

Luz, Cor, Sistema Visual Humano e Dispositivos de Saída

Março/2011



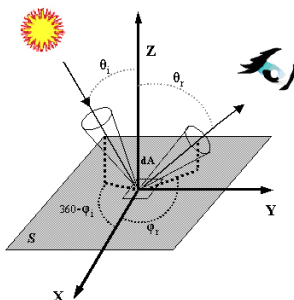
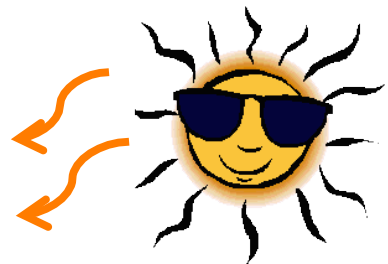
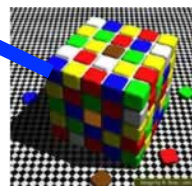
Introdução

- Computação Gráfica sintetiza IMAGENS para serem vistas por um observador humano
- O que é uma IMAGEM?



Imagem (definição 1)

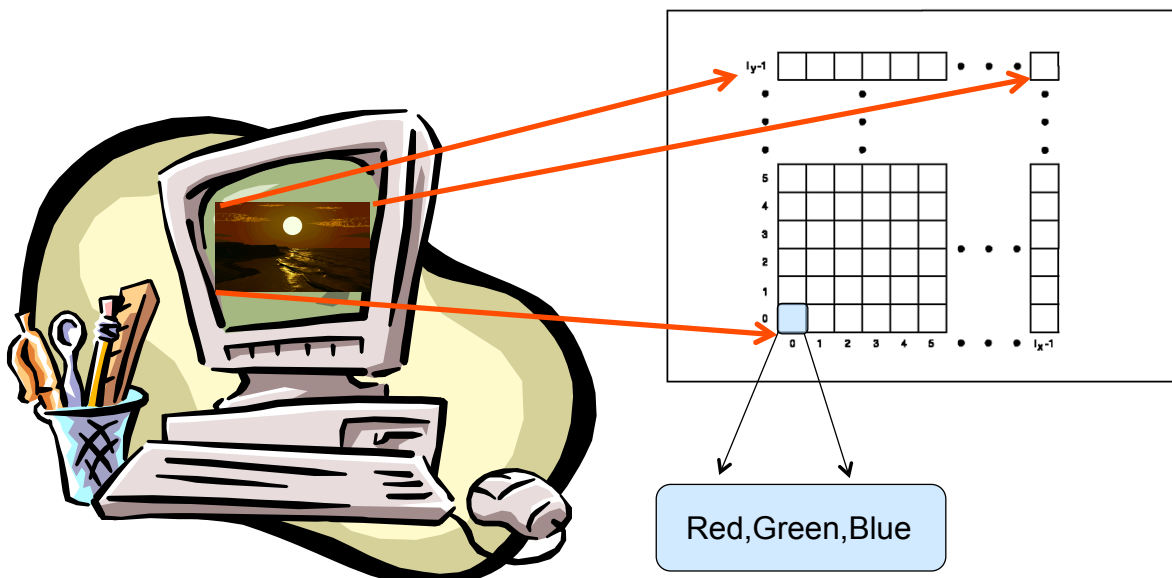
- O que um observador humano PERCEBE como resultado da LUZ refletida por um objeto atingindo o OLHO



3

Imagem (definição 2)

- Uma matriz de valores dentro do computador



One Picture Element - Pixel

4

Problemas Associados

- Como representar a informação luminosa dentro do computador?
 - Processo de percepção humana de cor e luz
 - Tradução da representação interna num padrão de emissão de luz

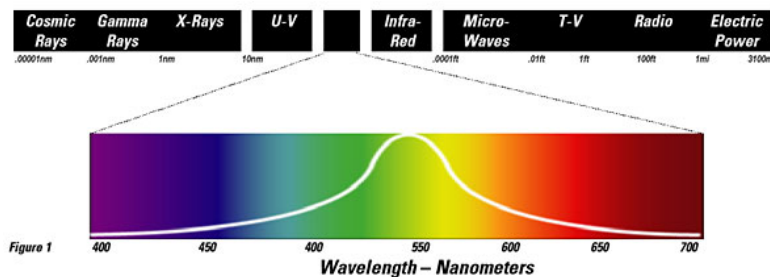
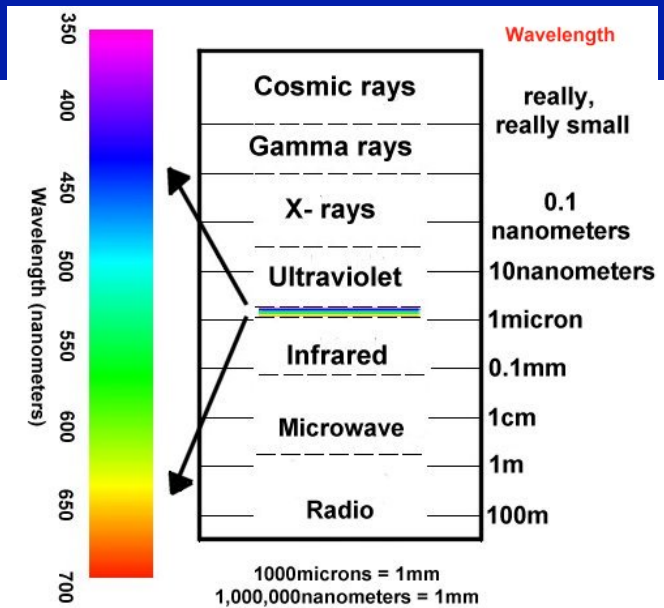
Problemas Associados

- Quero uma camiseta AZUL!



O que é Luz?

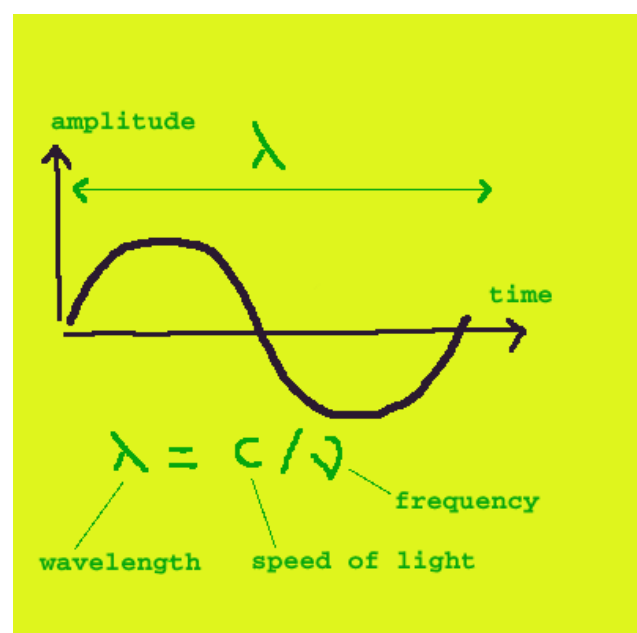
- Energia
- Faixa (muito pequena) de radiações eletromagnéticas que afetam o sentido humano de visão



7

O que é Cor?

- Sensação visual produzida pelos comprimentos de onda atingindo o olho humano
- Uma cor “pura” pode ser definida pelo seu comprimento de onda, ex:
 - Vermelho: 700nm
 - Violeta: 400nm



8

Fontes de Luz

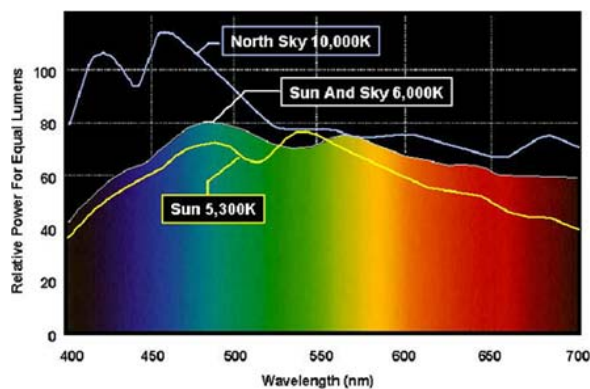
- Luz é uma forma de energia
- Energia é emitida quando os elétrons trocam de um nível de energia para outro com menos energia
- Movimento dos elétrons para níveis + altos provocado por:
 - Calor (lâmpadas incandescentes)
 - Descargas Elétricasleva os elétrons a voltarem aos níveis mais baixos, liberando energia.

