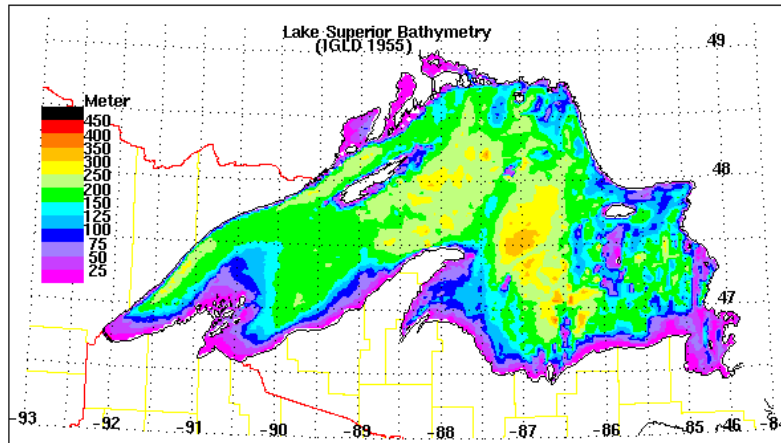
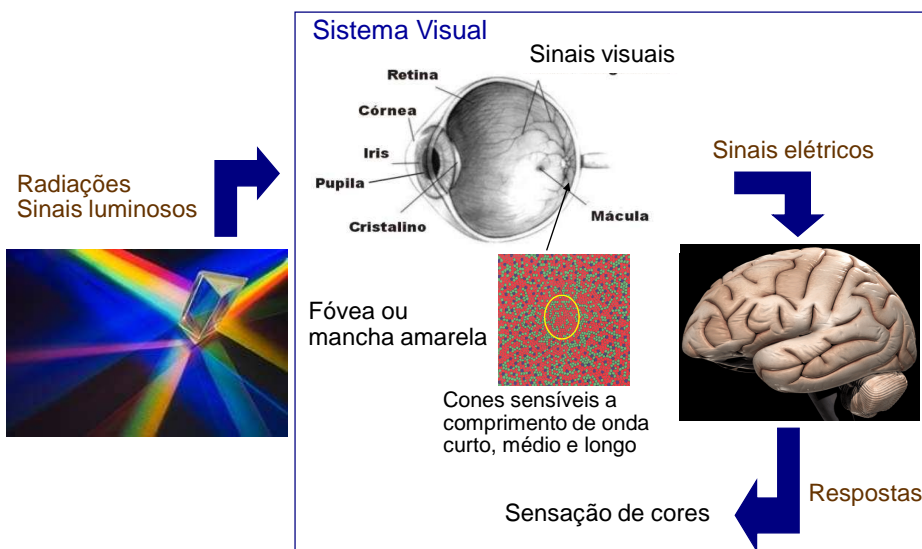


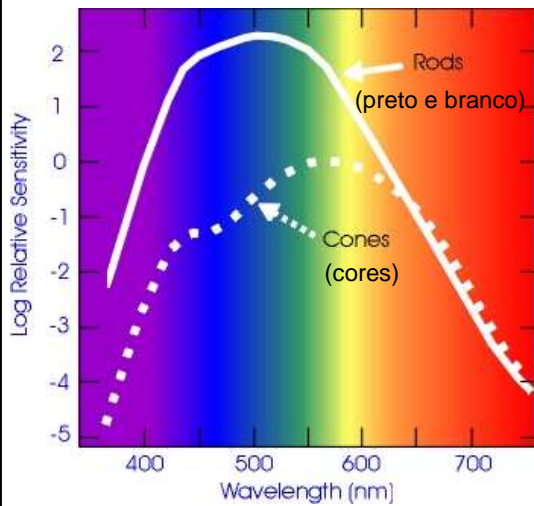
# Cores são efetivas na codificação de informação?



# Percepção de Cores



# Células Fotoreceptoras



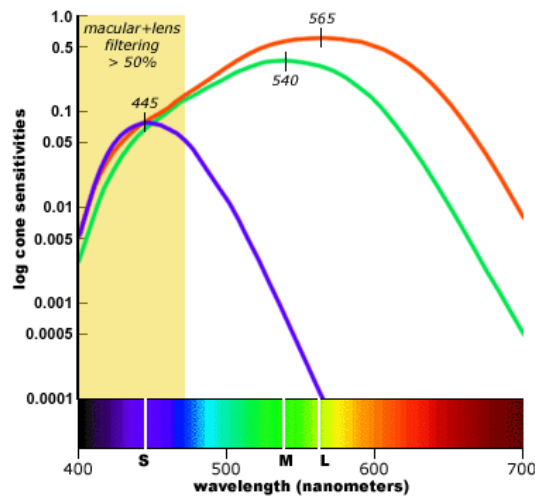
Visão fotópica (diurna) : visão adaptada a altos níveis de luminância. Visão colorida.

Visão mesópica: visão adaptada a regiões de níveis intermediários.

Visão escotópica (noturna): visão adaptada a baixos níveis de luminância. Os bastonetes respondem melhor.

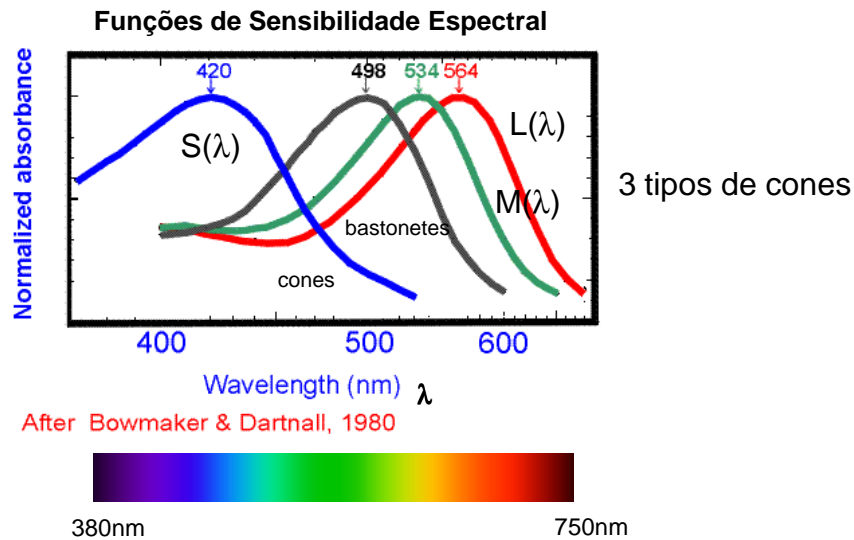
# Teoria Tricromática

Young, Helmholtz e Maxwell



## Teoria Tricromática

Young, Helmholtz e Maxwell



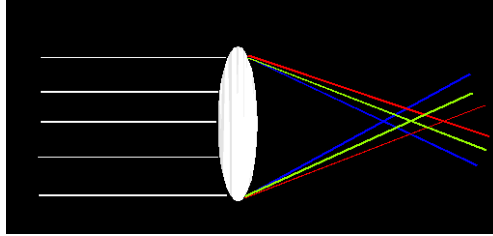
## Teoria Tricromática

### Daltonismo por ausência de cones

- Protanopia:** ausência de cones "vermelhos" ou de "comprimento de onda longo", resultando na impossibilidade de discriminar cores no segmento verde-amarelo-vermelho do espectro.
- Deuteranopia:** ausência de cones "verdes" ou de comprimento de onda intermédio, resultando, igualmente, na impossibilidade de discriminar cores no segmento verde-amarelo-vermelho do espectro,
- Tritanopia:** ausência de cones "azuis" ou de comprimento de onda curta, resultando na impossibilidade de ver cores na faixa azul-amarelo.

