

---

# **A Imagem (Parte I)**

## **Tópico:**

- ▣ Representação Digital da Imagem

# Representação Digital de Imagens

---

- ❑ Tratamento e análise de imagens.
- ❑ **Processamento de Imagens**
  - manipulação e exibição de imagens prontas,
  - envolve processos de tratamento da imagem e processos que permitam a interface entre dispositivos de entrada e saída gráfica e o arquivo de imagem.
  - não possui como fim a geração de uma imagem a partir de dados, mas a manipulação de uma imagem previamente gerada e até possivelmente a extração de informações a partir desta imagem.

# Representação Digital de Imagens

---

## Aplicações:

- ❑ **Tratamento e melhoria de imagens**
  - ❑ Medicina, Controle de Qualidade, Biologia, Sistemas de Monitoração e Controle (segurança), Geologia, Sensoriamento Remoto (imagens de satélites), Meteorologia, etc.
  
- ❑ **Reconhecimento e classificação de objetos presentes em uma imagem**
  - ❑ Sistemas de segurança (impressões digitais), interpretação automática de textos, visão artificial, robótica, exploração automatizada (sistemas anti-bombas, exploração submarina, mísseis teleguiados), etc.

# Representação Digital de Imagens

---

- ❑ **Imagem** → composta por um conjunto de pontos, denominados "Pixels" (*Picture Elements*) ou "Dots".
- ❑ **"Pixels"** → dispostos na tela do computador formando uma matriz de pontos que é denominada de "Bit-Map" ou "Mapa de Bits".
- ❑ **Mapa de bits** → reticulado - cada elemento da matriz possui uma informação referente à cor associada aquele ponto específico.
- ❑ **"Resolução" da imagem** → número de elementos que a imagem possui na horizontal e na vertical.

# Representação Digital de Imagens

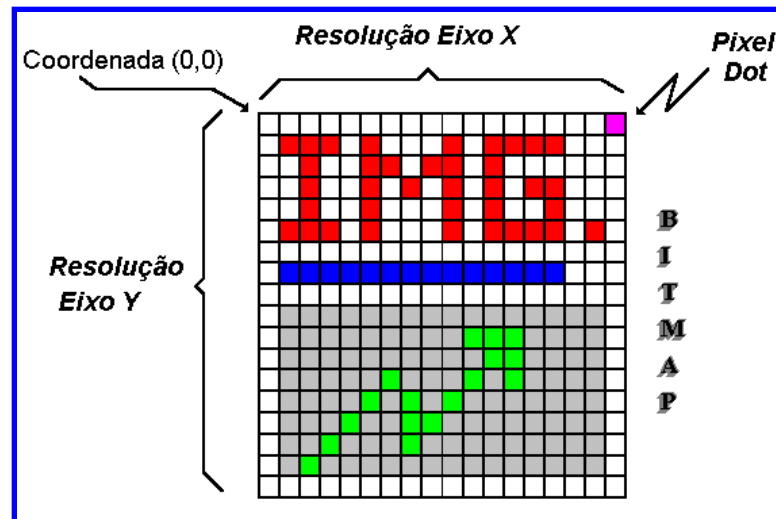


Imagem → matriz de pontos ou pixels, com resolução horizontal (eixo X) e vertical (eixo Y), para cada ponto da matriz tem-se uma cor associada (obtida de forma direta ou através de uma tabela de acesso indireto - "tabela de palette").

Fonte: Casacurta, A., Osório, F., Figueroa, F. e Musse, S. R., *Computação Gráfica – Introdução*.

# Representação Digital de Imagens

- ❑ **Resolução espacial da visão** – mede quantos **pontos** (**pixels**) diferentes o olho pode distinguir em uma imagem.
- ❑ **Campo visual humano** – matriz de 3.000 x 3.000 *pixels*.
- ❑ **Televisão comum** → 512 x 480 *pixels* (NTSC - *National Television Standards Committee* ou PAL-M: variação do padrão PAL - *Phase Alternate Lines*).
- ❑ **Televisão de alta definição** (HDTV) → 2.000 x 1.100 *pixels*
- ❑ **Computadores PC** → resolução determinada pelo modo gráfico escolhido – dentro do limite estabelecido, valores comuns: 640 x 480, 800 x 600 e 1024 x 768.
- ❑ **Razão de aspecto do monitor**: 4/3 – computadores e televisão comum e 2 (aproximadamente) para cinema e HDTV.

