

Visão Computacional

Aula 08

Cores (Cont.)

Como “surgem” as cores?

- A sensação de “cor” é basicamente causada pelo cérebro;
- Causadores dessa sensação:
 - Pressão sobre as pálpebras;
 - Sonhos, alucinações, etc.
- Os principais causadores desta sensação é uma resposta do sistema de visão humana à presença/ausência de iluminação nos diversos comprimentos de onda;
- “Luz” pode ser produzida em diferentes quantidades por diferentes comprimentos de onda (luz natural x luz artificial)
- “Luz” pode ser parcialmente refletida (alguns pigmentos);
- “Luz” pode ser parcialmente refratada (ex.: prisma de Newton);
- Comprimento de Onda é dependente da reflexão especular (ex.: maioria dos metais “brilhantes”);
- Fluorescência – comprimentos de ondas “invisíveis” são absorvidos e reemitidos em comprimento de ondas visíveis;

Radiometria para as cores

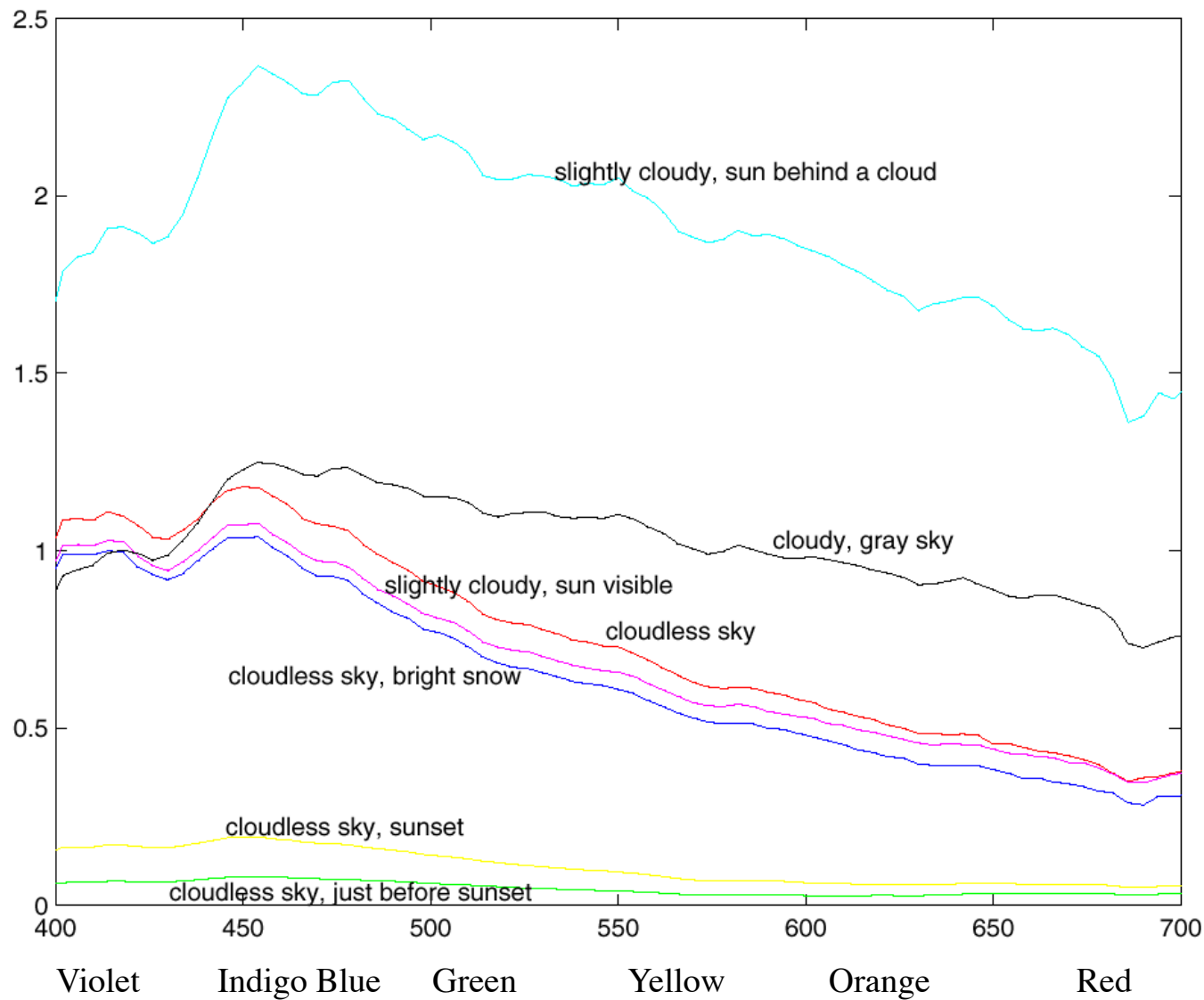
- Todas as definições (a partir de agora) são “por unidade de comprimento de onda”;
- Todas as unidades são “por unidade de comprimento de onda”;
- Todos os termos agora são de “natureza espectrais” ou “espectro de cores”;
- Radiância resulta em “Radiância Espectral”
 - watts por m^2 por esferorradiano por unidade de comprimento de onda;
- Radiosidade >> Radiosidade Espectral;

Corpo-Negro

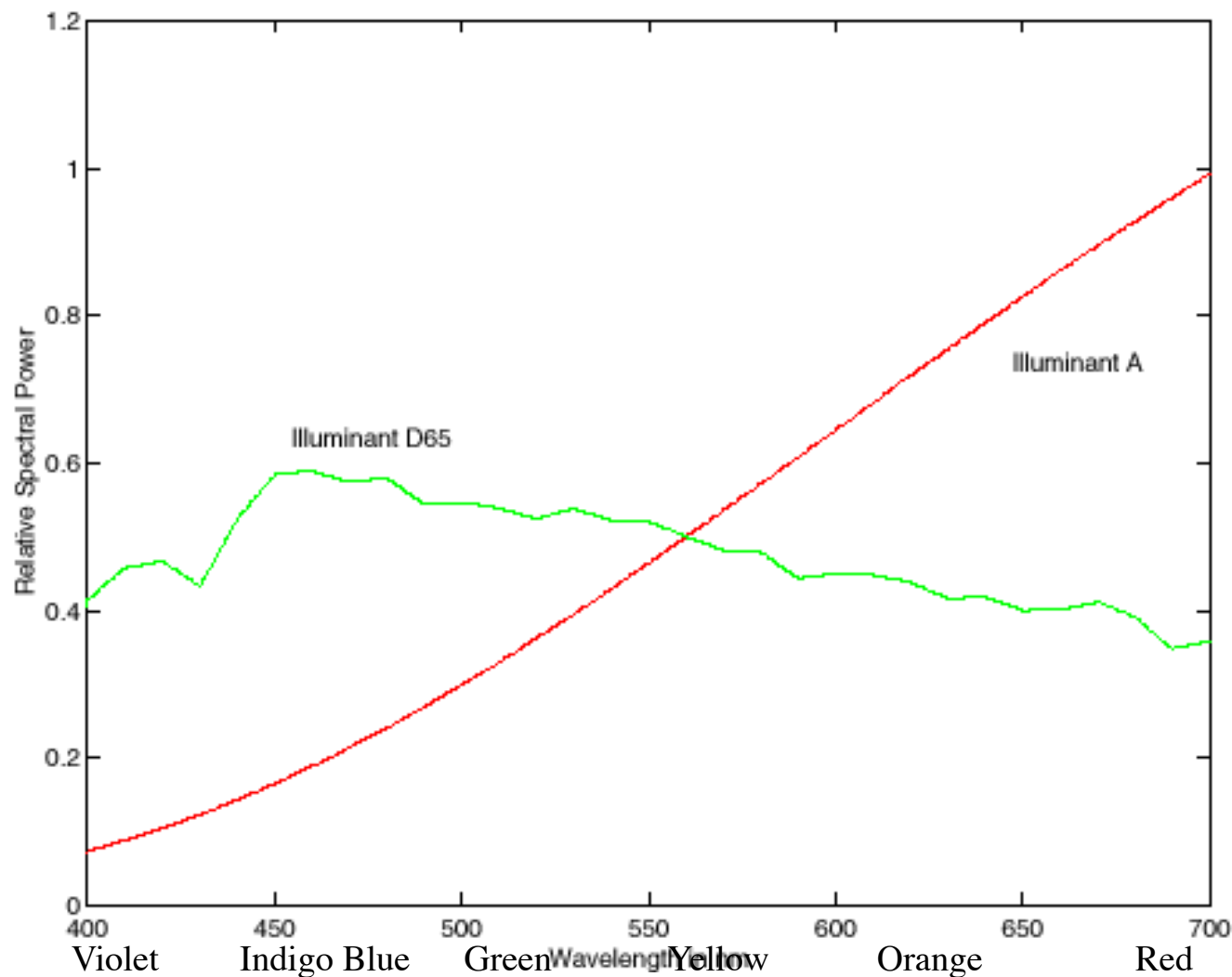
- “Corpo quente” com reflectância próximo de Zero (black body)
 - Melhor maneira de fazer isso é criar um objeto de metal “oco” com um pequeno furo, e olhar para o furo.
 - A distribuição da potência espectral de luz “deixando” o objeto é função da temperatura:

$$E(\lambda) \propto \left(\frac{1}{\lambda^5} \right) \left(\frac{1}{\exp(hc/k\lambda T) - 1} \right)$$

