



Processamento digital de imagens

Transformações de cor

CPGCG/UFPR

Prof. Dr. Jorge Centeno

Percepção da cor

- Uma fotografia digital é registrada usando três matrizes que armazenam a radiação eletromagnética (Luz) em três cores básicas: Red, Green, Blue.
- Porém, a variação de cor não é discreta, mas contínua.
- A luz visível, conforme demonstrado por Newton, pode ser decomposta em uma grande gama de cores (o espectro visível).

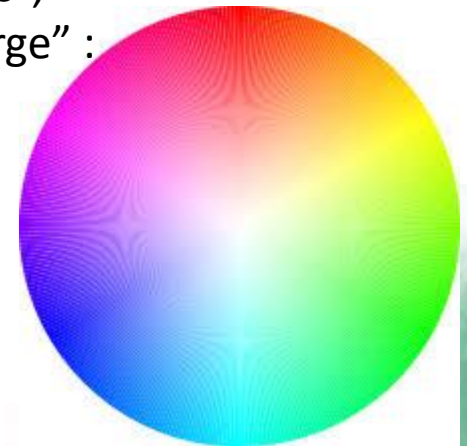


Blue desde 435,8nm Green~546,1nm Red até 700nm

O espectro visível é definido dentro da faixa de 0,4 a 0,7 micras.

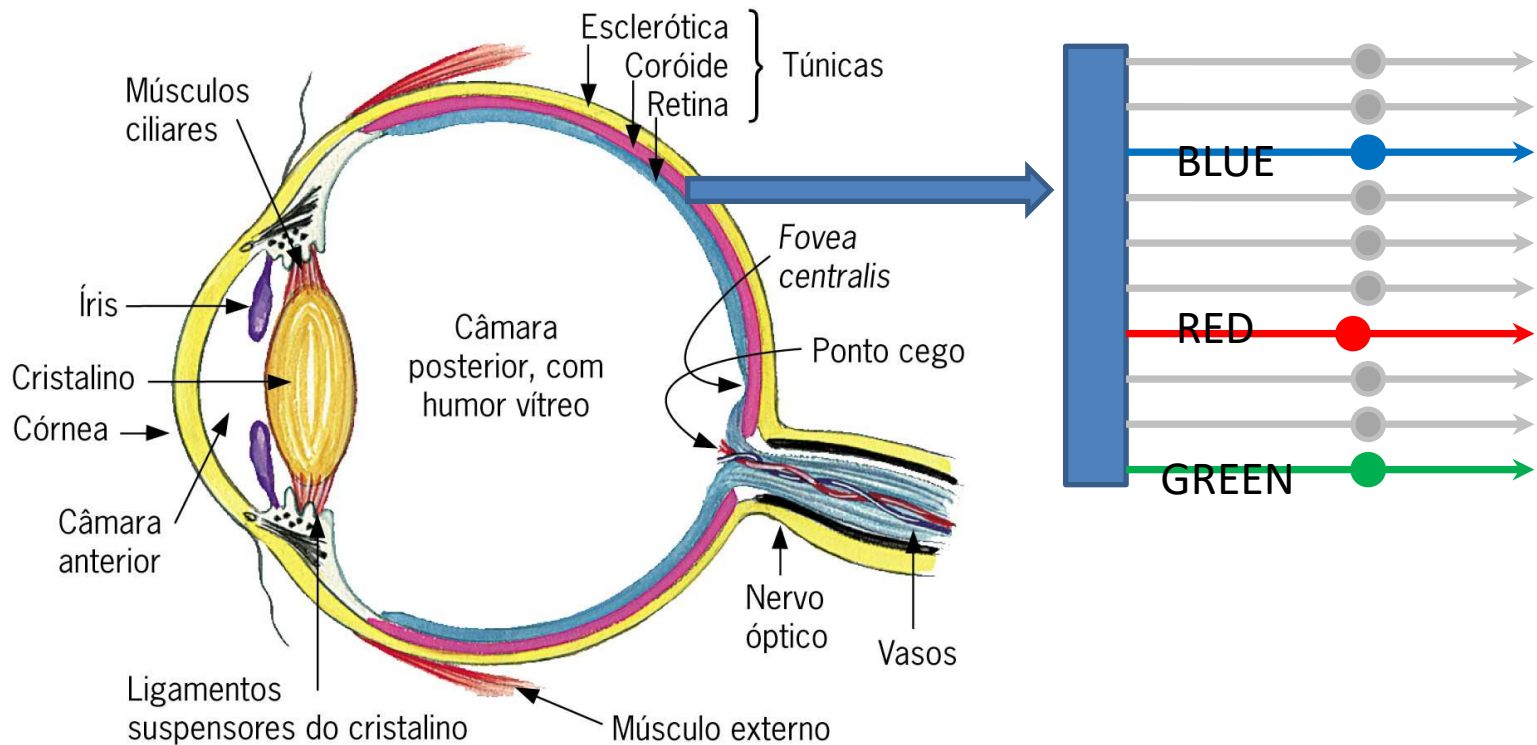
Entende-se que as cores básicas estão dentro desse “espectro”,
Como definido pela CIE – “Comission Internationale d l’Eclairge” :