# Representação Digital de Imagens

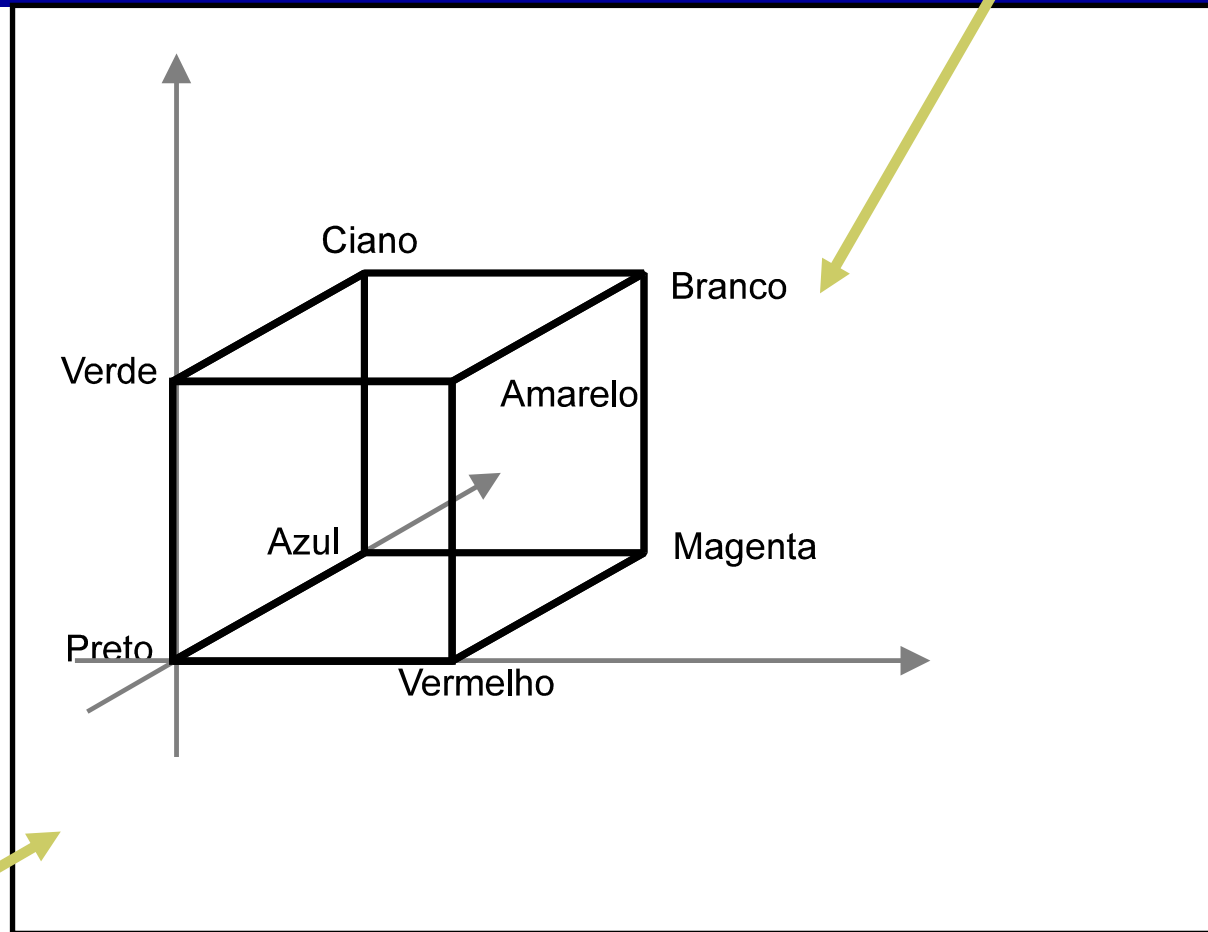
---

- ❑ Quantidade de bits requerida por um *pixel* → depende principalmente da representação adotada para as cores.
- ❑ Visão humana
  - ❑ **Espectro visível**: 400nm (violeta) a 700nm (vermelho);
  - ❑ **Picos de maior sensibilidade do olho humano** – aproximadamente ao verde (principal), ao vermelho (um pouco menor) e ao azul (bem menor).
- ❑ Percepção das cores → **combinação linear** – cada cor é expressa como soma ponderada das cores básicas.



# Sistema RGB

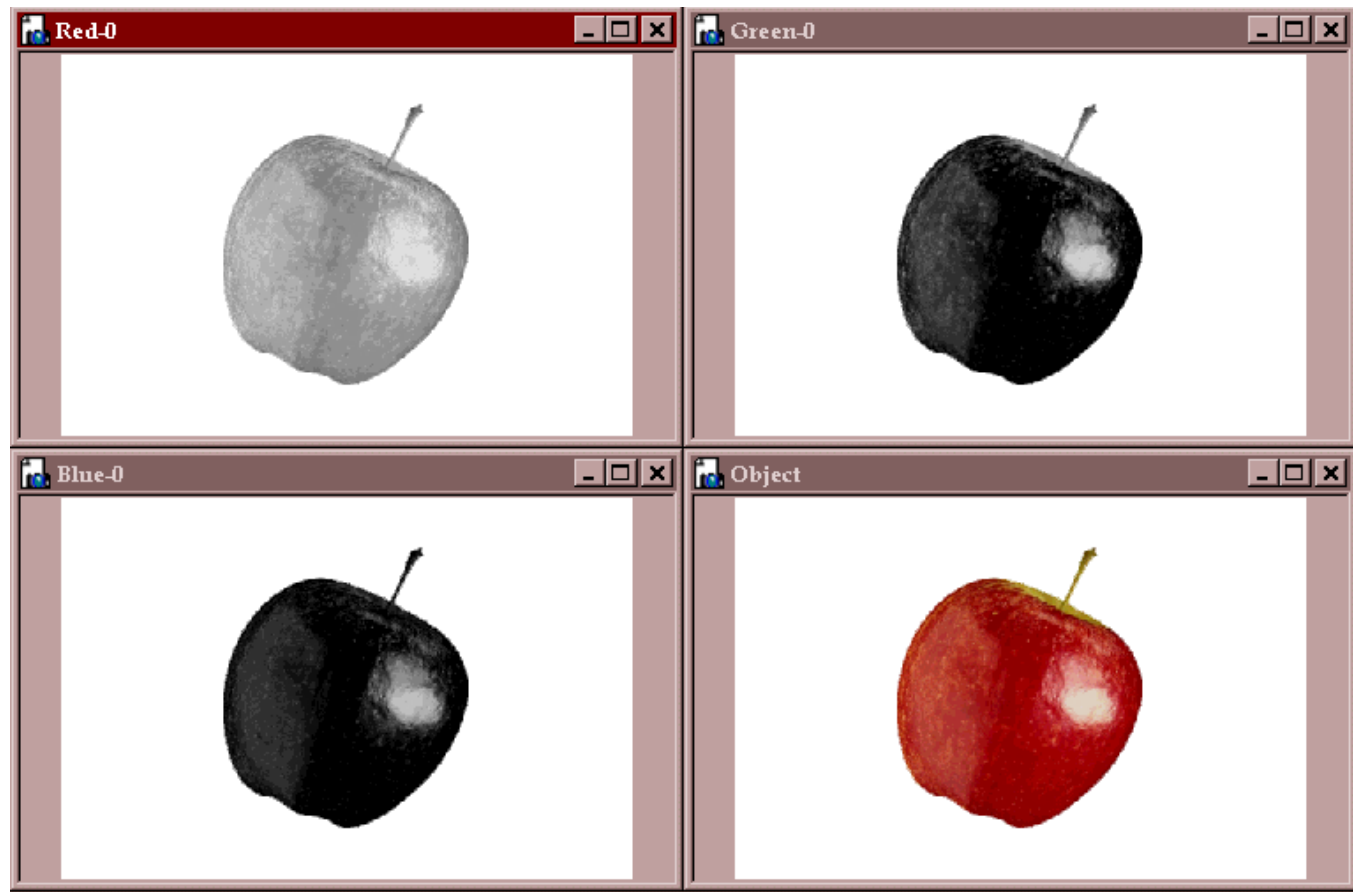
componentes estão presentes com a sua intensidade máxima.



intensidade zero nas três componentes.

