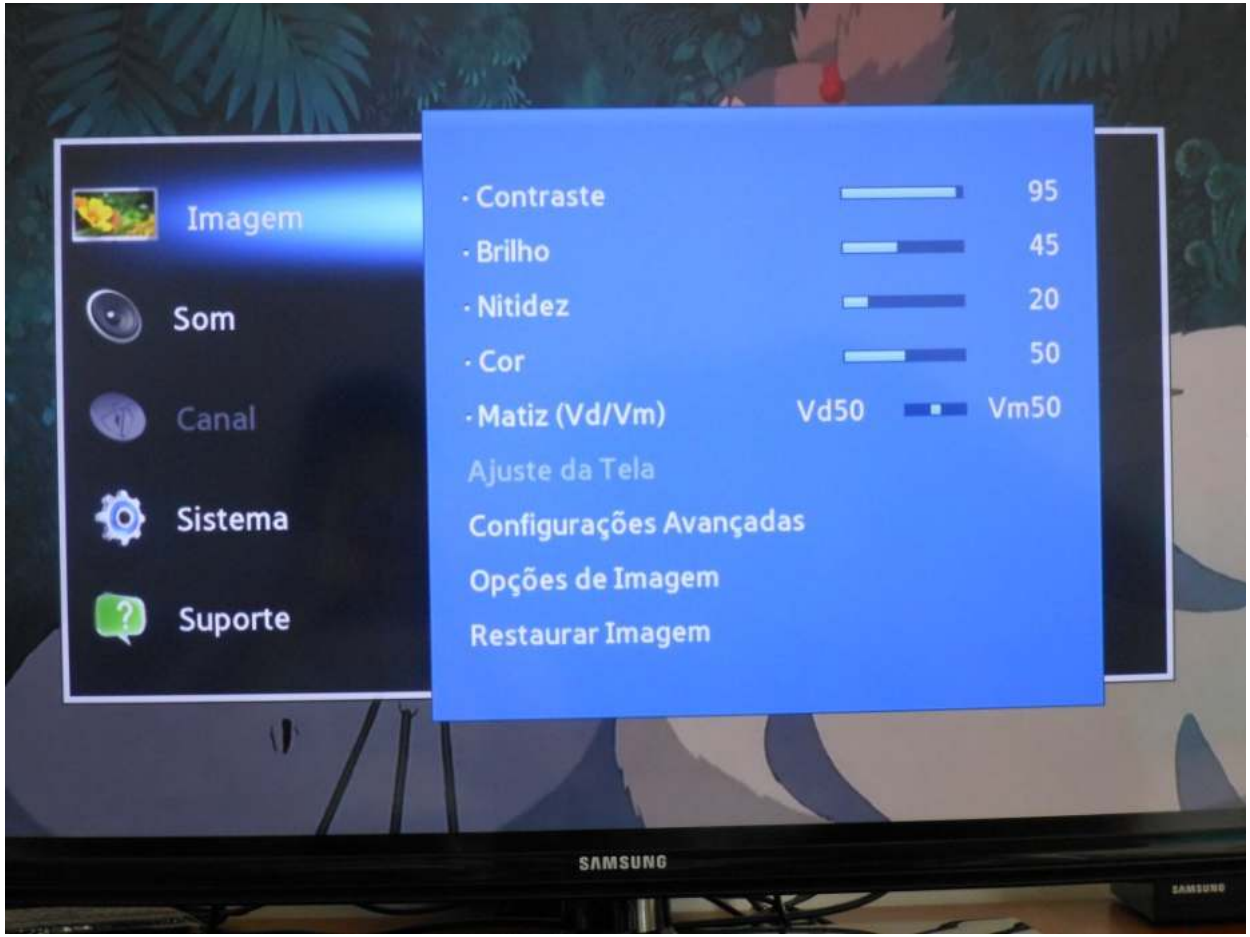
# Processamento Digital de Imagens

Prof. Bogdan Tomoyuki Nassu




UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Hoje

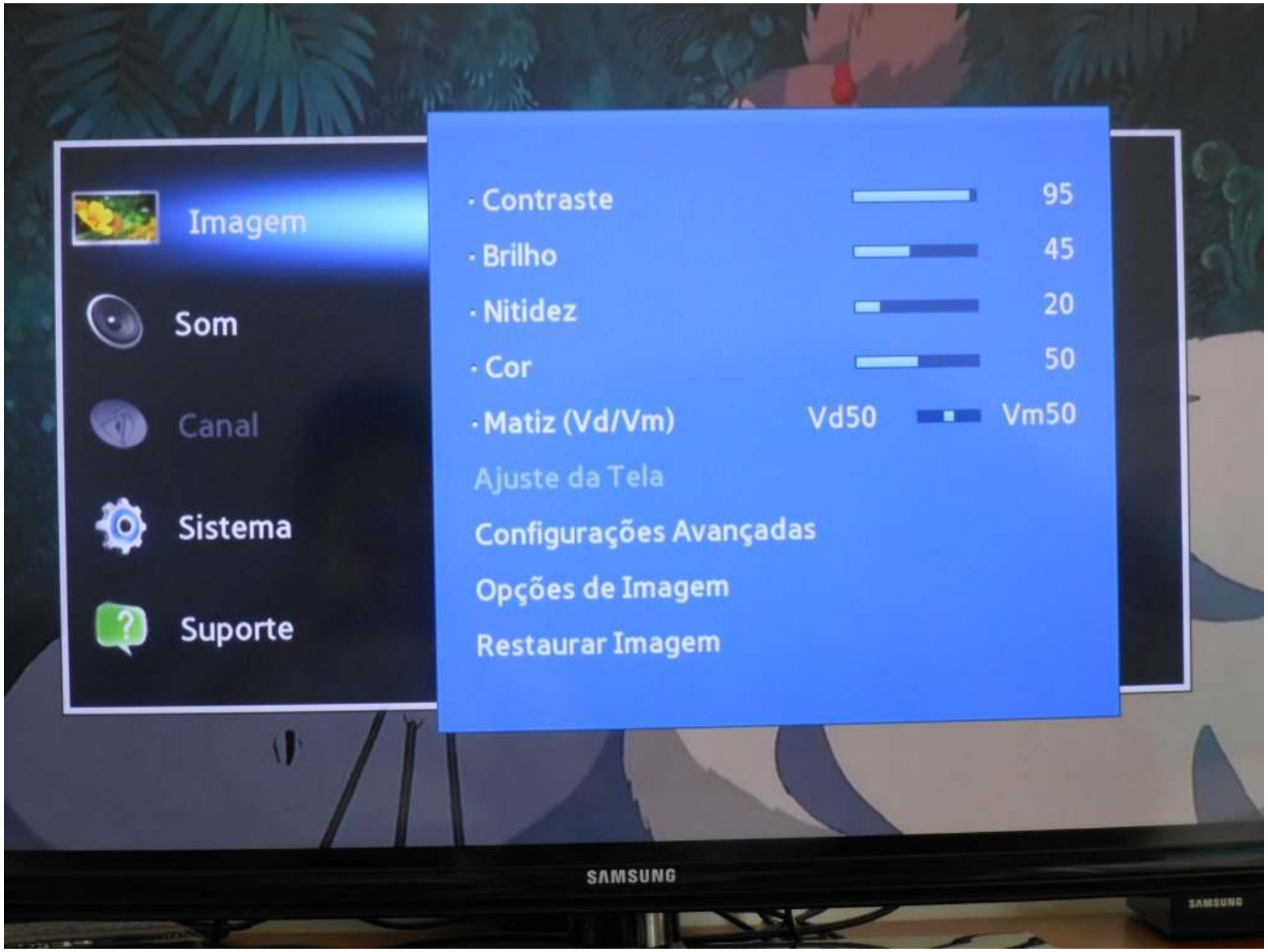
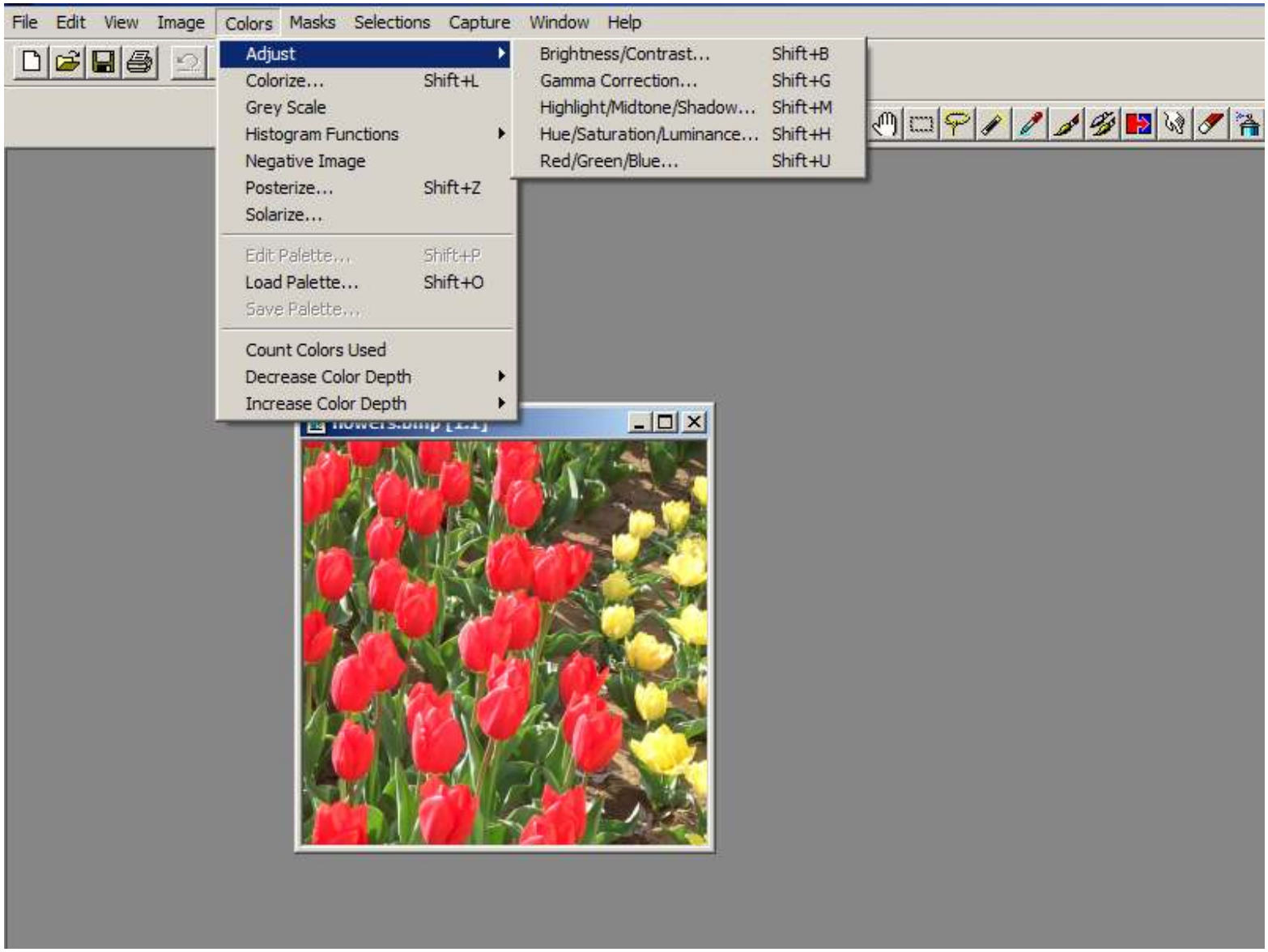
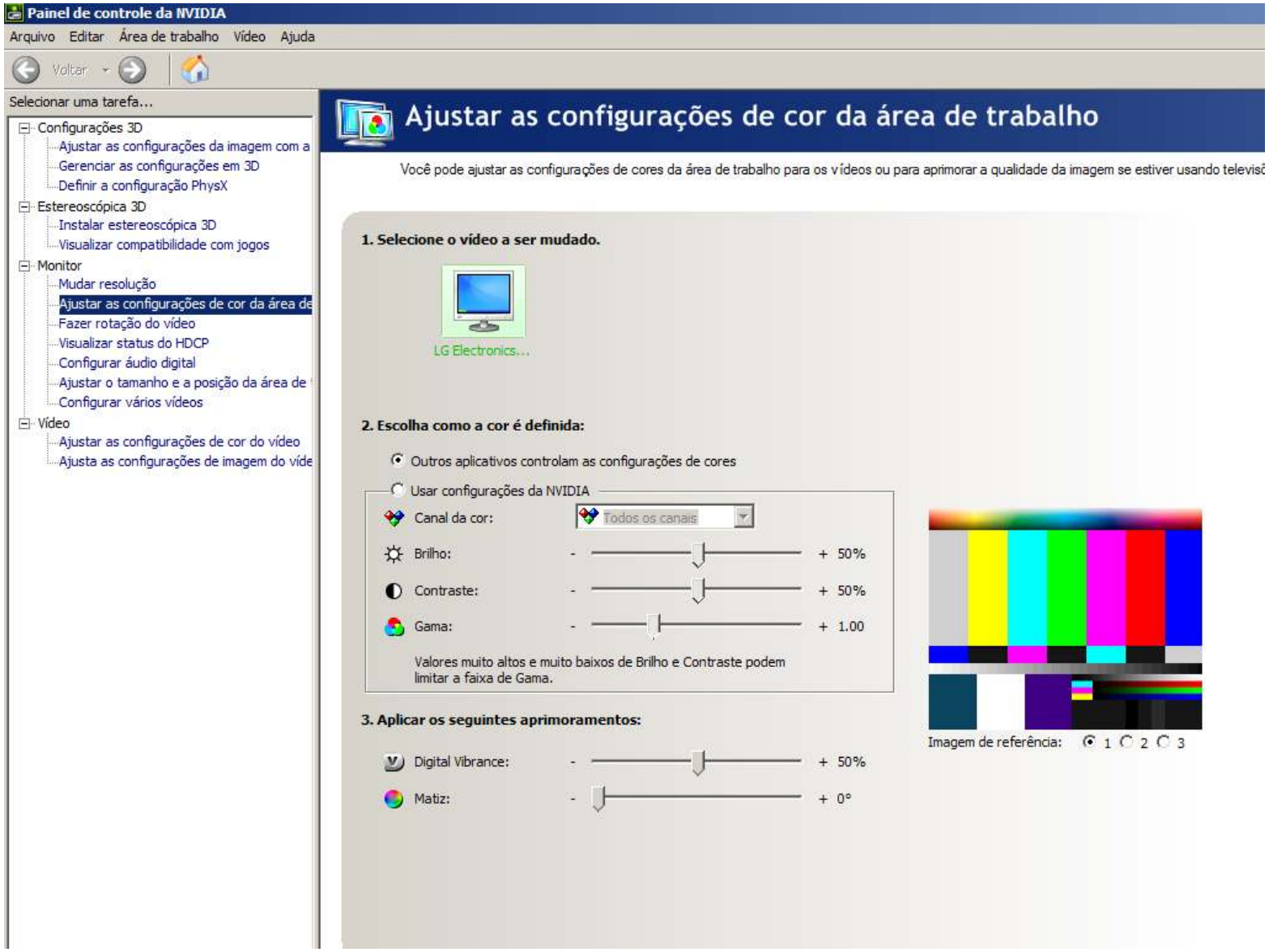