Na verdade o sistema não é uma reta, é mais uma círculo
Porque existem cores entre o azul e o vermelho

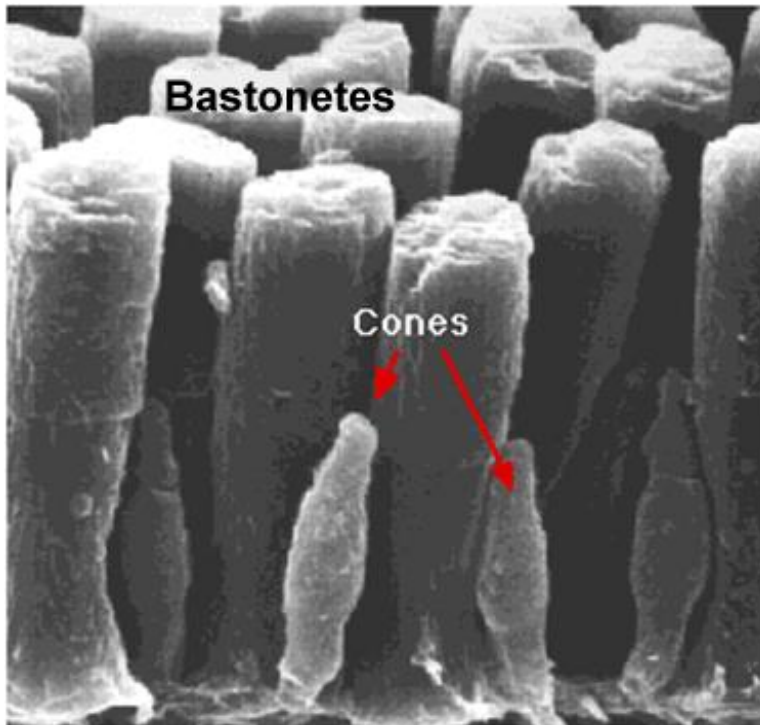


A visão e a cor

Olho humano em corte

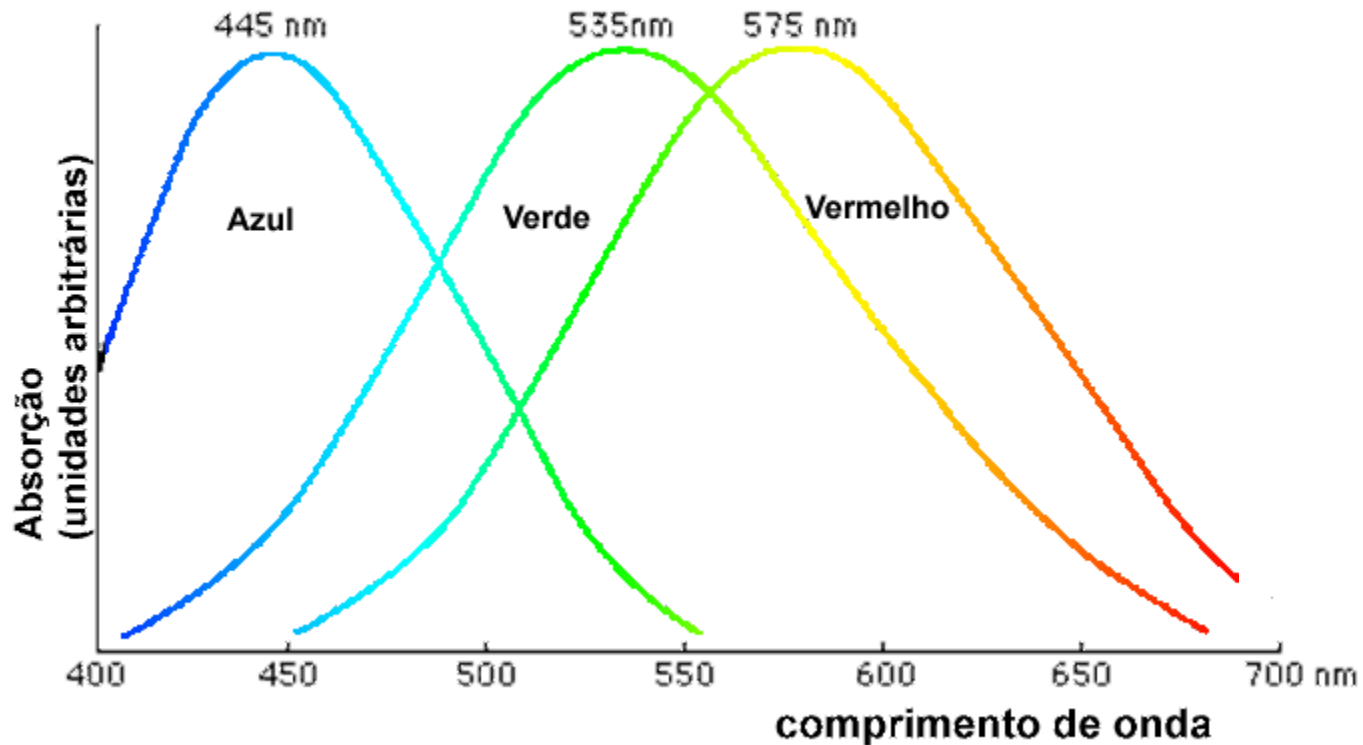


Cones e bastonetes



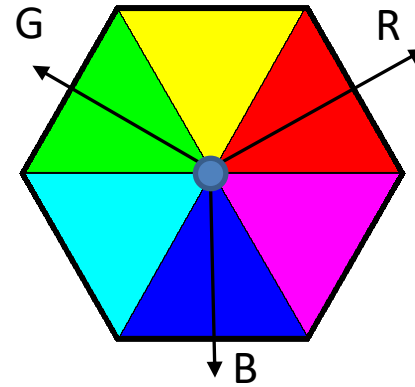
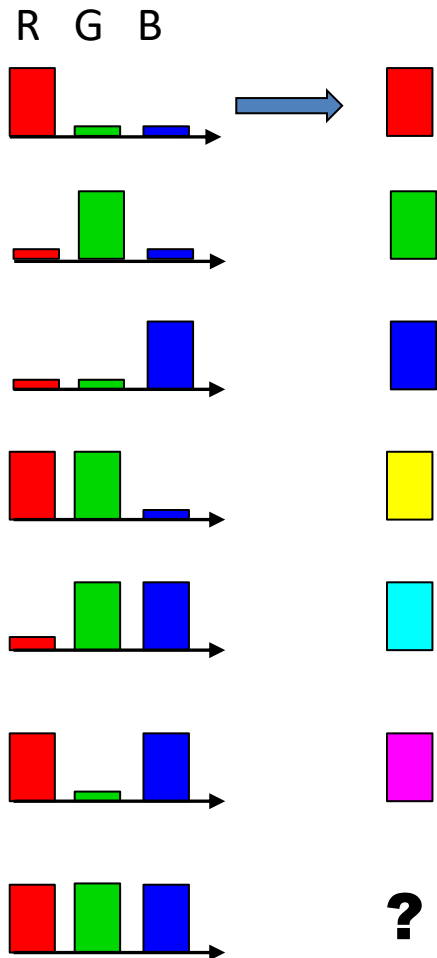
- Existem aproximadamente 6 milhões em cada olho humano concentrados na região fóvea.
- Os bastonetes (rods), percebem a luminosidade.
- Os Cones são as células do olho humano capazes de reconhecer as cores.

Sensibilidade de 3 tipos de cones



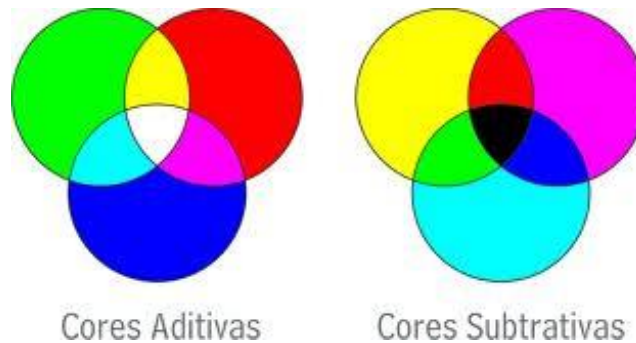
- Podemos chamar de cones B,G e R?

Combinando a sensação...



Combinação aditiva de cores