# Decomposição em RGB

---



---

## **Tópicos:**

- ❑ Codificação das Cores
- ❑ Dispositivos Gráficos

# Codificação das Cores

---

## Codificação das cores

- ▣ **canal de cor** - cada cor primária usada para representar uma dada cor;
- ▣ **amostragem de cores** - a intensidade de cada primária é codificada no valor de um canal;
- ▣ **quantização das cores** - número de bits por canal, comumente: 1 a 8.

# Codificação das Cores

---

## Codificação das cores

- em sistemas de **cor verdadeira**, o valor do pixel é a combinação dos valores dos canais;
- em sistemas de **paleta**, o valor do pixel é um índice na tabela de cores;
- o **canal alfa**: pode ser usado para representar a transparência de um pixel.

# Codificação das Cores

---

## Quantização de cores

- ❑ Reduzir o espaço de cores de uma imagem.
- ❑ Seleção de um subconjunto das cores originais para aproximar estas cores.
- ❑ Problema de otimização, ou seja, qual o melhor subconjunto (depende da aplicação) ?

# Codificação das Cores

---

## Quantização das cores

- ❑ 8 bits para codificação de cada primária (olho humano - 256 níveis de luminância);
- ❑ Sistema de 3 primárias  $\Rightarrow$  24 bits/pixel  $\Rightarrow$  **Sistema de cor verdadeira**  $\Rightarrow$  Reproduz cerca de 16 milhões de cores.
- ❑ Alternativa mais barata (redundância de cores em sistemas de 24 bits):
  - 5 bits/cor  $\Rightarrow$  15 bits  $\Rightarrow$  32.768 cores
  - codificação não simétrica - sacrificar o azul na codificação.

# Codificação das Cores

---

## Paletas

- Usada quando a capacidade de reprodução de cores do sistema é  $\leq$  a dos sistemas de cor verdadeira;
- O conteúdo do pixel é enviado como índice para uma tabela armazenada em uma memória especial (não é enviado diretamente ao monitor);
- Da tabela é retirado o valor para o monitor - Paleta (*palette*) ou tabela de cores (*color look-up table*);
- ↓ profundidade (tamanho em bits) do pixel  $\Rightarrow$   
↓ memória para armazenamento da imagem.



# Codificação das Cores

---

## Paletas

### Número de cores exibíveis:

- ❑ Determinada pela profundidade do pixel
- ❑ Modos VGA e SuperVGA (8 bits) - 256 cores simultâneas.

### Imagens em sistemas de 8 bits normalmente não são realistas.

- ❑ troca-se resolução espacial por resolução de cores;
- ❑ representação de cada ponto da imagem por um grupo de pixels vizinhos (***dithering***).

# Codificação das Cores

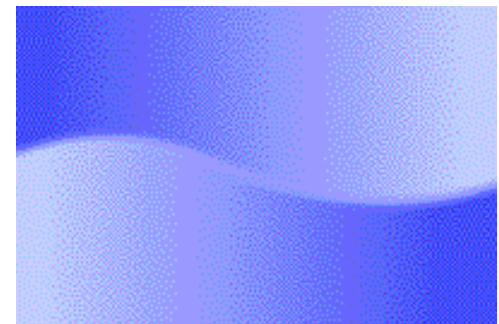
---



TIFF(simulação em JPEG de alta qualidade)



GIF sem *dithering*  
(Tamanho: 02 Kb)



GIF com *dithering*  
Tamanho: 08 Kb

# Codificação das Transparências

---

## Sistemas de 15 bits

- ❑ acomodados em pixels de 16 bits;
- ❑ bit extra usado para codificar a transparência da imagem;
- ❑ cada pixel será transparente ou opaco.

## Sistemas de 24 bits

- ❑ utilizando-se pixels de 32 bits, sobra um **canal alfa** (8 bits).

## Canal alfa

- ❑ permite especificar 256 gradações de transparências;
- ❑ efeitos utilizados em processamento de vídeo.

# Dispositivos Gráficos

---

## Relação entre cores e bits/pixel:

- ❑ sistemas de 4 e 8 bits usam paleta;
- ❑ sistemas de 15 e 24 bits são de cor verdadeira;
- ❑ sistemas de 16 bits permitem 1 bit de canal alfa ou 1 bit a mais em um dos canais;
- ❑ sistemas de 32 bits permitem 8 bits de canal alfa.

