

Processamento de imagens coloridas

Fotografia Computacional - Lux.AI

INSTITUIÇÃO EXECUTORA



COORDENADORA



APOIO



Tópicos

- Fundamentos das cores;
- Modelos de Cores;
- RGB, CMY(K) e HSI
- Pseudo cores e processamento de imagens;
- Processamento de imagens coloridas e transformações;
- Histograma no processamento de imagens coloridas;
- Suavização e aguçamento em imagens coloridas;
- Segmentação usando cores;
- Detecção de bordas;
- Ruído em imagens coloridas.

Motivação

- Em análise de imagens automatizadas, a cor é um **descritor poderoso** que freqüentemente **simplifica a identificação** e a **extração** do objeto de uma imagem;
- O ser humano é capaz de discernir **milhares de tons e intensidades de cores** em comparação a algo em torno de **duas dúzias de tons de cinza**. Este fator é de importância particularmente para análise manual de imagens;
- Duas áreas principais:
 - Cores reais: Imagens adquiridas com um sensor de **cores reais** (câmera digitais ou scanners).
 - Pseudo-cores: Atribuição de um tom de cor para uma **intensidade monocromática** particular ou a uma variação de intensidades.

Fundamentos de Cores

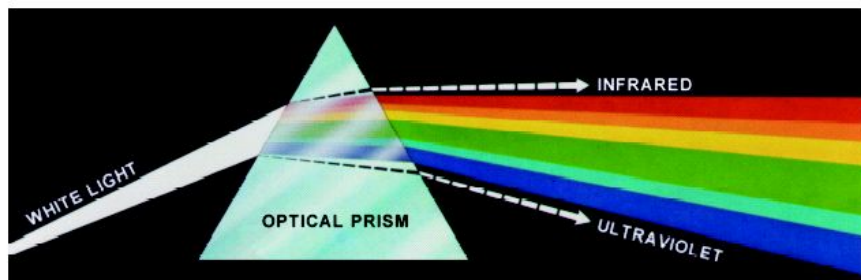


FIGURE 6.1 Color spectrum seen by passing white light through a prism. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

- O fenômeno **fisiopsicológico** de percepção de cores pelo ser humano **não é completamente compreendido**, porém a natureza física das cores pode ser explicada formalmente.
- Em 1666, Newton descobriu que um feixe de luz solar é decomposta ao passar no prisma.
- As cores que percebemos num objeto são determinadas pela natureza da **luz refletida**.
- A luz visível é composta de uma **banda de frequências** relativamente estreita no espectro eletromagnético.
 - **Luz acromática** (sem cores): seu único atributo é a sua intensidade (quantidade). Ex: tv preto e branco, imagens em tons de cinza.
 - **Luz cromática** consiste na região do espectro eletromagnético desde aproximadamente 400 até 700 nm. A qualidade da luz cromática é descrita por 3 valores básicos: radiância, luminância e brilho.

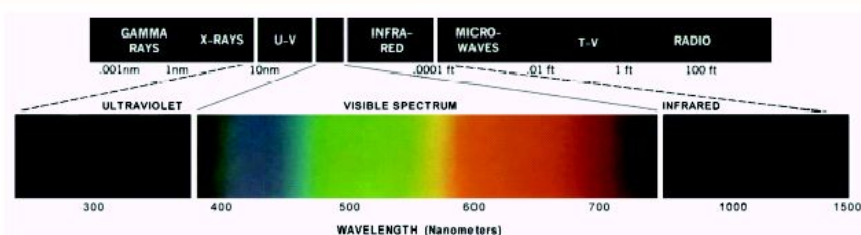
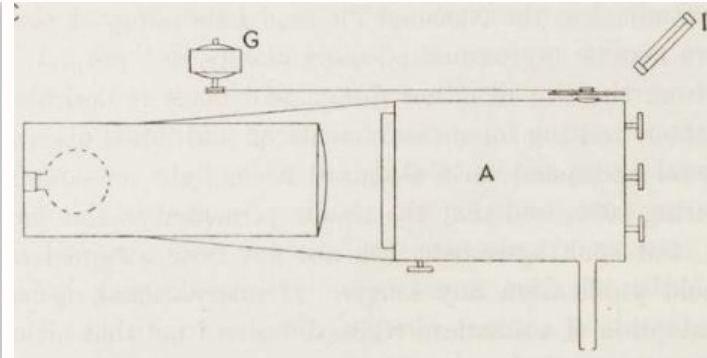
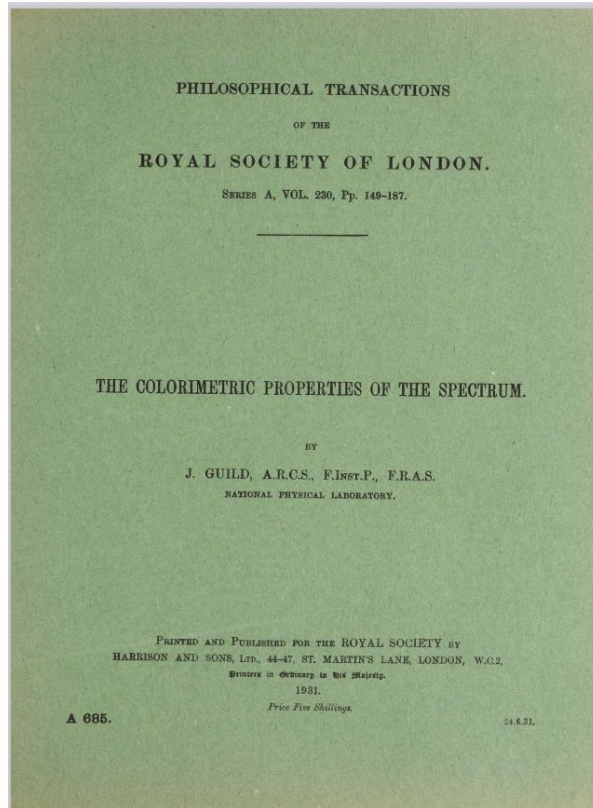


FIGURE 6.2 Wavelengths comprising the visible range of the electromagnetic spectrum. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

Fundamentos de Cores



Aparato de um colorímetro
(1931)

Guild J - 1931 The colorimetric properties of the spectrum *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character* 230:149-187 - <http://doi.org/10.1098/rsta.1932.0005>

Fundamentos de Cores

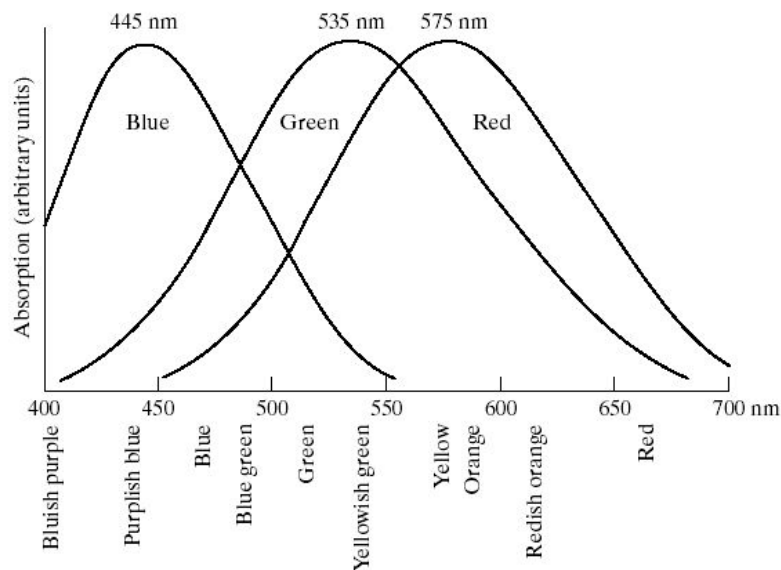


FIGURE 6.3 Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.

- **Radiância** é a quantidade total de energia que flui de uma fonte de luz
- **Luminância** é uma medida da quantidade de energia que o observador percebe da fonte de luz
- **Brilho** é um **descritor subjetivo**, que é praticamente impossível de ser medido. Incorpora a **noção cromática de intensidade**. Um dos fatores-chaves na descrição da sensação de cores.

Fundamentos de Cores

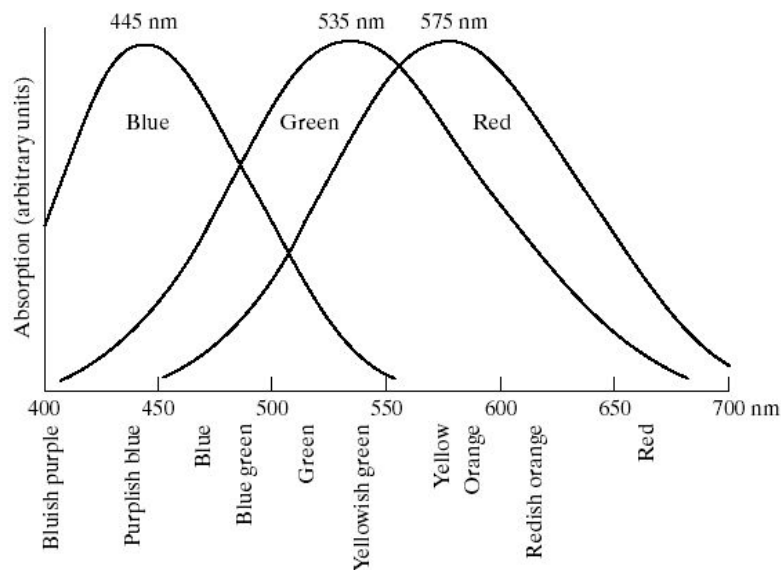


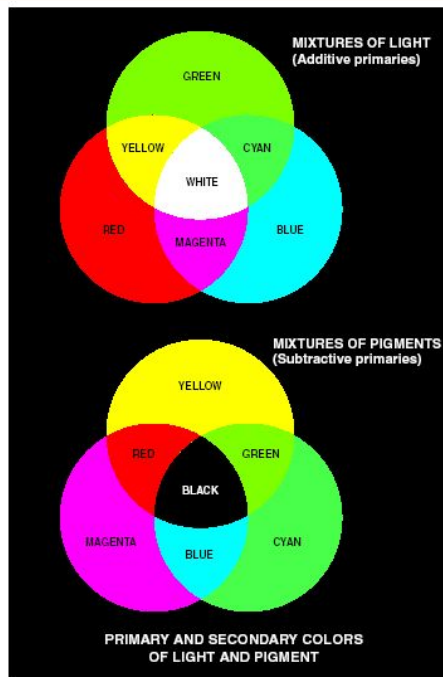
FIGURE 6.3 Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.

Aspectos adicionais:

- Devido à estrutura do olho humano, todas as cores são vistas como combinações variáveis das três chamadas *cores primárias*: vermelho, verde e azul (red, green blue - RGB). A comissão conhecida por CIE designou os comprimentos de onda: B=435,8 nm, G=546,1 nm e R=700 nm. Aproximadamente 65% dos cones são sensíveis a luz vermelha, 33% a luz verde e apenas 2% a luz azul (porém os cones azuis são os mais sensíveis)
- Nenhuma cor isolada pode ser chamada de vermelha, verde ou azul. Haver três comprimentos de onda de cores específicas para o propósito de padronização não significa que esses três componentes fixos, agindo sozinhos, possam gerar todo o espectro de cores.

Fundamentos de Cores

Modelo
aditivo



a
b

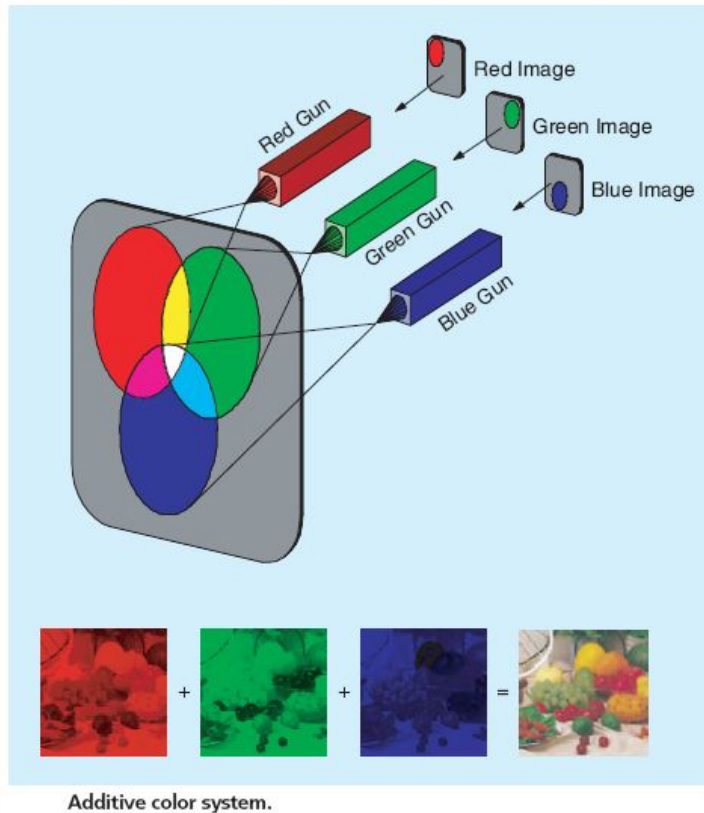
FIGURE 6.4 Primary and secondary colors of light and pigments. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

- As **cores primárias (modelo aditivo)** podem ser adicionados para produzir as cores secundárias: magenta, ciano e amarelo. A mistura das três cores primárias, ou uma secundária com sua cor primária oposta, em intensidades corretas produz a luz branca.