# Percepção de Cores

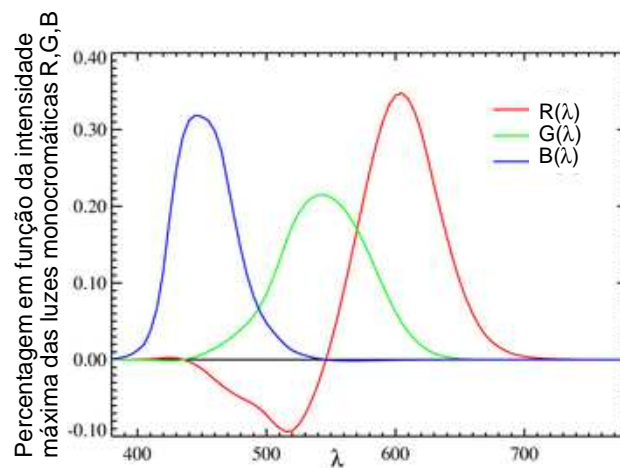
## Aberrações Cromáticas



Muitas pessoas vêem o vermelho  
mais próximo do que o azul  
Mas para algumas  
o efeito é contrário

# Teoria Tricromática

## Reconstrução Espectral



$$A(\lambda) = rR(\lambda) + gG(\lambda) + bB(\lambda)$$

## Teoria Tricromática

### Leis de Grassman

1. Qualquer cor pode ser especificada como mistura aditiva de 3 cores independentes.
2. A cor de uma mistura aditiva não se altera quando substituirmos as cores componentes pelas suas metâmeras.
3. Se uma componente de uma mistura aditiva é alterada numa dada proporção continuamente, a cor da mistura é modificada na mesma proporção continuamente, obedecendo as leis de simetria, transitividade e linearidade.

## Teoria Tricromática

### Espaço de Cores RGB

Funções de Reconstrução Espectral com 3 cores



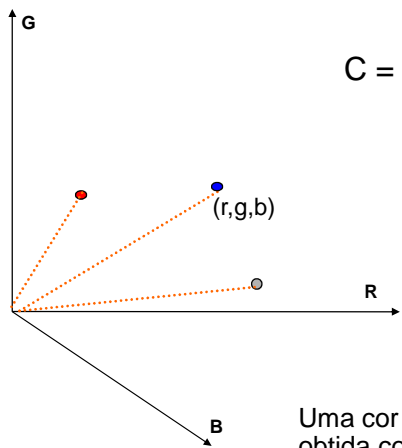
Leis de Grassman



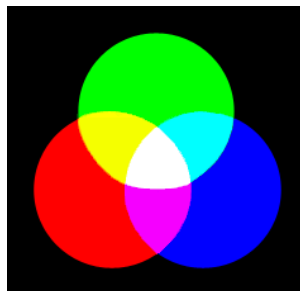
Espaço Vetorial de Cores

# Teoria Tricromática

## Espaço de Cores RGB



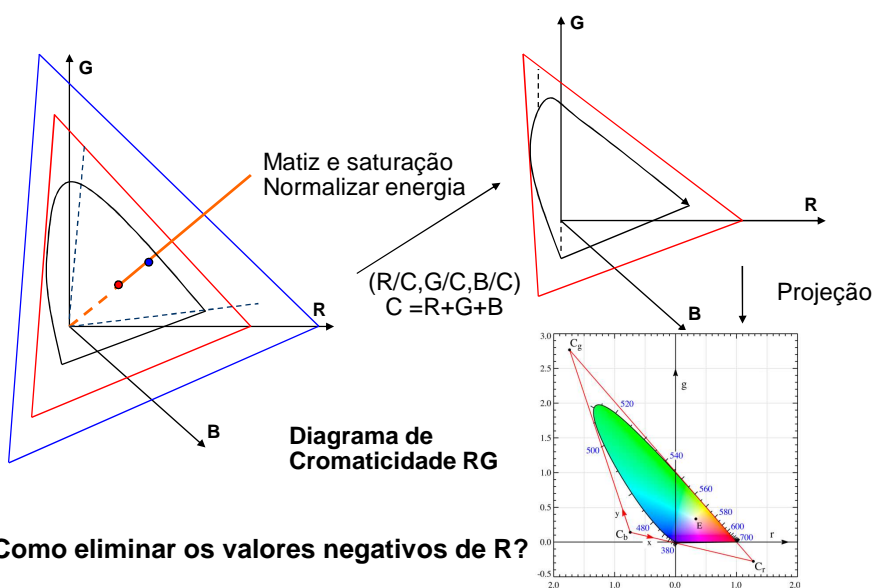
$$C = rR + gG + bB$$



Uma cor pode ser obtida como soma ponderada de somente três tipos de radiações (primárias).

# Teoria Tricromática

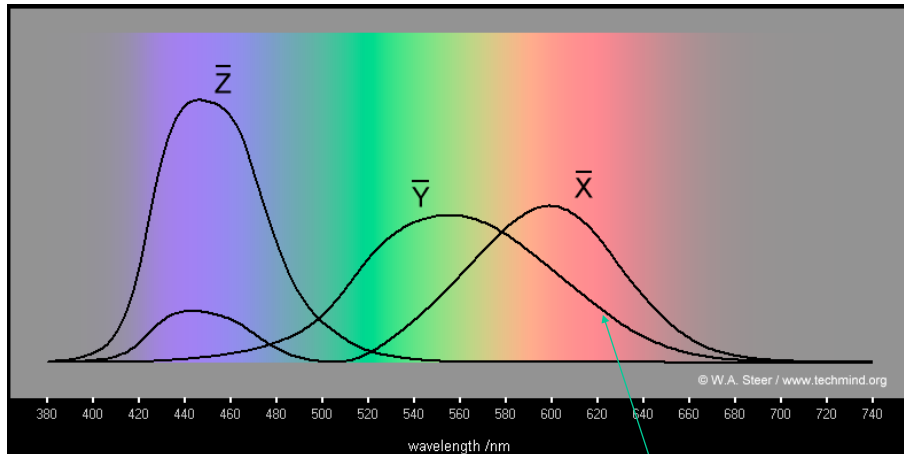
## Espaço de Cores RGB



Como eliminar os valores negativos de R?

