



# Cores

Judith Kelner  
Eduardo Albuquerque  
Vários colaboradores



Abril/2011



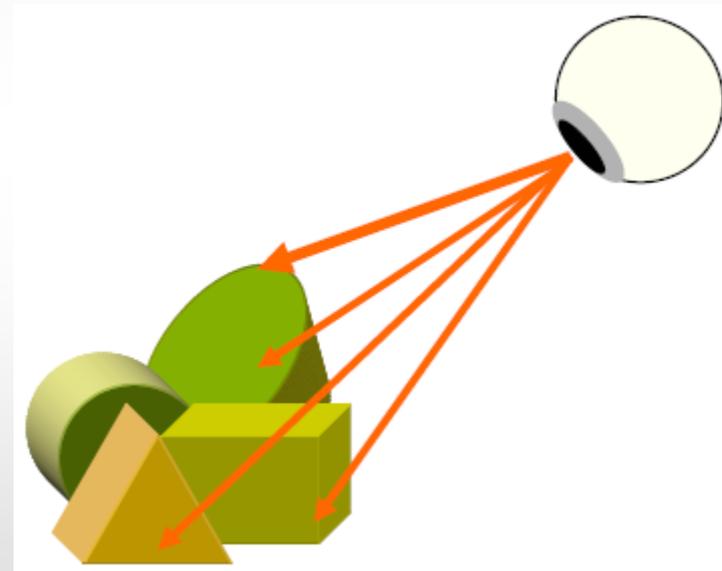
# Um pouco de História...

## Homem Primitivo

- Significado simbólico.

## Antiguidade

- Platão (427-347 ac), nos olhos existia um fogo que dava origem a raios emanados que tocavam os objetos (tal como o tacto).



# História

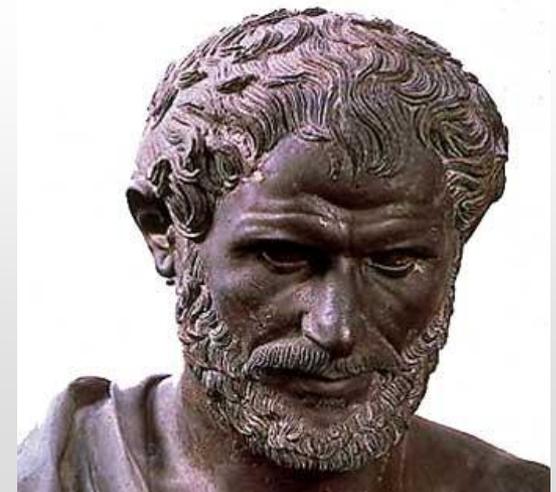
- No entanto Platão já tinha a ideia de que a percepção é uma experiência individual e de que existe adaptação cromática.



# História

## Antiguidade

- Aristóteles concluiu que as cores eram uma propriedade dos objetos.
- Disse que eram em número de sete: amarelo, vermelho, violeta, verde, azul, branco e negro.



# História

## Idade Média

- O poeta medieval Plínio certa vez teorizou que as três cores básicas seriam o **vermelho** vivo, o **ametista** e uma outra que chamou de conchífera.



# História

## Idade Moderna

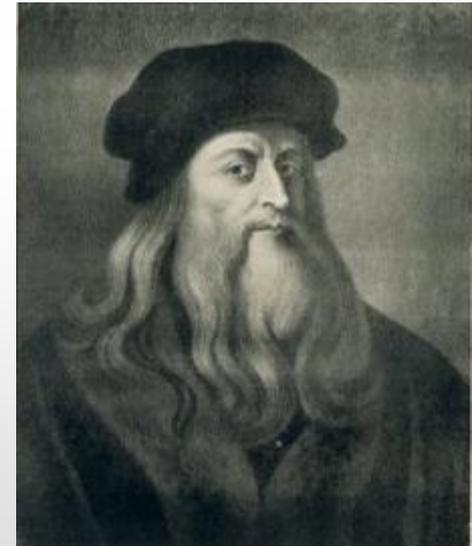
- Leon Battista Alberti diria que seriam quatro as mais importantes, o **vermelho**, **verde**, **azul** e o cinza.



# História

## Idade Moderna

- **Leonardo Da Vinci (1452 - 1519)** se opôs a Aristóteles ao afirmar que a cor não era uma propriedade dos objetos, mas da luz.
- Todas as outras cores poderiam se formar a partir do vermelho, verde, azul e amarelo.
- Afirma ainda que o branco e o preto não são cores mas extremos da luz.
- O primeiro a observar que a sombra colorida
- Pesquisar visão estereoscópica



# História

- Isaac Newton, no século 18, realizou o primeiro experimento com cores
- Incidiu a luz do sol sobre um prisma e observou que ela se decompunha em um arco-íris de cores
- Conseguiu combinar cores para formar outras cores distintas
- Concluindo que era necessário sete cores para representar todas as cores visíveis
- Escreveu o livro *Opticks* em 1704

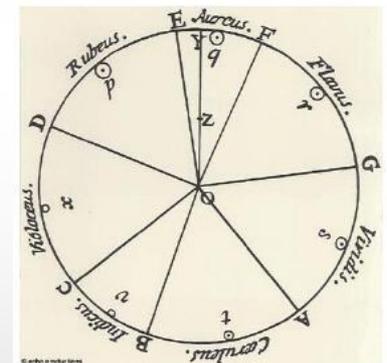
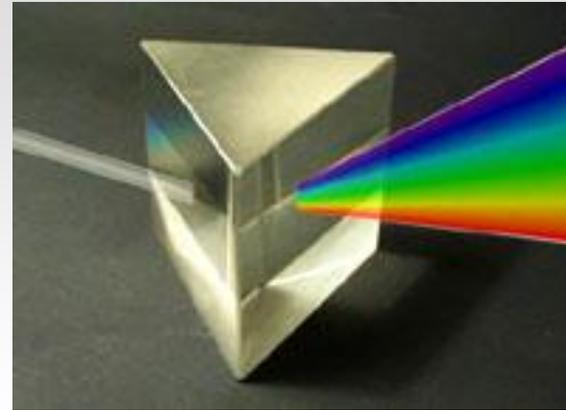


Figura 2. Espaço de cores de Isaac Newton ([www.colorsystm.com](http://www.colorsystm.com)).

# História

- No início do século XIX, **Thomas Young** propôs, a teoria **tricromática**
  - Olho humano tem receptores para três cores primárias (vermelho, verde, azul)
  - Outras cores são percebidas através de combinações das três feita pelo cérebro
- A perda da capacidade de perceber uma destas cores pela retina, produziria a incapacidade de perceber qualquer cor que a tenha como componente



# TEORIA DE YOUNG-HELMHOLTZ

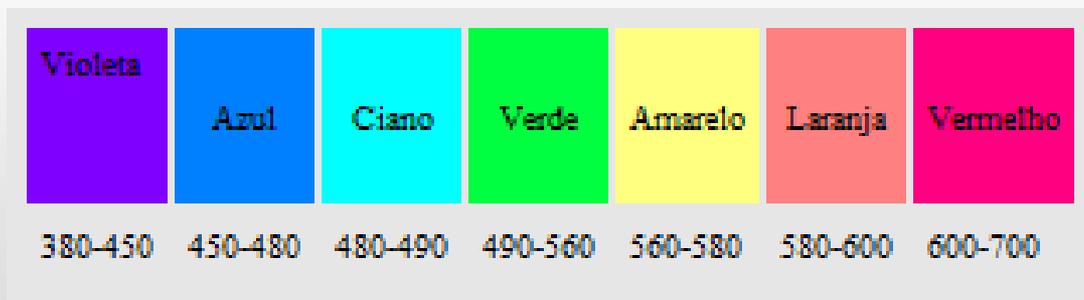
- O alemão **Hermann von Helmholtz** continuou o trabalho de Young
- Propôs que o olho continha apenas três tipos de receptores de cor
  - Respondiam diferentemente aos comprimentos de onda vermelho (R), verde (G) e azul-violeta (B)

# História

- Em 1849 James Clerk Maxwell confirmou as idéias de Young e Helmholtz
  - Mostrou que a cegueira para cores era devida ao fato de certas pessoas não serem capazes de serem estimuladas por determinada cor.

# O que é Cor ?

- Cor é como o olho (dos seres vivos animais) interpreta a re-emissão da luz vinda de um objeto que foi emitida por uma fonte luminosa
- Apenas a radiação eletromagnética na faixa de 380 a 700 nanômetros é visível pelo olho humano



# Paradigmas de abstração

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

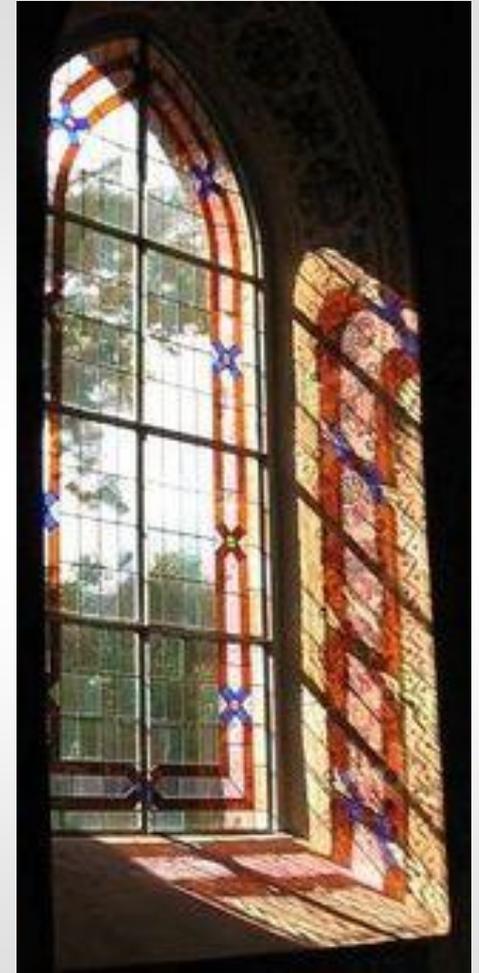
# Curiosidades

- Luz negra e sabão em pó.

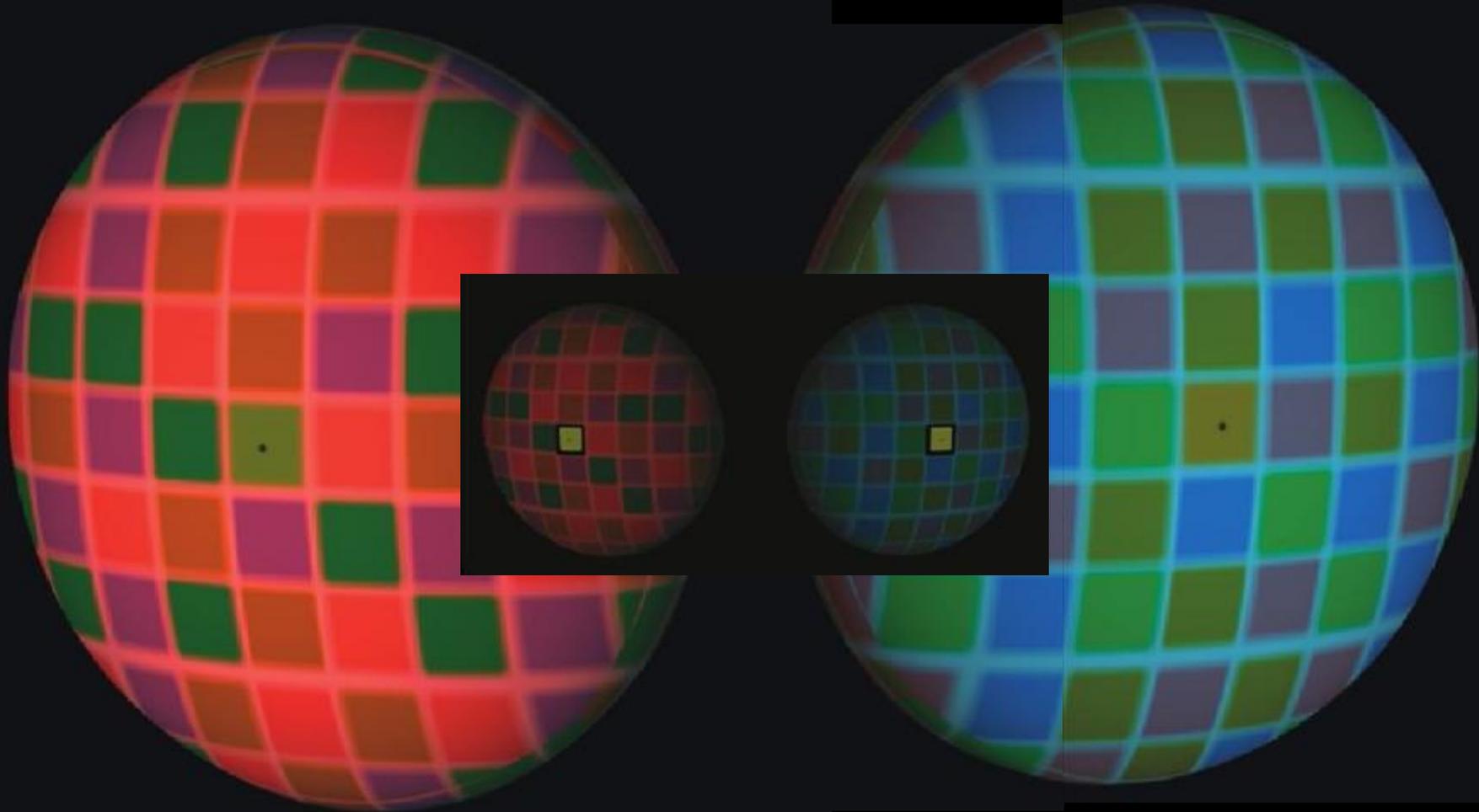


# O que é Cor ?

- Não é um fenômeno físico.
  - É um problema psico-físico.
- É um fenômeno subjetivo, individual e dependente de contexto.
  - Cor é uma **sensação** produzida no nosso cérebro pela luz que chega aos nossos olhos.



