

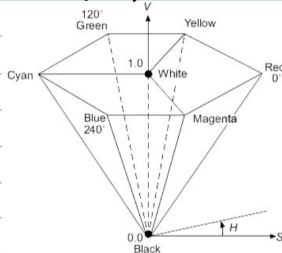
# Luz e Cor

## Luz Cromática

Em termos perceptivos avaliamos a luz cromática pelas seguintes quantidades:

- Matiz (Hue):** distingue entre as várias cores como vermelho, verde, amarelo, etc.
- Saturação:** refere a distância da cor ao cinzento de igual intensidade  
Ex: verde é saturado, mas cor-de-rosa ou azul celeste é pouco.
- Intensidade (Lightness):** intensidade reflectida
- Brilho (Brightness):** intensidade emitida (lâmpada, sol, ...)

### Modelo HSV

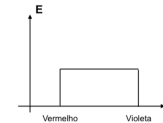


**Colorimetria:** ramo da física que estuda a cor

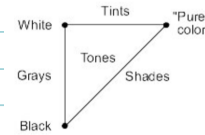
- Comprimento de onda dominante:
- Luminância:
- Excitation purity:

**Cor + Saturação = Cromatância (Chromaticity)**, definição da cor independentemente da intensidade de luz

**Distribuição de Energia de uma fonte de luz branca:**  
Todas as frequências estão igualmente presentes.



Os artistas especificam a cor como diferentes *tints*, *shades*, e *tones* de um pigmento puro.



**Tints (tintos):** resultam de se juntar pigmento branco a um pigmento puro (diminui a saturação)

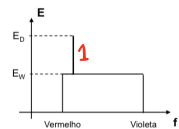
**Shades (Sombreados):** resultam de se juntar pigmento preto a um pigmento puro (diminui a intensidade)

**Tones (tons):** resultam de se juntar pigmento branco e preto a um pigmento puro

**Grays (cinzentos):** resultam de se juntar pigmento preto e branco

→ As cores obtidas pelas misturas referidas são cores do mesmo **Hue** (Matiz, cor pura), com diferentes intensidade e saturação.

**Distribuição de Energia de uma fonte de luz com comprimento de onda dominante perto do vermelho:**



$E_D$  - Energia dominante

$E_W$  - Energia para o branco

1) Quanto maior  $E_D - E_W$ , tanto mais pura será a cor emitida.

$E_W = 0$ , pureza 100%

$E_W = E_D$ , pureza 0% (branco)

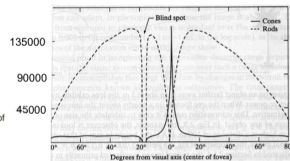
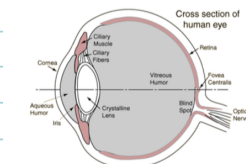
**Luminância** = área abaixo da curva da energia total emitida

$$Sat = \frac{E_D - E_W}{E_D}$$

## Resposta do Olho Humano

**Bastonetes (rods):** são sensíveis a baixos níveis de iluminação e não distinguem cor

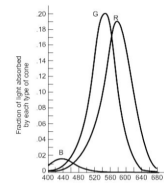
**Cones:** localizados principalmente na fovea interpretam a cor; são pouco sensíveis com pouca luz.



Distribuição de bastonetes e cones na retina  
Número de bastonetes e cones por mm<sup>2</sup>

**Teoria do tri-estímulo:**

Existem 3 tipos de cones, cuja resposta à luz é máxima em Azul, Vermelho e Verde, respectivamente.



Devido às características de absorção de luz do olho humano, as cores são representadas como uma combinação das chamadas cores primárias R (red), G (green) e B (blue).

No gráfico, verifica-se uma resposta inferior do olho à luz azul.

**Aplicação:** Conversão colorimétrica para níveis de cinzento:

$$GRAY = 21\% R + 72\% G + 7\% B$$

## Modelo CIE

- A figura mostra o volume em formato cônico que contém as cores visíveis.

Os valores de **Cromatância** são definidos normalizando contra  $X + Y + Z$ , i.e. a luminância:

$$x = X / (X + Y + Z) \quad y = Y / (X + Y + Z) \quad z = Z / (X + Y + Z)$$

Os valores de **Cromatância**  $x, y, z$ :

- Dependem do comprimento de onda dominante e da saturação
- Não dependem da luminância

Notar que:

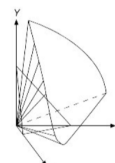
$x + y + z = 1$ , ou seja,  $x, y$ , e  $z$  estão no plano  $X + Y + Z = 1$  como mostra a figura.

**Cores complementares:**

- São duas cores que somadas originam a cor branca
- Ex: Cores D e E.

**Cores não espectrais:**

- Cores que não podem ser definidas por um comprimento de onda dominante. Ex: cor F.
- Neste caso, o comprimento de onda dominante é definido como o complementar do comprimento de onda onde a recta que passa por F e C intersecta em B (no exemplo 555 nm).
- A pureza / saturação da cor é definida por FC / GC.
- As cores não espectrais são as púrpuras e magentas



## Diagrama CIE

-  $x, y$  definem uma cor, sem contar com a luminância.

- Desenhando  $x$  e  $y$  para todas as cores visíveis, obtém-se o Diagrama de Cromatância CIE

- Para cada ponto da região da figura tem-se várias cores com a mesma cromatância, mas com diferentes luminâncias (profundidade...).