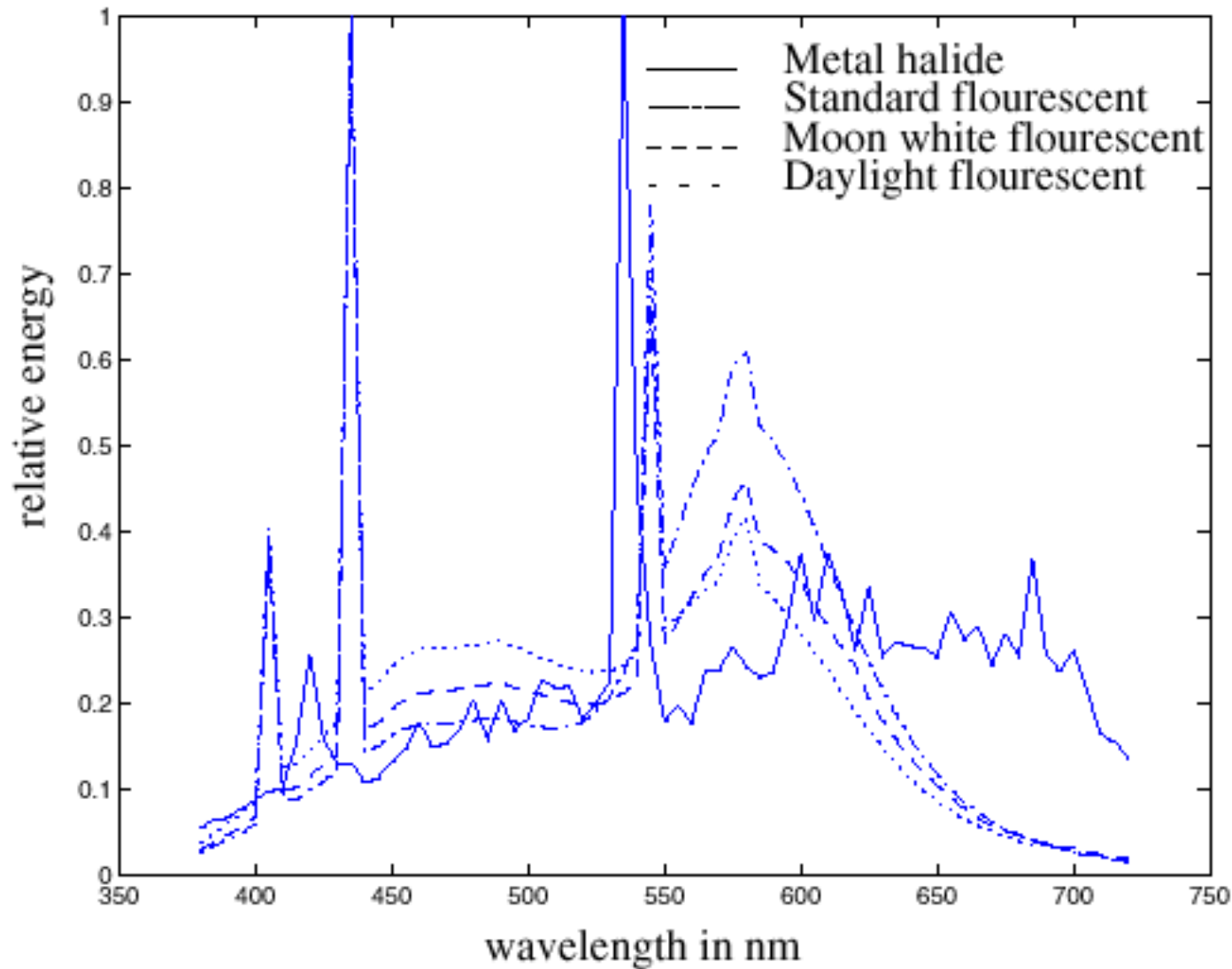
- Gera a noção “temperatura da cor” – referenciada à temperatura do Corpo-Negro;



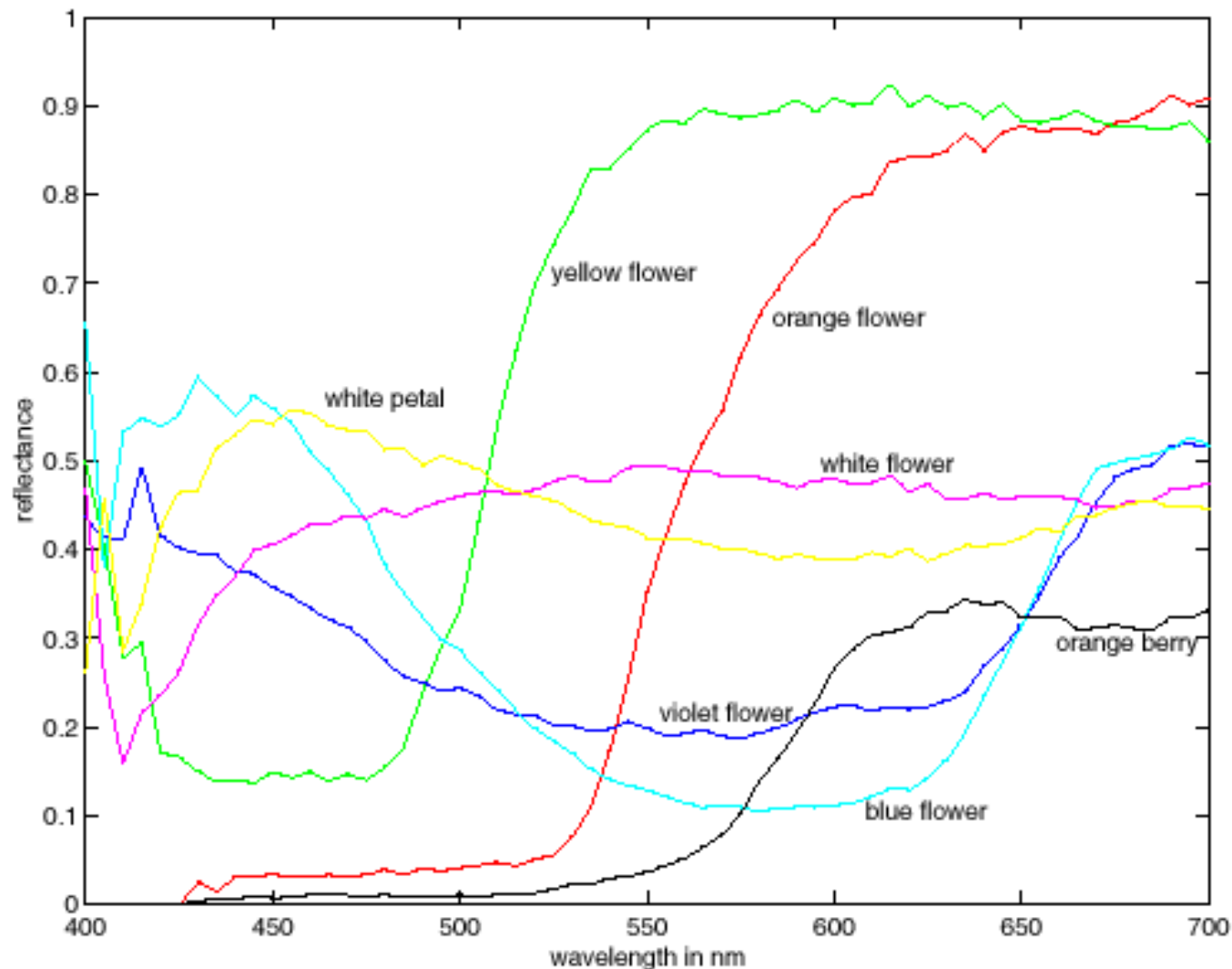
Measurements of relative spectral power of sunlight, made by J. Parkkinen and P. Silfsten. Relative spectral power is plotted against wavelength in nm. The visible range is about 400nm to 700nm. The color names on the horizontal axis give the color names used for monochromatic light of the corresponding wavelength --- the “colors of the rainbow”. Mnemonic is “Richard of York got blisters in Venice”.



Relative spectral power of two standard illuminant models --- D65 models sunlight, and illuminant A models incandescent lamps. Relative spectral power is plotted against wavelength in nm. The visible range is about 400nm to 700nm. The color names on the horizontal axis give the color names used for monochromatic light of the corresponding wavelength --- the “colors of the rainbow”.



Measurements of relative spectral power of four different artificial illuminants, made by H.Sugiura. Relative spectral power is plotted against wavelength in nm. The visible range is about 400nm to 700nm.



Spectral albedoes for several different leaves, with color names attached. Notice that different colours typically have different spectral albedo, but that different spectral albedoes may result in the same perceived color (compare the two whites). Spectral albedoes are typically quite smooth functions. Measurements by E.Koivisto.

“Albedo” – porção de luz/radiação incidente que é refletida por uma superfície (tipicamente de um planeta ou satélite natural).

A “aparência” das Cores

- Aparência de uma Cor é afetada:
 - outras cores próximas;
 - Adaptação de cores vistas recentemente;
 - “estado mental”
- **Film color mode:**
 - Ver uma superfície colorida através de um "buraco em uma folha", de modo que a cor se parece com um filme no espaço; controlar as cores próximas, e "estado de espírito".
- **Outros modos:**
 - Cores de Superfície (Surface colour)
 - Volume de Cores (Volume colour)
 - Cores Refletidas (Mirror colour)
 - Cores Iluminada (Illuminant colour)

A “aparência” das Cores

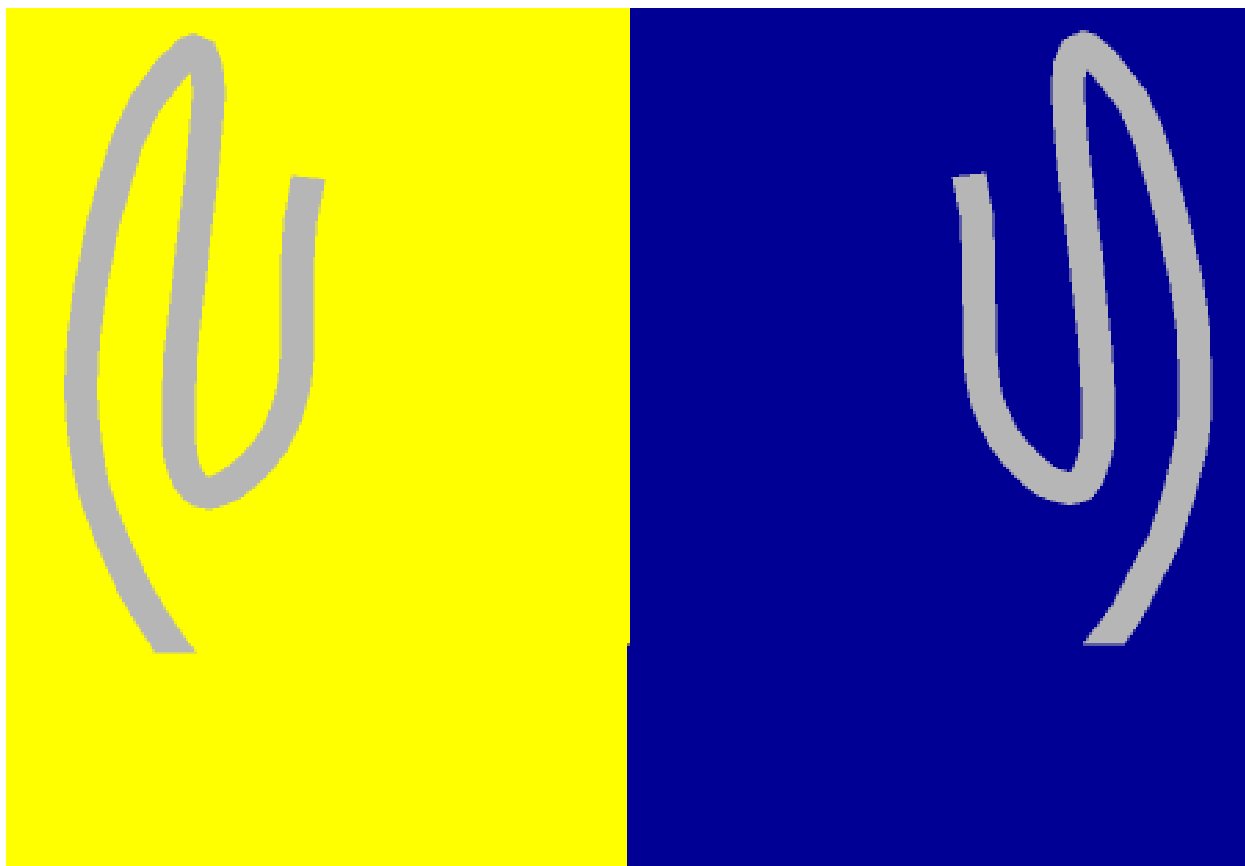
- Hering, Helmholtz:
 - As cores são fortemente afetadas pelas cores próximas; adaptação prévia e pelo “estado da mente”.
- Experimentalmente é possível encontrar quase todas as cores somente utilizando o princípio “modo filme” (película sensível à luz) usando somente fontes de cores primárias – **princípio da tricromacia**.
 - Outros modos devem utilizar mais dimensões:
 - Glossy-matte
 - Rough-smooth