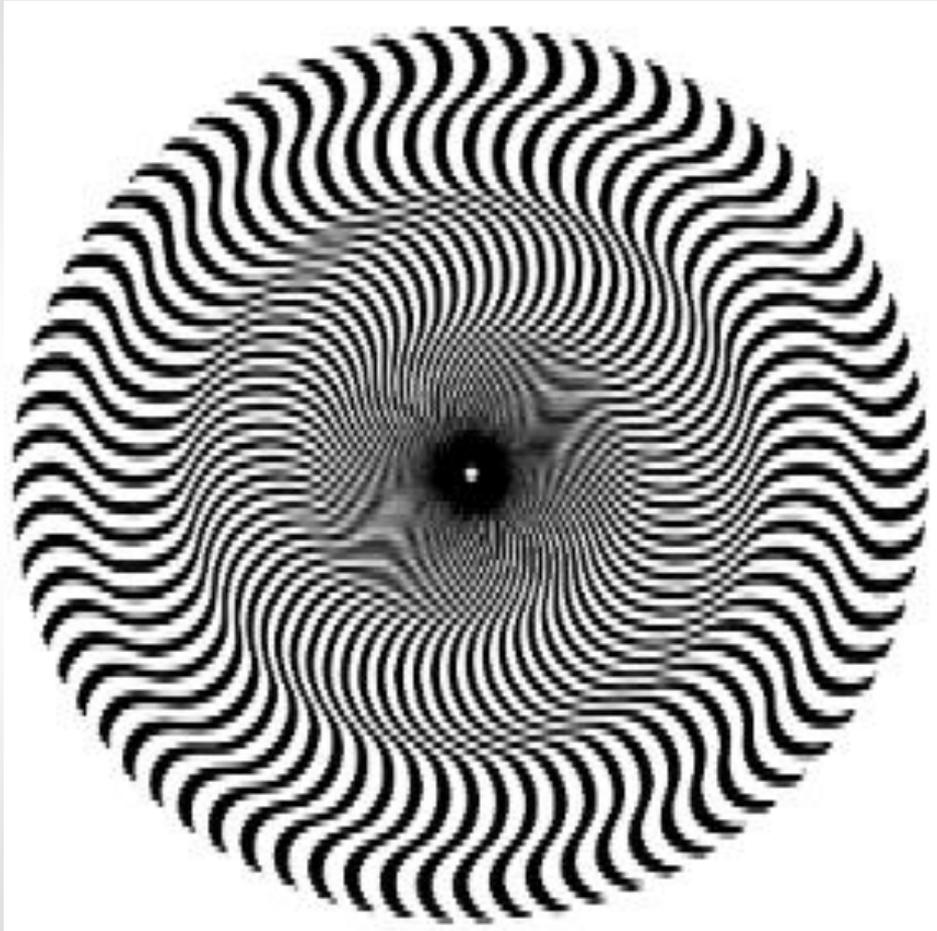
# Curiosidades



# Curiosidades

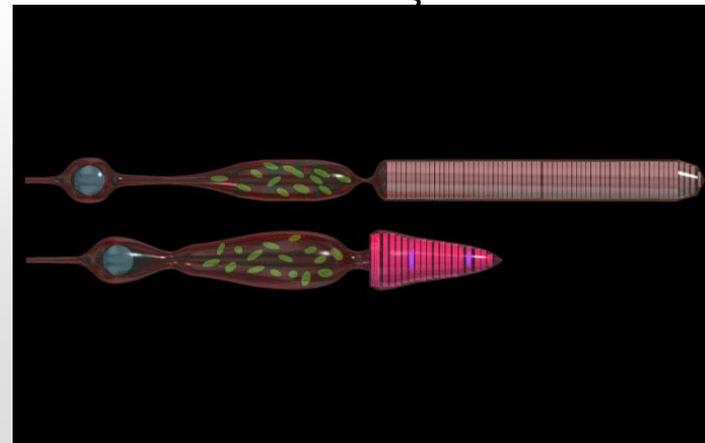


# Curiosidades



# O Olho Humano

- A percepção da luz pelo ser humano ocorre através da incidência de um raio luminoso sobre o olho
  - A retina é responsável pela conversão desta energia luminosa em sinais elétricos
  - Sensores:
    - **cones** - sensíveis a alto nível de iluminação e responsáveis pela percepção das cores; e
    - **bastonetes** - sensíveis a baixo nível de iluminação e distinguem os tons de cinza.



# Paradigmas de abstração

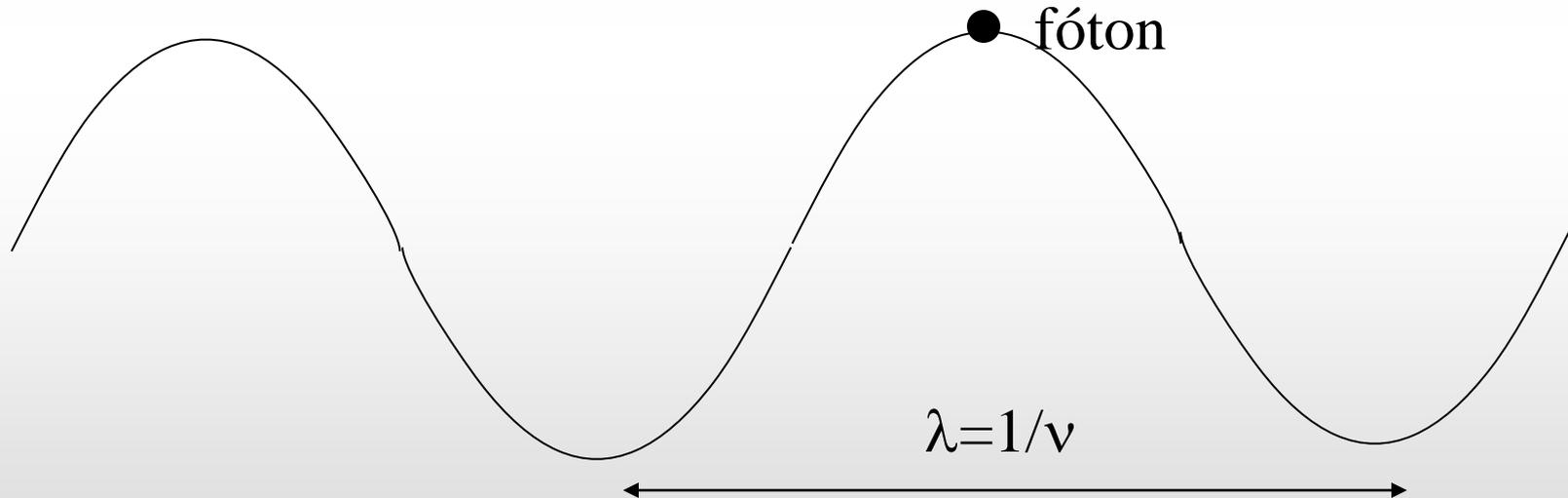
- Universos: físico → matemático → representação → codificação.
- Luz → modelo espectral → representação tricromática → sistemas de cor.

# Paradigmas de abstração

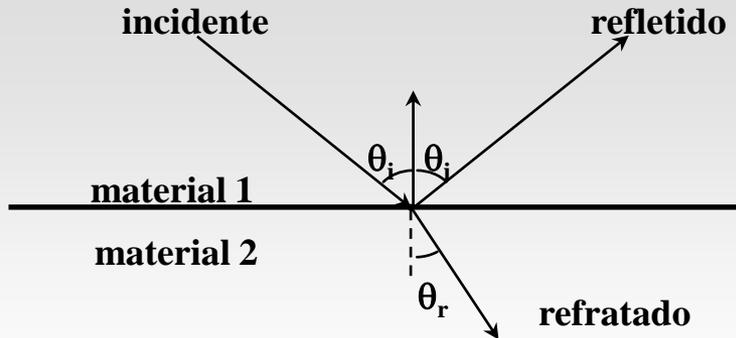
- Universos: físico → matemático → representação → codificação.
- Luz → modelo espectral → representação tricromática → sistemas de cor.

# Modelo Espectral de Cor

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



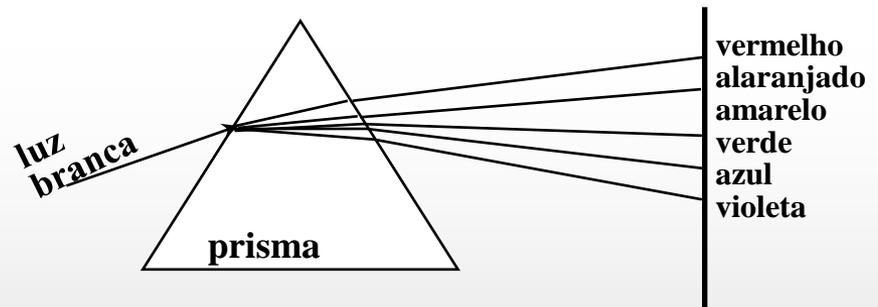
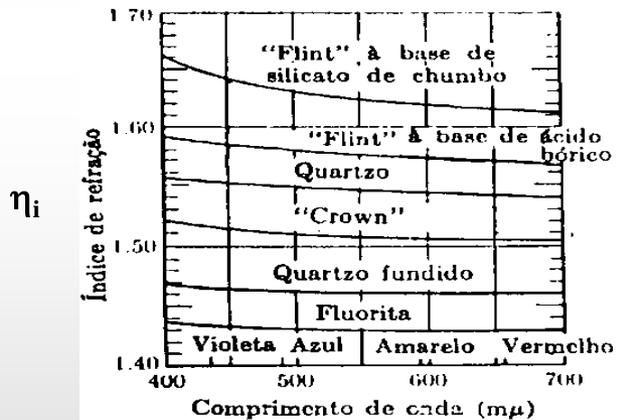
# Reflexão e Refração



$$\text{sen } \theta_r = \frac{\eta_2}{\eta_1} \text{sen } \theta_i$$

lei de Snell  
(1621)

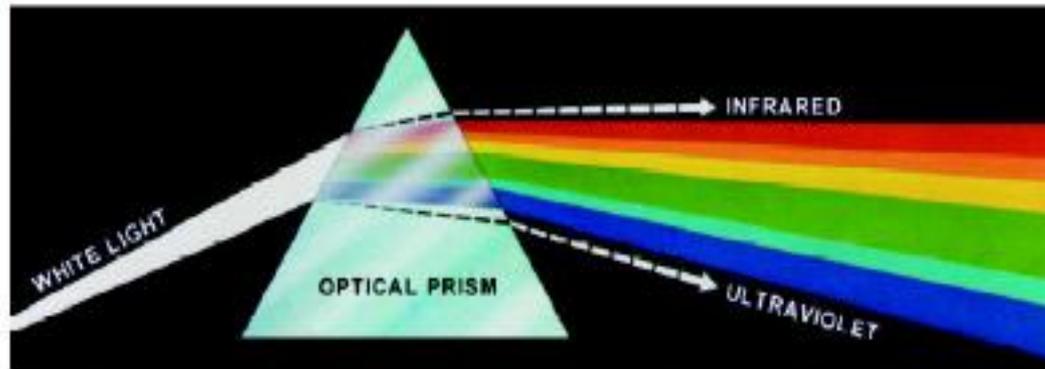
$$\eta_i = \frac{\text{velocidade da luz no vácuo}}{\text{velocidade da luz no material } i}$$



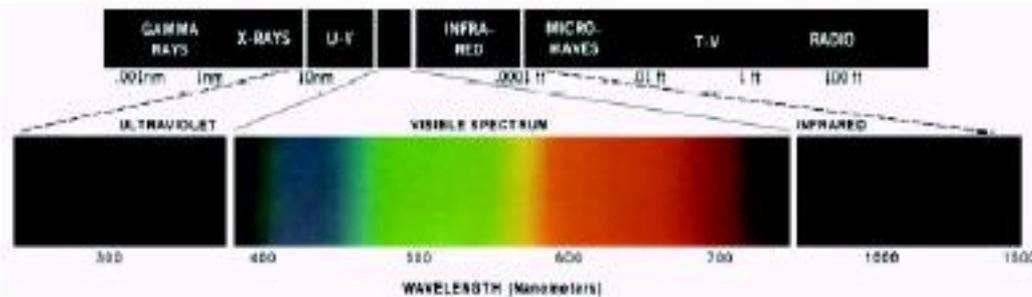
luz branca (acromática) tem todos os comprimentos de onda