# Teoria Tricromática

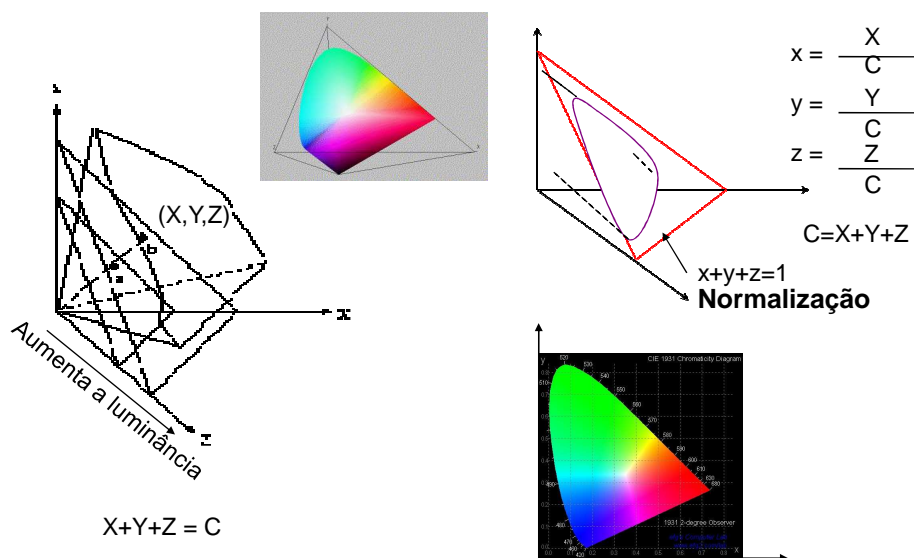
## Espaço de Cores XYZ



Função de eficiência luminosa

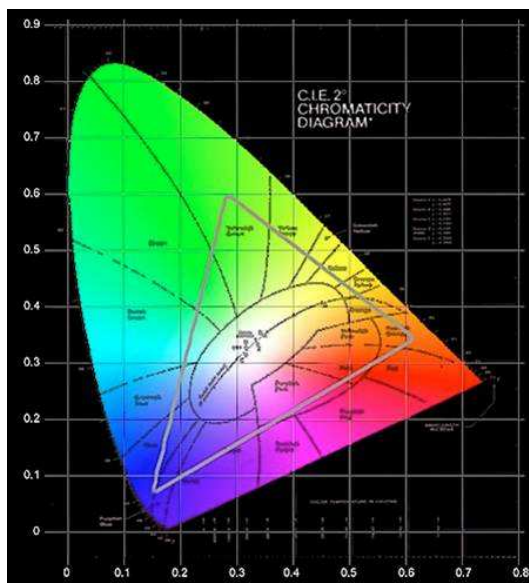
# Teoria Tricromática

## Espaço de Cores XYZ



## Teoria Tricromática

### Diagrama de Cromaticidade CIE



## Teoria Tricromática

### Cromaticidade dos Fósforos de Monitores

Nome	R	G	B	Branco
Short-Persistence	(0.61,0.35)	(0.29,0.59)	(0.15,0.063)	
Long-Persistence	(0.62,0.33)	(0.21,0.685)	(0.15,0.063)	
NTSC	(0.67,0.33)	(0.21,0.71)	(0.14,0.08)	Iluminante C
EBU	(0.64,0.33)	(0.30,0.60)	(0.15,0.06)	Iluminante D65
Dell (all monitors except 21" Mitsubishi p/n 65532)	(0.625,0.340)	(0.275,0.605)	(0.150,0.065)	9300K
SMPTE	(0.630,0.340)	(0.310,0.595)	(0.155,0.070)	Iluminante D65
P22 phosphor in NEC Multisync C400	(0.610,0.350)	(0.307,0.595)	(0.150,0.065)	(0.280,0.315)
P22 phosphor in KDS VS19	(0.625,0.340)	(0.285,0.605)	(0.150,0.065)	(0.281,0.311)
High Brightness LEDs	(0.700,0.300)	(0.170,0.700)	(0.130,0.075)	(0.310,0.320)



## Teoria Tricromática

Espaço XYZ  $\leftrightarrow$  RGB

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \frac{1}{b_{21}} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \frac{1}{0.17697} \begin{bmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.20 \\ 0.17697 & 0.81240 & 0.01063 \\ 0.00 & 0.01 & 0.99 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

## Teoria Tricromática

Espaço de Cores perceptivamente uniforme

- Facilita a especificação de tolerâncias.
- Facilita a escolha de cores perceptivamente distintas.
- Facilita a escolha de seqüência de cores para representar valores monotonicamente ordenados.

## Teoria Tricromática

Espaço de Cores perceptivamente uniforme: CIELUV

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16, Y/Y_n > 0.01$$

$$u^* = 13 L^* (u' - u'_n)$$

$$v^* = 13 L^* (v' - v'_n)$$

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}$$

$$v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}$$

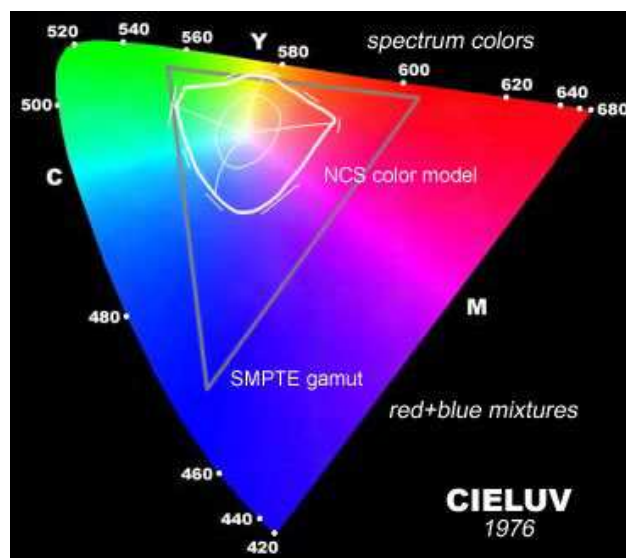
$$u'_n = \frac{4X_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n}$$