Efeito Stroop

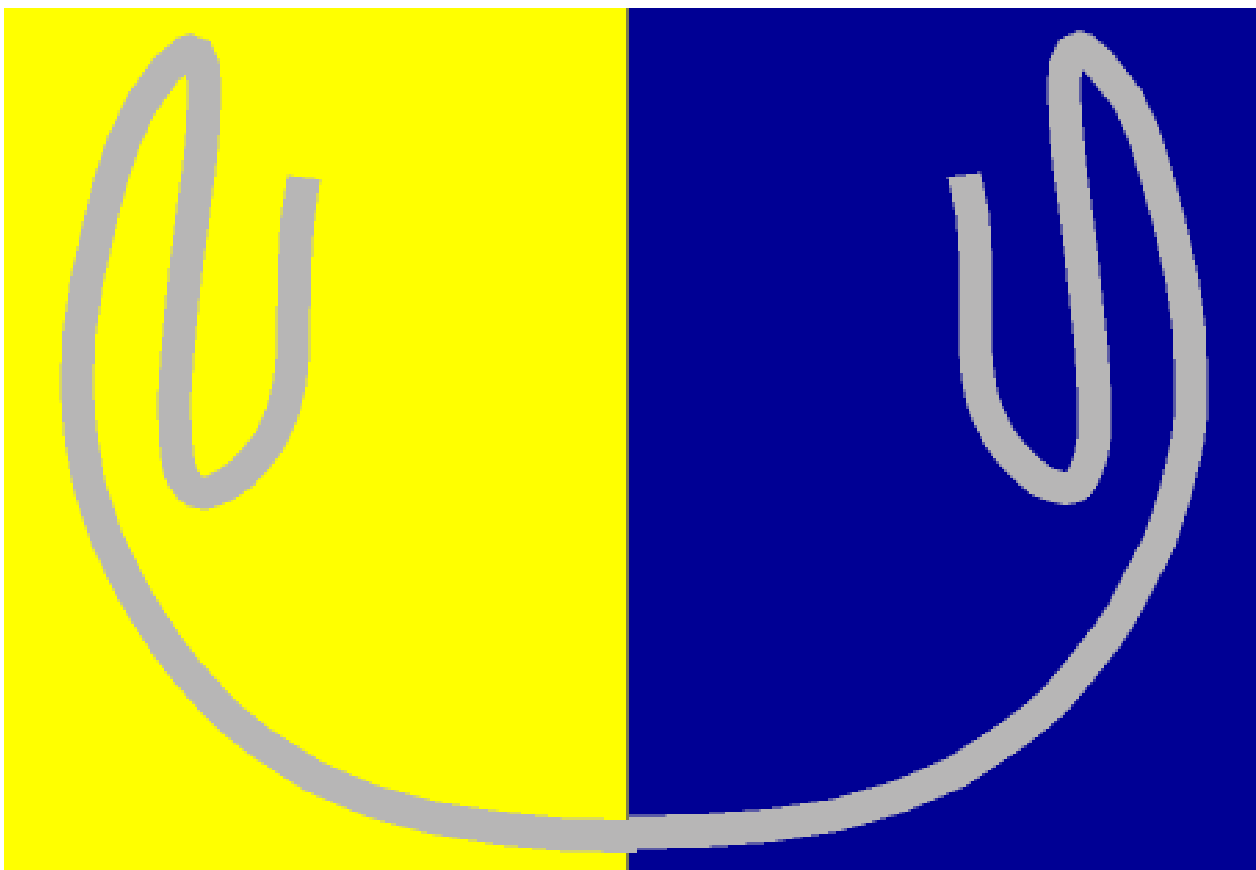
VERMELHO	VERDE	AZUL	AMARELO	ROSA
LARANJA	AZUL	VERDE	AZUL	BRANCO
VERDE	AMARELO	LARANJA	AZUL	BRANCO
MARROM	VERMELHO	AZUL	AMARELO	VERDE
ROSA	AMARELO	VERDE	AZUL	VERMELHO

Efeito Stroop

VERMELHO	VERDE	AZUL	AMARELO	ROSA
LARANJA	AZUL	VERDE	AZUL	BRANCO
VERDE	AMARELO	LARANJA	AZUL	BRANCO
MARROM	VERMELHO	AZUL	AMARELO	VERDE
ROSA	AMARELO	VERDE	AZUL	VERMELHO



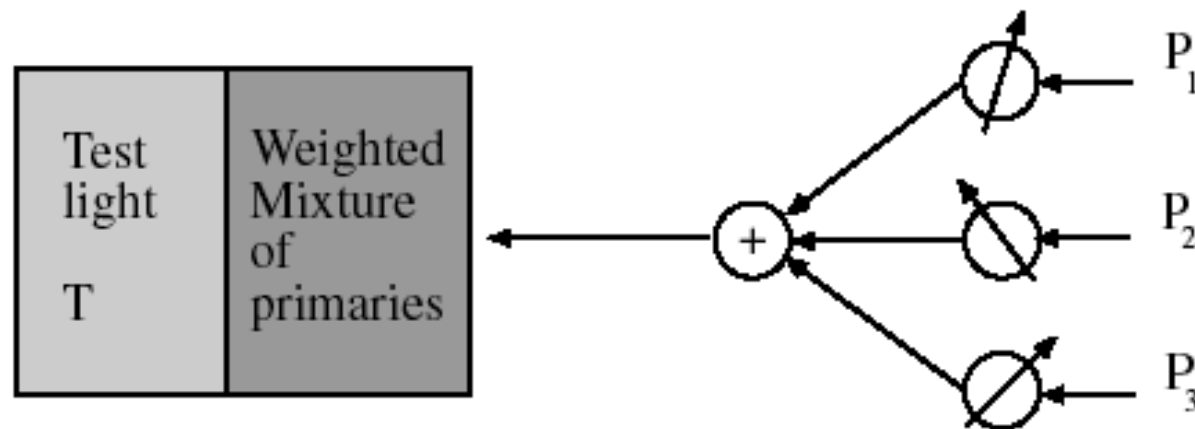
As figuras são da mesma cor (cinza)?



Por quê especificar as cores numericamente?

- Acurácia em reproduzir as cores tem alto valor comercial:
 - Muitos produtos são identificados pela “cor”;
- Vários nomes de cores são reconhecidos:
 - Marron-Glacê; Amarelo-Ouro;...
- Problemas na reprodução das cores são pelo processo de aquisição digital de imagens:
 - Como é possível garantir que todos podem “ver” a mesma cor?

Obtendo Cores - Experimento



- Imagine um “campo” com dois tipos de situações:
 - Um com a cor que se quer medir (Luz de Teste)
 - Outro com uma mistura ponderada de cores primárias (Fontes ajustáveis)
- Cada fontes é vista como modo filme;

Obtendo Cores - Experimento

- Muitas cores podem ser representadas como uma mistura de fontes A, B, C
- Descritas como:
$$M = a.A + b.B + c.C$$
em que a igualdade representa como a cor obtida;
- Isto é chamado de obtenção **aditiva**;
- Dado um sistema de Cores descritos dessa forma, é possível obter uma cor no espaço A, B e C somente pelo valores ponderados (a, b, c);

Método Subtrativo

- Algumas cores podem ser obtidas como:

$$M + a.A = b.B + c.C$$

- Esta é a obtenção **Subtrativa**;
- Pode ser interpretado como $(-a, b, c)$
- Problema nos projetos de monitores:
 - Escolher valores R, G e B em que tenham um conjunto de combinações lineares positivas para obter um grande conjunto de cores!

O Princípio de Tricromacia

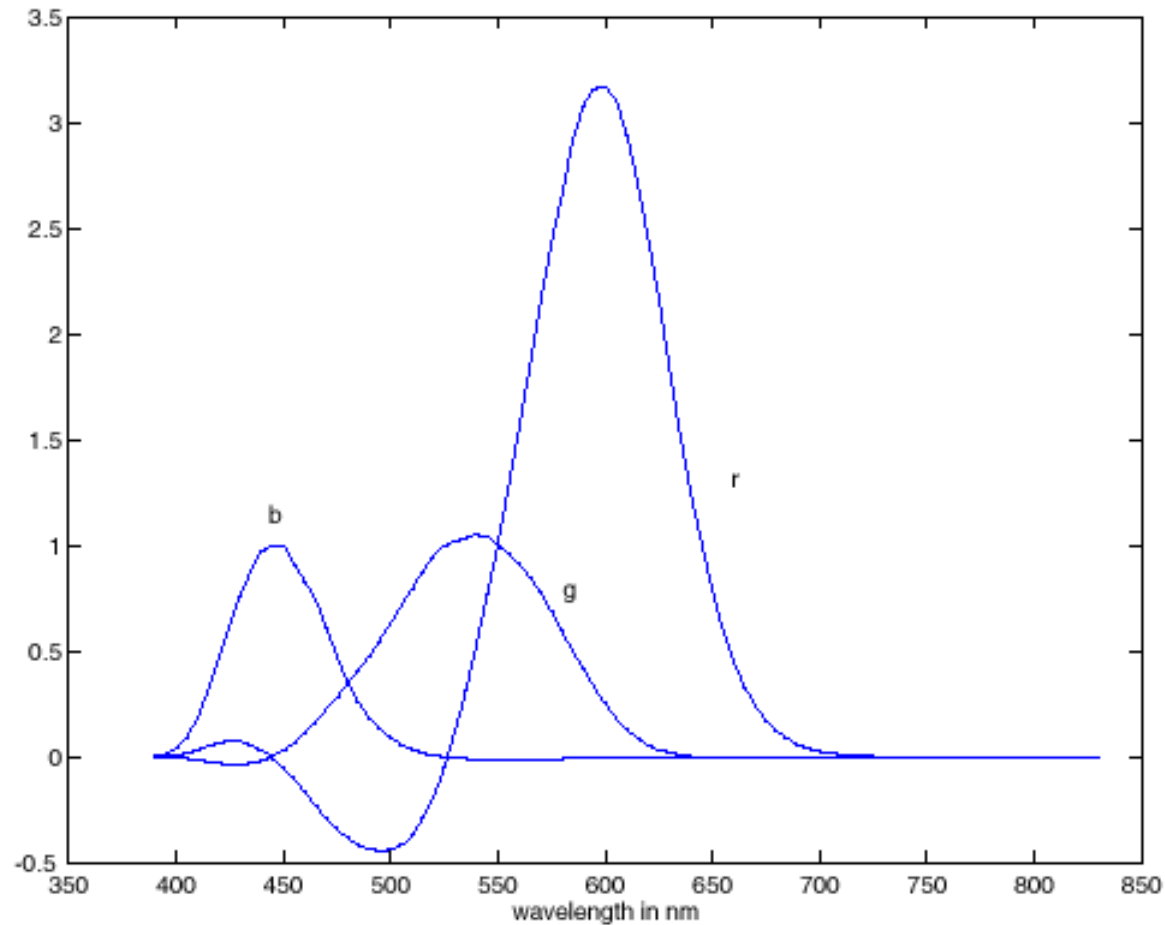
- Fatos Experimentais:
 - 3 Cores Primárias funcionam para a maioria das pessoas se são obtidas por método subtrativos:
 - Raramente pessoas podem obter cores com duas (ou uma) cores primárias;
 - Isto pode ser causado por algum tipo de deficiência
 - Ex.: Daltonismo(R e G), Tritanopia (B),...
 - Muitas pessoas são capazes de obter a mesma cor;

