

Processamento de Imagens Coloridas

Agostinho Brito

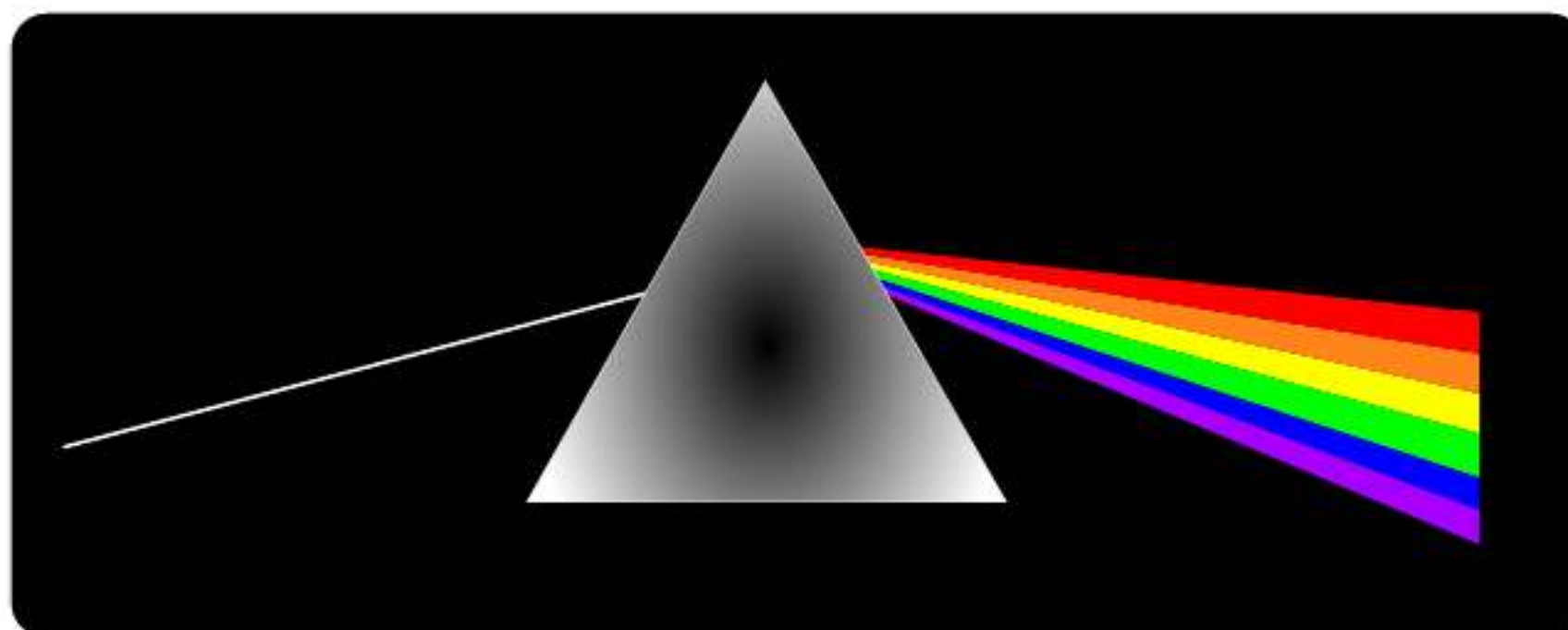
2022

- 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.

- 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).

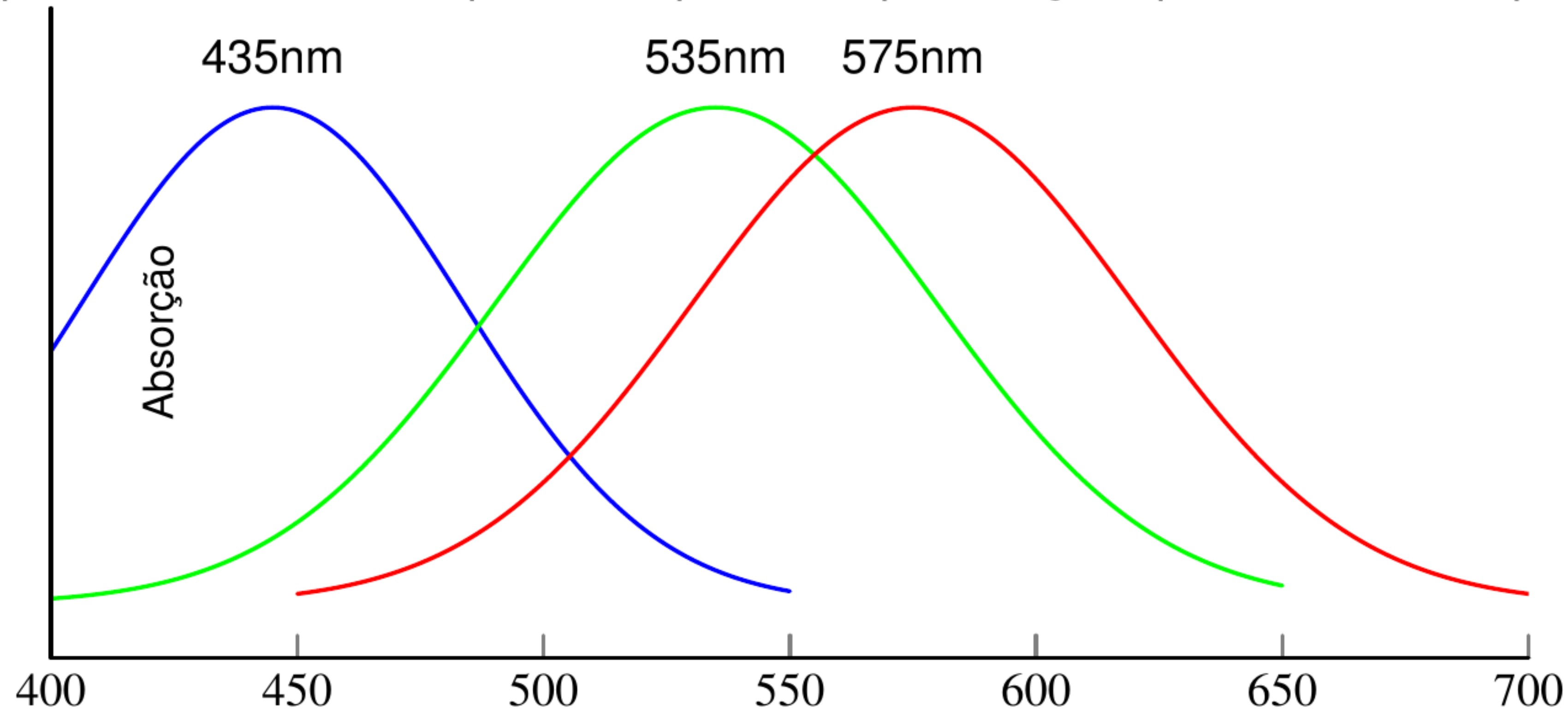
Luminância: quantidade de energia que um observador percebe (medida em lúmens). Raios infra-vermelhos podem possuir alta radiância, mas baixa luminância.