- As cores 100% puras estão sobre a fronteira curva

- O ponto central corresponde à cor branca

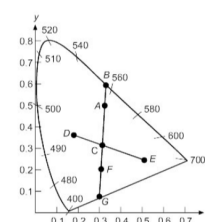
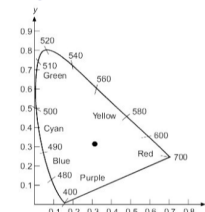
**Determinação do comprimento de onda dominante:**

- Somando duas cores, a cor resultante encontra-se sobre o segmento que une as duas cores adicionadas.
- A cor A pode ser vista como C + B, logo B é o comprimento de onda dominante.

**Determinação da pureza da cor:**

- AC / BC expressa a pureza (em percentagem) da cor A
- Quanto mais perto estiver A de C, mais luz branca estará incluída em A e menos pura (menos saturada) será esta cor.

**Diagrama de cromatância CIE**



- NOTA: "C" é a cor branca

## Diagrama CIE

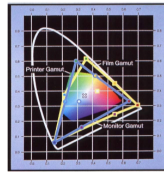
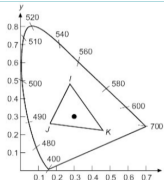
### Gama de cores:

- As cores sobre o segmento IJ são obtidas pela mistura das cores I e J.
- Juntando a cor K, obtém-se todas as cores situadas no triângulo da figura.

### Cobertura das cores no modelo CIE:

- Nenhum triângulo cobre todas as cores do Diagrama CIE
- Ou seja, nenhum conjunto de 3 cores é suficiente para produzir todas as cores do Diagrama CIE.
- Adicionando R, G, e B não se consegue qualquer cor.

O diagrama é também usado para comparar a gama de cores disponível em dispositivos como monitores e impressoras.

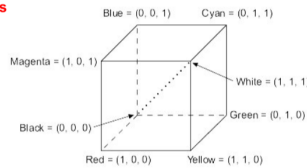


FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO COMPUTAÇÃO GRÁFICA E INTERFACES SISTEMAS GRÁFICOS JORNADAS 2004

## Modelo de Cor RGB

### Modelo utilizado nos Monitores

- Modelo aditivo
- Cores primárias: R, G, B
- Preto = (0, 0, 0)
- Branco = (1, 1, 1)



### Cubo RGB

- A diagonal (0, 0, 0) a (1, 1, 1) representa os níveis de cinzento, com igual contribuição das 3 cores primárias.

## Modelos de Cor em Sistemas Raster

O objetivo de um modelo de cor consiste em estabelecer um formato em que as cores podem ser codificadas de forma clara. Existem modelos orientados para Hardware e Interface com Utilizador.

### Modelo de cores para monitores

- Modelo aditivo RGB

### Modelo de cores para impressoras

- Modelo subtrativo CMY

### Modelo que facilitam a interface com o utilizador

- Modelo intuitivo HSV

## Modelo de Cor CMY

### Modelo utilizado nas impressoras

- Cores primárias: **Cyan, Magenta e Yellow**  
São as cores complementares de R, G e B respectivamente.
- As cores são especificadas pelo que é removido ou subtraído à luz branca, em vez de o que é **somado ao preto** (como em RGB).
- O cubo é idêntico ao modelo RGB, mas agora o branco está na origem.  
Branco = (0, 0, 0) e Preto = (1, 1, 1)

O papel branco reflete luz branca → tem componentes em **red, green e blue**

Se a superfície é coberta com tinta **cyan** (que absorve **red**):  
→ luz refletida é só **green + blue**



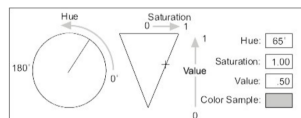
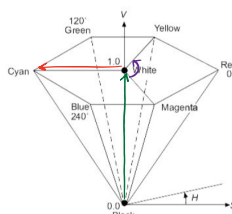
Transformação RGB para CMY: 
$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$
 Em RGB, Cyan = (0, 1, 1)  
Em CMY, Cyan = (1, 0, 0)

Transformação CMY para RGB: 
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$

## Modelo HSV • Intensidade (V) • Saturação (S) • Ângulo/Cor (H)

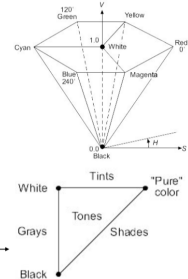
### Modelo orientado para o utilizador

- HSV (Hue, Saturation, Value)
- Topo: V = 1, onde se encontram as cores mais brilhantes
- Ângulo em torno do eixo vertical:  
H = 0°, corresponde ao vermelho  
H = 120°, corresponde ao verde
- Cores complementares: diferem de 180°
- Saturação: varia de 0 (no centro) a 1 (na periferia do cone)



### Exemplos:

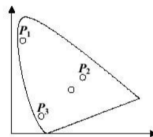
- S = 0 e V = 1 → branco
- S = 0 e V = 0...1 → cinzentos
- H = 0 e S = 1 e V = 1 → vermelho puro
- V = 1 e S = 1 → cores puras (fronteira no topo)
- V = 1 e juntando branco → tintos (decremento de S)
- S = 1 e juntando preto → sombreados (decremento de V)
- Variando S e V → tons



Corresponde ao modelo dos artistas referido no início.

## Exercício

- Sejam duas cores representadas, no modelo HSV, por  $C_1 = (h_1, 0.5, 0.8)$  e  $C_2 = (h_2, 0.8, 0.5)$ , com  $h_1$  e  $h_2$  desconhecidos. Comente a possibilidade de cada uma delas corresponder aproximadamente a cada um dos três pontos  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  marcados no diagrama CIE junto.



- P2 poderia corresponder a  $C_1$ , pois encontra-se a meio da cor branca e da fronteira, logo a sua saturação será aproximadamente 0,5.

- A saturação de 0,8 de  $C_2$  poderia indicar ser P1 ou P3, pois isso é necessário verificar o V.