

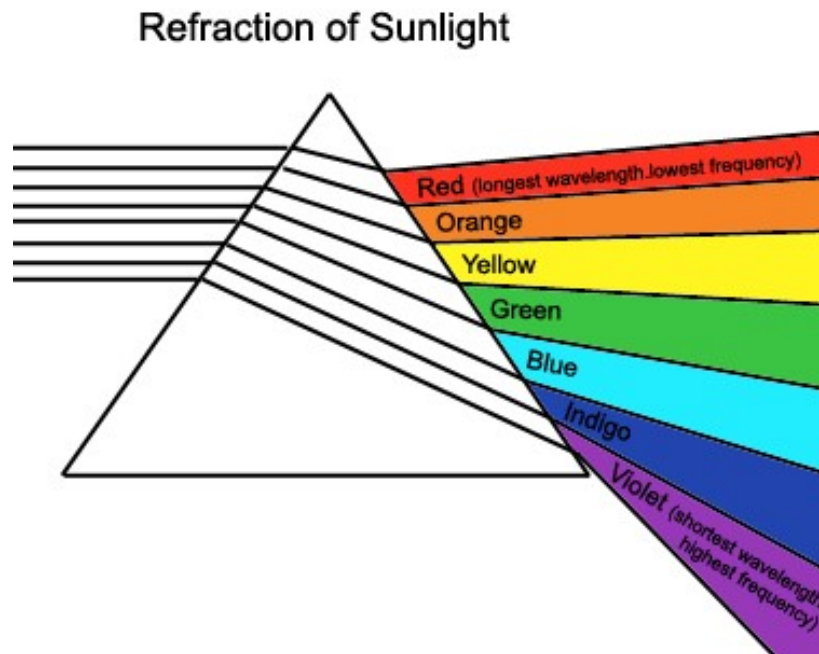
Aula 3

Cores

Cores

Luz branca: composta por todas as cores do espectro visível

- emitida pelo sol (e outras fontes de luz)
- pode ser decomposta em diferentes frequências através de prismas



Cada comprimento de onda sofre refração em um ângulo diferente

Teoria de cor Tricromática

descreve as cores como combinações das cores *primárias* vermelho (R), verde (G) e azul (B)

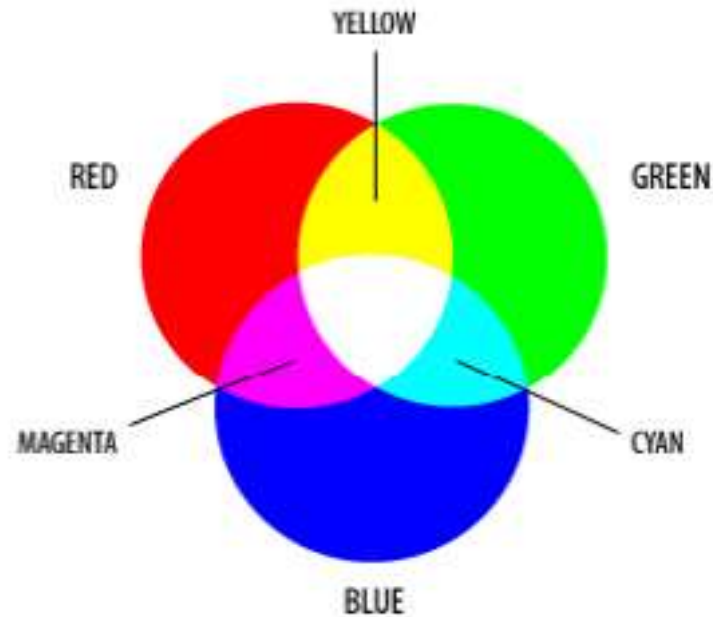
Cores

Cores primárias, segundo a Commission Internationale de l'Eclairage (CIE):

- Azul: 435.8 nm
- Verde: 546.1 nm
- Vermelho: 700.0 nm

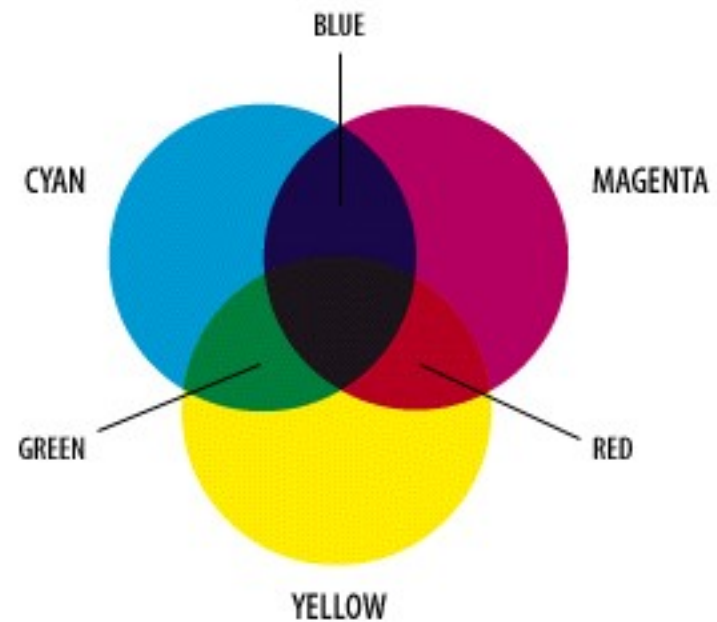
Cores *secundárias*: combinações das primárias duas a duas

- Magenta (M): R+B
- Ciano (C): G+B
- Amarelo (Y): R+G



Modelo de cor aditivo
(emissão de cores)

- Tubo catódico de TVs coloridas

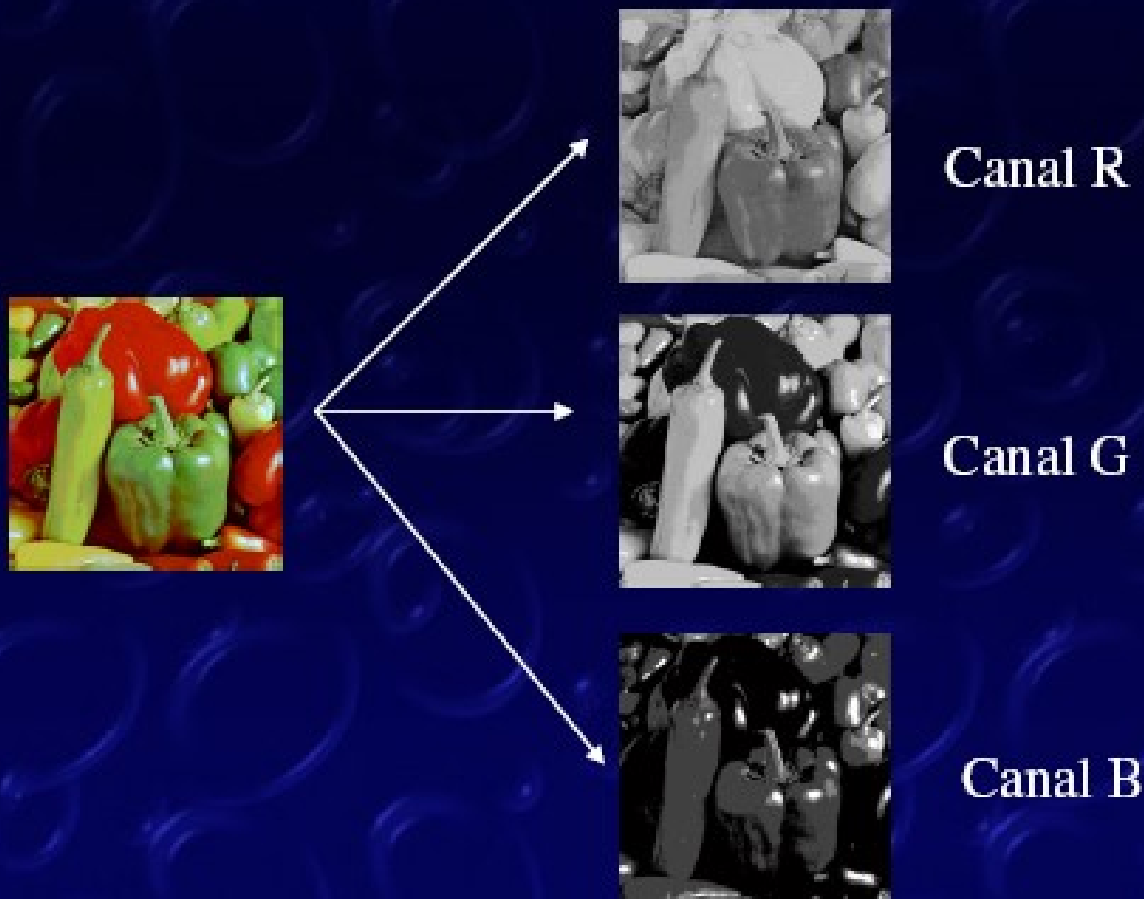


Modelo de cor subtrativo
(absorção de cores)

