

# Síntese de Cores

Computação Gráfica  
Prof. César C. Xavier

## ROTEIRO

- Síntese de Cores

Luz e cores e o sistema visual humano.

Sistemas de cores aditivas. Modelo RGB.

Sistemas de cores subtrativas. Modelo CMY/CMYK.

# Síntese de Cores

## Luz e cores e o sistema visual humano.

- O que é cor?

### COR

/o/

substantivo feminino

1. **ÓPTICA (EM GERAL)**  
propriedade de uma radiação eletromagnética, com comprimento de onda pertencente ao espectro visível, capaz de produzir no olho uma sensação característica.  
"a c. violácea do entardecer"
2. coloração predominante de um ser, de um conjunto etc.; colorido.  
"a c. violácea do entardecer"
3. cor ou o conjunto de cores que constituem elementos distintivos ou simbólicos de alguma coisa (tb. us. no pl.).  
"o negro é a c. do luto"
4. coloração da pele em geral ou, particularmente, a do rosto.  
"indivíduo de c. parda"
5. qualquer substância corante para pintar ou tingir.
6. **FOTOGRAFIA • CINEMA**  
a qualidade cromática de uma fotografia, de um trabalho gráfico, de uma imagem de televisão etc.  
"a cópia do filme tem a c. esmaecida"
7. **PINTURA**  
efeito produzido pela combinação de matizes num quadro.
8. **FIGURADO (SENTIDO) • FIGURADAMENTE**  
vitalidade de linguagem, realce, colorido.
9. **FIGURADO (SENTIDO) • FIGURADAMENTE**  
modo de ser, natureza, caráter.  
"a c. franca de um debate"
10. **FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES**  
propriedade de *quarks* e glúons que, na cromodinâmica quântica, tem um papel análogo ao da carga elétrica [Enquanto a carga elétrica existe em dois estados, positivo e negativo, a cor apresenta três possibilidades designadas como vermelho, verde e azul].
11. **FIGURADO (SENTIDO) • FIGURADAMENTE**  
sensação que certas qualidades do som despertam por sinestesia.  
"a c. de uma composição no modo maior"

# Síntese de Cores

## Luz e cores e o sistema visual humano.

- Como representar uma cor?
- Universo: problema físico → modelo matemático → representação → codificação
- Luz: modelo espectral da luz → representação tricromática → sistemas de cores (aditiva ou subtrativa)

## Síntese de Cores

### Luz e cores e o sistema visual humano.

- O que é luz?
  - Luz é uma **radiação** eletromagnética sensível à visão humana que se propaga a  $3 \times 10^8$  km/s cujos comprimentos de onda estão contidos na faixa entre 400 e 740 nanômetros aprox.
    - Obs.: é comum utilizar o nome luz para regiões do espectro vizinhas mas não visíveis, como nos casos das regiões ultravioleta e infravermelha.
  - Luz branca é o nome dado ao que o olho humano vê quando todas as cores que compõem o espectro de luz visível são combinadas, ou seja, é uma mistura de radiações com diferentes comprimentos de onda.

## Síntese de Cores

### Luz e cores e o sistema visual humano.

- Luz Branca



Figura 1 - Composição da luz branca a partir de três cores primárias: vermelho, verde e azul.

(<https://luztecnologiaearte.weebly.com/uploads/1/3/5/6/13567015/1638149.jpg?279>)

# Síntese de Cores

Luz e cores e o sistema visual humano.