- Na tela do computador são combinadas luzes, logo se verifica a combinação aditiva das cores básicas
- R – G – B.



Logo, cada cor pode ser descrita por uma combinação RGB

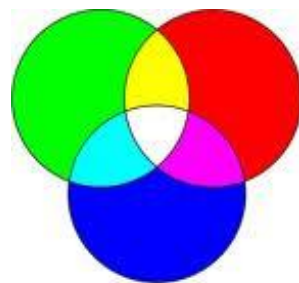
$$\text{COR} = r * I(R) + g * I(G) + b * I(B)$$

Transformação RGB CYM

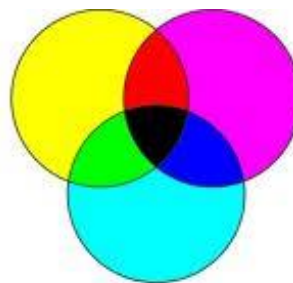
- Para transformar do sistema RGB para o sistema CMY - Ciano, Magenta, Amarelo (yellow) :

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

- Ou seja, o ciano não pode ter componente vermelha. O magenta verde, e o amarelo azul. Pois estes pares são opostos



Cores Aditivas



Cores Subtrativas

Sistema YIQ

Com o surgimento da televisão, passou-se a transmitir imagens em preto e branco, logo foi necessário “resumir” o vetor colorido (RGB) para um único valor.