Imagem
Som
Canal
Sistema
Suporte
Contraste 95
Brilho 45
Nitidez 20
Cor 50
Matiz (Vd/Vm) Vd50 Vm50
Ajuste da Tela
Configurações Avançadas
Opções de Imagem
Restaurar Imagem
SAMSUNG

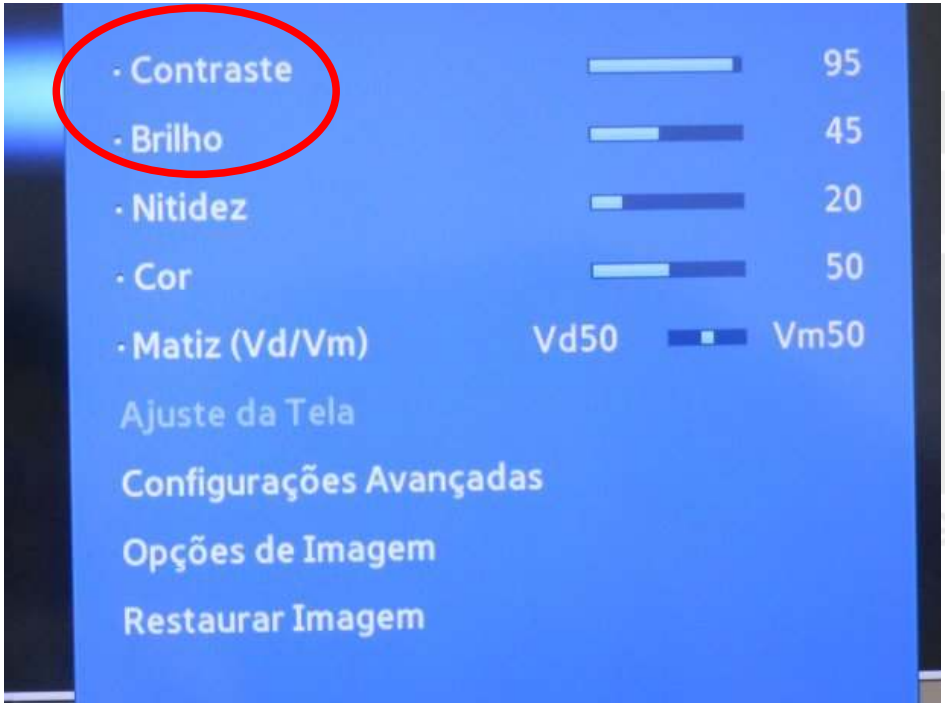
# Hoje

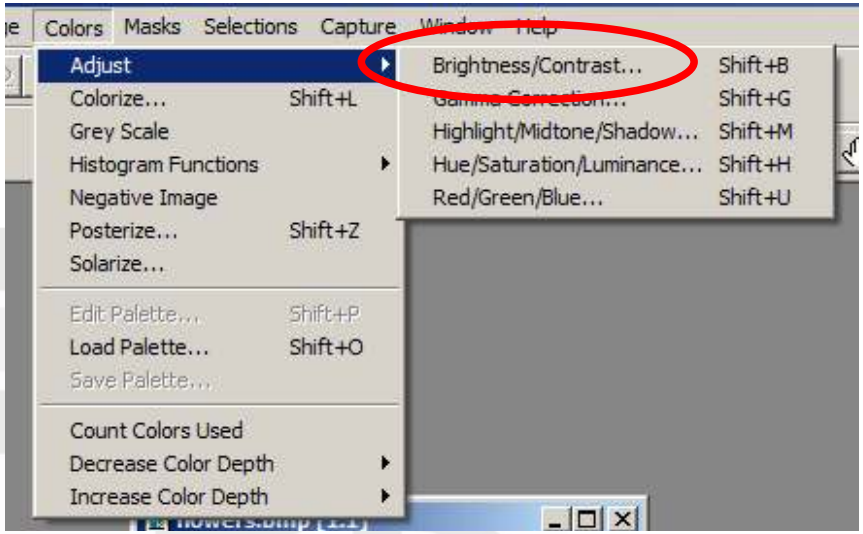

File Edit View Image Colors Masks Selections Capture Window Help
Adjust
Colorize... Shift+L
Grey Scale
Histogram Functions
Negative Image
Posterize... Shift+Z
Solarize...
Edit Palette... Shift+P
Load Palette... Shift+O
Save Palette...
Count Colors Used
Decrease Color Depth
Increase Color Depth
Brightness/Contrast... Shift+B
Gamma Correction... Shift+G
Highlight/Midtone/Shadow... Shift+M
Hue/Saturation/Luminance... Shift+H
Red/Green/Blue... Shift+U

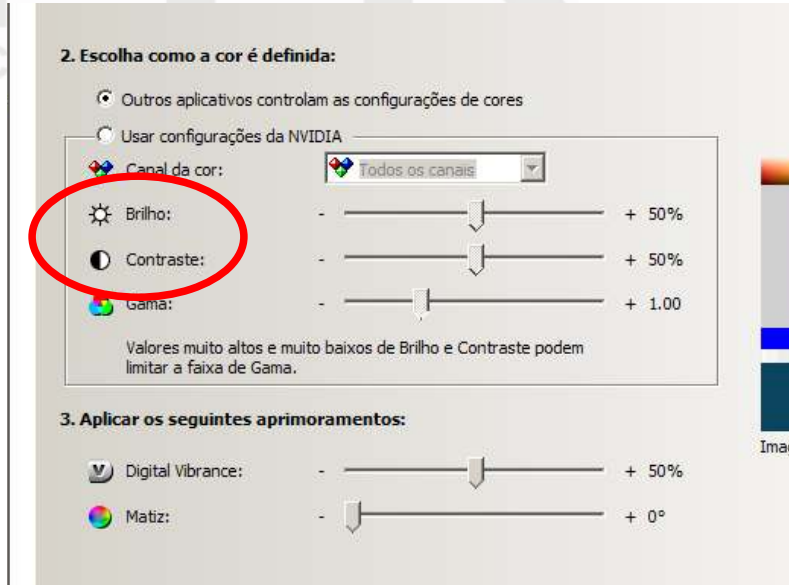
# Hoje


Painel de controle da NVIDIA
Arquivo Editar Área de trabalho Vídeo Ajuda
Voltar
Selecionar uma tarefa...
Configurações 3D
Ajustar as configurações da imagem com a
Gerenciar as configurações em 3D
Definir a configuração PhysX
Estereoscópica 3D
Instalar estereoscópica 3D
Visualizar compatibilidade com jogos
Monitor
Mudar resolução
Ajustar as configurações de cor da área de
Fazer rotação do vídeo
Visualizar status do HDCP
Configurar áudio digital
Ajustar o tamanho e a posição da área de
Configurar vários vídeos
Vídeo
Ajustar as configurações de cor do vídeo
Ajusta as configurações de imagem do víde
Ajustar as configurações de cor da área de trabalho
Você pode ajustar as configurações de cores da área de trabalho para os vídeos ou para aprimorar a qualidade da imagem se estiver usando televisõ
1. Selecione o vídeo a ser mudado.
LG Electronics...
2. Escolha como a cor é definida:
Outros aplicativos controlam as configurações de cores
Usar configurações da NVIDIA
Canal da cor:
Todos os canais
Brilho: - + 50%
Contraste: - + 50%
Gama: - + 1.00
Valores muito altos e muito baixos de Brilho e Contraste podem limitar a faixa de Gama.
3. Aplicar os seguintes aprimoramentos:
Digital Vibrance: - + 50%
Matiz: - + 0°
Imagem de referência: 1 2 3

# Brilho e contraste



# Brilho e contraste

- Os ajustes de brilho e contraste são muito simples.
  - Cada pixel de cada canal é processado independentemente.
  - Brilho é um valor somado a todos os pixels.
    - Pode ser negativo.
  - Contraste é um multiplicador.

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

$$g(x,y)=f(x,y)\cdot C+B$$

# Imagem original

# Brilho +0.1

# Brilho +0.5

# Imagem original

# Brilho -0.1

# Brilho -0.5

# Imagem original

# Contraste 0.8

# Contraste 0.5

# Imagem original

# Contraste 1.2

# Contraste 1.5

# Contraste – versão alternativa

- Usar um multiplicador simples tem alguns problemas.
  - Quando o contraste é menor que 1:
    - A imagem fica mais escura.
    - O valor máximo é reduzido, mas o valor mínimo permanece em 0.
  - Quando o contraste é maior que 1:
    - A imagem fica mais clara.
    - Pixels claros saturam (ficam com valor maior que 1), mas pixels escuros continuam limitados em 0.
  - Idealmente:
    - A imagem não fica mais clara nem mais escura.
    - Pixels muito claros e muito escuros são afetados da mesma forma.
- Isso ocorre porque a transformação é feita com centro em 0.
  - Como resolver?

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Contraste – versão alternativa

- Como resolver?
  - R: deslocando o centro de 0 para 0.5.