9

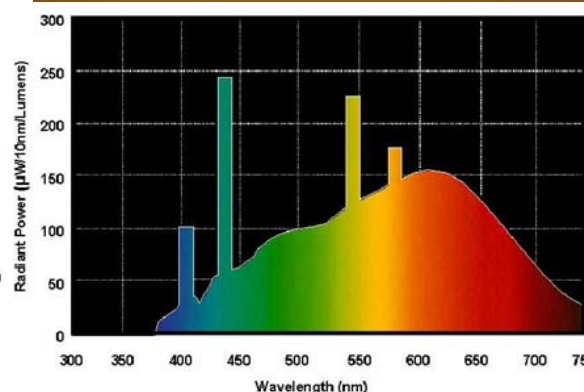
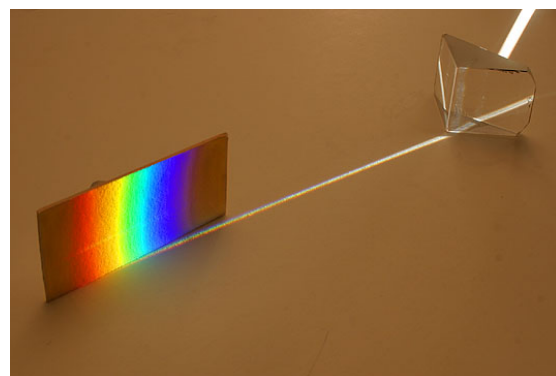


Caracterização de Fontes de Luz

- Distribuição Espectral
Quais os comprimentos de onda emitidos pela fonte de luz

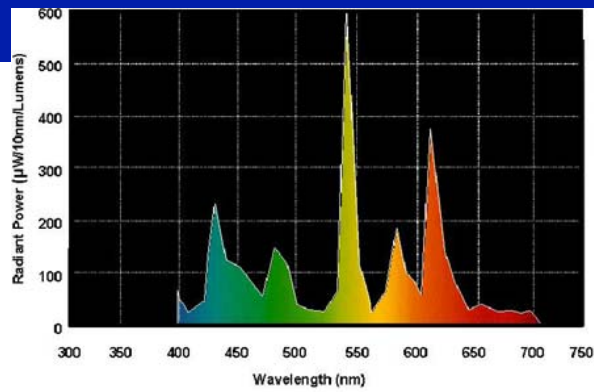


Luz do sol

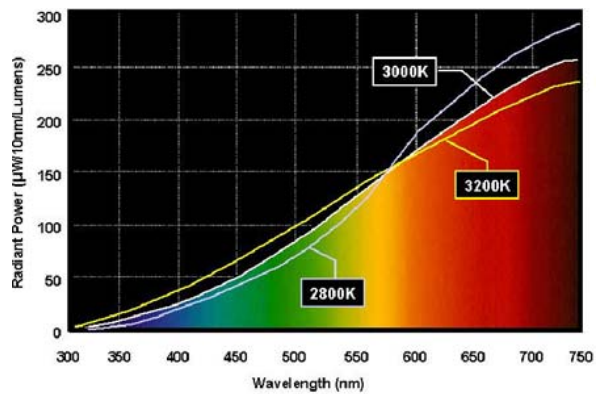


10





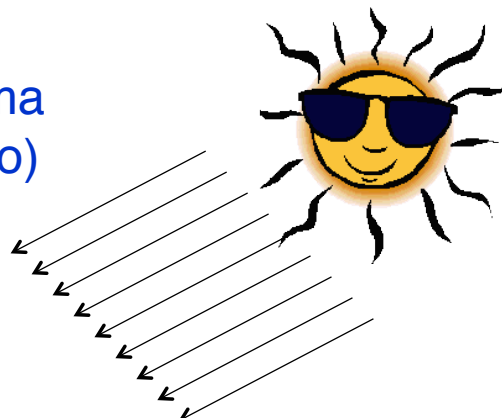
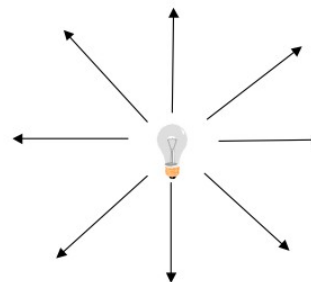
Fluorescente GE (SPX50)



Luz incandescente

Tipos de Fontes de Luz

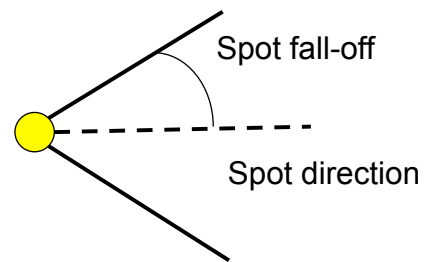
- **Pontuais** – emitem luz igualmente em todas as direções (idealização)
- **Direcionais** – raios emitidos todos na mesma direção (ponto no infinito)
Ex: Sol



Tipos de Fontes de Luz

- **Spot** – emitem luz em direções diferentes

Spot Fall-Off
Spot Direction



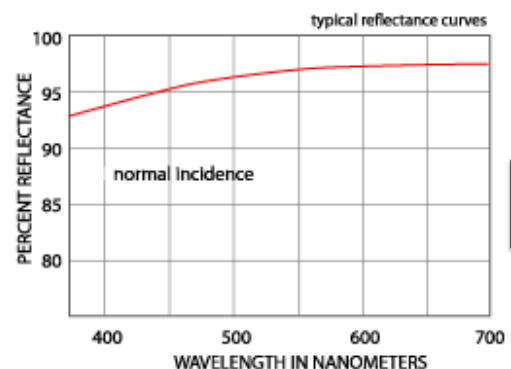
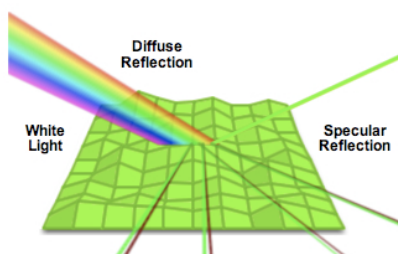
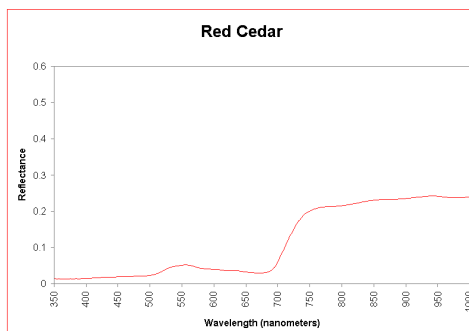
- **Área** – Emissão ocupa uma superfície 2D