Lei de Grassman

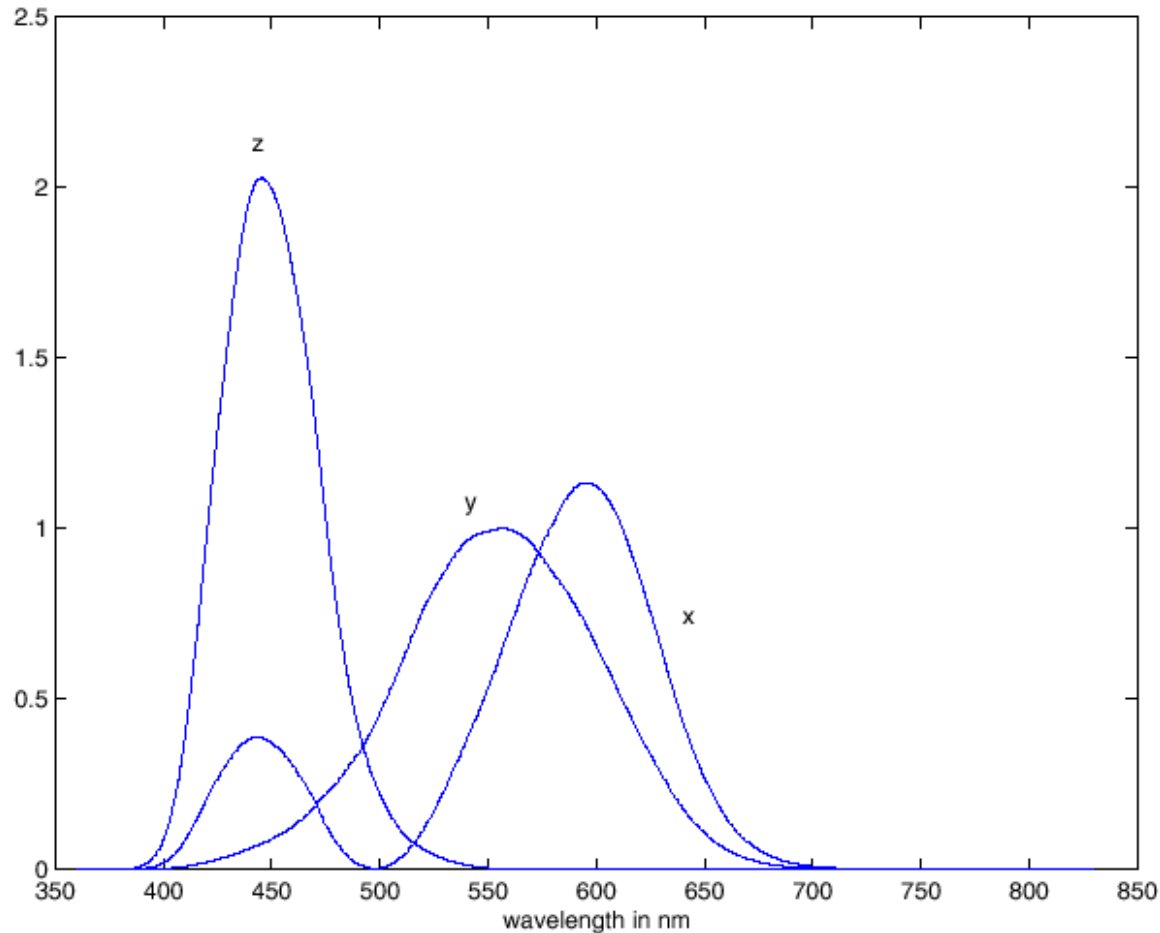
- Cores obtidas no modo filme têm-se:
 - simetria: $U=V \iff V=U$
 - transitividade: $U=V \text{ and } V=W \implies U=W$
 - proporcionalidade: $U=V \iff tU=tV$
 - aditividade: se qq dos dois (ou mais) parâmetros for:
 $U=V,$
 $W=X,$
 $(U+W)=(V+X)$ a relação é verdadeira, então com o 3ro parâmetro é verdadeiro;
- Estes parâmetros são verdadeiros como qualquer lei biológica. Isso significa que o modo filme de cor é **linear**.

Espaços de Cores Lineares

- A escolha de cores lineares resulta em um **espaço de cores linear** – as coordenadas das cores são os pesos das cores primárias usadas na obtenção de determinada cor;
- A escolha das cores primárias é equivalente a escolha do espaço de cores.
- **RGB:** as cores primárias são energias monocromáticas e tem valores de comprimento de onda: 645.2nm, 526.3nm, 444.4nm.
- **CIE 1931 XYZ:** As cores primárias são imaginárias, mas existem propriedades convenientes.
 - As coordenadas das cores são (X, Y, Z), em que cada espaço é uma quantidade da sua respectiva variável;
 - Usualmente as cores são obtidas pela relação:
$$x = X / (X + Y + Z) \qquad y = Y / (X + Y + Z)$$

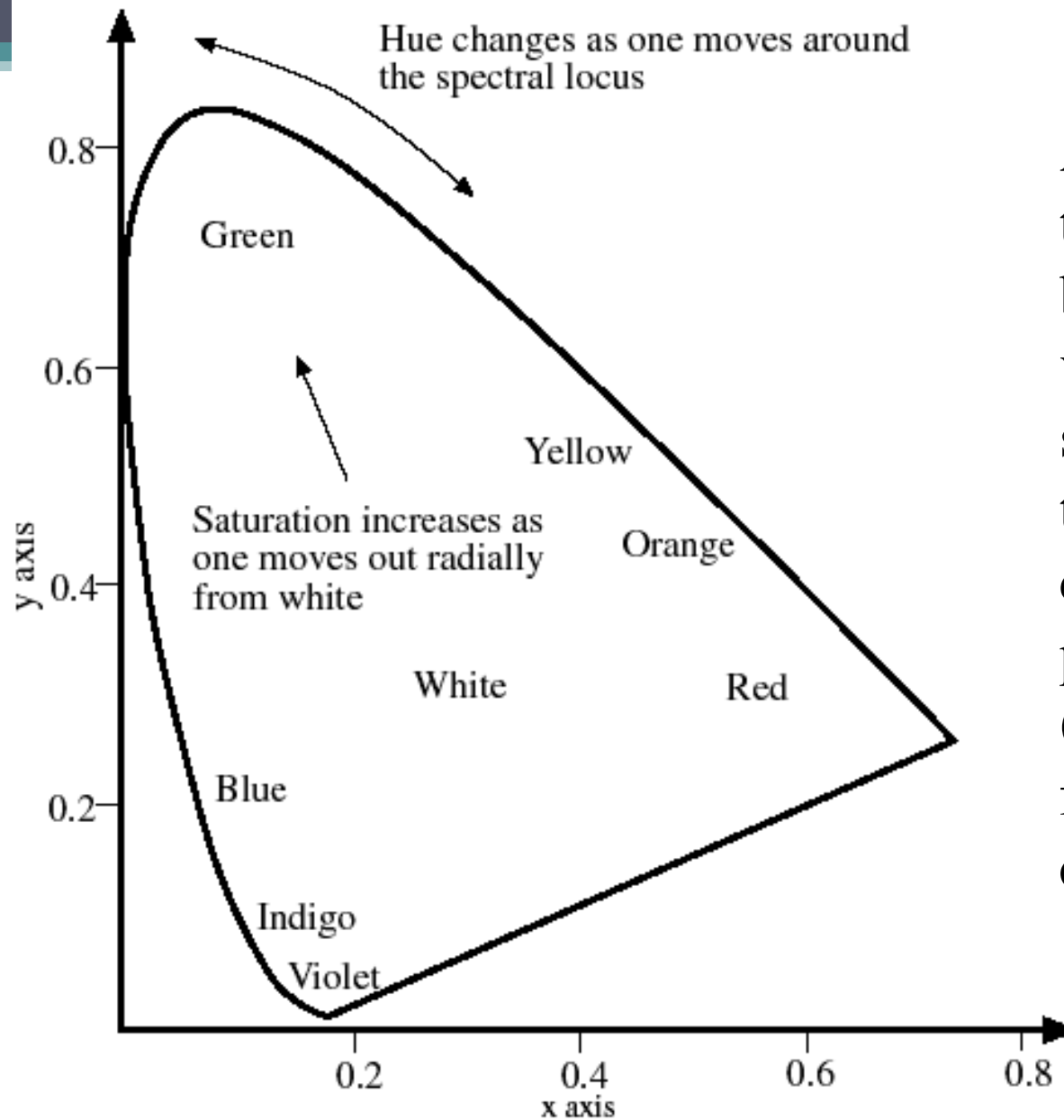


RGB: primaries are monochromatic, energies are 645.2nm, 526.3nm, 444.4nm. Color matching functions have negative parts -> some colors can be matched only subtractively.