$$v'_n = \frac{9Y_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n}$$

$(X_n, Y_n, Z_n)$ : branco do dispositivo

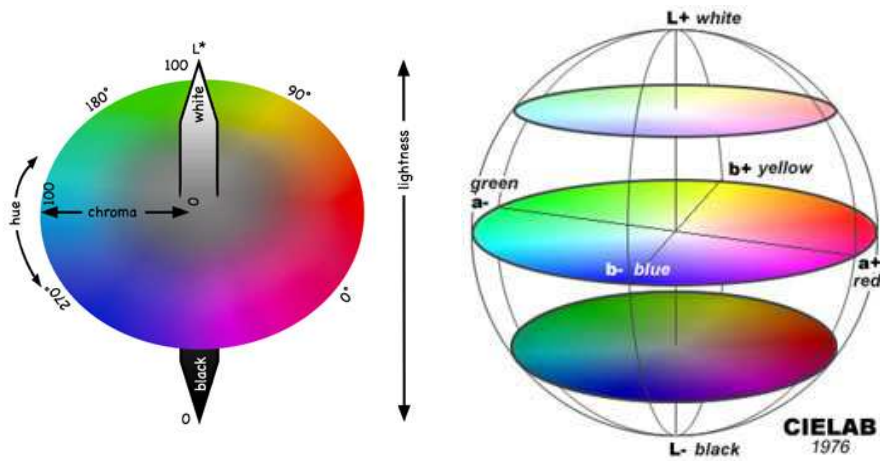
## Teoria Tricromática

Espaço de cores perceptivamente uniforme: CIELUV



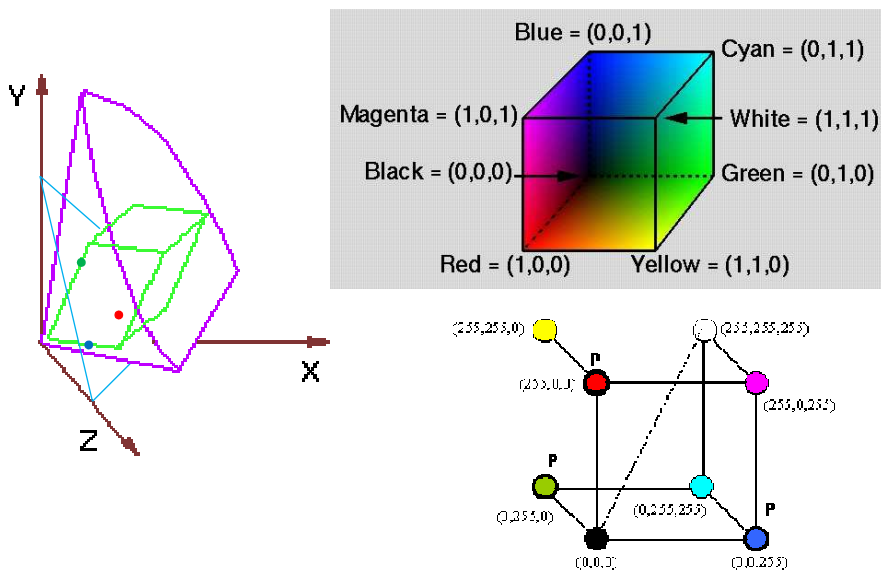
# Teoria Tricromática

## CIE Lab



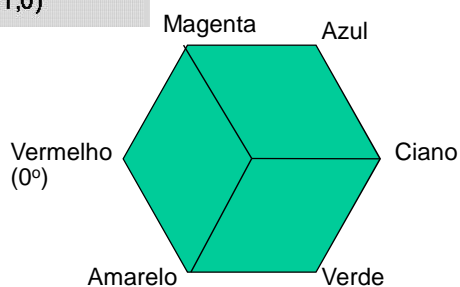
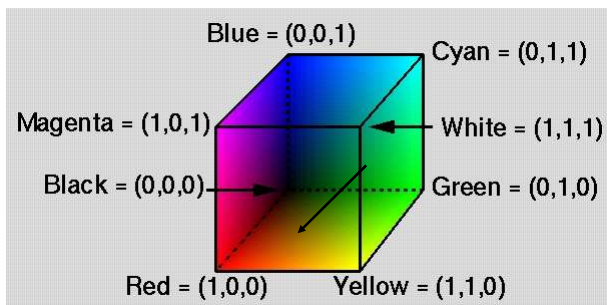
# Modelo de Cores

## RGB: Gamute de monitores



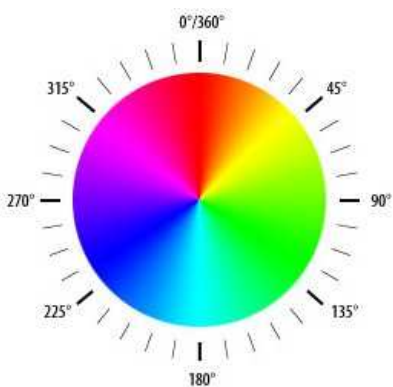
# Modelo de Cores

HSV: Gamute orientado a usuário



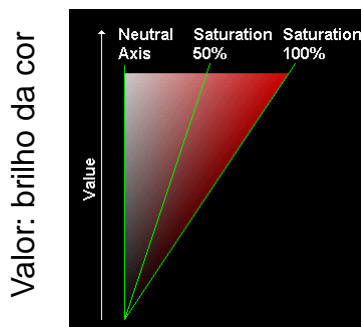
# Modelo de Cores

HSV

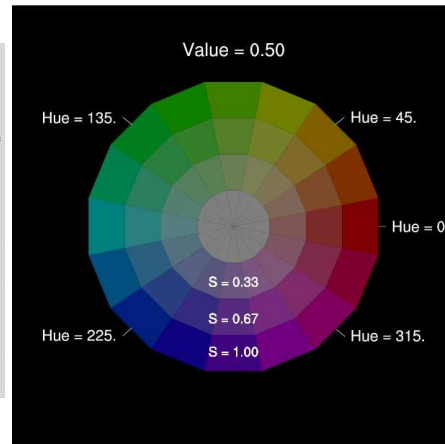
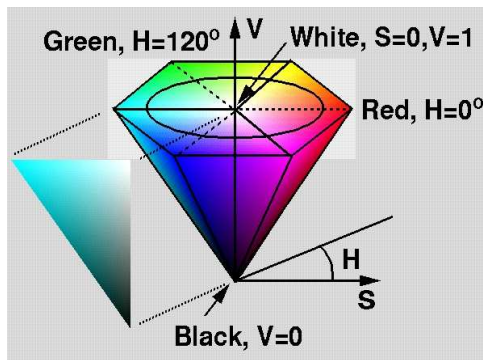


Matiz: comprimento de onda

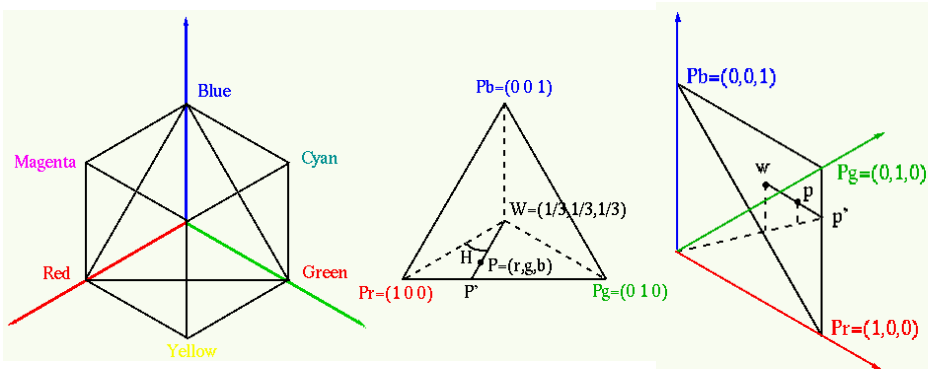
Saturação: pureza da "cor"



# Modelo de Cores HSV



# Modelo de Cores RGB → HSV



$$V = 1/3 (R+G+B)$$

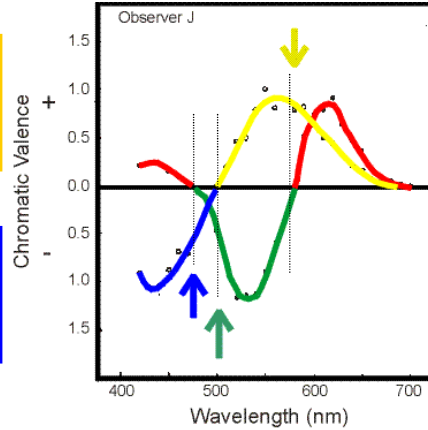
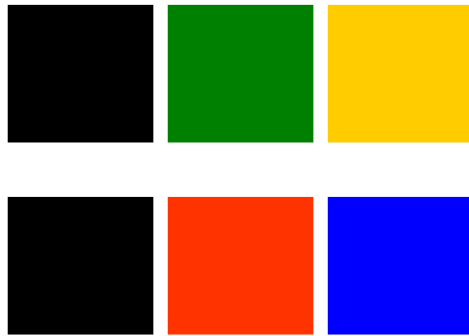
$$r = R/V; g = G/V; b = B/V$$

$$H = \cos^{-1} \left( \frac{0.5 * ((R-G) + (R-B))}{((R-G)^2 + (R-B) * (G-B))^{0.5}} \right)$$

$$S = 1 - \left( \frac{3}{(R+G+B)} * \min(R,G,B) \right)$$

Se S=0, H é indefinido

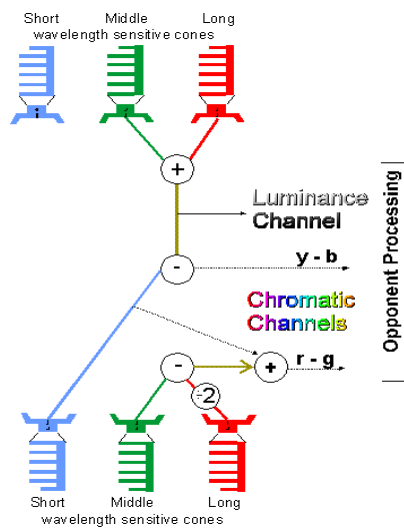
# Teoria de Processos Oponentes



Adapted from Hurvich & Jameson, 1955

Preto esbranquiçado? Verde avermelhado? Azul amarelado?  
 Resposta a um canal anula a sensibilidade do outro canal  
 3 canais oponentes → cores antagônicas

# Teoria de Processos Oponentes Teoria de Hering

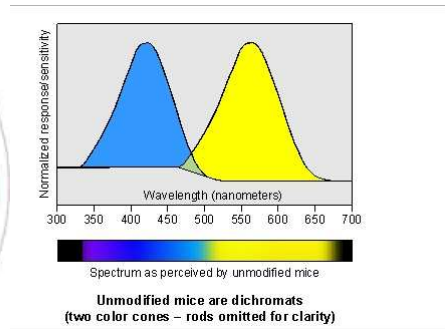


Canal de luminância: cones sensíveis aos comprimentos de onda longos (L) e médios (M), gerando percepção de preto-branco (luminância).