- Assim sendo, foi proposto usar apenas a “intensidade” total dos pixels, ou seja, a soma (muitas vezes ponderada) das componentes RGB.
- Intensidade = $R + G + B$

ou

- $$I = \frac{1}{3}R + \frac{1}{3}G + \frac{1}{3}B$$



Sistema YIQ

Com o surgimento da televisão colorida, foi necessário transmitir a cor de cada pixel. Para isto, a imagem foi proposta uma transformação YIQ:

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

Um televisor colorido usaria todas as componentes, enquanto um receptor preto e branco apenas a Y (intensidade).

O par IQ armazena a cromaticidade e Y a Luminância (Intensidade)

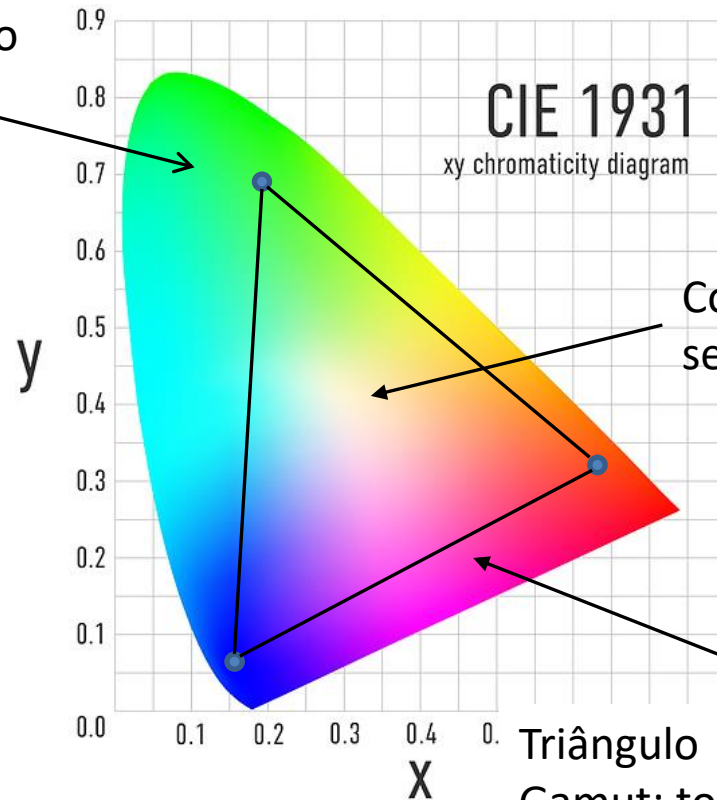
$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$

Uma soma ponderada de todas as cores

CIE Comissão Internacional de Iluminação (Commission internationale de l'éclairage)



Todas as cores
percebidas pelo olho



Combinções
sem saturação

Triângulo

Gamut: todas as cores que
podem ser representadas por
adição de R G e B

XYZ

Neste modelo:

- X é uma aproximação da curva de sensibilidade do vermelho ao verde (cones L e M).
- Y significa luminosidade (claridade),
- Z é aproxima estímulo de azul (cones S)

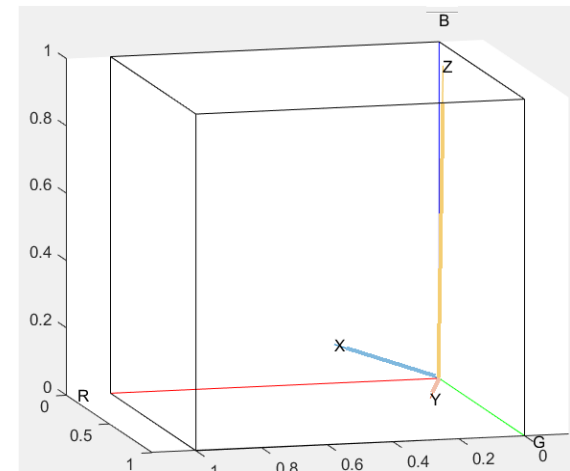
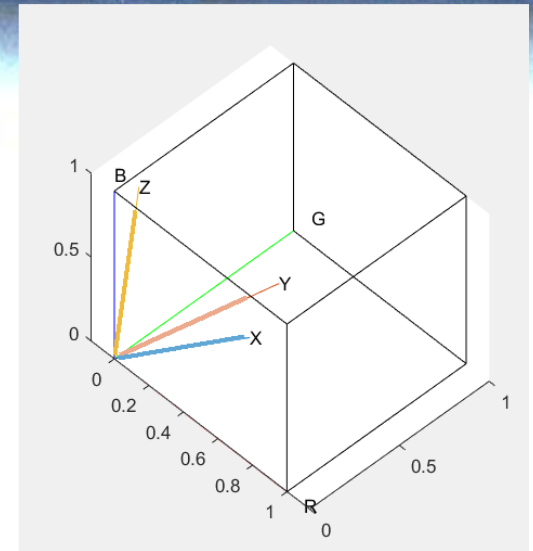
$$X = 0.41245 R + 0.35758 G + 0.18042 B$$

$$Y = 0.21267 R + 0.71516 G + 0.07217 B$$

$$Z = 0.01933 R + 0.11919 G + 0.95023 B$$

- As componentes não são ortogonais

$$\text{RGB2XYZ} = \begin{bmatrix} 0.41245 & 0.35758 & 0.18042 \\ 0.21267 & 0.71516 & 0.07217 \\ 0.01933 & 0.11919 & 0.95023 \end{bmatrix};$$