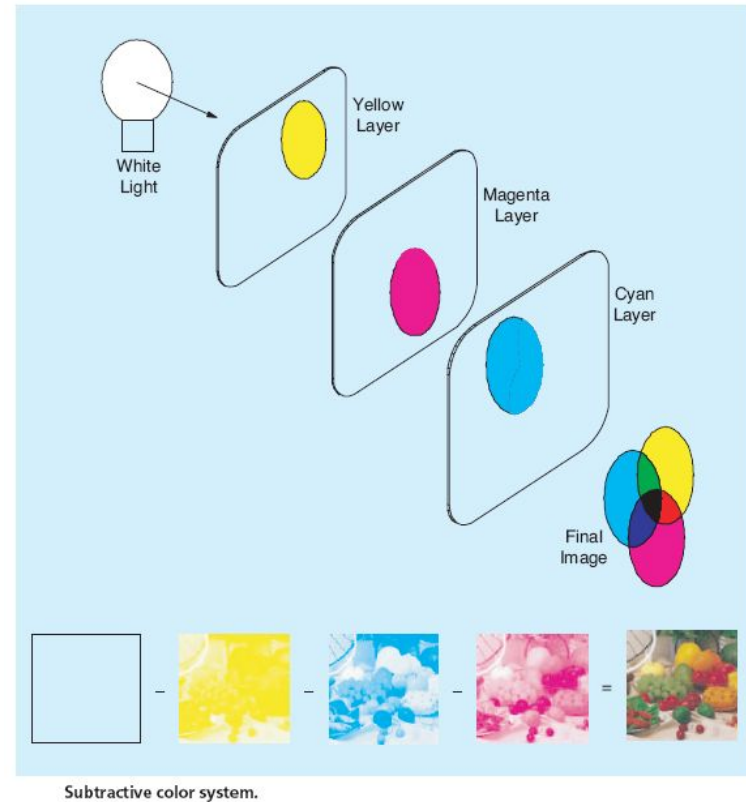
→ **Cor primária de pigmentos ou corantes (modelo subtrativo)**, é definida como sendo aquela que subtrai ou absorve uma cor primária da luz e reflete ou transmite as outras duas

Fundamentos de Cores

Feixe de cores emitidas:
modelo aditivo



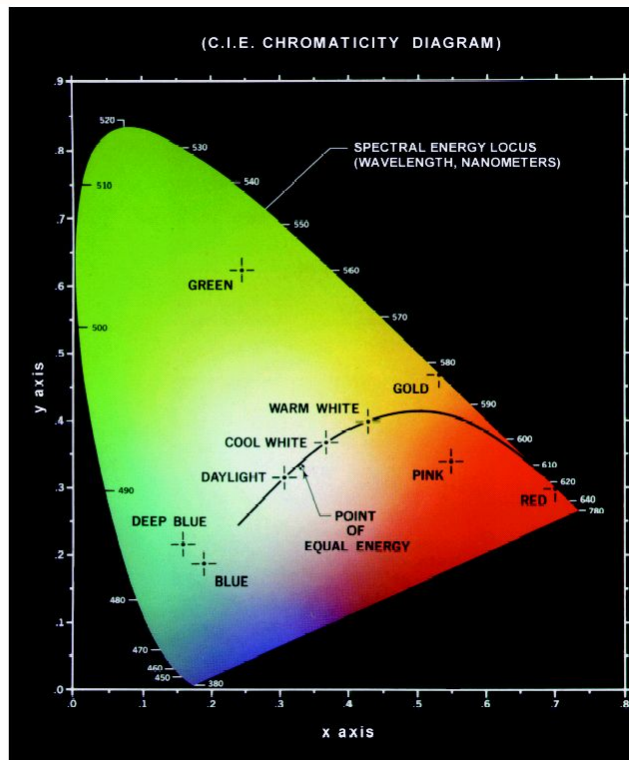
Princípio de cores refletidas:
modelo subtrativo



Fonte: Trussell, H. J., Saber, E. & Vrhel, M., 2005. Color image processing: Basics and special issue overview. IEEE Signal processing magazine, Volume 22, pp. 14-22.

Fundamentos de Cores

FIGURE 6.5
Chromaticity diagram.
(Courtesy of the
General Electric
Co., Lamp
Business
Division.)



- As características usadas para distinguir uma cor das outras são brilho, matiz, e saturação.
 - **Brilho** incorpora a noção cromática de intensidade.
 - **Matiz** é um atributo associado com o comprimento de onda dominante em uma mistura de ondas de luz, representa a cor dominante como percebida por um observador.
 - **Saturação** refere-se à pureza relativa ou quantidade de luz branca misturada com um matiz.
- **Cromaticidade** é definido como a matiz e a saturação quando tomadas juntamente.
- Diagrama CIE codifica a percentagem das primárias usadas para gerar um conjunto de cores

Fundamentos de Cores

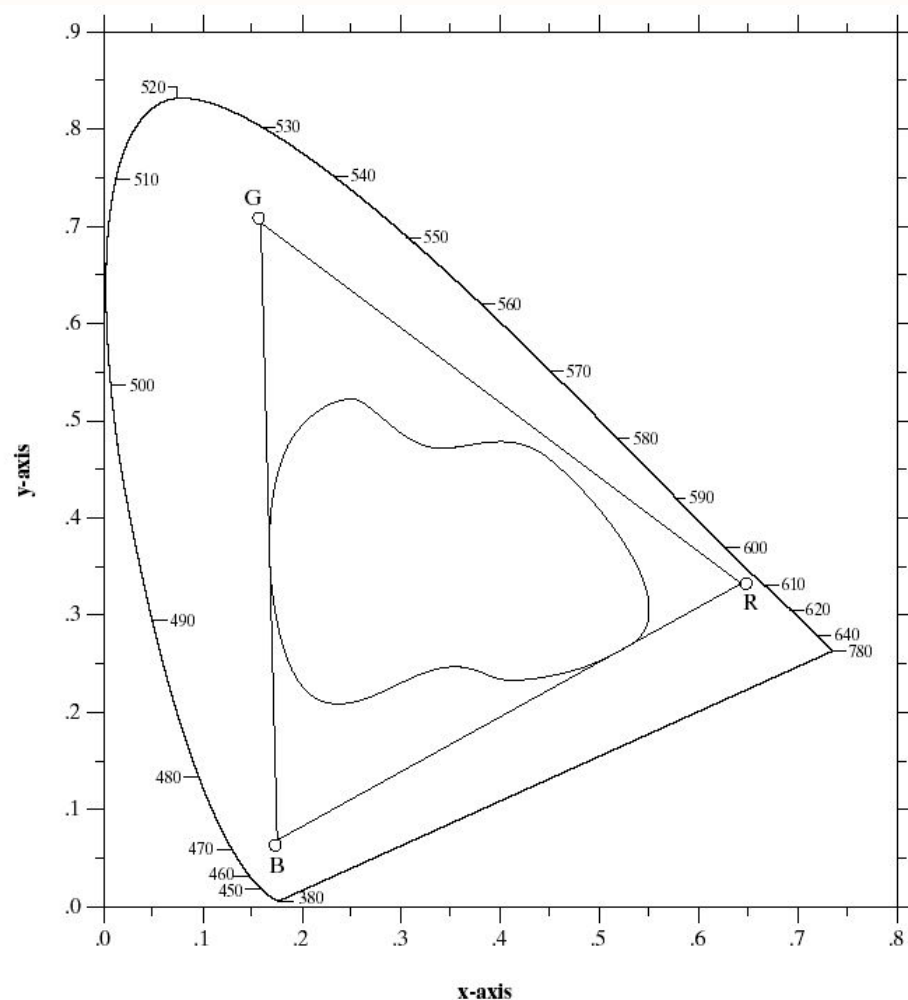


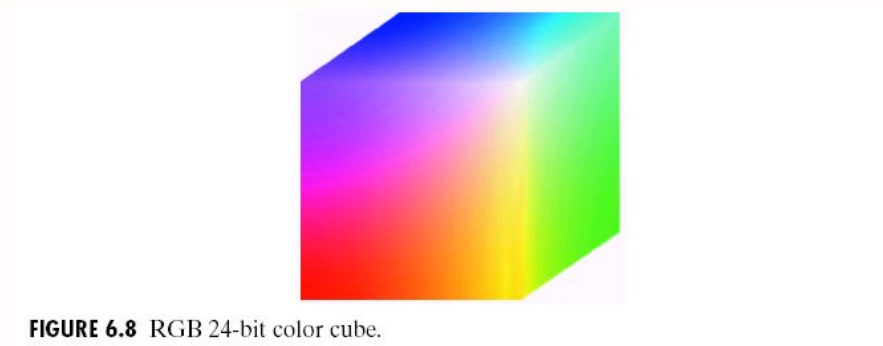
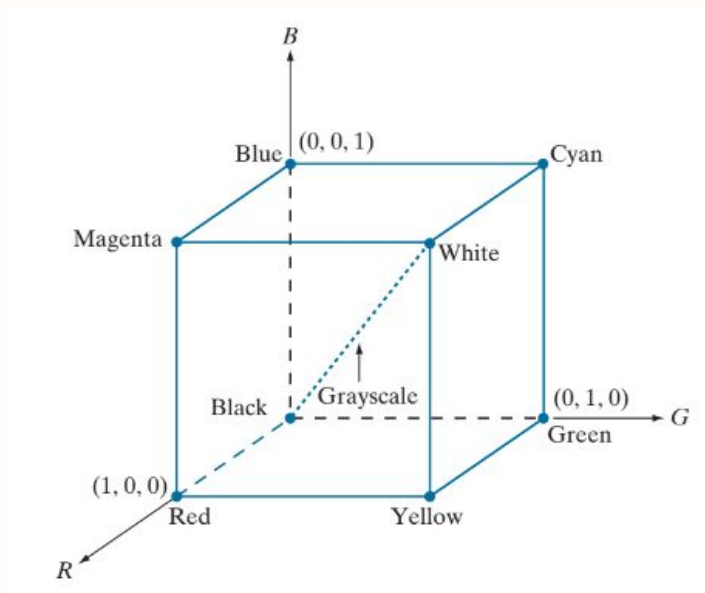
FIGURE 6.6 Typical color gamut of color monitors (triangle) and color printing devices (irregular region).

- Representação triestímulo tem valores: X - Vermelho; Y - Verde; Z - Azul
- Coeficientes tricromáticos:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$
$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$
$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$
$$x + y + z = 1$$

- O triângulo mostra uma faixa típica da gama de cores (gamutes de cor) produzida por monitores RGB.
- A região irregular representa a região de cores das impressoras coloridas atuais.

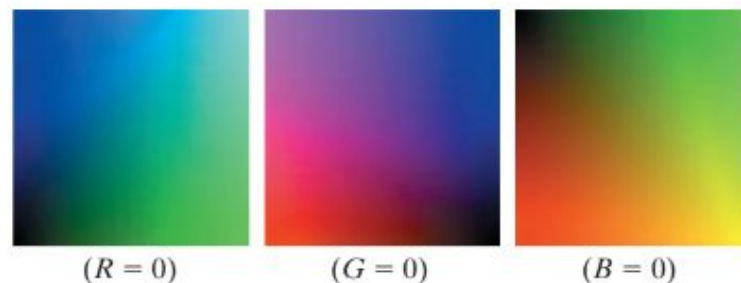
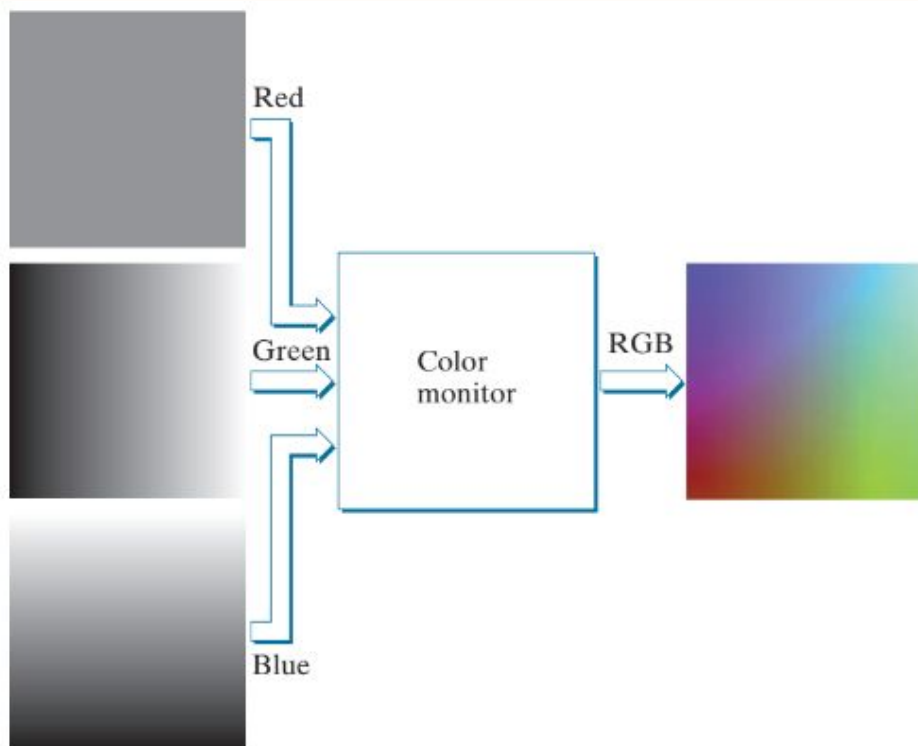
Modelos de cores - RGB



- Apresentação do cubo de cores RGB
- o padrão **RGB** é utilizado na maioria das vezes em **modelos orientados para hardwares** como monitores coloridos e câmeras de vídeo.
- A escala de cinza é representada pela diagonal do cubo.
- A quantificação determina a profundidade da cor (**color depth**). Uma imagem **full-color** é representada por **3x8=24 bits** ($2^{24} = 16.777.216$ cores).