$$g(x,y)=(f(x,y)-0.5)\cdot C+0.5+B$$

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Imagem original

# Contraste 0.8

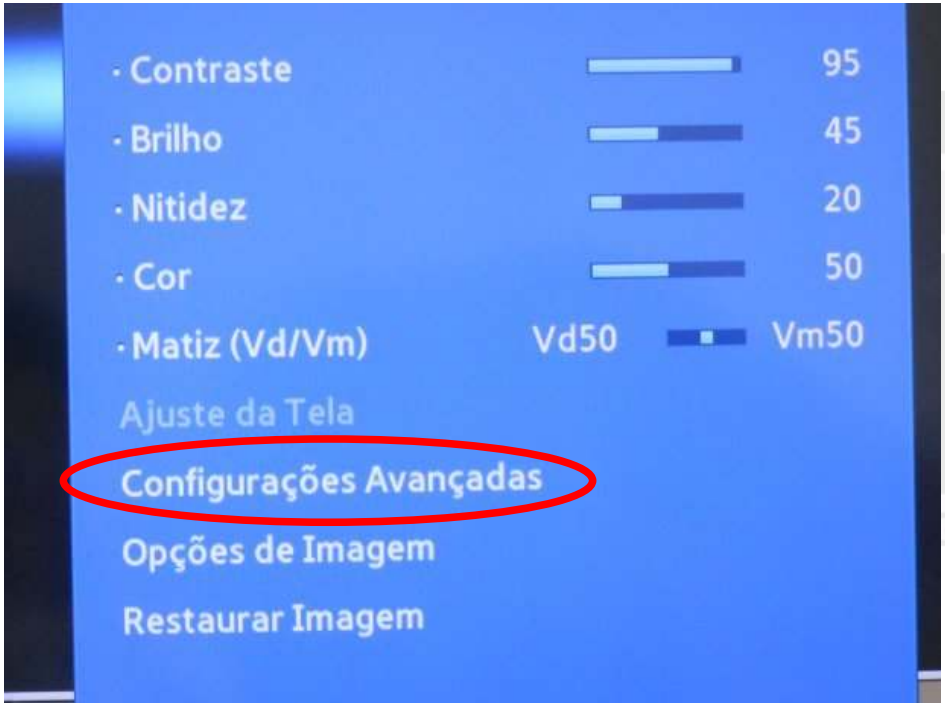
# Contraste 0.5

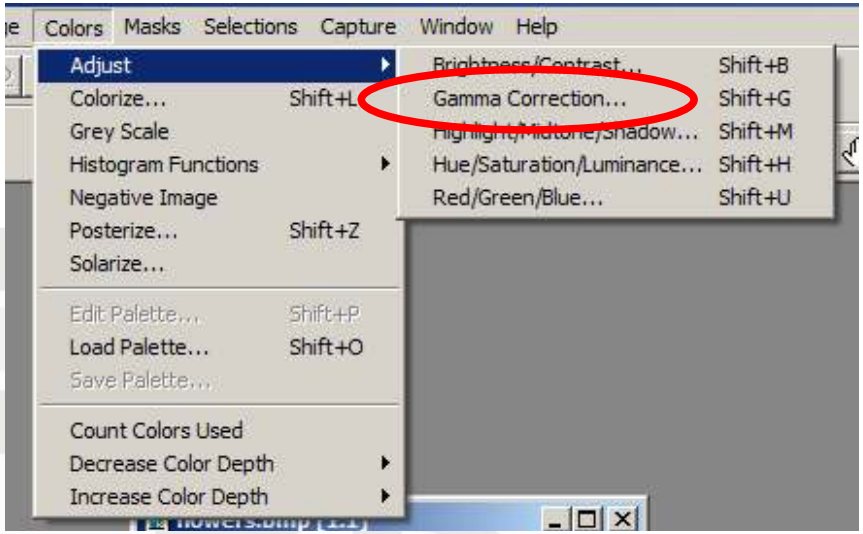
# Imagem original

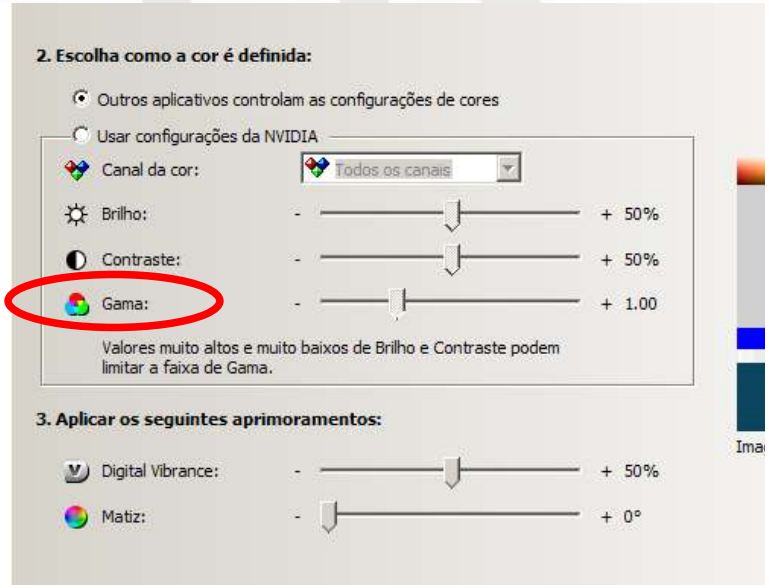
# Contraste 1.2

# Contraste 1.5

# Correção Gama



105
100
HAZARDOUS WASTE DISPOSAL

DEATH IS COMING
105
100
HAZARDOUS WASTE DISPOSAL

# Correção $\gamma$ (gama)

•A correção gama é uma transformação de potência, normalmente da forma:

$$g(x,y)=f(x,y)^{\gamma}$$

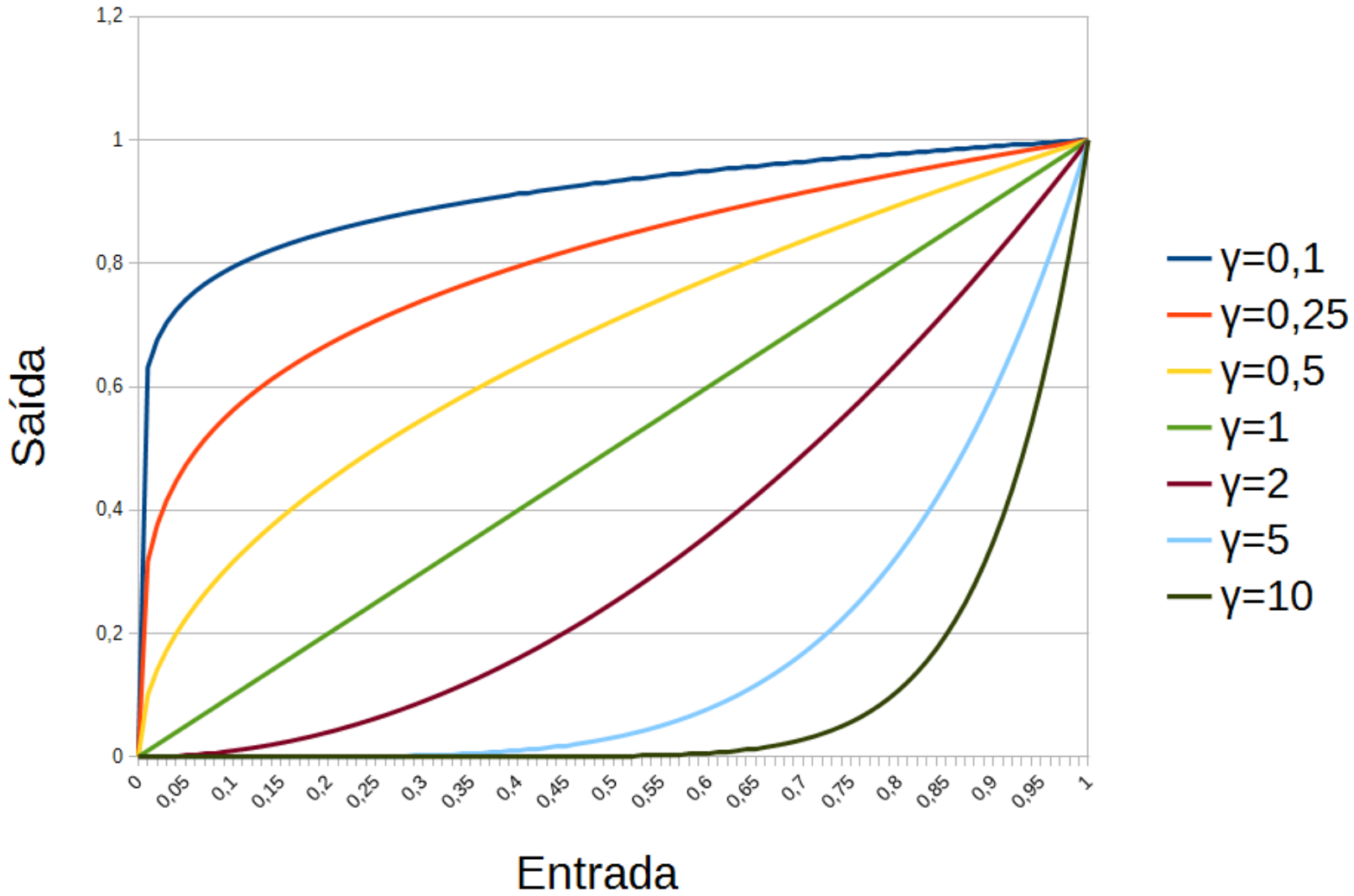
•Originalmente, esta transformação tinha relação com a forma como funcionavam monitores CRT.

•A correção gama pode ser usada para realce de contraste.

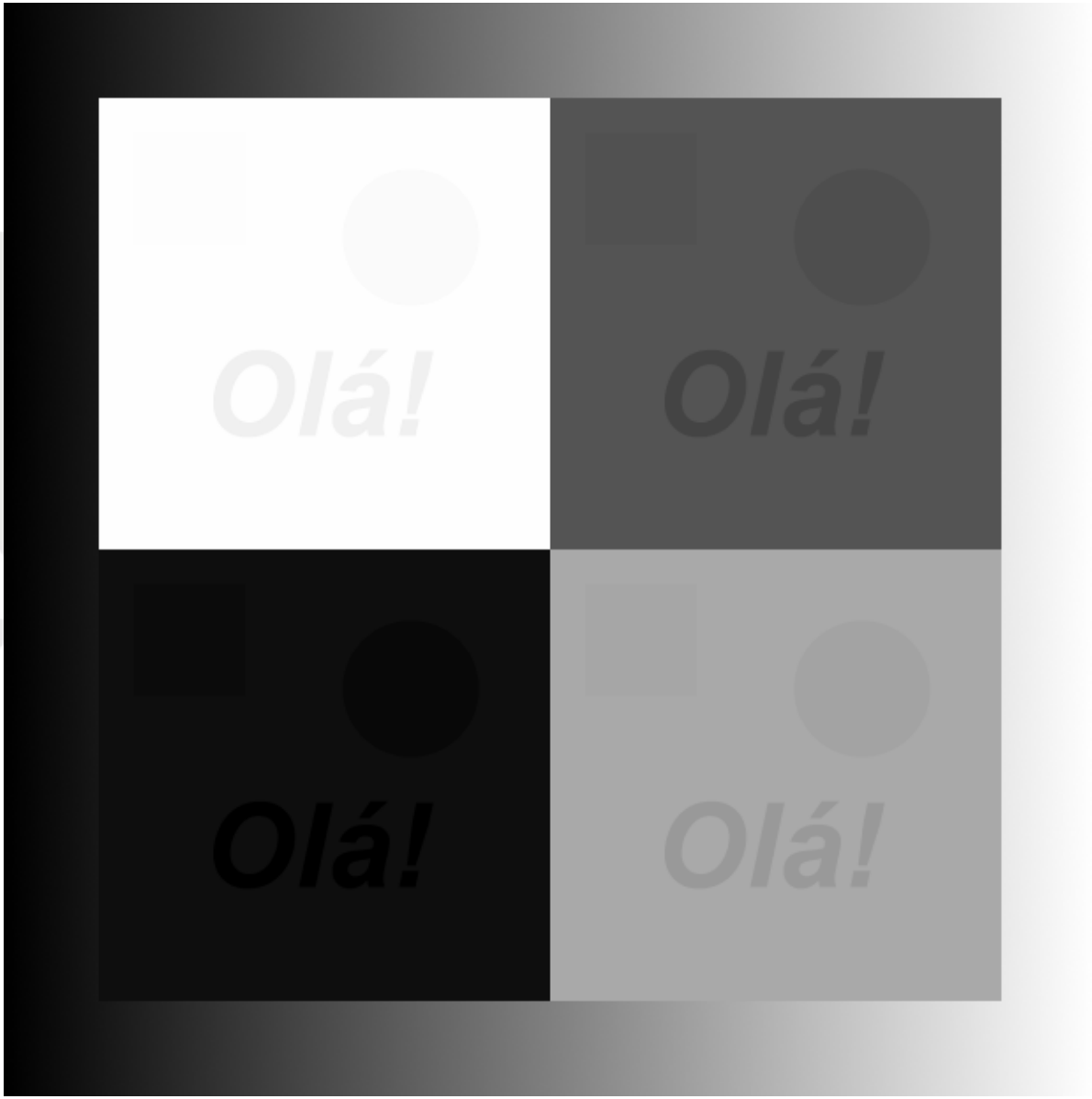
- $\gamma < 1$: comprime as intensidades altas e expande as baixas.
  - = amplia o contraste nas regiões escuras, reduz nas claras.
- $\gamma > 1$: efeito oposto.

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

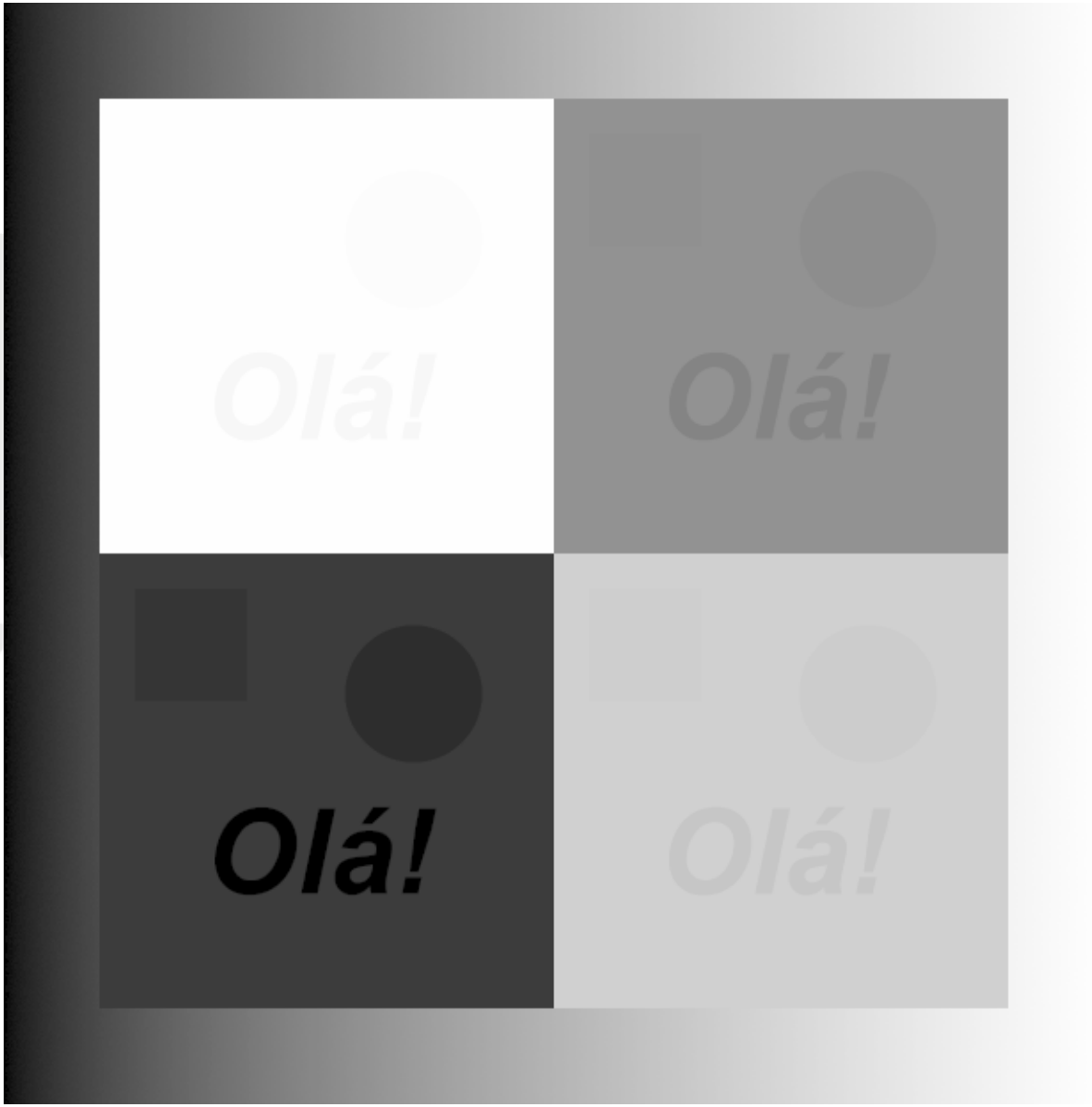
# Correção γ (gama)