- Espectro Eletromagnético

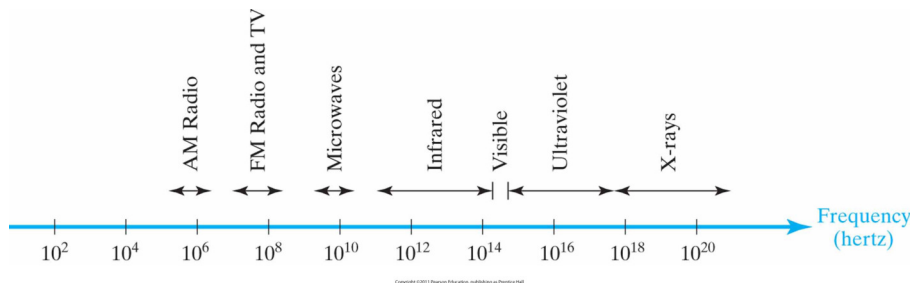


Figura 2 - Espectro Eletromagnético.

PEARSON

Computer Graphics with OpenGL®, Fourth Edition  
Donald Hearn • M. Pauline Baker • Warren R. Carithers

Copyright ©2011, ©2004 by Pearson Education, Inc.  
All rights reserved.

# Síntese de Cores

Luz e cores e o sistema visual humano.

- Espectro Eletromagnético

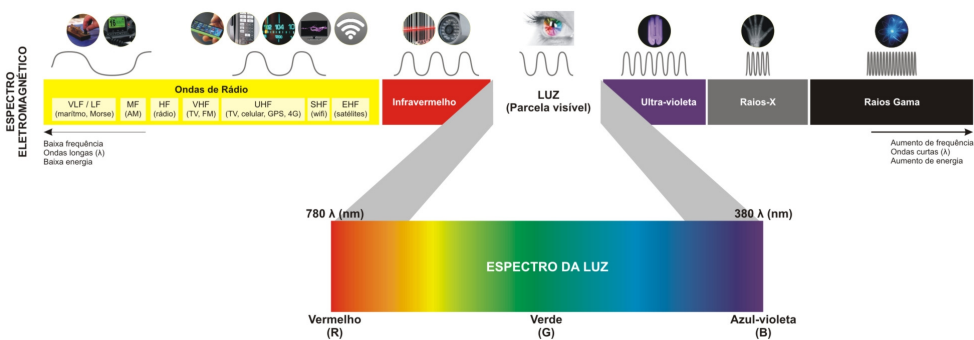


Figura 3 - Espectro Eletromagnético.

PEARSON

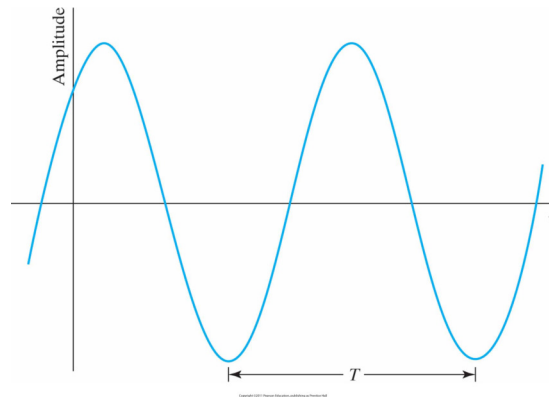
Computer Graphics with OpenGL®, Fourth Edition  
Donald Hearn • M. Pauline Baker • Warren R. Carithers

Copyright ©2011, ©2004 by Pearson Education, Inc.  
All rights reserved.

## Síntese de Cores

Luz e cores e o sistema visual humano.

- Propagação de uma onda

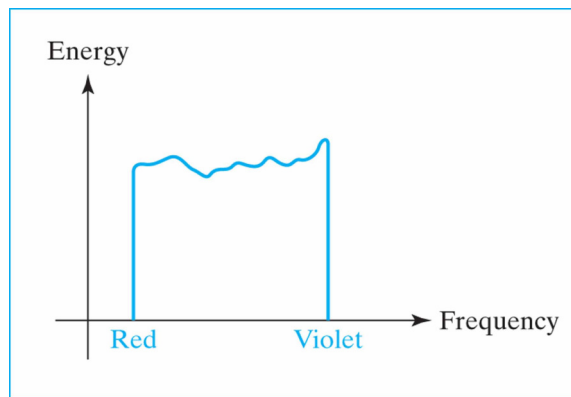


**Figura 4** - Variações no tempo da amplitude de uma onda. O tempo entre dois picos consecutivos de amplitude ou dois mínimos consecutivos de amplitude é chamado período da onda.