# Dispositivos Gráficos

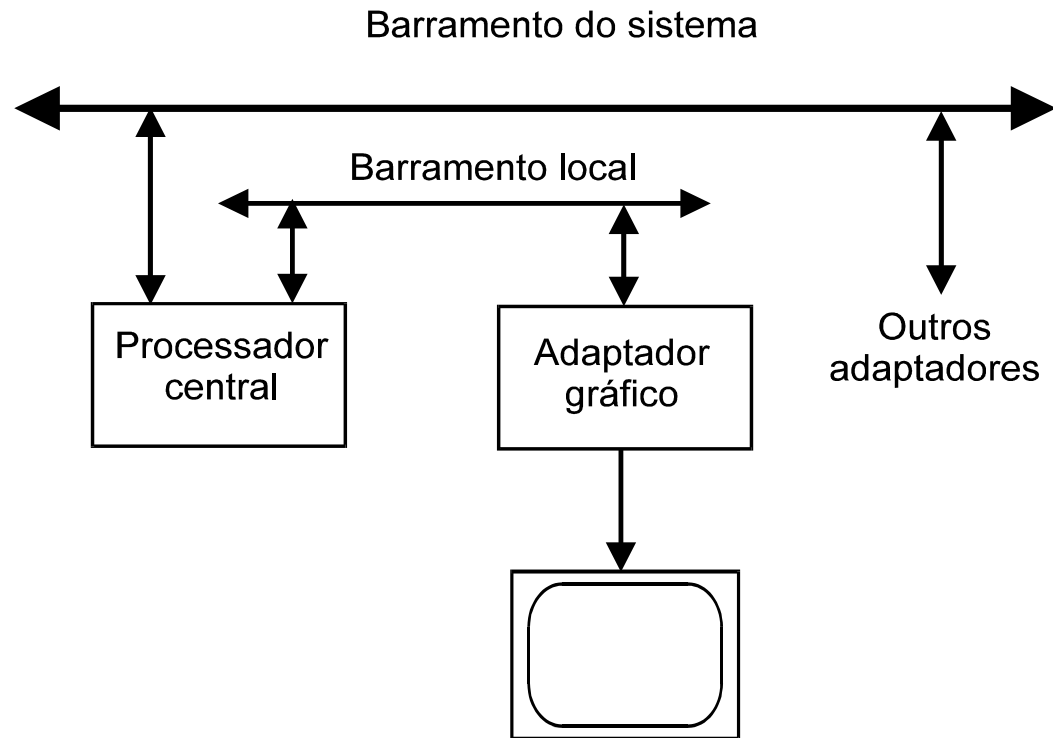
---

- **Exemplos de dispositivos interativos:**
  - tubos de raios catódicos;
  - matrizes de diodos eletroluminescentes (LEDs);
  - matrizes de dispositivos de cristal líquido (LCDs);
  - painéis de plasma.

# Dispositivos Gráficos

---

## Arquitetura de Sistemas Gráficos



# Dispositivos Gráficos

---

- **Dispositivos de varredura:**
  - a imagem é gerada por varredura seqüencial da memória de imagem e do monitor;
  - **quadro** (“frame”) - imagem gerada em um ciclo de *refresh*;
  - **cintilação** - piscar que ocorre quando a taxa de *refresh* é insuficiente.

# Dispositivos Gráficos

---

- **Dispositivos de varredura:**
  - quadros são separados pelo **retraço vertical** e divididos em **linhas**;
  - linhas são separadas pelo **retraço horizontal** e divididas em **pixels**.



# Dispositivos Gráficos

---

- ▣ Tipos de varredura:
  - **progressiva** - linhas são lidas em ordem crescente, como na maioria dos monitores;
  - **entrelaçada** - o quadro é dividido em dois campos (linhas pares e linhas ímpares), como na TV.

# Dispositivos Gráficos

---

- **Parâmetros de varredura:**
  - **freqüência (de varredura) vertical** = número de quadros por segundo;
  - **freqüência (de varredura) horizontal** = número de linhas por segundo;
  - **faixa de passagem** = número de pixels por segundo/2.

# Dispositivos Gráficos

## ▣ Freqüências Típicas de Monitores

Sistema	Freqüência vertical	Freqüência horizontal	Faixa de passagem
TV	30 Hz	15,75 KHz	4 MHz
VGA	60 Hz	31 KHz	11 MHz
SVGA	72 Hz	60 KHz	35 MHz

# Dispositivos Gráficos

---

## ▣ Parâmetros espaciais:

- a especificação de tamanho refere-se à diagonal principal;
- razão de aspecto normal dos monitores:  $4/3$ ;
- razão de aspecto do pixel = razão de aspecto do monitor (resolução vertical/resolução horizontal).

# Dispositivos Gráficos

---

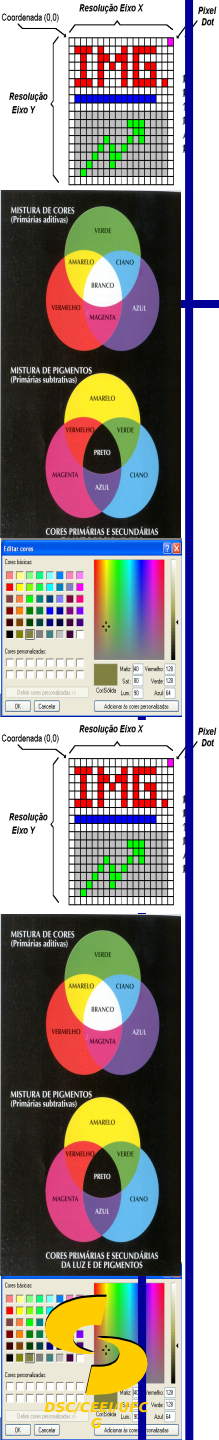
- ▣ Relação entre memória, resoluções e cores:

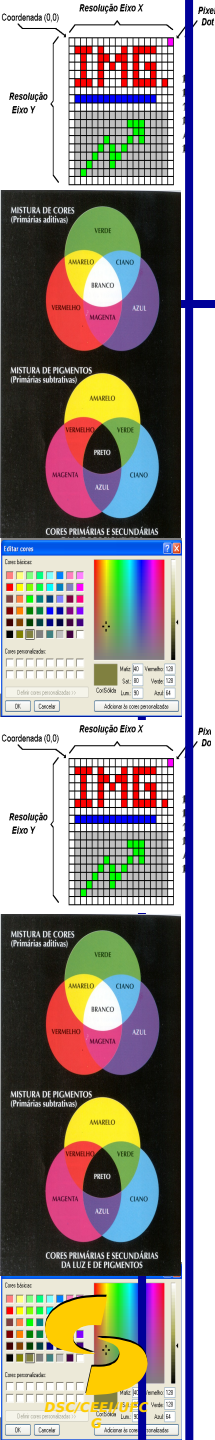
Resoluções / Cores	16	256	32K	16M
640 × 480	150K	300K	600K	900K
800 × 600	235K	469K	936K	1407K
1024 × 768	384K	768K	1536K	2304K

