

Sistemas de Cores Imagens

Rossana Baptista Queiroz

Imagem

2

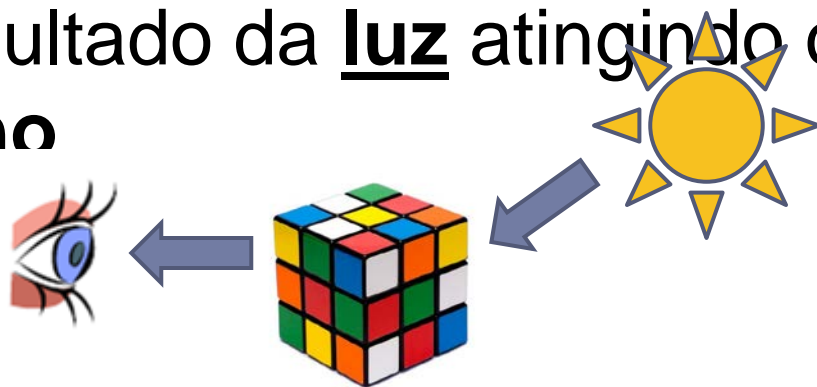
- Processamento Gráfico trabalha essencialmente com **imagens**
 - ▣ Geração (Computação Gráfica, Processamento de Imagens)
 - ▣ Obtenção de dados (Visão Computacional)

Mas...
dentro do computador,
o que é uma IMAGEM?

O que são imagens?

3

- O que um observador humano **percebe** como resultado da **luz** atingindo o **olho**



- Uma matriz de **valores**
 - ▣ Elementos da matriz: ***pixels***
 - ▣ Cada pixel possui o valor que corresponde a sua **cor**



Problemas relacionados...

4

- Como representar a informação luminosa dentro do computador?
- Como acontece o processo de percepção humana de cor e luz?
- Tradução da representação interna num padrão de emissão de luz

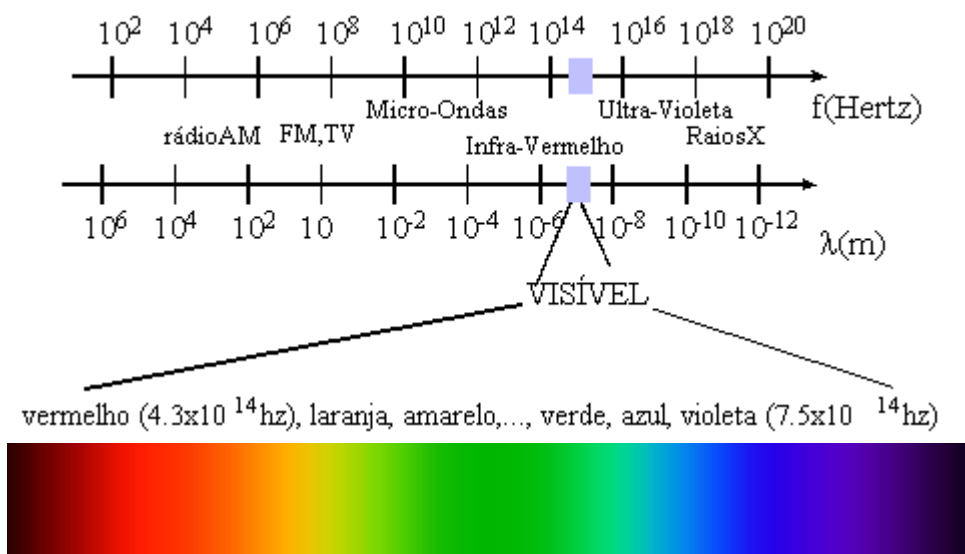
- ❑ Quero uma camiseta azul! 😊



Luz & Cor

6

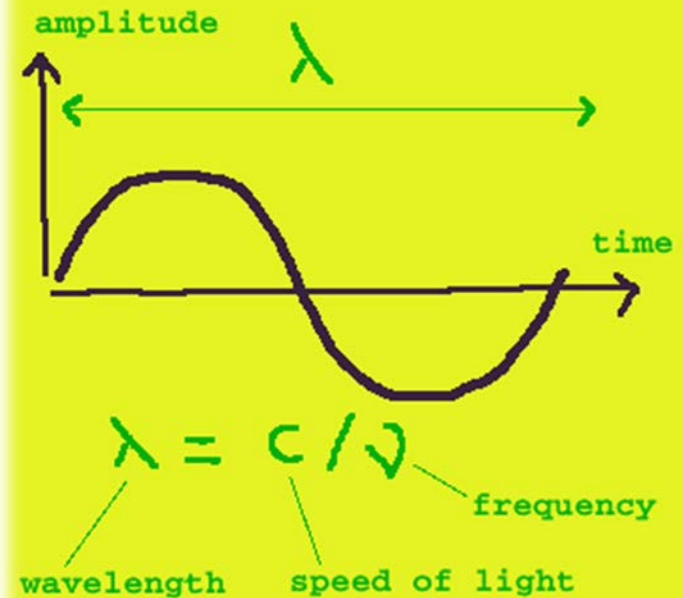
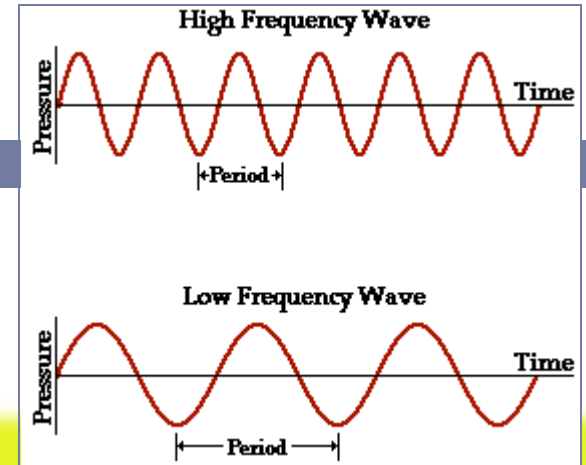
- O que é luz?
 - ▣ Faixa de radiações eletromagnéticas que afetam o sentido humano de visão