- Impressora colorida

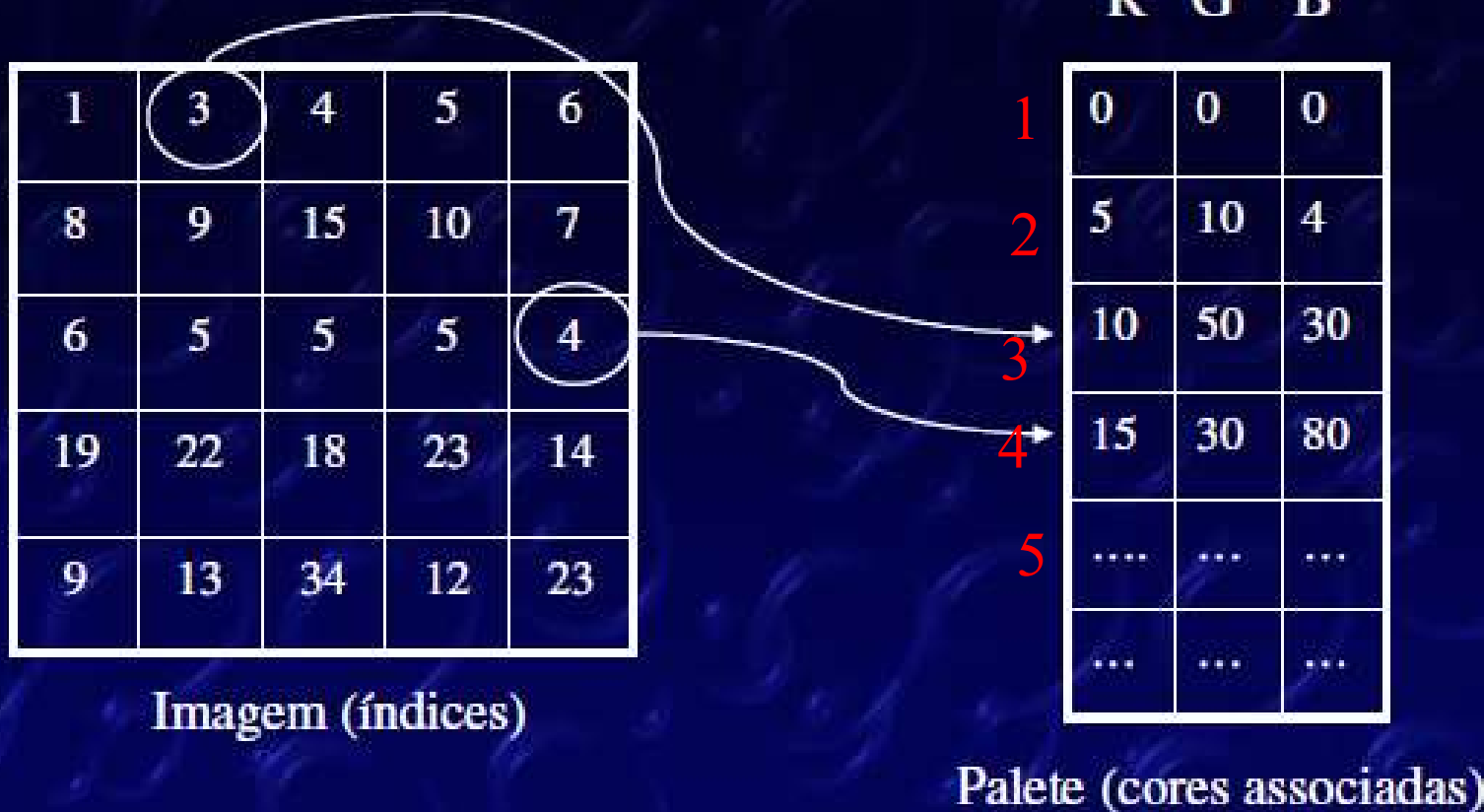
Representação de imagens digitais coloridas:

- normalmente, há três sensores que capturam informação em três canais de cor (R,G,B). Cada pixel é um vetor 3×1 .



Representação de imagens digitais coloridas:

- quantização pode ser diferente em cada canal de cor
- imagem colorida pode ser representada através de um paleta:



- [illegible]

Poucas Cores

3 bits

$R=G=B = 1 \text{ bit}$



6 bits

$R=G=B = 2 \text{ bits}$



24 bits

$R=G=B = 8 \text{ bits}$



Poucas Cores

Dithering – é uma técnica que “cria” mais cores, anexando pixels

ex.

vermelho para vermelho escuro →

■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■

vermelho para vermelho claro →

■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■

3 bits
R=G=B = 1 bit

dithering →



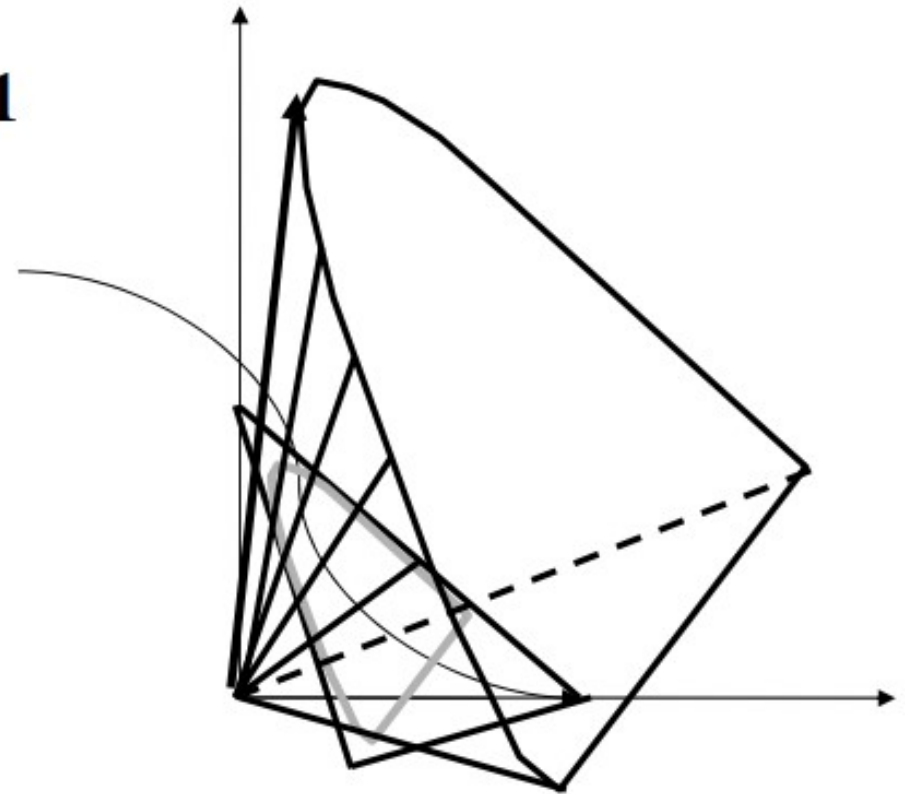
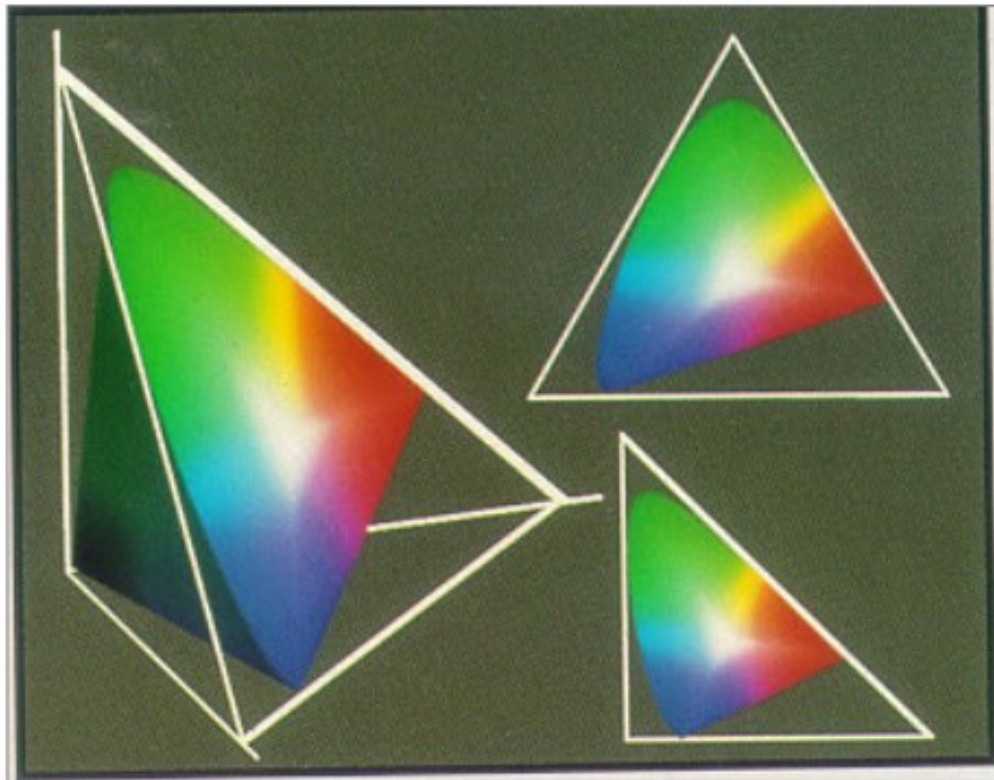
Cores

- Em geral, cores são distinguidas entre si através de três características:
 - brilho (*brightness*): representa a noção acromática de intensidade
 - matiz (*hue*): atributo relacionado ao comprimento de onda dominante
 - Saturação (*saturation*): se refere à "pureza" de uma cor
- Matiz e saturação juntas compõem a *cromaticidade*, e então, uma cor pode ser caracterizada por seu brilho e cromaticidade.