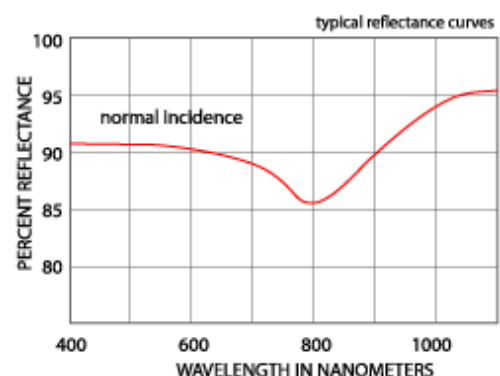
13

Caracterização dos Objetos

- Reflexão dos Objetos



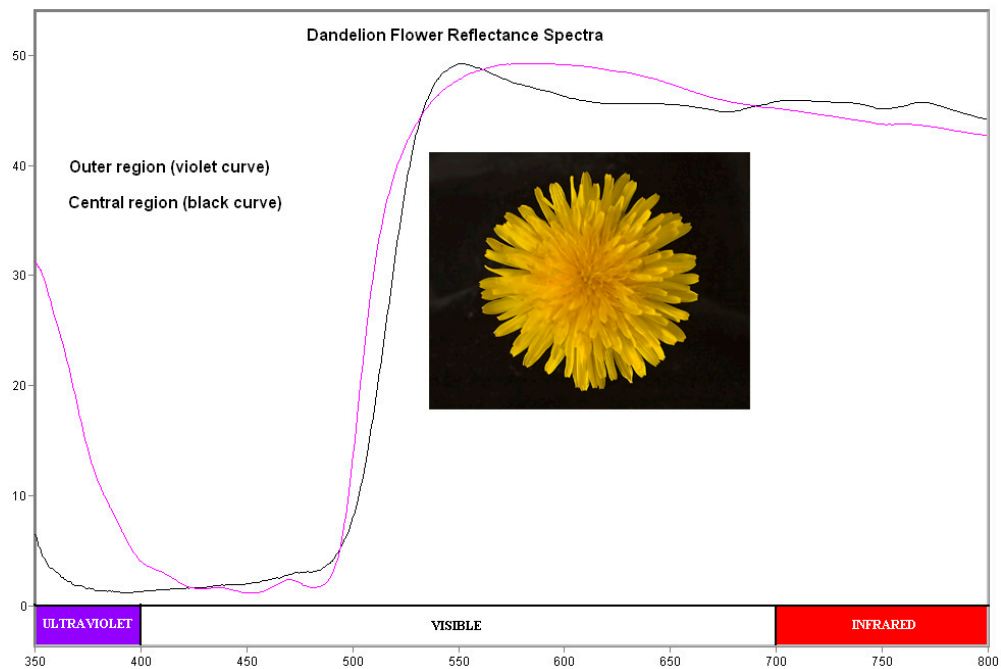
Prata



Alumínio

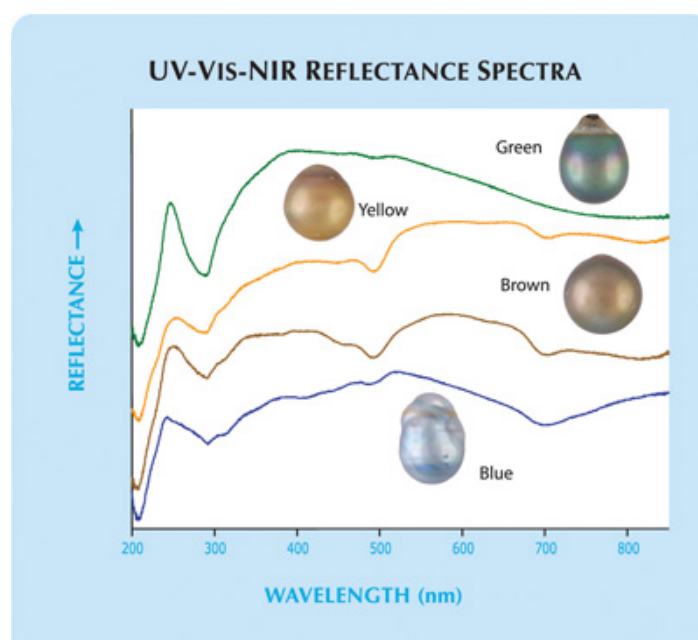
14

Flores



15

Pérolas



16

Interação entre Fonte e Objetos

- http://www.gelighting.com/na/business_lighting/education_resources/learn_about_light/color_lamp.htm



http://www.cs.brown.edu/exploratories/freeSoftware/repository/edu/brown/cs/exploratories/applets/spectrum/reflection_java_browser.html

17



Fluorescência e Fosforescência

- Tempo que leva para os elétrons fazerem a transição
- Fluorescentes: 10^{-6} segundos
- Fosforescentes: 10^{-3} seg até horas e dias
- Qual material deveria ser utilizado em monitores de vídeo e televisores?

18



Fósforos

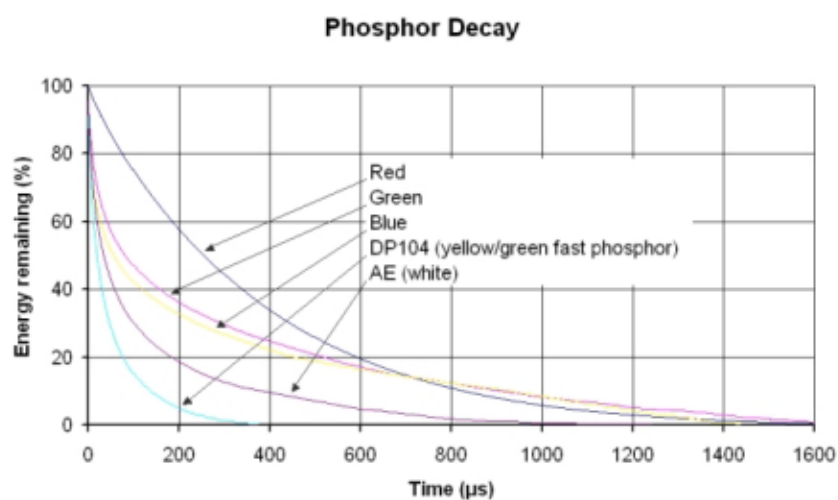
- Fósforos são materiais utilizados em TVs e Monitores
- Exemplo
 - Fósforo X
 - Comprimento de onda: 627nm
 - Cor: vermelha
 - Persistência: 900×10^{-6} segundos
 - Uso: TVs a cores

<http://www.lgchem.com/lgcci.homepi.prod.RetrieveElectronicDetail.laf?classId=100003&prodId=01140200001&disMenu=2>

19



Decaimento em Energia



Fósforo DP 104

20



Exemplos de Fósforos

Standard phosphor types

[\[edit\]](#)

Standard phosphor types ^[20]							
Phosphor [x]	Composition [x]	Color [x]	Wavelength [x]	Peak width [x]	Persistence [x]	Usage [x]	Notes [x]
P1, GJ	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4\text{:Mn}$ (Willemite)	Green	528 nm	40 nm ^[21]	1-100ms	CRT, Lamp	Oscilloscopes
P4	$\text{ZnS:Ag+(Zn,Cd)S:Ag}$	White	-	-	Short	CRT	Black and white TV CRTs and display tubes.
P4 (Cd-free)	$\text{ZnS:Ag+ZnS:Cu+Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$	White	-	-	Short	CRT	Black and white TV CRTs and display tubes, Cd free.
P4, GE	ZnO:Zn	Green	505 nm	-	1-10 μ s	VFD	VFDs
P7	?	Blue with Yellow persistence	-	-	Long	CRT	Radar PPI, old EKG monitors
P10	KCl	green-absorbing scotophor	-	-	Long	Dark-trace CRTs	Radar screens; turns from translucent white to dark magenta, stays changed until erased by heating or infrared light
P11, BE	ZnS:Ag,Cl or ZnS:Zn	Blue	460 nm	-	0.01-1 ms	CRT, VFD	Display tubes and VFDs
P19, LF	$(\text{KF,MgF}_2)\text{:Mn}$	Orange-Yellow	590 nm	-	Long	CRT	Radar screens
P20, KA	$(\text{Zn,Cd)S:Ag}$ or $(\text{Zn,Cd)S:Cu}$	Yellow-green	-	-	1-100 ms	CRT	Display tubes
P22R	$\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu+Fe}_2\text{O}_3$	Red	-	-	Short	CRT	Red phosphor for TV screens
P22G	ZnS:Cu,Al	Green	-	-	Short	CRT	Green phosphor for TV screens
P22B	$\text{ZnS:Ag+Co-on-Al}_2\text{O}_3$	Blue	-	-	Short	CRT	Blue phosphor for TV screens
P26, LC	$(\text{KF,MgF}_2)\text{:Mn}$	Orange	595 nm	-	Long	CRT	Radar screens