Newton

# Fundamentos



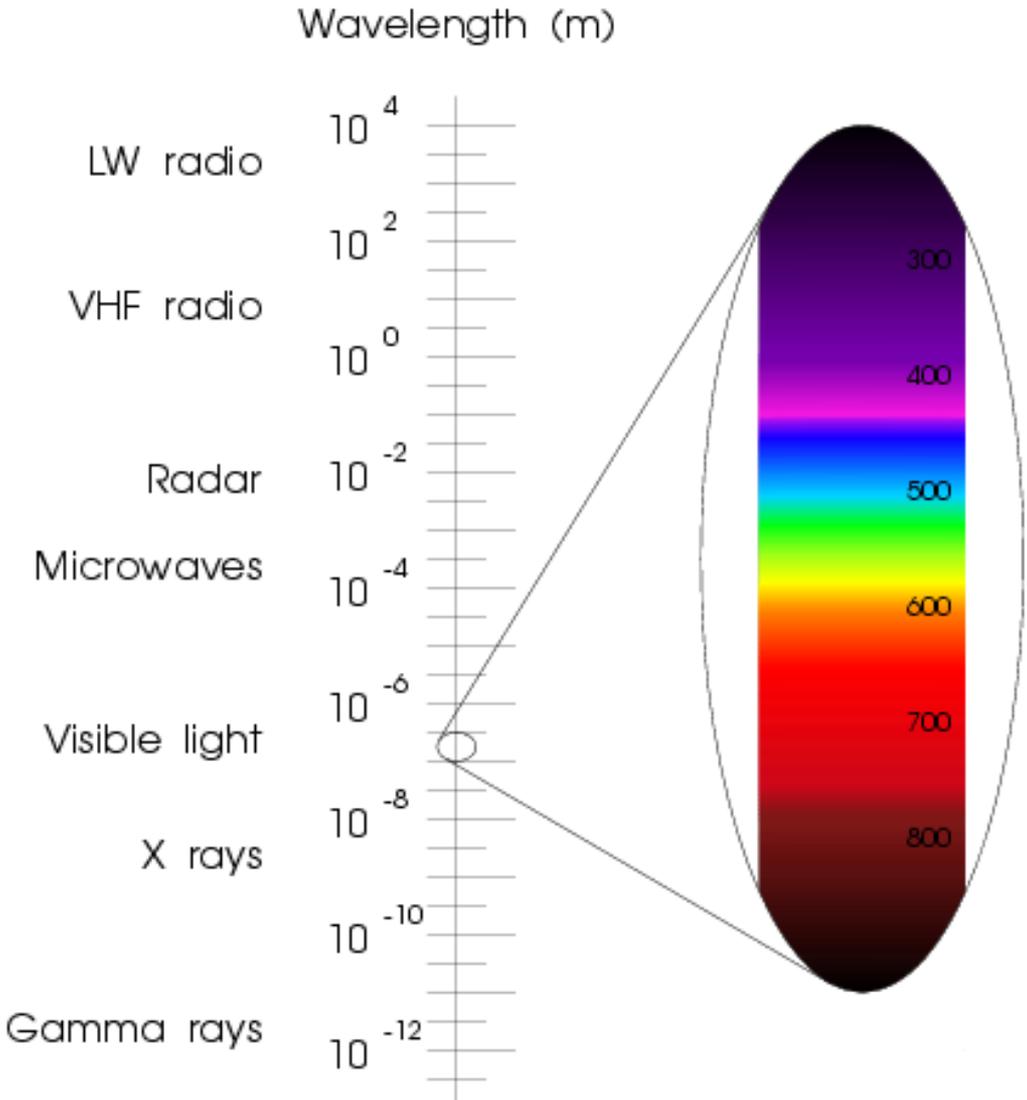
**FIGURE 6.1** Color spectrum seen by passing white light through a prism. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)



**FIGURE 6.2** Wavelengths comprising the visible range of the electromagnetic spectrum. (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 explicadas 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.

# Espectro Visível

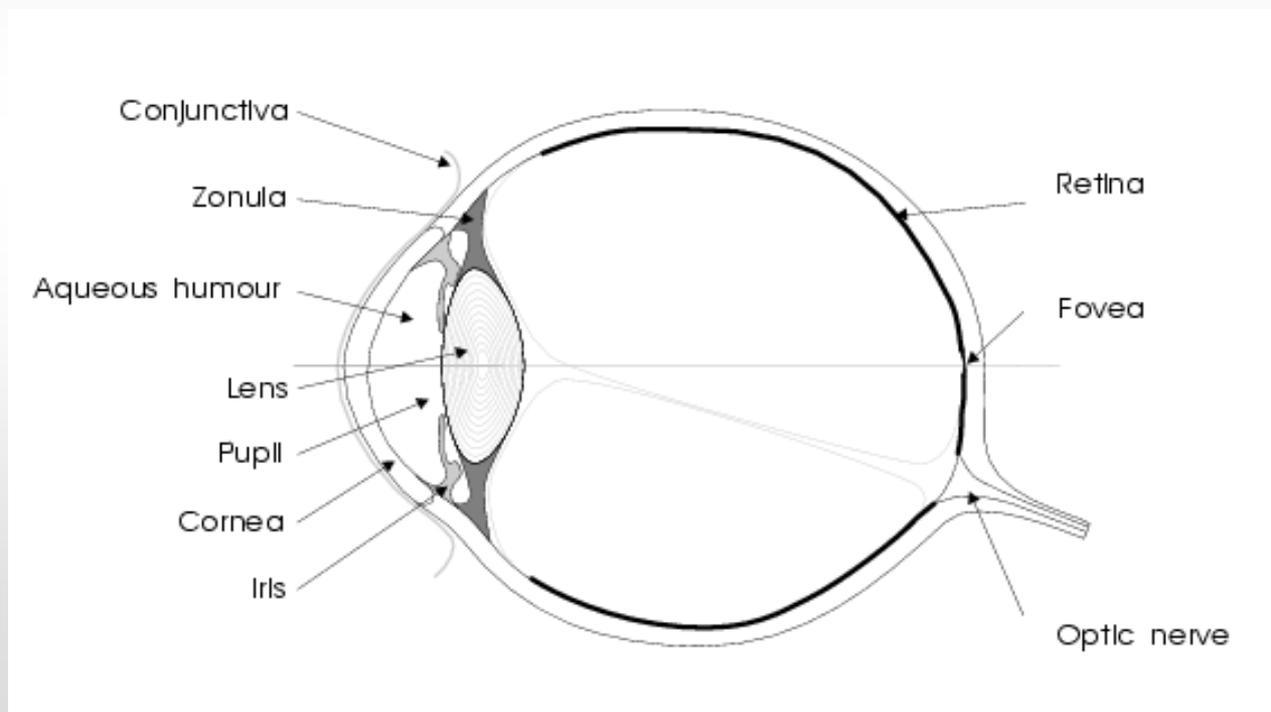


# Luz Visível

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

# Sistemas Físicos de Cor

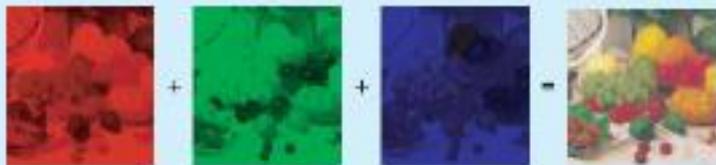
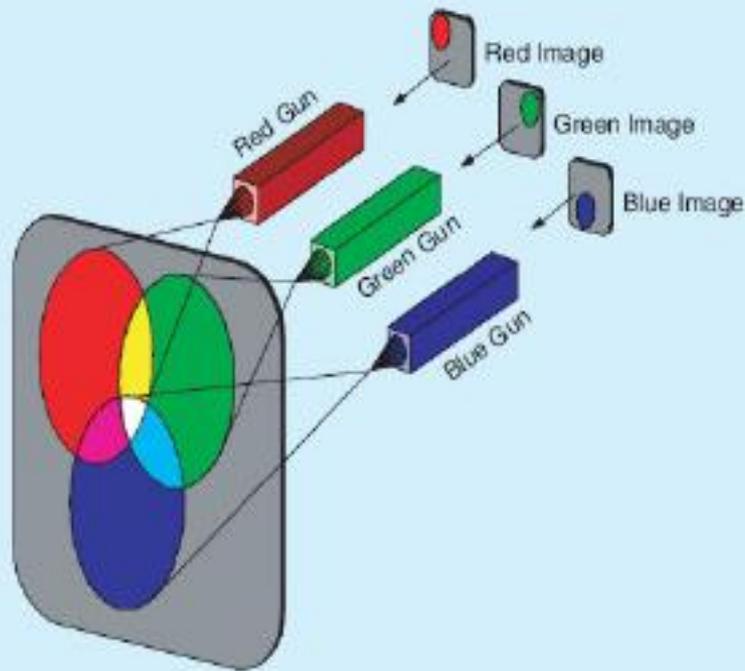
- O olho é um sistema físico de processamento de cor (sistema refletivo).
  - Similar a uma câmera de vídeo.
  - Converte luz em impulsos nervosos.



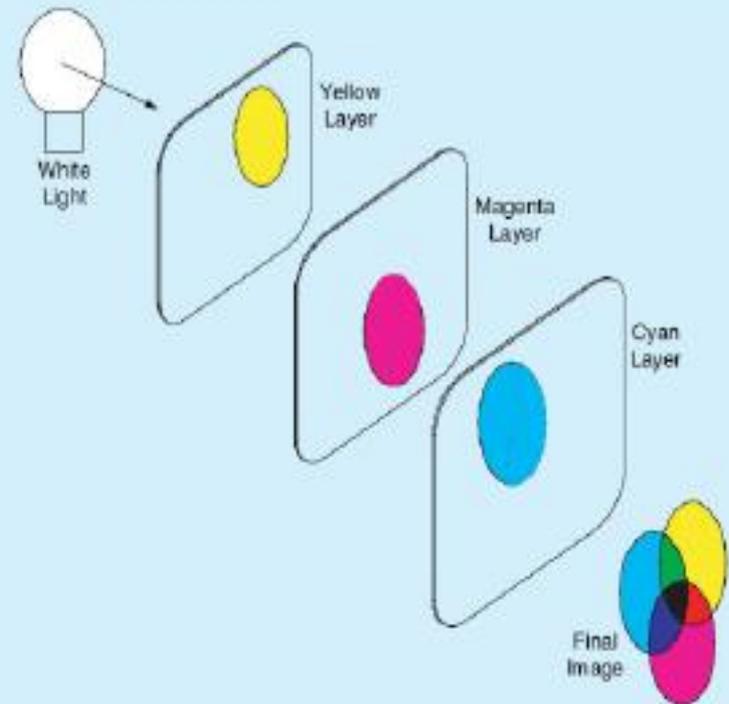
# Paleta de Cores

- A paleta de cores é aquele conjunto de cores que são usadas na decoração ou pintura.
- Definir a paleta ajuda a manter uma unidade e evitar excessos.
  - [Montage-a-google](http://grant.robinson.name/projects/montage-a-google/app/#/color)  
(<http://grant.robinson.name/projects/montage-a-google/app/#/color>)

# Sistemas Aditivo e Subtrativo



Additive color system.



Subtractive color system.

# Padrão CIE

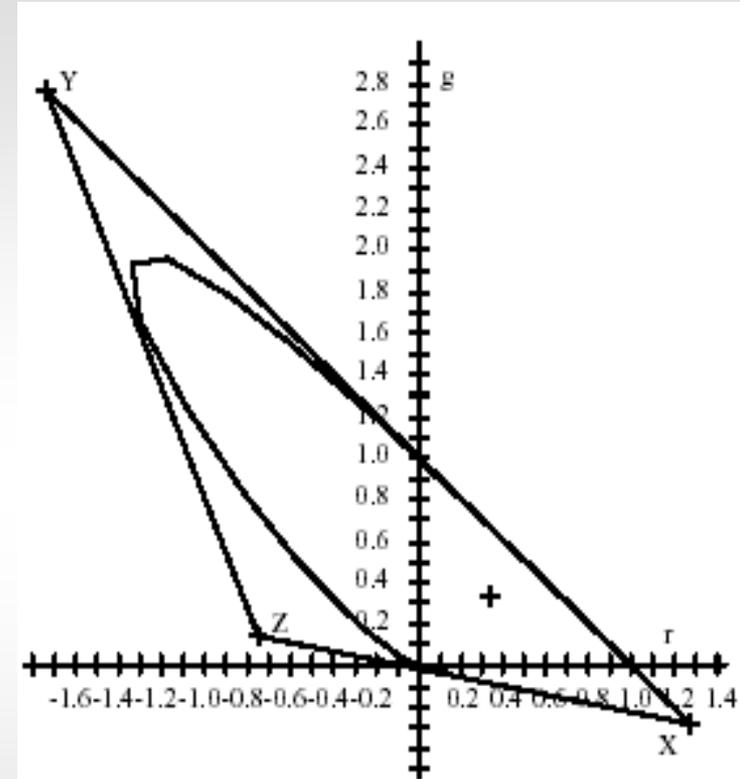
- CIE - Commission Internationale de L'Eclairage (criada em 1913).
- Padrão CIE-RGB (1931) apresenta coordenadas negativas.
- Padrão CIE-XYZ foi criado para evitar coordenadas negativas.
  - Primárias não estão contidas no sólido de cor.
- Conversão CIE-RGB para CIE-XYZ é uma mera mudança de sistema de coordenadas.