## Síntese de Cores

Luz e cores e o sistema visual humano.

- Distribuição de Energia

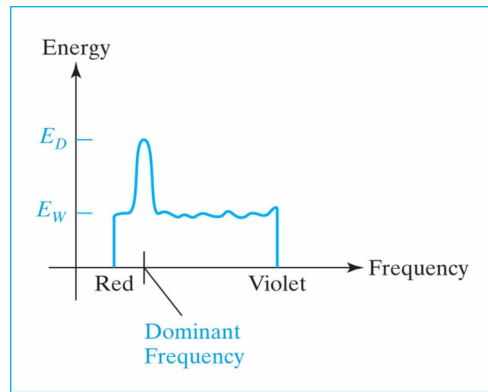


**Figura 5** - Distribuição de energia para uma fonte de luz branca.

## Síntese de Cores

### Luz e cores e o sistema visual humano.

- Distribuição de Energia



**Figura 6** - Distribuição de energia para uma fonte de luz com uma frequência dominante próxima à extremidade vermelha da faixa de frequências.

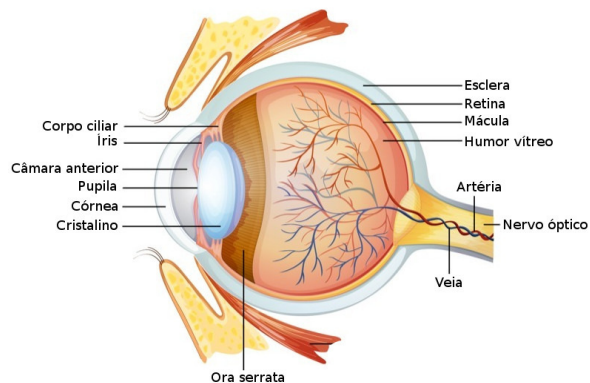
## Síntese de Cores

### Luz e cores e o sistema visual humano.

- Sistema Visual Humano

- Imagens são geradas como uma câmera fotográfica

- Luz é convertida em impulsos nervosos



**Figura 7** – Representação simplificada de um olho humano  
(<https://coll.med.br/imagens/dica/anatomia-olho-humano071151.jpg>)

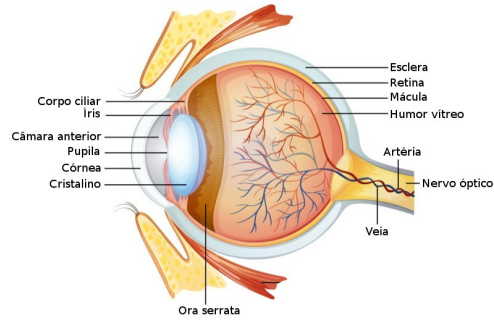
## Síntese de Cores

### Luz e cores e o sistema visual humano.

#### • Sistema Visual Humano

##### PUPILA:

- controla a entrada de luminosidade, assim como faz o diafragma de uma câmera.
- Se há muita luminosidade ela se fecha.
- Se há pouca luminosidade, ela se dilata.
- Tipicamente a dilatação/contração é limitada entre 2 a 8 mm de diâmetro que corresponde há, aproximadamente regular em até 30 vezes a quantidade de luz atingindo a vista.