Diagrama de cromaticidade

Sólidos de cores visíveis e diagramas de cromaticidade

Plano $X+Y+Z=1$



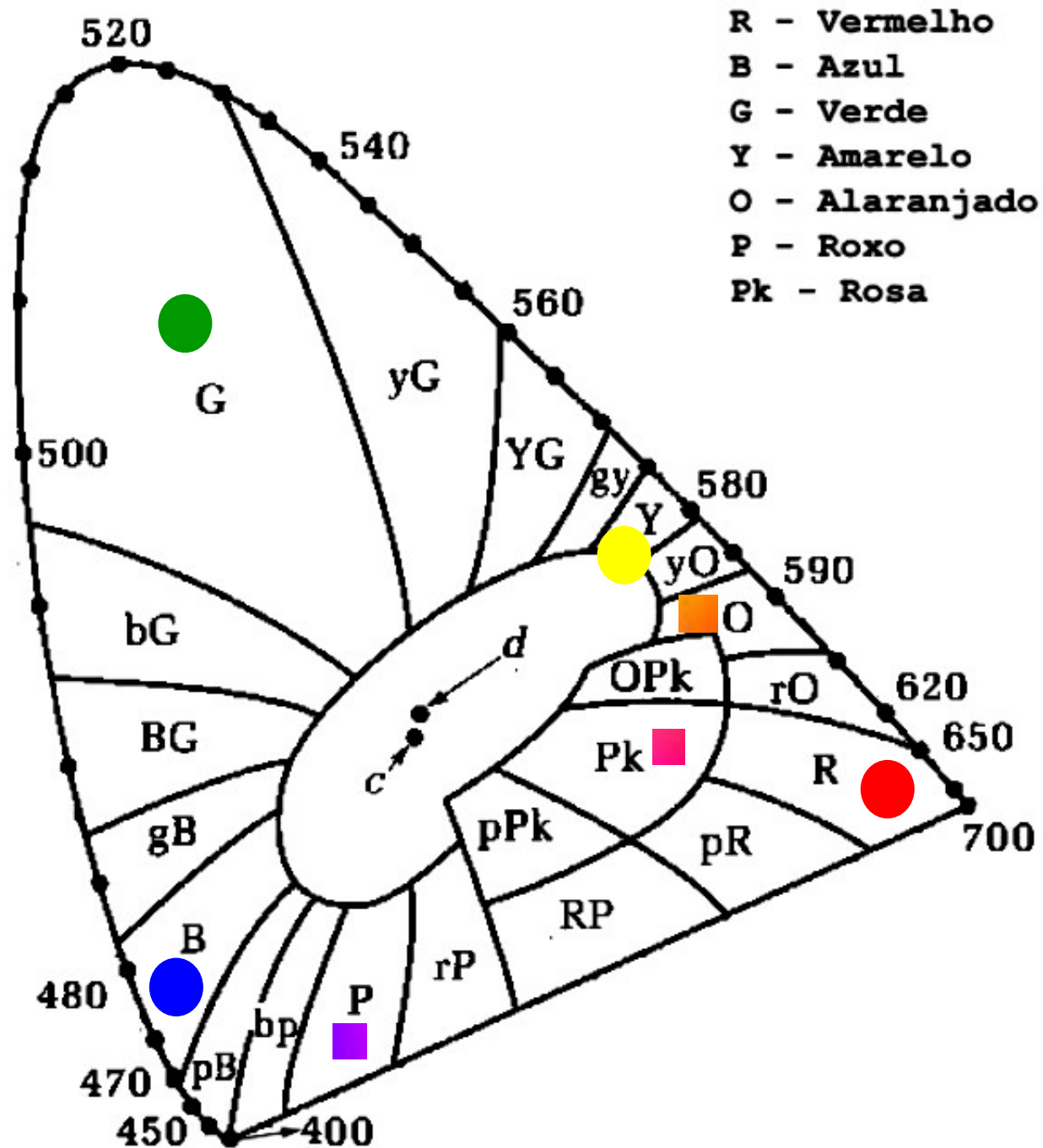


Diagrama de cromaticidade

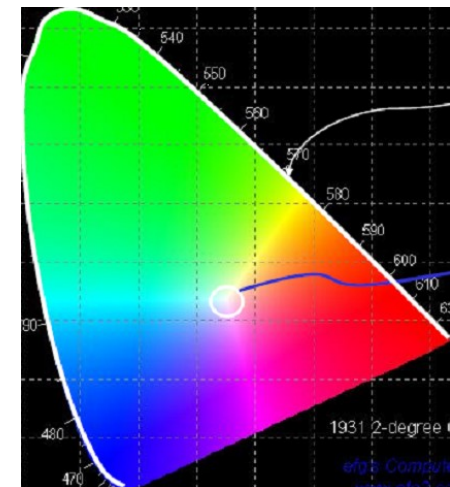
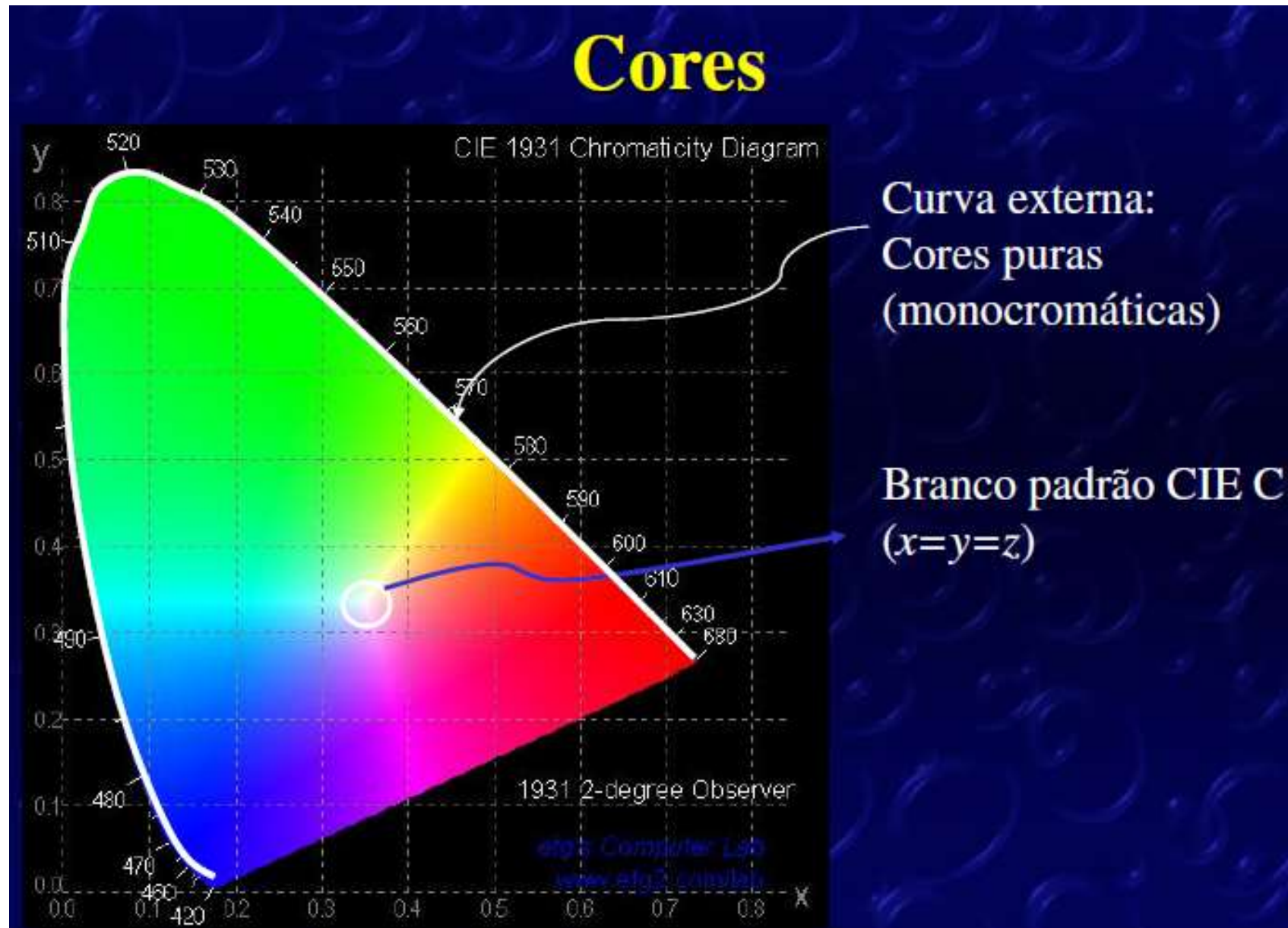
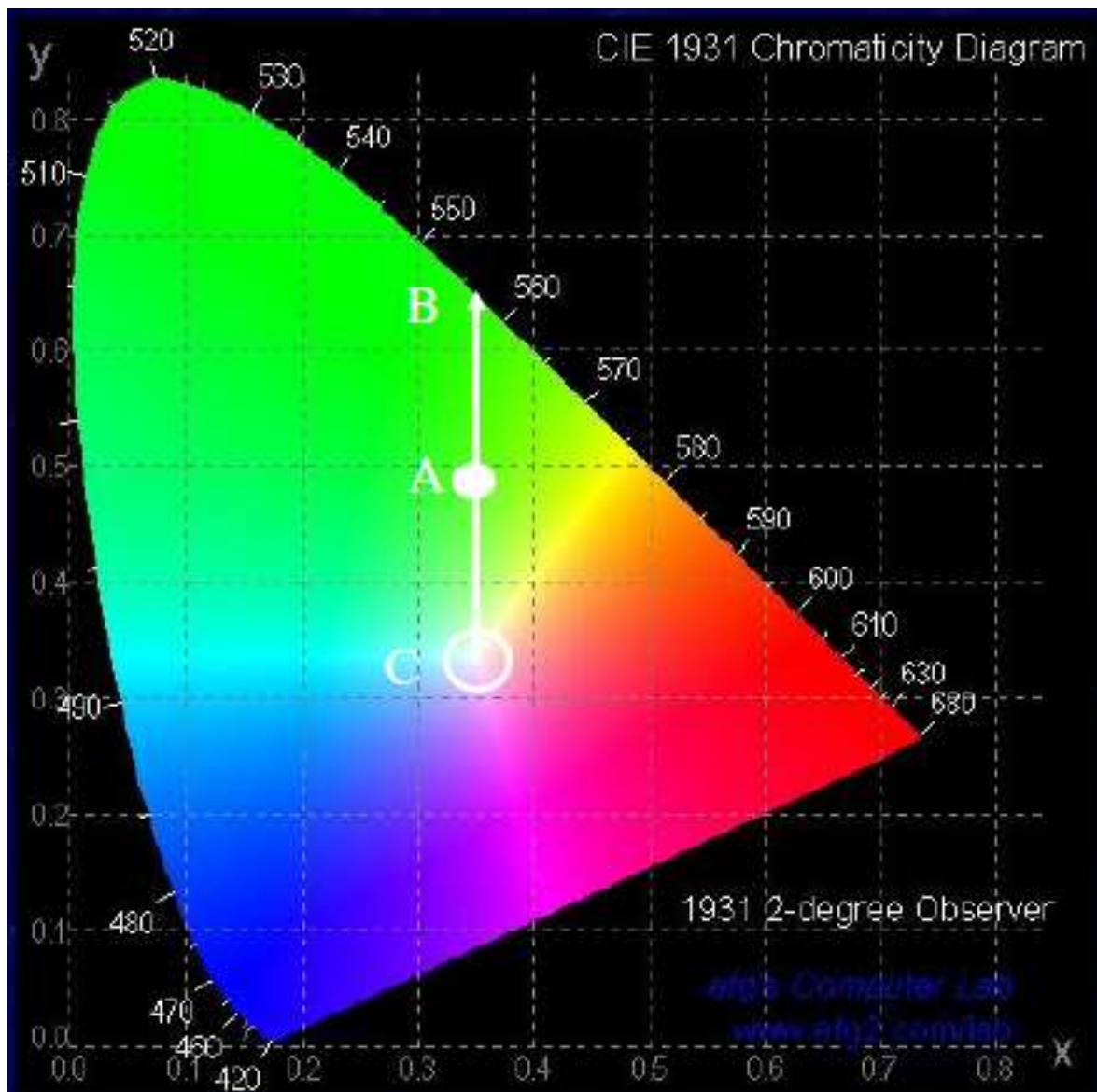