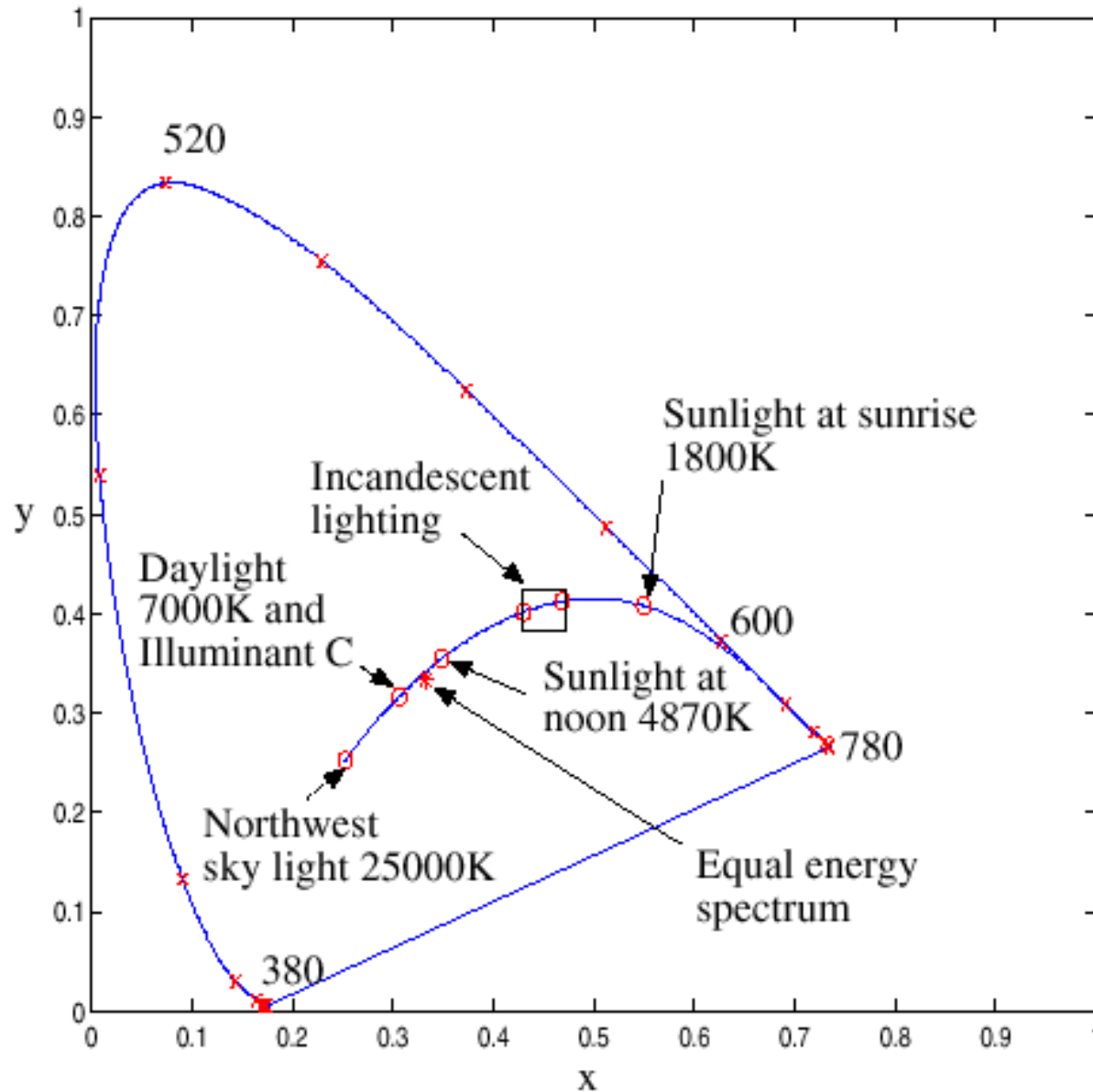


CIE XYZ: Color matching functions are positive everywhere, but primaries are imaginary. Usually draw x, y, where

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



A qualitative rendering of the CIE (x,y) space. The blobby region represents visible colors. There are sets of (x, y) coordinates that don't represent real colors, because the primaries are not real lights (so that the color matching functions could be positive everywhere).



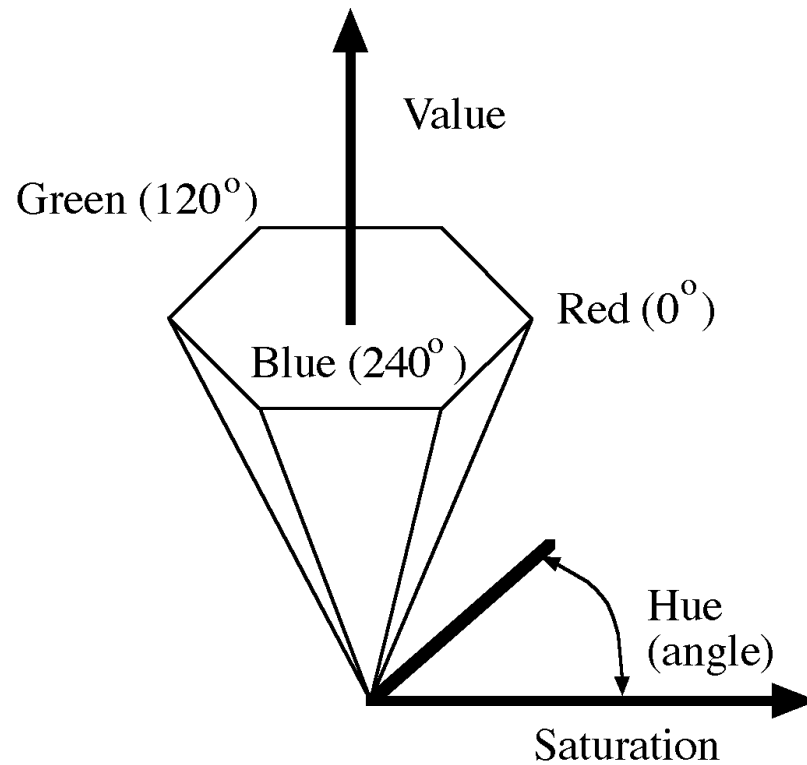
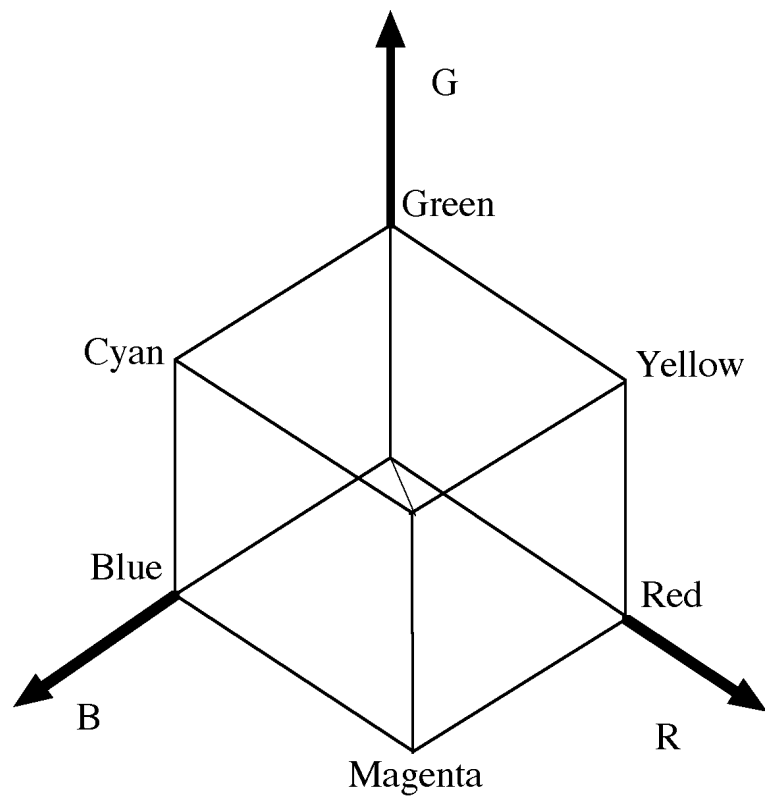
A plot of the CIE (x,y) space. We show the spectral locus (the colors of monochromatic lights) and the black-body locus (the colors of heated black-bodies). I have also plotted the range of typical incandescent lighting.

Mais informações: http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space

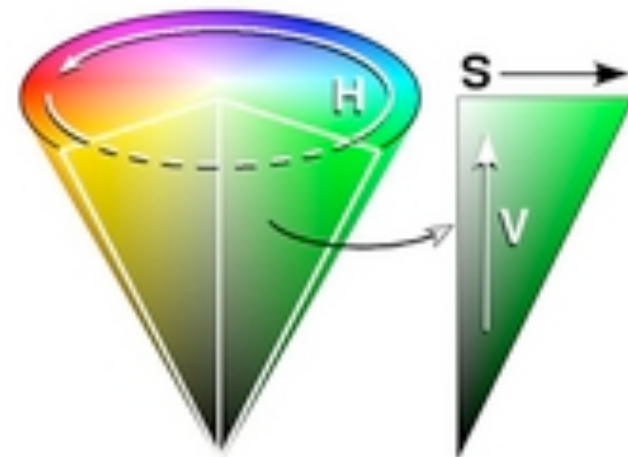
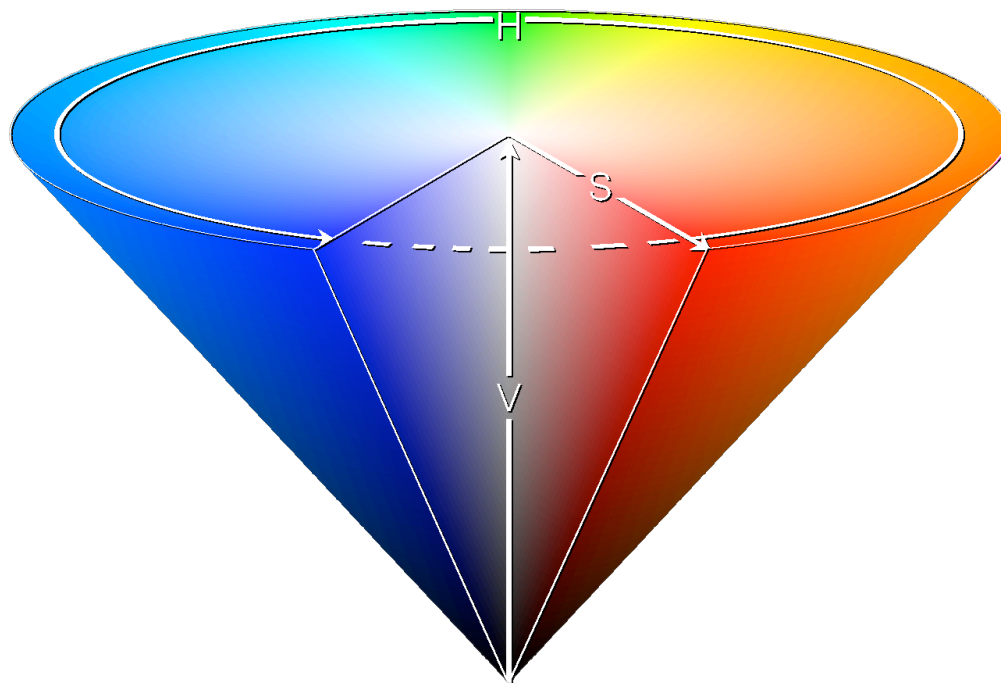
Espaço de Cores não-lineares

- HSV: Hue, Saturation, Value são funções não lineares de XYZ.
 - As relações são representadas como um círculo;
- Uniforme: Pequenos passos iguais fornecem a mesma percepção de mudança nas cores;
- Munsell: descreve superfícies, ao invés de iluminação – menor relevância gráfica. As superfícies devem ser vistas utilizando uma iluminação de referência;

HSV (Hexacone)



HSV (Hexacone)