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, a origem das cores pode ser entendida como combinações das percepções das componentes primárias **R(ed)**, **Green** e **Blue**.

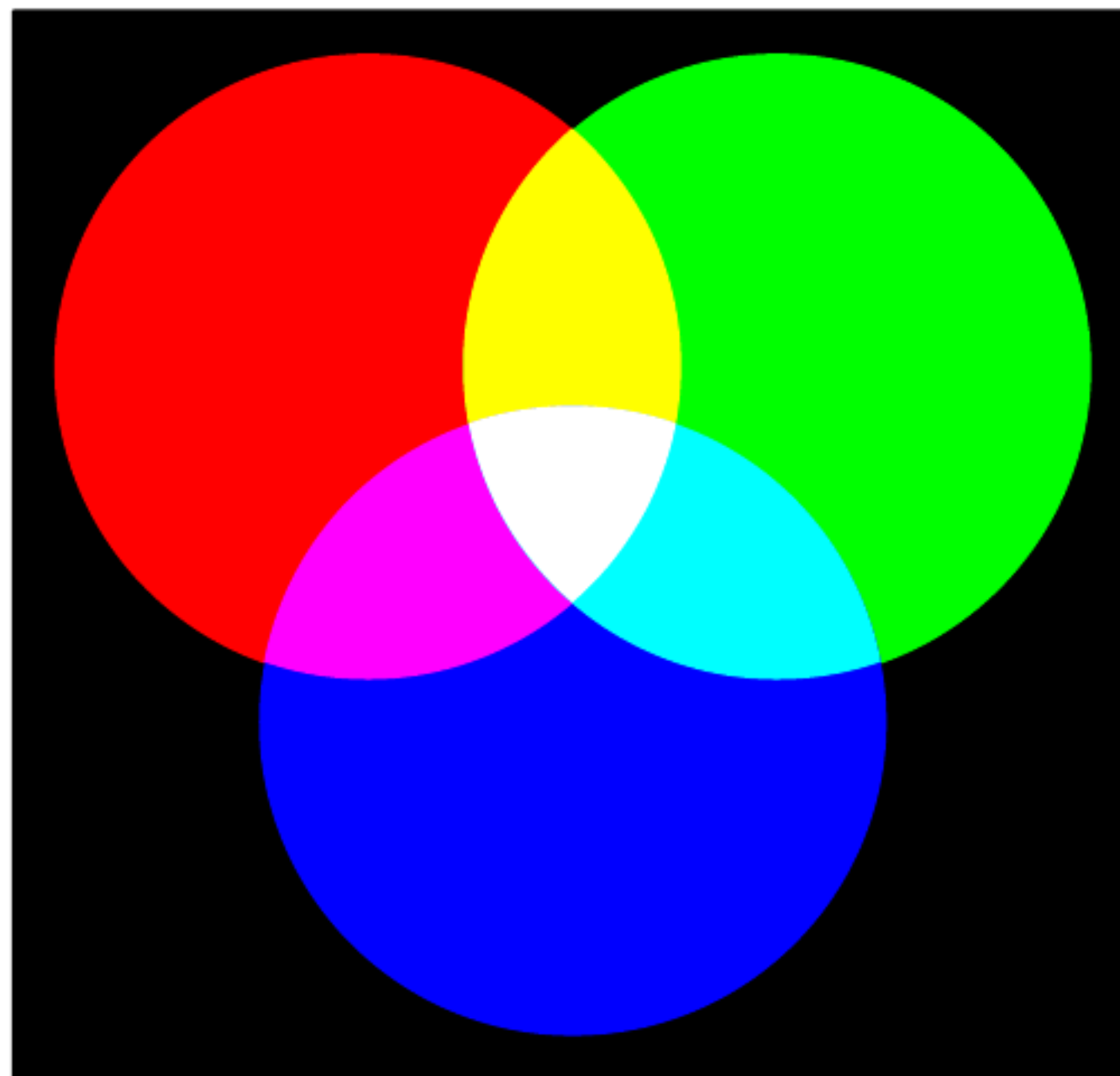
Processamento de imagens coloridas

- Em 1931, a CIE (Comissão 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.