21

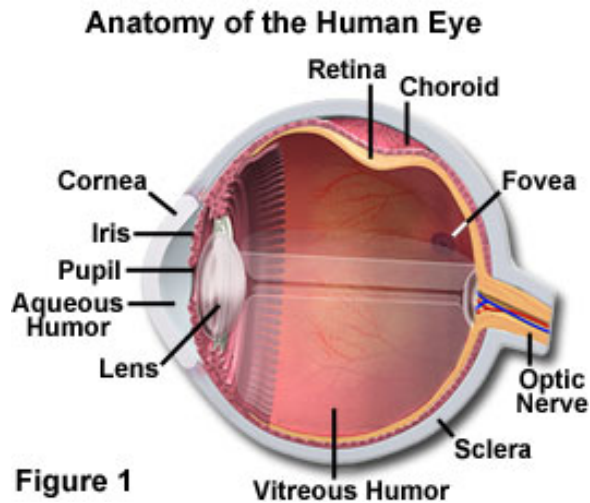


Visão Humana



22



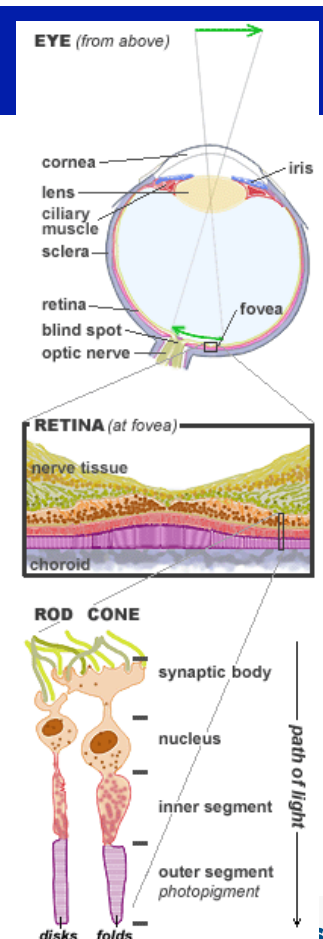


- Retina: parte sensível à luz (200° de cobertura)
- Íris: regula a quantidade de luz que entra no olho
- Lente permite foco
- Fovea: melhor acuidade na retina

23



- Luz penetra no olho e atinge a retina
- Retina contém células foto-sensíveis
 - Envia sinais elétricos para o cérebro
- 2 tipos de células
 - Rods (Bastões)
 - Cones



24

Células na Retina

- RODS

- 120 milhões
- Não detectam cor (intensidade de luz)
- Muito sensíveis
- Maior concentração na periferia da retina

- CONES

- Responsáveis pela visão colorida
- 6 a 7 milhões
- 3 tipos com receptores químicos
- Comprimentos de onda grandes (vermelho), médios (verde) e curtos (azul)
- Cones curtos MENOS receptivos do que os outros dois

Absorption Spectra of Human Visual Pigments

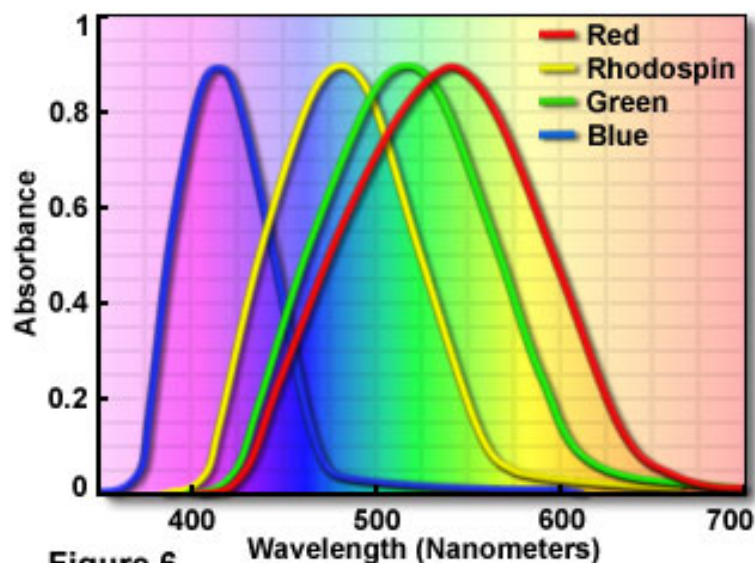
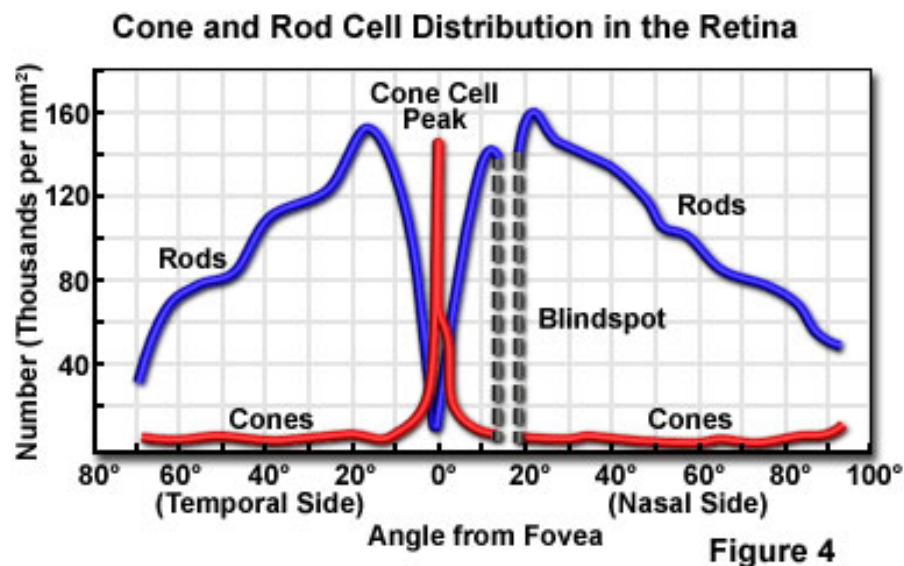


Figure 6

Distribuição de Bastões e Cones



27

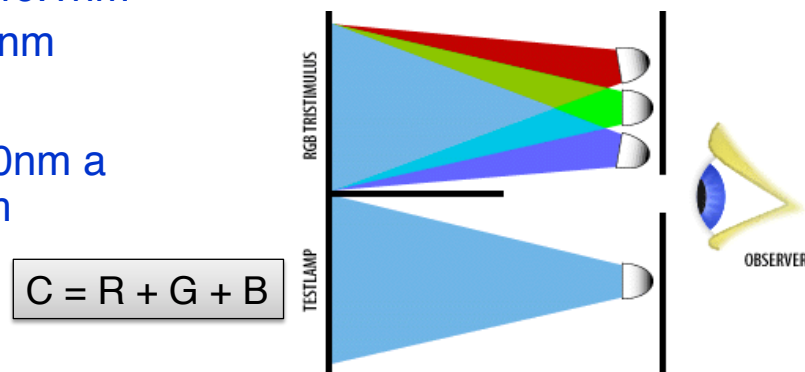
Teoria de Cor Tricromática

- 3 receptores de cores primárias no olho
- Quantas cores vemos?
- Condução de experimentos para determinar quantas cores nós vemos
- Expressão de todas as cores como combinações de cores primárias