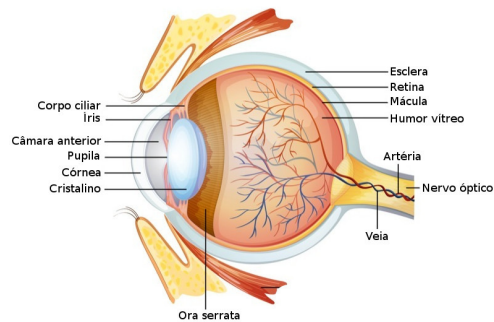
## Síntese de Cores

### Luz e cores e o sistema visual humano.

#### • Sistema Visual Humano

##### ÍRIS:

- É um tecido muscular responsável por contrair ou dilatar a pupila
- Possui pigmentos únicos para cada indivíduo, assim como nossa impressão digital.
- A maior composição dos pigmentos determinará a cor dos olhos.



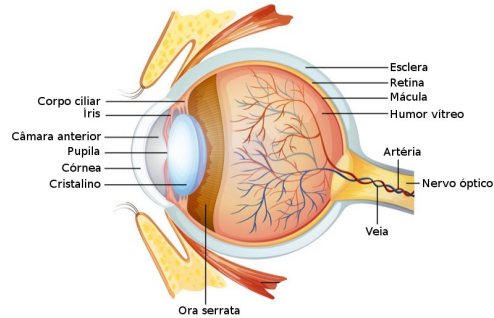
# Síntese de Cores

## Luz e cores e o sistema visual humano.

### • Sistema Visual Humano

#### CRISTALINO:

- Juntamente com a córnea, eles projetam no fundo do olho (retina) uma imagem, funcionando como um conjunto de lentes em uma câmera, que concentra os raios de luz que são enviados à retina.
- A imagem formada é invertida uma vez que funciona como uma lente que refrata a luz.



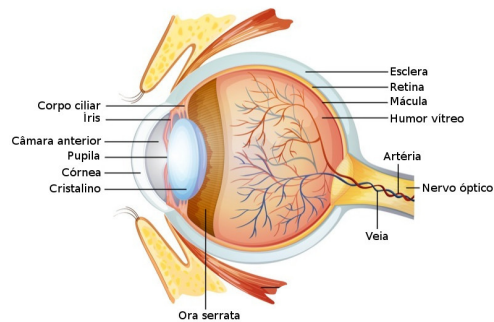
# Síntese de Cores

## Luz e cores e o sistema visual humano.

### • Sistema Visual Humano

#### RETINA:

- Composta de cerca de 100 milhões de fotorreceptores, os quais convertem a luz em impulsos elétricos.
- Formada, basicamente, por fibras nervosas, cones e bastonetes.
  - Fibras Nervosas: por meio de impulsos elétricos enviam informações ao córtex, por meio do nervo óptico, que as traduzem em imagens;
  - Cones (três tipos): detectam cor; e
  - Bastonetes: eficientes quando há pouca luz.

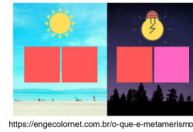




## Síntese de Cores

### Luz e cores e o sistema visual humano.

- Sistema Visual Humano



**METAMERISMO:** trata-se de um fenômeno no qual duas ou mais amostras coloridas são iguais para uma determinada fonte de luz, mas diferentes para uma outra condição de iluminação.



**Figura 8** – Exemplo de metamerismo devido à diversos tipos de fonte de luz.

(<https://www.convertingmagazine.it/quando-il-colore-cambia-con-la-luce/>)

PEARSON

Computer Graphics with OpenGL®, Fourth Edition  
Donald Hearn • M. Pauline Baker • Warren R. Carithers

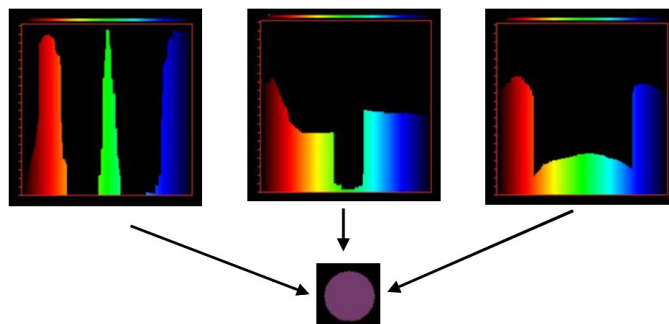
Copyright ©2011, ©2004 by Pearson Education, Inc.  
All rights reserved.

