

# Processamento digital de imagens

Agostinho Brito

Departamento de Engenharia da Computação e Automação  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

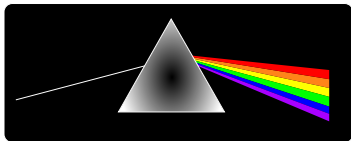
22 de fevereiro de 2016

# Processamento de imagens coloridas

- Motivações: cor ajuda reconhecimento de objetos; olho humano é muito mais sensível à informação de cor que aos tons de cinza.
- Algoritmos apresentados podem ser utilizados ou adaptados para trabalhar com modelos que suportem cor.
- **Full-color**: sensores permitem a captura de vários canais de cor.
- **Pseudo-color**: sistema atribui a um nível de cinza uma cor específica.

# Processamento de imagens coloridas

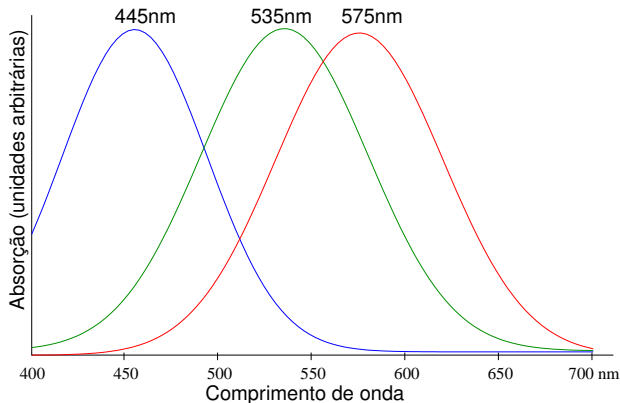
- Uma experiência simples com um prisma pode demonstrar que a luz branca é obtida pela combinação de luzes de cores diferentes.



- Existem três quantidades básicas que são utilizadas para descrever a qualidade de uma fonte de luz cromática:
  - **Radiância:** quantidade de energia que flui da fonte de luz (medida em Watts).
  - **Luminância:** quantidade de energia que um observador percebe (medida em lúmens). Raios infra-vermelhos podem possuir alta radiância, mas baixa luminância.
  - **Brilho:** Noção acromática da intensidade da luz.
- No olho humano, os bastonetes percebem intensidade. Os cones, por sua vez, percebem cor.
- Ocorrem nas seguintes proporções:
  - 65% são sensíveis à luz vermelha.
  - 33% são sensíveis à luz verde.
  - 2% são sensíveis à luz azul.
- Por esta característica do olho humano, as cores são vistas como combinações das cores primárias R(ed), G(reen) e B(lue).

## Processamento de imagens coloridas

- Em 1931, a CIE (Comission Internationale de l'Eclairage) designou os seguintes comprimentos de ondas para as três cores primárias: *blue* =  $435.8nm$ , *green* =  $546.1nm$  e *red* =  $700nm$ .
- Entretanto, em 1965, as seguintes curvas experimentais foram obtidas, mostrando que os padrões do CIE correspondem apenas a aproximações para os dados experimentais.





## Características da cor

- Brilho: noção acromática de intensidade.
- Matiz (*Hue*): representa o comprimento de onda dominante da luz percebida pelo observador.
- Saturação: define a pureza da cor, ou seja, a quantidade de luz branca misturada com uma determinada matiz.
  - As cores puras do espectro são completamente saturadas.
  - Cores como rosa (vermelho e branco) e lavanda (violeta e branco) são menos saturadas.
- Matiz + saturação = cromaticidade.
- Teoria dos tristímulos: as quantidades de vermelho, verde ou azul necessárias para formar qualquer cor particular são chamadas tristímulos, denotadas por  $X$ ,  $Y$  e  $Z$ . A cor é representada pelos seus coeficientes tricromáticos  $x$ ,  $y$  e  $z$ .

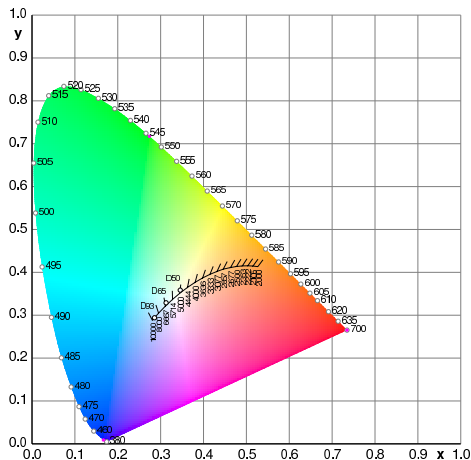
$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