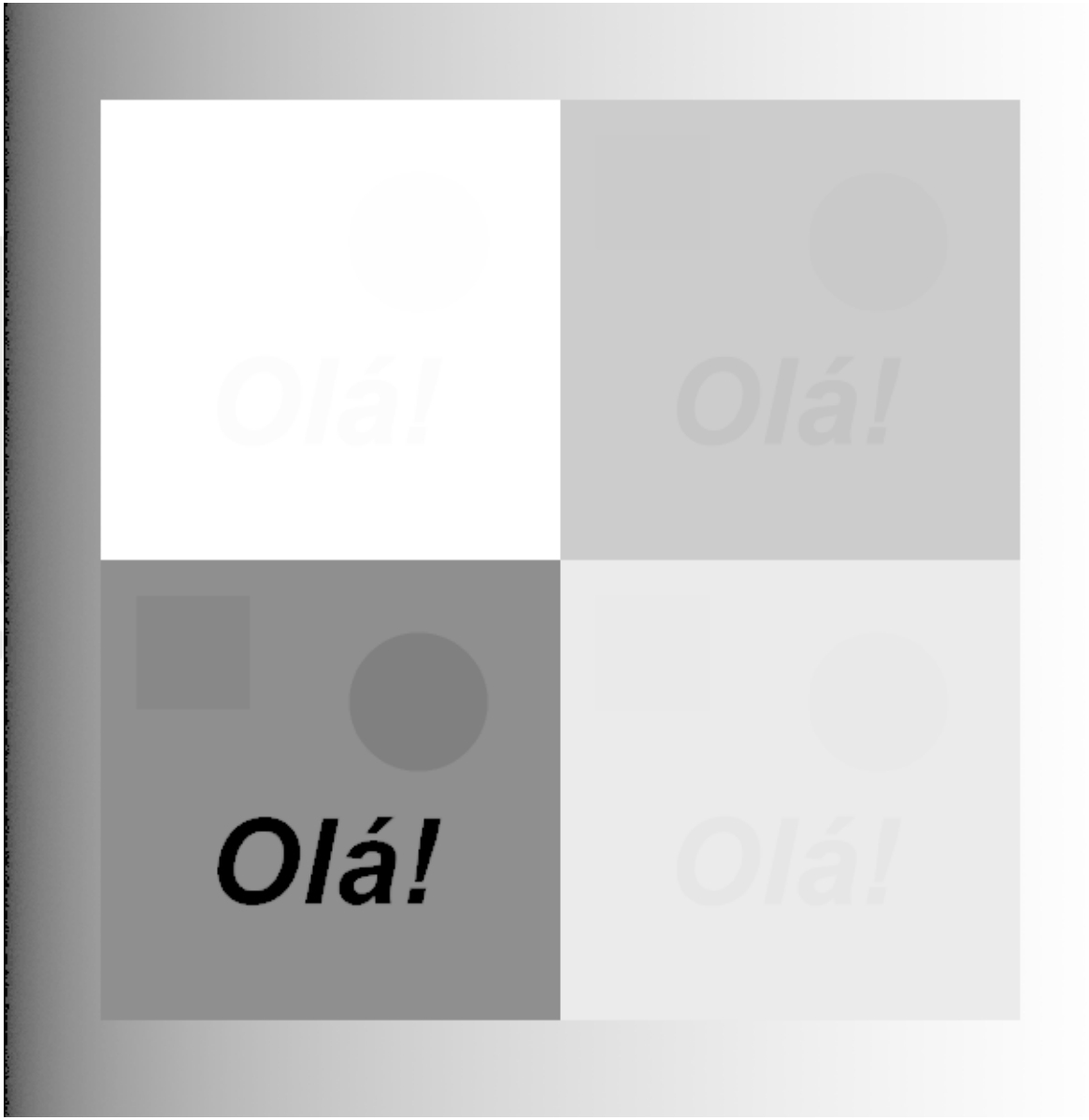
# Imagem original



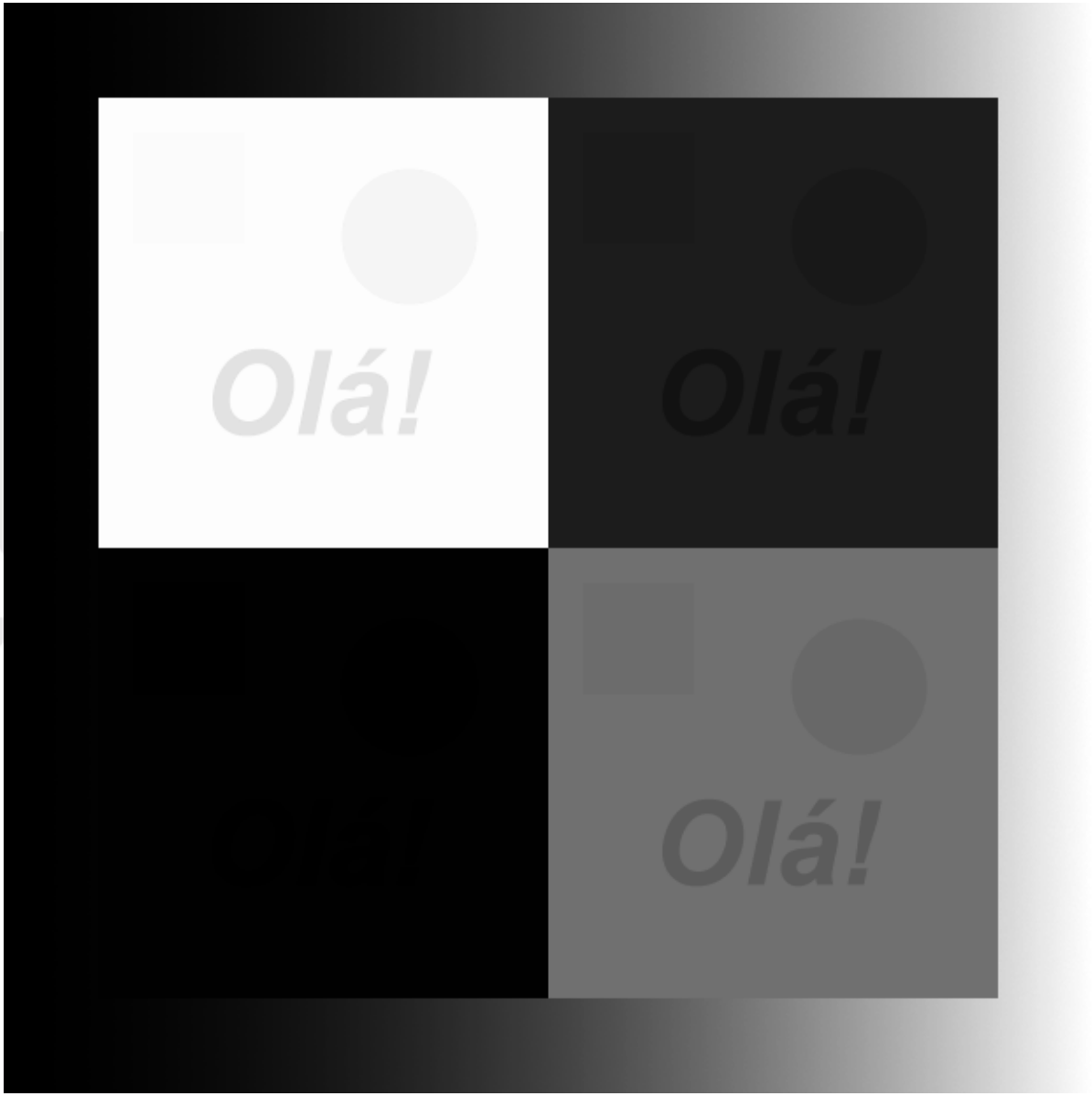
# $\gamma = 0.5$



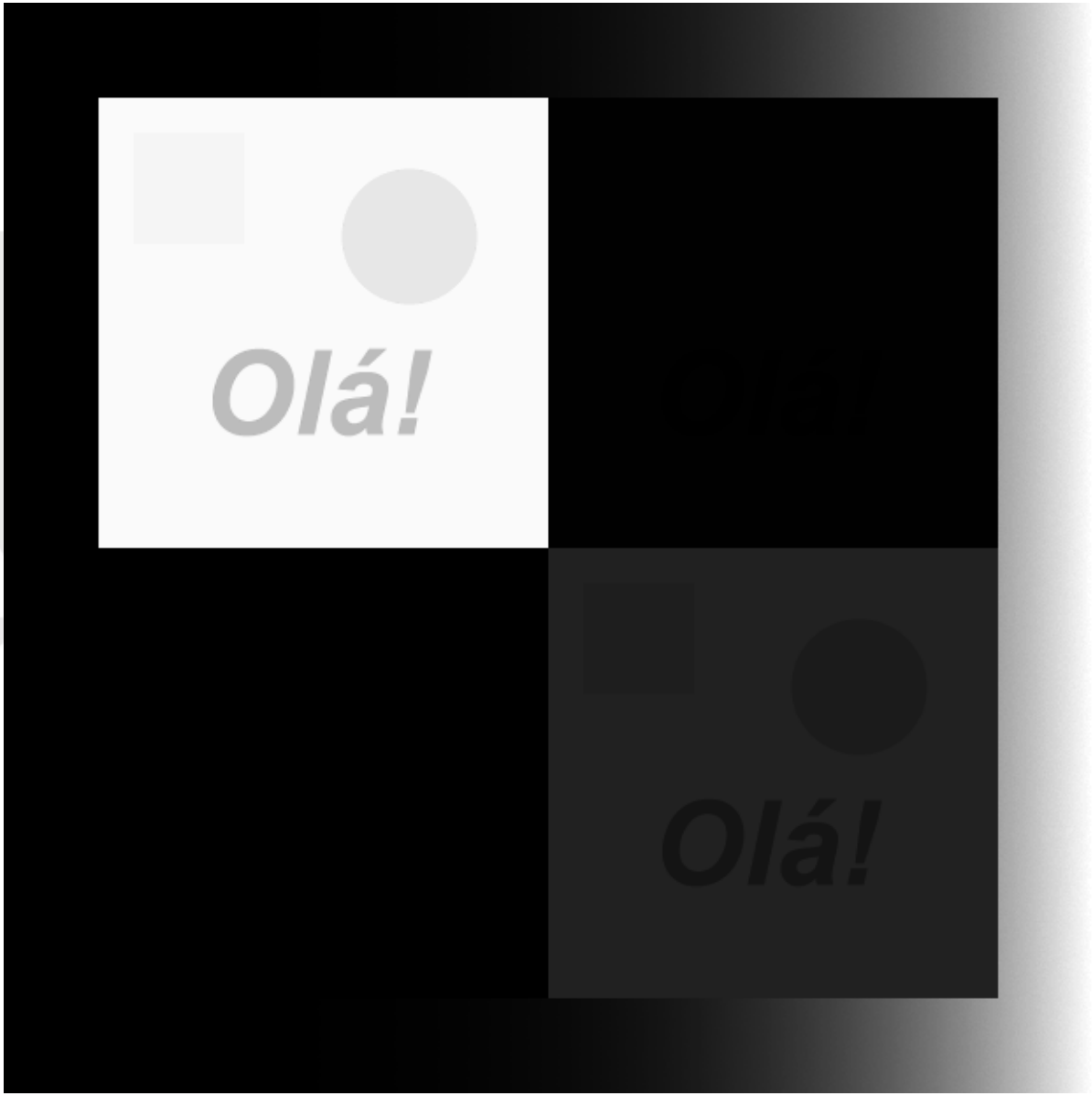
# $\gamma = 0.2$



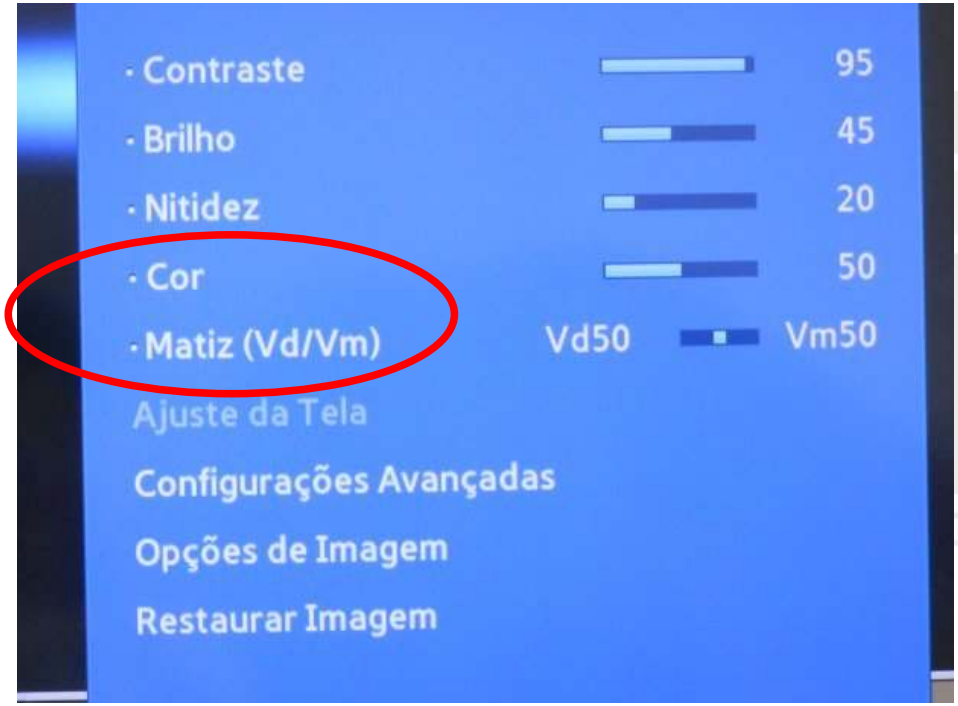
# $\gamma = 2$

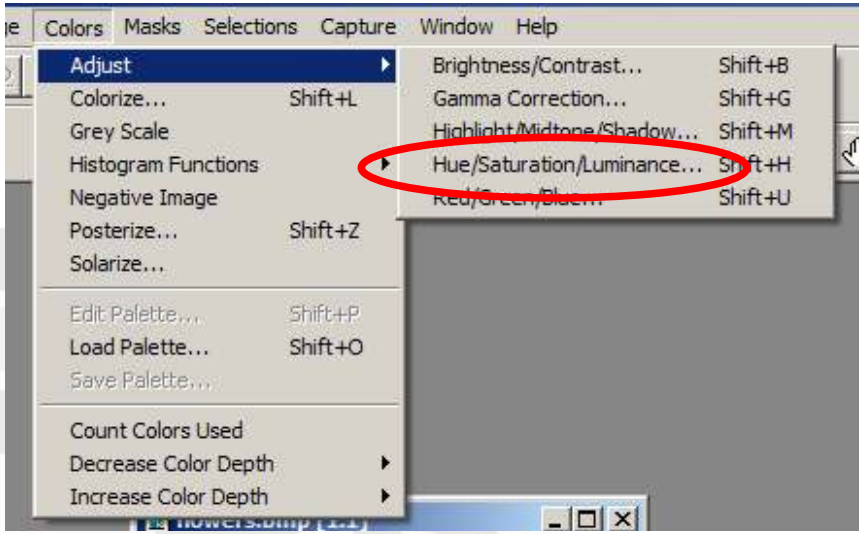


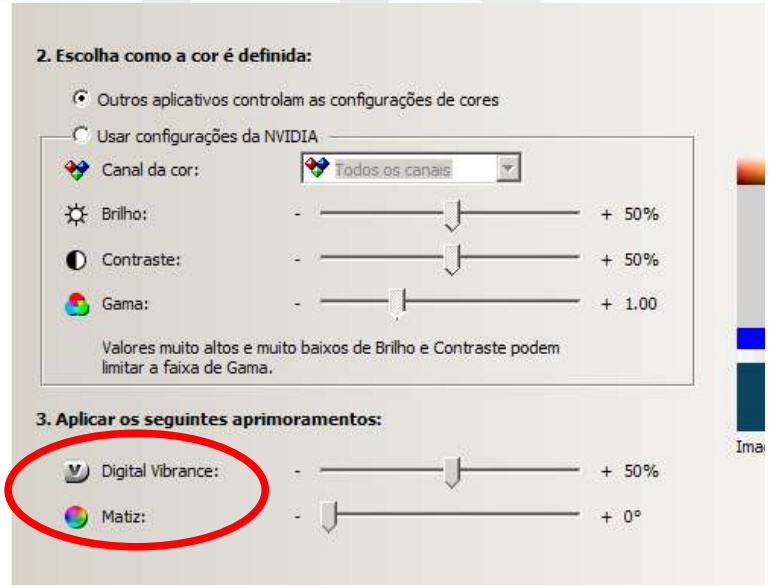
# $\gamma = 5$



# Saturação e matiz



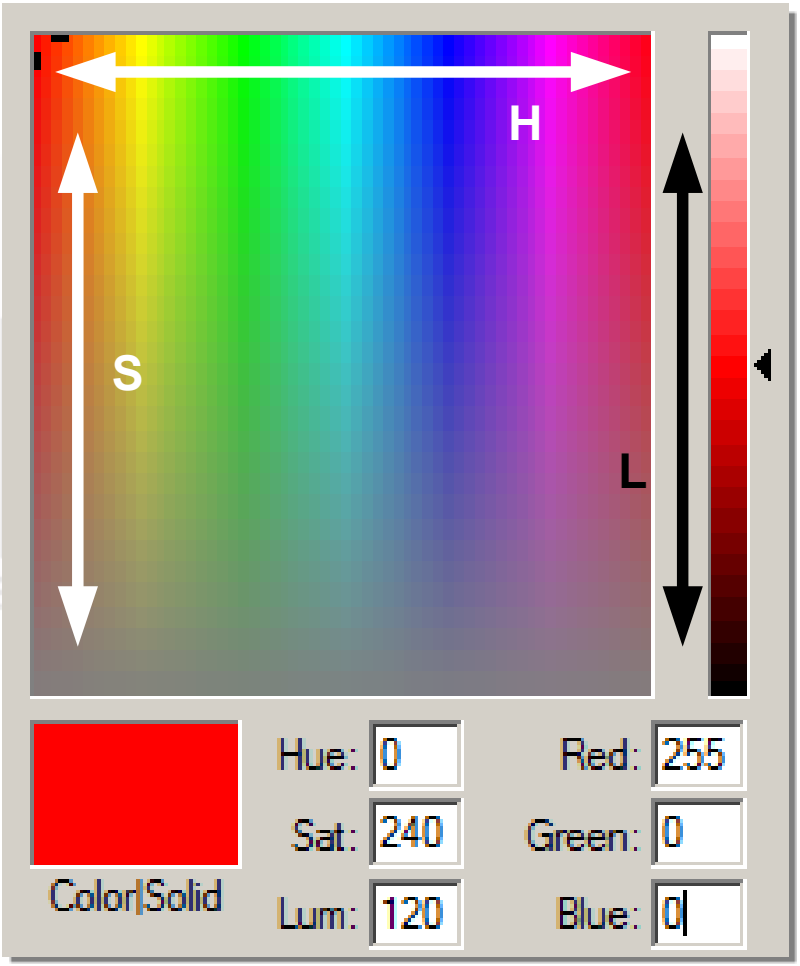



# Saturação e matiz

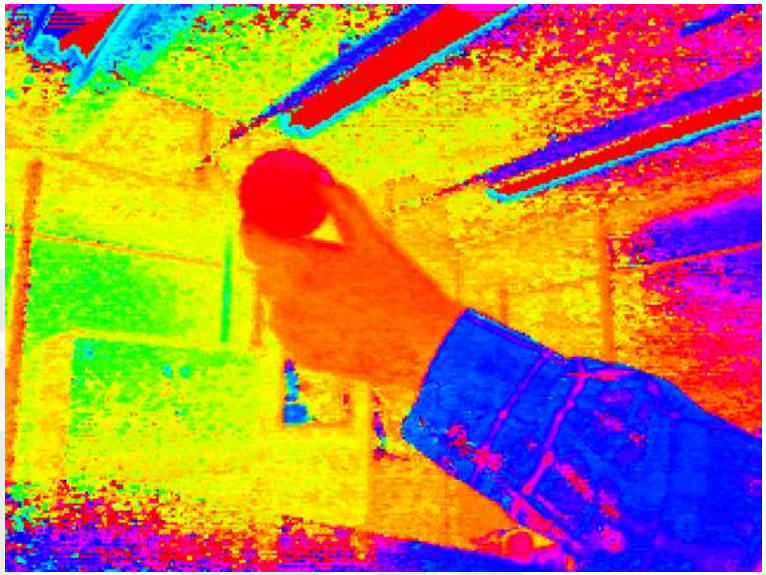
- Para os ajustes de saturação e matiz, o espaço RGB não é muito conveniente...
  - Na verdade, ele não é conveniente para várias aplicações...