## Síntese de Cores

### Luz e cores e o sistema visual humano.

- Sistema Visual Humano

**METAMERISMO:** fenômeno onde duas amostras coloridas são iguais sob uma determinada fonte de luz, mas diferentes em outra condição de iluminação.



**Figura 9** – Exemplo de metamerismo devido à três distribuições de cores distintas.

(<https://www.convertingmagazine.it/quando-il-colore-cambia-con-la-luce/>)

PEARSON

Computer Graphics with OpenGL®, Fourth Edition  
Donald Hearn • M. Pauline Baker • Warren R. Carithers

Copyright ©2011, ©2004 by Pearson Education, Inc.  
All rights reserved.

## Síntese de Cores

Sistemas de cores aditivas: Modelo RGB.

1ª Lei de Grassmann: a sensação de cor de qualquer espectro pode ser obtida da mistura de três cores primárias.

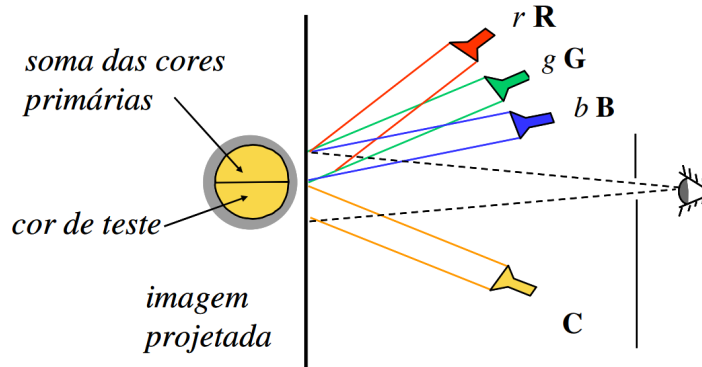


Figura 10 – Experimento de Grassmann, onde uma cor qualquer é determinada a partir da intensidade de três cores primárias, ou seja:  $C = rR + gG + bB$ .

PEARSON

Computer Graphics with OpenGL®, Fourth Edition  
Donald Hearn • M. Pauline Baker • Warren R. Carithers

Copyright ©2011, ©2004 by Pearson Education, Inc.  
All rights reserved.

## Síntese de Cores

Sistemas de cores aditivas: Modelo RGB.

- Intensidade Negativa:

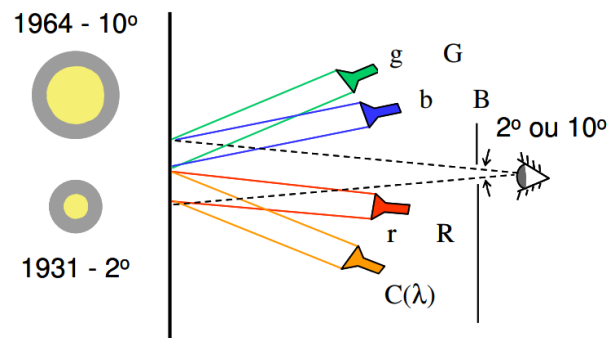


Figura 10 – Artifício para subtrair a luz, neste caso, a cor vermelha.

PEARSON

Computer Graphics with OpenGL®, Fourth Edition  
Donald Hearn • M. Pauline Baker • Warren R. Carithers

Copyright ©2011, ©2004 by Pearson Education, Inc.  
All rights reserved.

## Síntese de Cores

Sistemas de cores aditivas: Modelo RGB.