# Sistemas Multimídia

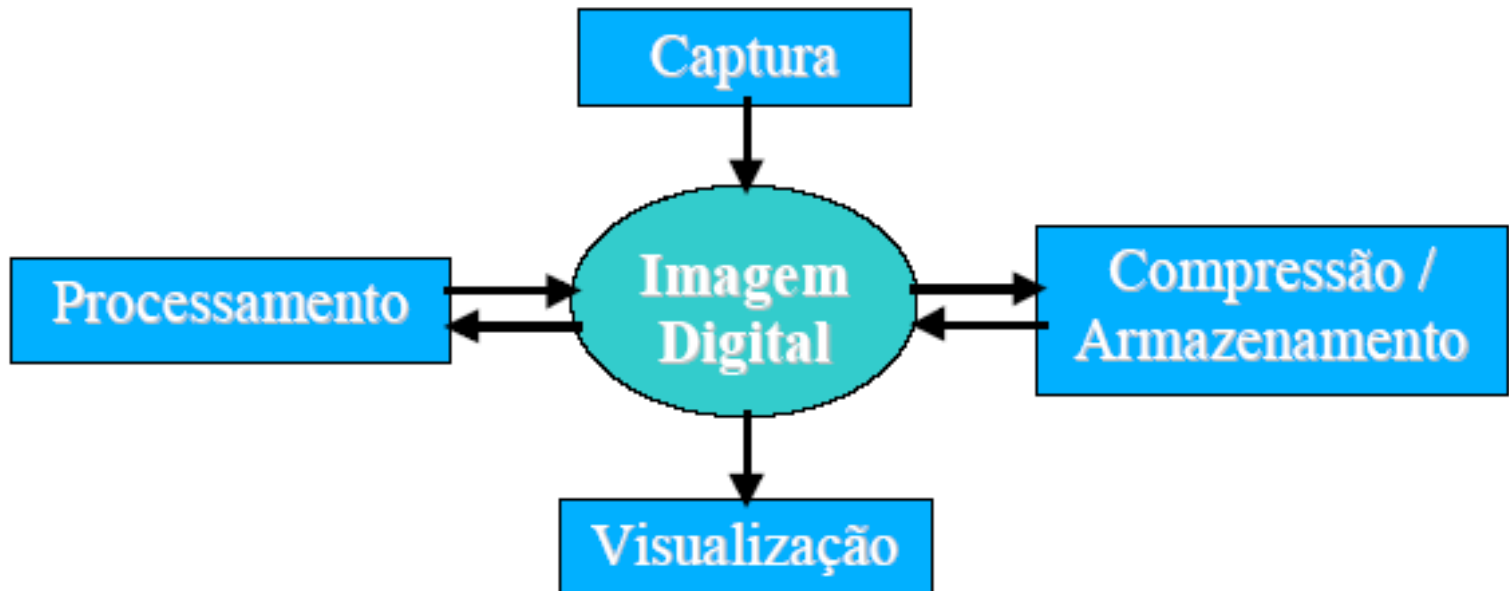
## Tópico:

- Processamento de Imagem





# Processamento de Imagem

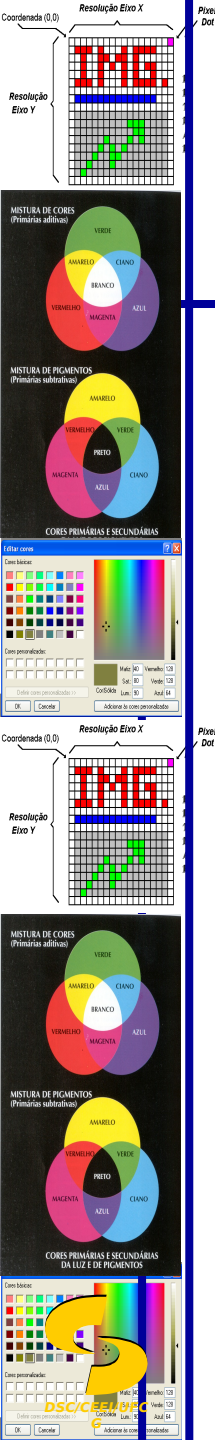


- ❑ **Formatos de imagens:**
  - **representação no espaço de imagens** = representação matricial (“raster”);
  - **mapas de pixels** = arranjos retangulares de pixels;
  - **mapas de bits** = mapas de pixels com 1 bit/pixel.



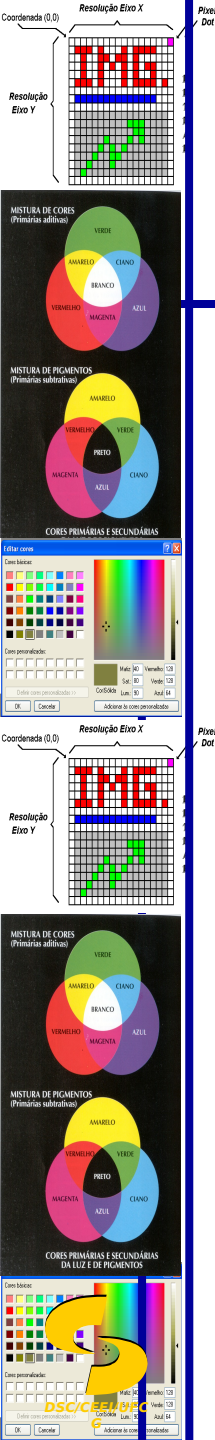
# Processamento da imagem

- ❑ Características dos formatos de arquivos de imagens:
  - número de cores suportadas;
  - resoluções;
  - popularidade;
  - grau de compressão.



# Processamento da imagem

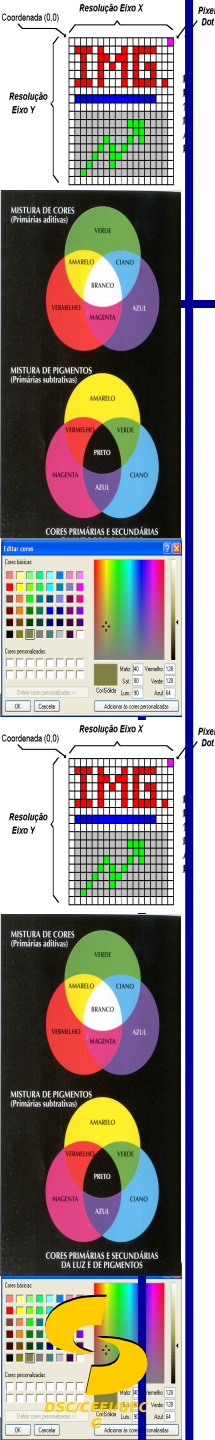
- Exemplos de formatos de imagens - nível de pixels:
  - Formato **PCX**: padrão de muitos aplicativos DOS.
  - Formato **GIF**: padrão de intercâmbio de imagens.
  - Formato **BMP**: padrão do Windows.
  - Formato **TGA**: padrão das placas Targa.