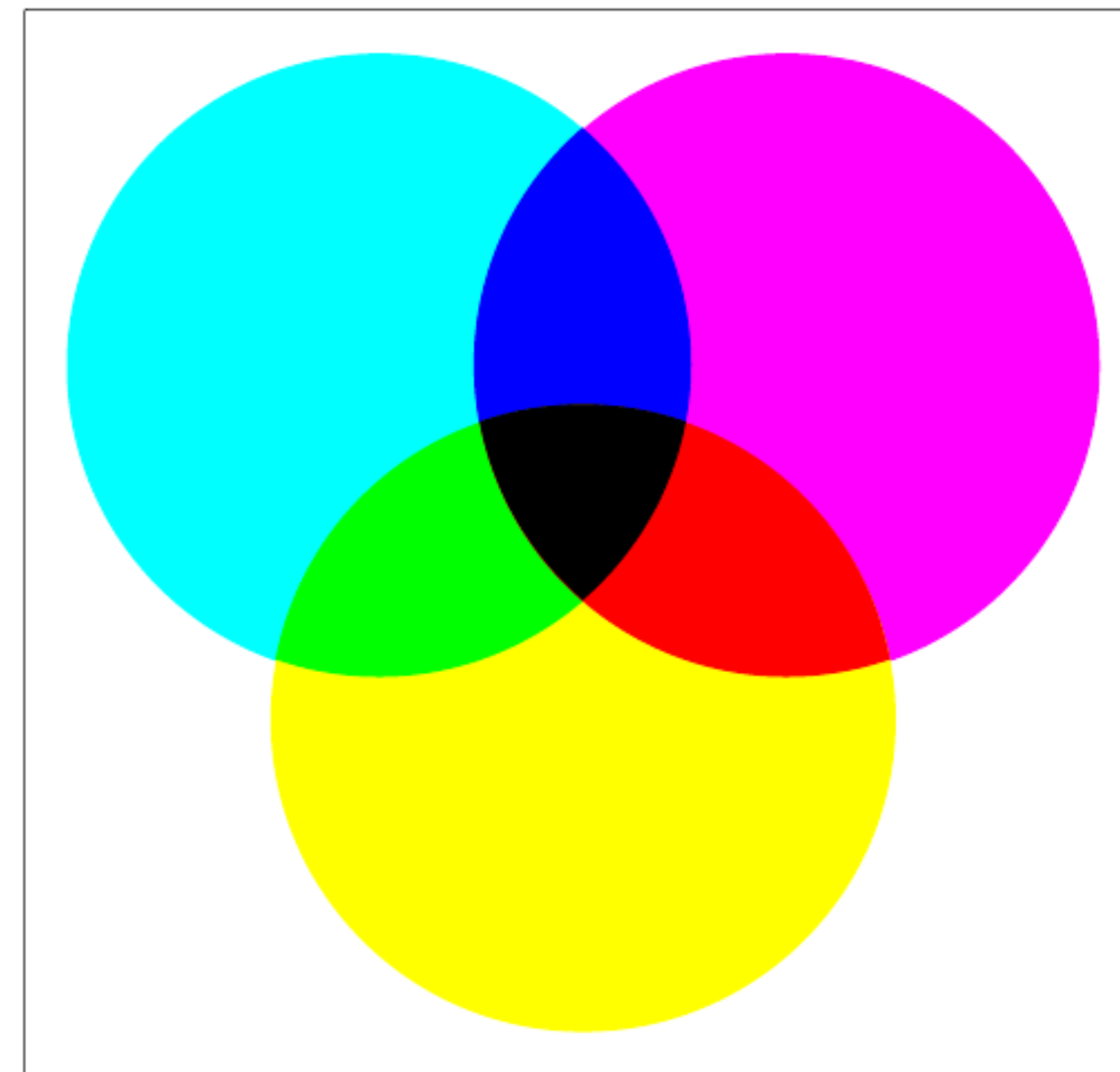


Processamento de imagens coloridas

- A mistura de cores primárias produz cores secundárias (Cyan, Magenta e Yellow). Para mistura de pigmentos, as cores primárias são as secundárias para mistura de luz, e vice-versa.
- Uma cor primária de pigmentos é aquela que absorve uma cor primária da luz e transmite as outras duas.



Aditivo



Subtrativo

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.

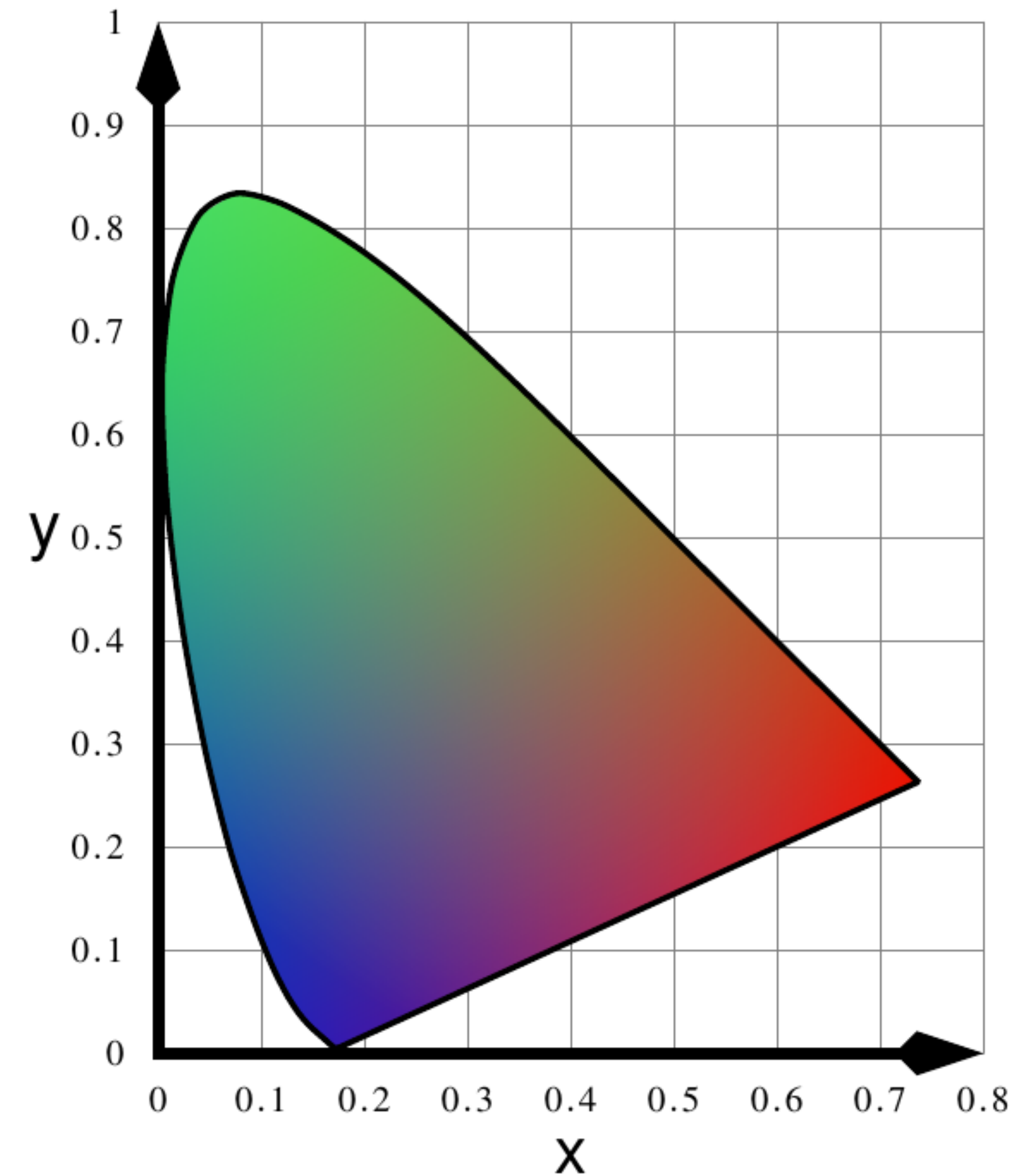
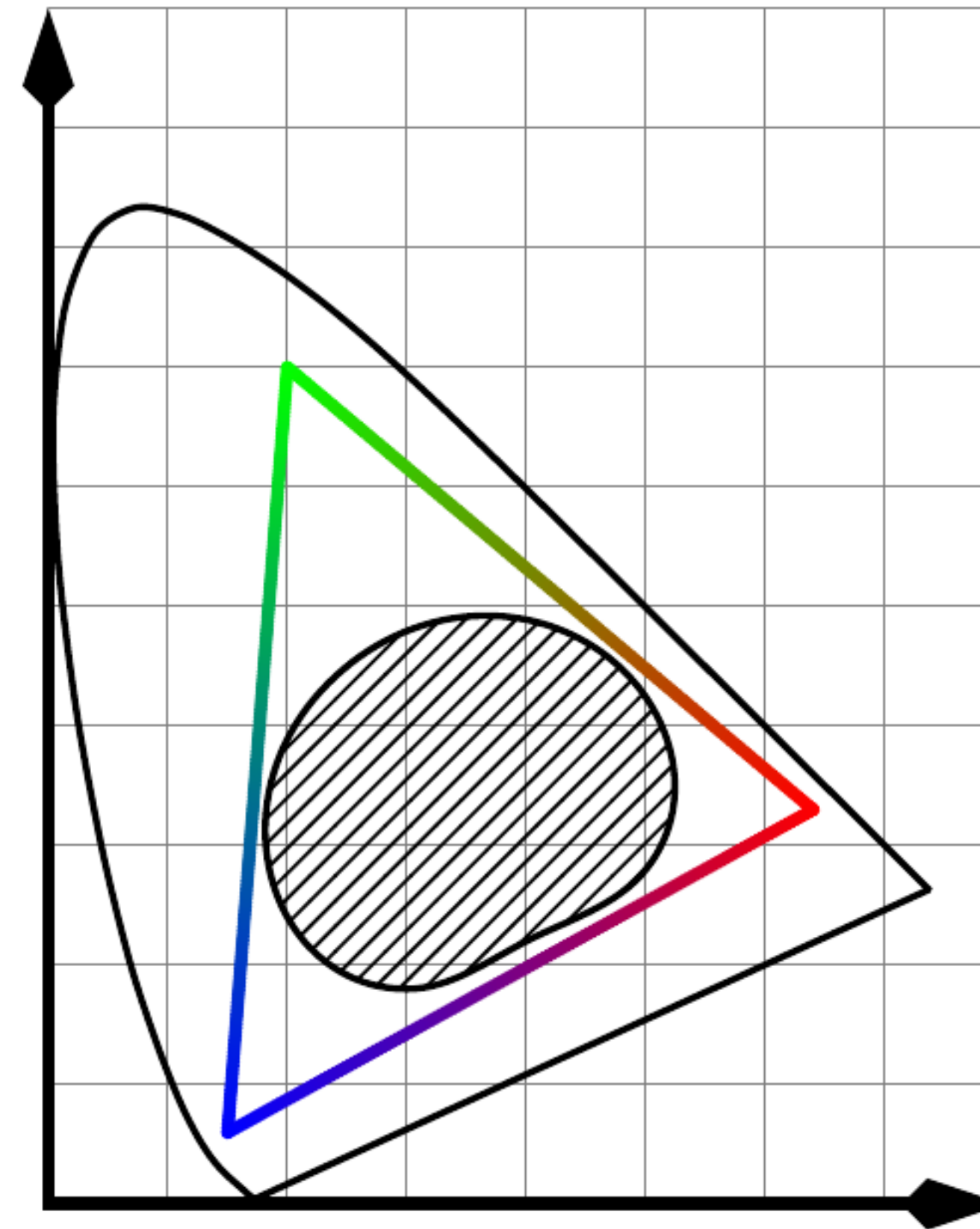