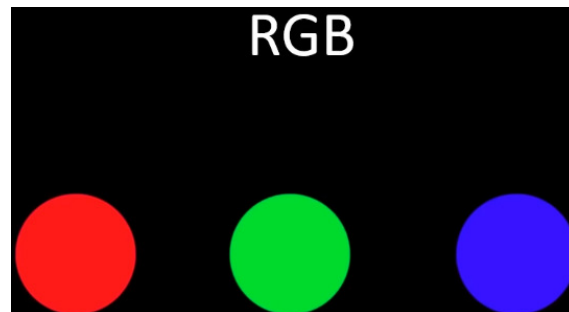


Figura 11 – As três cores primárias.

## Síntese de Cores

Sistemas de cores aditivas: Modelo RGB.

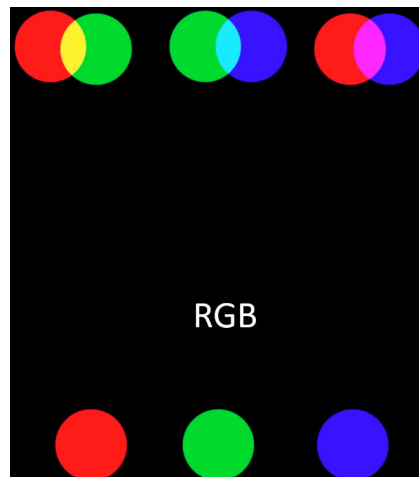


Figura 12 – Combinação 2 a 2 das cores primárias.

## Síntese de Cores

Sistemas de cores aditivas: Modelo RGB.

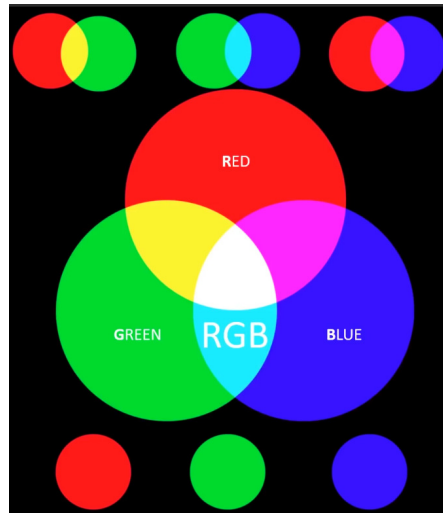
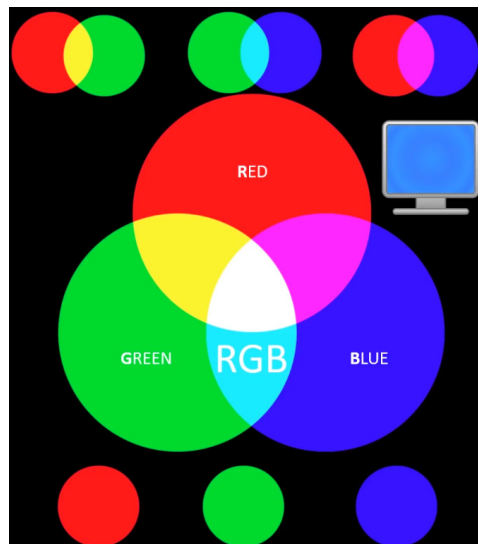


Figura 12 – Combinações das cores primárias.

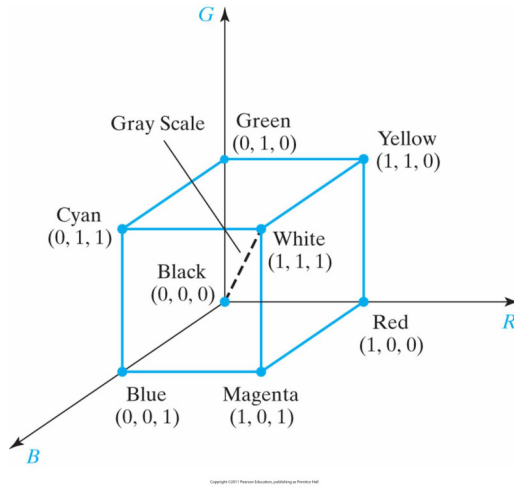
## Síntese de Cores

Sistemas de cores aditivas: Modelo RGB.