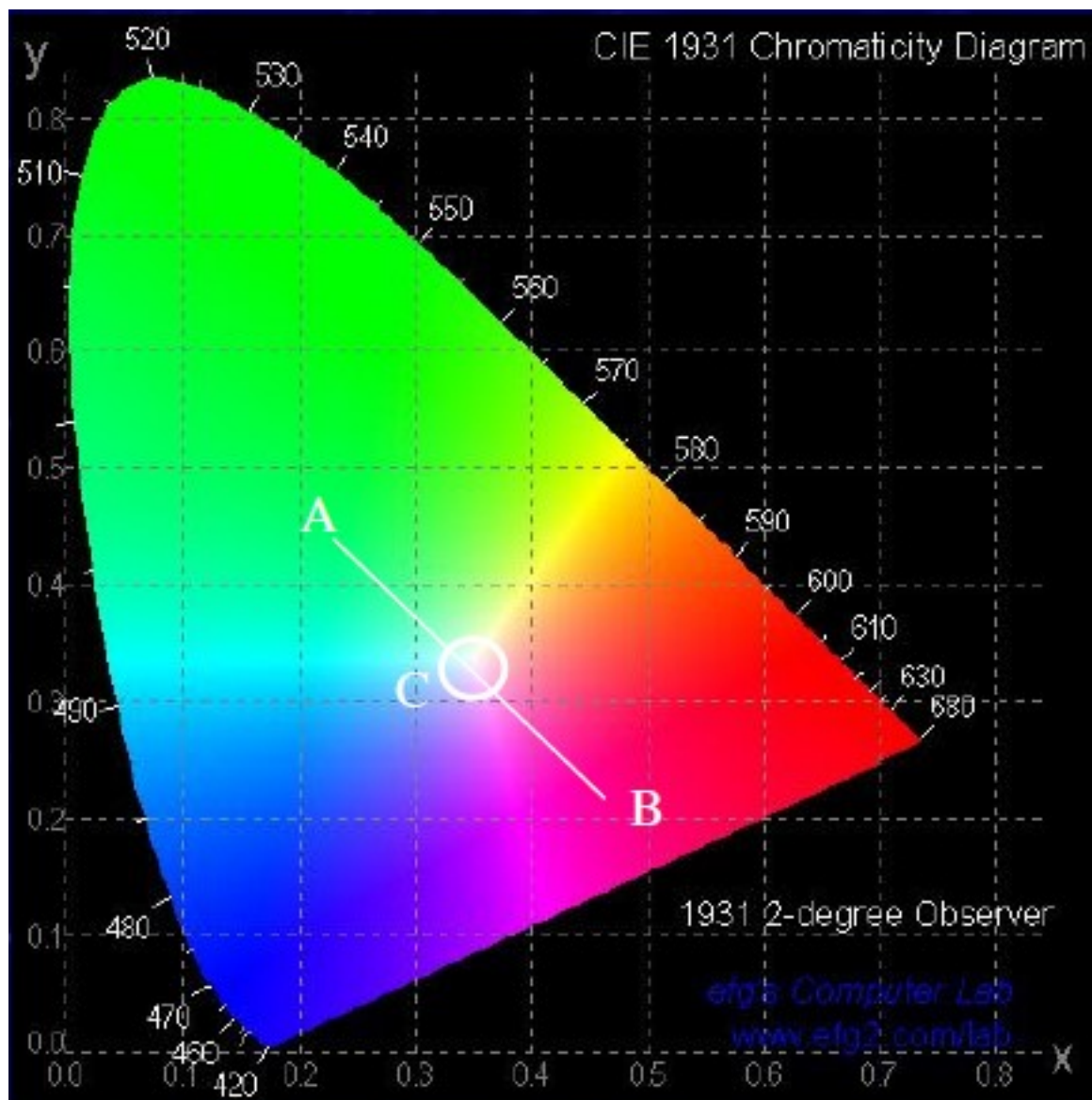
Diagrama de cromaticidade





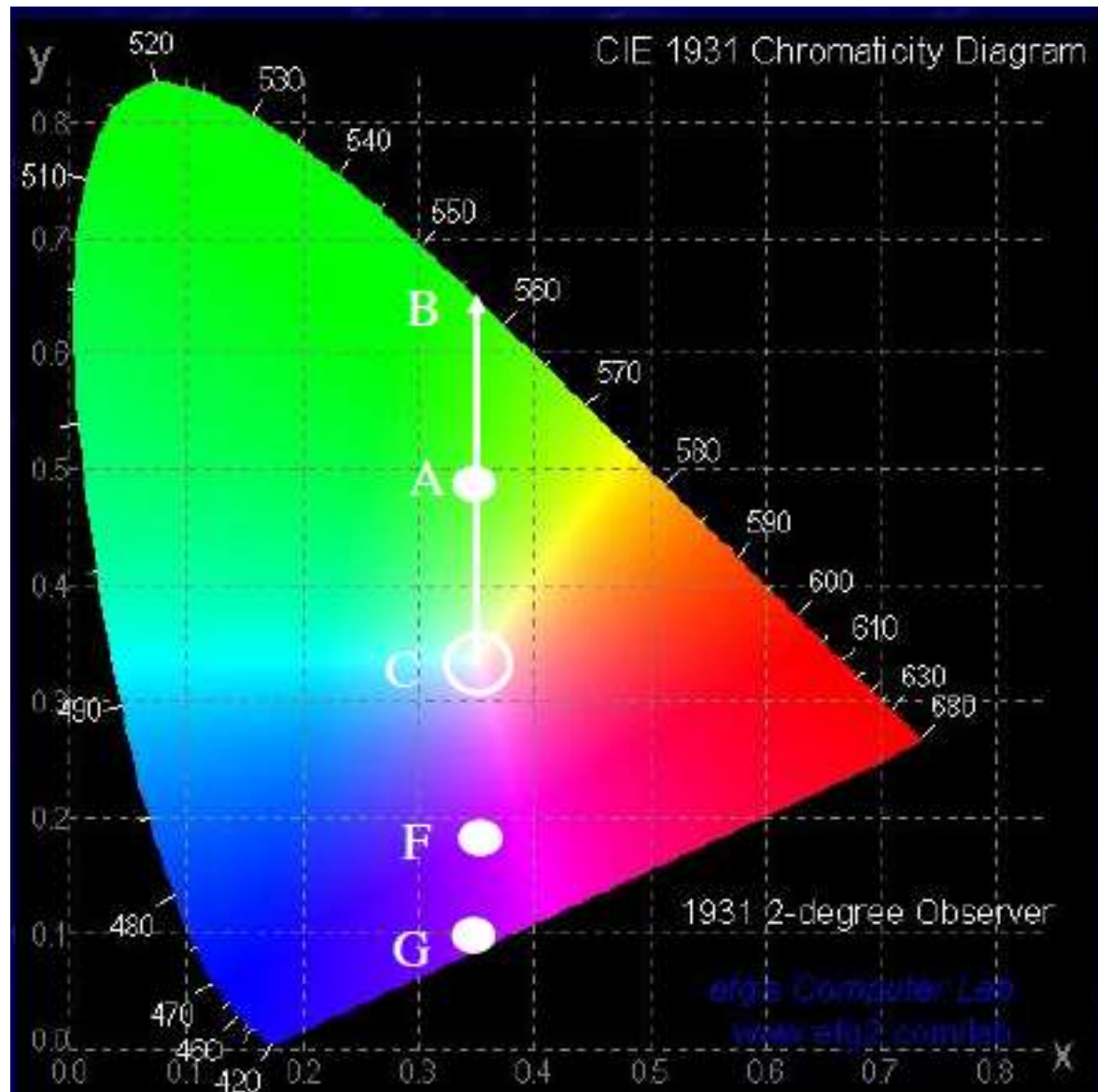
Cor
dominante
de A é B

Linha definida
do branco até a
borda, passando
pela cor



Cores
complementares
A e B

Cor em posição
oposta ao branco



Cor dominante de A é B.

Qual a cor dominante de F?

Complementar da dominante de A, ou seja, complementar de B, que é G

Modelos de Cores

- Idéia: especificar um sistema de coordenadas, onde cada ponto representa uma cor diferente
- Em geral, o modelo de cor adequado depende da aplicação:
 - Monitores coloridos:
modelo RGB
 - Impressão colorida:
modelos CMY e CMYK
 - Interpretação visual:
modelo HSI (hue, saturation, intensity).
 - Outros.

RGB

Se cada canal é quantizado em 8 bits, há um total de $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$ cores no sistema RGB

Preto = (0,0,0)

Branco = (255,255,255)

Sempre que $R=G=B$, tem-se um tom de cinza

0,0,0 preto

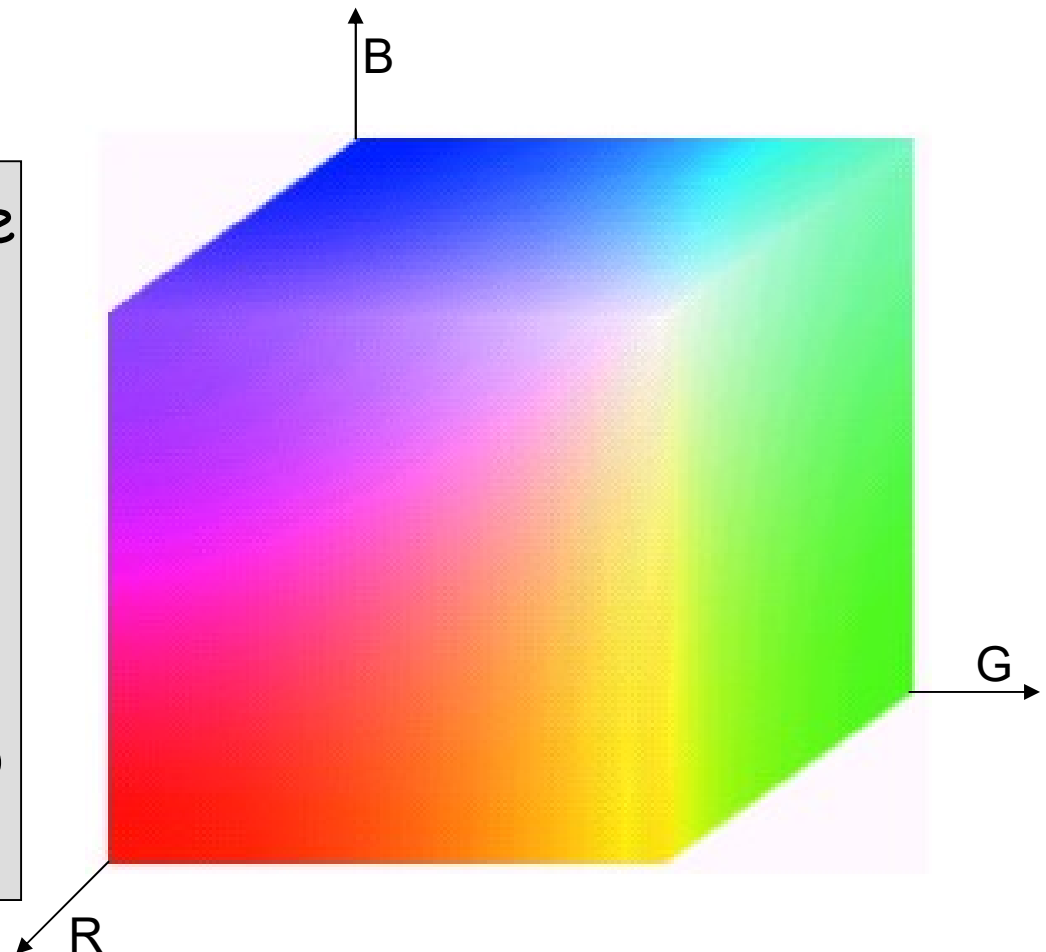
1,1,1 preto mais claro

2,2,2 preto mais claro

..., ..., ...

254,254,254 quase branco

255,255,255 branco



Modelos de cor

Representação CIE-RGB

Sistema Aditivo

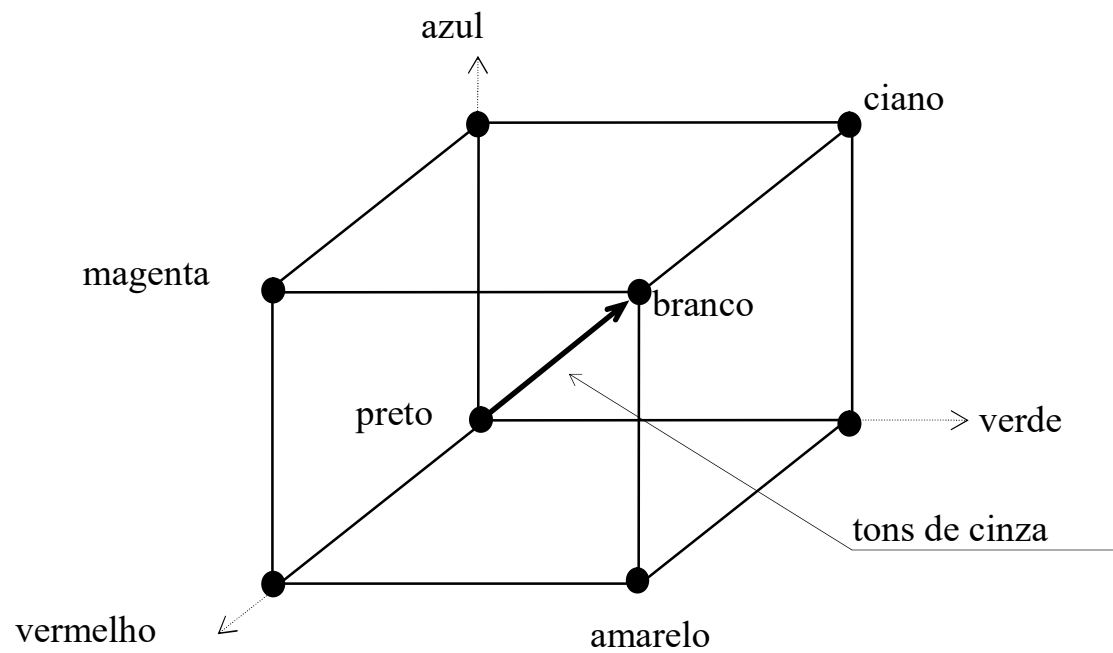


Imagem original



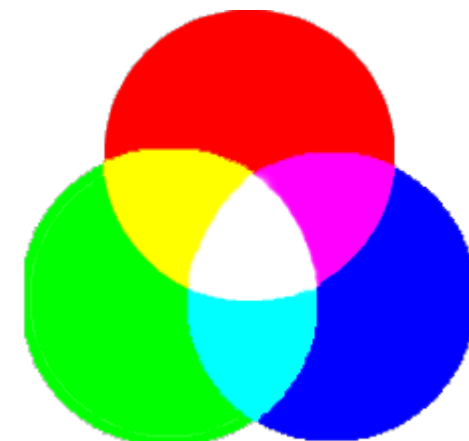
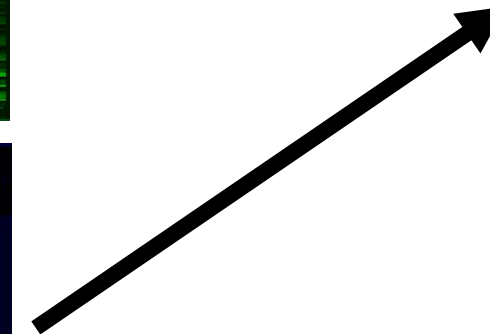
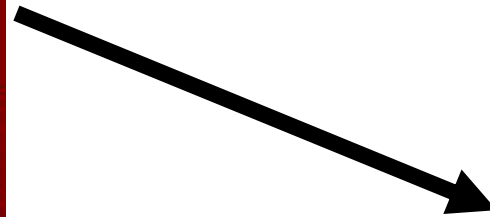
Vermelho