Diagrama de cromaticidade CIE

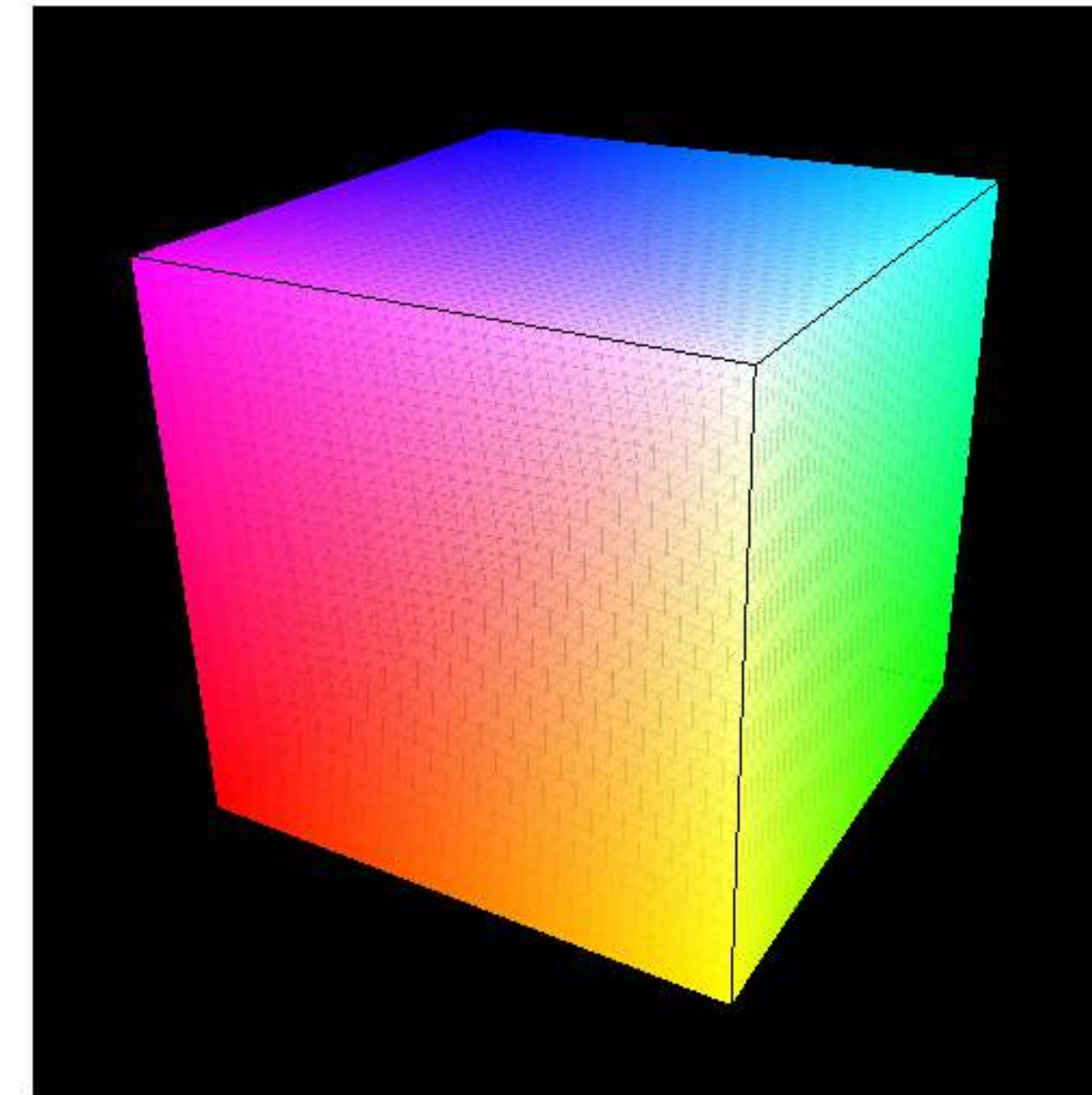
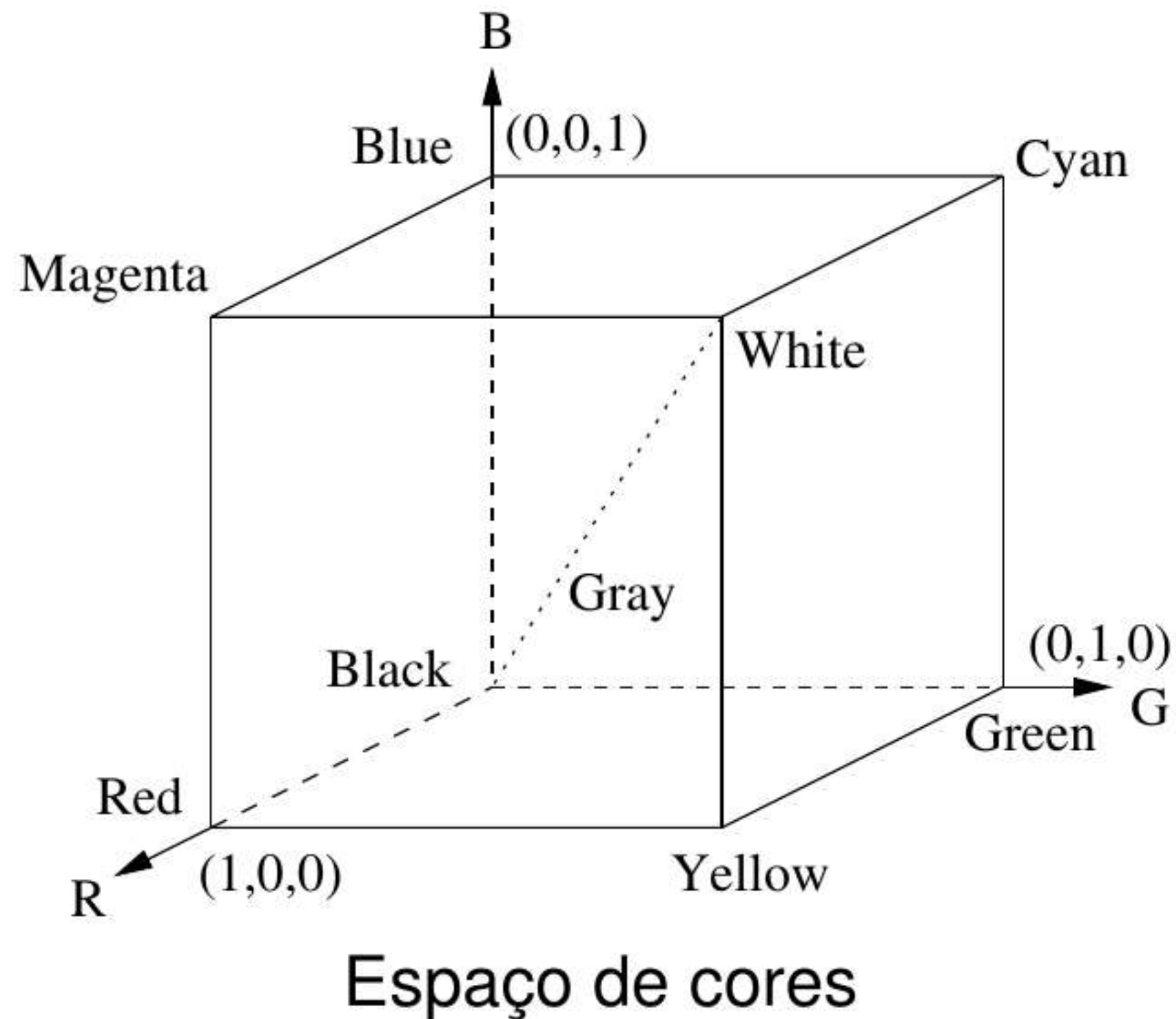
- A escolha de cores para um determinado dispositivo é feita escolhendo-se um triângulo de cromaticidade, especificando-se as cores primárias x e y dos vértices do triângulo.
- A região irregular no centro mostra a gama de cores aproximada que pode ser representada por um dispositivo de impressão.