28

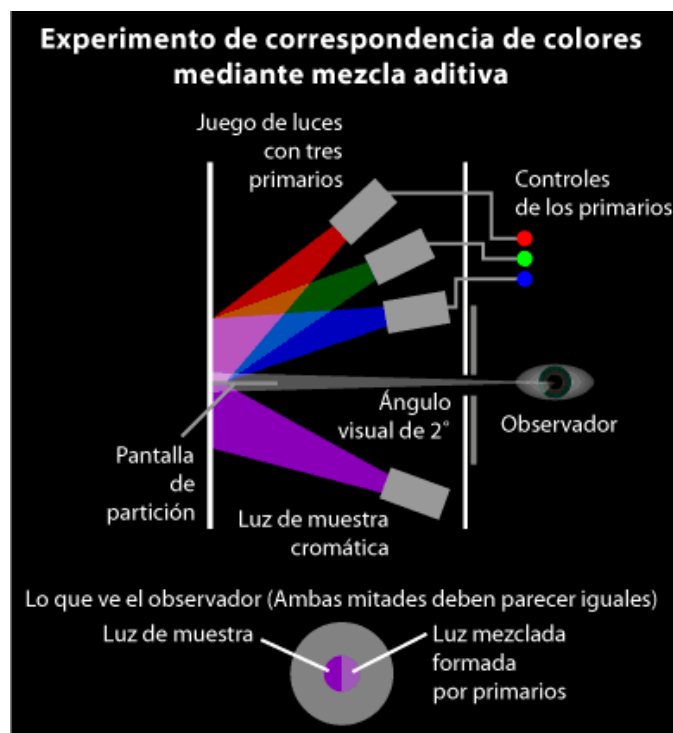
Experimentos CIE 1931

- CIE - Commision Internationale de L'Eclairage
- 3 primárias
 - Blue: 435.8 nm
 - Green: 546.1nm
 - Red: 700nm
- Espectro
 - 360 – 830nm a cada 5nm



29

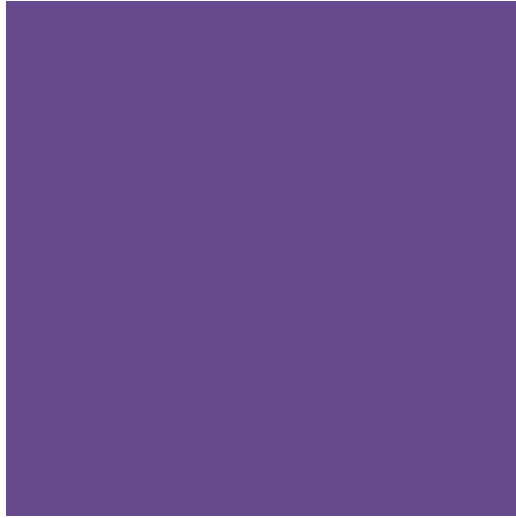
Experimento



30

Experimento

Cor 1



R? G? B?

31



Experimento

Cor 2



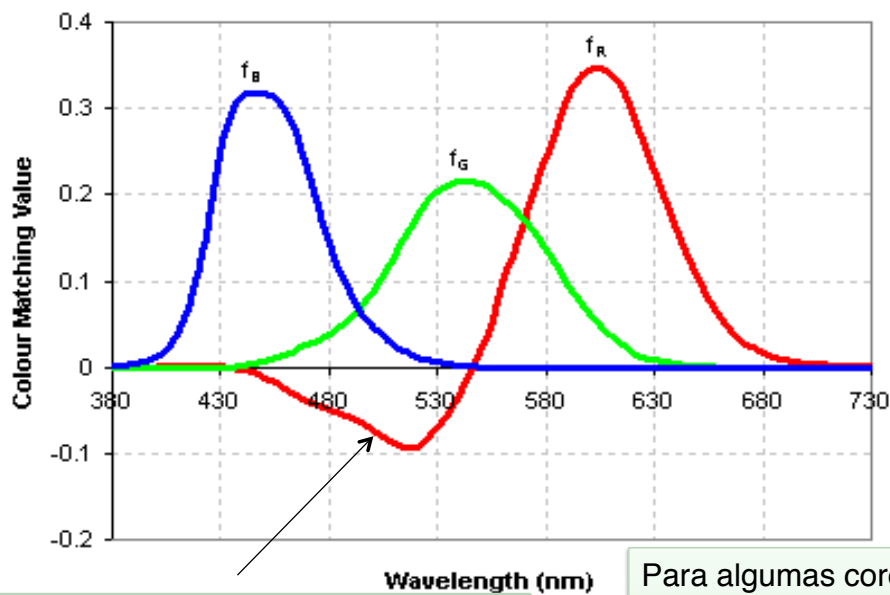
R? G? B?

e assim por diante...

32



Funções de Reconstrução de Cor RGB



Como explicar a parte negativa em R?

Para algumas cores, só foi possível obter a cor teste se a primária R fosse adicionada à cor teste, ou seja:

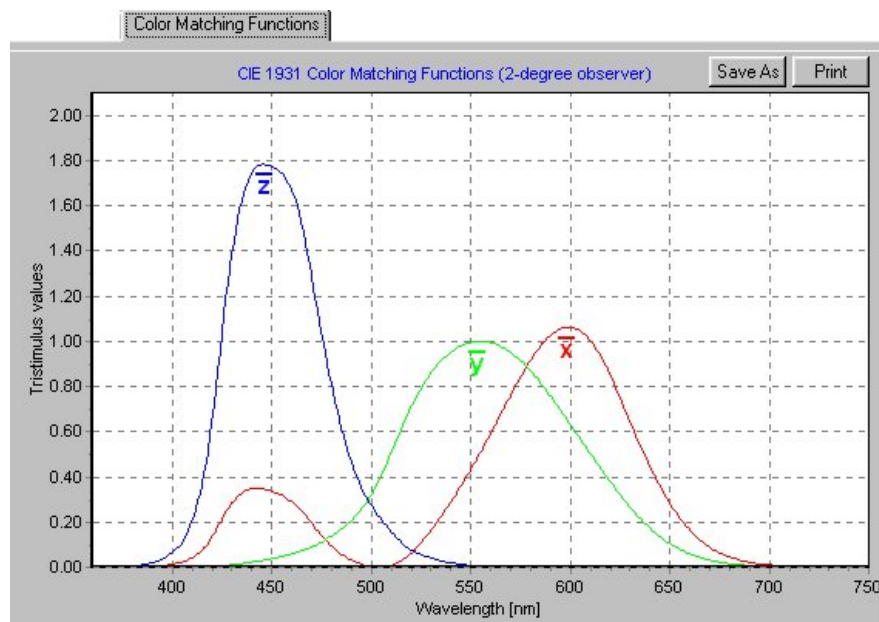
$$C + R = G + B \text{ ou}$$

$$C = G + B - R$$

33

UFRGS

Funções de Reconstrução de Cor XYZ



Transformação das funções RGB para eliminar o R negativo e fazer Y igual a distribuição de intensidade luminosa (Rhodospin – slide 25)

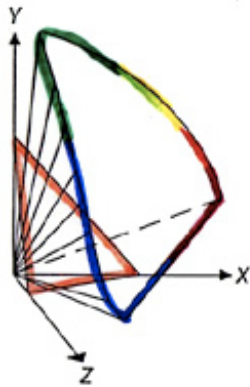
34

UFRGS

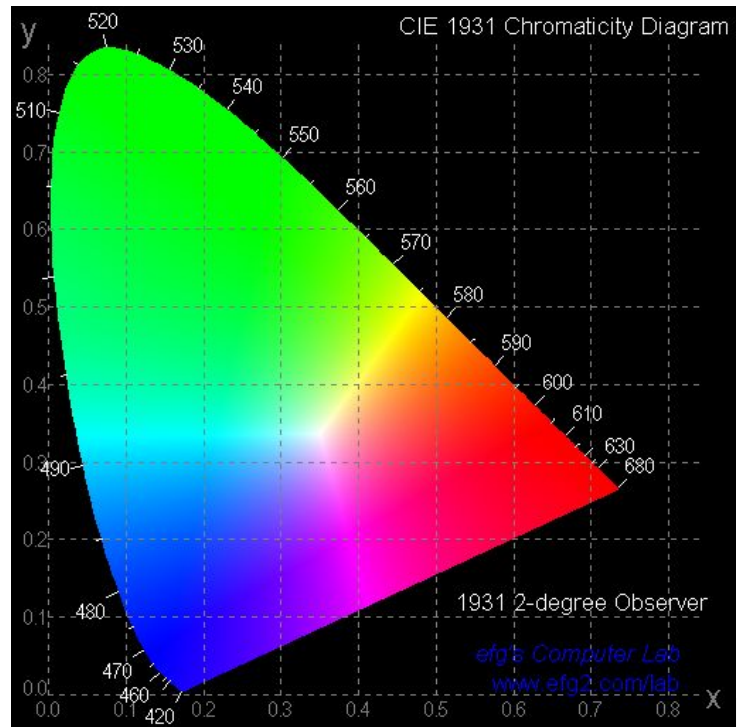
CIE Diagrama de Cromaticidades

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$



35



UFRGS

Que cor é esta camiseta?