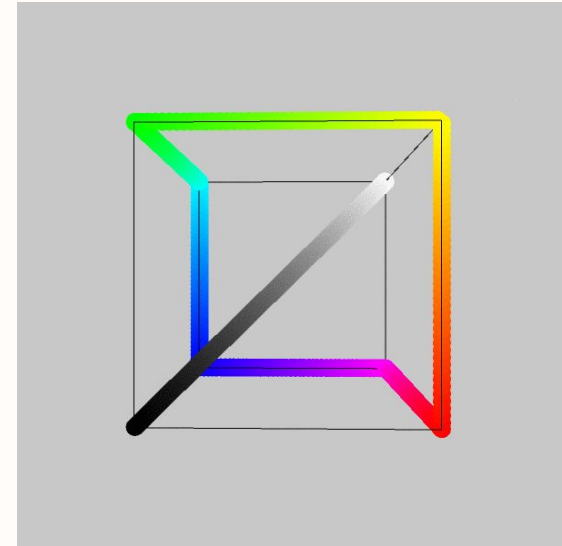
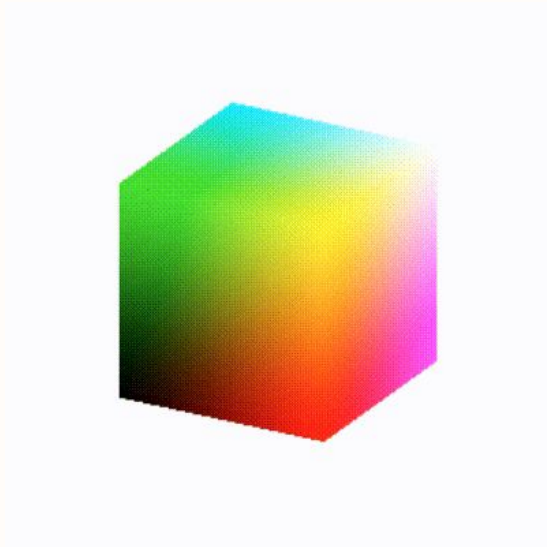
Modelos de cores - RGB

- A partir do cubo de cores, é apresentado o processo de geração de uma imagem através de uma seção cruzada por um plano $(127, G, B)$, paralelo aos planos G e B, com $R=127$ (e $G, B = 0, \dots, 255$);
- As componentes RGB desse plano são as entradas do bloco que representa o monitor que as combina para gerar uma imagem RGB;
- Na fig. mais abaixo temos as faces ocultas do cubo (p $R=0$, $G=0$ e $B=0$) apresentado na imagem em eixos cartesianos.



Modelos de cores - RGB

- Faces e escala de cinza (à direita) do cubo de cores



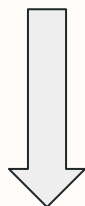
Fonte:
<https://yeun.github.io/2016/03/21/rgb-and-hsb.html>

Fonte: <https://gifer.com/en/g07f>

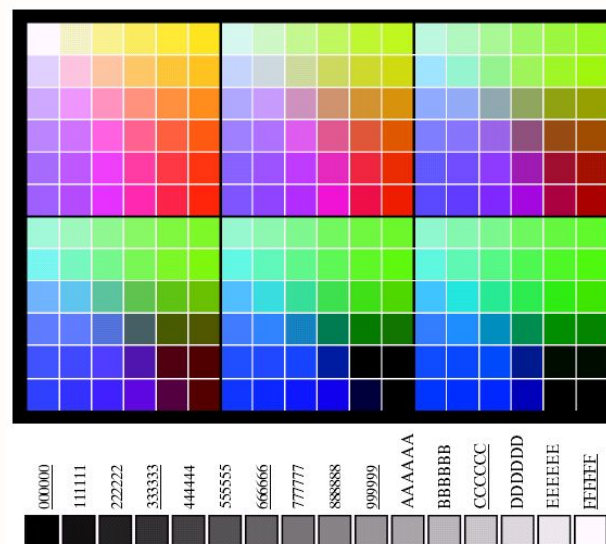
Modelos de cores - RGB

Devido às capacidades diferentes dos monitores, definiu-se um **conjunto de cores RGB seguras** (safe RGB colors ou safe Web colors ou safe browser colors)

Number System		Color Equivalents					
Hex	00	33	66	99	CC	FF	
Decimal	0	51	102	153	204	255	



$$6 \times 6 \times 6 = 6^3 = 216 = 6 \times 36$$



a
b

FIGURE 6.10
(a) The 216 safe RGB colors.
(b) All the grays in the 256-color RGB system (grays that are part of the safe color group are shown underlined).

FIGURE 6.11 The RGB safe-color cube.

Modelos de cores - RGB



RGB



R



G



B

Modelos de Cores – CMY e CMYK

- CMY – cyan, magenta, yellow (ciano, magenta e amarelo).
 - Espaço de cores primárias ou secundárias associadas a pigmentos e utilizadas em impressoras. O preto é difícil de ser obtido.
 - **O espaço de cor CMY é subtrativo**; o branco está em (0,0; 0,0;0,0) e preto está em (1,0;1,0;1,0);
 -
- **CMYK – é uma extensão do modelo CMY por adição do preto (K ou Black) .**

Modelos de Cores – CMY e CMYK

- CMY para RGB:

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

- RGB para CMYK:

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

$$\text{Se } K = 1, \implies (C, M, Y) = (0, 0, 0)$$

Caso contrário,

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (C - K)/(1 - K) \\ (M - K)/(1 - K) \\ (Y - K)/(1 - K) \end{bmatrix}$$

Modelos de Cores – CMY e CMYK



CMYK



C



M



Y

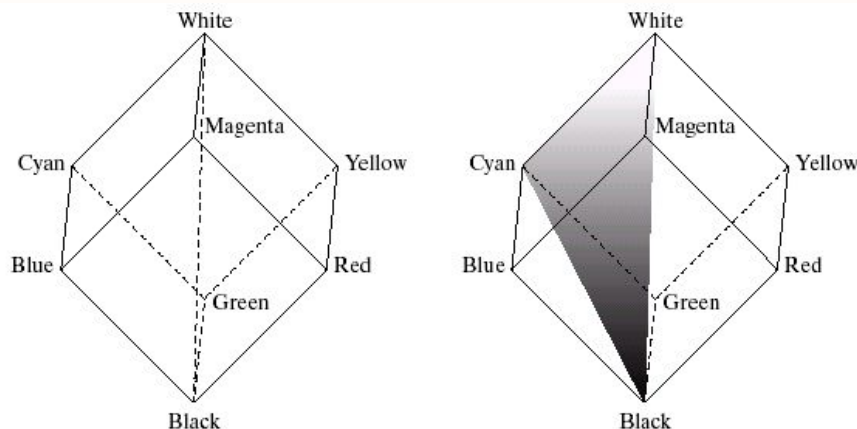


K

Modelos de Cores: HSI

- Modelos como o **RGB** e **CMY** não são adequados para se descrever cores do ponto de vista do **sistema visual humano**.
- O modelo **HSI** separa a informação de **intensidade** das **informações cromáticas**
- Relacionamento entre os modelos HSI e RGB pode ser visto abaixo
- Rotacionando o plano ao redor do eixo de intensidade obtemos o modelo HSI

- **Hue:** Atributo da cor
- **Saturation:** Pureza da cor
- **Brightness:** Noção acromática de **intensidade**



a b

FIGURE 6.12 Conceptual relationships between the RGB and HSI color models.

Modelos de Cores – HSI (modelos geométricos)

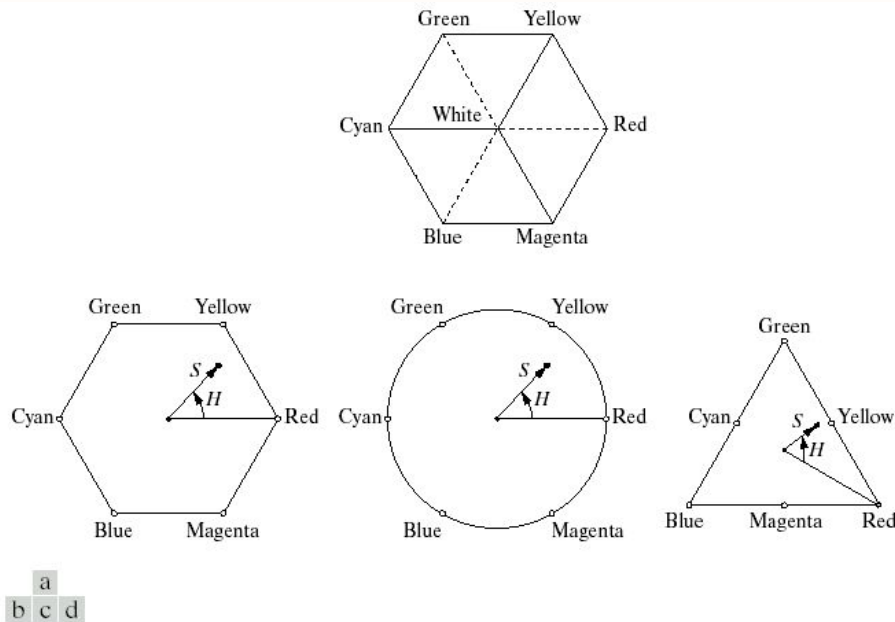
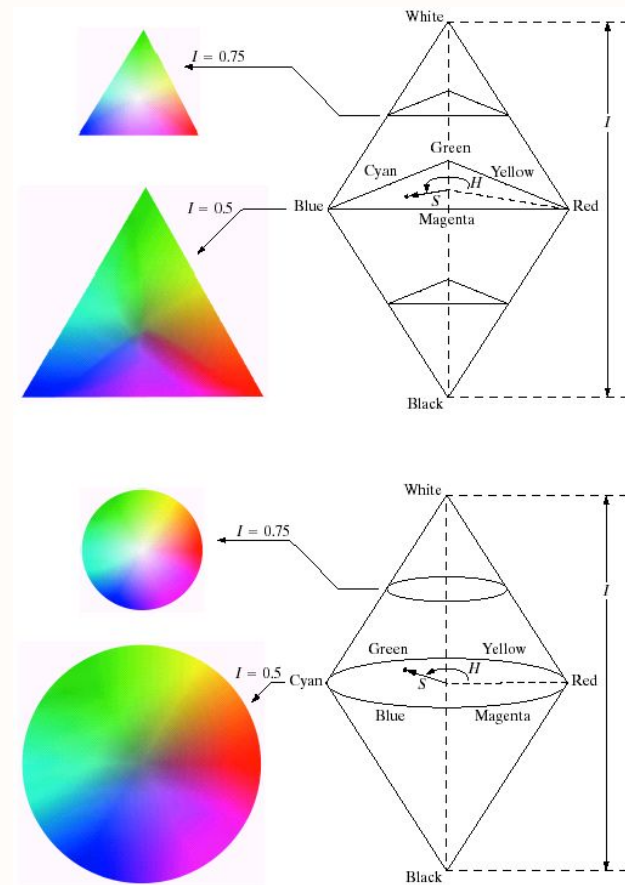


FIGURE 6.13 Hue and saturation in the HSI color model. The dot is an arbitrary color point. The angle from the red axis gives the hue, and the length of the vector is the saturation. The intensity of all colors in any of these planes is given by the position of the plane on the vertical intensity axis.

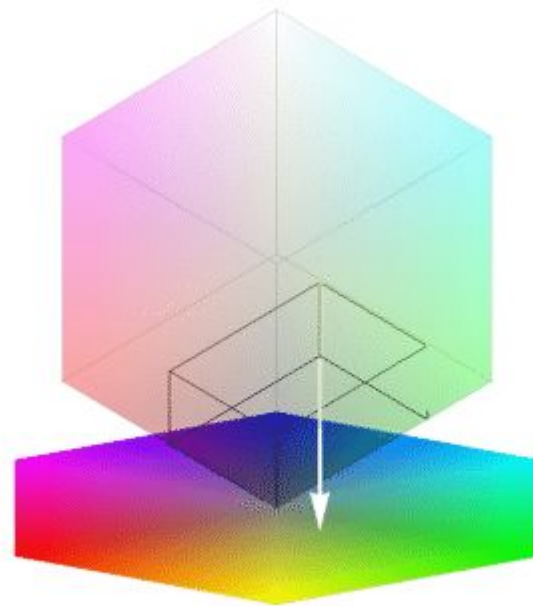
Apresentação do modelo de cores HSI através de planos que contêm triângulos, hexágonos e círculos. Observar o ângulo H, a saturação (S) e a intensidade (I) nessas representações. Observar o ângulo H relativo ao Vermelho!



Fonte: GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital Image Processing. Pearson, New York, NY.