- A representação no espaço RGB está ligada ao hardware, mas não é necessariamente a mais conveniente/intuitiva para descrever a nossa percepção das cores.

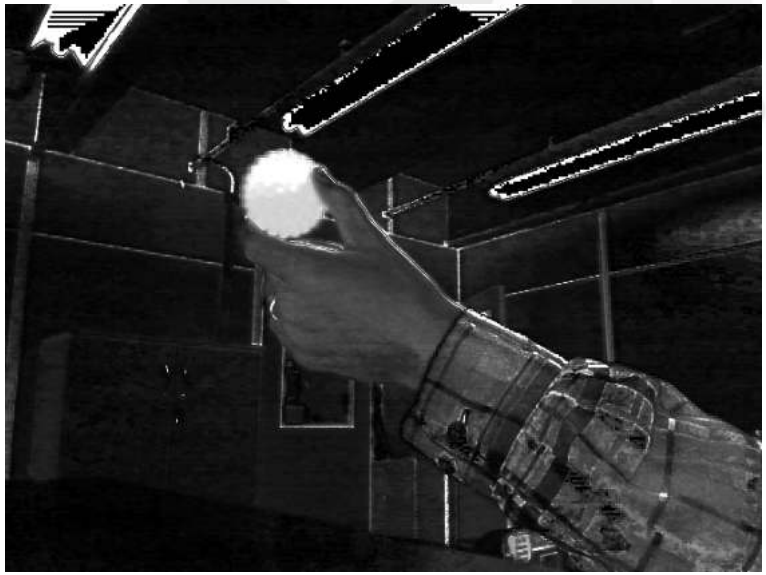
# O espaço HSL

- A representação HSL remapeia os valores RGB para:
  - H (*Hue,* ou *Matiz*): indica a cor predominante (verde, amarelo, etc.).
  - S (*Saturação*): indica a intensidade, ou "pureza" da cor.
  - L (*Luminância*): uma medida de claro/escuro.
    - O canal L é a versão em escala de cinza da imagem!



# HSL - Exemplo





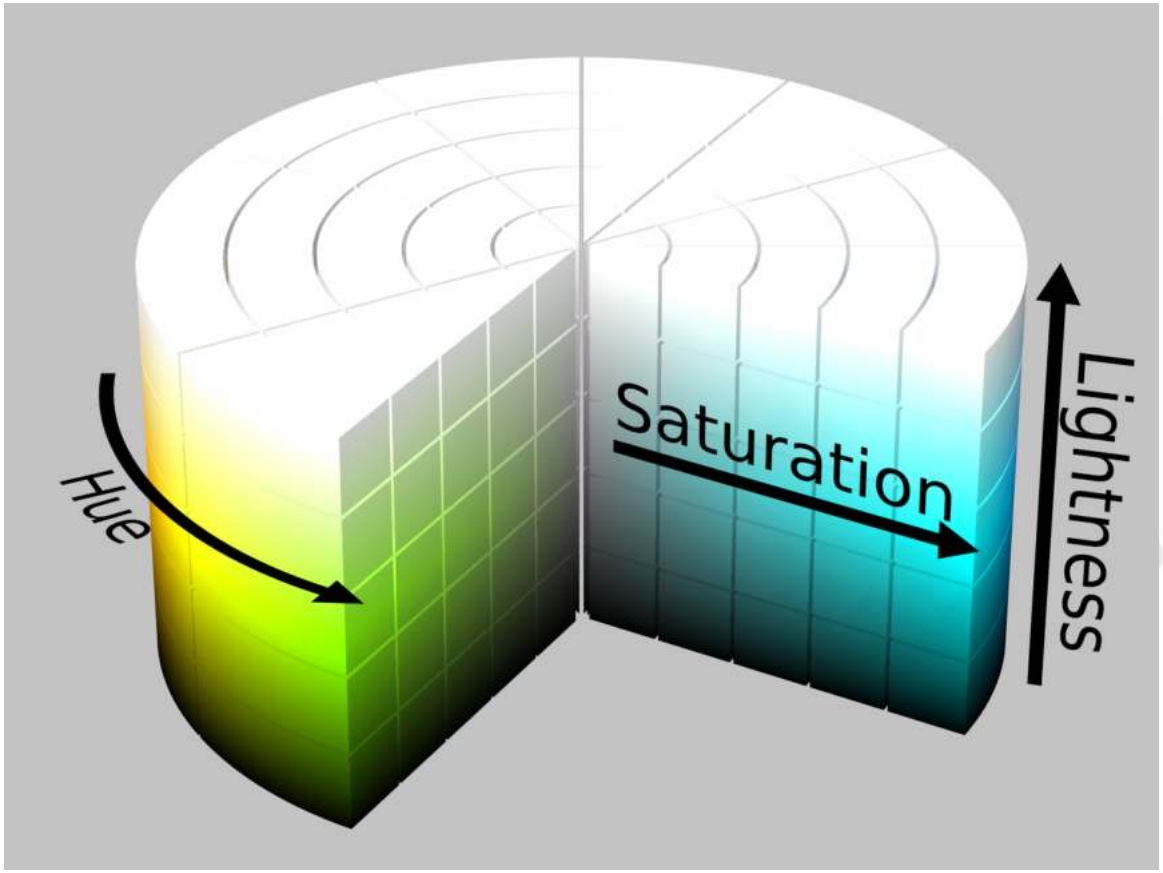
# Sobre o matiz (canal H)