- 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

- 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).

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

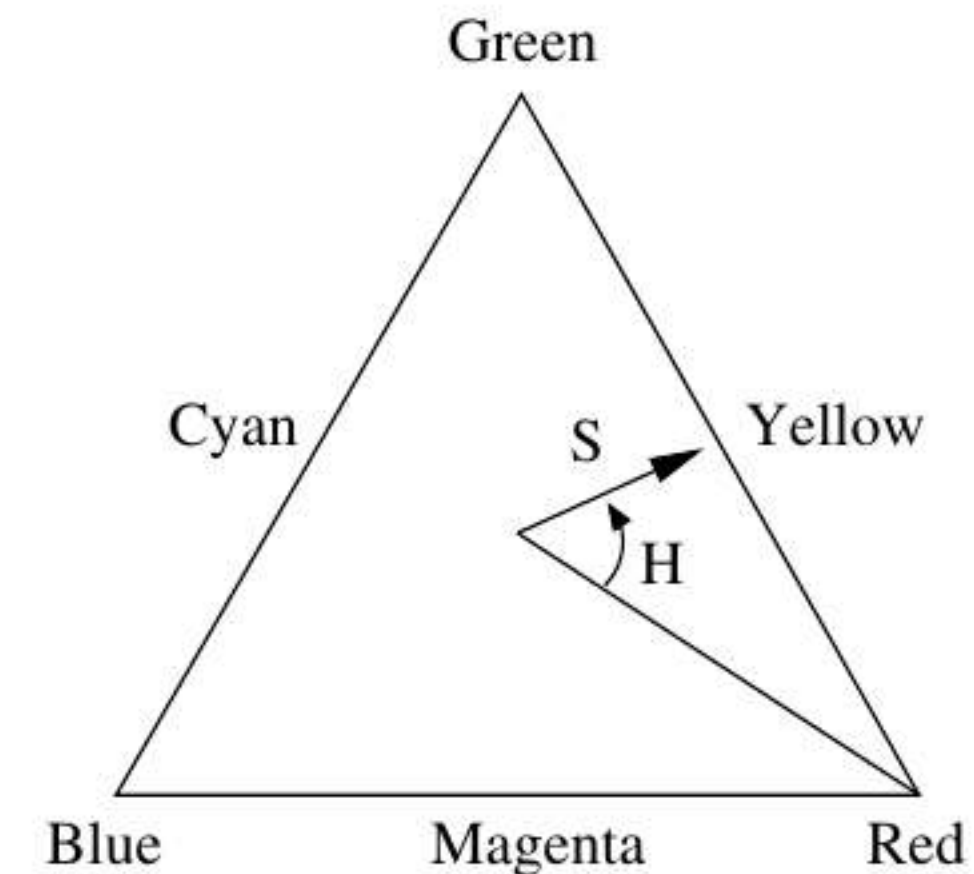
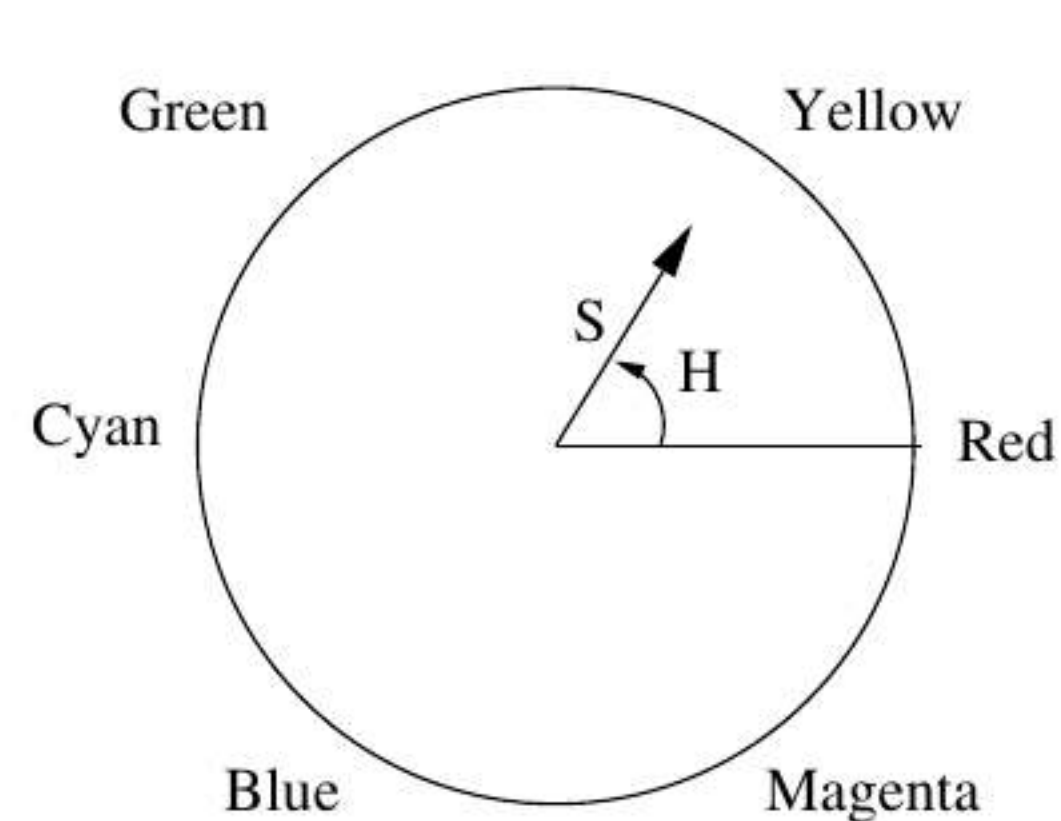
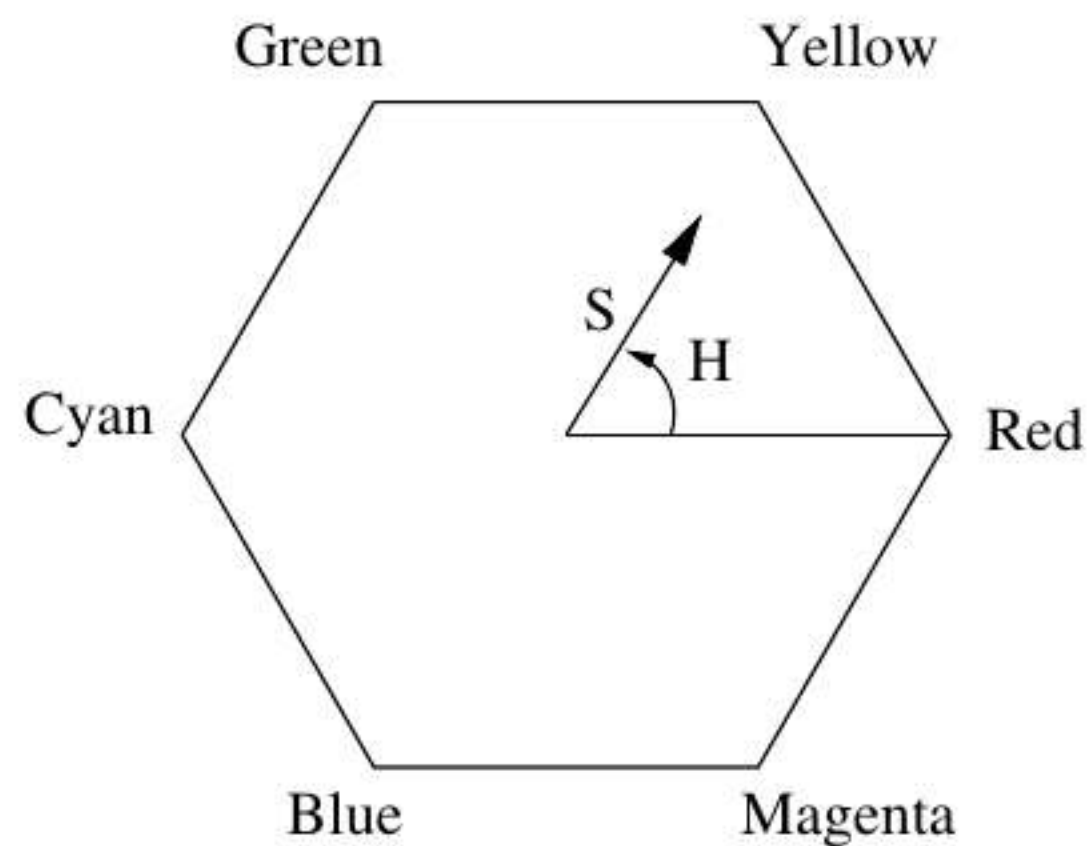
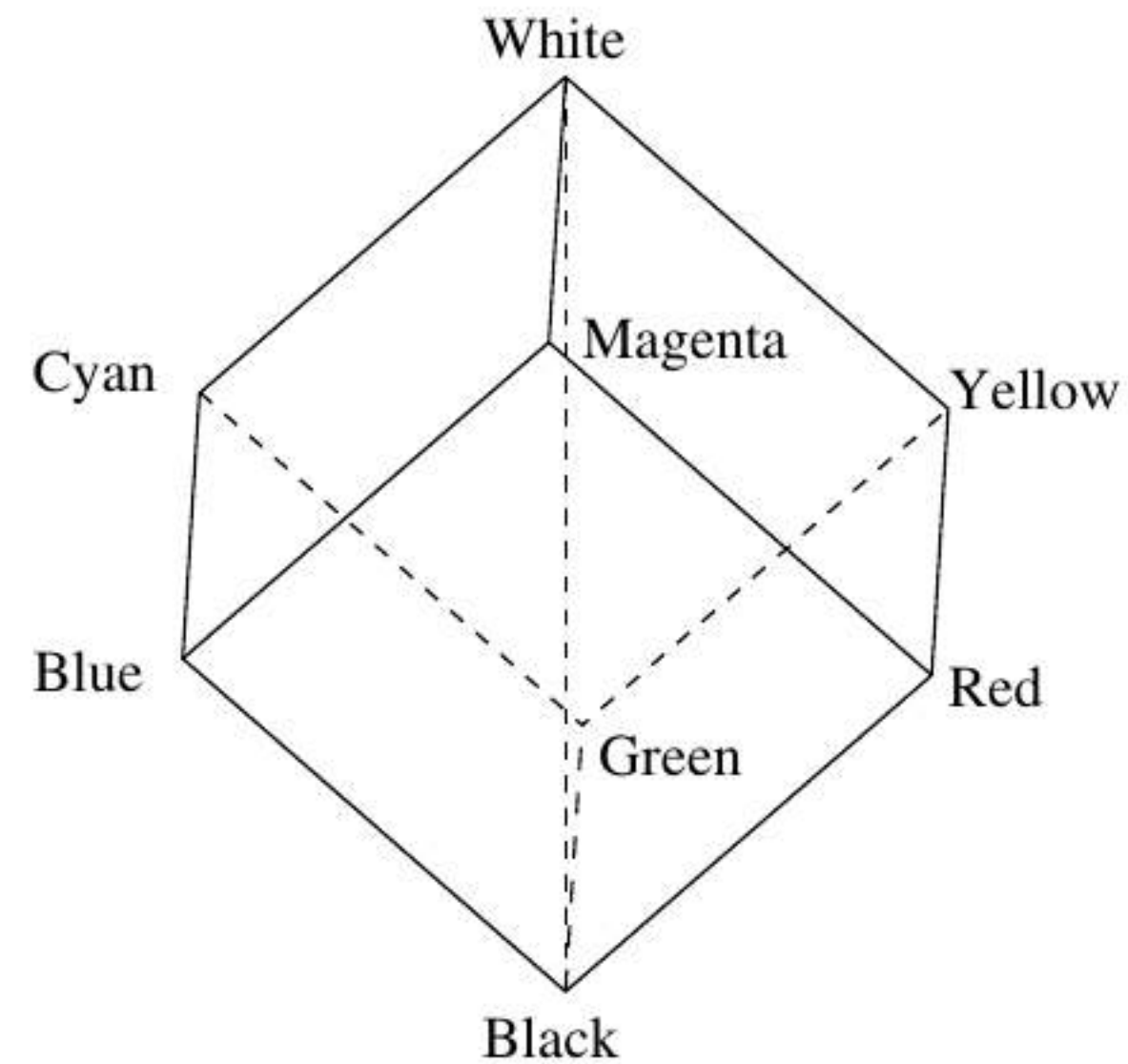
$$C = C - K$$