Verde



Azul

Composição de cores usando CIE-RGB



Equação da luminância

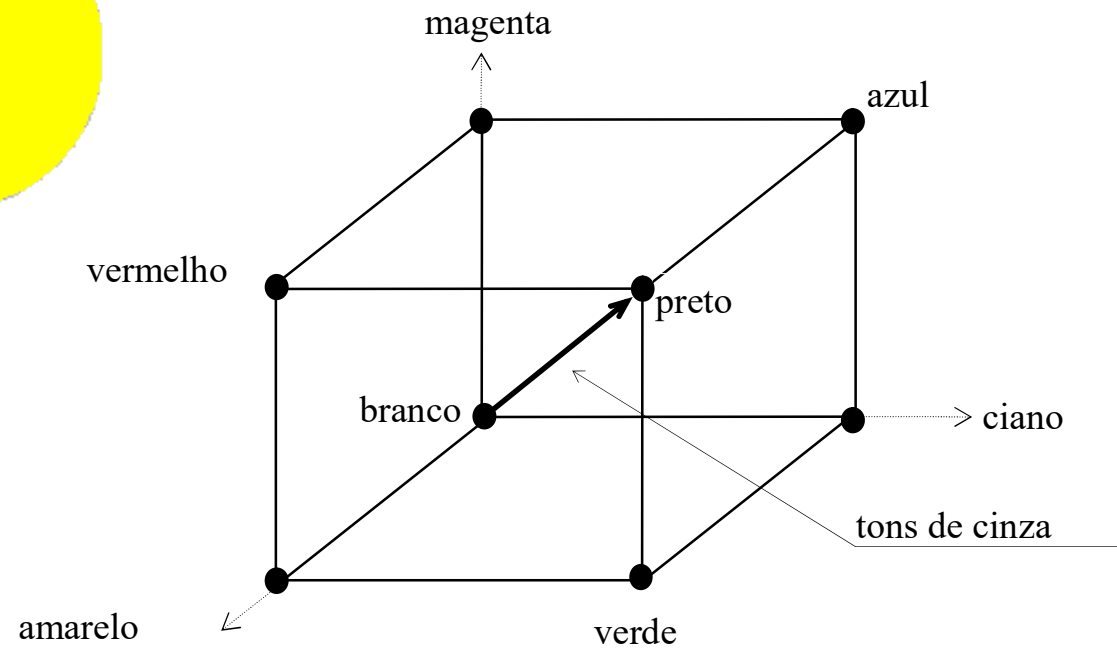
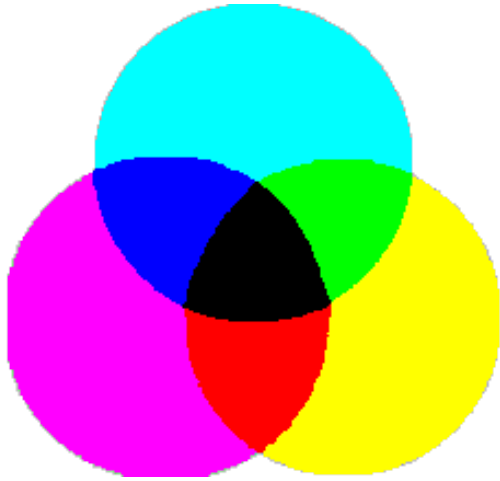
$$I = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$



De modo simplificado, pode-se usar:

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

Modelo CMY - Subtrativo



Modelos de Cores

- **Modelo CMY**

- Baseado nas cores secundárias C,M,Y.

Assumindo valores normalizados de R,G,B (ou seja, 0R,G,B1), a conversão (R,G,B) (C,M,Y) é:

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

A imagem CMY é a inversa da imagem RGB

Na teoria, $C=M=Y=1$ geram a cor preta. Na prática, tal combinação de pigmentos em impressoras coloridas gera um "**verde escuro**", e então a cor preta (K) é normalmente adicionada, gerando o sistema CMYK.

RGB X CMY

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

do computador para
a impressora, faz
esta conversão

o 1 usado representa o valor
máximo do dispositivo

No computador, usa-se 255 no
lugar do 1

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

No computador faz-se:

$$C = 255 - R$$

$$M = 255 - G$$

$$Y = 255 - B$$

Modelos de Cores

- **Modelo YIQ**

- Modelo de Cores que serve de base para o padrão de TV NTSC

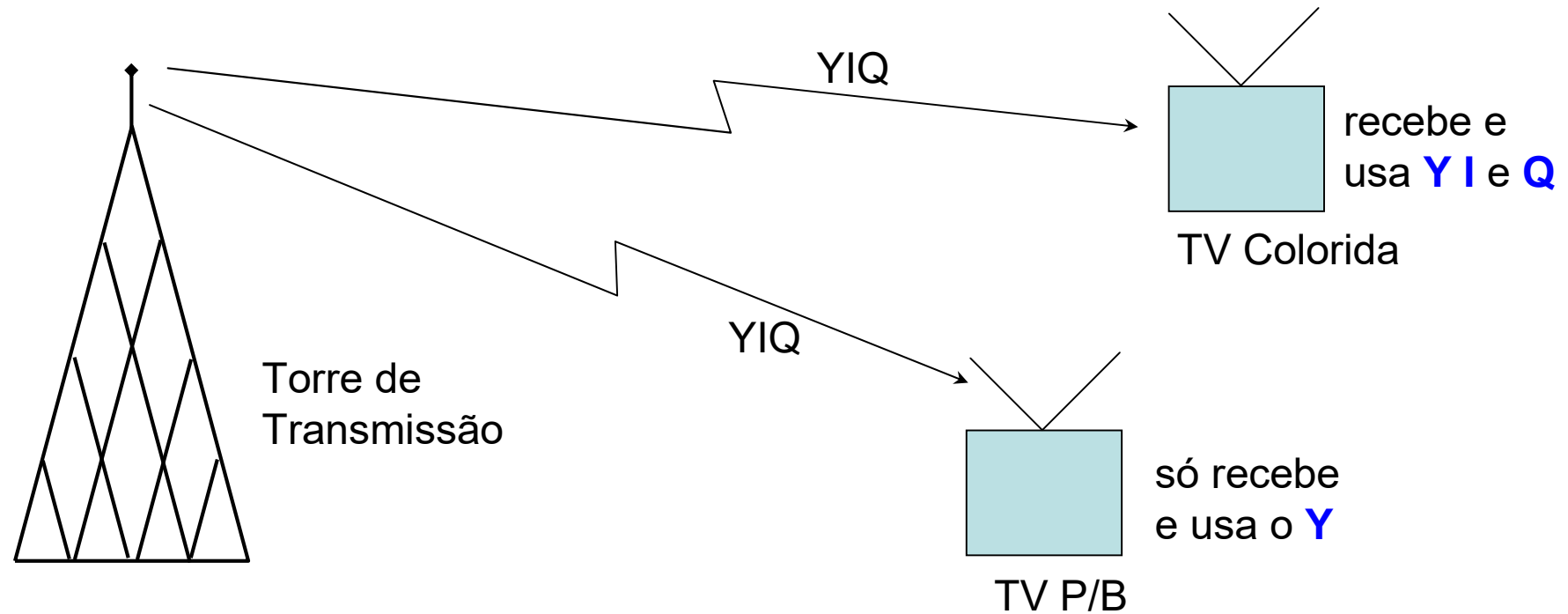
- Y : intensidade

- I, Q : informação de cromaticidade

- Histórico: possibilidade de transmitir apenas Y (TVs P&B) e (Y, I, Q) (TVs coloridas)

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \mathbf{A} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}, \text{ com } \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.595716 & -0.274453 & -0.321263 \\ 0.211456 & -0.522591 & 0.311135 \end{bmatrix}$$

Modelos de Cores



$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \mathbf{A} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}, \text{ com } \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.595716 & -0.274453 & -0.321263 \\ 0.211456 & -0.522591 & 0.311135 \end{bmatrix}$$

Modelos de Cores

- **Modelo YUV**

- Modelo de Cores que serve de base para o padrão de TV PAL

- Y: intensidade
- U,V: informação de cromaticidade
- Histórico similar ao NTSC.

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \mathbf{A} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}, \text{ com } \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.4363 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix}$$

- **Modelo YCbCr**

- Similar ao YIQ e YUV, usado em vídeo-componente.