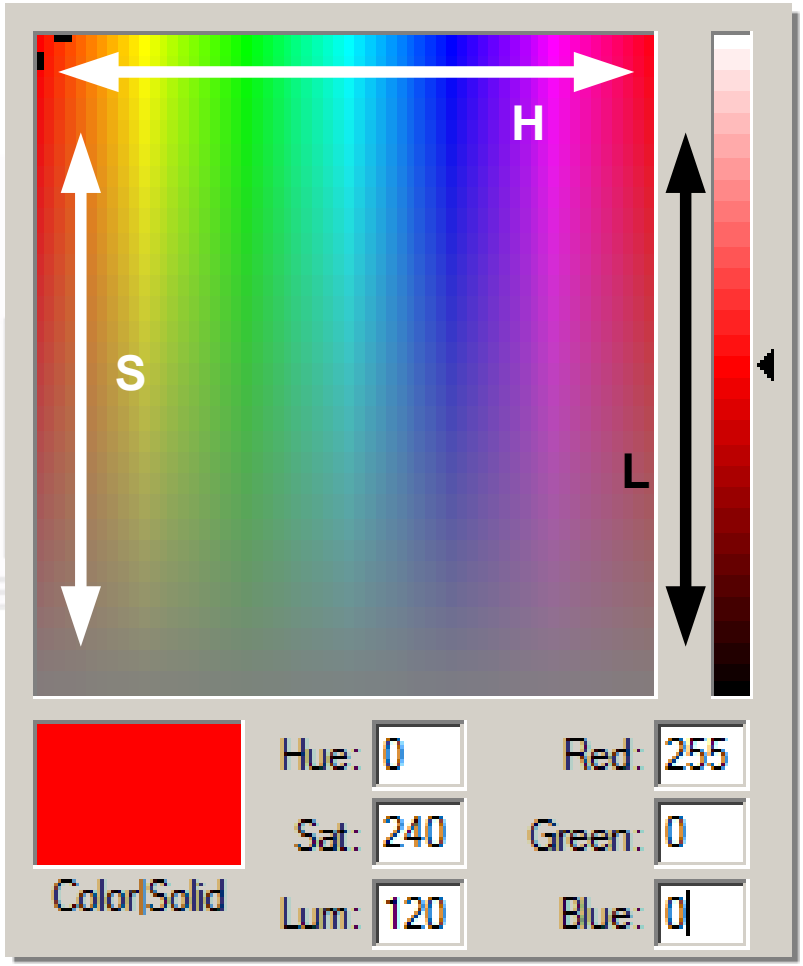
- O matiz é cíclico, e começa representando o vermelho.
  - O valor para cada cor depende da representação de um pixel.

| | Graus | unsigned char (v1) | unsigned char (v2) | normalizado |
|---|---|---|---|---|
| Vermelho | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Amarelo | 60 | 43 | 30 | 0.167 |
| Verde | 120 | 85 | 60 | 0.333 |
| Turquesa | 180 | 128 | 90 | 0.5 |
| Azul | 240 | 170 | 120 | 0.667 |
| Magenta | 300 | 212 | 150 | 0.833 |
| Vermelho | 360 | 255 | 180 | 1 |

Usaremos esta!

# Visualizando o espaço HSL



# Conversão HSL ↔ RGB

- É possível converter um pixel do espaço RGB para o espaço HSL, e vice-versa.
  - Teoricamente, a conversão pode ser feita sem perdas, mas na prática podem ocorrer erros causados por arredondamentos.

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Conversão RGB → HSL

$$L \leftarrow \frac{V_{max} + V_{min}}{2}$$

$$V_{max} \leftarrow max(R, G, B)$$

$$V_{min} \leftarrow min(R, G, B)$$

$$C \leftarrow V_{max} - V_{min}$$

$$S \leftarrow \begin{cases} \dfrac{C}{V_{max} + V_{min}} & se\ L < 0.5 \\ \dfrac{C}{2 - V_{max} - V_{min}} & se\ L \geq 0.5 \end{cases}$$

$$H \leftarrow \begin{cases} 60(G - B)/C\ se\ V_{max} = R \\ 120 + 60(B - R)/C\ se\ V_{max} = G \\ 240 + 60(R - G)/C\ se\ V_{max} = B \end{cases}$$

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Conversão HSL → RGB

$$C \leftarrow S(1-|2L-1|)$$

$$X \leftarrow C(1-|(H/60(mod\,2))-1|)$$

$$m = L - C/2$$

$$(R,G,B) = \begin{cases} (C+m, X+m, m)\ se\ 0 \le H < 60 \\ (X+m, C+m, m)\ se\ 60 \le H < 120 \\ (m, C+m, X+m)\ se\ 120 \le H < 180 \\ (m, X+m, C+m)\ se\ 180 \le H < 240 \\ (X+m, m, C+m)\ se\ 240 \le H < 300 \\ (C+m, m, X+m)\ se\ 300 \le H < 360 \end{cases}$$

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Ajustando saturação

- Tendo convertido a imagem para o espaço HSL, podemos ajustar facilmente a saturação!
  - Como?

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Ajustando saturação

- Tendo convertido a imagem para o espaço HSL, podemos ajustar facilmente a saturação!
  - Aplicamos um multiplicador maior ou igual a 0.
- Nota: se permitirmos valores finais de saturação maiores que 1, a imagem pode ter alterações no brilho e no matiz ao ser reconvertida para RGB.

# Imagem original

# Saturação 0.8

# Saturação 0.5

# Saturação 0.1

# Imagem original

# Saturação 1.2

# Saturação 2.0

# Saturação 5.0

# Ajustando o matiz

- Tendo convertido a imagem para o espaço HSL, podemos ajustar facilmente o matiz!
  - Como?

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Ajustando o matiz

- Tendo convertido a imagem para o espaço HSL, podemos ajustar facilmente o matiz!
  - Aplicamos um deslocamento cíclico.
    - = Soma/subtrai um valor, mantendo em módulo 360.

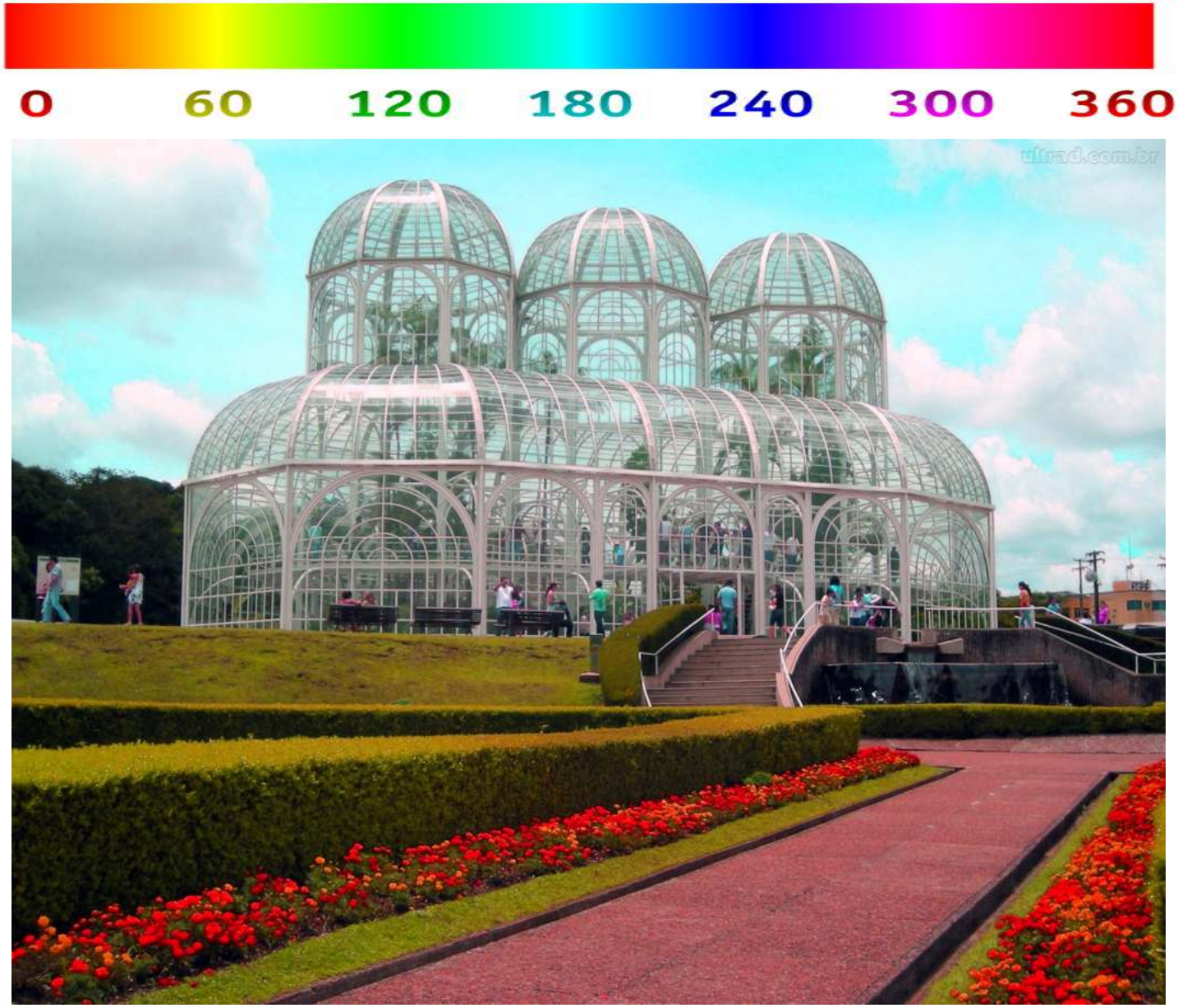
UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Imagem original

# Matiz +30

# Matiz +60

# Matiz -30

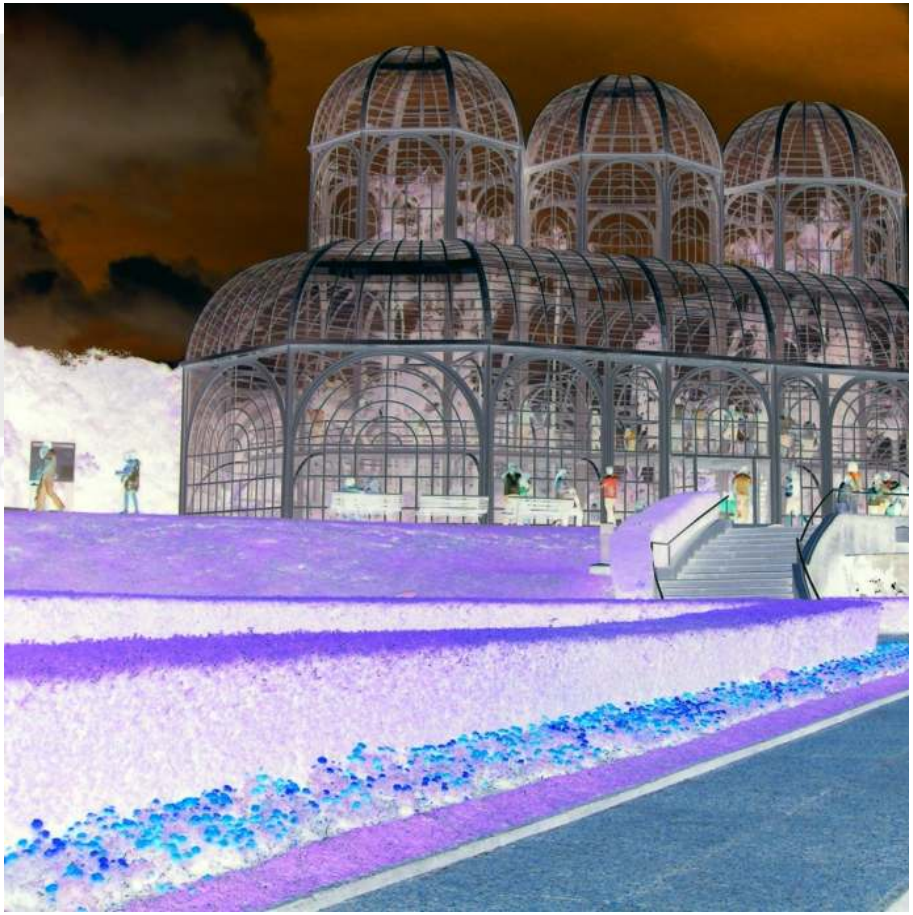


# Matiz -60

# Uma curiosidade...

Imagem com matiz deslocado em 180º.

Negativo da imagem original.



# Ajuste da luminância

- Qual seria o efeito de somar/subtrair um valor na luminância?

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# Ajuste da luminância

- Qual seria o efeito de somar/subtrair um valor na luminância?
  - R: efeito similar à mudança no brilho, mas preservando a saturação.
    - Somar uma constante positiva aos canais R, G e B reduz a saturação, com o oposto ocorrendo para uma constante negativa.