Canal cromático ou canal oponente RG: cones sensíveis aos comprimentos de onda longos (L) e médios (M) tem 50% de probabilidade para perceber verde e outro 50% para perceber vermelho.

Canal cromático ou canal oponente YB: cones sensíveis a amarelo e aos comprimentos curtos (S) tem 50% de probabilidade para perceber amarelo e outro 50% para perceber azul.

## Teoria de Processos Oponentes Interpolação



## Canais Cromáticos x Canal de Luminância

	<b>Resposta dos Canais Cromáticos (isoluminante)</b>	<b>Resposta do Canal Luminante</b>
Sensibilidade espacial	1/3 da capacidade do canal de luminância	Dominante
Profundidade estereoscópica	Quase impossível	Dominante
Sensibilidade ao movimento	Velocidade parece menor	
Forma geométrica	Percepção é menor	Dominante

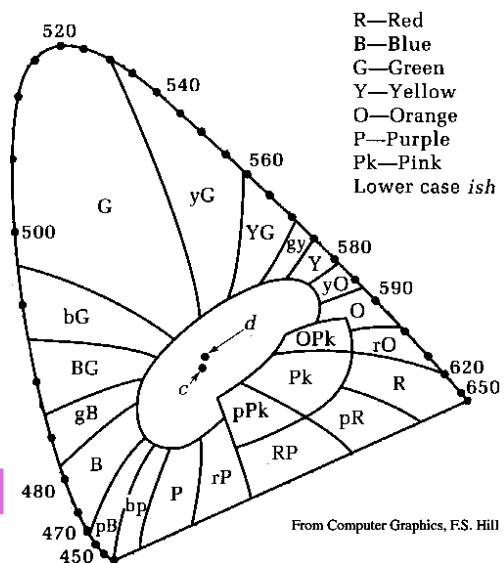
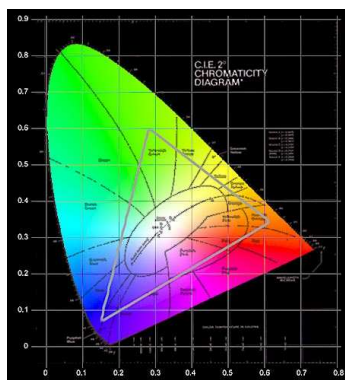
# Importância de Cores em Visualização

Cor é um atributo visual de objetos

Características

Conceitos ou informações

## Percepção de Cores Distinção em Matiz

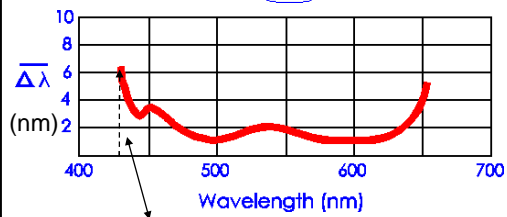
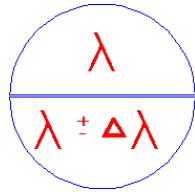


From Computer Graphics, F.S. Hill

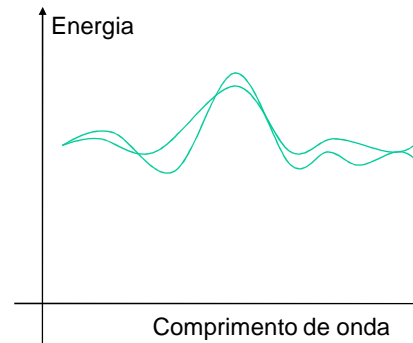


## Percepção de Cores Metâmeras

Distintas distribuições espectrais, porém  
mesma percepção cromática



Diferença mínima para  
que duas cores sejam  
perceptualmente distintas



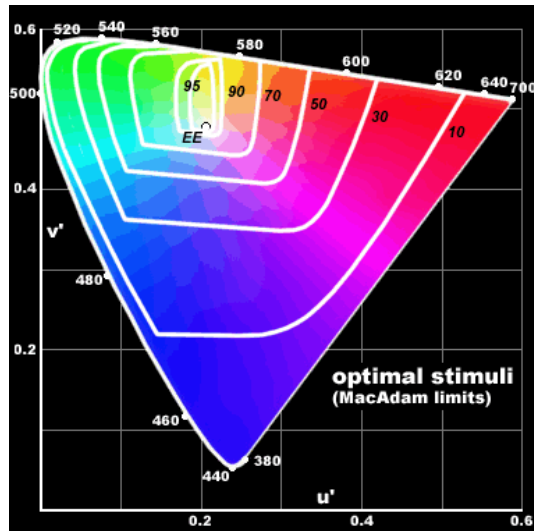
## Percepção de Cores Grau de Saturação



Quanto maior for saturação, maior é o contraste.

# Percepção de Cores

Curvas de nível perceptivo de saturação



# Percepção de Cores

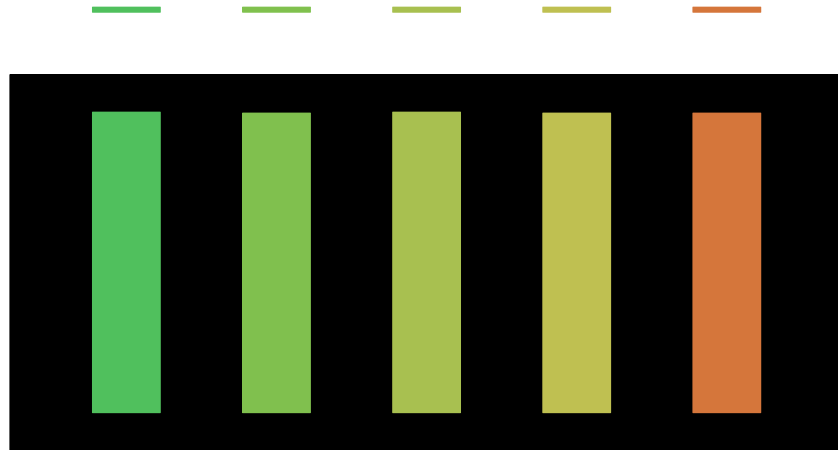
Contraste de saturação



Cor no meio parece mais saturada quando o fundo é menos saturado

# Percepção de Cores

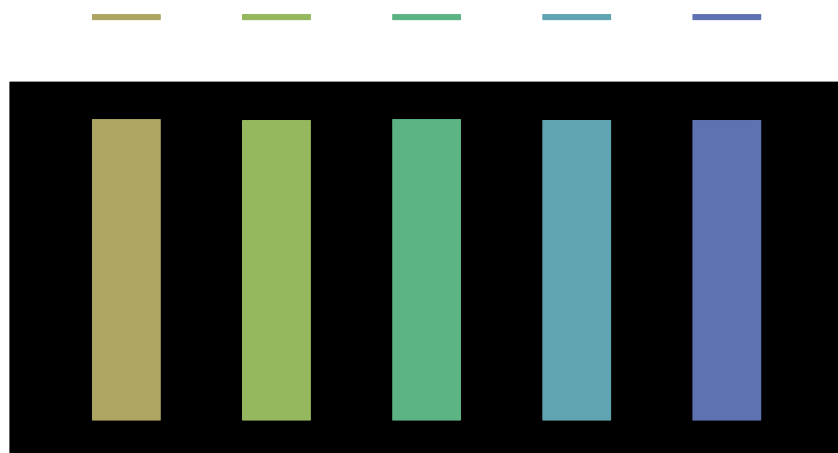
Influência da área



Quanto maior for o tamanho do indutor, maior será o efeito de contraste.