Modelos de Cores – HSI (modelos geométricos)

- **Exemplo em 3D da relação entre o cubo de cores RGB e as cores correspondentes no espaço HSI**



Modelos de Cores – HSI

- **Conversão RGB-→HSI**
- **Considerar que os valores de R,G, B, H, S, e I estão normalizados no intervalo [0,1].**

$$\text{Conversão RGB-HSI}$$
$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad \text{onde } \theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\},$$
$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)], \text{ e } I = \frac{1}{3}(R+G+B)$$

Modelos de Cores – HSI

Conversão HSI->RGB

- Assumir que os valores de R,G, B, H, S, e I estão normalizados entre [0,1];
- **A conversão, então, será processada em um dos 3 casos seguintes:**

Caso 1: RG setor ($0^{\circ} \leq H \leq 120^{\circ}$)

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

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

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

Modelos de Cores – HSI

Caso 2: GB setor ($120^\circ \leq H \leq 240^\circ$)

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

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

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

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

Caso 3: BR setor ($240^\circ \leq H \leq 360^\circ$)

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

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

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

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

Modelos de Cores – HSI

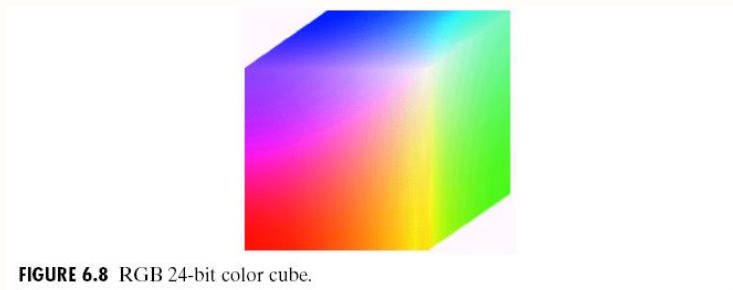


FIGURE 6.8 RGB 24-bit color cube.

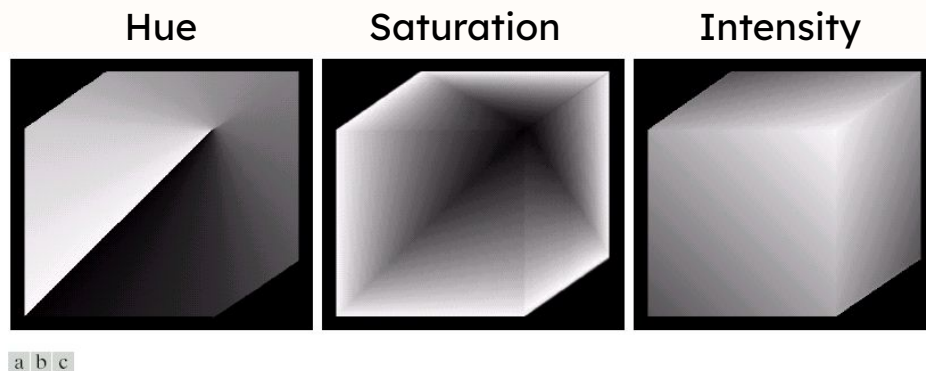


FIGURE 6.15 HSI components of the image in Fig. 6.8. (a) Hue, (b) saturation, and (c) intensity images.

Imagem do cubo colorido convertida nas componentes Matiz(Hue), Saturação e Intensidade no modelo HSI. Observar descontinuidade da função H em (a): 0 e 360 graus.

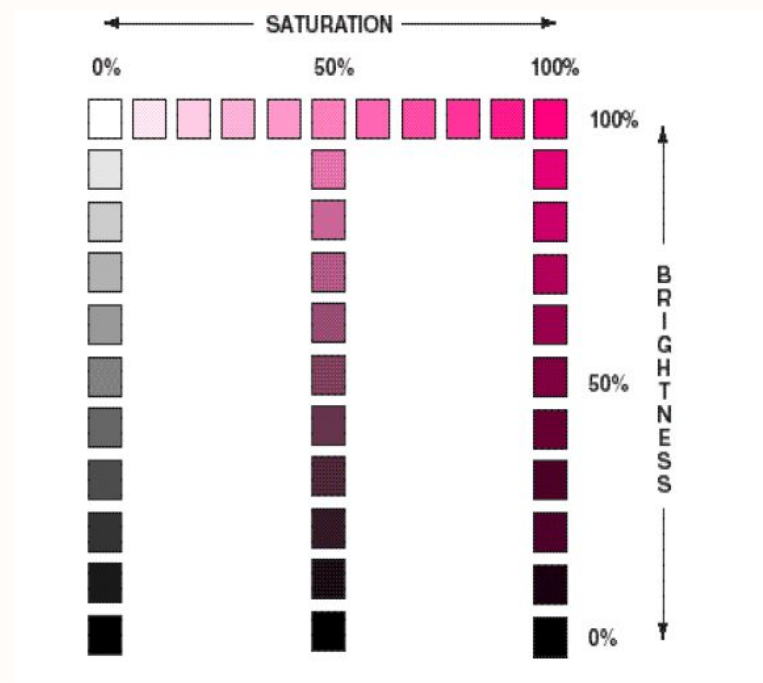
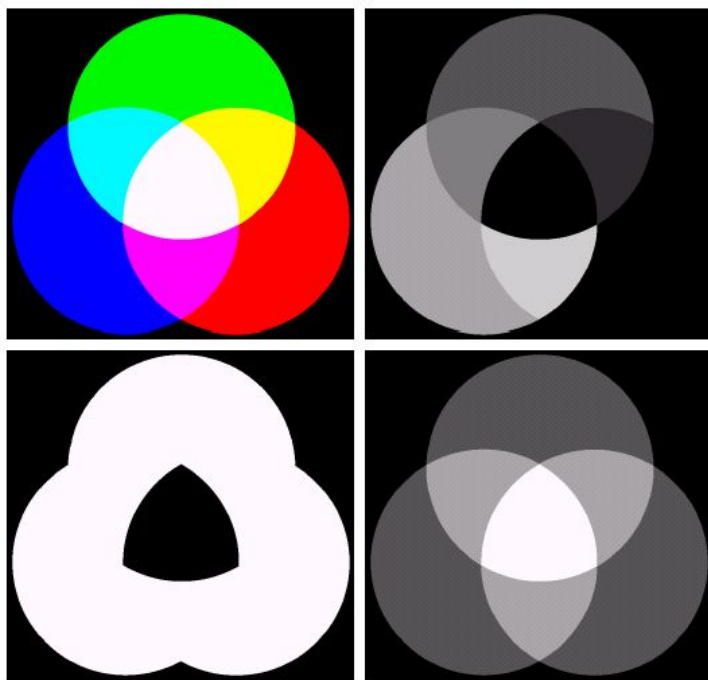


Diagrama apresentando a variação de S e I (brilho) (0 a 100%) para um valor de Hue.

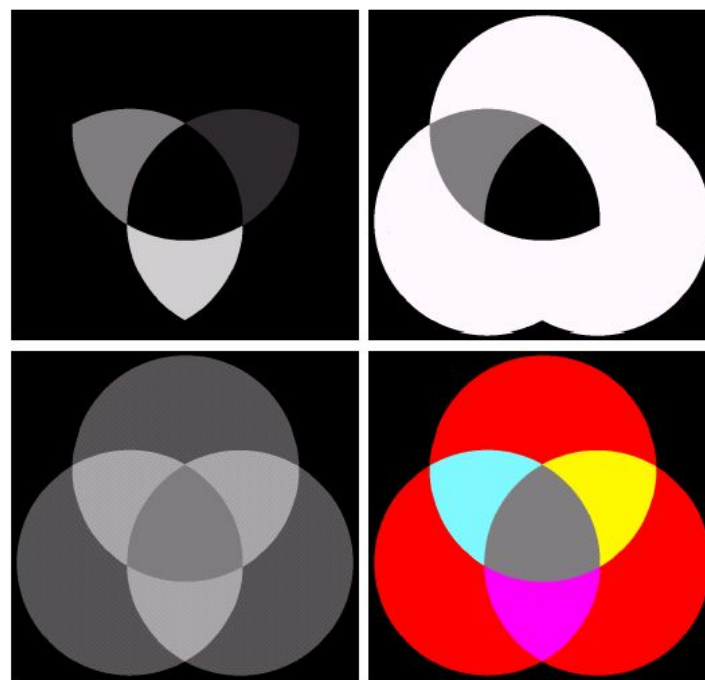
Modelos de Cores – HSI



a b
c d

FIGURE 6.16 (a) RGB image and the components of its corresponding HSI image: (b) hue, (c) saturation, and (d) intensity.

RGB->HSI: decomposição da primeira imagem (RGB) em (a) , nas 3 componentes HSI (imagens b,c, d): Matiz(Hue), Saturação e Brilho(Intensidade)



a b
c d

FIGURE 6.17 (a)–(c) Modified HSI component images. (d) Resulting RGB image. (See Fig. 6.16 for the original HSI images.)

HSI->RGB: resultado na última imagem (d) (em RGB) das modificações na 3 componentes HSI (imagens a,b,c)

Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

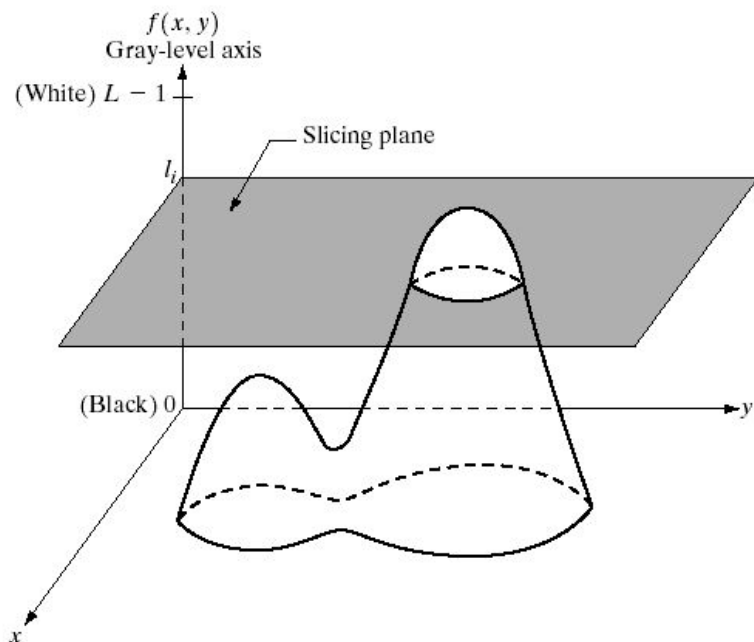
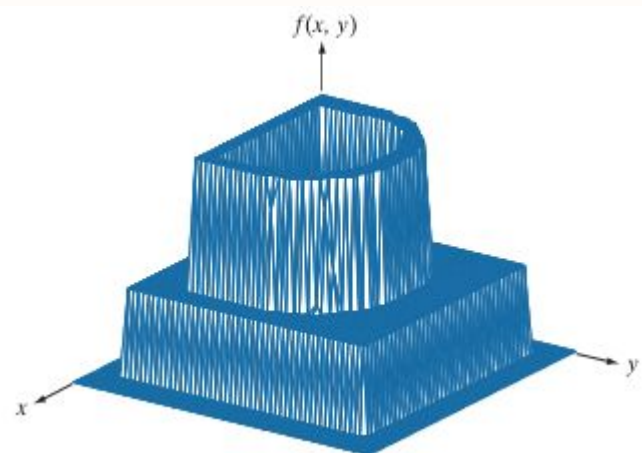


FIGURE 6.18 Geometric interpretation of the intensity-slicing technique.

- Designar cores para os valores em tons de cinza baseando em algum critério.
- Facilita a interpretação da imagem.
- Métodos:
 - **Fatiamento por intensidades.**
 - **Transformação de níveis de cinza para cores.**



Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

- Fatiamento por intensidade (**dois níveis**);
- Observar que a partir do limiar de cinza I_i (no eixo das abscissas), **a cor c_1 será substituída pela c_2** , conforme mostra o gráfico ao lado.

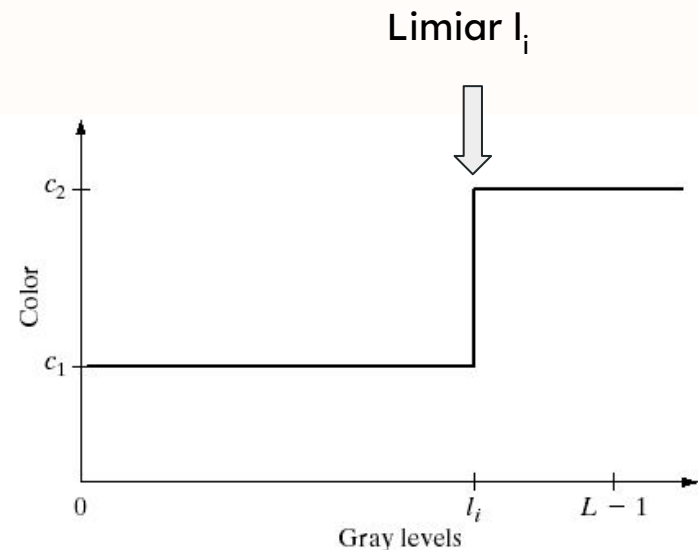
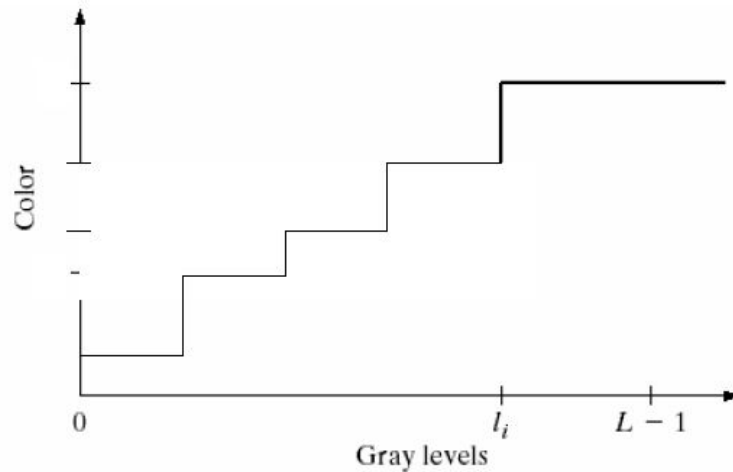


FIGURE 6.19 An alternative representation of the intensity-slicing technique.