# Espaços de cores

- Imagem mono cromática requer apenas um número para indicar o brilho ou *luminância* de cada amostra espacial
- Imagem colorida requer pelo menos 3 números por pixel
  - O método escolhido para representar brilho (*luminância* ou luma) e cor é descrito como um espaço de cor

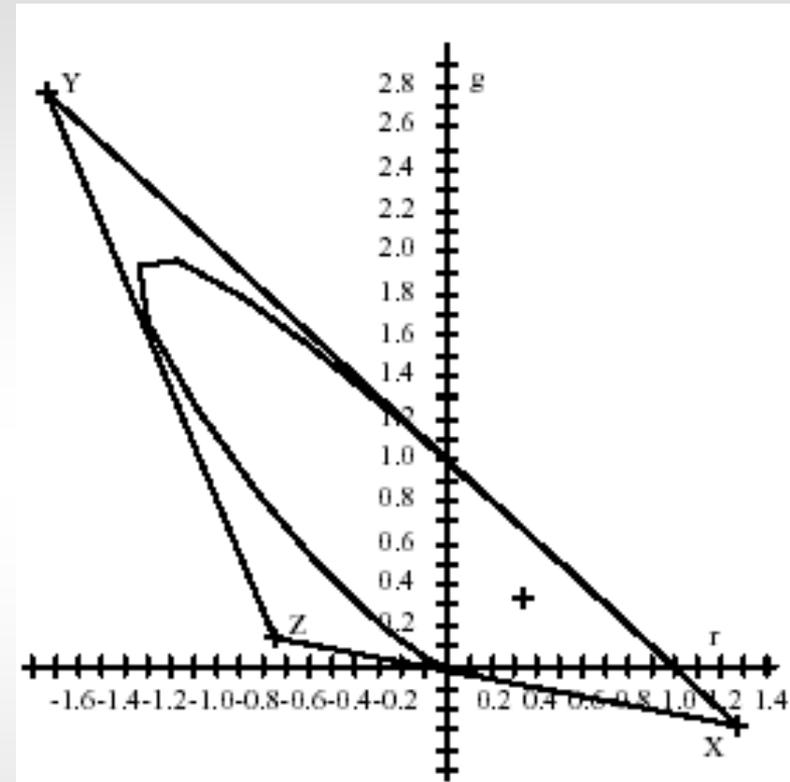
# Criação do Sistema XYZ

- Duas cores primárias têm luminância zero.
- Informação de luminância na componente Y.
- Traça-se uma reta coincidente com o segmento quase retilíneo do diagrama de cromaticidade.
  - Interseção desta reta com a reta de luminância zero define a primária X.



# Construção Geométrica

- As duas outras primárias ficam definidas traçando-se uma outra reta tangente ao diagrama de cromaticidade.
- Esta reta minimiza a área do triângulo formado pela reta de luminância zero, a reta anterior e esta reta.
- Z está sobre a reta de luminância zero.



# Sistema xyY

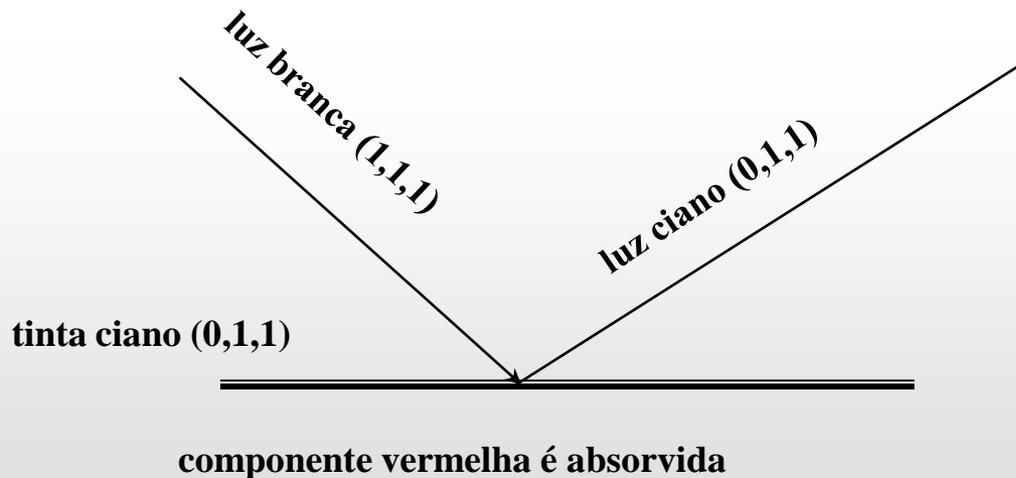
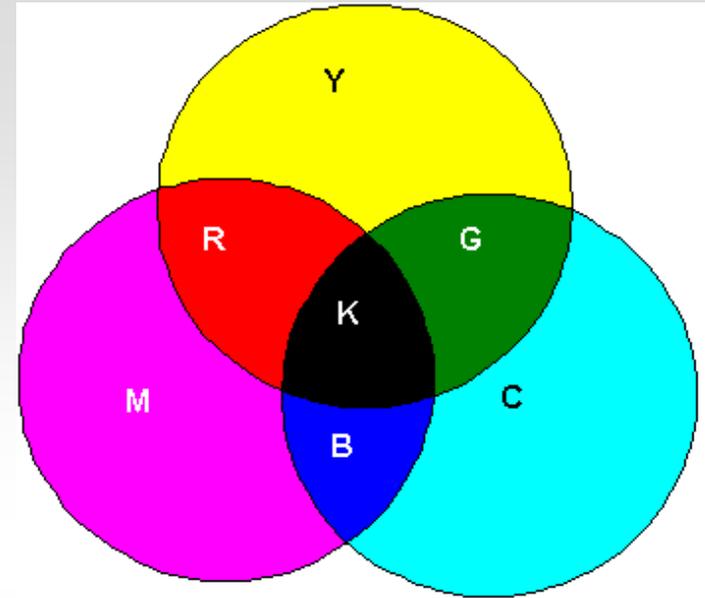
- O diagrama de cromaticidade retira a luminância.
  - Cores relacionadas com luminância não aparecem (marrom = vermelho-alaranjado com luminância muito baixa).
- Coordenadas xyY permitem que se faça uso do diagrama de cromaticidade na especificação de cores.

# Sistemas Padrão

- Independentes de dispositivos físicos.
- 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.

# Sistema CMY

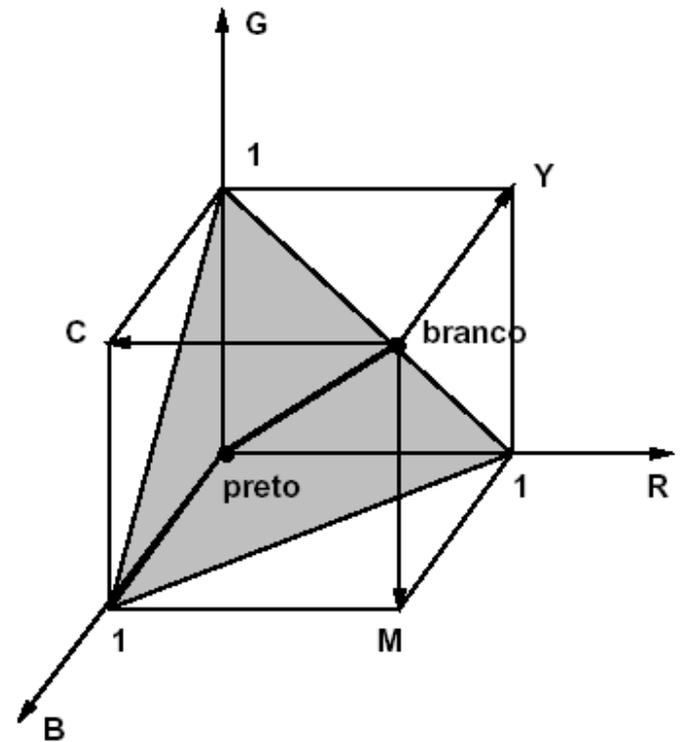
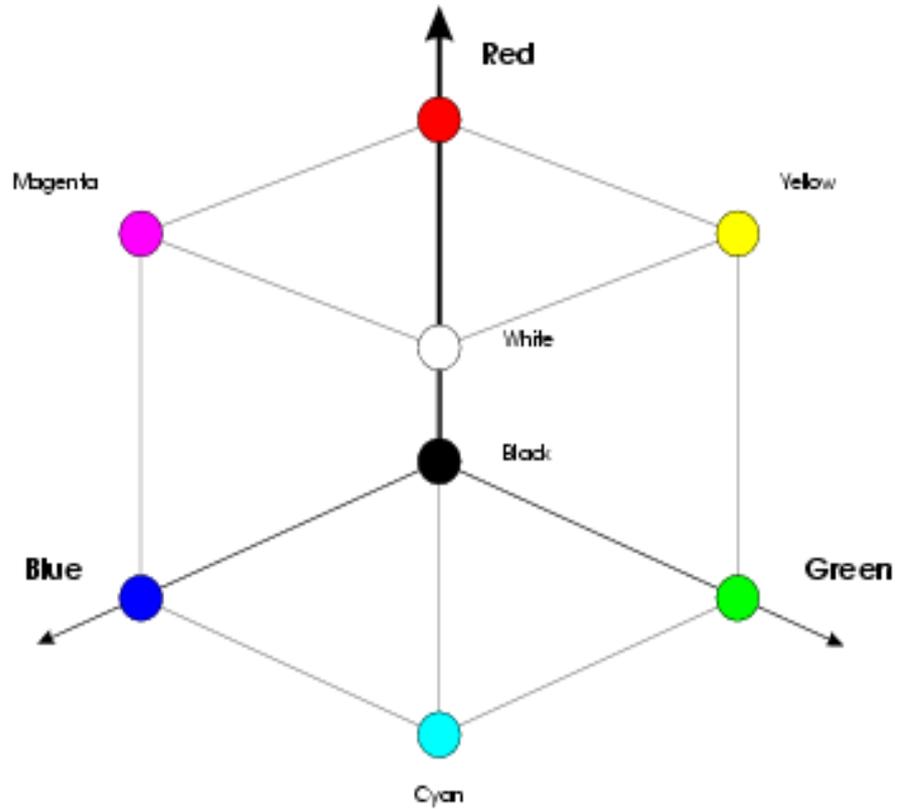
- Sistema das Impressoras.
  - CMY ou CMYK.
- Processo predominantemente subtrativo.



# Sistemas dos Dispositivos

- Subconjunto do sólido de cor.
  - Contém todas as cores que podem ser geradas pelo dispositivo (combinação convexa da base de primárias do dispositivo).
- Forma de paralelepípedo e as faces são paralelogramos.
- Mudando-se as coordenadas ganha a forma de um **cubo**.

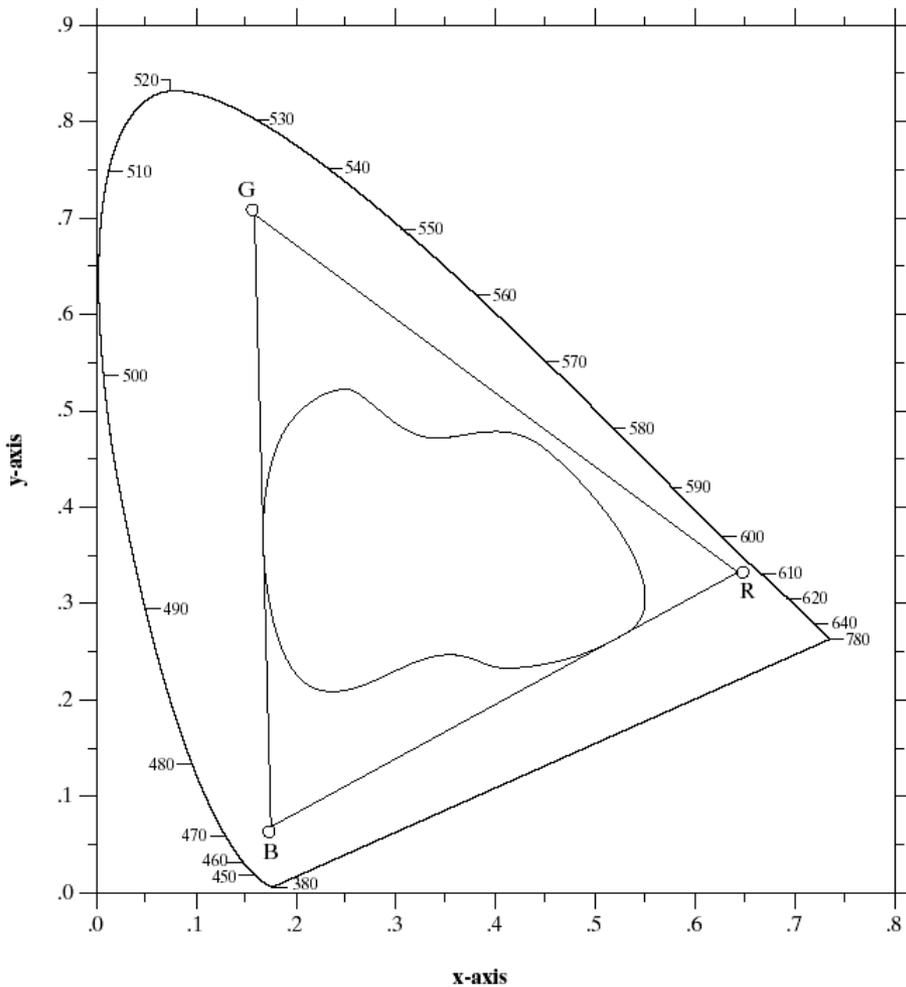
# Cubo RGB



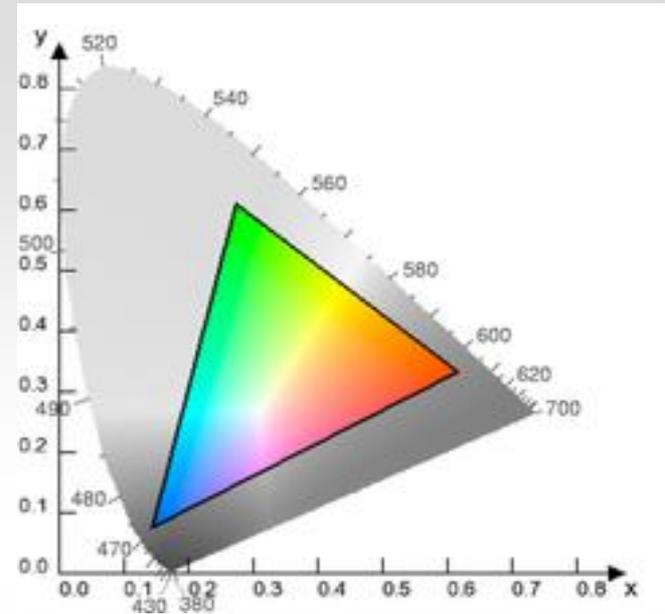
# *Gamut* de cores

- É um subconjunto completo de cores
  - Subconjunto de cores que podem ser apuradamente representadas em uma dada circunstância
    - Dentro de um dado espaço de cores
    - Por um dispositivo de saída
  - Conjunto completo de cores de uma imagem em um dado instante
    - Digitalizar uma fotografia, converter uma imagem para um espaço de cores diferente ou transferi-la para um certo meio, usando um dispositivo específico, geralmente altera seu gamut (no sentido que algumas cores do original são perdidas no processo).