Luz & Cor

7

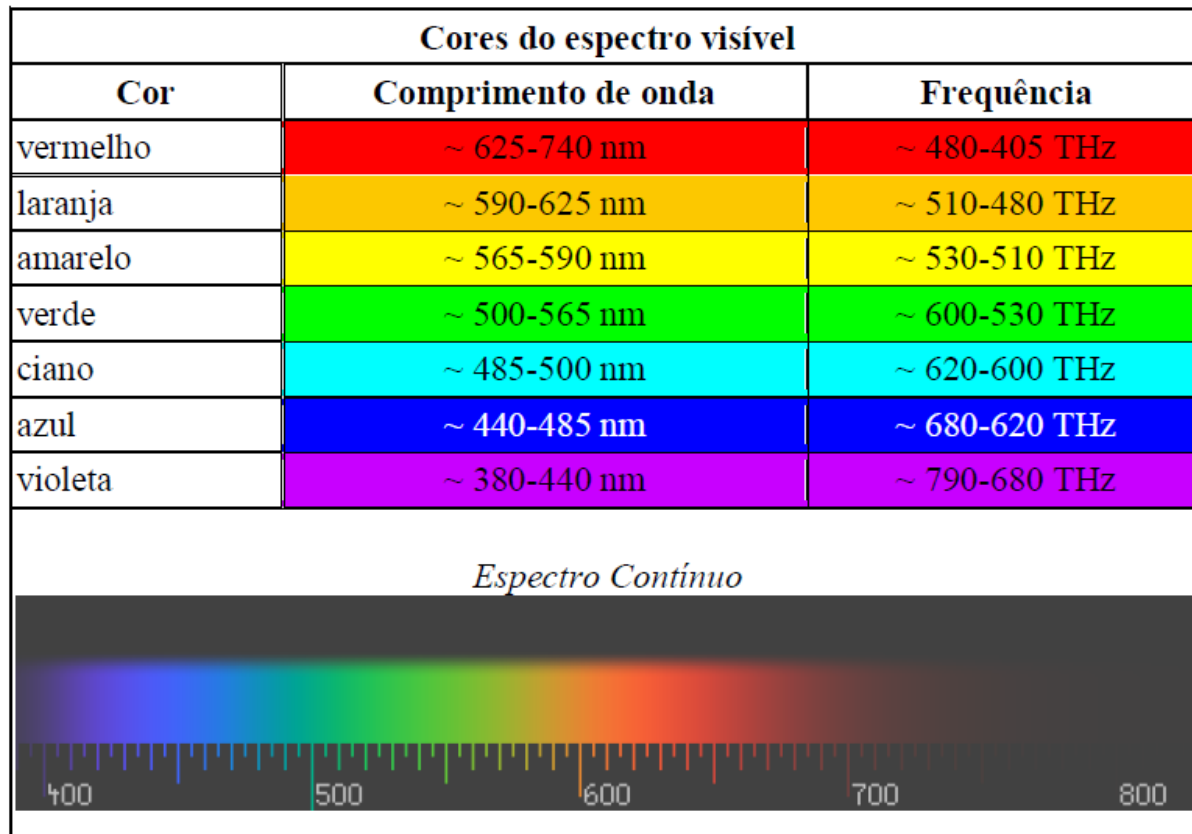
- O que é cor?
 - Sensação produzida pelos diferentes comprimentos de onda atingindo o olho humano
 - Uma cor “pura” pode ser definida pelo seu comprimento de onda
 - Vermelho: 700nm
 - Violeta: 400nm



Cor

8

□ Cor é luz ☺



Cor como partícula

9

- Os objetos são iluminados por muitas (muitas mesmo) partículas de luz, ou fótons
- Cada um destes fótons é (se comporta como) uma onda.
- Todo objeto físico reflete ou absorve fótons e, desta maneira, sua cor é definida
- Objetos mais claros refletem mais luz (absorvem menos)
- Objetos mais escuros refletem menos luz (ou absorvem mais)

O que é cor?

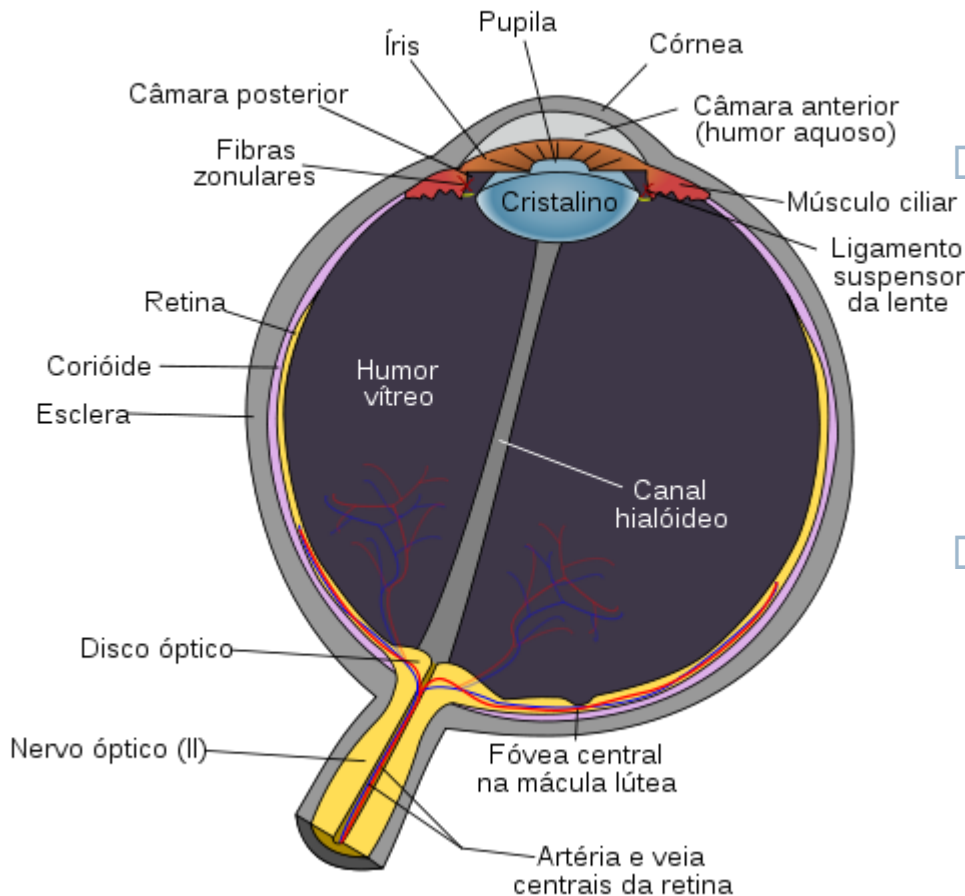
10

- A cor é uma percepção visual provocada pela ação de um feixe de fótons sobre células especializadas da retina, que transmitem através de informação pré-processada no nervo óptico, impressões para o sistema nervoso.
- Nosso cérebro processa o feixe de luz e nos retorna essa sensação que é a cor.

Como funciona nossa visão

11

□ O olho



- Luz penetra no olho e atinge a retina
- Pupila controla a quantidade de energia que entra no olho
- Cristalino permite o foco (lente)

Como funciona nossa visão

12

- Retina contém células foto-sensíveis ao espectro visível
 - Enviam sinais elétricos para o cérebro
- 2 tipos de células
 - Bastonetes
 - Percebem intensidades
 - Cones
 - Percebem as cores (3 tipos, R, G, B)
 - Cones azuis MENOS receptivos do que os outros dois

Teoria de Cor Tricromática

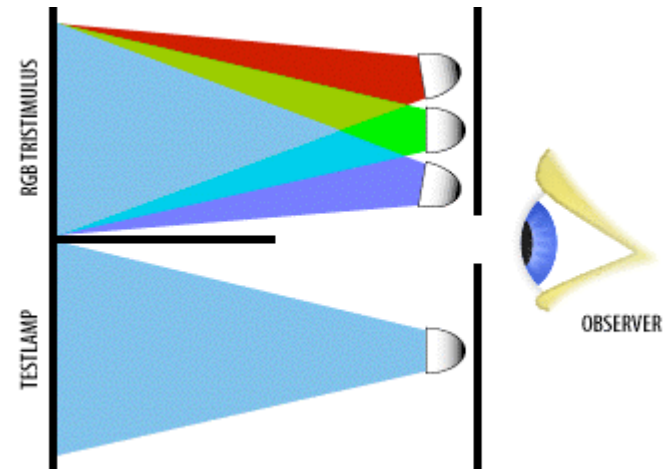
13

- 3 receptores de cores primárias no olho
- Quantas cores vemos?
- Condução de experimentos para determinar quantas cores nós vemos