# Processamento da imagem

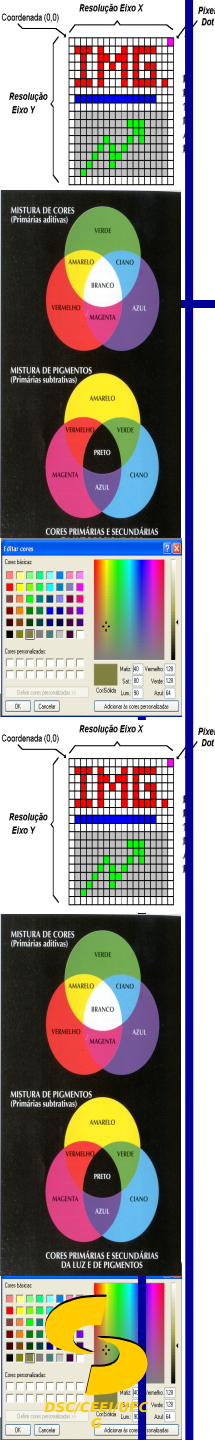
## Exemplos de formatos de imagens - nível de pixels:

- Formato **TIFF**: padrão independente de fabricante.
- **PCD**: usado em Photo-CD, com múltiplas resoluções.
- Formato **JPG**: imagem no padrão **JPEG**.
- Formato **PNG**: alternativa ao GIF para distribuição de imagens comprimidas sem perdas.



# Processamento da imagem

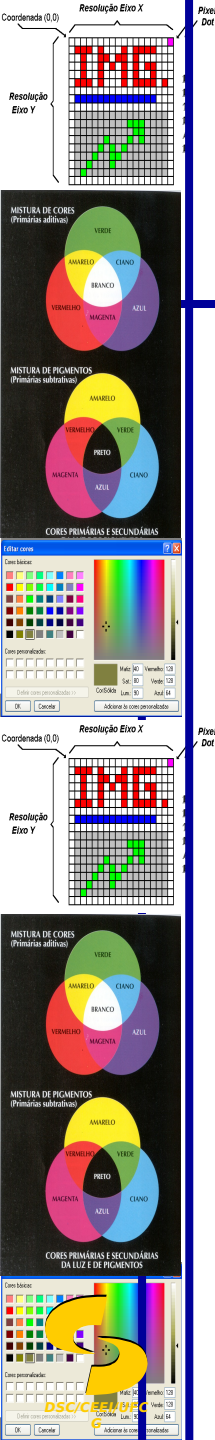
- ▣ Tipos de operações de processamento digital da imagem:
  - processamento no domínio espacial:  
operações feitas sobre os pixels separados;
  - processamento no domínio da frequência:  
requerem a análise de áreas contíguas de imagem.



# Processamento da imagem

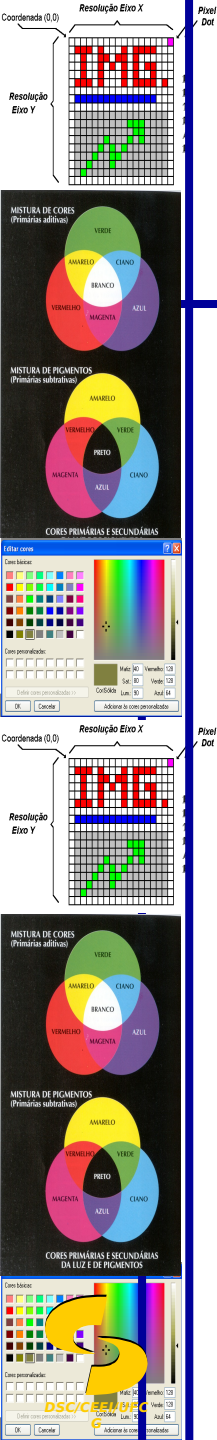
## □ Processamento no domínio espacial:

- armazenamento e recuperação de imagens;
- recorte, cópia e colagem de áreas de imagens;
- conversão de formatos de imagem;
- conversão de modelos de cor e separação de cores;



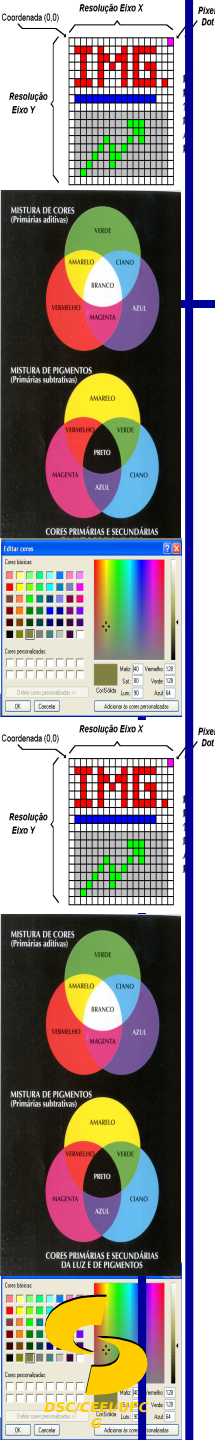
# Processamento da imagem

- **Processamento no domínio espacial:**
  - combinação de imagens (composição);
  - retoque de imagens;
  - pintura sobre imagens;
  - redução de resolução e cores.



# Processamento da imagem

- **Processamento no domínio da frequência:**
  - mudança de escala e rotação de imagens;
  - transformação e distorção de imagens (ótica digital);
  - filtragem, suavização e realce de imagens;
  - compressão de imagens.