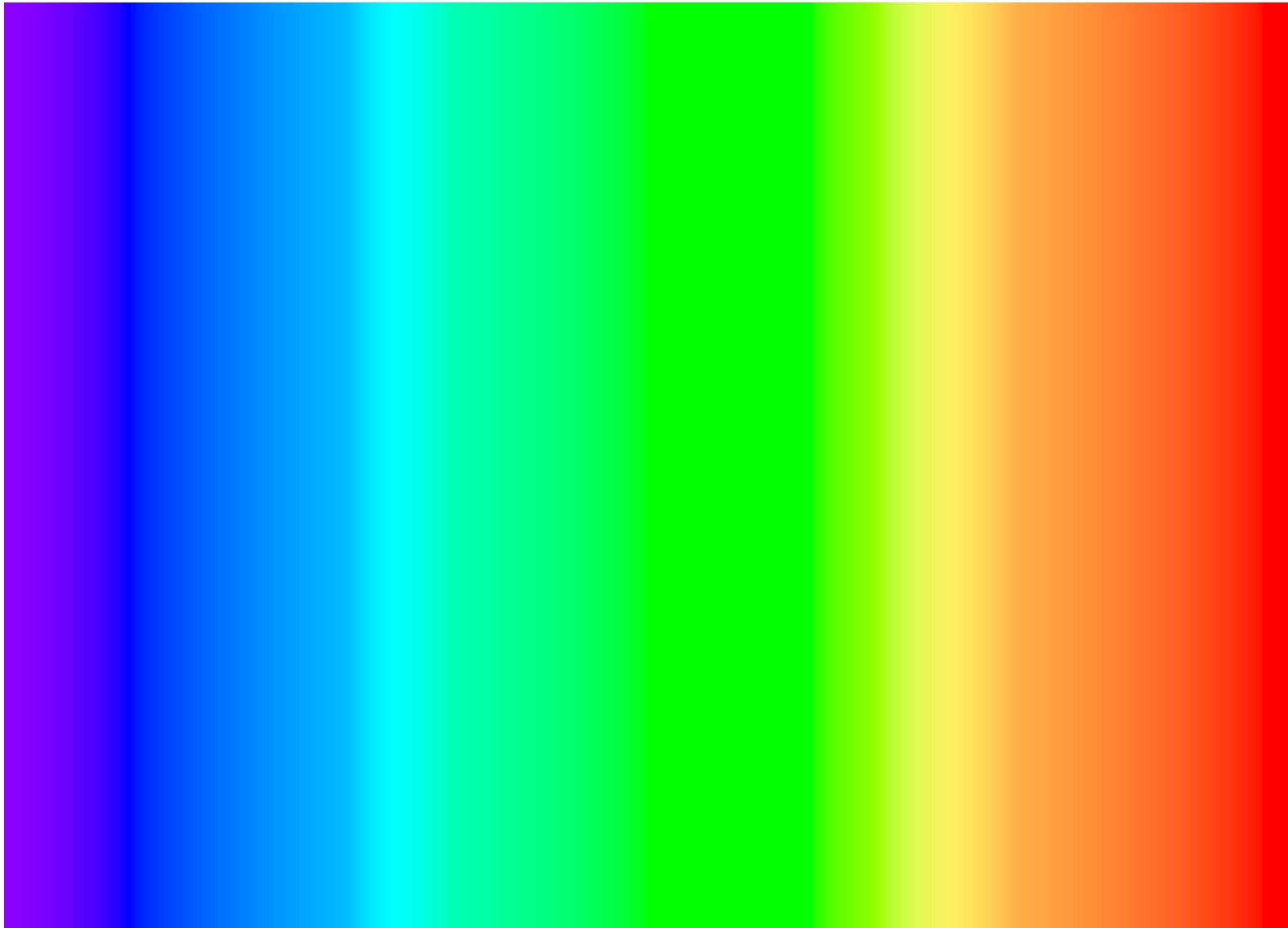
HSV/HSI

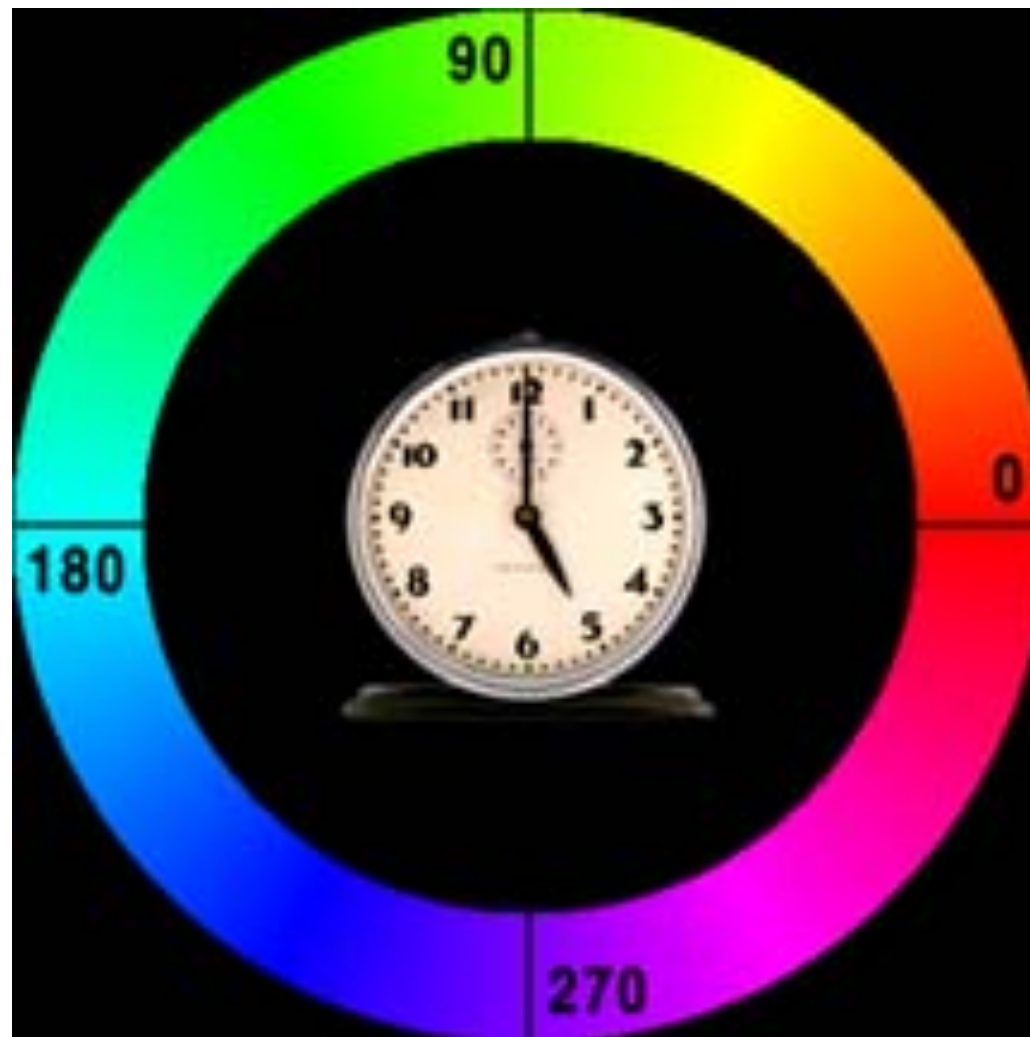
- É um modelo compatível com a forma como descrevemos cores.
 - Matiz (Hue)
 - Saturação (Saturation)
 - Brilho/Intensidade (Intensity)
- Não descrevemos cores como uma combinação de cores primárias.
- Ex: Essa cor é 40% azul, 30% vermelha e 30% verde
- Falamos: Vermelho escuro

HSI

- Matiz (Hue): Descreve uma cor ou comprimento de onda pura (dominante).
- Saturação: Grau de diluição da cor pura por luz branca
- Brilho: Descritor subjetivo, sensação de mais ou menos luz.
- $\text{Matiz} + \text{Saturação} = \text{Cromaticidade}$