Experimento do CIE, 1931

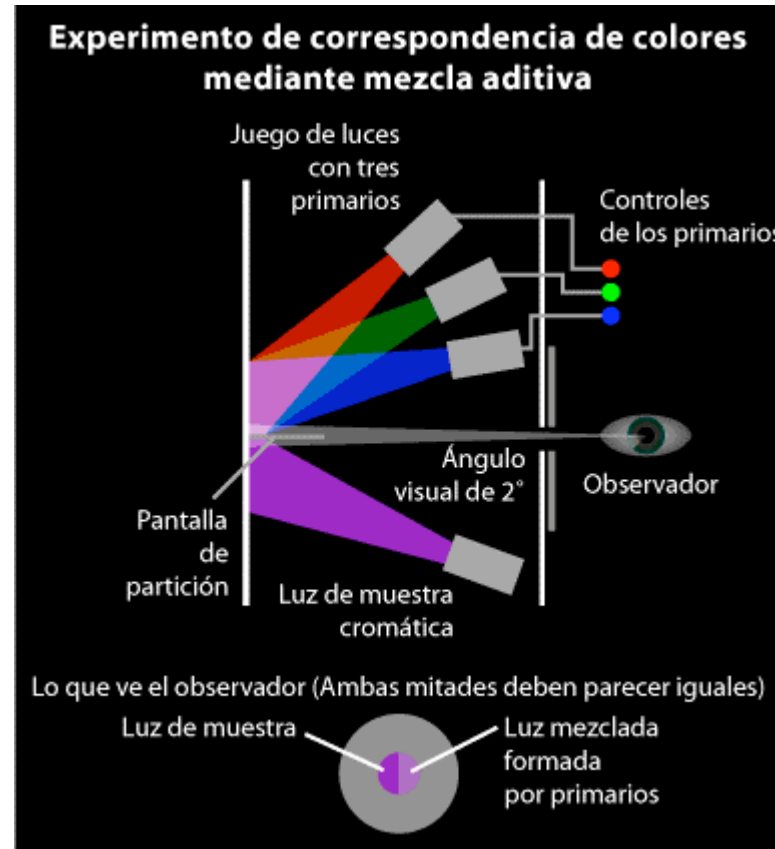
14

- Commission Internationale de L'Eclairage
- 3 primárias
 - Blue: 435.8 nm
 - Green: 546.1nm
 - Red: 700nm
- Espectro
 - 360 – 830nm a cada 5nm