# Gamut de cores



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

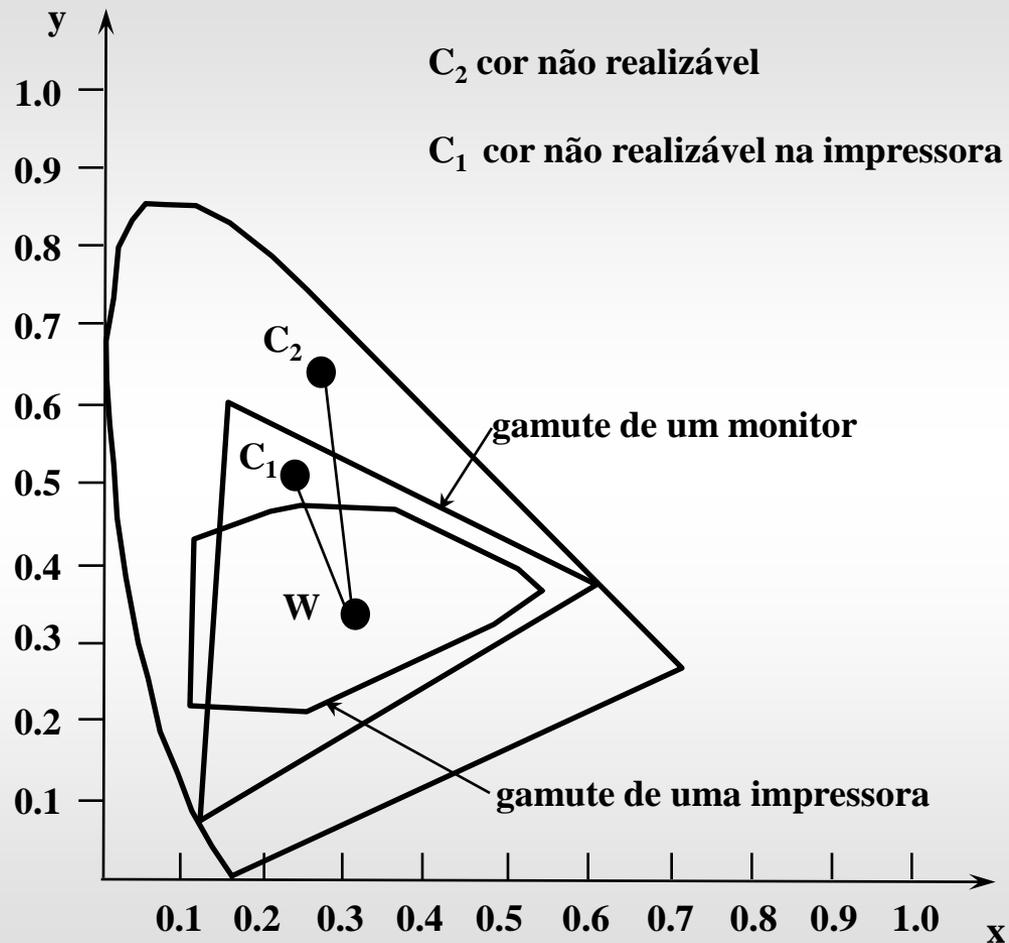


Um monitor não cobre todo espaço de cores.

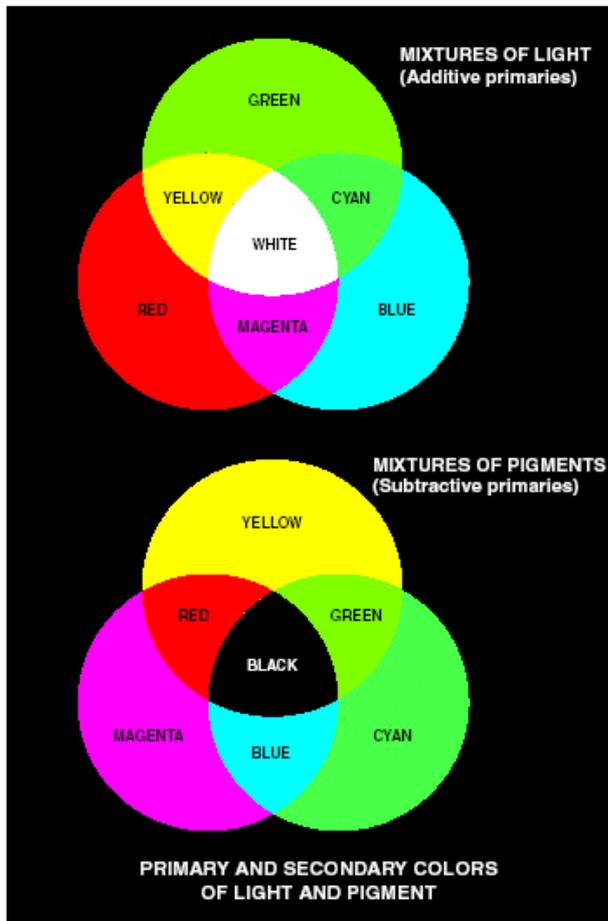
Os cantos do triângulo são as primárias para o gamut

No caso de um CRT, dependem da capacidade de emissão do fósforo do monitor

# Gamut



# Luzes e Pigmentos



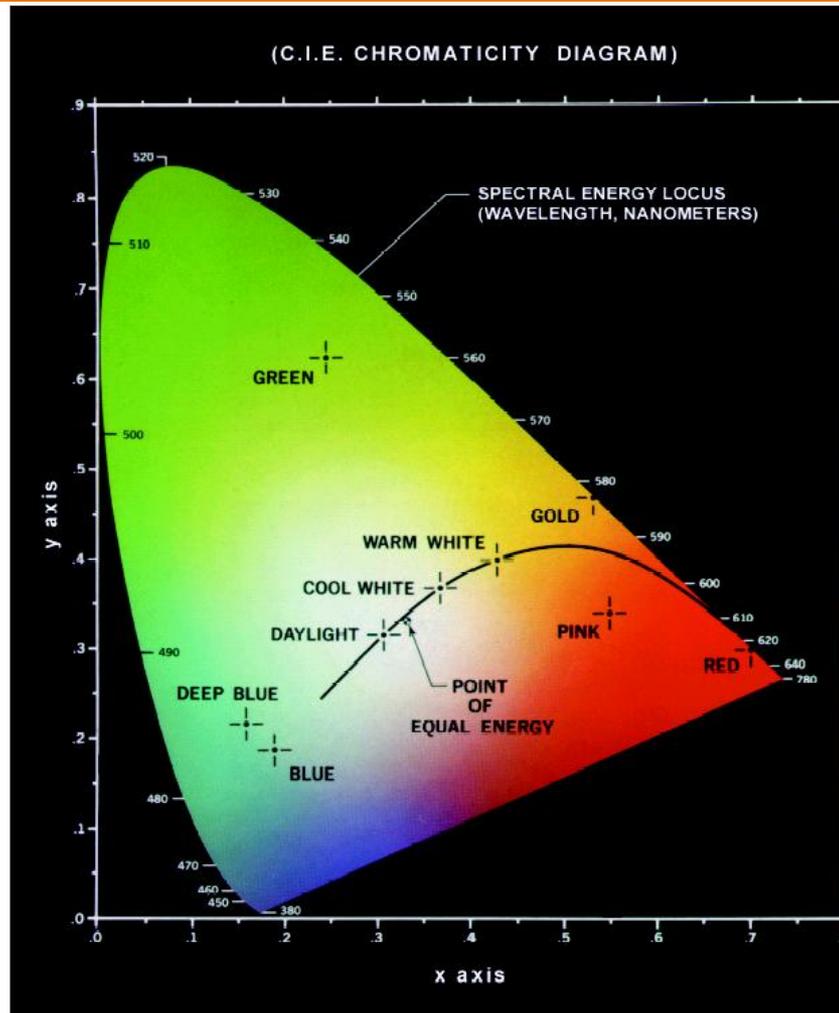
- As cores primárias (modelo aditivo) podem ser adicionados para produzir as cores secundárias: magenta, ciano e amarelo. A mistura das três cores primárias, ou uma secundária com sua cor primária oposta, em intensidades corretas produz a luz branca.
- Cor primária de pigmentos ou corantes (modelo subtrativo) , é definida como sendo aquela que subtrai ou absorve uma cor primária da luz e reflete ou transmite as outras duas

a  
b

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

# Diagrama de Cromacidade

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



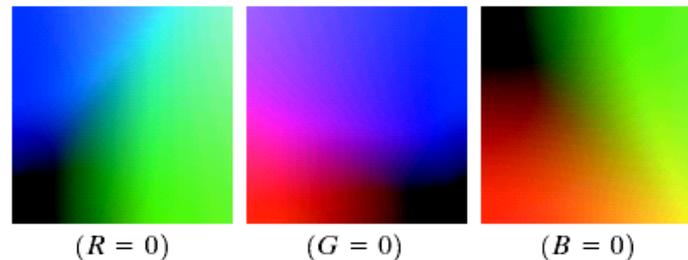
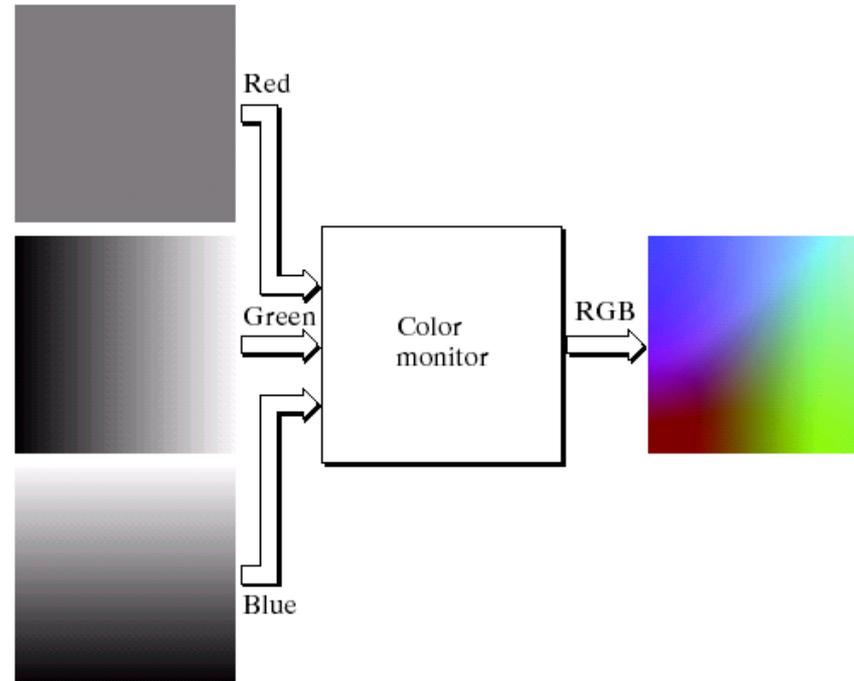
- As características usadas para distinguir um cor da outras são brilho, matiz, e saturação.
- **Brilho** incorpora a noção cromática de intensidade.
- **Matiz** é um atributo associado com o comprimento de onda dominante em uma mistura de ondas de luz. O matiz representa a cor dominante como percebido 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 cores (componente azul é obtida a partir das outras duas)

# Gerando uma imagem colorida

a  
b

**FIGURE 6.9**

(a) Generating the RGB image of the cross-sectional color plane  $(127, G, B)$ .  
(b) The three hidden surface planes in the color cube of Fig. 6.8.



# Cores Seguras

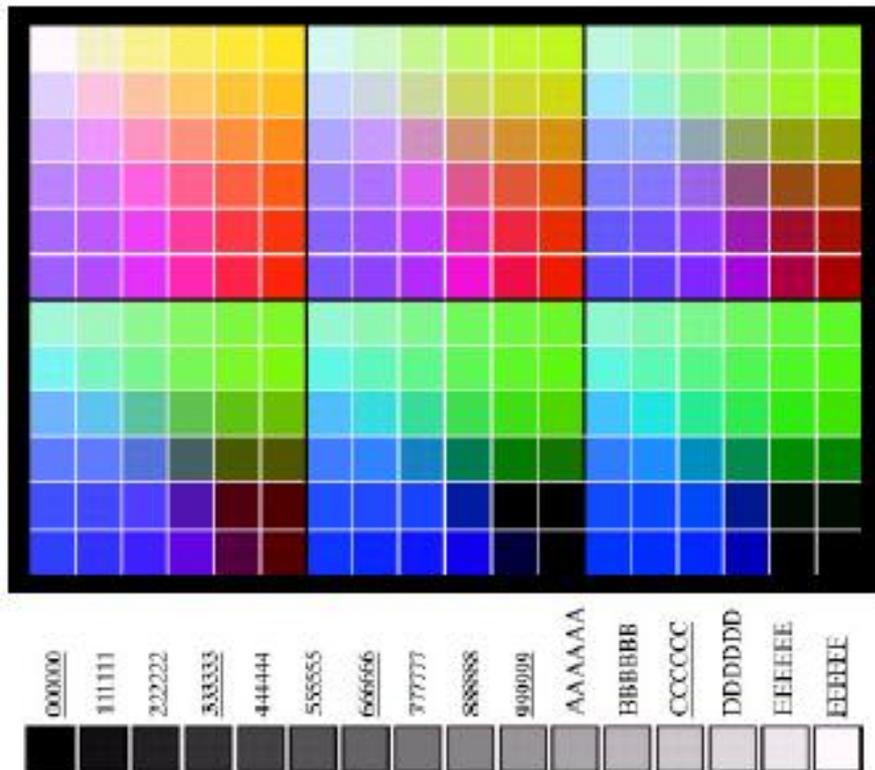
| Number System | Color Equivalents |    |     |     |     |     |
|---------------|-------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| Hex           | 00                | 33 | 66  | 99  | CC  | FF  |
| Decimal       | 0                 | 51 | 102 | 153 | 204 | 255 |

**TABLE 6.1**

Valid values of each RGB component in a safe color.