# Brilho +0.2

# Luminância +0.2

# Brilho +0.5

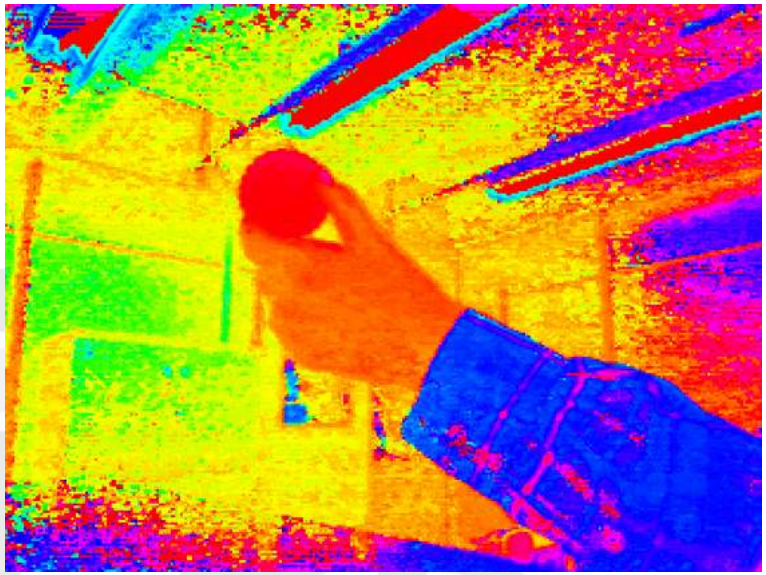
# Luminância +0.5

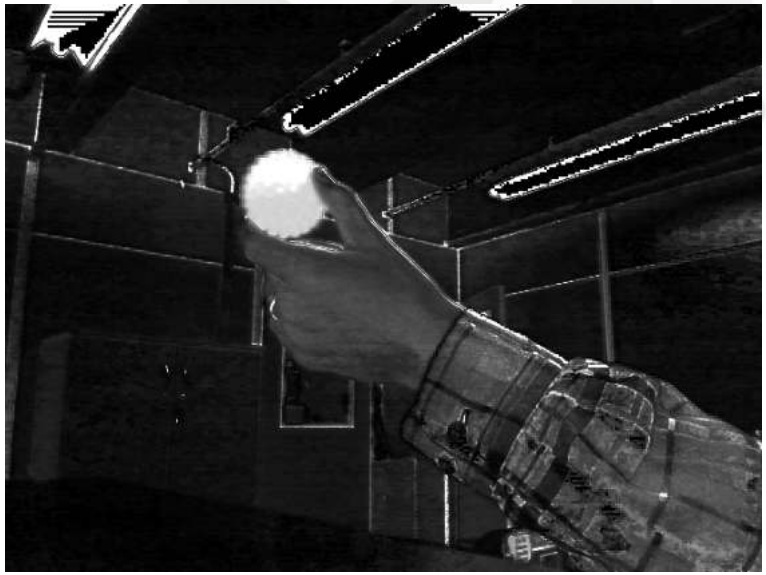
# Brilho -0.3

# Luminância -0.3

# Luminância -0.3

# Olhe novamente para isso...





# Sobre a relação entre H, S e L

- Pixels com luminância muito alta ou baixa têm matiz e saturação pouco confiáveis.
- Pixels com saturação muito baixa têm o matiz pouco confiável.
- Em casos extremos, os valores do matiz e/ou da saturação podem ser arbitrários.

# Equalização de Histograma

•Alargamento de contraste (ex: equalização de histograma) em imagens coloridas.

- Mudança nos matizes se fizermos nos 3 canais RGB!
- Ideia melhor: aplicar somente no canal L.

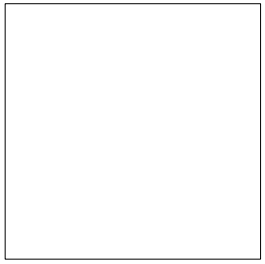
Original

RGB

Somente L

# Outros espaços de cor

- Outros espaços de cor são usados na prática.
  - RGBA: RGB + um canal α, que representa um grau de transparência.
  - HSV (V de *Value)* e HSI (I de *Intensity*): variações do HSL.
  - YCbCr: usado por equipamentos de vídeo (“vídeo componente”).
  - CIELAB: modelo baseado na percepção humana.
  - CMY (*cyan*, *magenta*, *yellow*): modelo complementar ao RGB.
    - Modelo subtrativo, usado em imprensa.
    - Como é difícil e caro usar apenas as 3 tintas, normalmente é usada a variação CMYK, que adiciona às 3 cores o preto.