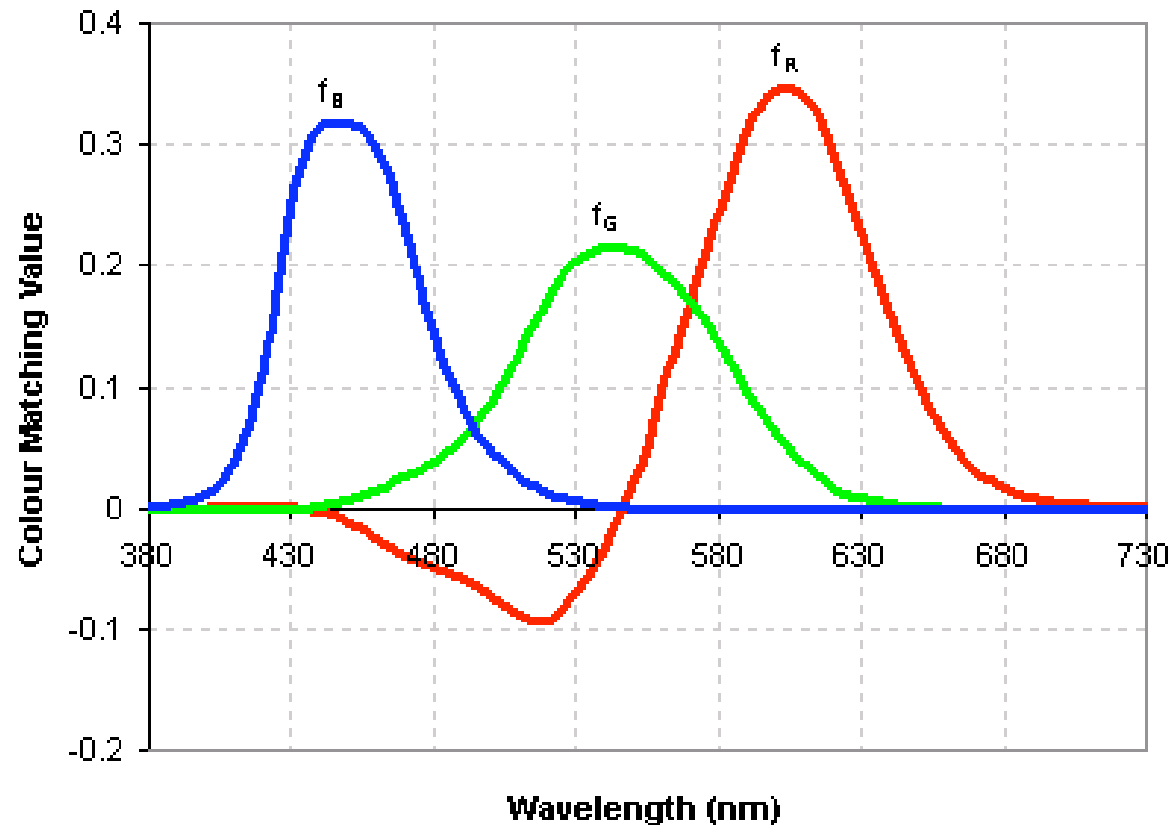
Experimento do CIE, 1931

15



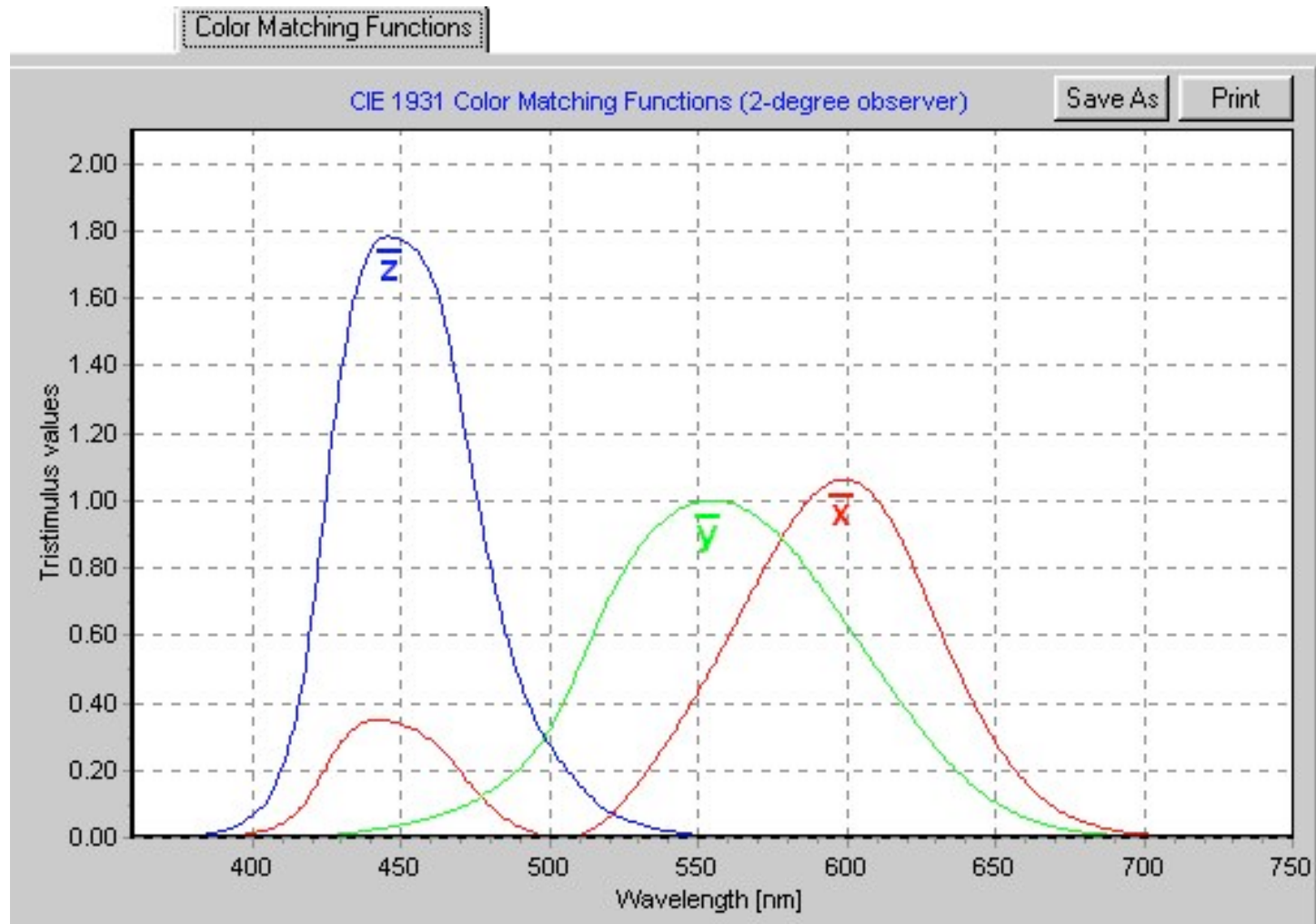
Funções de Reconstrução de Cor RGB

16



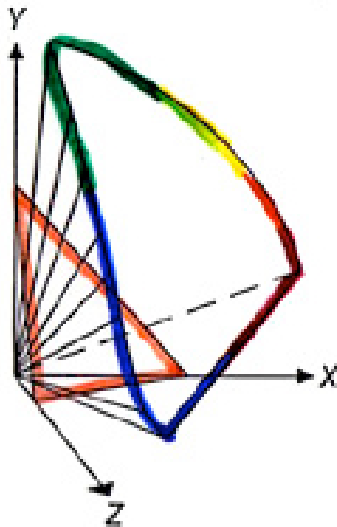
Função de Reconstrução de Cor XYZ

17

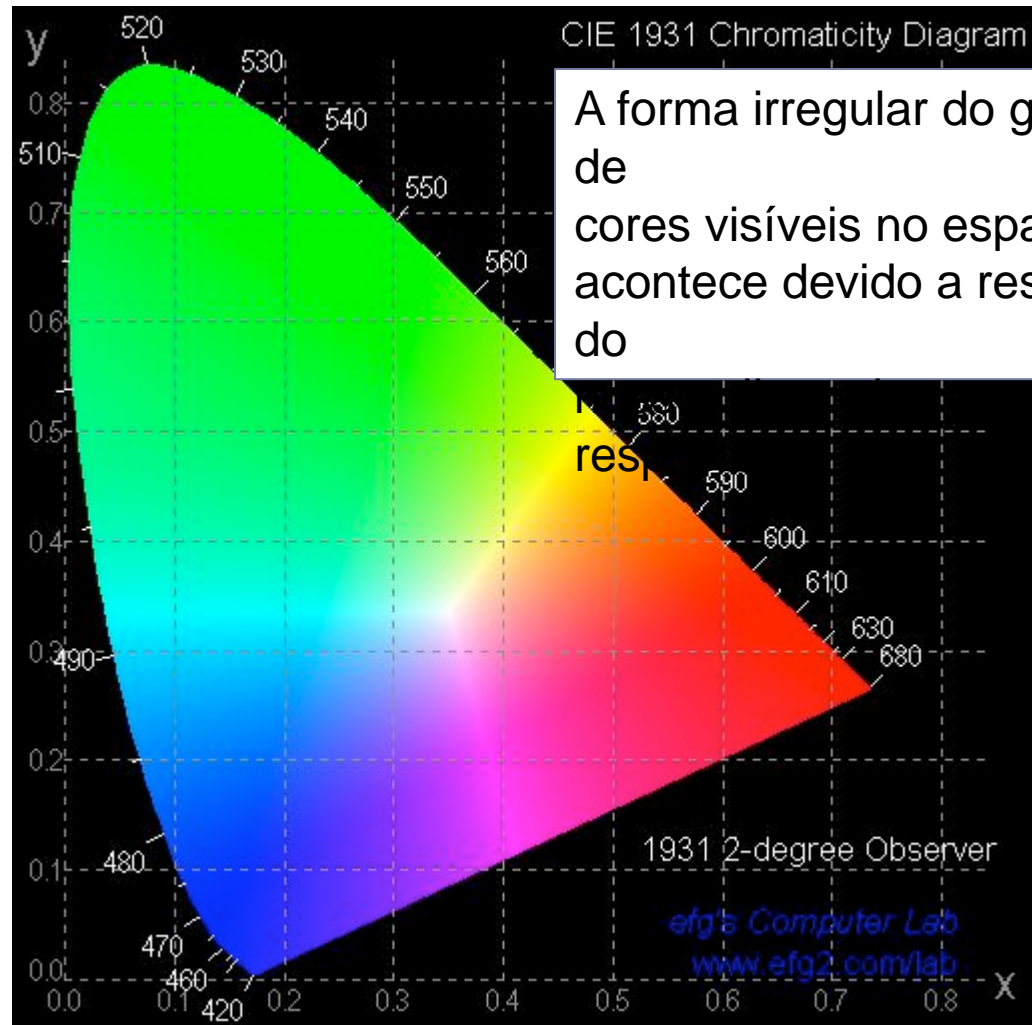


CIE Diagrama de Cromaticidade

18



O gamute de cores de um monitor colorido típico no espaço de cores XYZ



A forma irregular do gamute de cores visíveis no espaço CIE acontece devido a resposta do