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

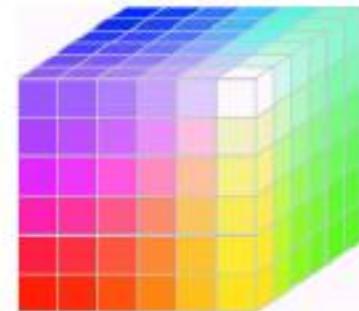
- As 216 cores RGB seguras são mostradas ao lado



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.

# Sistemas Computacionais

- Utilizados para **síntese** de imagens.
- Não são adequados à especificação de cor por um usuário.
- Pode ter dimensão maior do que três.

# Sistemas de Interface

- Oferecem uma **interface** adequada a especificação de cores por um usuário comum.
- Em geral, especificam cores através de três parâmetros: matiz, saturação e luminância.

# Tipos de Sistema de Interface

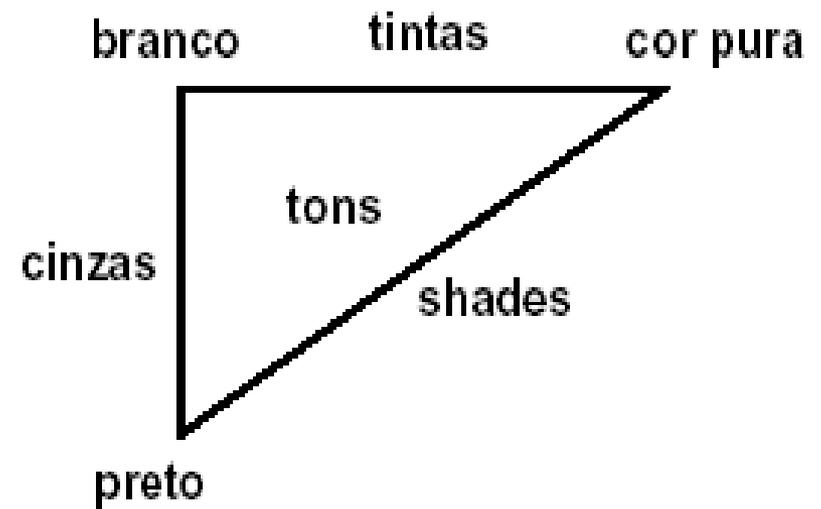
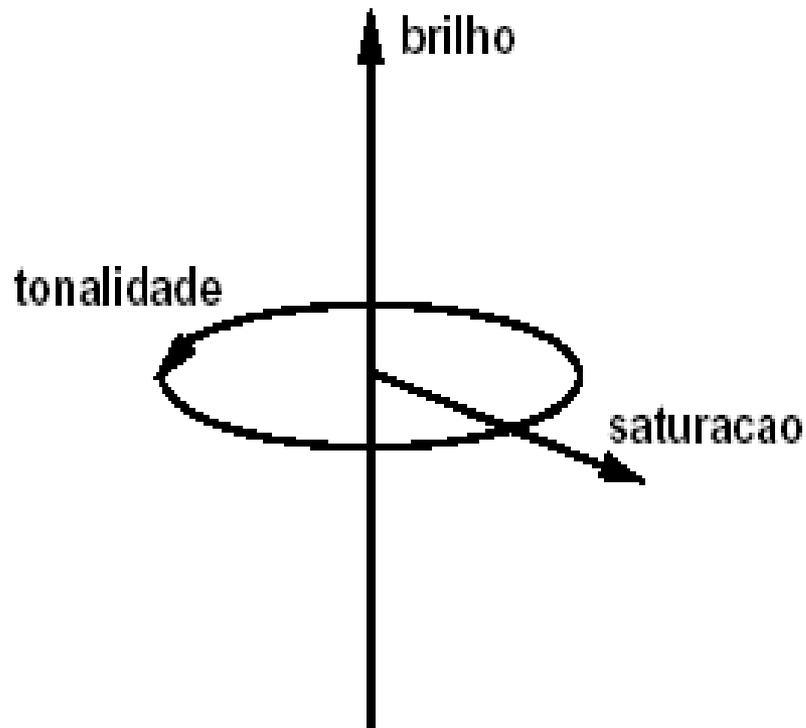
## ■ Baseados em coordenadas:

- HSV -> *hue* (matiz), *saturation* (saturação) e *value* (valor) ou HSB -> *hue* (matiz), *saturation* (saturação) e *brightness* (brilho) ou HSI -> *hue* (matiz), *saturation* (saturação) e *intensity* (intensidade)
- HSL -> *hue* (matiz), *saturation* (saturação) e *luminance* ou *lightness* (luminância)

## ■ Baseados em amostras

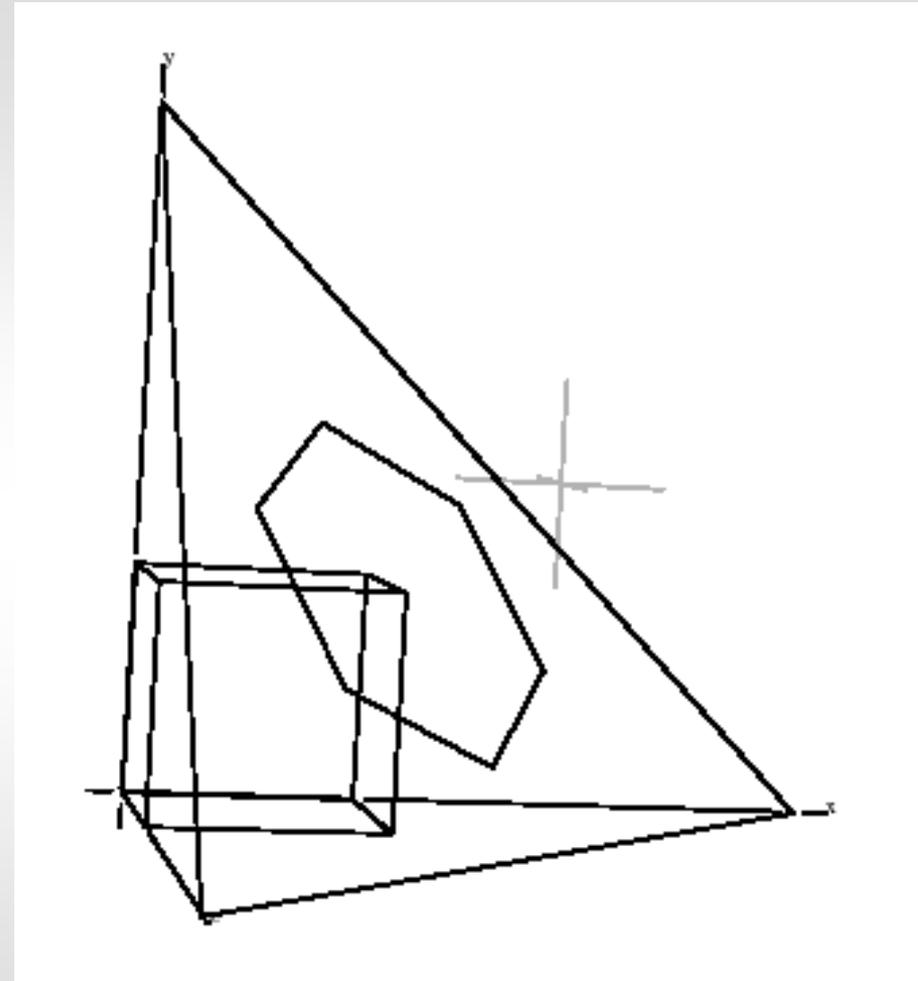
- Pantone
- Munsell

# Paradigmas de Cor

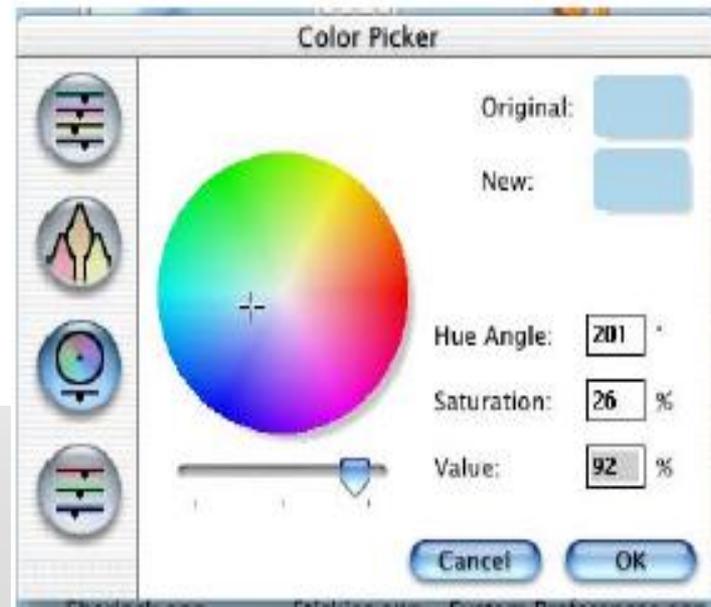
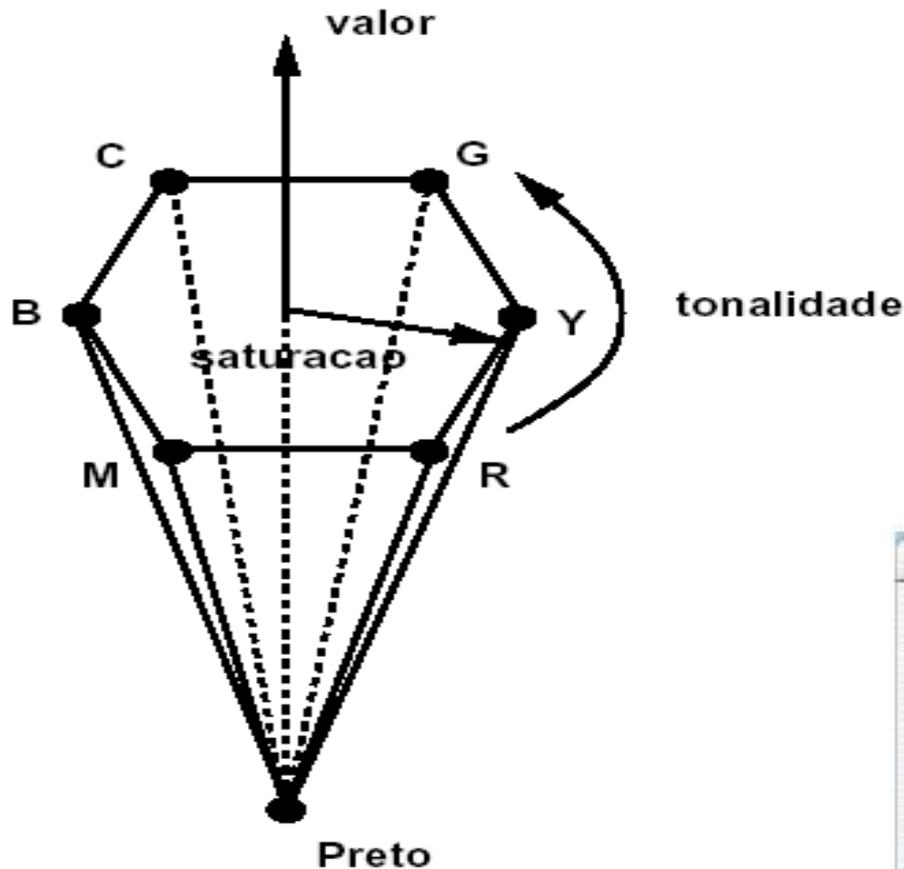


# Sistema HSV

- Criado por Alvy Ray Smith.
- Projeta o cubo RGB ortogonalmente sobre o plano:  $x + y + z = 3$ .
- Conversão para RGB não é uma transformação linear.