Modelos de Cores

Modelo HSI

- Os sistemas RGB (e similares) são simples, mas apresentam deficiências:
 - Não é trivial para o ser humano determinar visualmente os componentes RGB
 - A distância Euclideana entre vetores nesses espaços não reproduzem fielmente a dissimilaridade entre as respectivas cores
 - O modelo HSI desacopla a informação de intensidade da informação cromática (matiz e saturação)

Ex. quando queremos melhorar as cores da TV, preferimos aumentar ou diminuir o brilho, ou aumentar ou diminuir o vermelho da imagens

Sistemas de cores voltados ao usuário

HSV-HSI-HSL

- Hue - Croma
- Saturation - Saturação
- Value - Intensidade

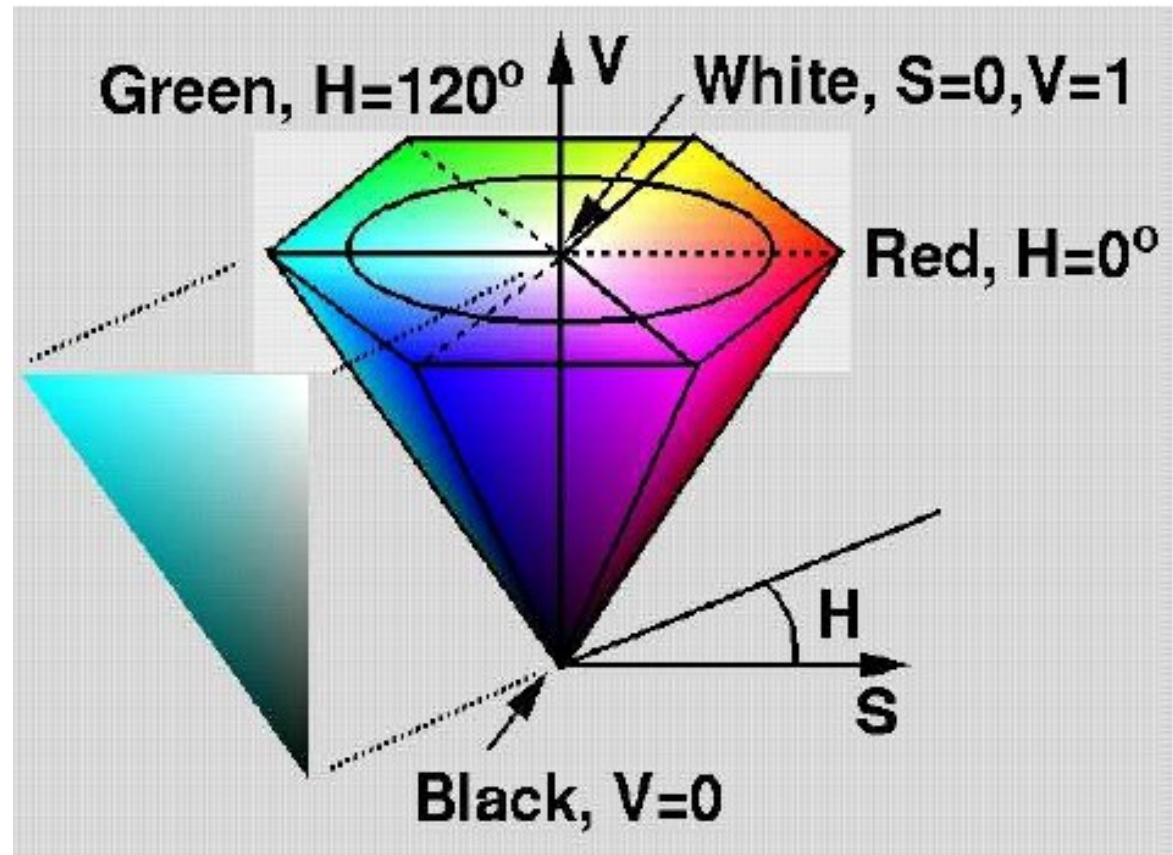
Exemplo:

Vermelho: $H = 0$
 $S = 1$
 $V = 1$

No Paint:

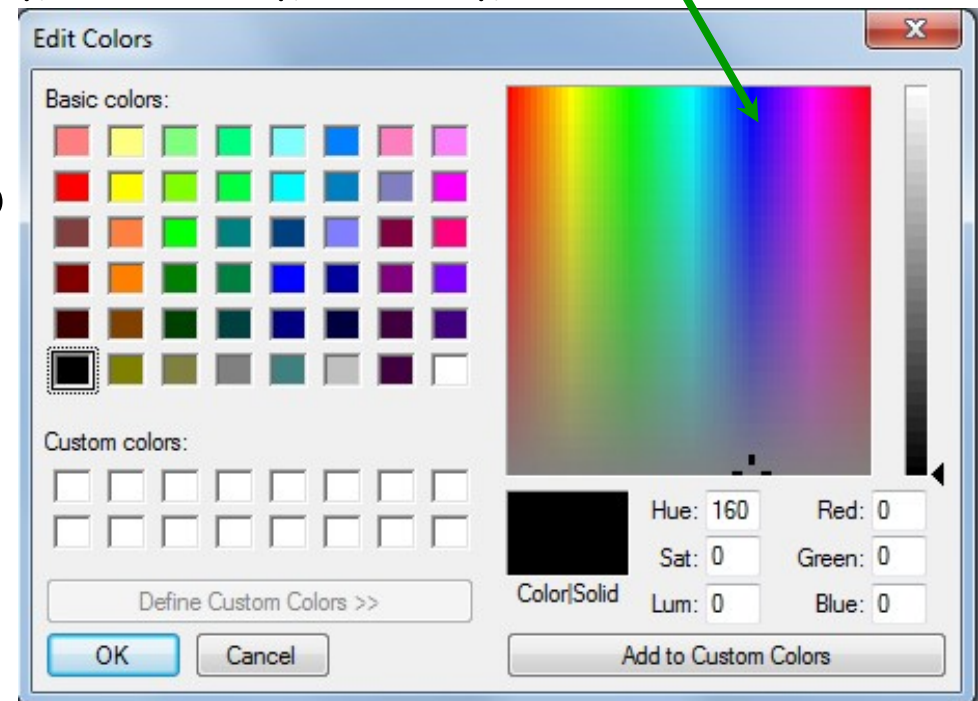
$H = 0$
 $S = 240$
 $L = 120$

Deveria ser 360° mas, não é.

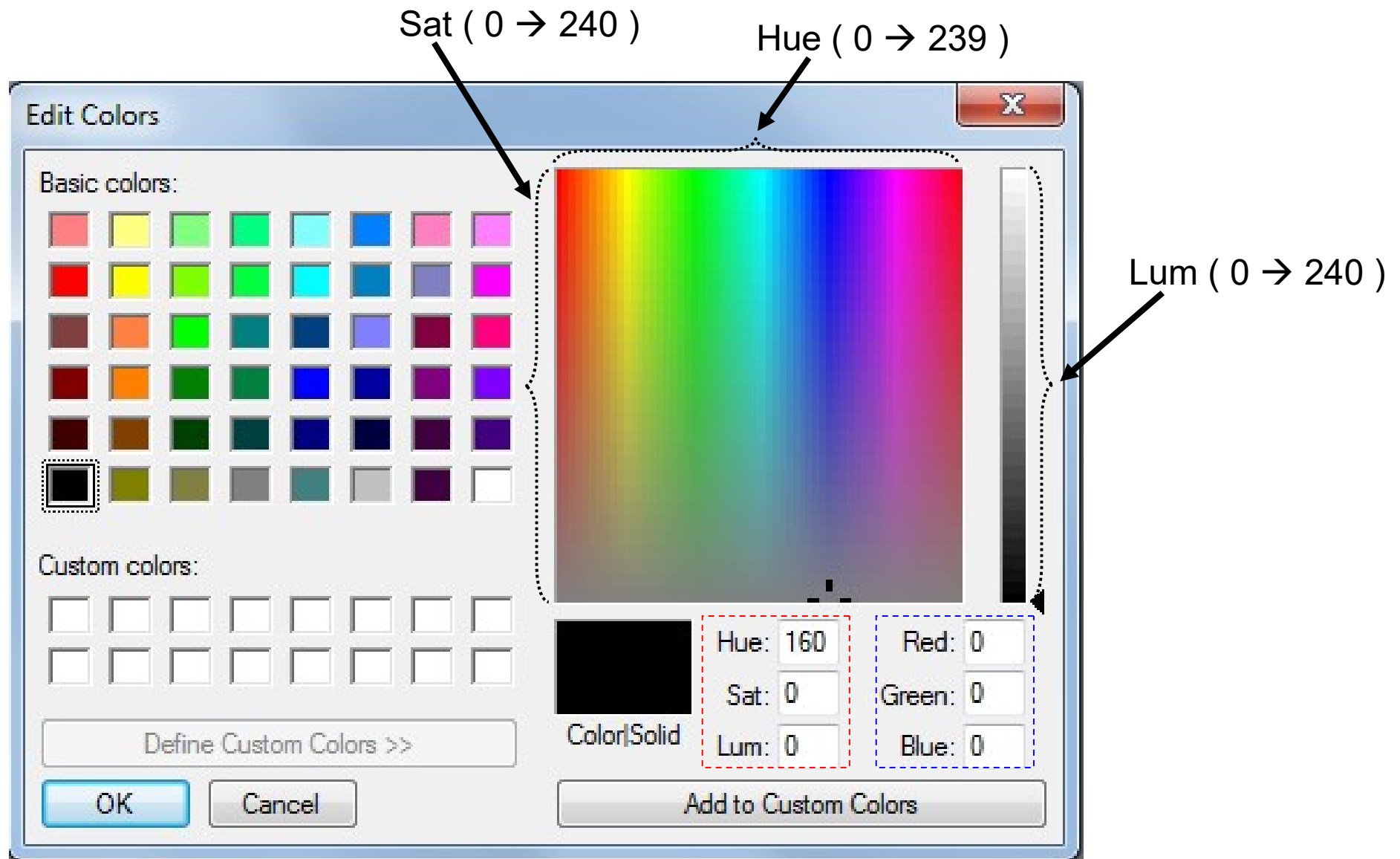


Modelo HSV-HSI-HSL

- A saturação é a proporção de quantidade de cor em relação à cor cinza média
- Quanto menos cinza na composição da cor, mais saturada ela é (cor pura é mais saturada)
- A luminosidade é um atributo da cor independentemente do seu grau de pureza
- A redução da saturação transforma a cor em cinza médio
- De modo similar aos aparelhos de TV que transformam uma imagem a cores em preto/branco simplesmente diminuindo a saturação
- Use o paint para ver os valores de H, S e L