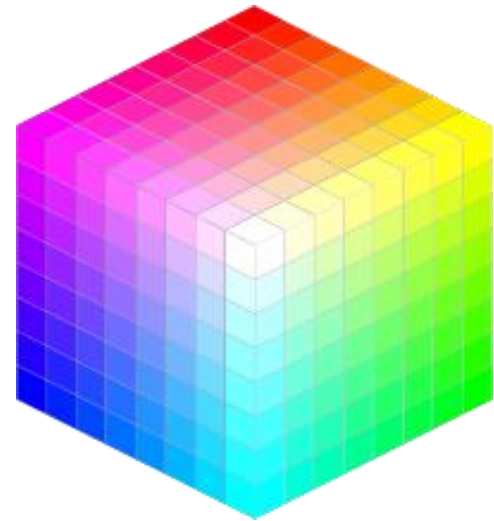
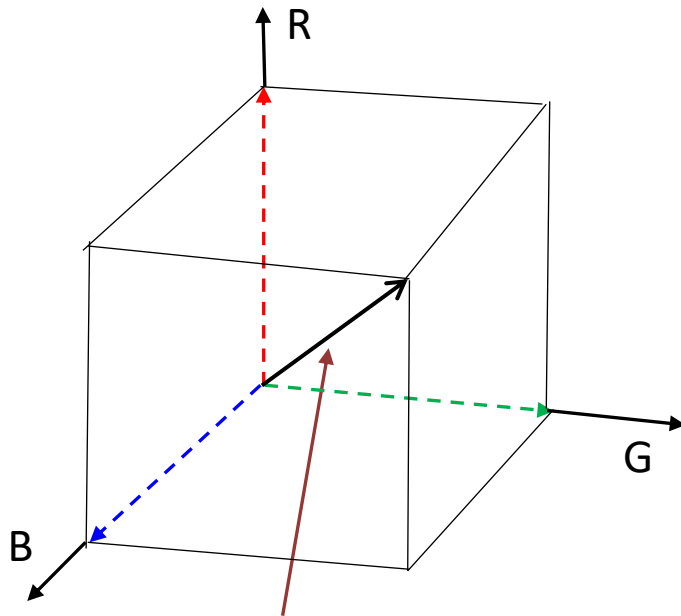


Sistema IHS

- Intensidade
- Hue (tonalidade)
- Saturação

CUBO RGB

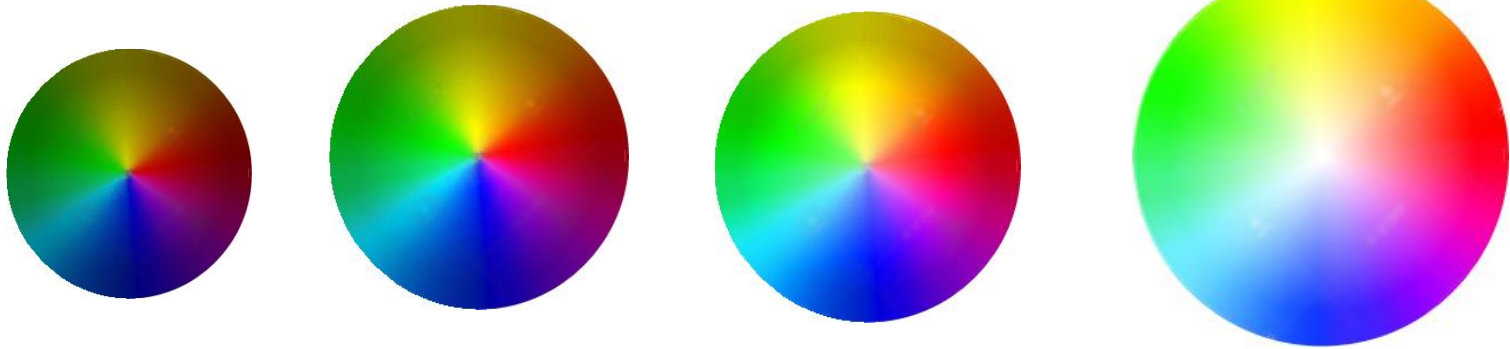
- As cores podem ser representadas pelo vetor (r,g,b) dentro de um cubo de cores



Linha de cinza:
vai de $(0,0,0)$ a $(1,1,1)$. Região de cores
sem saturação. Branco, cinza, preto...