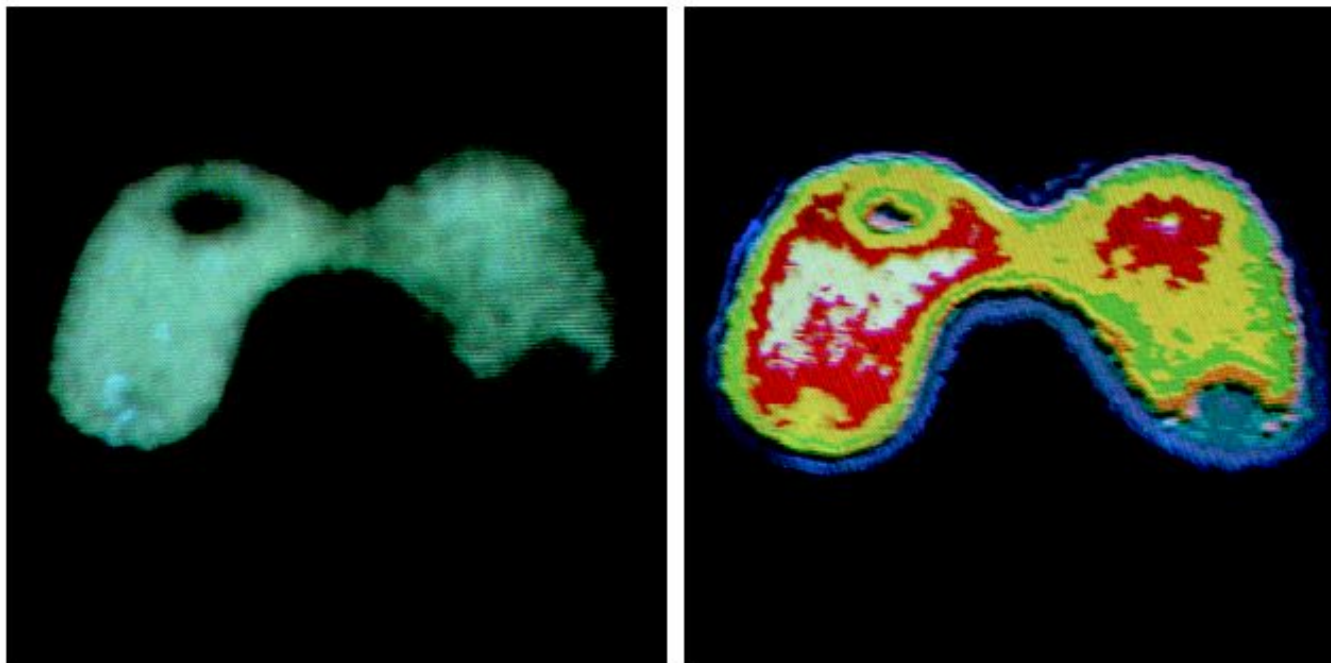
Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

- Fatiamento por intensidade (mais níveis)



Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

Exemplo com 8 níveis: imagem de uma Tireóide fatiada em 8 cores em função dos limiares de cinza.



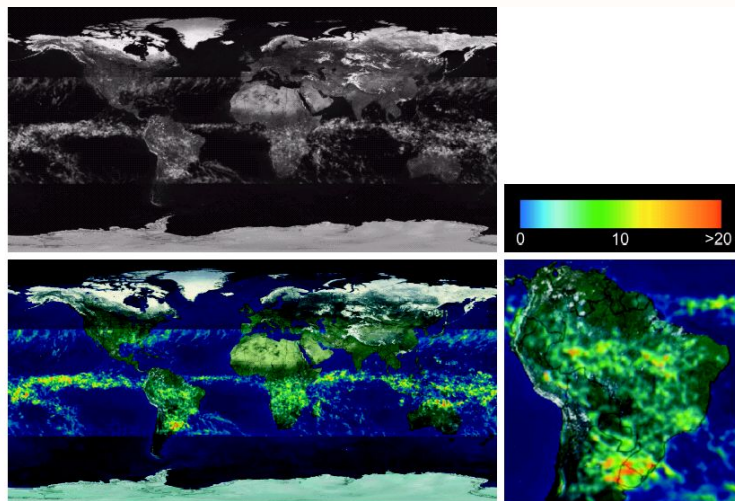
a b

FIGURE 6.20 (a) Monochrome image of the Picker Thyroid Phantom. (b) Result of density slicing into eight colors. (Courtesy of Dr. J. L. Blankenship, Instrumentation and Controls Division, Oak Ridge National Laboratory.)

Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

Exemplos:

- **À esquerda** a codificação de um **gradiente de cores** para representar **a média mensal de chuvas nas regiões**;
- **À direita o uso de duas cores** (abaixo) para **segmentar a imagem por raios-X** de uma solda.

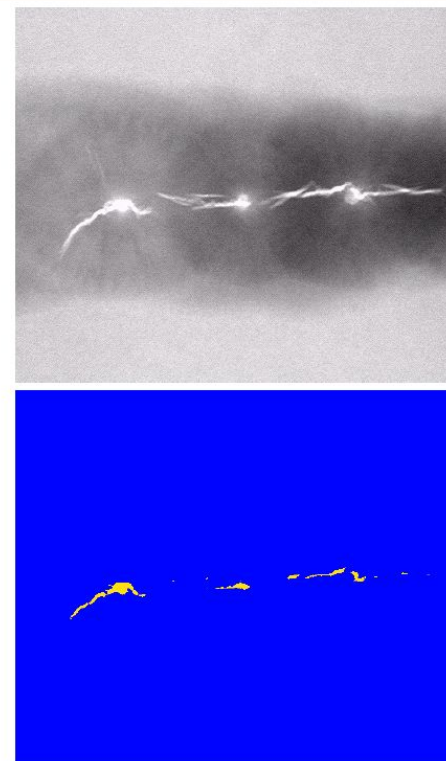


a b
c d

FIGURE 6.22 (a) Gray-scale image in which intensity (in the lighter horizontal band shown) corresponds to average monthly rainfall. (b) Colors assigned to intensity values. (c) Color-coded image. (d) Zoom of the South America region. (Courtesy of NASA.)

a
b

FIGURE 6.21
(a) Monochrome X-ray image of a weld. (b) Result of color coding. (Original image courtesy of X-TEK Systems, Ltd.)



Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

Transformação de níveis de cinza para cores, uma para cada canal: R,G e B.

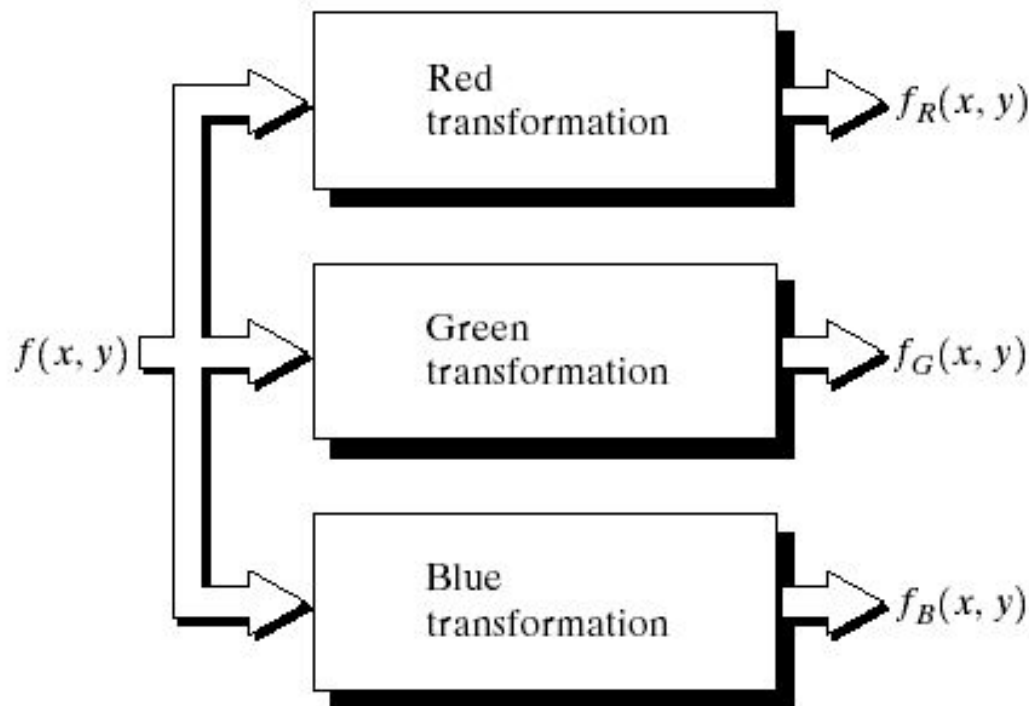


FIGURE 6.23 Functional block diagram for pseudocolor image processing. f_R , f_G , and f_B are fed into the corresponding red, green, and blue inputs of an RGB color monitor.

Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

Aplicação de transformações de níveis de cinza para cores (por canal RGB) simulando a detecção de explosivos.

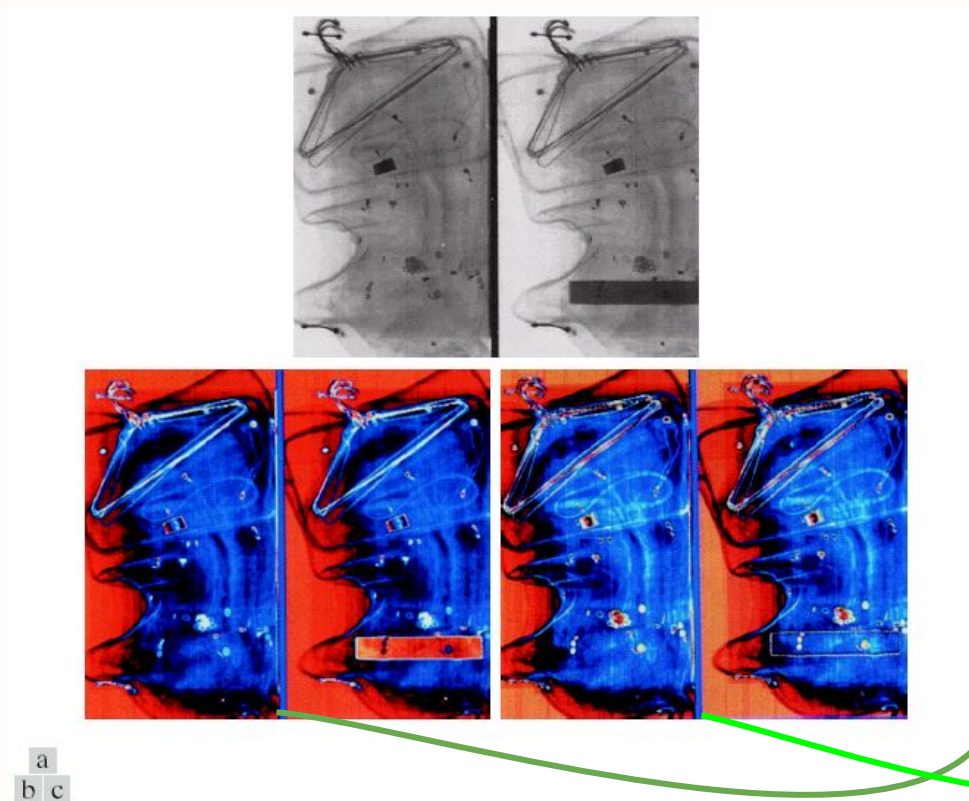


FIGURE 6.24 Pseudocolor enhancement by using the gray-level to color transformations in Fig. 6.25. (Original image courtesy of Dr. Mike Hurwitz, Westinghouse.)

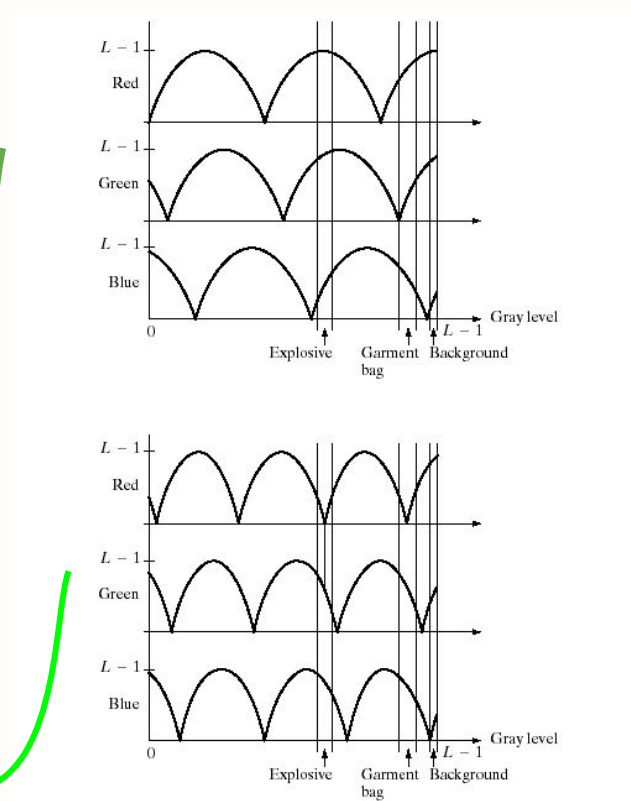


FIGURE 6.25 Transformation functions used to obtain the images in Fig. 6.24.

Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

Combinação de várias imagens monocromáticas:

- **Imagens multi-espectrais** (Remote Sensing/Medical)
- Técnicas adicionais de processamento podem incluir procedimentos como ajuste de cores e filtragem espacial.

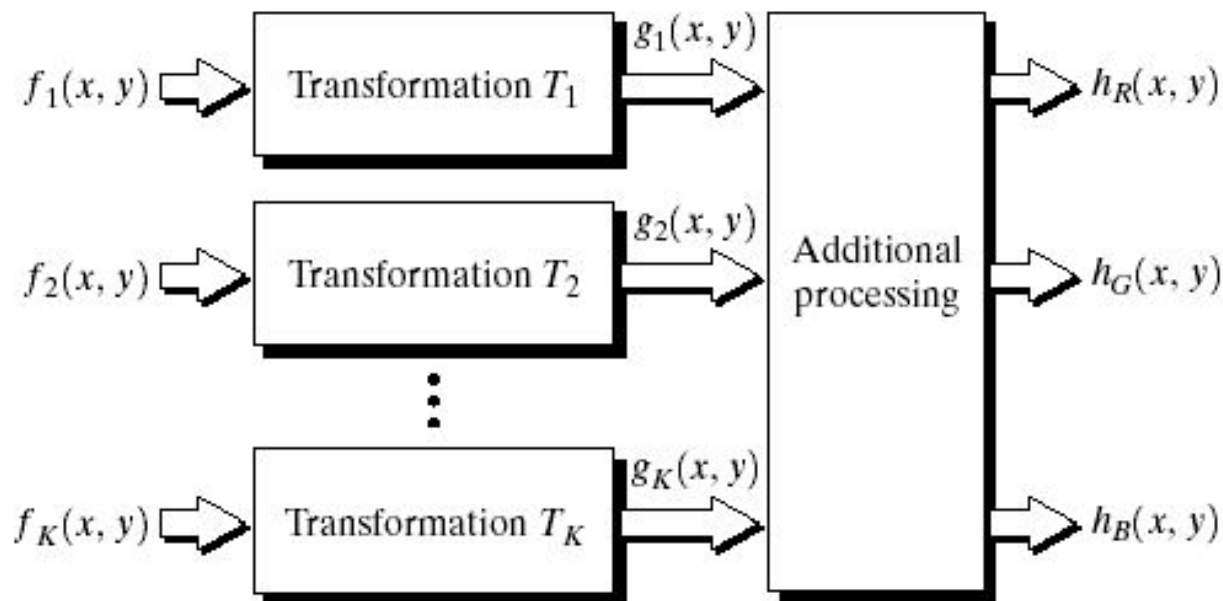


FIGURE 6.26 A pseudocolor coding approach used when several monochrome images are available.

Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

Vermelho



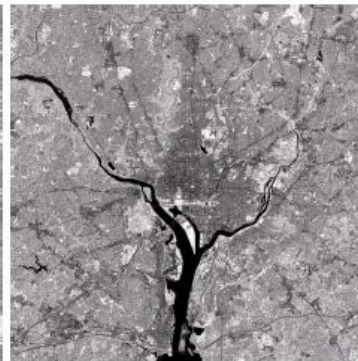
Verde



Azul



Near infrared

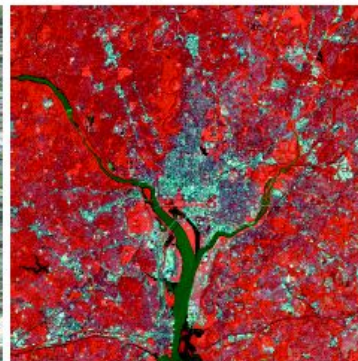


Imagens em
canais de satélite:
vegetação e demais
elementos em (f) e (e)

$f(R,G,B)$



$f(\text{near-infrared}, G, B)$

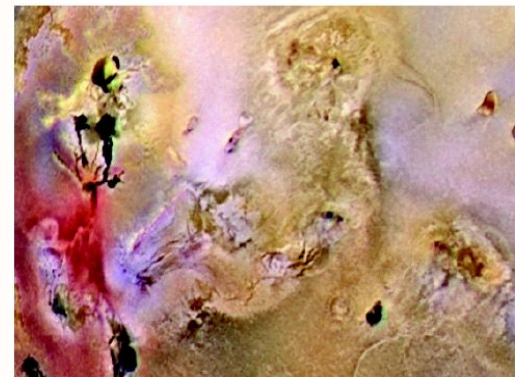
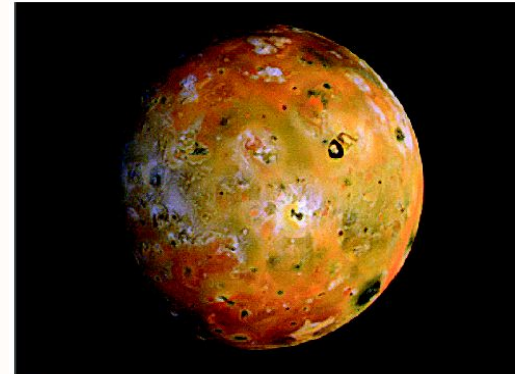


(e)

(f)

Processamento de Imagem em Pseudo-Cores

- Imagem multiespectral do satélite de Júpiter, Io.
- As bandas multiespectrais são sensíveis a composto químicos.
- Imagens em pseudo-cores onde o vermelho representa material recém lançado pelos vulcões e o amarelo depósitos antigos de enxofre.



a
b

FIGURE 6.28
(a) Pseudocolor rendition of Jupiter Moon Io.
(b) A close-up.
(Courtesy of NASA.)

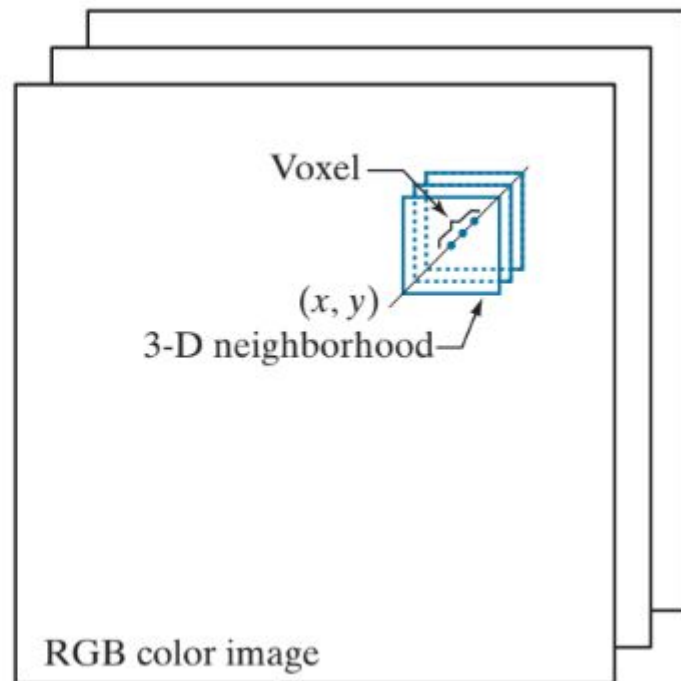
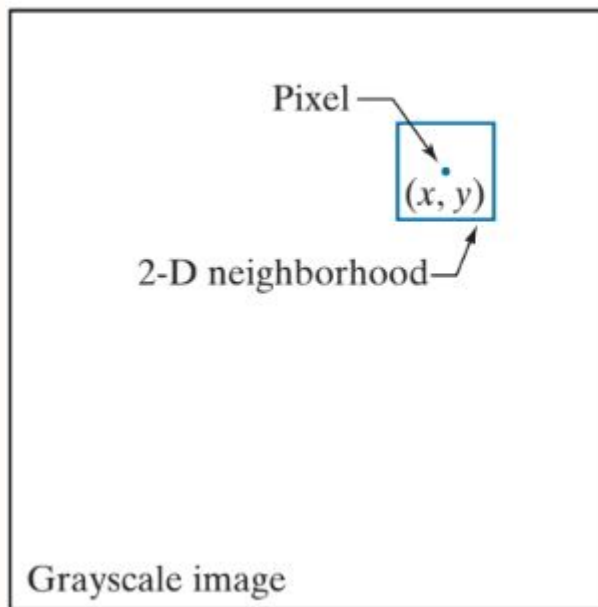
Processamento de Imagens Coloridas

O processamento pode ser identificado em **2 grandes categorias**:

- **Cada componente da cor é processada individualmente;**
- **O vetor de cores é processado diretamente.**

$$c(x, y) = \begin{bmatrix} c_R(x, y) \\ c_G(x, y) \\ c_B(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{bmatrix}$$

Máscaras espaciais são usadas para escalas de cinza e imagens coloridas (p. ex., RGB)



Transformações de cores

- Contexto de um único modelo de cor;
- Imagens (componentes) em tons de cinza.

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

CMYK

- Transformação de imagens coloridas; “n” são os canais.

$$s_i = T_i(r_1, r_2, \dots, r_n), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

- n=3 para RGB/HSI/CMY
- n=4 para CMYK

Aumento de intensidade ($k < 1$):

- HSI: $s_3 = kr_3, s_2 = r_2, s_1 = r_1$
- RGB: $s_i = kr_i$
- CMY: $s_i = kr_i + (1 - k)$



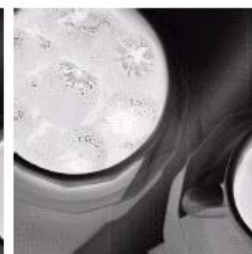
Full color



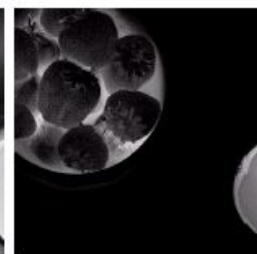
Cyan



Magenta



Yellow



Black



Red

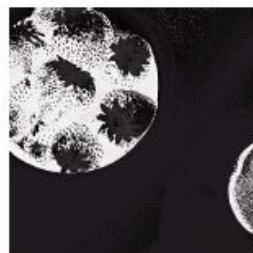


Green

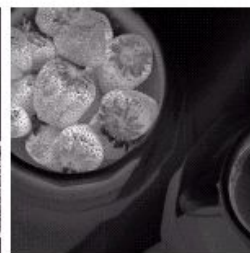


Blue

RGB



Hue



Saturation

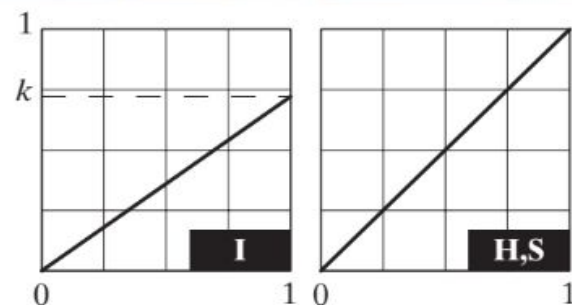
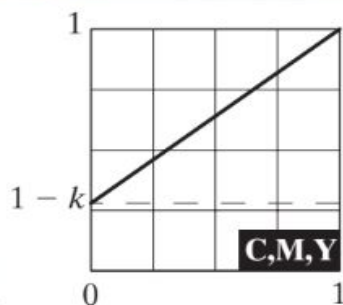
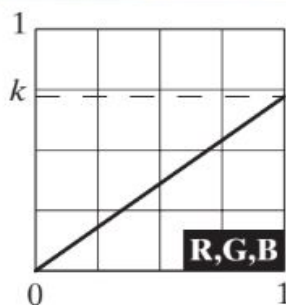


Intensity

HSI

Transformações de cores

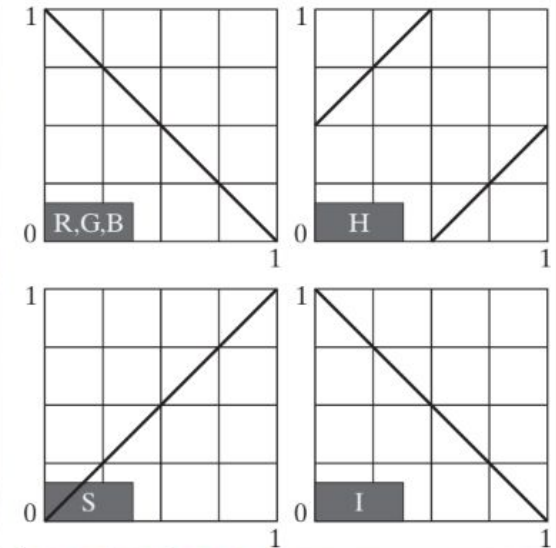
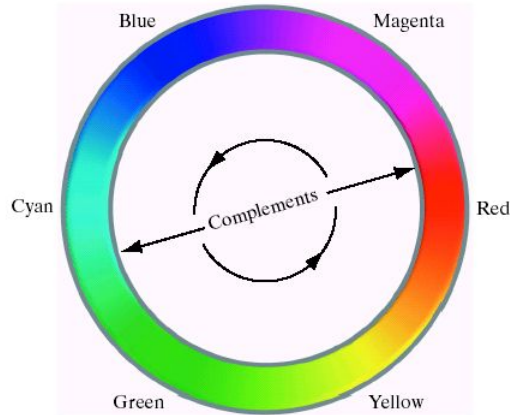
Atenuação da intensidade em 30% ($k=0.7$), considerando os 3 modelos: RGB, CMY e HSI.