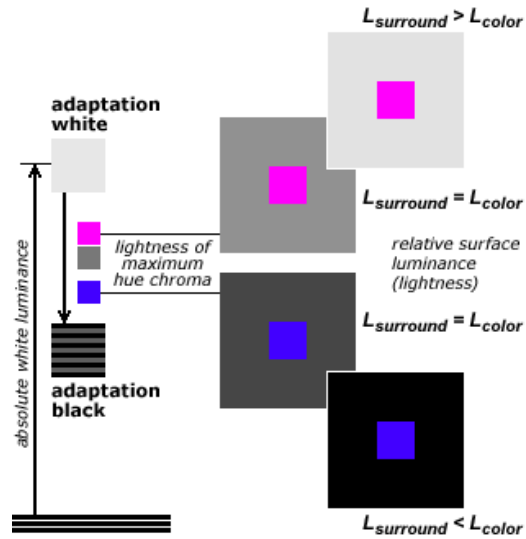
# Percepção de Cores

Influência da área



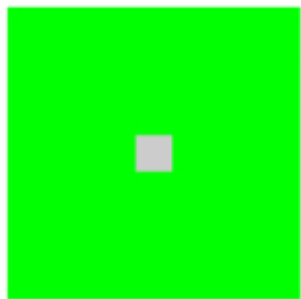
## Percepção de Cores

### Influência da luminância do fundo



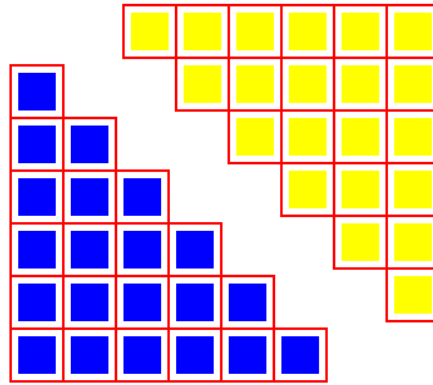
## Percepção de Cores

### Influência da Cor Oponente



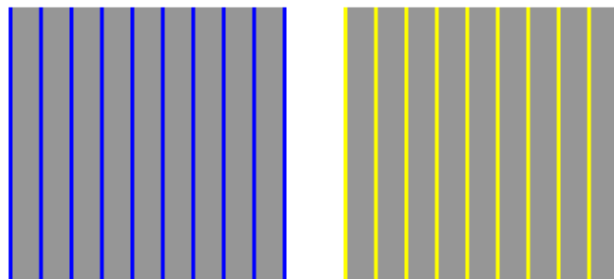
Cor oponente de verde = vermelho

## Percepção de Cores Contraste

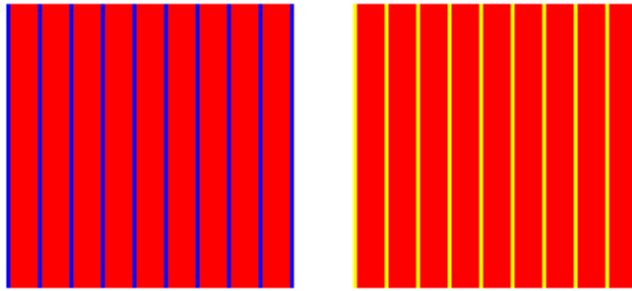


O efeito de contraste ocorre mesmo quando há um espaçamento entre os objetos.

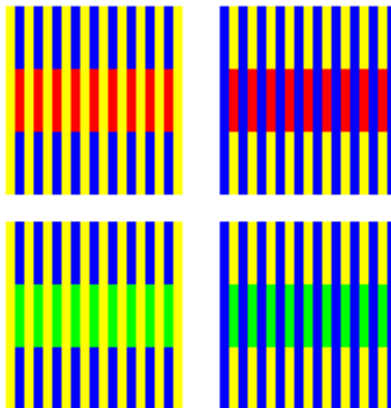
## Percepção de Cores Assimilação



## Percepção de Cores Assimilação



## Percepção de Cores Ilusão de Munker



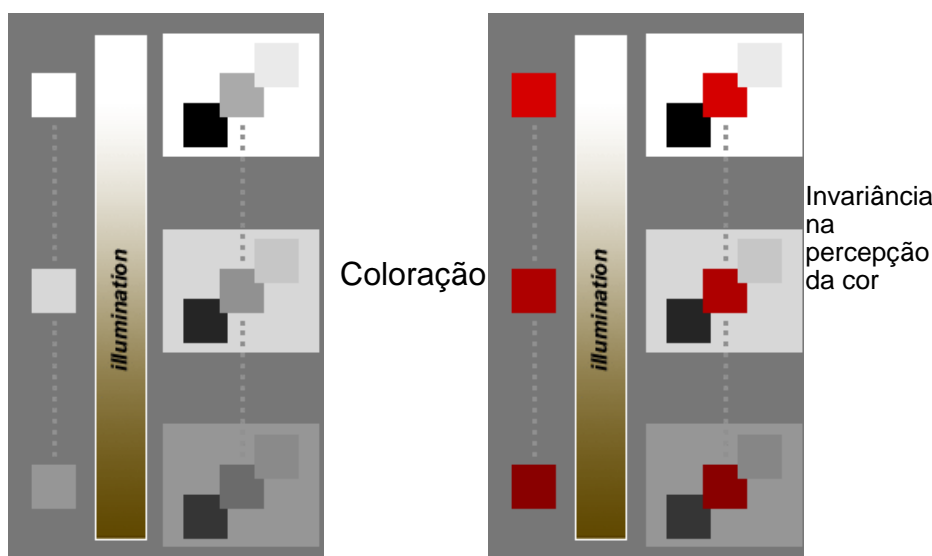
# Percepção de Cores

## Ilusão de Munker



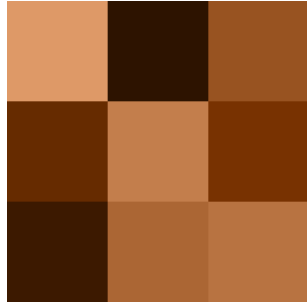
# Percepção de Cores

## Croma e Coloração



## Percepção de Cores

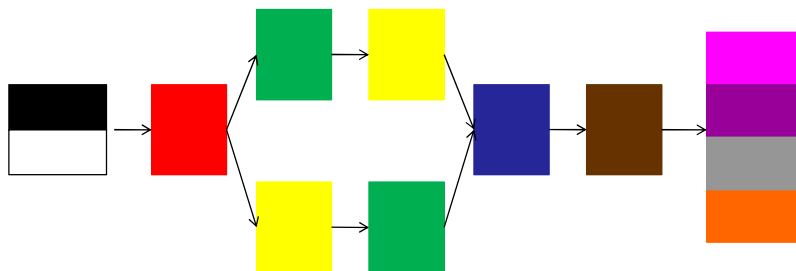
Marrom?



Marrom pode ser percebido somente na presença de um contraste de cores mais brilhantes, como amarelo, laranja, vermelho ou rosa.