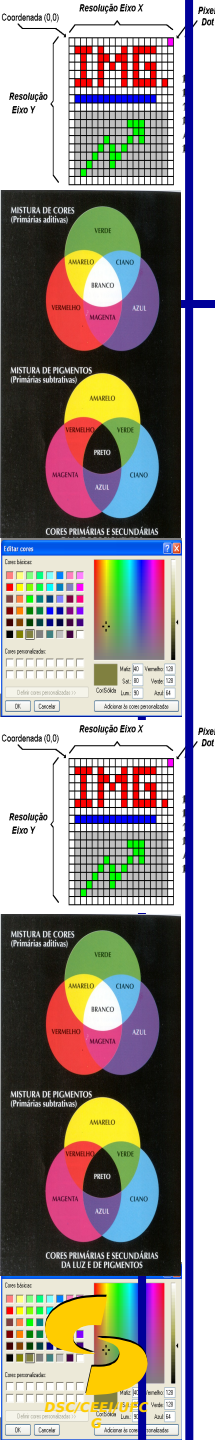
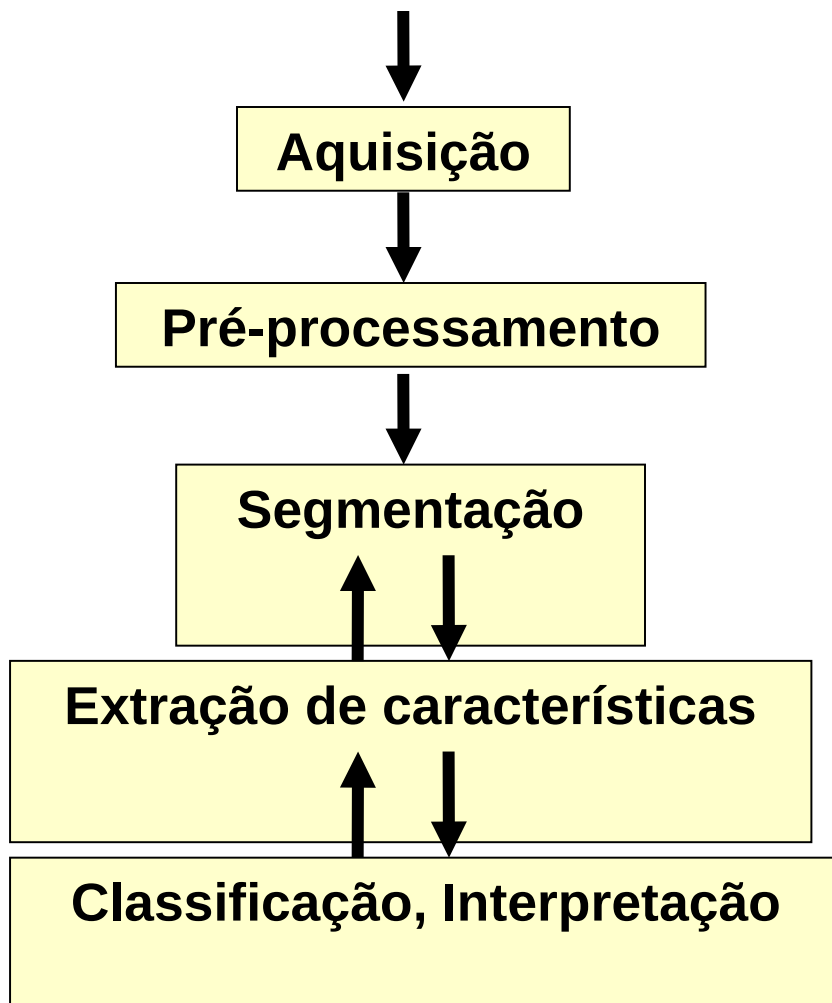
# Processamento da imagem

O que é o Processamento Digital de Imagem?