as de

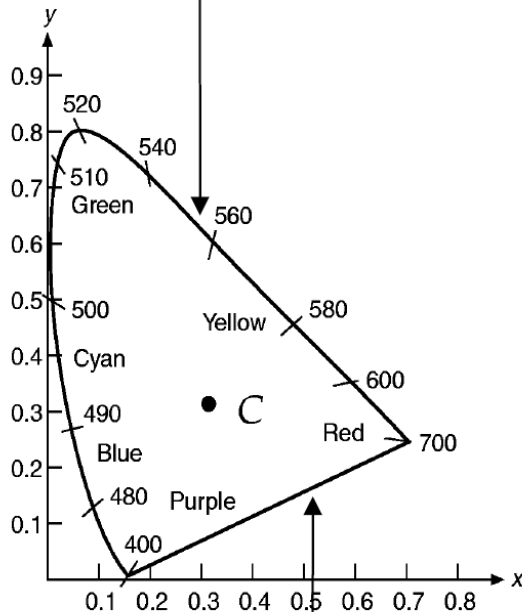
res,

efg's Computer Lab
www.efg2.com/lab

CIE Diagrama de Cromaticidade

19

Qualquer coisa fora dessas bordas não é uma cor física



Região que define espectro de cores Visíveis é fechada pela linha Conectando azul e vermelho

- É a projeção do plano $(X + Y + Z) = 1$ no plano (X, Y)
- Mostra x e y para todos os valores de cromaticidade visíveis:
 - Todas as cores com mesma cromaticidade mas luminância diferentes mapeiam para o mesmo ponto
 - Cores puras espectralmente (monocromáticas) são localizadas nas bordas curvas do diagrama
 - Como luminância não é representada, cores que são relacionadas com luminância não são mostradas (ex. Marrom – cromaticidade laranja-vermelho com baixa luminância)
 - *Illuminante C*: próximo a (nas não exatamente) $x = y = z = 1/3$; semelhante a luz solar

Exatamente pra quê isso??

20

Que cor é esta camiseta?



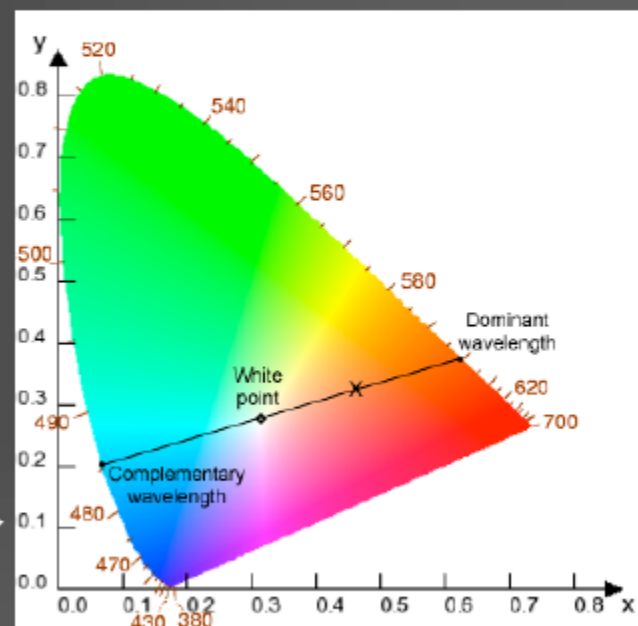
$X=0.25$

$Y=0.12$



Propriedades do Diagrama de Cromaticidade

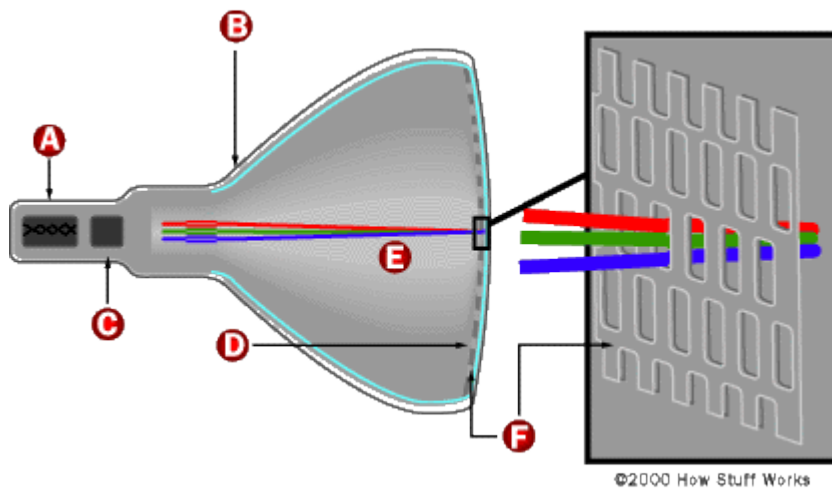
- Cores puras (monocromáticas)
- Cores padrão (exemplo $x=0.31$ $y=0.316$)
- Comprimento de onda dominante
- Cor complementar