X=0.25
Y=0.12



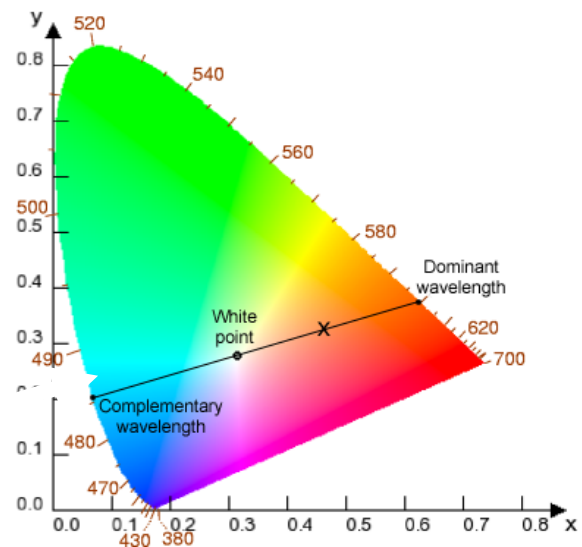
CR-400

36

UFRGS

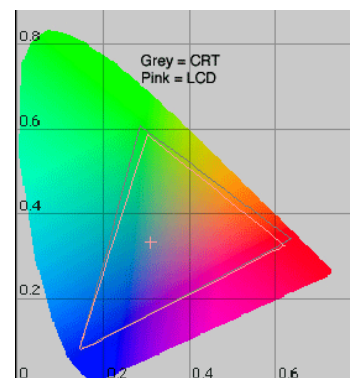
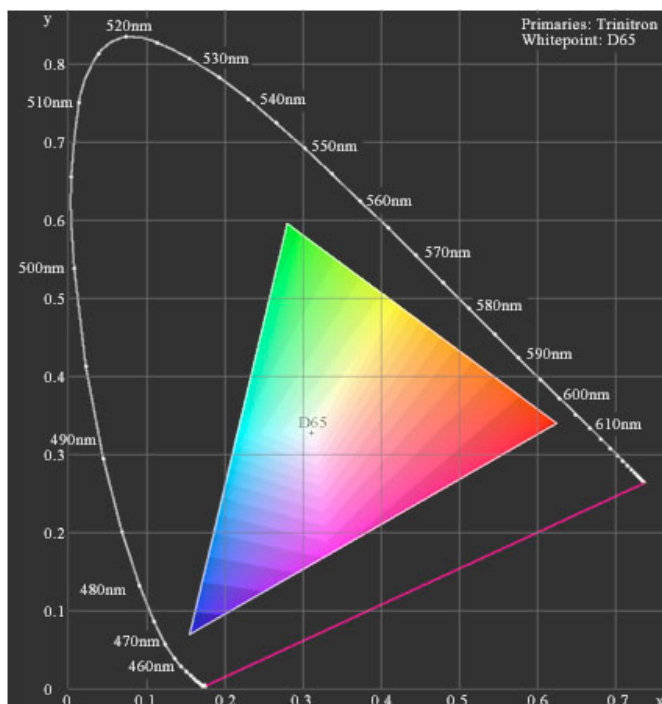
Propriedades do Diagrama de Cromaticidade

- Cores puras (monocromáticas)
- Cores padrão (exemplo $x=0.31$ $y = 0.316$)
- Comprimento de onda dominante
- Cor complementar



37

Gamuts de Cor



Espaço de cores
“exibíveis” por um
dispositivo

38

Comparação entre Gamuts

- Qual é melhor? Porque?

Monitor Dell

R: (0.625 0.34)

G: (0.31 0.595)

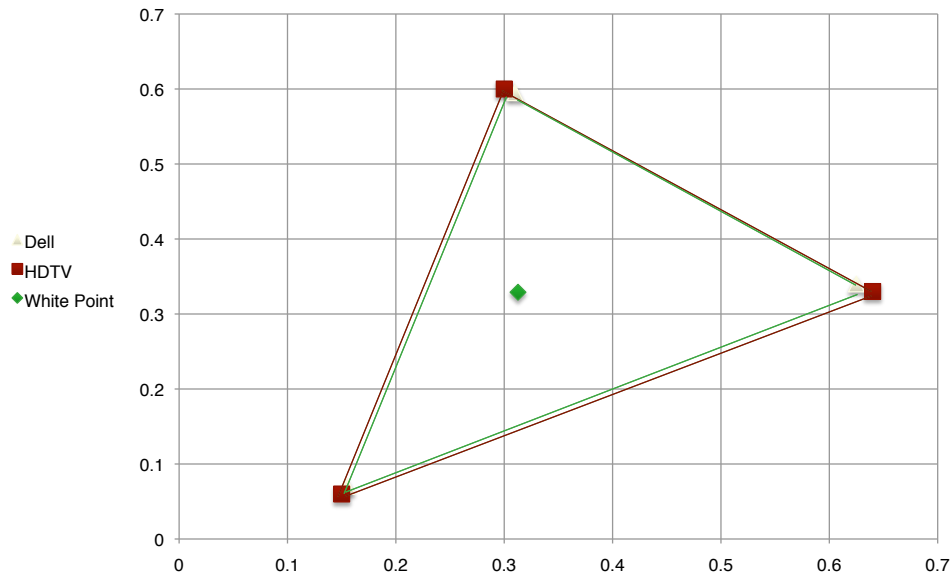
B: (0.155 0.07)

HDTV

R: (0.64 0.33)

G: (0.3 0.6)

B: (0.15 0.06)



39

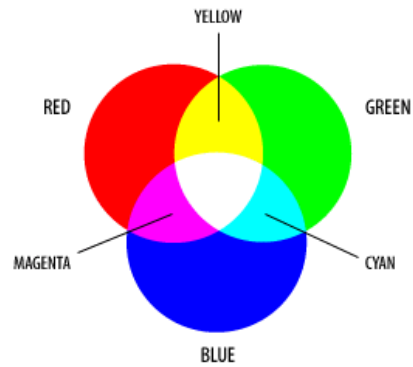
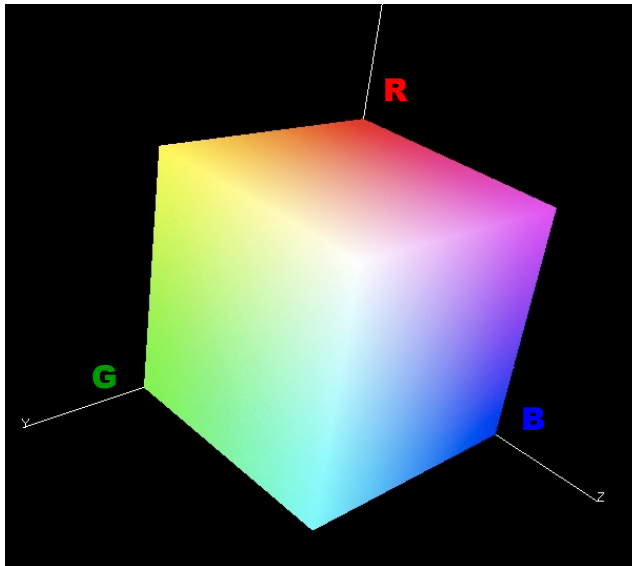
Modelos de Cor