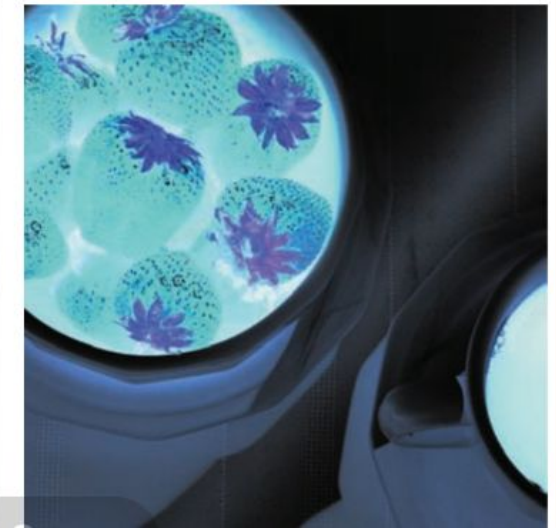
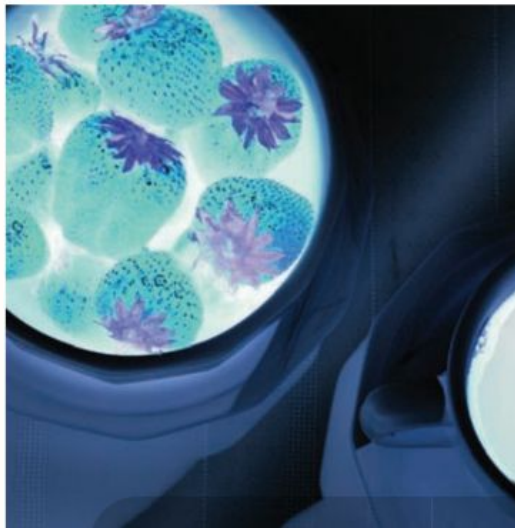
- HSI: $s_3 = kr_3$, $s_2 = r_2$, $s_1 = r_1$
- RGB: $s_i = kr_i$
- CMY: $s_i = kr_i + (1 - k)$

Fonte: GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital Image Processing. Pearson, New York, NY.

Cores Complementares



Círculo de cores (ou roda de cores): é construído ao colocar as cores primárias equidistantes umas das outras. As cores secundárias estão entre as primárias, também em um arranjo equidistante.



Fonte: GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital Image Processing. Pearson, New York, NY.

Cores complementares para a primeira imagem por RGB e HSI (mais complexa).

Fatiamento de cores

O conceito básico é:

- exibir as cores de interesse de modo que se destaquem do plano de fundo;
- utilizar a região definida pelas cores como uma máscara para processamento adicional

$$S_i = \begin{cases} 0.5, & \text{se } |r_j - a_j| > W/2, \\ r_i & 1 \leq j \leq n \end{cases}$$

$$S_i = \begin{cases} 0.5, & \text{se } \sum_{j=1}^n (r_j - a_j)^2 > R_0^2, \\ r_i & 1 \leq j \leq n \end{cases}$$

Transformações de fatiamento de cor que detectam tons de vermelho dentro de um cubo RGB de largura $W = 0.2549$, centrado em $(0.6863, 0.1608, 0.1922)$.



a b

FIGURE 6.34 Color slicing transformations that detect (a) reds within an RGB cube of width $W = 0.2549$ centered at $(0.6863, 0.1608, 0.1922)$, and (b) reds within an RGB sphere of radius 0.1765 centered at the same point. Pixels outside the cube and sphere were replaced by color $(0.5, 0.5, 0.5)$.

Transformações de fatiamento de cor que detectam tons de vermelho dentro de uma esfera RGB de raio 0.1765 , centrada no mesmo ponto. Pixels fora do cubo e da esfera foram substituídos pela cor $(0.5, 0.5, 0.5)$."

Histograma no processamento de imagens coloridas

Equalização do **Histograma** de **intensidade**, seguido do aumento da **saturação** (espaço HSI)

Aumento do contraste

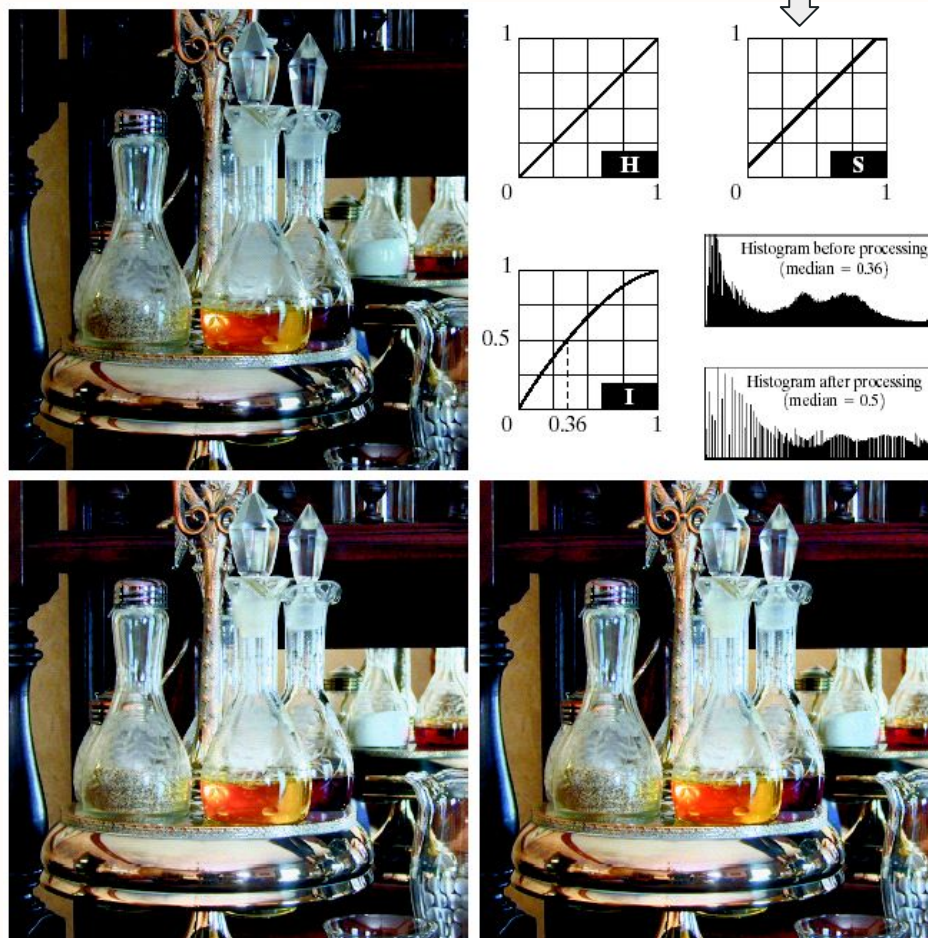


FIGURE 6.37 Histogram equalization (followed by saturation adjustment) in the HSI color space.

Suavização em imagens coloridas

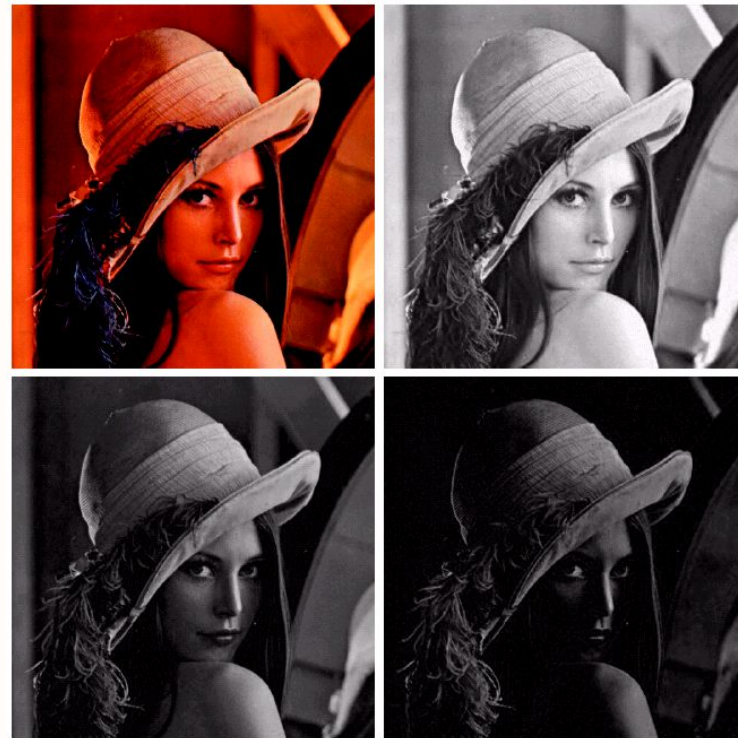


FIGURE 6.38
(a) RGB image.
(b) Red component image.
(c) Green component.
(d) Blue component.

Suavização em imagens coloridas

Canais H, S e I relativos à imagem anterior



a b c

FIGURE 6.39 HSI components of the RGB color image in Fig. 6.38(a). (a) Hue. (b) Saturation. (c) Intensity.

Suavização em imagens coloridas

Comparação de resultados:

- Suavização sobre **canais separados em RGB** (a);
- Suavização apenas sobre o **canal I (do espaço HSI)**;
- **Diferença entre as imagens** depois da conversão HSI -> RGB.

$$\bar{c}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{(x, y) \in S_{xy}} c(x, y)$$
$$\bar{c}(x, y) = \begin{bmatrix} \frac{1}{K} \sum_{(x, y) \in S_{xy}} R(x, y) \\ \frac{1}{K} \sum_{(x, y) \in S_{xy}} G(x, y) \\ \frac{1}{K} \sum_{(x, y) \in S_{xy}} B(x, y) \end{bmatrix}$$

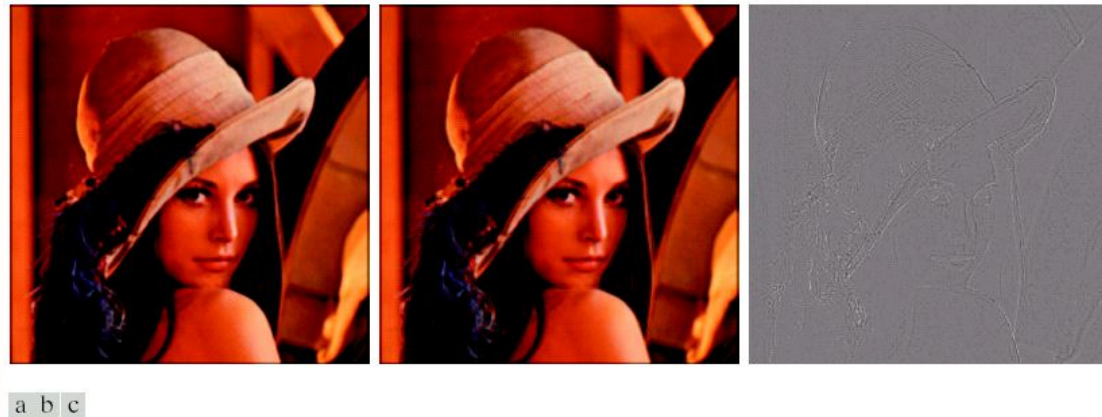


FIGURE 6.40 Image smoothing with a 5×5 averaging mask. (a) Result of processing each RGB component image. (b) Result of processing the intensity component of the HSI image and converting to RGB. (c) Difference between the two results.