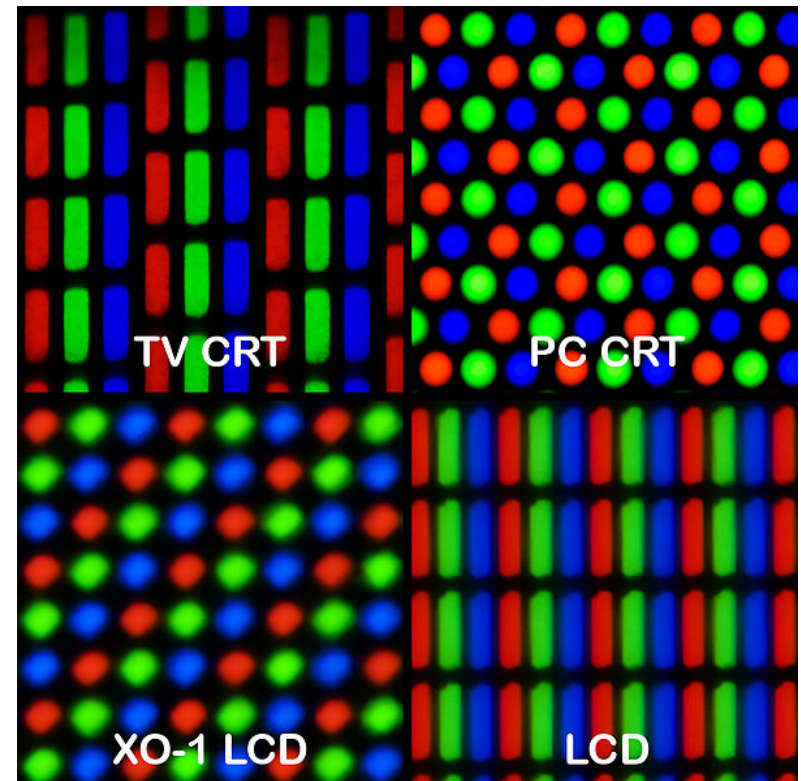
Geração de cores no computador

22

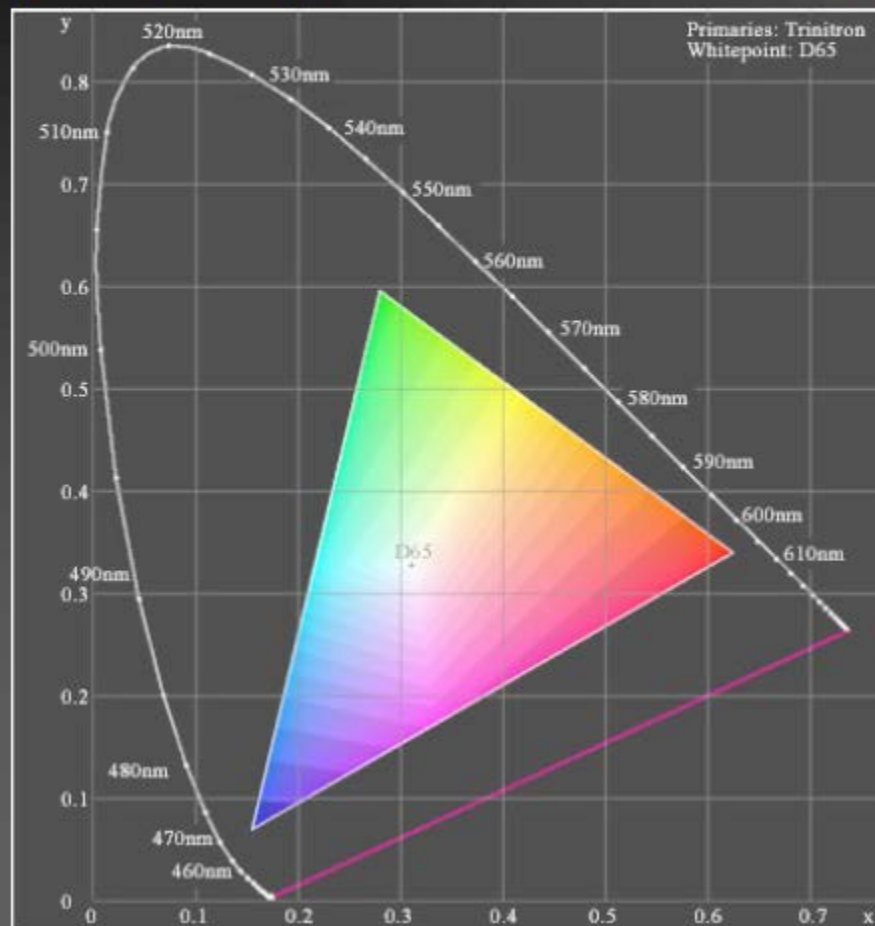
- O computador necessita de um hardware que emita fótons RGB para reprodução de imagens coloridas
- CRT (Cathode Ray Tube):
 - Dispositivo emite eletrons
 - Tela possui fósforos (RGB) por ponto visível.
 - A combinação das intensidades de luz destes 3 componentes reproduz uma cor (wavelength) no monitor.
- LCD (Liquid Cristal Display)
 - funciona de maneira similar. Porém, sem dispositivo de emissão de elétrons.
 - Em cada ponto visível são “ligadas” cada uma das componentes de luz, que são combinadas para reproduzir uma cor.



- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| A catodo | D tela revestida de fósforo |
| B revestimento condutivo | E feixe de elétrons |
| C ânodo | F máscara de sombra |



Gamuts de Cor (Espaços de Cores)



NTSC

R: (0.67,0.33)

G: (0.21,0.71)

B: (0.15,0.08)

Monitor Típico

R: (0.6064, 0.3379)

G: (0.2919,0.5693)

B: (0.1496,0.0732)



Marcelo Walter - UFPE

Resolução

25

- Termo utilizado para representar as dimensões de qualquer matriz de pontos (tela ou imagem, por exemplo)
- Pode ser expressa tanto em número de pontos de largura e altura, quanto de quantidade total de pixels.
- Exemplo:
 - 640 x 480, 800 x 600, 1280 x 1024, 256 x 256, ...
 - Ou: 1 Mega pixels, 3 Mega pixels, ... Neste caso, o produto da largura pela altura

Profundidade de Cores

26

- Número máximo de cores que podem ser representadas. Expressa em bits:
 - 24 bits (RGB):
 - 1 byte (8 bits) para cada componente R, G e B
 - Total de 2^{24} cores = 16 Mega-cores = 16.777.216 de cores.
 - True-color: todas as cores que o olho humano consegue perceber.
 - 32 bits (RGBA ou ARGB):
 - Idem ao anterior, porém possui um componente a mais, o **canal alfa** destinado a representação de opacidade/transparência da cor.
 - Pode ser utilizado também para representar mais valores por canal (RGB).
 - Máscaras: 10-10-10 (sobram 2) ou 8-8-8-8 (usando alpha)

Profundidade de Cores

27

- 16 bits:
 - Número reduzido de cores, menor necessidade de armazenamento.
 - Total de $2^{16} = 64$ Kilo-cores = 65.536 cores diferentes
 - Máscaras: 5-5-5 (sobra 1) ou 5-6-5 (verde a mais por causa do brilho)
- 8 bits (gray-scale ou indexed-color)

Um byte para representar as cores: $2^8 = 256$ cores possíveis (índices da paleta)

 - Utilizado também para representação em tons-de-cinza.
- 4 bits (indexed-color, 2 pixels por byte)
 - Um byte representa dois pixels $2^4 = 16$ cores possíveis, ou melhor, 16 índices possíveis na paleta.
- 1 bit (b&w – preto e branco, imagem binária)
 - Preto e branco, duas possibilidades de cores, para bitmap
 - Um byte pode representar 8 pixels


Modelos de Cor

28

- Um modelo ou sistema de cores é uma especificação de um sistema de coordenadas ou subconjunto de cores visíveis.
- Determina o formato, fórmula ou forma de composição de componentes de sistemas (coordenadas) em cores.
- Exemplos: RGB, HSV, CMYK, HLS, YIQ, ...

