturação.
- As cores mais claras são obtidas através do aumento do brilho ou da luminosidade e as cores mais escuras pela diminuição dos mesmos.
- As cores intermediárias são obtidas através da diminuição da saturação.

25



Sistemas Baseados em Amostras

- Amostram matizes, saturação e luminância.
- **Sistema Munsell (1915):**
 - ♦ Obedece o critério da uniformidade perceptual.
- **Sistema Pantone (1960):**
 - ♦ Criado pela indústria gráfica.
 - ♦ Usado no processo de impressão em papel.



Munsell



Pantone