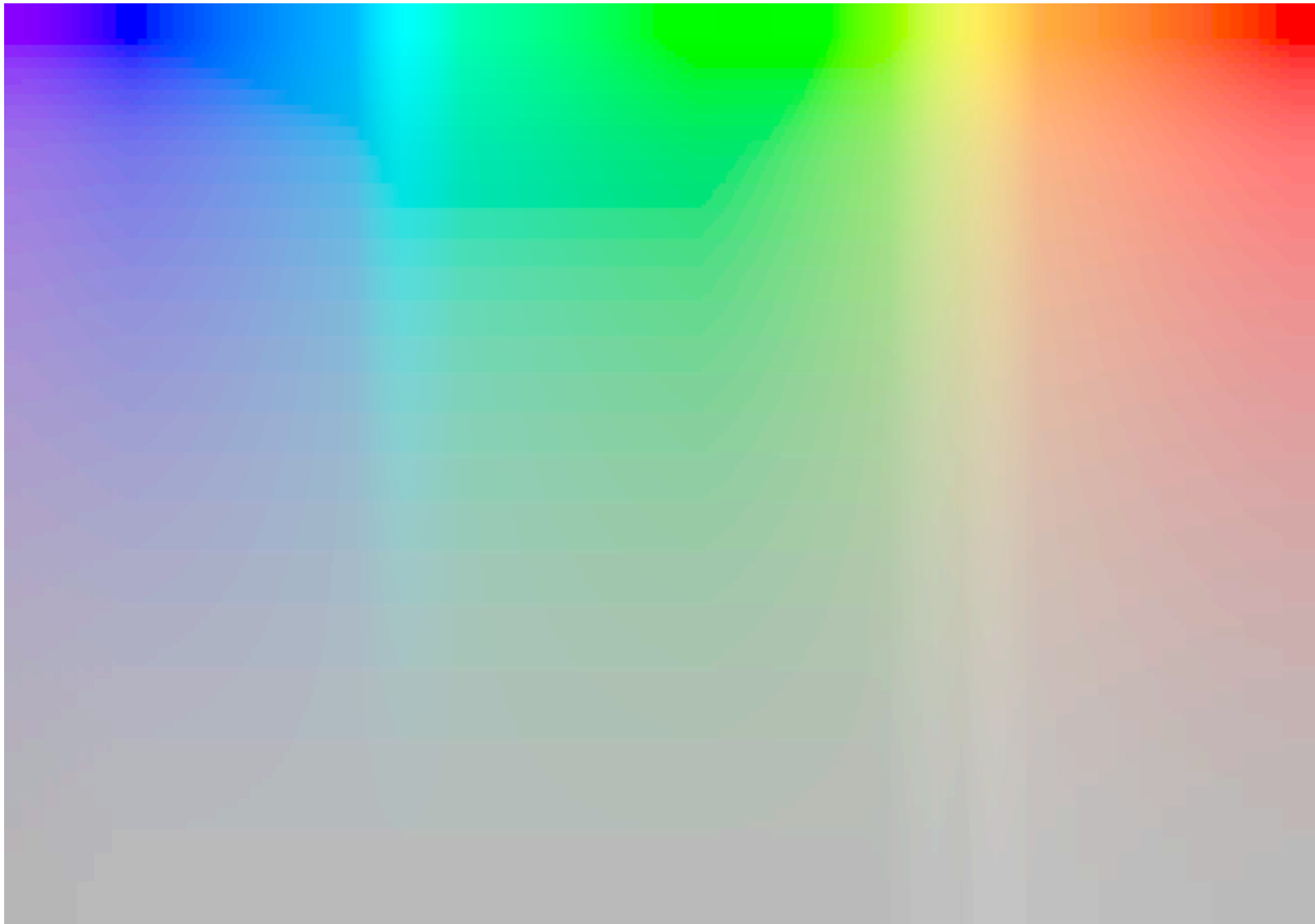
Hue





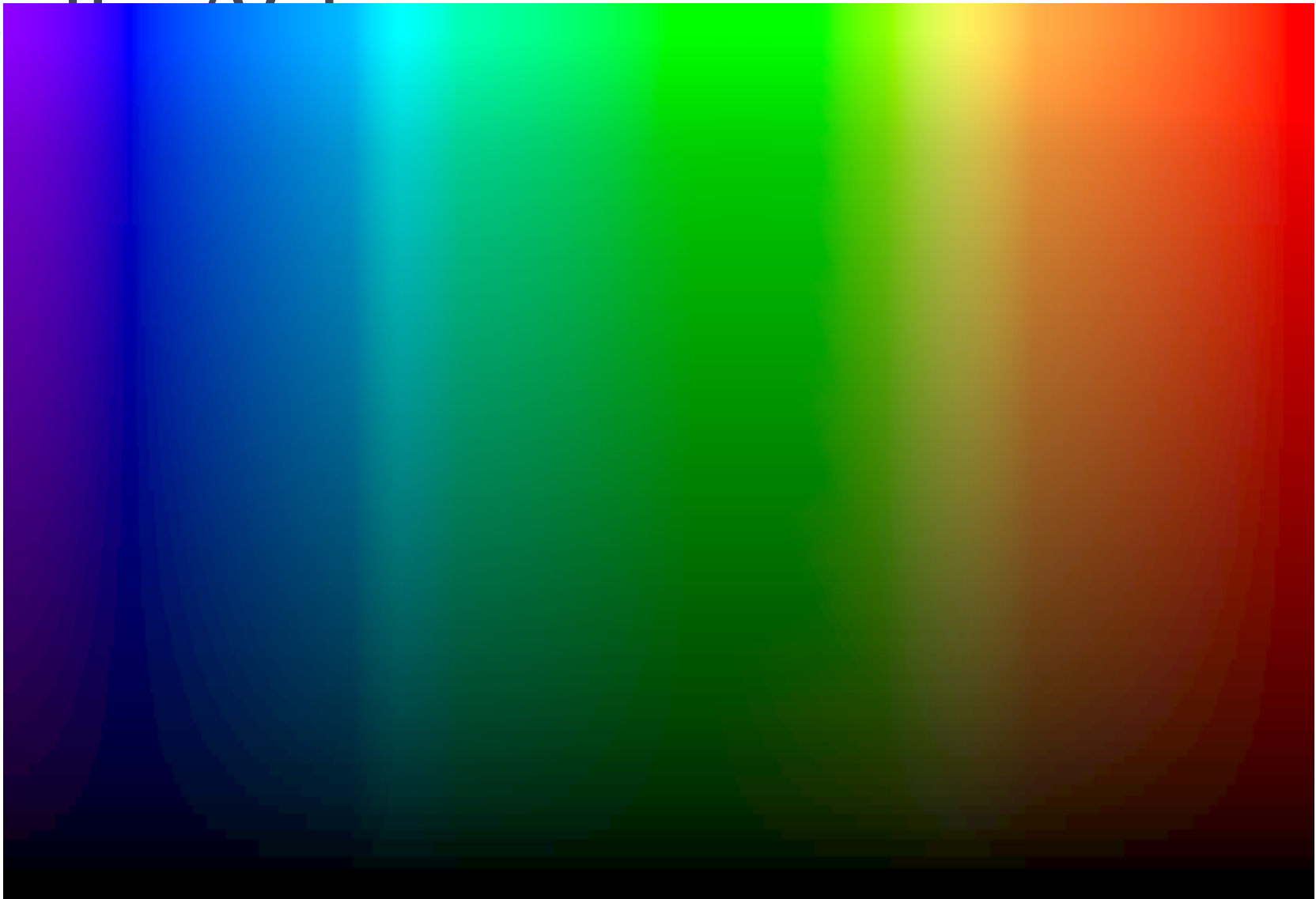
Matiz (Hue)

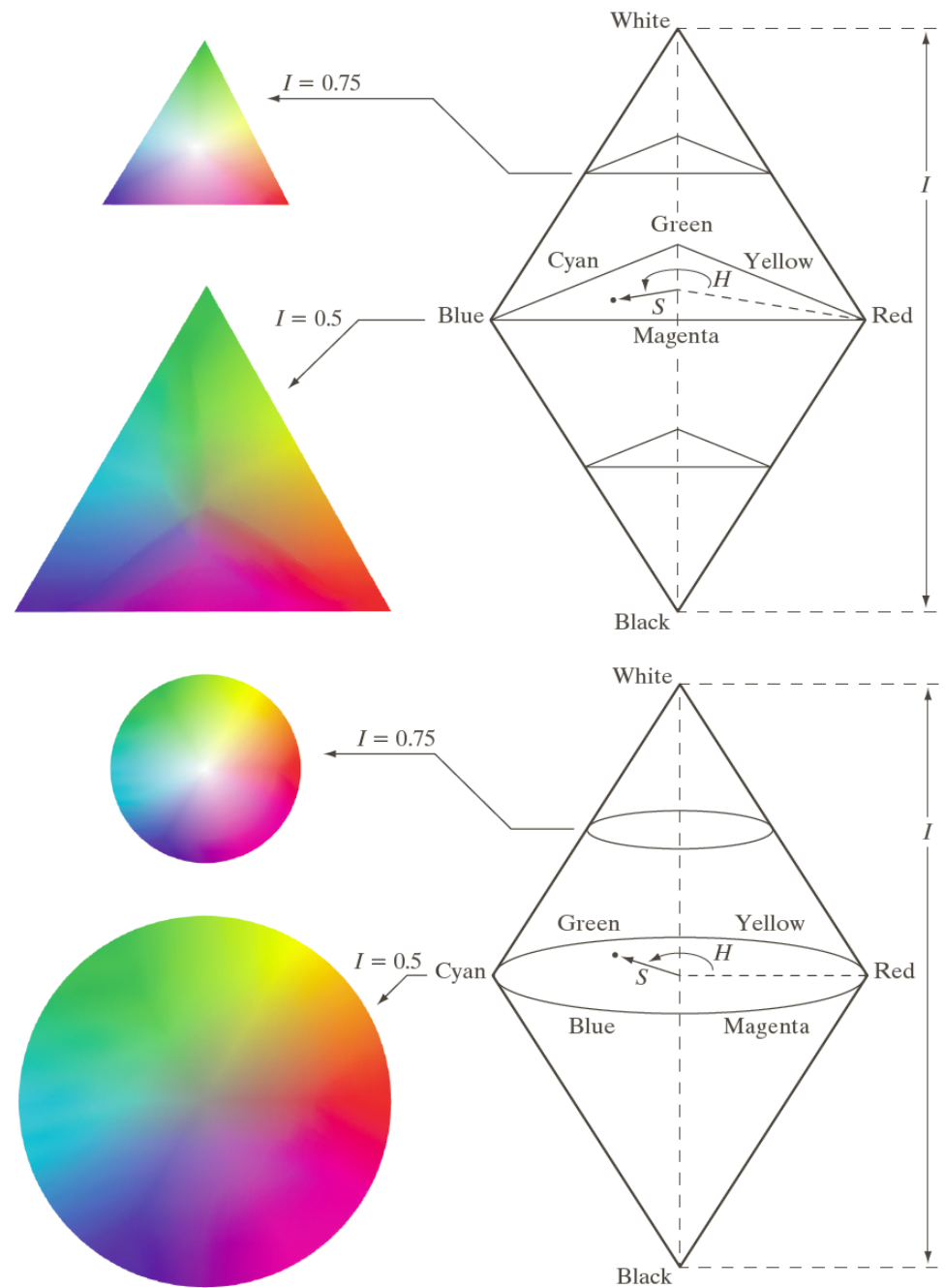
Saturação

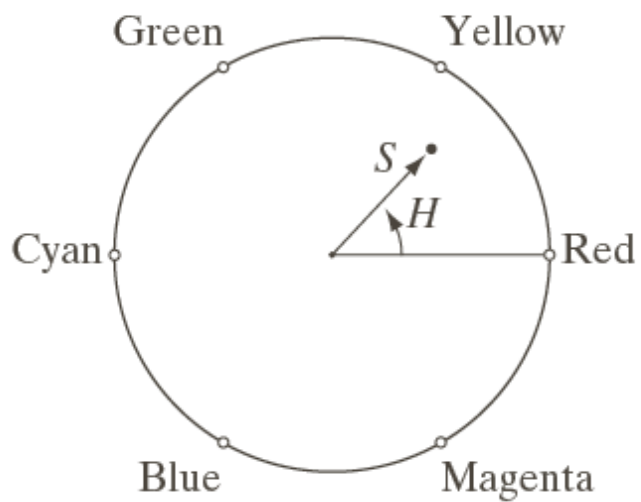
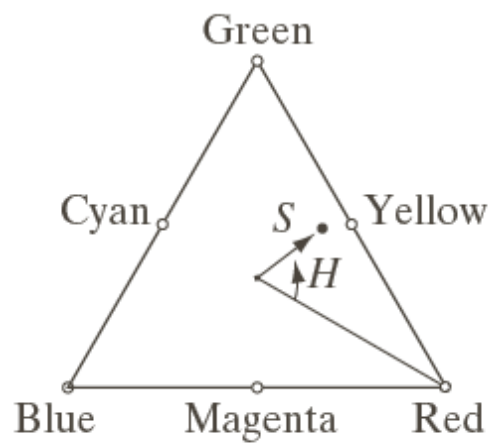
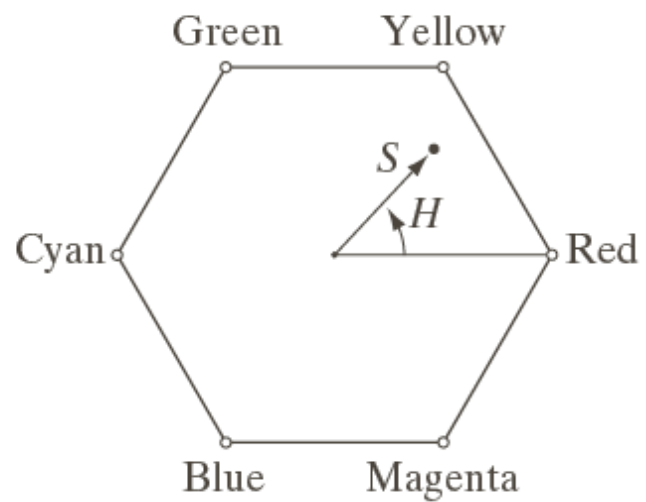
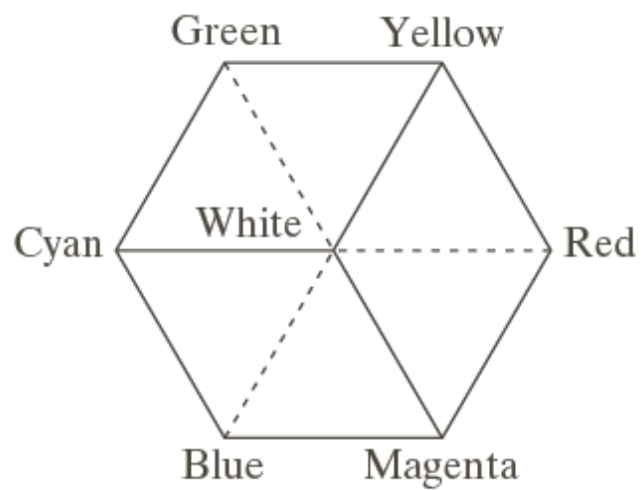




B. $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \right)$







Conversão RGB -> HSV/HSI

$$H = \begin{cases} \theta & \text{se } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{se } B > G \end{cases}$$

$$\Theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\}$$

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

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

* Valor RGB normalizado entre [0,1] e ângulo medido a partir do eixo vermelho

Con' If $0 < H \leq 120$ then

$$\begin{aligned} B &= \frac{1}{3}(1 - S) \\ R &= \frac{1}{3}\left(1 + \frac{S \cos H}{\cos(60 - H)}\right) \\ G &= 1 - (B + R) \end{aligned}$$