## Designação de Cores

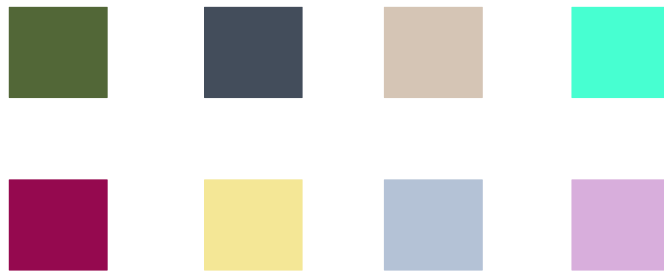
Multicultural





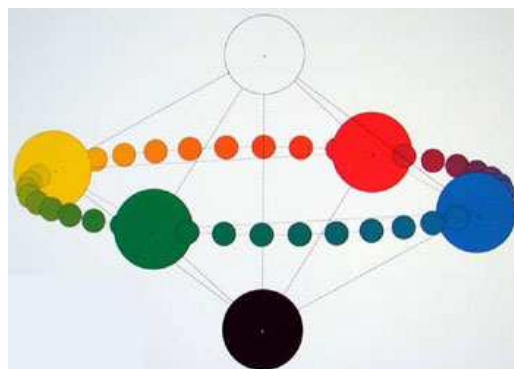
## Designação de Cores

Subjetiva

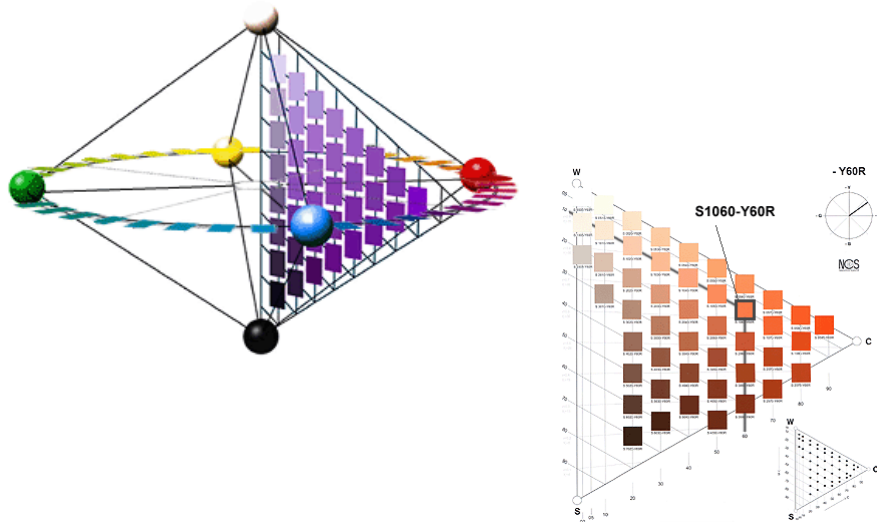


## Designação de Cores

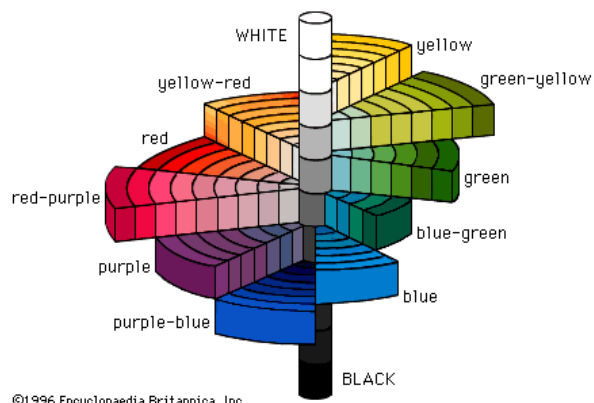
Sistema Natural de Cores (NCS)



# Designação de Cores NCS



# Designação de Cores Carta de Munsell



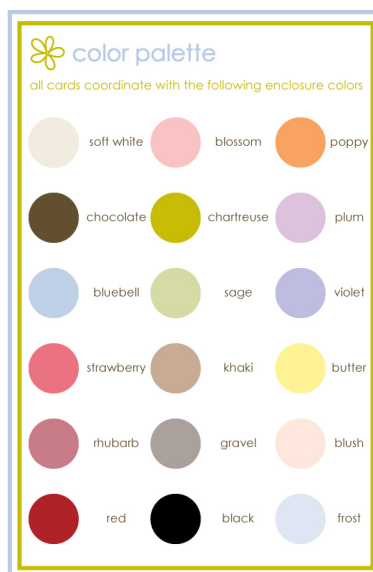
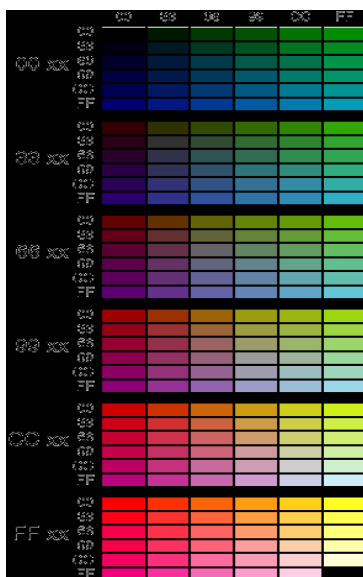
# Designação de Cores