$$M = M - K$$

$$Y = Y - K$$

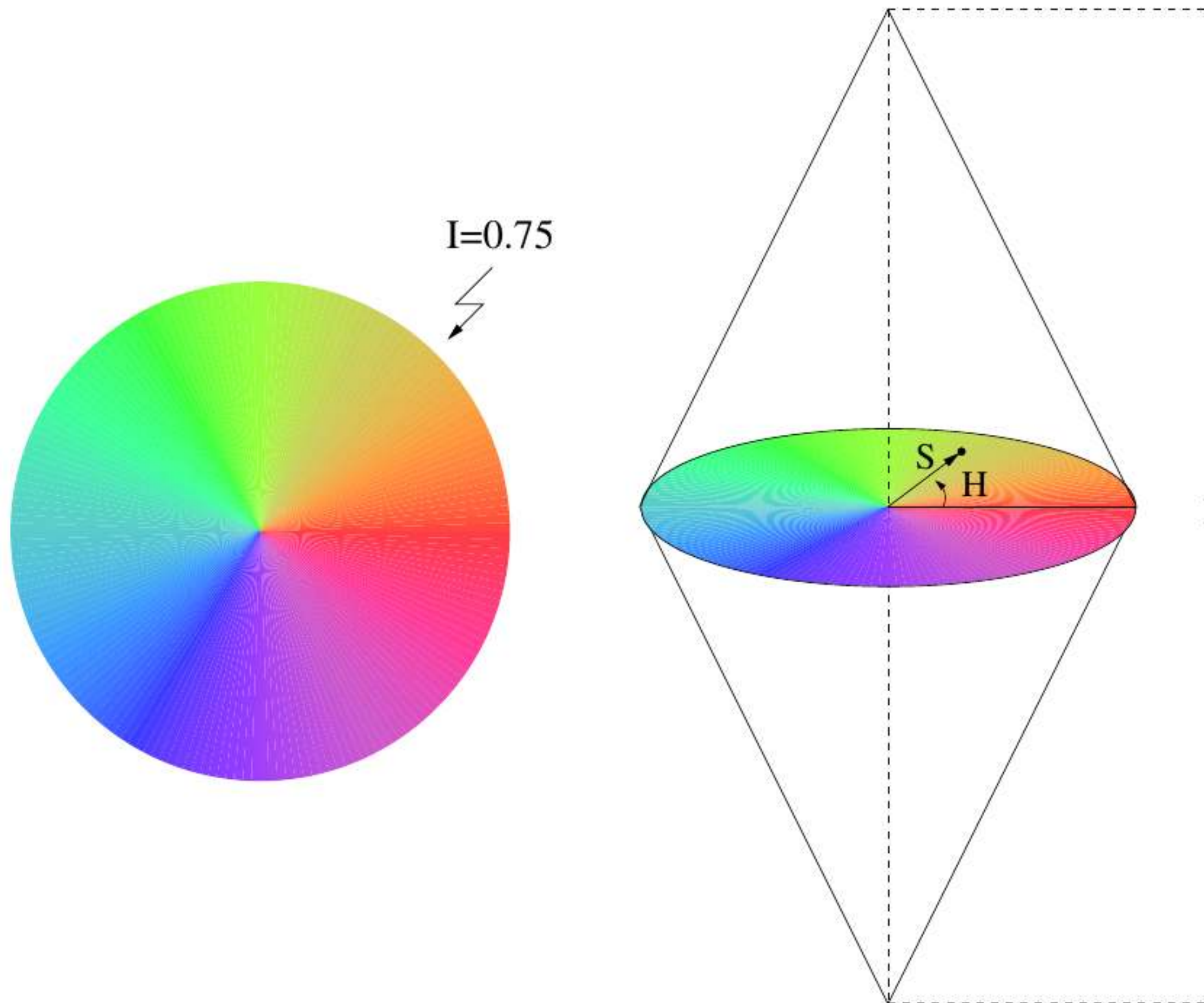
Modelo de cor HSV

- Adequado para seleção e interpretação humana de cores, desacopla a informação de intensidade da informação de cor.



Modelo de cor HSV

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



- 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 pode ser calculada 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 → 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 $0^\circ \leq H < 120^\circ$