- RGB
- CMY
- HSV/HLS

40

Modelo de Cor RGB - Aditivo

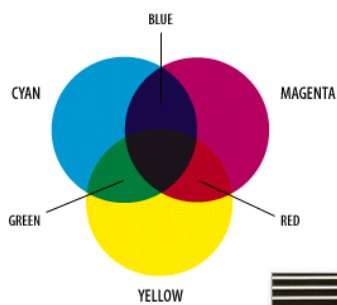
“Adicionar” Luz



41



Modelo de Cor CMY- Subtrativo



“Remover” Luz
Utilizado em impressoras



Original painting

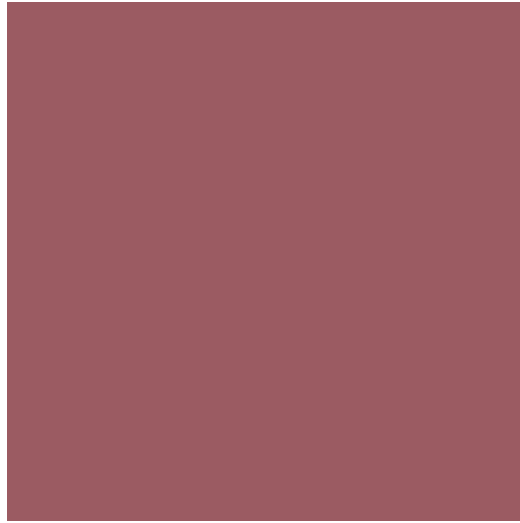


CMYK Components

42

Dificuldade com modelo RGB

Qual a especificação RGB deste cor?



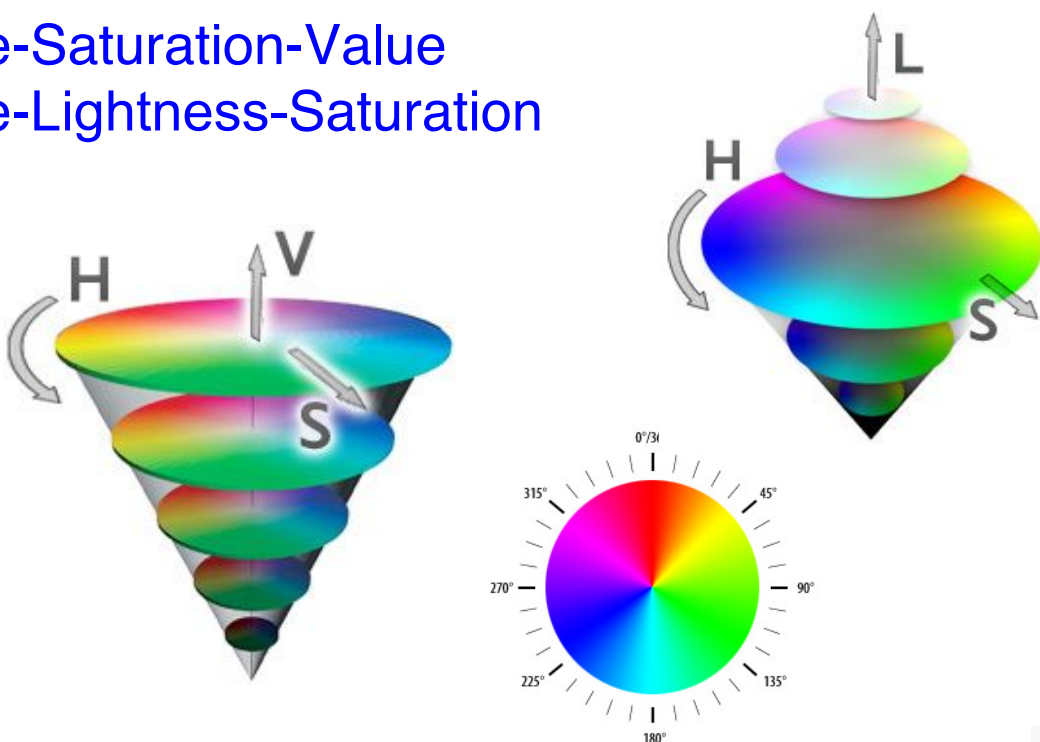
R=136 G=71 B=79

Não é intuitivo ou fácil de especificar!

43

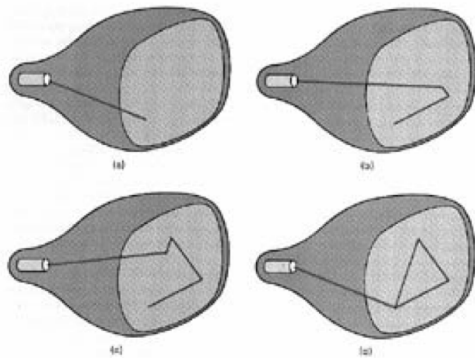
Modelo de Cor

Hue-Saturation-Value
Hue-Lightness-Saturation



44

Tecnologia de output

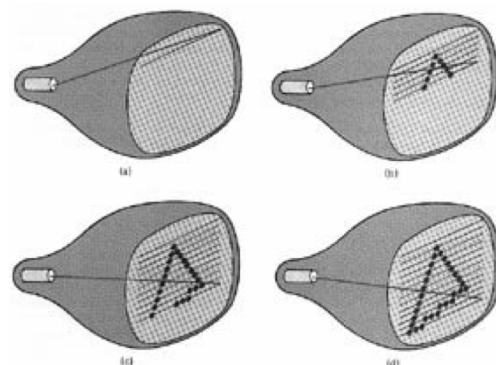


- (Anos 60) Vector systems
 - Processador de display (I/O) conectado na CPU
 - Especificação em alto-nível (início linha, final linha)

45

Tecnologia de output

- (Anos 70) Raster systems
 - Tecnologia baseada em TV (tecnologia raster onde linhas são traçadas horizontalmente)

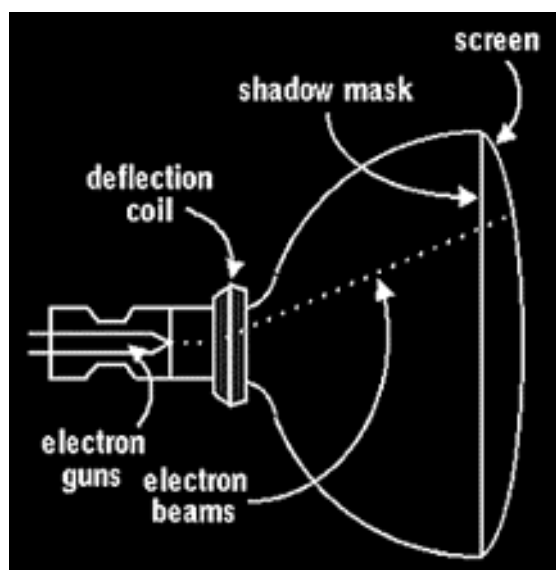


46

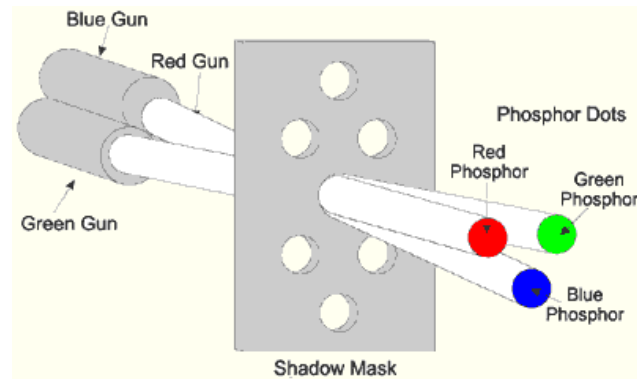
Componentes

- Frame-Buffer
- Conversor DAC
- Monitor de Vídeo
 - CRT
 - Controlador de Vídeo

Tubo de Raios Catódicos (CRT - Cathode Ray Tube)