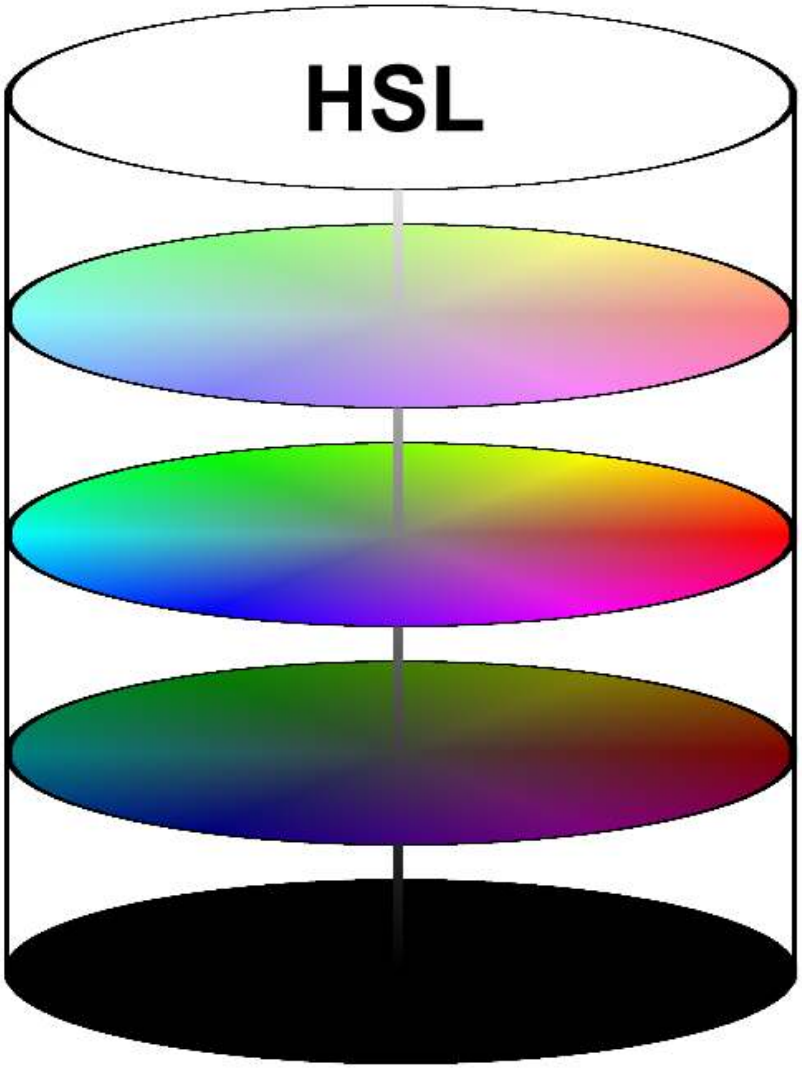

-

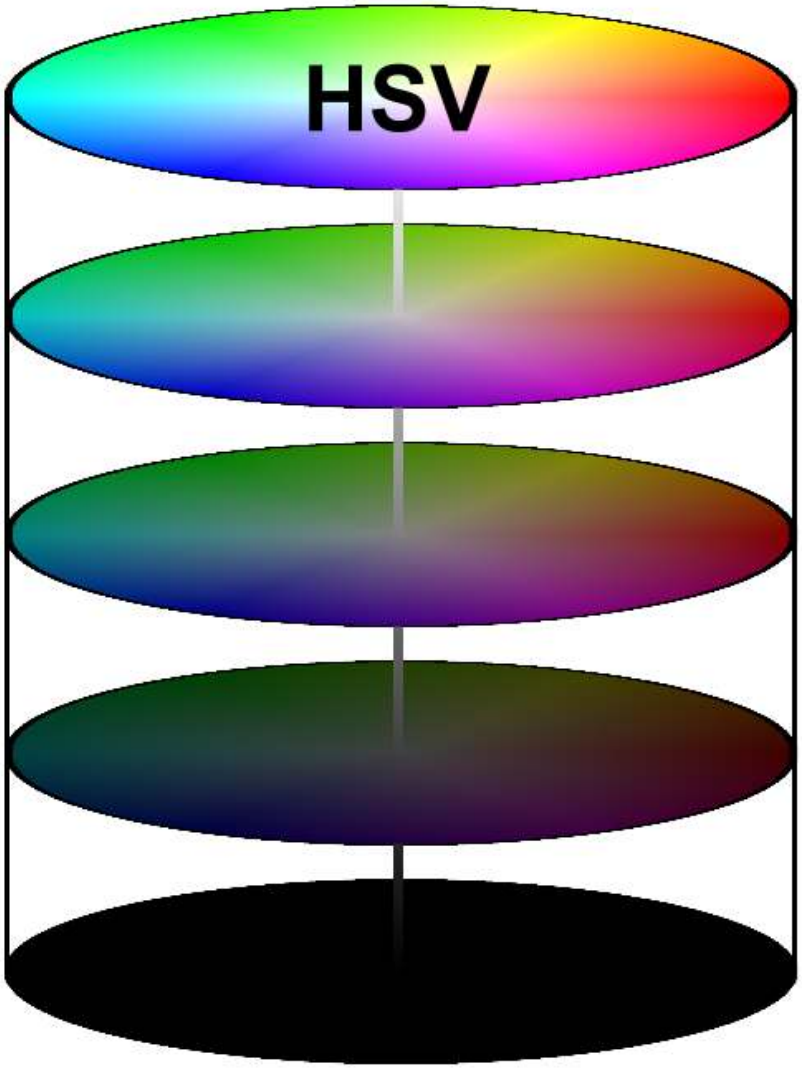
-

-

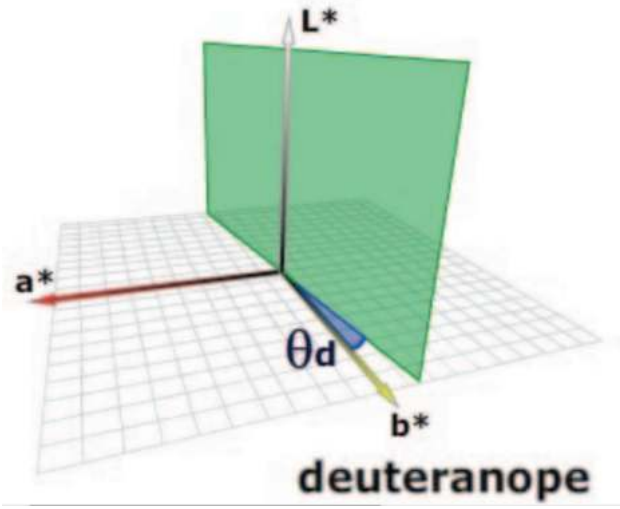
=

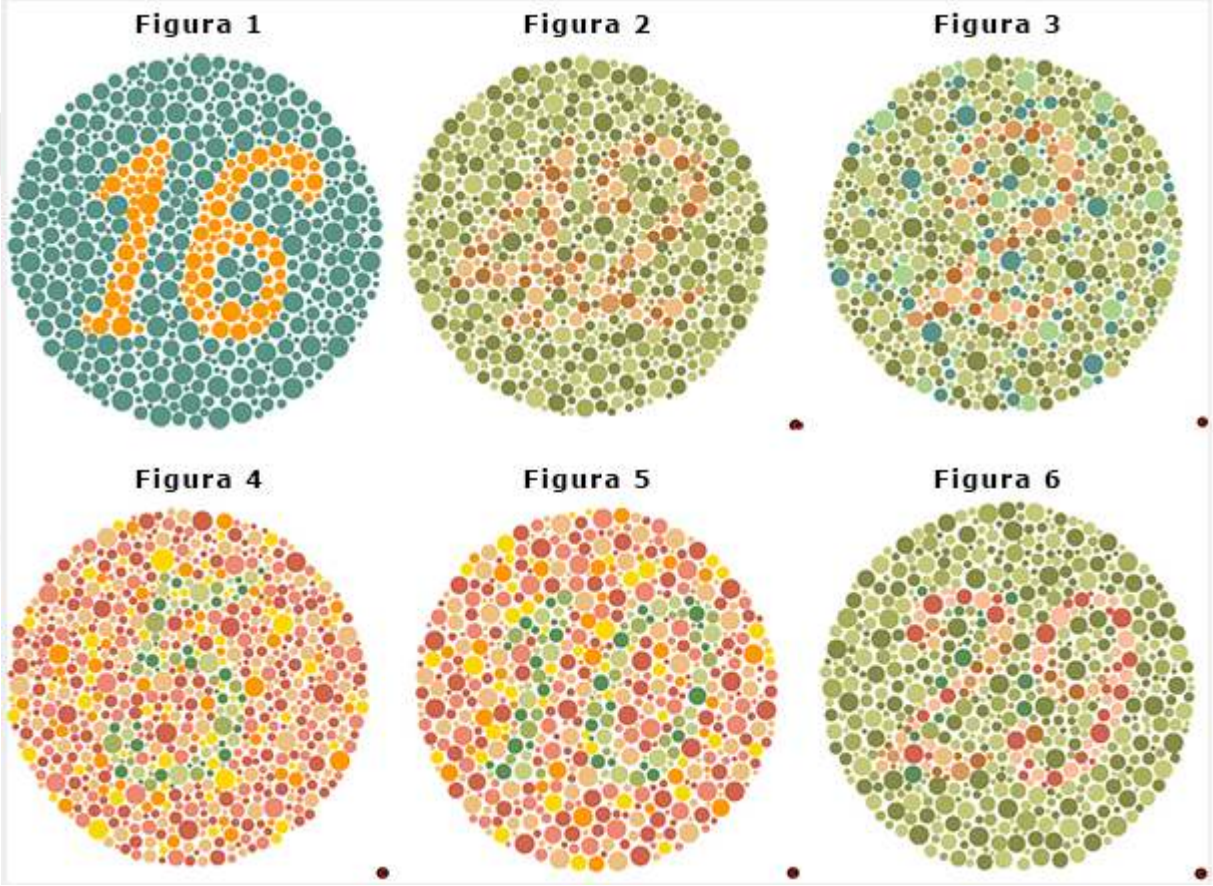
# HSL x HSV



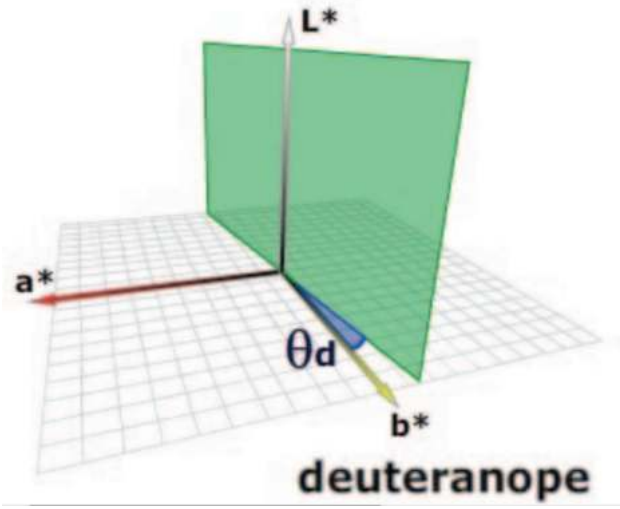



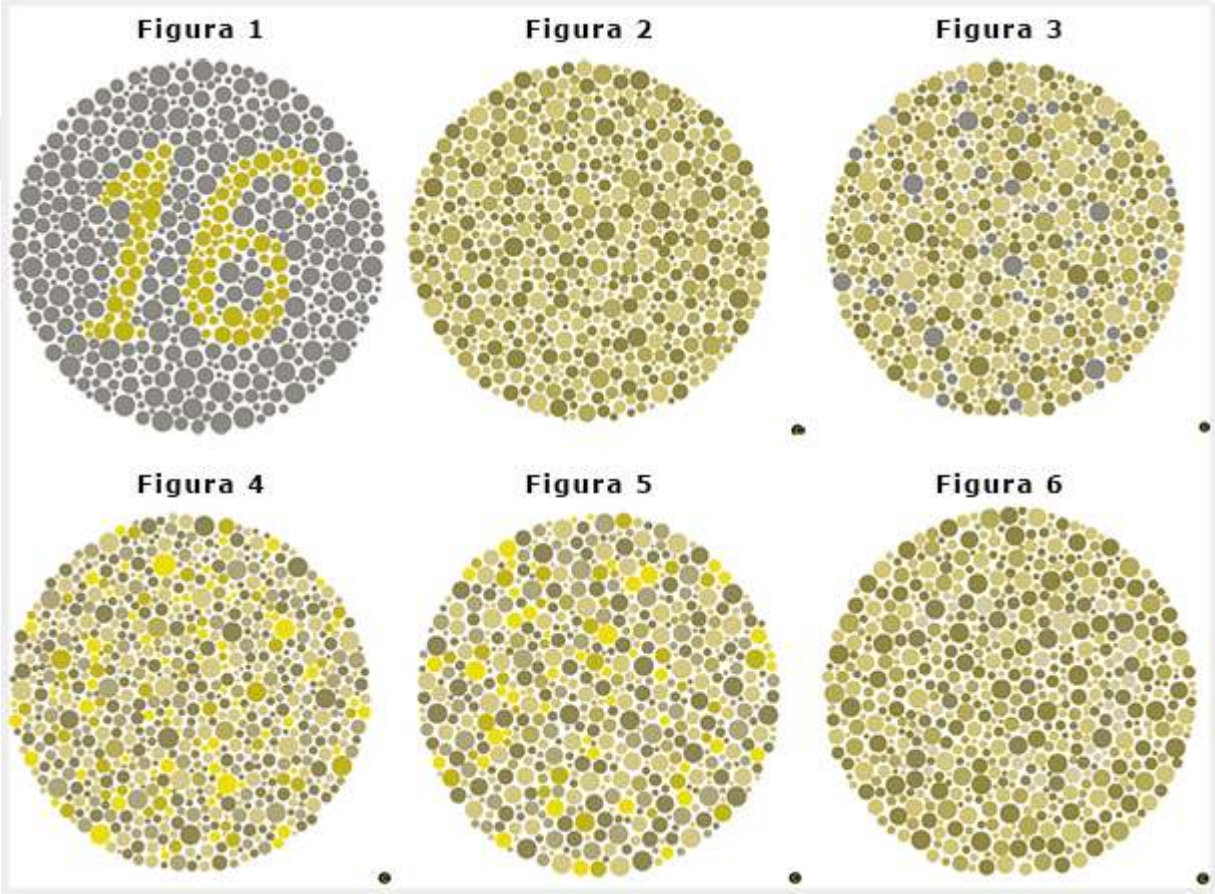
# Simulando daltonismo



# Simulando daltonismo



# Cores em dispositivos antigos

- O espaço RGB com 24bpp é o padrão nos dispositivos atuais.
  - Inicialmente, era conhecido comercialmente como *true color*.
  - Quantas cores ele permite representar?

- Dispositivos antigos costumavam adotar diversos padrões...
  - Algumas técnicas e características **muito** comuns:
    - Usar uma *LUT* (*look-up table*) para indexar com *n* bits uma paleta com mais que $2^n$ opções.
    - Algoritmos de *dithering* para simular tons intermediários.
    - Diferentes modos gráficos com resoluções e limites diferentes.
      - Ex: 80x25 caracteres com 16 cores em modo texto, ou 320x200 pixels com 4 cores em modo gráfico?
      - Ex: 160x100 pixels com 16 cores ou 320x200 pixels com 4 cores?
    - "Truques" de baixo nível.
      - Ex: videogames antigos podiam atualizar a imagem 60 vezes por segundo em televisores feitos para 30fps!

# Dispositivos monocromáticos

•Alguns dispositivos não mostravam cores, mas diferentes tons de intensidade.

- A tonalidade da intensidade muitas vezes dependia do *display*.

160x144 pixels com
4 tons de... (verde?).

# CGA x EGA x VGA

- Alguns padrões e seus modos mais comuns:
  - *Color Graphics Adapter* (CGA): 1981.
    - Paleta: 4 bits por cor (16 cores).
    - Display: indexa LUT com 2bpp (4 cores).
  - *Enhanced Graphics Adapter* (EGA): 1984.
    - Paleta: 2 bits por canal RGB (64 cores).
    - Display: indexa LUT com 4bpp (16 cores).
  - *Video Graphics Array* (VGA): 1987.
    - Paleta: 6 bits por canal RGB (262144 cores).
    - Display: indexa LUT com 8bpp (256 cores).
  - Super VGA: 1987 / 1989 (VESA) / 1994 (VESA BIOS Extensions).
    - Vários padrões, incluindo todos os anteriores, *high color* (15 ou 16 bpp), e *true color* (24pbb).

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

# CGA

# EGA

# VGA

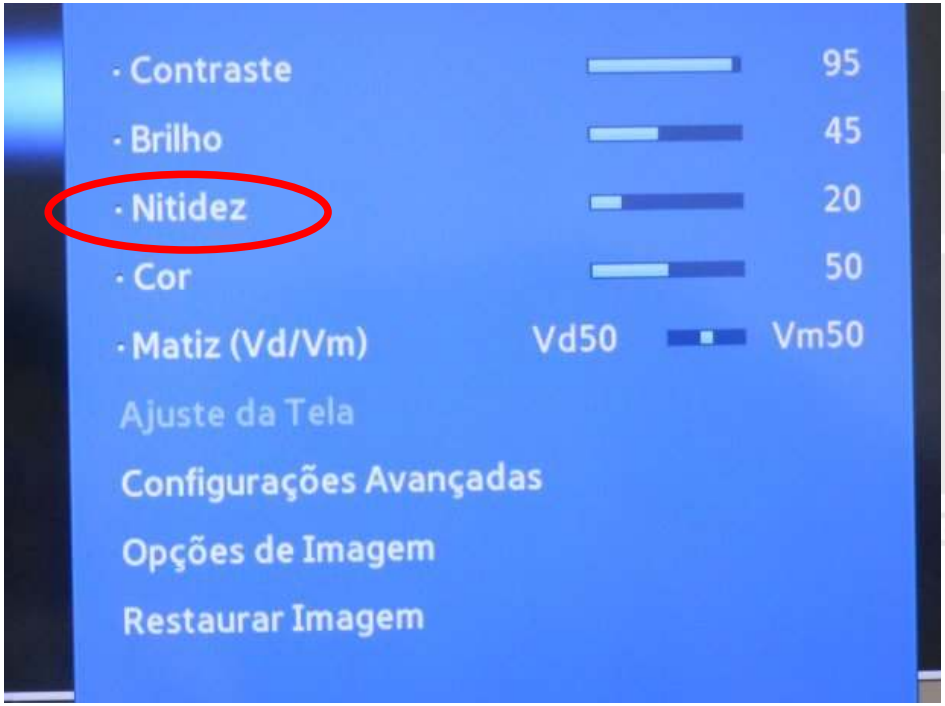
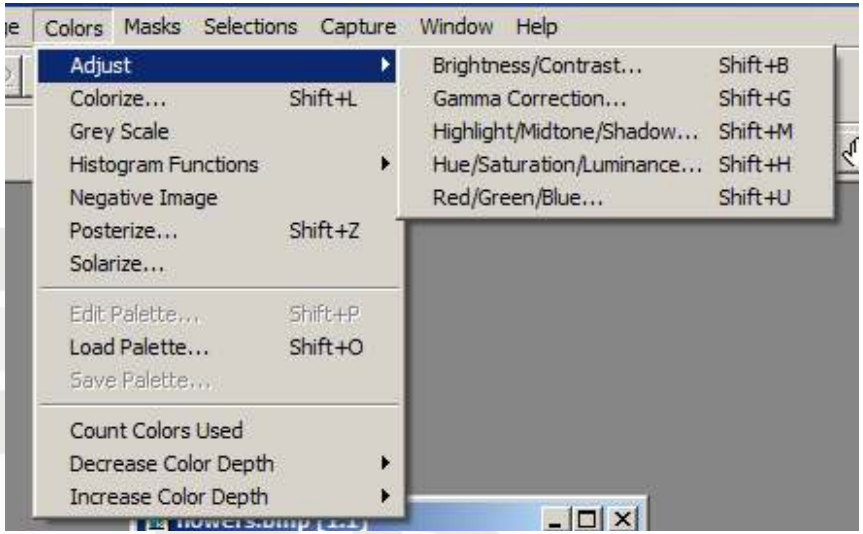
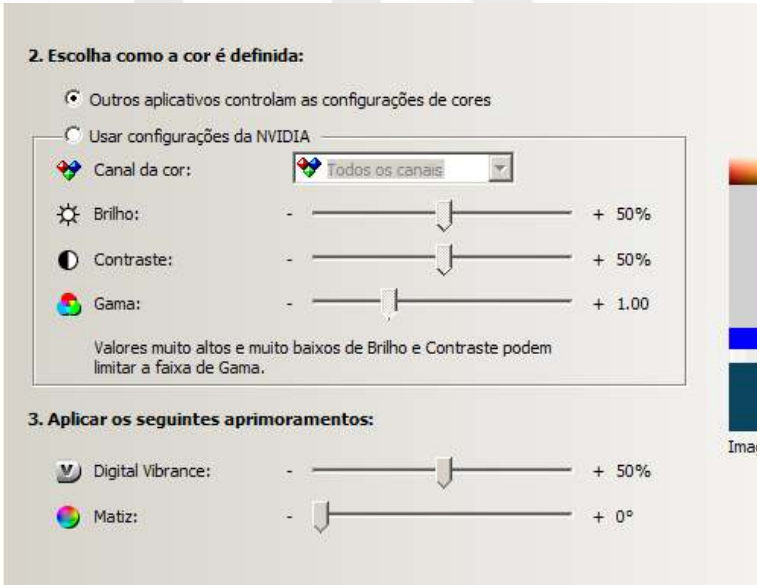
# CGA

THE SECRET OF
MONKEY ISLAND
TM & (c) 1990 LucasArts Entertainment Company.
All Rights Reserved.
My name's Guybrush Threepwood, and I want to be a pirate!
My name's Guybrush Threepwood. I'm new in town.
Are you a pirate? Can I be on your crew?
Who's in charge here?
Nice talking to you.
Walk to
Open
Close
Push
Pull
Walk to
Pick up
Talk to
Give
Use
Look at
Turn on
Turn off

# EGA

THE SECRET OF
MONKEY ISLAND
TM & (c) 1990 LucasArts Entertainment Company.
All Rights Reserved.
My name's Guybrush Threepwood, and I want to be a pirate!
My name's Guybrush Threepwood. I'm new in town.
Are you a pirate? Can I be on your crew?
Who's in charge here?
Nice talking to you.
Walk to
Open
Close
Push
Pull
Walk to
Pick up
Talk to
Give
Use
Look at
Turn on
Turn off

# VGA

THE SECRET OF
MONKEY ISLAND
TM & (c) 1990 LucasArts Entertainment Company.
All Rights Reserved.
My name's Guybrush Threepwood, and I want to be a pirate!
My name's Guybrush Threepwood. I'm new in town.
Are you a pirate? Can I be on your crew?
Who's in charge here?
Nice talking to you.
Walk to
Open
Close
Push
Pull
Walk to
Pick up
Talk to
Give
Use
Look at
Turn on
Turn off

# Próxima aula