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

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

$$G = 3I - (R + B)$$

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

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

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

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

$$B = 3I - (R + G)$$

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

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

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

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

$$R = 3I - (G + B)$$

Exemplo de decomposição HSV



Matiz



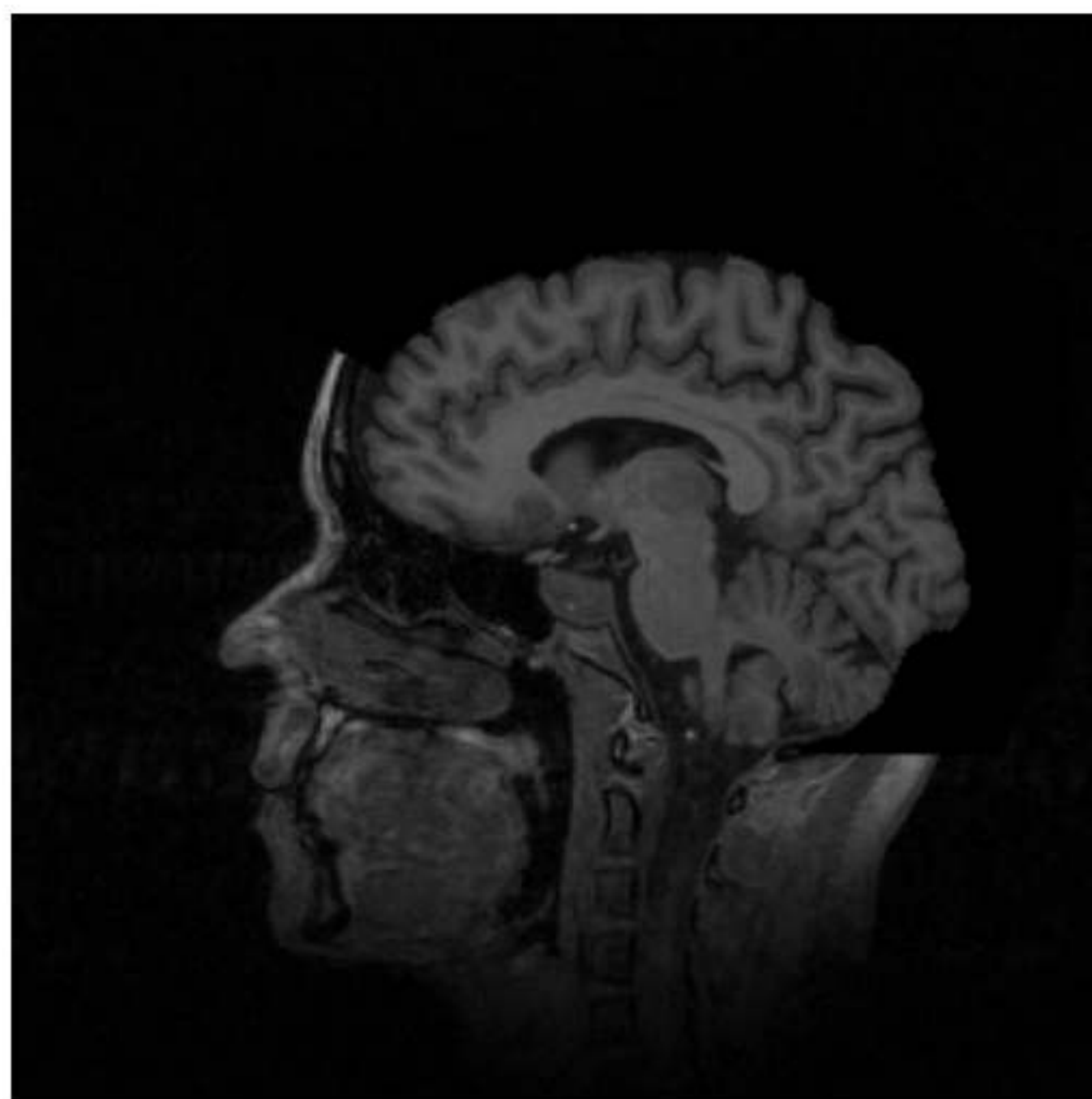
Satura  o



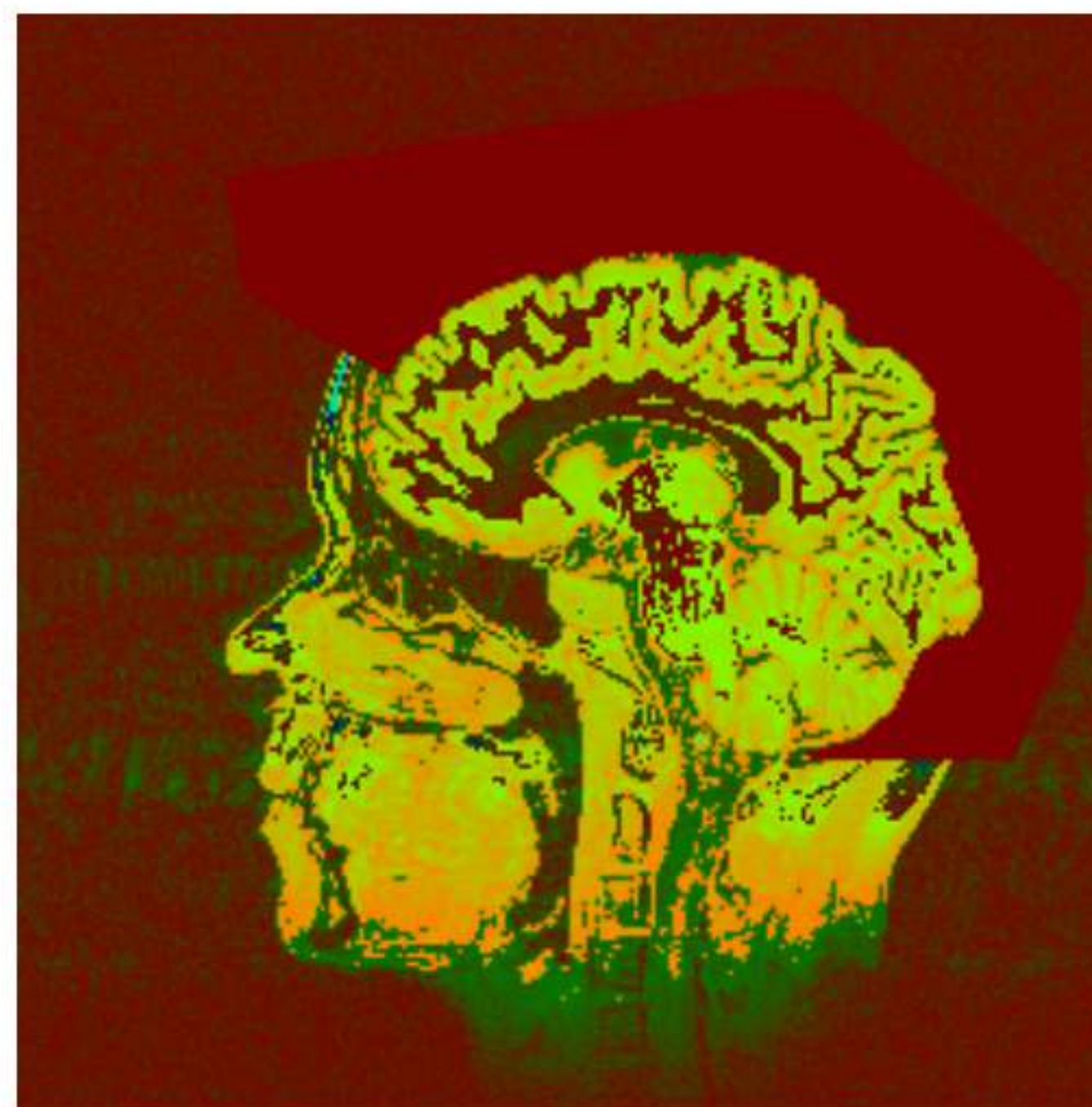
Intensidade

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° e 300° . 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 em cada uma das componentes R, G e B, de forma dependente ou independente.
- Pode ser feito também 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.



Obrigado