Variação de intensidade

Mais claro, mais energia



De que cor é a combinação RGB:

$(0,1 \ 0,2 \ 0,1) =$

$(0,2 \ 0,4 \ 0,2) =$

$(0,3 \ 0,6 \ 0,3) =$

$(0,5 \ 1,0 \ 0,5) =$

Qual delas tem mais energia (intensidade)?

Intensidade da cor

- O total de intensidade da cor, ou seja a soma de todas as componentes:
- $I=r+g+b$
- Ou normalizando
- $I=(r+g+b)/3$
- Se é a soma de todas as bandas do visível... Não lembra uma banda pancromática?

RGB



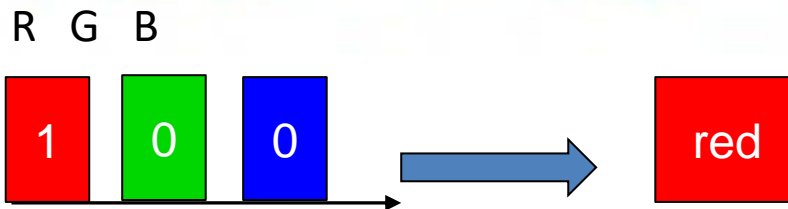
B










R+G+B



Calcule a intensidade de ...



cor	R	G	B	Intensidade
	1	1,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	1,0
	3	1,0	1,0	0,0
	4	1,0	0,0	0,1
	5	0,0	0,9	0,1
	6	1,0	1,0	1,0
	7	0,0	0,0	0,0



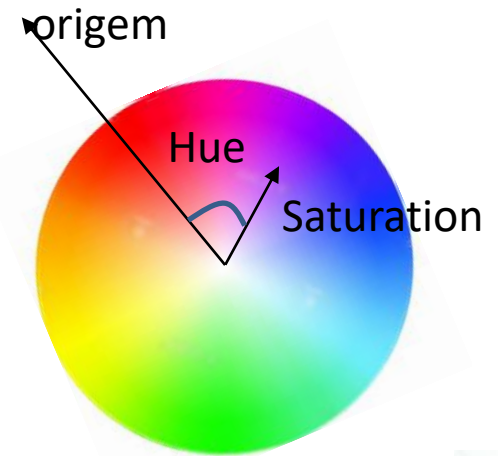
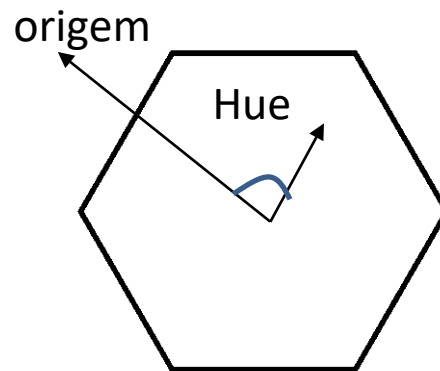
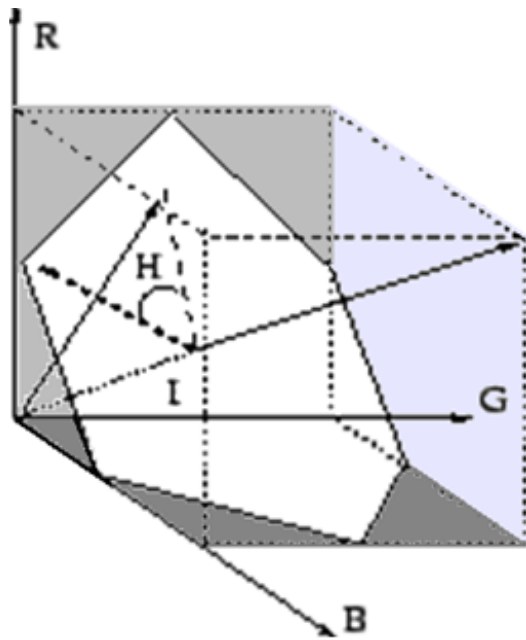
Como veria o jogo em uma TV preto e branco?



Hue & Saturation

Fazendo um corte perpendicular à linha de cinzas podemos medir

- o afastamento da cor em relação à linha de cinzas (Saturação)
- e a direção deste afastamento (tonalidade=Hue)



- Somente falta definir uma origem...

Definamos então:

Um sistema 3D (rotação de RGB)