Aguçamento de imagens coloridas

Comparação de resultados:

- Aguçamento sobre **canais separados em RGB** (a);
- Aguçamento apenas sobre o **canal I (do espaço HSI)**;
- **Diferença entre as imagens** depois da conversão HSI -> RGB.

$$\nabla^2 [\mathbf{c}(x, y)] = \begin{bmatrix} \nabla^2 R(x, y) \\ \nabla^2 G(x, y) \\ \nabla^2 B(x, y) \end{bmatrix}$$

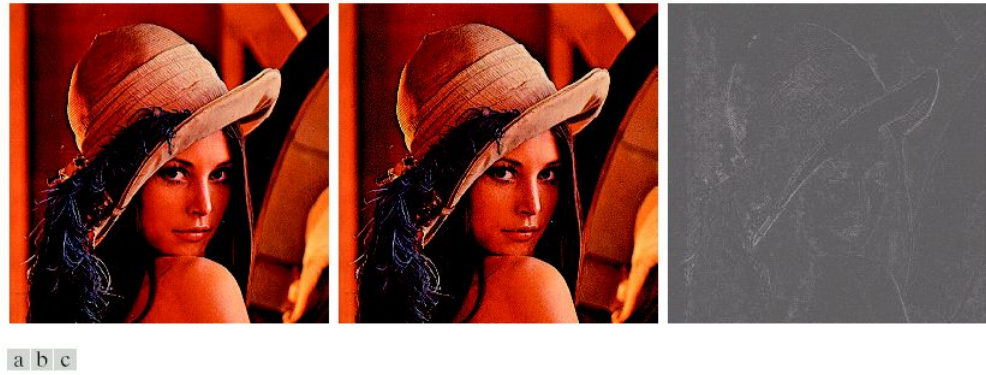
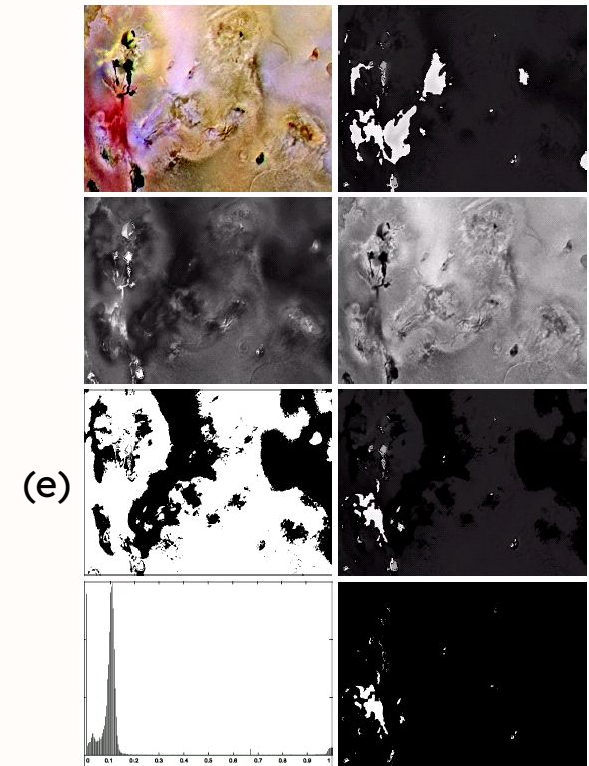


FIGURE 6.41 Image sharpening with the Laplacian. (a) Result of processing each RGB channel. (b) Result of processing the intensity component and converting to RGB. (c) Difference between the two results.

Segmentação usando cores

Considerações:

- A **segmentação** é um **processo que divide uma imagem em regiões**;
- É comum usar o **espaço HSI**, pois a cor é apresentada de maneira conveniente na imagem de matiz.
- Geralmente, a **saturação** é empregada como uma **máscara** para isolar regiões adicionais de interesse na imagem de matiz;
- O **canal I de intensidade** é **menos utilizado** na segmentação de imagens coloridas, uma vez que não contém informações de cor.



a b
c d
e f
g h

FIGURE 6.42 Image segmentation in HSI space. (a) Original. (b) Hue. (c) Saturation. (d) Intensity. (e) Binary saturation mask (black = 0). (f) Product of (b) and (e). (g) Histogram of (f). (h) Segmentation of red components in (a).

Segmentação usando cores

Abordagem no **espaço RGB** usando as expressões abaixo e considerando uma distância limiar D_0 :

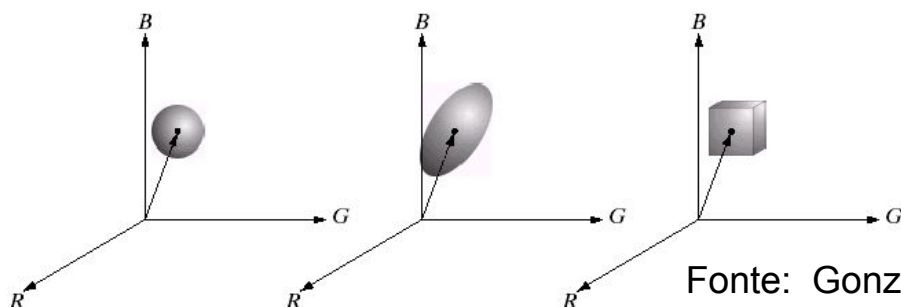
- **Distância euclidiana:** $D(\mathbf{z}, \mathbf{a}) = \|\mathbf{z} - \mathbf{a}\|$

$$= \left[(\mathbf{z} - \mathbf{a})^T (\mathbf{z} - \mathbf{a}) \right]^{\frac{1}{2}}$$
$$= \left[(z_R - a_R)^2 + (z_G - a_G)^2 + (z_B - a_B)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

- Generalização anterior incluindo uma **matriz de covariância C**:

$$D(\mathbf{z}, \mathbf{a}) = \left[(\mathbf{z} - \mathbf{a})^T \mathbf{C}^{-1} (\mathbf{z} - \mathbf{a}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

- Distância através de uma caixa com **dimensões proporcionais ao desvio padrão**: $l_i = k_i \delta_i$, com $i=1,2,3$



a b c

FIGURE 6.43

Three approaches for enclosing data regions for RGB vector segmentation.

Fonte: Gonzalez e Woods

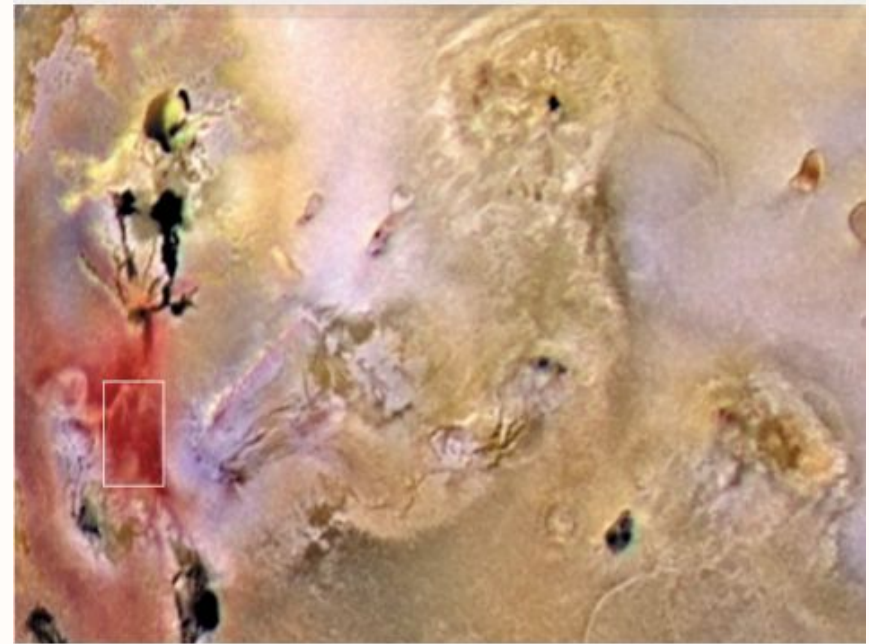
Segmentação usando cores

Resultado da segmentação no espaço RGB usando o desvio padrão dentro da região de interesse (ROI):

- Cálculo da média na ROI para cada componente (R,G e B): \bar{v}_{rgb}
- Cálculo do desvio padrão na ROI para cada componente (R,G e B): δ_{rgb}

- Definição da caixa:

$$V_{rgb} = \bar{v}_{rgb} + / - k. \delta_{rgb}$$



Detecção de bordas (em imagens coloridas)

Detecção para imagens coloridas através de uma **abordagem vetorial para o espaço RGB**:

$$g_{xx} = \mathbf{u} \cdot \mathbf{u} = \mathbf{u}^T \mathbf{u} = \left| \frac{\partial R}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial G}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial B}{\partial x} \right|^2$$

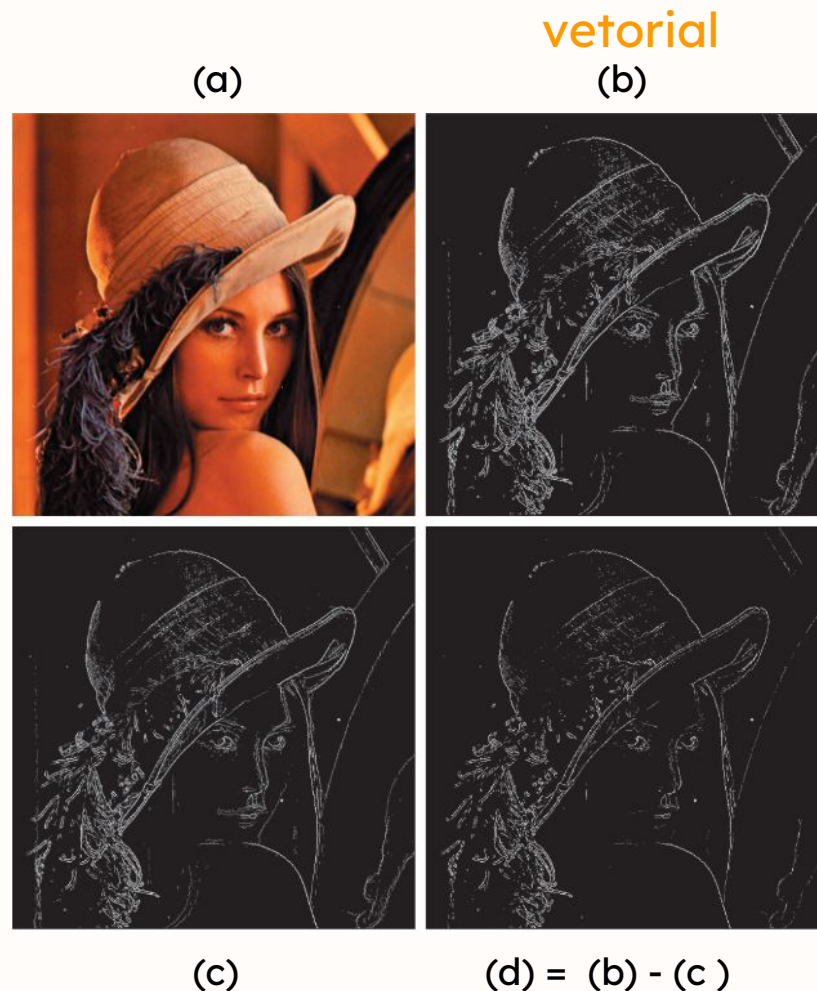
$$g_{yy} = \mathbf{v} \cdot \mathbf{v} = \mathbf{v}^T \mathbf{v} = \left| \frac{\partial R}{\partial y} \right|^2 + \left| \frac{\partial G}{\partial y} \right|^2 + \left| \frac{\partial B}{\partial y} \right|^2$$

$$g_{xy} = \mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = \mathbf{u}^T \mathbf{v} = \frac{\partial R}{\partial x} \frac{\partial R}{\partial y} + \frac{\partial G}{\partial x} \frac{\partial G}{\partial y} + \frac{\partial B}{\partial x} \frac{\partial B}{\partial y}$$

Comparação:

- (a) imagem original;
- (b) **gradiente** utilizando **vetores**;
- (c) **soma dos gradientes** de cada canal RGB (**após o operador de Sobel**);
- (d) subtração entre (b) e (c).

por
canal



Detecção de bordas (em imagens coloridas)

Gradientes (**por operador de Sobel**)
para cada uma das componentes
dos canais R, G e B da **imagem**
anterior colorida:

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1



a b c

FIGURE 6.47 Component gradient images of the color image in Fig. 6.46. (a) Red component, (b) green component, and (c) blue component. These three images were added and scaled to produce the image in Fig. 6.46(c).

Ruído em imagens coloridas

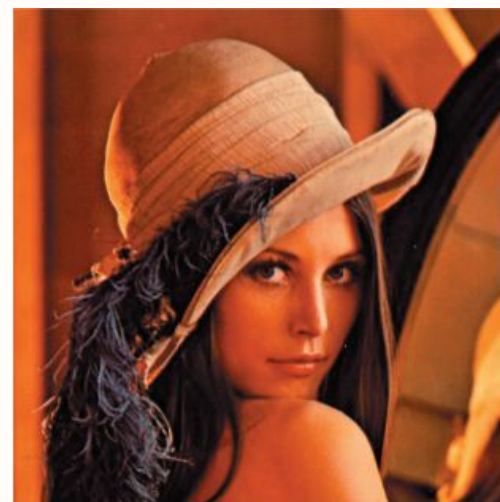
Colocação de **ruído aditivo gaussiano** $N(0,28^2)$ nas componentes RGB, com resultado na imagem colorida (d). Verificar a imagem colorida correspondente (à direita) antes da aplicação desse ruído.

a b
c d

FIGURE 6.48
(a)–(c) Red, green, and blue component images corrupted by additive Gaussian noise of mean 0 and variance 800. (d) Resulting RGB image. [Compare (d) with Fig. 6.46(a).]



Antes da aplicação de ruído gaussiano



Ruído em imagens coloridas

Componentes HSI, também afetadas pela introdução (na imagem (RGB) anterior) do ruído gaussiano colocado em cada um dos planos (R, G e B)



a b c

FIGURE 6.49 HSI components of the noisy color image in Fig. 6.48(d). (a) Hue. (b) Saturation. (c) Intensity.

Ruído em imagens coloridas

O **Canal G** do espaço **RGB** encontra-se contaminado por **ruído do tipo sal-e-pimenta**. Em seguida, a apresentação das **componentes HSI** da imagem, para onde o ruído se propaga.



a b
c d

FIGURE 6.50
(a) RGB image with green plane corrupted by salt-and-pepper noise.
(b) Hue component of HSI image.
(c) Saturation component.
(d) Intensity component.

Muito obrigado!

INSTITUIÇÃO EXECUTORA



COORDENADORA



APOIO