If $120 < H \leq 240$ then

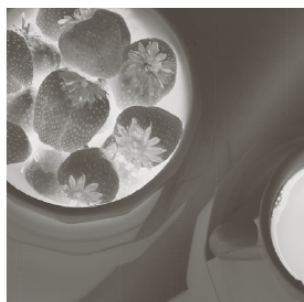
$$\begin{aligned} H &= H - 120 \\ R &= \frac{1}{3}(1 - S) \\ G &= \frac{1}{3}\left(1 + \frac{S \cos H}{\cos(60 - H)}\right) \\ B &= 1 - (R + G) \end{aligned}$$

If $240 < H \leq 360$ then

$$\begin{aligned} H &= H - 240 \\ G &= \frac{1}{3}(1 - S) \\ B &= \frac{1}{3}\left(1 + \frac{S \cos H}{\cos(60 - H)}\right) \\ R &= 1 - (G + B) \end{aligned}$$



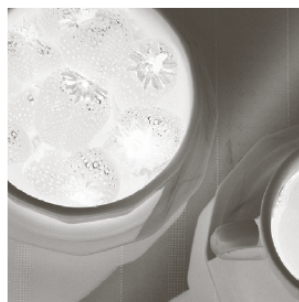
Full color



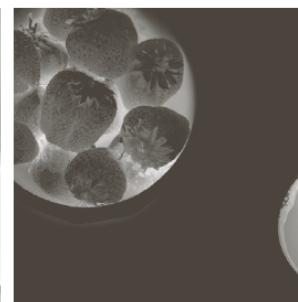
Cyan



Magenta



Yellow



Black



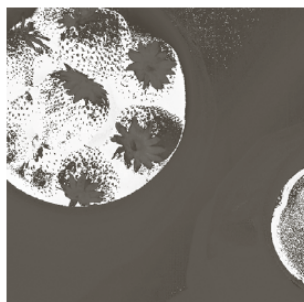
Red



Green



Blue



Hue



Saturation



Intensity

Outros espaços de cores

Color space	Color mixing	Primary parameters	Used for	Pros and cons
RGB	Additive	Red, Green, Blue	Screens	Easy but wasting bandwidth
CMYK	Subtractive	Cyan, Magenta, Yellow, Black	Printer	Works in pigment mixing
YCbCr YPbPr	additive	Y(luminance), Cb(blue chroma), Cr(red chroma)	Video encoding, digital camera	Bandwidth efficient
YUV	additive	Y(luminance), U(blue chroma), V(red chroma)	Video encoding for NTSC, PAL, SECAM	Bandwidth efficient
YIQ	additive	Y(luminance), I(rotated from U), Q(rotated from V)	Video encoding for NTSC	Bandwidth efficient

Receptores de Cores e Deficiências

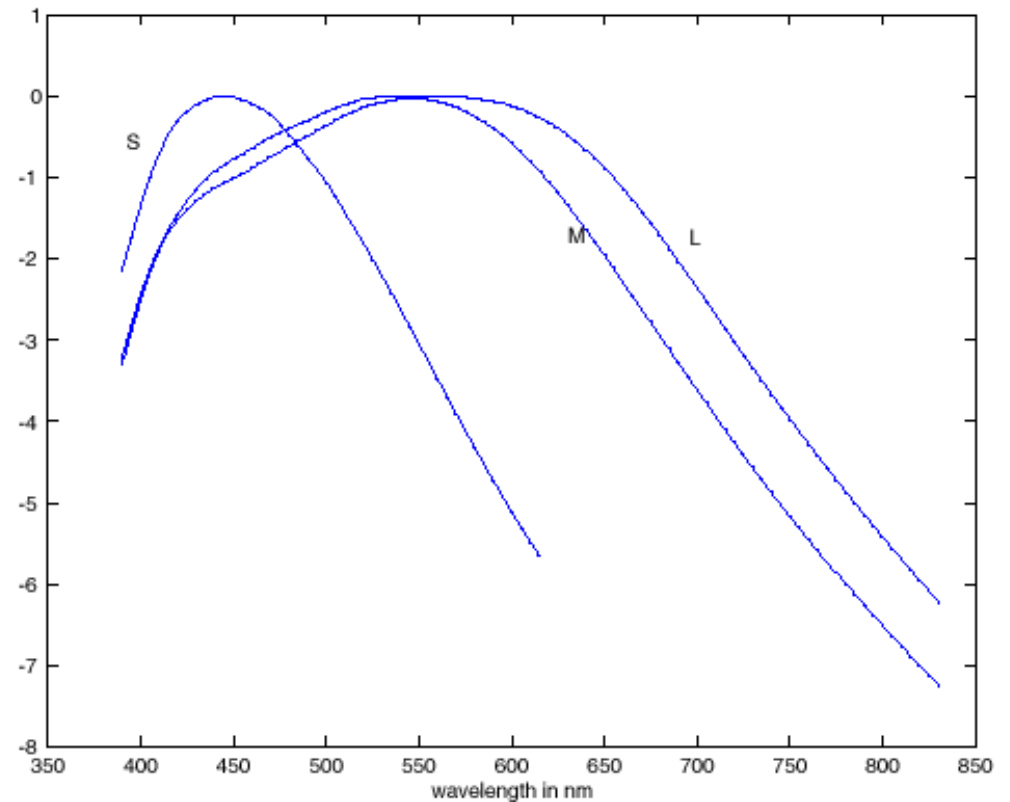
- Trichromacia é justificada – em pessoas normais - pois existem três tipos de receptores de cor, chamados **cones**, que variam em sua sensibilidade à luz em diferentes comprimentos de onda (comprovadas por biólogos moleculares).
- Deficiência podem ser causadas pelo Sistema Nervoso Central, problemas ópticos nos olhos, ou pela falta de algum tipo de receptor:
 - Geralmente causado por “falta” de algum gene;
- Algumas pessoas têm menos que os três tipos de receptores; mais comum é a deficiência Daltonismo vermelho-verde em homens.
- Deficiência de cor é menos comum nas mulheres, os genes de receptores vermelho e verde são provenientes do cromossomo X, e estes são os que normalmente dão problema. As mulheres precisam de dois cromossomos X ruins para ter uma deficiência, e isso é menos provável.

Receptores de Cor

- **Princípio da Univariância:** cones dão o mesmo tipo de resposta, em quantidades diferentes, para diferentes comprimentos de onda. A saída do cone é obtida pela soma dos comprimentos de onda. As respostas são medidas em uma variedade de formas (comparando o comportamento de cor normal e cor indivíduos deficientes).
- Todo experimentos sugerem que a resposta para o k-ésimo tipo de cone pode ser escrito como:
$$\int \rho_k(\lambda) E(\lambda) d\lambda$$
onde $\rho_k(\lambda)$ é a sensividade do receptor e densidade de energia espectral da luz incidente.

Receptores de Cores

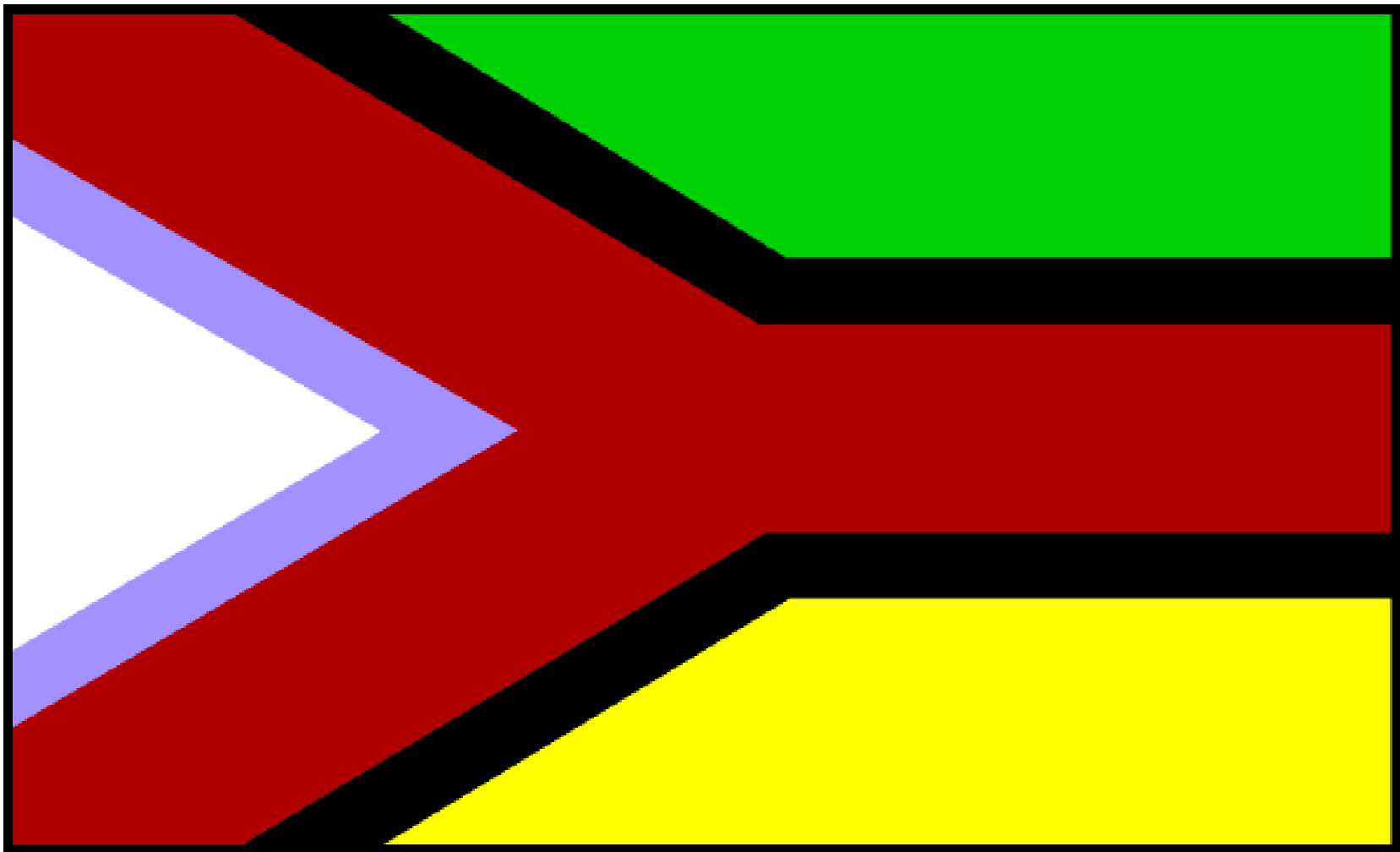
- Resposta dos cones para curtos (S), médio (M) e grandes (L) comprimentos de ondas, respectivamente.





Fenômeno da Adaptação

- A resposta do seu sistema de cor depende tanto contraste espacial e que ele tenha visto antes (adaptação).
- Receptores parecem ter um “ponto de operação” que varia lentamente ao longo do tempo para sinalizar algum tipo de compensação.
- Uma forma de adaptação envolve mudar esse ponto de operação.







Próxima aula...

- Filtros Lineares