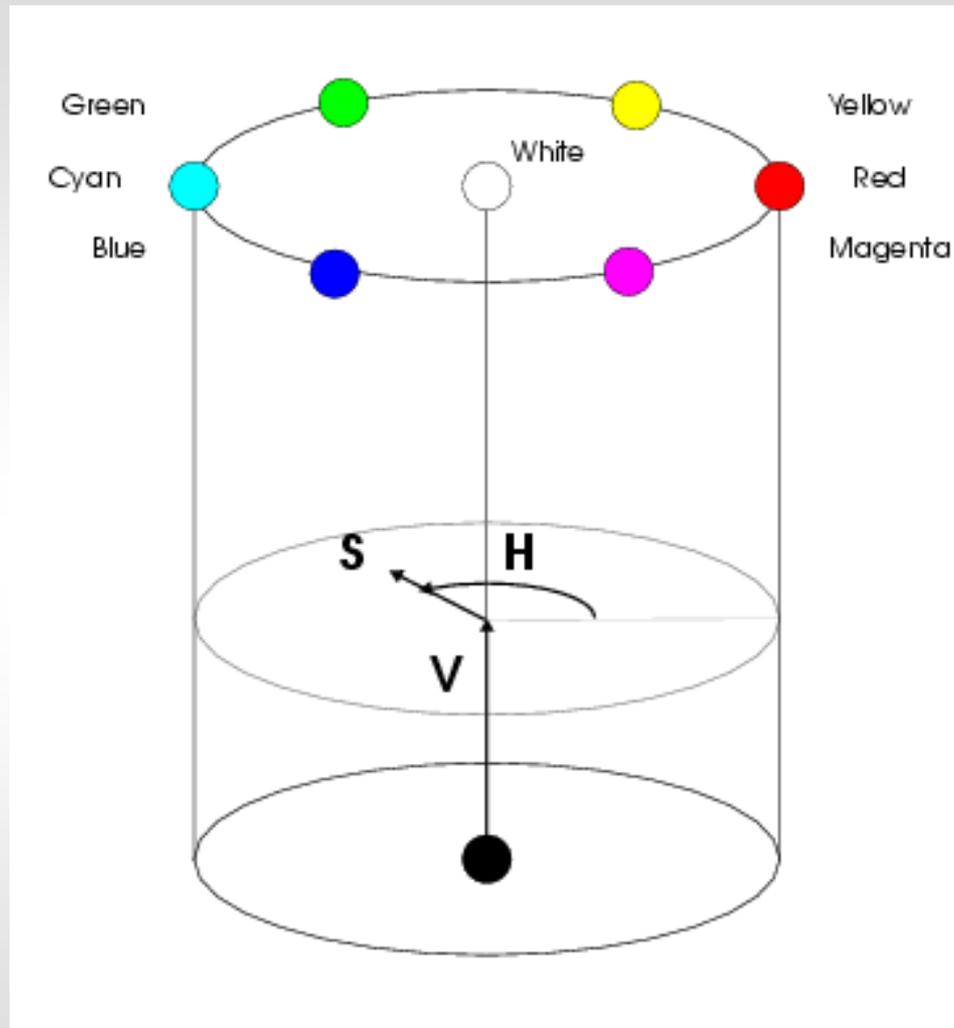
# Visualização do Sistema HSV



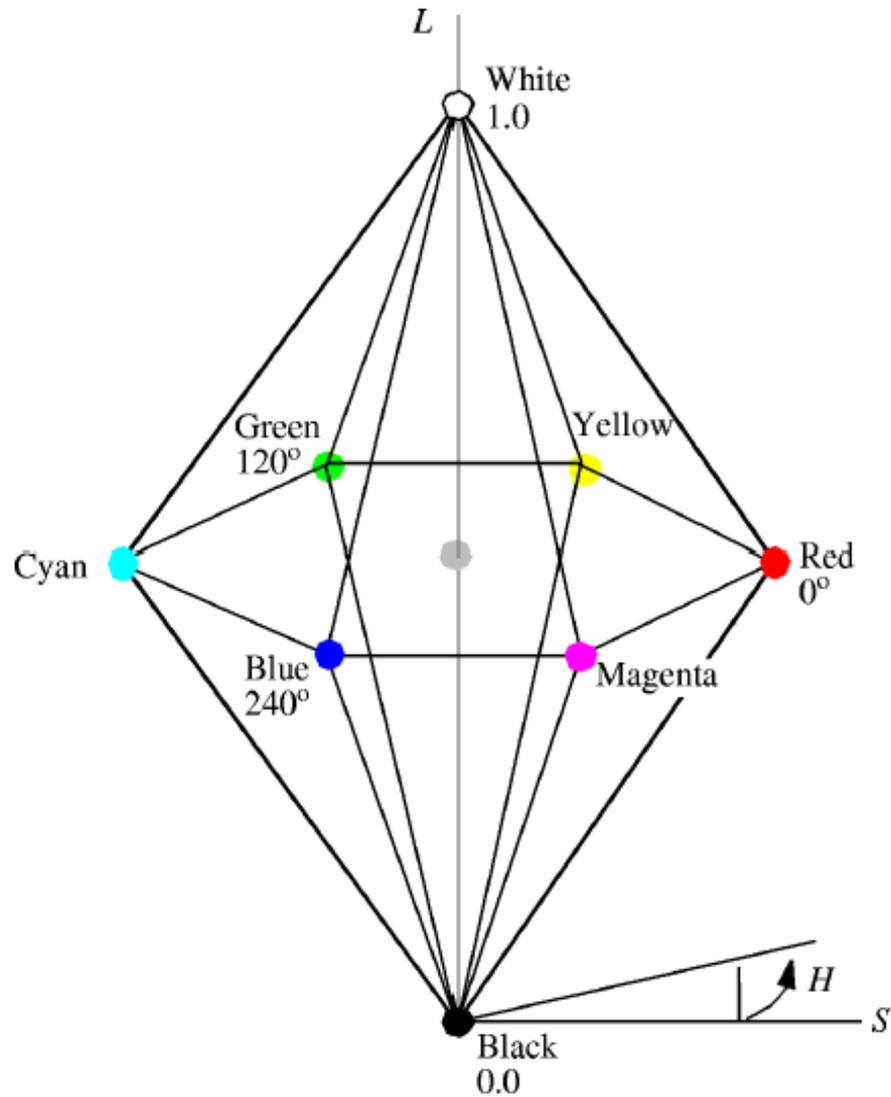
HSV color picker from Mac OS X's Finder

# Sistema HSL

- Sistema
  - H (Hue)
  - S (Saturation)
  - L (Luminance)
  - Patenteado pela Tektronix.
- Baseado no HSV.



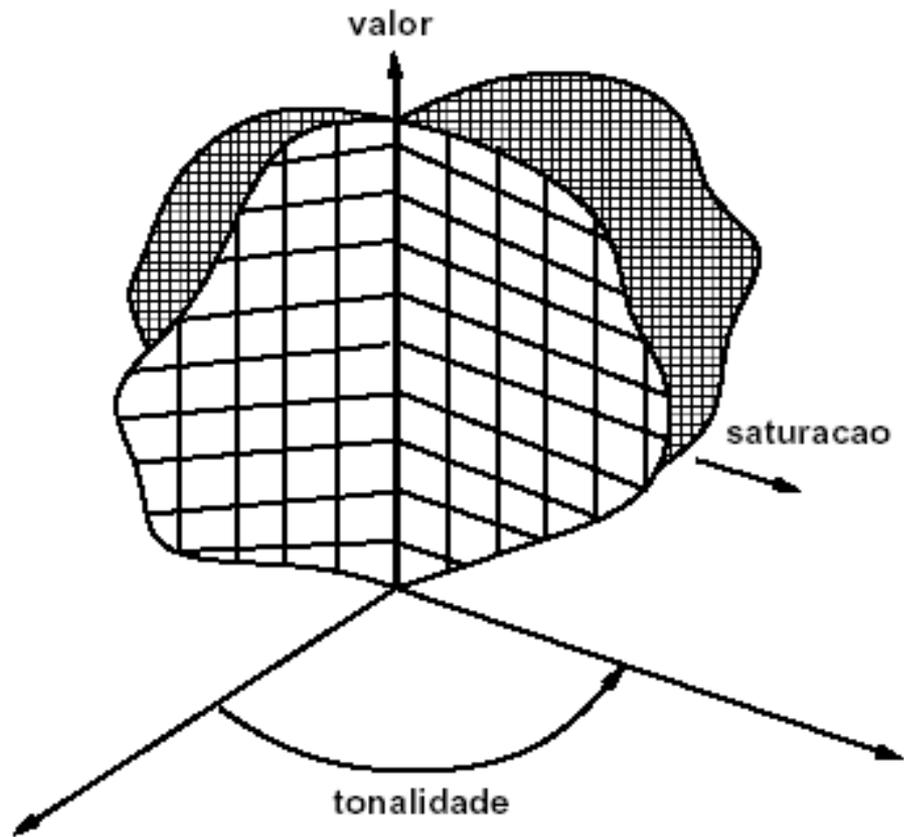
# Sistema HSL



# Sistemas Baseados em Amostras

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

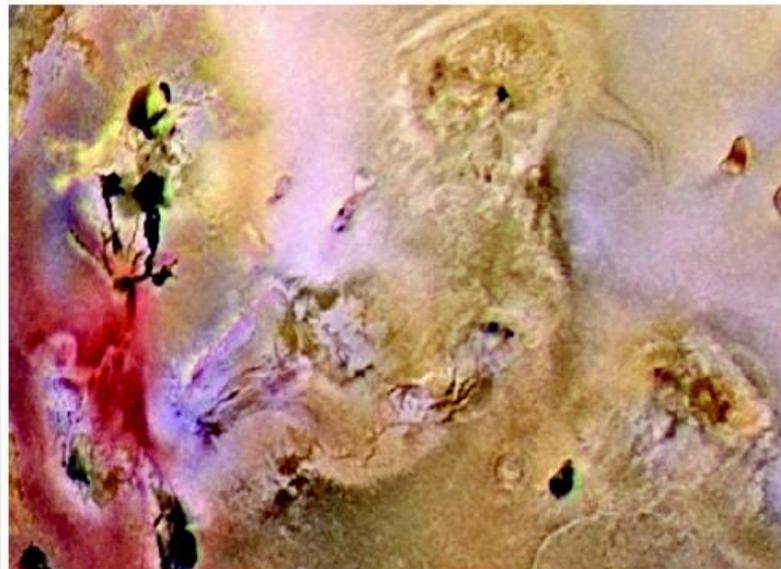
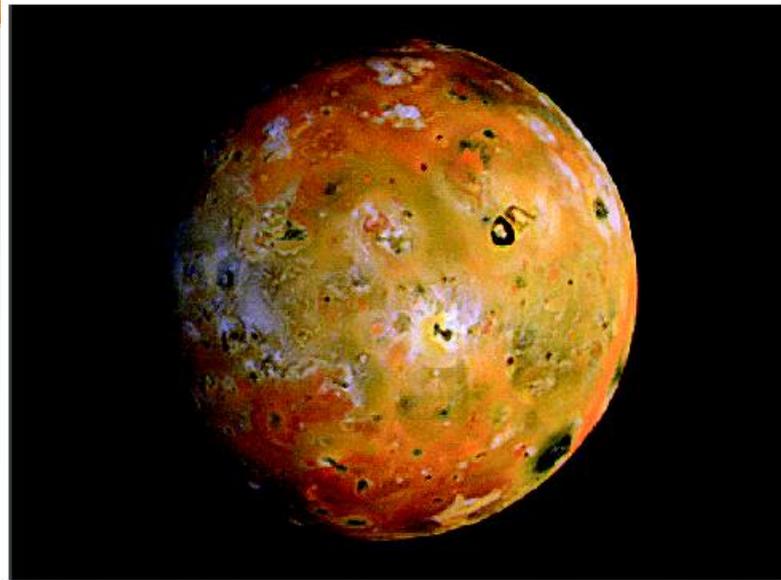
# Sistema de Munsell



# Sistema Pantone

- Escala de Cores Pantone (“Pantone Matching System” ou PMS)
- Mistura específica de pigmentos para se criar novas cores.
- Impressão de cores especiais
  - Metálicas
  - Fluorescentes

# Jupiter *pseudo colorido*



a  
b

**FIGURE 6.28**

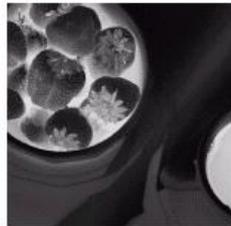
(a) Pseudocolor  
rendition of  
Jupiter Moon Io.  
(b) A close-up.  
(Courtesy of  
NASA.)

# Imagem colorida e seus componentes



Full color

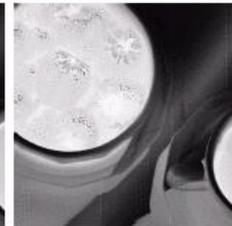
**FIGURE 6.30** A full-color image and its various color-space components. (Original image courtesy of Med-Data Interactive.)



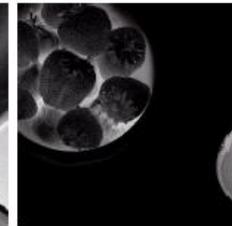
Cyan



Magenta



Yellow



Black



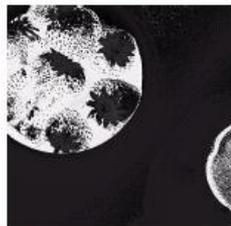
Red



Green



Blue



Hue



Saturation



Intensity

# Ajuste de Intensidade

a b  
c d e

**FIGURE 6.31**  
Adjusting the intensity of an image using color transformations. (a) Original image. (b) Result of decreasing its intensity by 30% (i.e., letting  $k = 0.7$ ). (c)–(e) The required RGB, CMY, and HSI transformation functions. (Original image courtesy of MedData Interactive.)