Com as seguintes propriedades

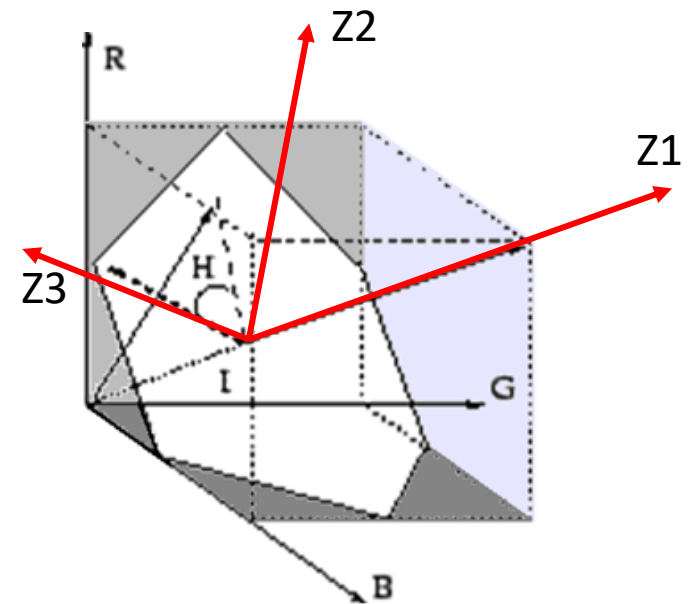
- a) $Z1$, $Z2$ e $Z3$ são perpendiculares;
- b) Um eixo é perpendicular à linha de cinzas ($Z1$);
- b) $Z2$ e $Z3$ definem um plano perpendicular a $Z1$.

$Z1 = (1,1,1)$ ou um múltiplo

$$Z1 * Z2 = 0$$

$$Z1 * Z3 = 0$$

$$Z3 * Z2 = 0$$



Se $Z1 = (1,1,1)$ ou um múltiplo deste vetor...

Buscamos um vetor perpendicular a $Z1$

$$Z1 * Z2 = 0$$

$$0 = z1_1 z2_1 + z1_2 z2_2 + z1_3 z2_3$$

$$0 = z2_1 + z2_2 + z2_3$$

Existem múltiplas soluções, podemos arbitrar uma, por exemplo se $Z2_1 = 0$

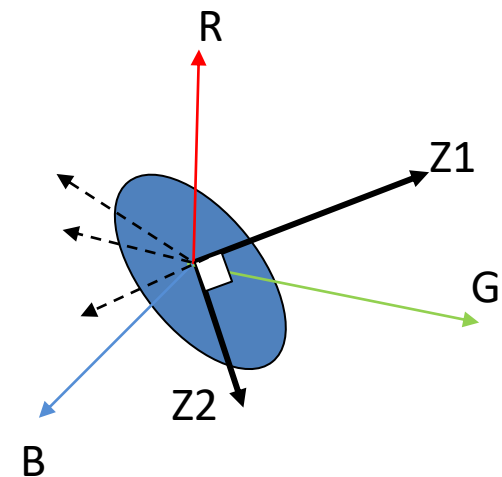
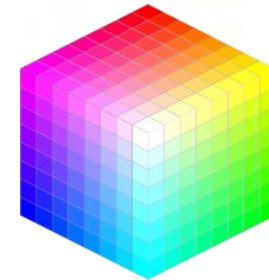
$$z2_2 = -z2_3$$

$Z2$ pode ser $[0, -1, 1]$.

Ou $[0, -\frac{1}{2}, \frac{1}{2}]$, ou $[0, 1, -1]$, ou ...

Prova:

$$[1,1,1] * [0, 1, -1]' = 0$$



Temos: $Z1 = [1, 1, 1]$ e $Z2 = [0, 1, -1]$, perpendiculares entre si.

Agora buscamos um vetor perpendicular a estes dois

- $Z1 \cdot Z3 = 0$
- $Z3 \cdot Z2 = 0$

$$Z3 \text{ perpendicular a } Z1 \quad Z3 \cdot (1, 1, 1) = 0$$

$$Z3 \text{ Perpendicular a } Z2 \quad Z3 \cdot (1, 0, -1) = 0$$

$$0 = z3_1 z3_1 + z3_2 z3_2 + z3_3 z3_3$$

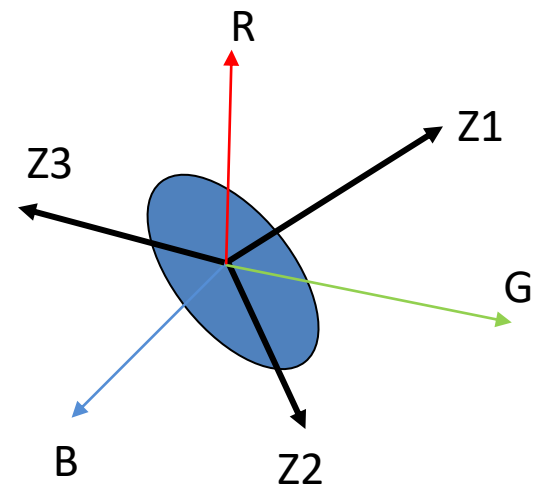
$$0 = z3_1 z2_1 + z3_2 z2_2 + z3_3 z2_3$$

$$0 = z3_1 + z3_2 + z3_3$$

$$0 = z3_2 - z3_3$$

Uma solução é $Z3 = (-1, 2, -1)$, ou $Z3 = (1, -2, 1)$

Lembrando que $Z2$ e $Z3$ definem um plano perpendicular a $Z1$.