- Note que:

$$x + y + z = 1$$

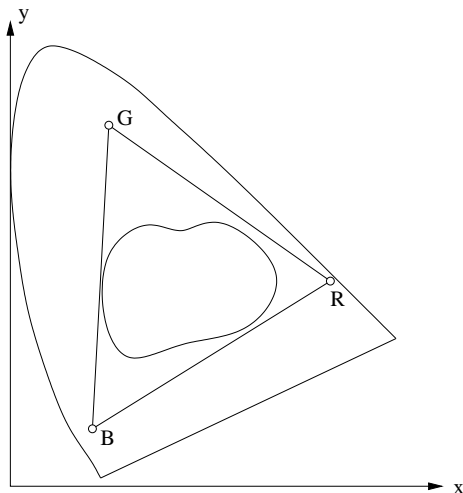
## Diagrama de cromaticidade CIE

- Mostra a composição de cores como função de  $x$  (vermelho) e  $y$  (verde).
- Lembrar que  $z = 1 - (x + y)$ .
- As posições das várias cores do espectro são mostradas neste diagrama.



## Diagrama de cromaticidade CIE

- A escolha de cores para um determinado dispositivo é feita escolhendo-se um triângulo de cromaticidade, especificando-se as cores primárias  $x$  e  $y$  dos vértices do triângulo.
- A região irregular mostra a gama de cores aproximada que pode ser representada por um dispositivo de impressão.



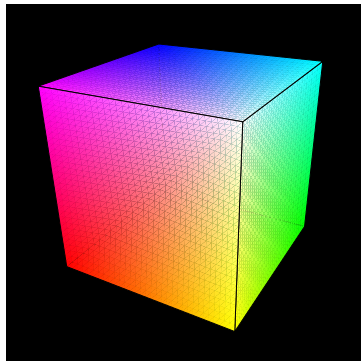
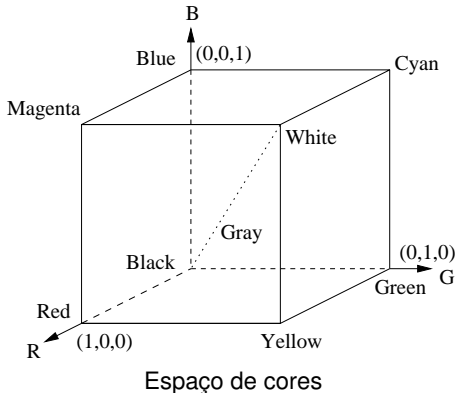


## Modelos de cor

- Os modelos de cor visam facilitar a especificação de cores em algum padrão, utilizando um sistemas de coordenadas. Cada cor é definida por um ponto neste sistema.
- Os modelos de cor são orientados a *hardware* ou a aplicações que visam manipulação de cores.
- Os modelos mais utilizados na prática são RGB, CMY, CMYK e HSV.

## Modelo de cor RGB

- Sistema de coordenadas cartesiano. Os eixos correspondem às componentes primárias da luz R(ed), G(reen) e B(lue).



## Cubo de cor

## Modelo de cor CMY/CMYK

- Sistema de coordenadas cartesiano.
- Complementar ao RGB.
- Os eixos correspondem às componentes primárias da luz R(ed), G(reen) e B(lue).

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

- Geralmente não é possível produzir um preto puro com as combinações de pigmentos de cor. Solução: utilizar pigmento preto (K).

$$K = \min(C, M, Y)$$

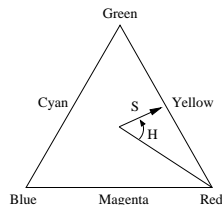
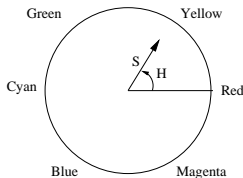
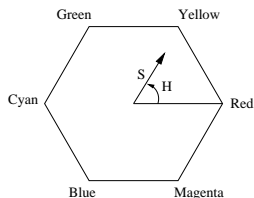
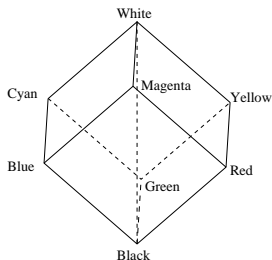
$$C = C - K$$