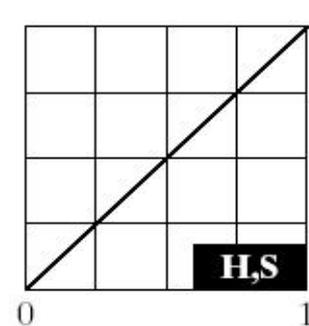
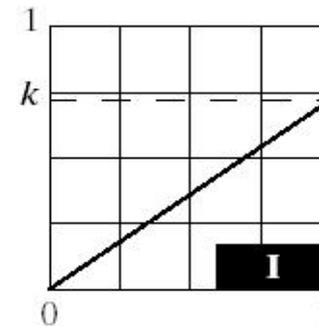
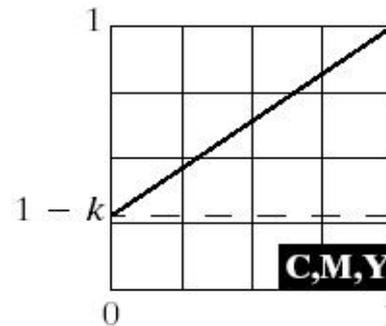
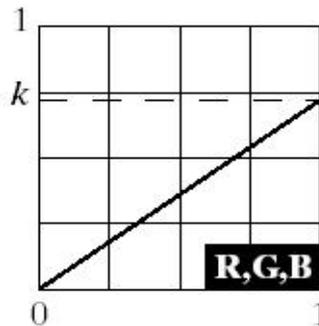
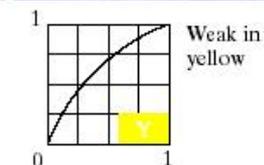
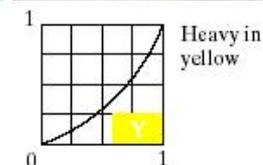
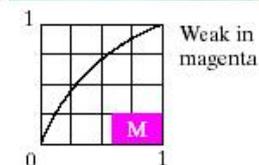
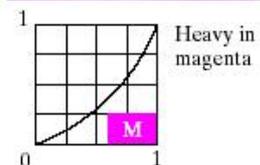
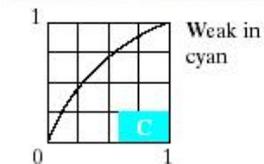
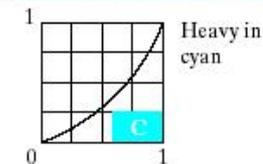
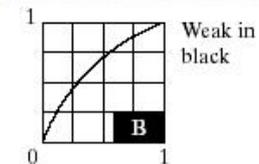
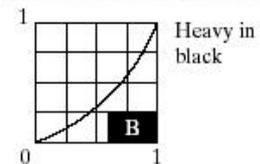


FIGURE 6.36 Color balancing corrections for CMYK color images.

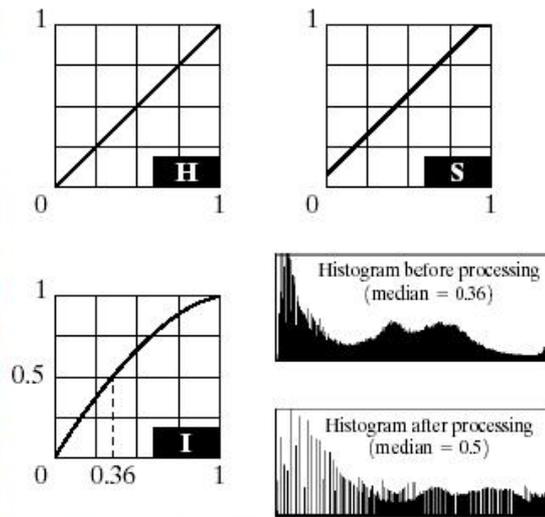


Original/Corrected



# Correção de Balanceamento de cores para CMYK

# Equalização de histograma + ajuste de saturação



a b  
c d

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



# Decomposição em Componentes RGB



|   |   |
|---|---|
| a | b |
| c | d |

**FIGURE 6.38**

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

# Decomposição HSI



a b c

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

# “Amaciamento de Imagem”



a b c

**FIGURE 6.40** Image smoothing with a  $5 \times 5$  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.

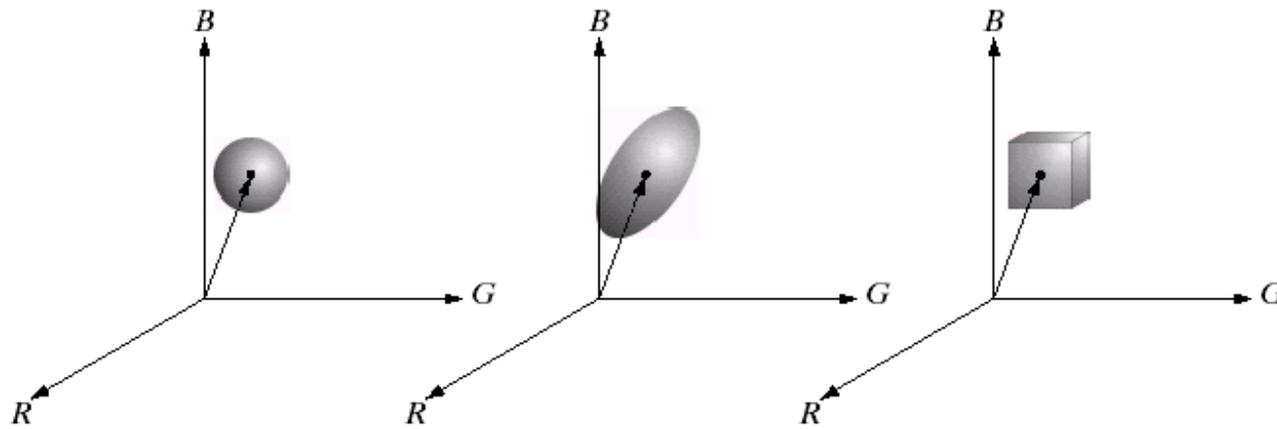
# “Aguçamento” de imagem



a b c

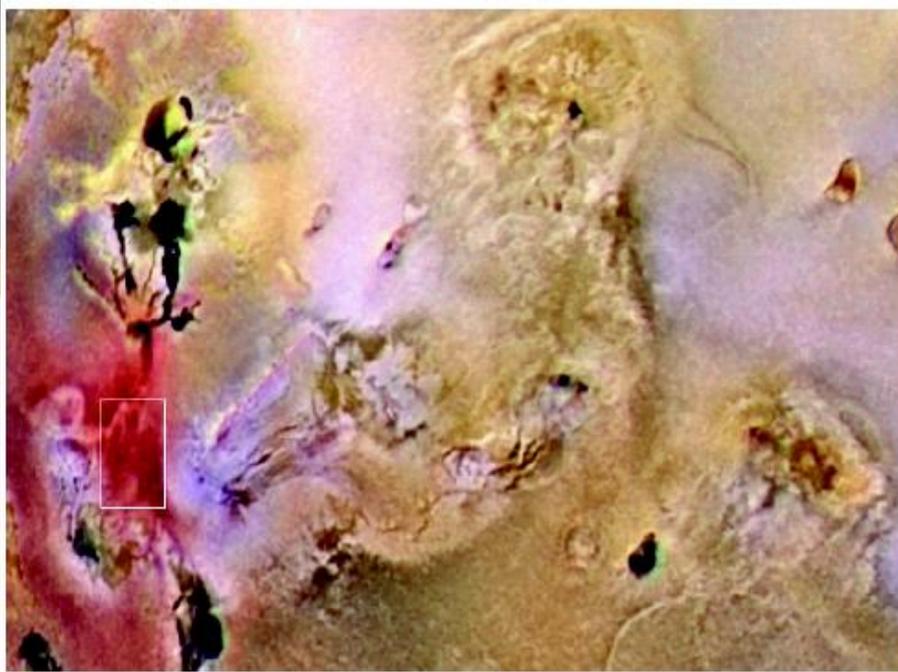
**FIGURE 6.41** Image sharpening with the Laplacian. (a) Result of processing each RGB channel. (b) Result of processing the intensity component and converting to RGB. (c) Difference between the two results.

# Segmentação Vetorial RGB



a b c

**FIGURE 6.43**  
Three approaches  
for enclosing data  
regions for RGB  
vector  
segmentation.

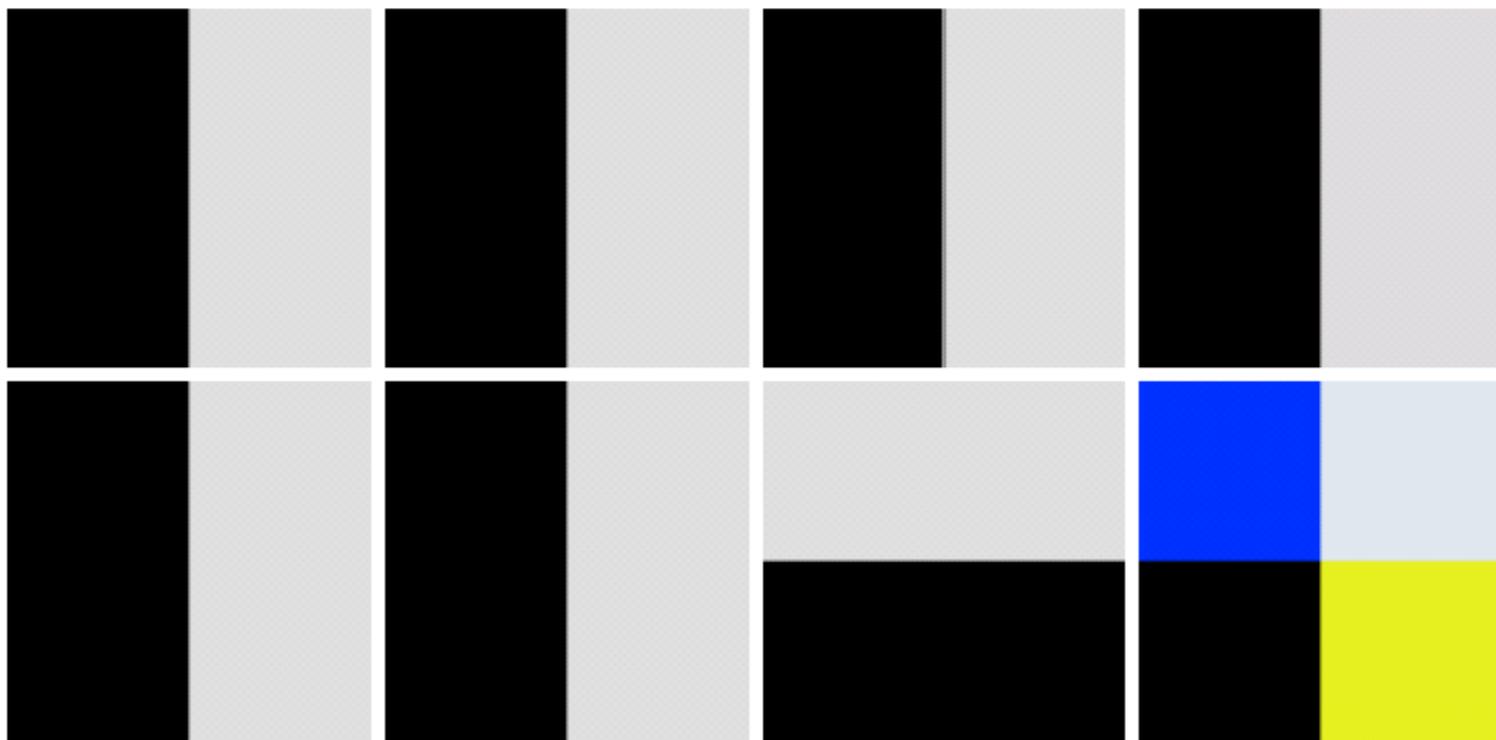


a  
b

**FIGURE 6.44**  
Segmentation in  
RGB space.  
(a) Original image  
with colors of  
interest shown  
enclosed by a  
rectangle.  
(b) Result of  
segmentation in  
RGB vector  
space. Compare  
with Fig. 6.42(h).



## Segmentação no espaço RGB



|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| a | b | c | d |
| e | f | g | h |

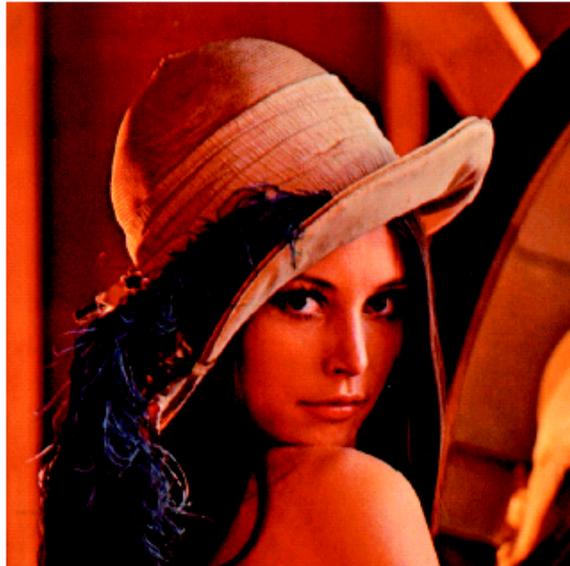
**FIGURE 6.45** (a)–(c)  $R$ ,  $G$ , and  $B$  component images and (d) resulting RGB color image. (f)–(g)  $R$ ,  $G$ , and  $B$  component images and (h) resulting RGB color image.

# Gradientes

a b  
c d

**FIGURE 6.46**

(a) RGB image.  
(b) Gradient computed in RGB color vector space.  
(c) Gradients computed on a per-image basis and then added.  
(d) Difference between (b) and (c).



# Gradientes



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).

# Imagem Corrompida por Ruído Gaussiano

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).]



# Componentes HSI da imagem com ruídos



a b c

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

# Tarefa

- Comparar os seguintes dispositivos no contexto da teoria das cores:
  - Filme fotográfico
  - Show à laser
  - CRT
  - LCD
  - TV
  - Pintura
  - Impressão
  - Monitor monocromático