## Sistema Pantone



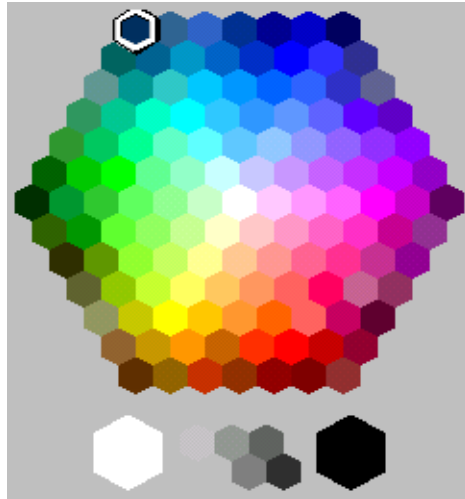
# APLICAÇÃO 1

## Interface para seleção de cores



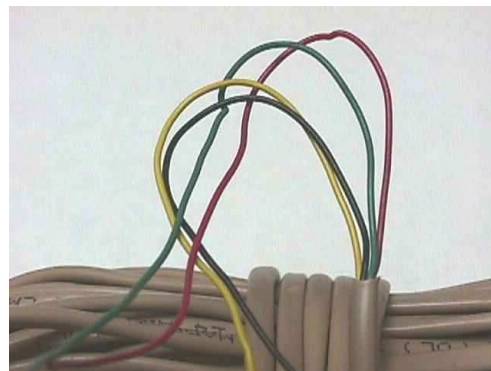
# APLICAÇÃO 1

Interface para seleção de cores



# APLICAÇÃO 2

Classificação/Rotulação

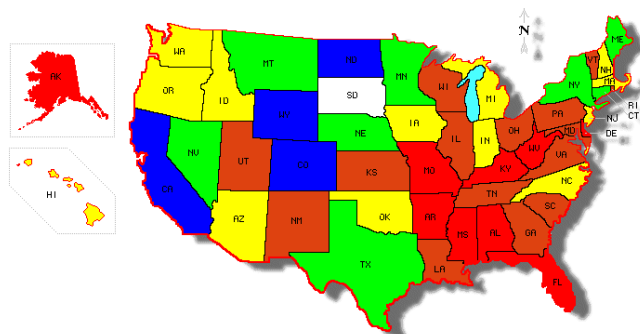




# APLICAÇÃO 3

## Mapas de Dados – Pseudo-Coloração

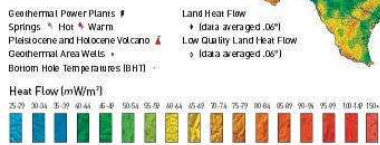
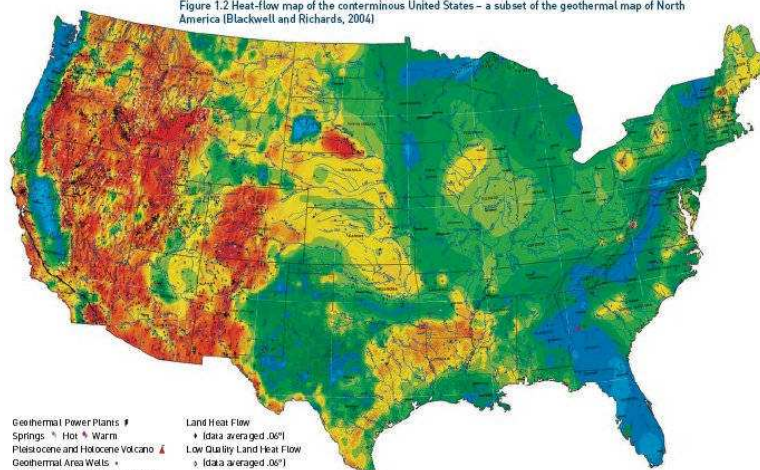
- Seqüência de pseudo-cores nominal
- Seqüência de pseudo-cores ordinal
- Seqüência de pseudo-cores intervalar
- Seqüência de pseudo-cores racional
- seqüência de pseudo-cores bi-variável



# APLICAÇÃO 3

## Mapa de Dados

Figure 1.2 Heat-flow map of the conterminous United States – a subset of the geothermal map of North America (Blackwell and Richards, 2004)



SMU Geothermal Lab, Geothermal Map of United States, 2004

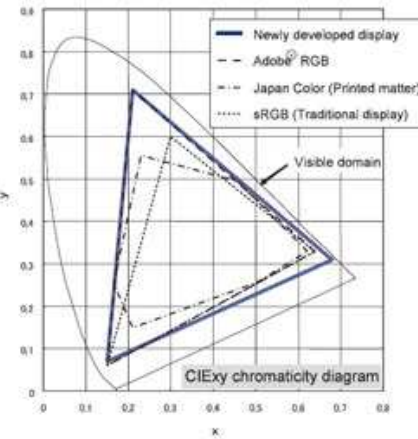
## APLICAÇÃO 4

### Reprodução de Cores

- Preservar a distância relativa entre as cores.

Um procedimento heurístico proposto por Stone para ajustar os gamutes:

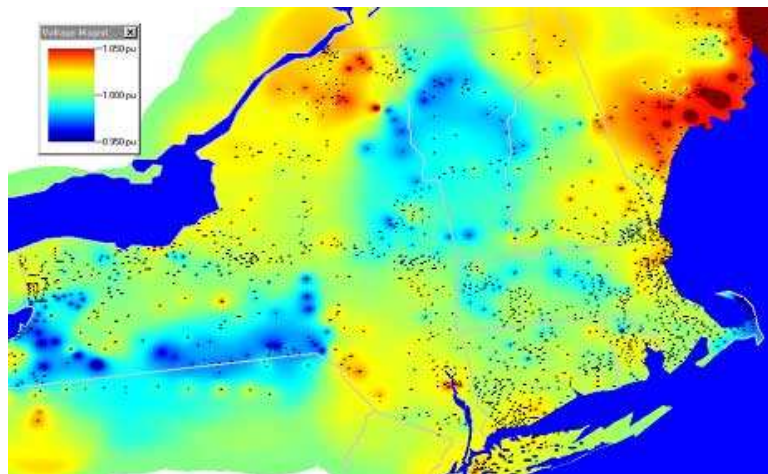
- O eixo de luminosidade deve ser preservado
- É desejável que se preserve o contraste máximo de luminância
- Minimizar as cores que fiquem fora do gamute destinatário.



<sup>1</sup>sRGB is an international color space standard, defined by IEC (The International Electrotechnical Commission).  
<sup>2</sup>Adobe RGB is a standard color space used in the "Photoshop" application software of Adobe Systems Inc.  
<sup>3</sup>Japan Color refers to the standard colors for sheet-feed offset printing in Japan as defined by the ISO/TC130 Domestic Committee of the Japan Federation of Printing Industries.

## APLICAÇÃO 5

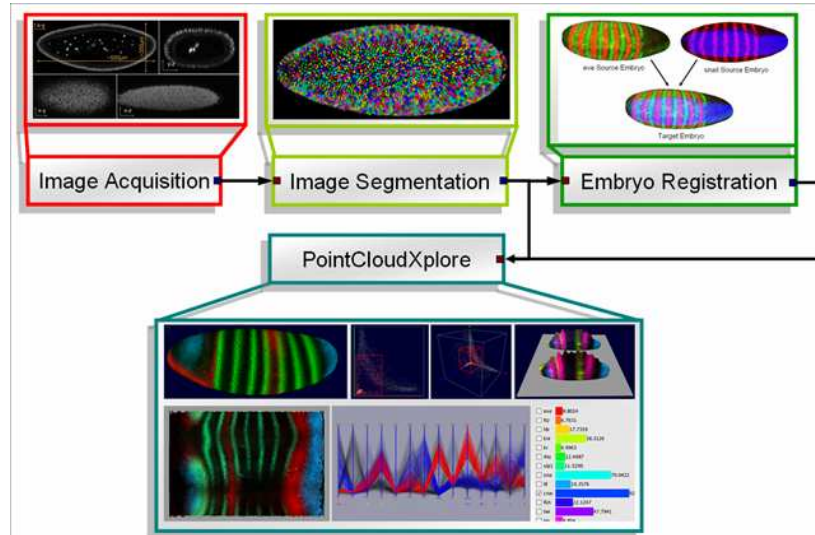
### Exploração de Dados Multidimensionais Discretos





# APLICAÇÃO 5

## Exploração de Dados Multidimensionais Discretos

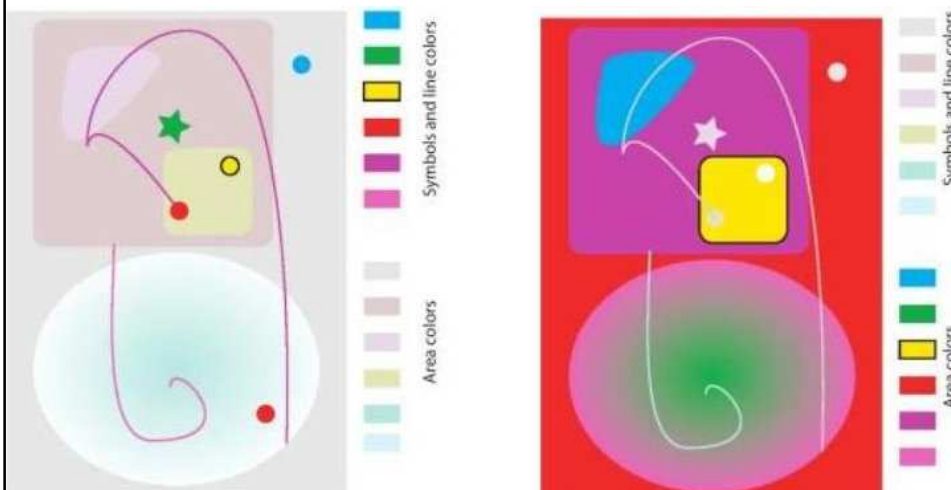


Pesquisar uma imagem que utilize cores para codificar informações.



# Contribuições

## Lionis de Souza Watanabe



À esquerda um bom exemplo de visualização: fundo com cores suaves, e os objetos de frente bem saturados. À direita, um exemplo contrário a isso.