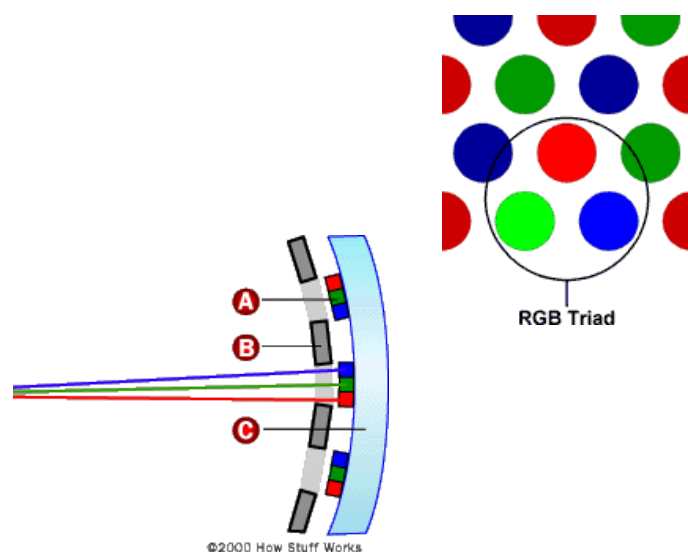
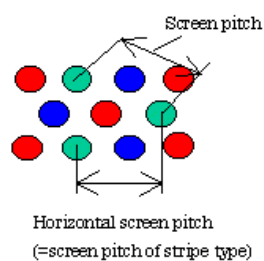


Shadow Mask



49

Pitch/Triad



50

Monitores CRT



51

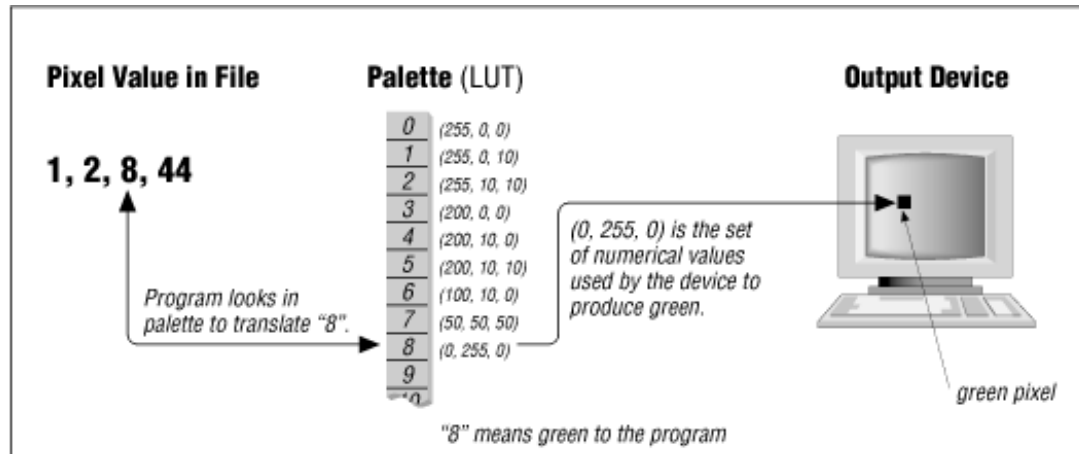
Conversão FB/Monitor

- Diretamente
 - Cada informação de cor do pixel é utilizada diretamente para ativar os fósforos no monitor
 - Por exemplo: $r=0.5$, $g=0.9$, $b=0.05$
 - Canhão Red com 50% da capacidade
 - Green com 90%
 - Blue com 5%

52

Conversão FB/Monitor

- Indiretamente: Look-Up Table (LUT)



53

Exemplo de LUT: 216
Entradas
24 bits por entrada

FFFFFF	FF66FF	CCFFFF	CC66FF	99FFFF	9966FF	66FFFF	6666FF	33FFFF	3366FF	00FFFF	0066FF
FFFFCC	FF66CC	CCFFCC	CC66CC	99FFCC	9966CC	66FFCC	6666CC	33FFCC	3366CC	00FFCC	0066CC
FFFF99	FF6699	CCFF99	CC6699	99FF99	996699	66FF99	666699	33FF99	336699	00FF99	006699
FFFF66	FF6666	CCFF66	CC6666	99FF66	996666	66FF66	666666	33FF66	336666	00FF66	006666
FFFF33	FF6633	CCFF33	CC6633	99FF33	996633	66FF33	666633	33FF33	336633	00FF33	006633
FFFF00	FF6600	CCFF00	CC6600	99FF00	996600	66FF00	666600	33FF00	336600	00FF00	006600
FFCCFF	FF33FF	CCCCFF	CC33FF	99CCFF	9933FF	66CCFF	6633FF	33CCFF	3333FF	00CCFF	0033FF
FFCCCC	FF33CC	CCCCCC	CC33CC	99CCCC	9933CC	66CCCC	6633CC	33CCCC	3333CC	00CCCC	0033CC
FFCC99	FF3399	CCCC99	CC3399	99CC99	993399	66CC99	663399	33CC99	333399	00CC99	003399
FFCC66	FF3366	CCCC66	CC3366	99CC66	993366	66CC66	663366	33CC66	333366	00CC66	003366
FFCC33	FF3333	CCCC33	CC3333	99CC33	993333	66CC33	663333	33CC33	333333	00CC33	003333
FFCC00	FF3300	CCCC00	CC3300	99CC00	993300	66CC00	663300	33CC00	333300	00CC00	003300
FF99FF	FF00FF	CC99FF	CC00FF	9999FF	9900FF	6699FF	6600FF	3399FF	3300FF	0099FF	0000FF
FF99CC	FF00CC	CC99CC	CC00CC	9999CC	9900CC	6699CC	6600CC	3399CC	3300CC	0099CC	0000CC
FF9999	FF0099	CC9999	CC0099	999999	990099	669999	660099	339999	330099	009999	000099
FF9966	FF0066	CC9966	CC0066	999966	990066	669966	660066	339966	330066	009966	000066
FF9933	FF0033	CC9933	CC0033	999933	990033	669933	660033	339933	330033	009933	000033
FF9900	FF0000	CC9900	CC0000	999900	990000	669900	660000	339900	330000	009900	000000

Cor em OpenGL

- glColor3
- glColor4
- Exemplos

```
- glColor3f(0.5, 0.76, 0.55);  
- glColor4ub( 0, 255, 0, 255);
```

Fontes de Luz em OpenGL

```
glEnable(GL_LIGHTING); //habilita o uso de iluminação
```

```
void glLightfv( GLenum light, GLenum pname, const  
               GLfloat * params);
```

Light – no mínimo 8 fontes de luz com nomes GL_LIGHT0, GL_LIGHT1, ...

Pname – Parâmetro a ser controlado

```
GL_AMBIENT, GL_DIFFUSE, GL_SPECULAR,  
GL_POSITION,  
GL_SPOT_CUTOFF, GL_SPOT_DIRECTION, GL_SPOT_EXPONENT,  
GL_CONSTANT_ATTENUATION,  
GL_LINEAR_ATTENUATION  
GL_QUADRATIC_ATTENUATION
```

Tarefa 1

- Pesquisar técnicas de computação gráfica do interesse de cada um
 - Busca por área de aplicação
 - Exemplo: computer graphics + visual effects, computer graphics + physical simulation
 - Upload pelo moodle até 2a. feira próxima