Sistema RGB

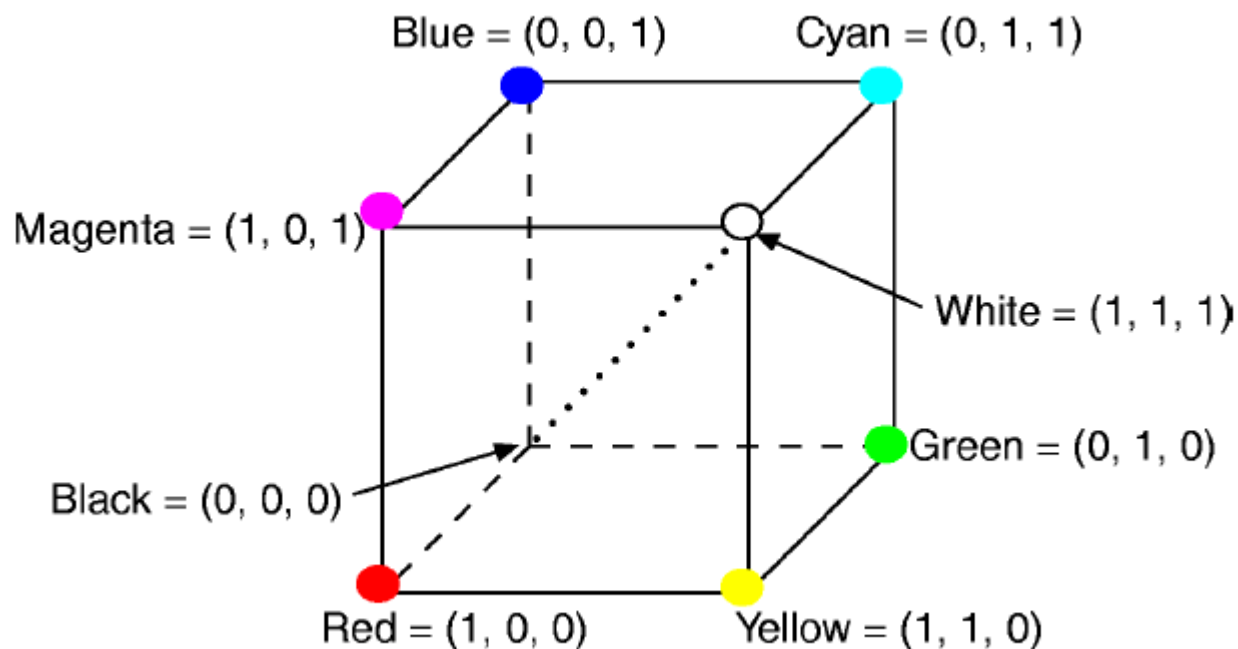
29

- O sistema RGB é de longe o mais utilizado na computação, porque é baseado no sistema de captação de cor do olho humano e porque é o sistema utilizado em monitores.
- Sistema é representado como sistema de referência tridimensional convencional (sistema cartesiano 3D). Porém, ao invés de x, y e z, o sistema tem as componentes R, G e B (Red-Green-Blue)
- Todas as cores podem ser representadas numa combinação das três componentes. Exemplo:

 - Esta cor é a combinação RGB (**153**, **205**, **255**)

Sistema RGB

30

- Visualmente, podemos representar o modelo como um cubo, onde os valores mínimos são 0 e os máximos são 1 ponto-flutuante (ou 0-25!)

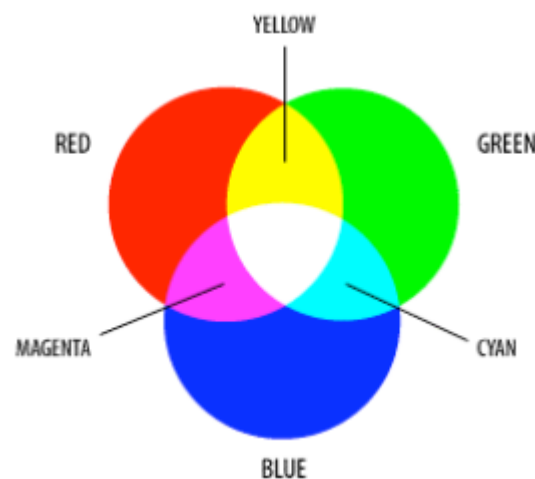


Sistema RGB

31

As cores dos cantos do cubo são consideradas cores puras. É onde estão as primárias (R, G e B), as secundárias (Yellow, Cyan e Magenta) e o preto (B) e branco (W). Ainda, do canto preto ao canto branco residem todas as tons de cinzas, também chamada de diagonal de cinzas, com 256 valores possíveis. Quando representado no domínio $[0, 1]$ dos números reais; os valores são uma fração de 255 ($n/255$). Quando expresso em bytes estão no

- É um modelo **aditivo**



Sistema RGB

32

🐙 Considerações sobre o sistema RGB:

🐙 Apesar do modelo RGB estar baseado na forma de captação de cores pelo olho humano e ser o modelo utilizado pelos monitores de computador, ele tem um grande inconveniente:

🐙 Na sua representação espacial (cubo RGB) não é possível determinar, visualmente, com exatidão, quais são os valores das componentes que determinam uma cor de interesse.

🐙 Outro ponto negativo, é que o sistema RGB não é adequado para cálculo de similaridade de cores. Isto porque, se escolhermos uma cor e tentar isolar as suas similares numa região (esfera), não temos como garantir, num mesmo raio em qualquer direção, que as cores vizinhas são similares; elas podem ser, visualmente, diferentes.

Cor-chave e um raio que delimita uma região de proximidade. Não é possível garantir que, em todas as direções, as cores nos limites da esfera sejam similares a cor-chave.

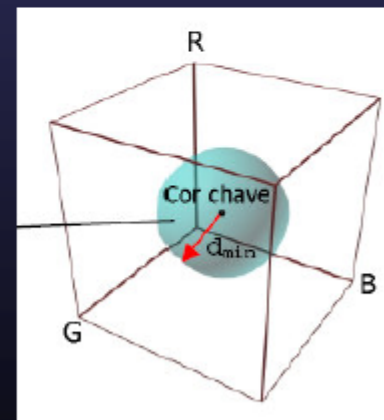


Imagem retirada de [3]



♟ Exemplo do problema de distância entre cores:

154, 204, 255	174, 184, 235
134, 224, 235	134, 184, 235

Este problema ocorre principalmente em algoritmos de detecção de região de cores numa imagem ou para eliminação de cores visualmente semelhantes (por exemplo, chroma-key).

Imagem "foreground"



Imagem Resultado
Processo



Imagem "background"



Imagem Resultado
(combinação)



❏ Cálculo de distância entre cores no sistema RGB:

- ❏ Mesmo cálculo de distância no espaço 3D: distância euclidiana:

$$d = \sqrt{(c_R - o_R)^2 + (c_G - o_G)^2 + (c_B - o_B)^2}$$

❏ Onde:

- ❏ c é a cor-chave ou cor central que representa uma região esférica de cores no cubo RGB.
- ❏ o é uma cor qualquer que está sendo testada.
- ❏ R , G e B são os componentes de cor das cores em questão
- ❏ d será a “distância” entre as duas cores. Quando maior o d , menos semelhantes são as cores.



♞ Cálculo de distância entre cores no sistema RGB:

♟ Entretanto, esta medida de distância não é trivial para dizer uma cor é diferente de outra. Não temos uma noção precisa de qual valor de d deve ser utilizado, pois:

- ♟ Depende do objetivo em questão, do que se pretende “selecionar” de cores no cubo
- ♟ Depende da nível de precisão que se pretende
- ♟ Depende da cor de interesse, considerando que, visualmente, a área de semelhança/interesse no cubo pode ser diferente para cada cor.