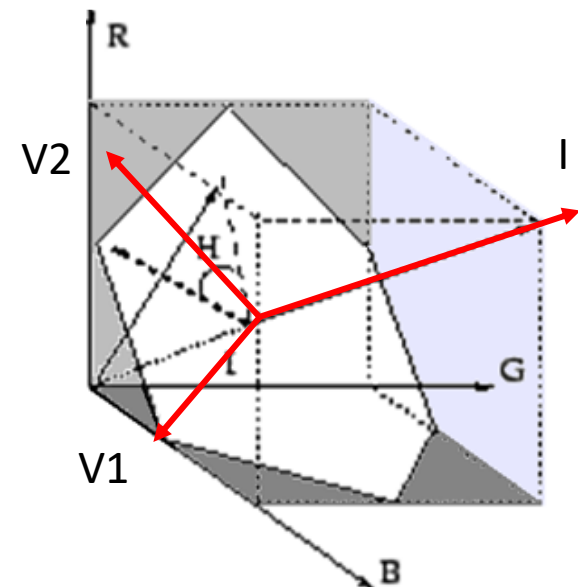
Tranformação RGB-HSV

- Chamando Z_1, Z_2, Z_3 de (I, V_1, V_2)

$$\begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Ou normalizando ...

$$\begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 \\ 0 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 2/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

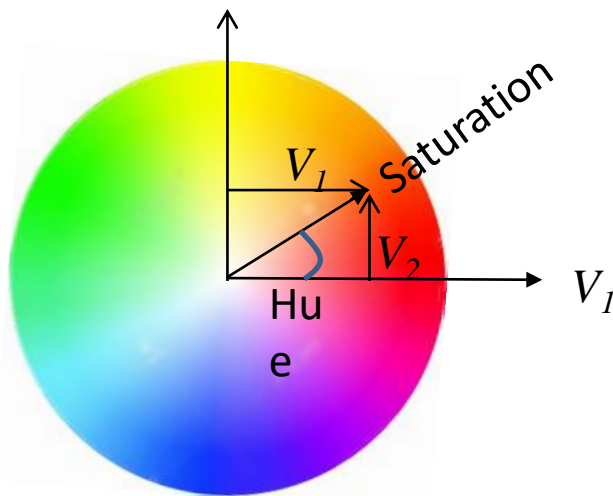


Tranformação RGB-HSV

$$H = \tan^{-1} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$S = \sqrt{(V_1)^2 + (V_2)^2}$$

$$V = I$$



Pode-se calcular as componente
Hue (matiz)

Saturação

E Intensidade

H: (Hue) cor predominante

S: saturação, ou quanto se
afasta da linha central (cinzas)

I: Intensidade (soma de
toda a energia das três cores)

A inversa ... RGB-HSV

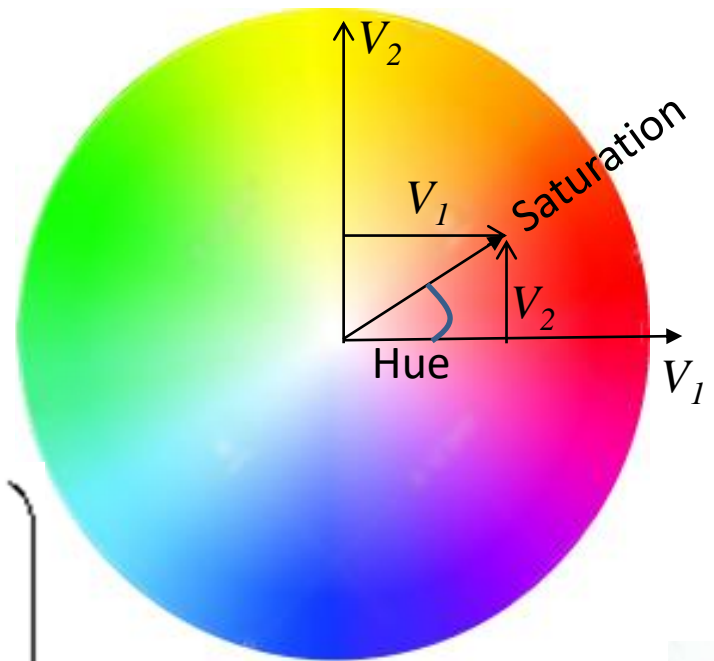
Transformações HSV-RGB

$$V_1 = S \cos(H)$$

$$V_2 = S \sin(H)$$

$$I = V$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{3}/3 & 0 & 2/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$



- Usando o programa disponível no laboratório...
- Leia uma imagem RGB
- Visualize cada banda separada
- Transforme RGB – IHS
- Visualize cada banda separada

PYTHON

- Ou em python

```
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt

# BGR a HSV
HSV = cv2.cvtColor(imgBGR, cv2.COLOR_BGR2HSV )
plt.imshow(HSV)
# bandas isoladas
plt.imshow(HSV[:, :, 0], cmap='gray', vmin=0, vmax=255)

plt.imshow(HSV[:, :, 1], cmap='gray', vmin=0, vmax=255)

plt.imshow(HSV[:, :, 2], cmap='gray', vmin=0, vmax=255)
```