Modelo HSL



Modelos de Cores

- Conversão RGB \rightarrow HSI

$$H = \begin{cases} \theta, & \text{se } B \leq G \\ 2\pi - \theta, & \text{se } B > G \end{cases}$$

$$\theta = \arccos \left(\frac{[(R - G) + (R - B)] / 2}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right),$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \min\{R, G, B\}$$

$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

Modelos de Cores

- Conversão HSI \rightarrow RGB

$$\text{Se } 0 \leq H < \frac{2\pi}{3}, B = I(1-S), R = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos\left(\frac{2\pi}{3} - H\right)} \right], G = 3I - (R + B)$$

$$\text{Se } \frac{2\pi}{3} \leq H < \frac{4\pi}{3}, \text{ fazemos } H = H - \frac{2\pi}{3}, R = I(1-S), G = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos\left(\frac{2\pi}{3} - H\right)} \right], B = 3I - (R + G)$$

$$\text{Se } \frac{4\pi}{3} \leq H < 2\pi, \text{ fazemos } H = H - \frac{4\pi}{3}, G = I(1-S), B = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos\left(\frac{2\pi}{3} - H\right)} \right], R = 3I - (G + B)$$

```
void RGBtoHSV( float r, float g, float b, float *h, float *s,
float *v )
{
    float min, max, delta;
    min = MIN( r, g, b );
    max = MAX( r, g, b );
    *v = max;
    delta = max - min;
    if( max != 0 ) *s = delta / max;
    else
    {
        *s = 0;
        *h = -1;
        return;
    }
    if( r == max ) *h = ( g - b ) / delta;
    else if( g == max ) *h = 2 + ( b - r ) / delta;
    else *h = 4 + ( r - g ) / delta;
    *h *= 60;
    if( *h < 0 ) *h += 360;
}
```

```

void HSVtoRGB( float *r, float *g, float *b, float h, float s, float v )
{
    int i;
    float f, p, q, t;
    if( s == 0 )
    {
        *r = *g = *b = v;    return;
    }
    h /= 60;
    i = floor( h );
    f = h - i;
    p = v * ( 1 - s );
    q = v * ( 1 - s * f );
    t = v * ( 1 - s * ( 1 - f ) );
    switch( i )
    {
        case 0: *r = v;    *g = t;    *b = p;    break;
        case 1: *r = q;    *g = v;    *b = p;    break;
        case 2: *r = p;    *g = v;    *b = t;    break;
        case 3: *r = p;    *g = q;    *b = v;    break;
        case 4: *r = t;    *g = p;    *b = v;    break;
        default: *r = v;    *g = p;    *b = q;    break;
    }
}

```

RGB \rightarrow HSI

$$\begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{\sqrt{6}}{6} & -\frac{\sqrt{6}}{6} & \frac{\sqrt{6}}{6} \\ \frac{\sqrt{6}}{6} & -\frac{\sqrt{6}}{6} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$H = \tan^{-1} \frac{V_2}{V_1}, \quad V_1 \neq 0$$

$$S = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

HSI \rightarrow RGB

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{\sqrt{6}}{6} & \frac{\sqrt{6}}{2} \\ 1 & -\frac{\sqrt{6}}{6} & -\frac{\sqrt{6}}{2} \\ 1 & \frac{\sqrt{6}}{3} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = S \cos H$$

$$V_2 = S \sin H$$

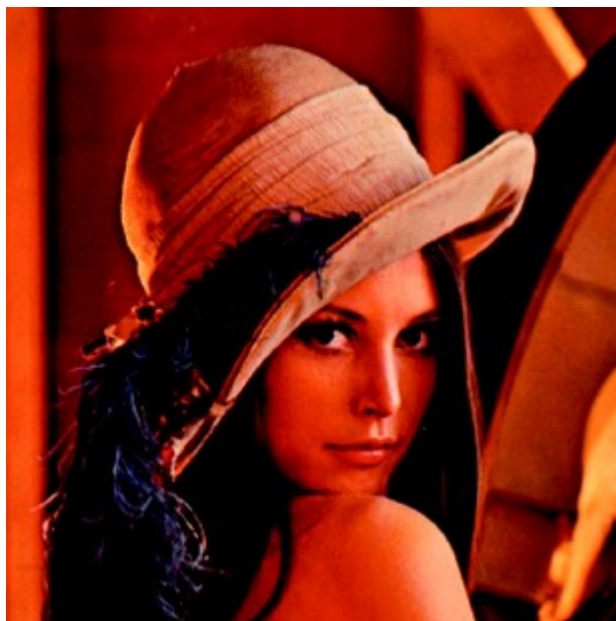


Imagem original



H



S

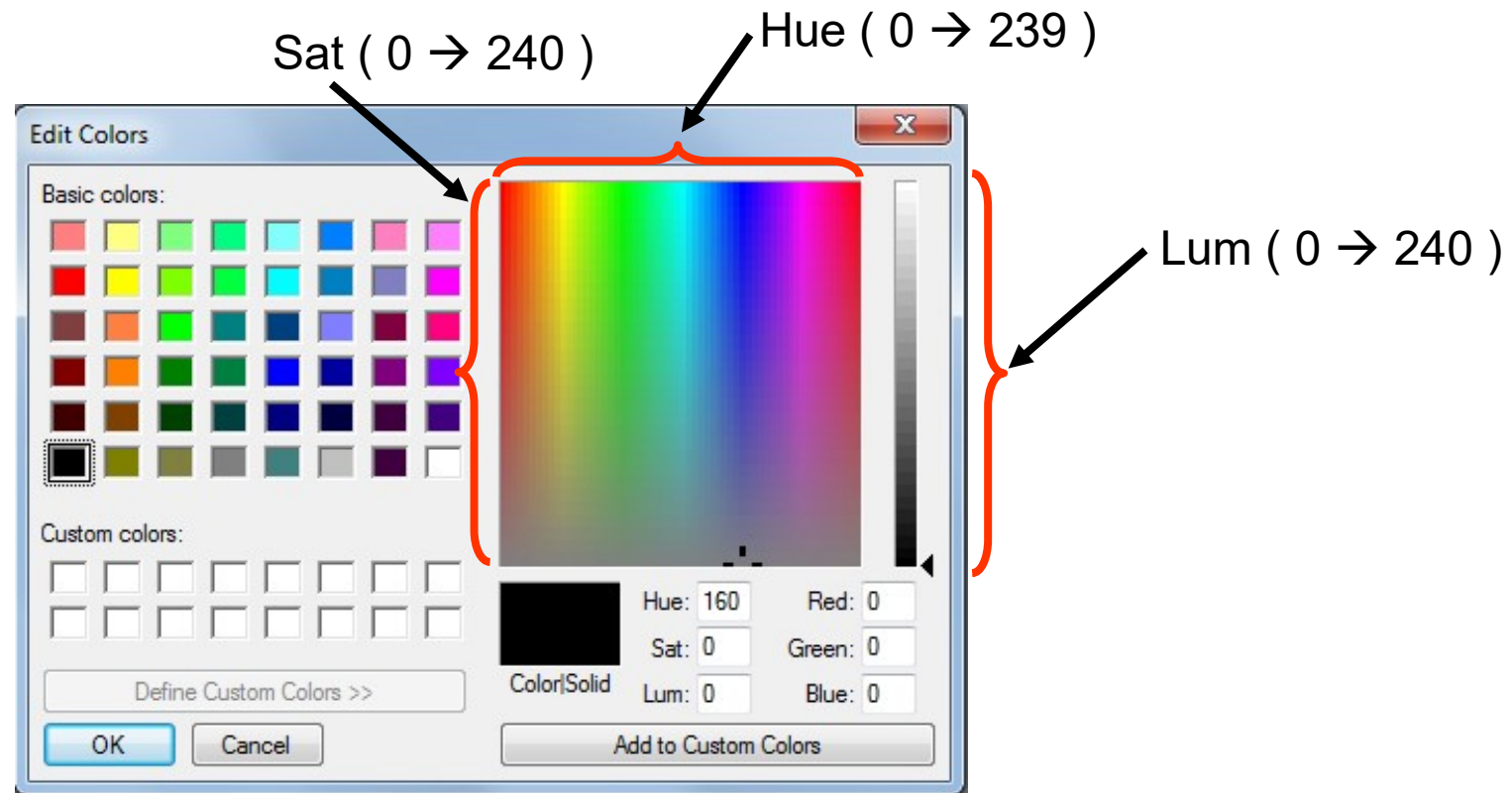


I

Trabalho prático

- Implementar a conversão entre os sistemas RGB e HSL de modo que:
 - informando R, G e B se obtenha H, S e L
 - informando H, S e L se obtenha R, G e B
 - As respostas devem ser as mesmas (ou, pelo menos, muito próximas) do Paint
 - (A ser entregue no final do semestre, tudo junto com as demais implementações)

Implemente a conversão entre os modelos RGB e HSL



[https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms646375\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms646375(v=vs.85).aspx)