Cálculo de distância entre cores no sistema RGB:

- Para resolver é simples, basta dividir a distância calculada pela distância máxima (que, obviamente, é a distância entre as cores preta e branca no cubo RGB, ou a distância de qualquer diagonal do cubo).

$$d_{\max} = \sqrt{(0 - 255)^2 + (0 - 255)^2 + (0 - 255)^2}$$

$$d_{\max} = \sqrt{195075}$$

$$d_{\max} \approx 441,673$$

$$\Delta d = \frac{d}{d_{\max}}$$

No código-fonte...:

```
dd = d / dmax;
if(dd <= tolerancia){
    // faz alguma coisa
}
```



Modelo CMY(K)

37

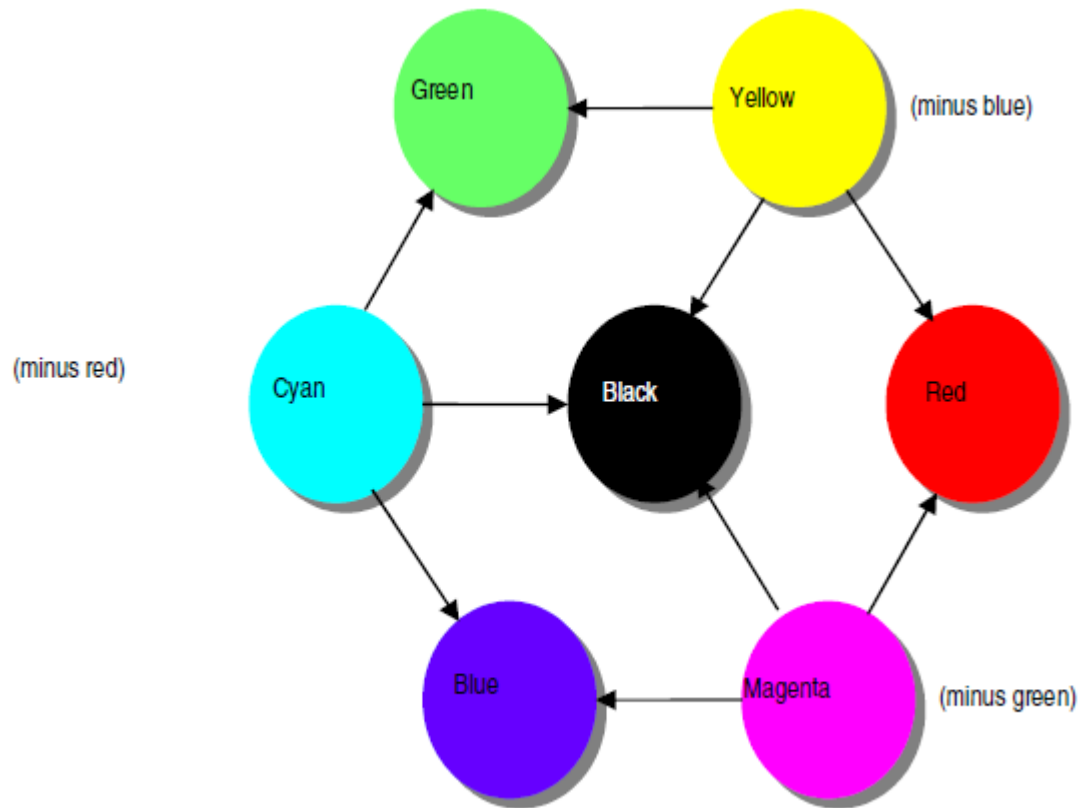
□ Modelo **subtrativo**

- Usado em impressões (depósito de pigmentos no papel)
- Ciano (C), magenta (M) e amarelo (Y) são complementares de vermelho (R), verde (G) e azul (B)
- Cores são especificadas pelo o que é subtraído da luz branca



Modelo CMY(K)

38

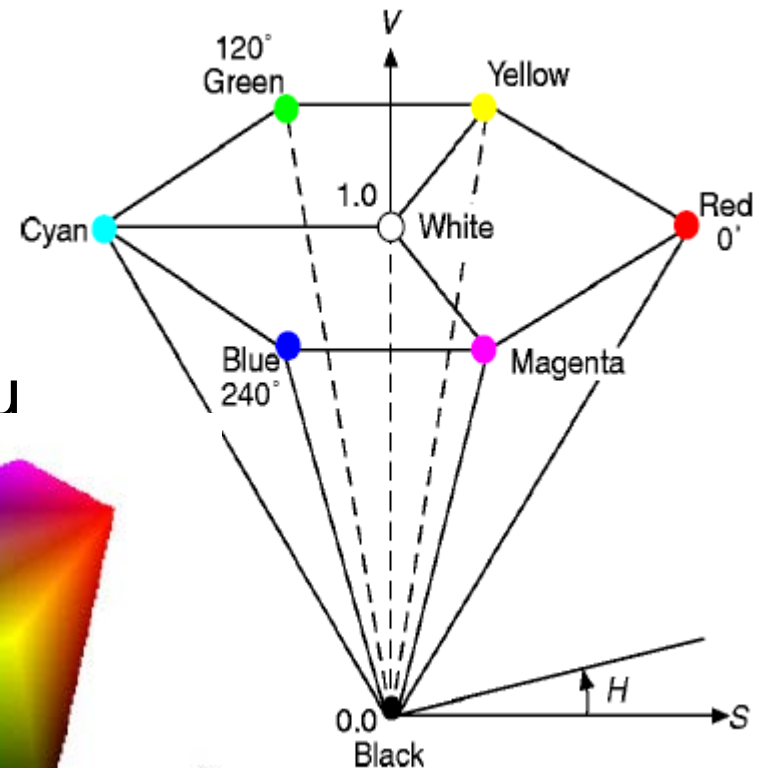
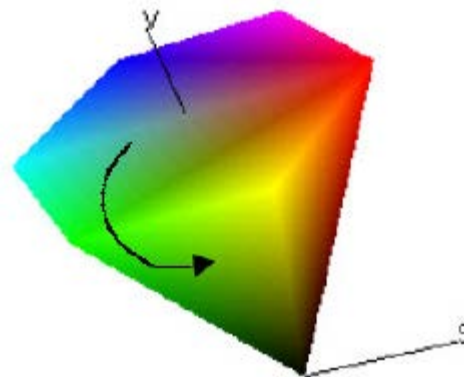


<https://www.youtube.com/watch?v=DT3YZ0lcags>

Modelo HSV

39

- Sistema que determina um cor através da combinação das 3 componentes Hue - Saturation - Value
- H - Matiz – cor pura [$0..360^\circ$)
- S - Saturação – intensidade de cor pura [$0..1$]
- V - Luminosidade – escuro ou claro [$0..1$]



Modelo HSV

40

- Considerações sobre o HSV:
 - O sistema de cores que é visualmente mais “confiável” que o RGB.
 - Permite, com mais facilidade que o RGB, determinar uma região de cores similares, pois basta determinar um ângulo central e um mínimo e máximo.
 - É necessária conversão para RGB para ser utilizado no computador.
 - Na conversão, o preto pode ser uma combinação de diversas possibilidades de H e S.

Referências

41

1. Notas de Aula do professor Leandro Tonietto (http://professor.unisinos.br/ltonietto/jed/pgr/pg_r2011_02.html)
2. Notas de aula do professor Marcelo Walter (UFRGS)
3. Notas de aula do professor Bruno Carvalho (UFRN)
4. FOLEY, J.D. et al. Computer graphics: principles and practice. Reading: Addison-Wesley, 1990.
5. TONIETTO, Leandro; WALTER, Marcelo. Análise de Algoritmos para Chroma-key. Unisinos, 2000.