## Síntese de Cores

Sistemas de cores aditivas: Modelo RGB.



**Figura 13** – O modelo de cores RGB. Qualquer cor dentro do cubo unitário pode ser descrita como uma combinação aditiva das três cores primárias.

## Síntese de Cores

Sistemas de cores subtrativas: CMY/CMYK.

CMYK é a abreviatura do sistema de cores subtrativas formado por Ciano (Cyan), Magenta (Magenta), Amarelo (Yellow) e Preto



**Figura 13** – Cores padrões utilizadas na síntese de cores por subtração.

## Síntese de Cores

Sistemas de cores subtrativas: CMY/CMYK.

CMYK é a abreviatura do sistema de cores subtrativas formado por Ciano (Cyan), Magenta (Magenta), Amarelo (Yellow) e Preto

**C**

**M**

**Y**

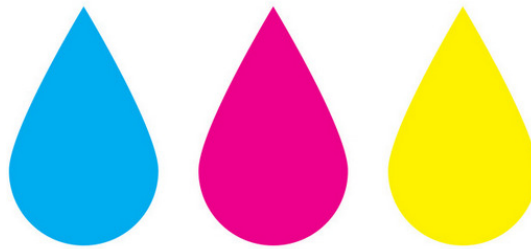


Figura 14 – Cores padrões utilizadas na síntese de cores por subtração.

## Síntese de Cores

Sistemas de cores subtrativas: CMY/CMYK.



CMY



Figura 15 – Combinação 2 a 2 das cores subtrativas.

## Síntese de Cores

Sistemas de cores subtrativas: CMY/CMYK.

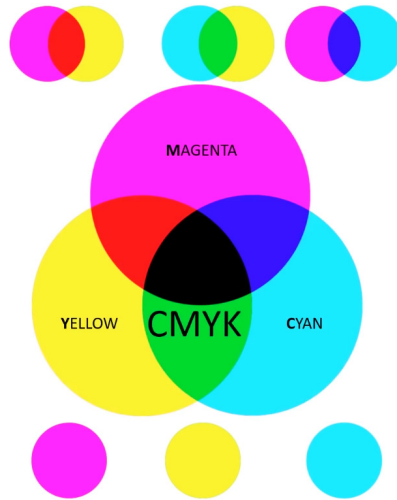
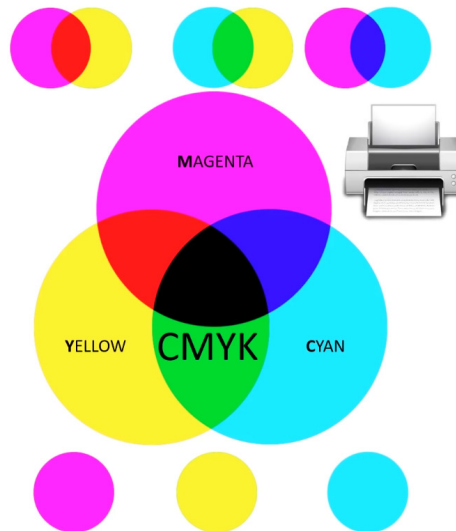


Figura 16 – Combinação das cores subtrativas.

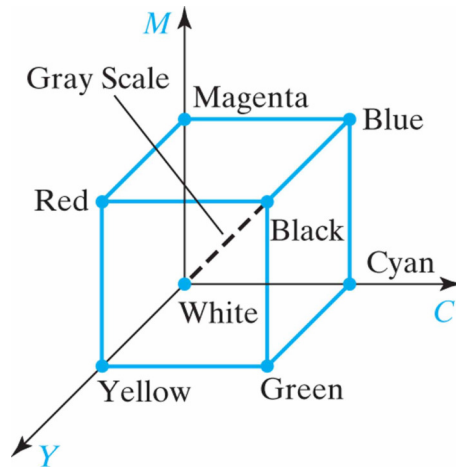
## Síntese de Cores

Sistemas de cores subtrativas: CMY/CMYK.