$$M = M - K$$

$$Y = Y - K$$

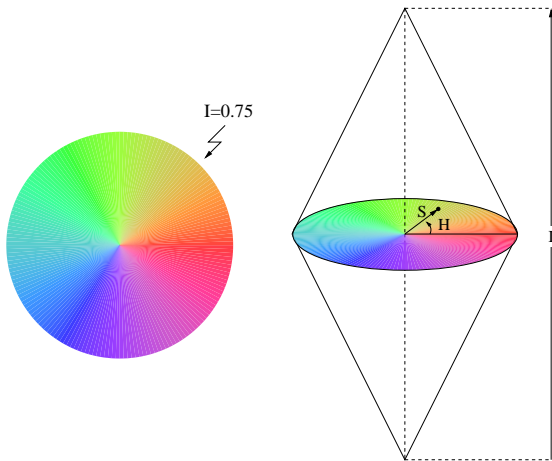
## Modelo de cor HSV

- Adequado para seleção e interpretação humana de cores, desacopla a informação de intensidade da informação de cor.
- Relação conceitual entre RGB e HSV.



## Modelo de cor HSV

- Representação com planos de cor circulares.
- $H \in [0^\circ, 360^\circ]$ ,  $S \in [0, 1]$  e  $V \in [0, 1]$ .



## Conversão RGB $\rightarrow$ HSV

- Assumindo que os valores de R, G e B são normalizados na faixa  $[0, 1]$ , a conversão do modelo de cor RGB para o modelo de cor HSV é dada pelas seguintes equações:

$$\begin{aligned} V &= \max(R, G, B) \\ S &= \begin{cases} \frac{V - \min(R, G, B)}{V} & \text{se } V \neq 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \\ H &= \begin{cases} \frac{60(G-B)}{V - \min(R, G, B)} & \text{se } V = R \\ 120 + \frac{60(B-R)}{V - \min(R, G, B)} & \text{se } V = G \\ 240 + \frac{60(R-G)}{V - \min(R, G, B)} & \text{se } V = B \end{cases} \end{aligned}$$

- Se  $H < 0$ , faça  $H = H + 360$ .
- Problema: quando  $R = G = B$  qualquer valor de H pode ser assumido. Solução: se possível, verificar vizinhança do ponto para estimar um valor adequado.

## Conversão HSV $\rightarrow$ RGB

- Assumindo valores para  $H \in [0^\circ, 360^\circ]$  e  $S, V \in [0, 1]$ , a conversão do modelo de cor HSV para o modelo de cor RGB pode ser feita pelas seguintes equações:

Para  $0^\circ \leq H < 120^\circ$

$$B = I(1 - S)$$

$$R = I \left[ 1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = 1 - (R + B)$$

Para  $120^\circ \leq H < 240^\circ$

$$H = H - 120^\circ$$

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[ 1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$B = 1 - (R + G)$$

Para  $240^\circ \leq H < 360^\circ$

$$H = H - 240^\circ$$

$$G = I(1 - S)$$

$$B = I \left[ 1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$R = 1 - (G + B)$$

# Processamento de imagens coloridas

## Exemplo de decomposição HSV



Matiz



Saturação

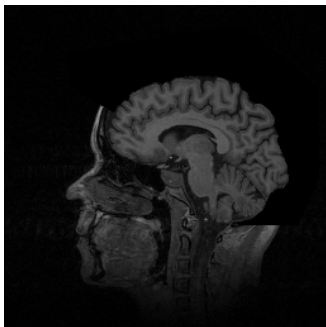


Intensidade

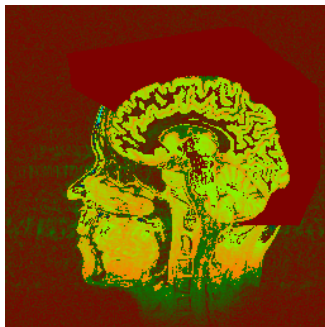


## Processamento de cores falsas (*pseudocolor*)

- Uma aplicação simples e prática pode ser feita com o uso das equações do modelo HSV: colorização de imagens monocromáticas. Especialmente útil em imagens médicas.
- Fazer  $S = 1$ ,  $I = 0.5$  e  $H$  variar entre  $0^\circ$  e  $300^\circ$ . Para cada tom de cinza da imagem monocromática, escolher um valor de  $H$  proporcional e obter os valores de R, G e B correspondentes para montar tabela de cores.
- Exemplo: imagem 16 bits colorizada com HSV.



16 bits → cinza



16 bits → RGB

## Transformações em imagens coloridas

- O processamento pode ser feito de duas formas:
  - Em cada uma das componentes R, G e B, de forma dependente ou independente.
  - Transformando o modelo de cores da imagem e processando seus novos canais.
  - As mesmas operações aplicáveis às imagens em tons de cinza são válidas para as imagens coloridas.