## Síntese de Cores

Sistemas de cores subtrativas: CMY/CMYK.



**Figura 13** – O modelo de cores CMY. As posições no cubo da unidade são descritas subtraindo do branco as quantidades especificadas das cores primárias.

## Síntese de Cores

### Conversão RGB → CMYK

The R,G,B values are divided by 255 to change the range from 0..255 to 0..1:

$$R' = R/255$$

$$G' = G/255$$

$$B' = B/255$$

The black key (K) color is calculated from the red (R'), green (G') and blue (B') colors:

$$K = 1 - \max(R', G', B')$$

The cyan color (C) is calculated from the red (R') and black (K) colors:

$$C = (1 - R' - K) / (1 - K)$$

The magenta color (M) is calculated from the green (G') and black (K) colors:

$$M = (1 - G' - K) / (1 - K)$$

The yellow color (Y) is calculated from the blue (B') and black (K) colors:

$$Y = (1 - B' - K) / (1 - K)$$









<https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-cmyk.html>



## Síntese de Cores

### Conversão RGB → CMYK

RGB to CMYK table

Color	Color name	(R,G,B)	Hex	(C,M,Y,K)
	Black	(0,0,0)	#000000	(0,0,0,1)
	White	(255,255,255)	#FFFFFF	(0,0,0,0)
	Red	(255,0,0)	#FF0000	(0,1,1,0)
	Green	(0,255,0)	#00FF00	(1,0,1,0)
	Blue	(0,0,255)	#0000FF	(1,1,0,0)
	Yellow	(255,255,0)	#FFFF00	(0,0,1,0)
	Cyan	(0,255,255)	#00FFFF	(1,0,0,0)
	Magenta	(255,0,255)	#FF00FF	(0,1,0,0)

<https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-cmyk.html>

## Síntese de Cores

### Conversão CMYK → RGB

The *R,G,B* values are given in the range of 0..255.

The red (*R*) color is calculated from the cyan (*C*) and black (*K*) colors:

$$R = 255 \times (1-C) \times (1-K)$$

The green color (*G*) is calculated from the magenta (*M*) and black (*K*) colors:

$$G = 255 \times (1-M) \times (1-K)$$

The blue color (*B*) is calculated from the yellow (*Y*) and black (*K*) colors:









$$B = 255 \times (1-Y) \times (1-K)$$

<https://www.rapidtables.com/convert/color/cmyk-to-rgb.html>

# Síntese de Cores

## Conversão CMYK → RGB

CMYK to RGB table

Color	Color name	(C,M,Y,K)	(R,G,B)	Hex
	Black	(0,0,0,1)	(0,0,0)	#000000
	White	(0,0,0,0)	(255,255,255)	#FFFFFF
	Red	(0,1,1,0)	(255,0,0)	#FF0000
	Green	(1,0,1,0)	(0,255,0)	#00FF00
	Blue	(1,1,0,0)	(0,0,255)	#0000FF
	Yellow	(0,0,1,0)	(255,255,0)	#FFFF00
	Cyan	(1,0,0,0)	(0,255,255)	#00FFFF
	Magenta	(0,1,0,0)	(255,0,255)	#FF00FF

The  $R, G, B$  values are given in the range of 0..255.

The red (R) color is calculated from the cyan (C) and black (K) colors:

$$R = 255 \times (1-C) \times (1-K)$$

The green color (G) is calculated from the magenta (M) and black (K) colors:

$$G = 255 \times (1-M) \times (1-K)$$

The blue color (B) is calculated from the yellow (Y) and black (K) colors:

$$B = 255 \times (1-Y) \times (1-K)$$

<https://www.rapidtables.com/convert/color/cmyk-to-rgb.html>