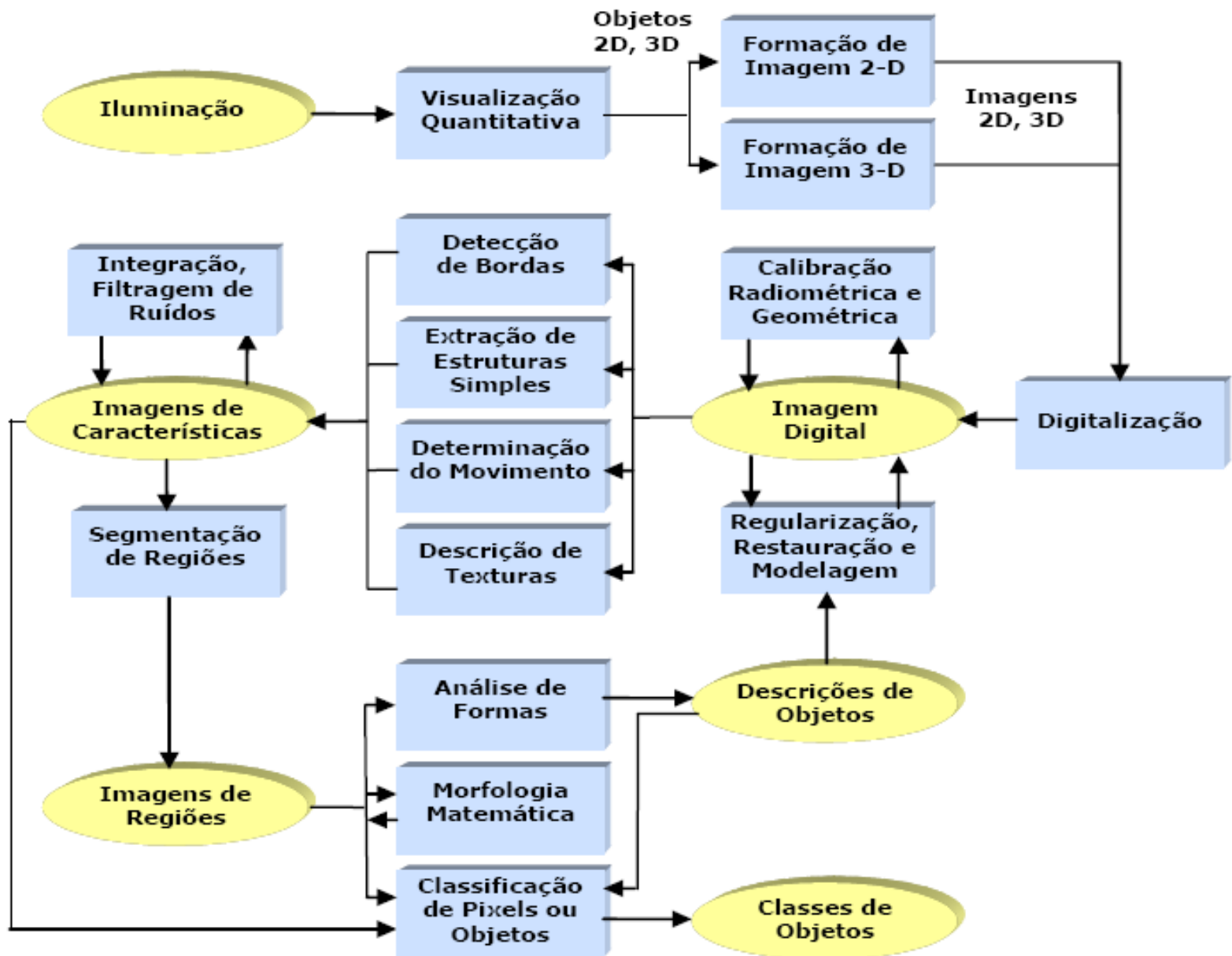


# Processamento da imagem

## Modelo de um Sistema de Processamento Digital de Imagem



# Uma hierarquia de tarefas de processamento de imagens



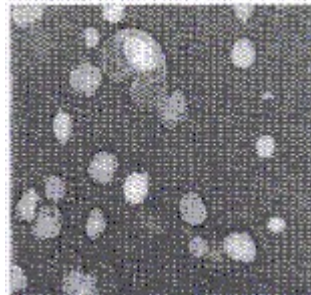
Fonte: **Introdução ao Processamento Digital de Imagens** (José Eustáquio Rangel de Queiroz, Herman Martins Gomes), disponível em [www.sibgrapi.ufam.edu.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=7](http://www.sibgrapi.ufam.edu.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=7)

# Processamento da imagem

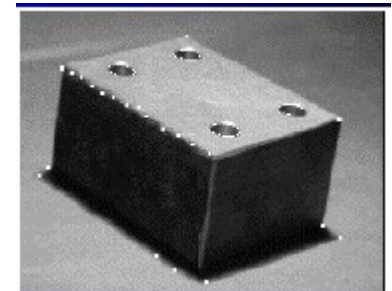
## ■ Aplicações

Defesa/Inteligência

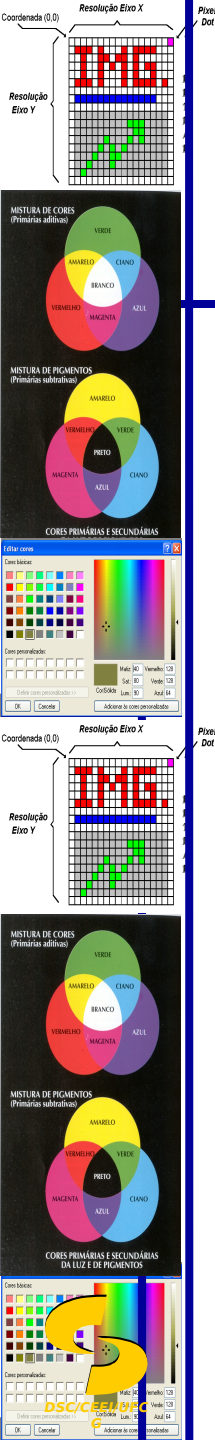
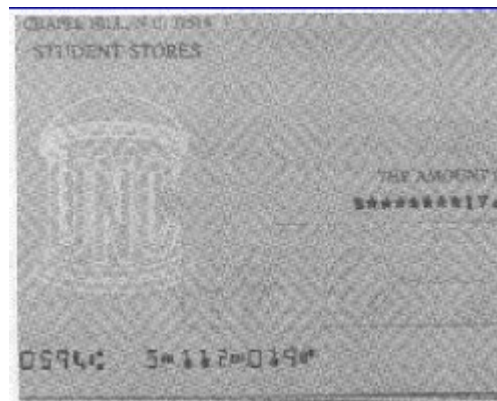
Biologia



Automação de fábricas



Processamento de Documentos



# Processamento da imagem

## Aplicações

Apoio à  
lei

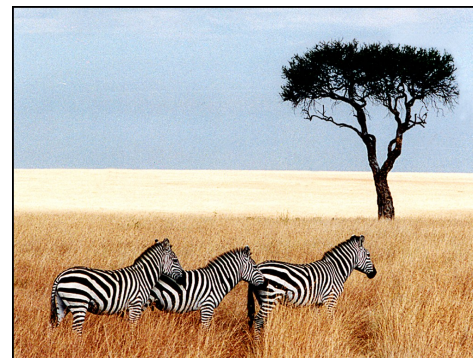


- Watermarking - proteção e identificação de copyright
- Segurança de Dados
  - Comunicação secreta (Steganography)

Imagem original



Imagem com informação  
"escondida"

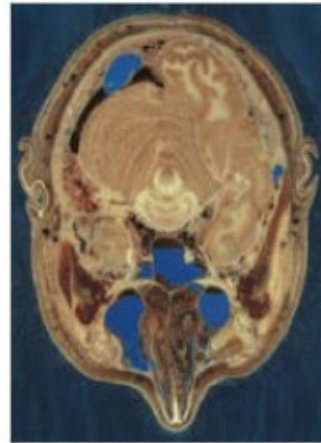




# Processamento da imagem

## □ Aplicações

# Médicas



[545x700 24-bit color JPEG, 69069 bytes] Section through Visible Human Male - head, including cerebellum, cerebral cortex, brainstem, nasal passages (from Head subset)

<http://www.mhhe.com/studytools>



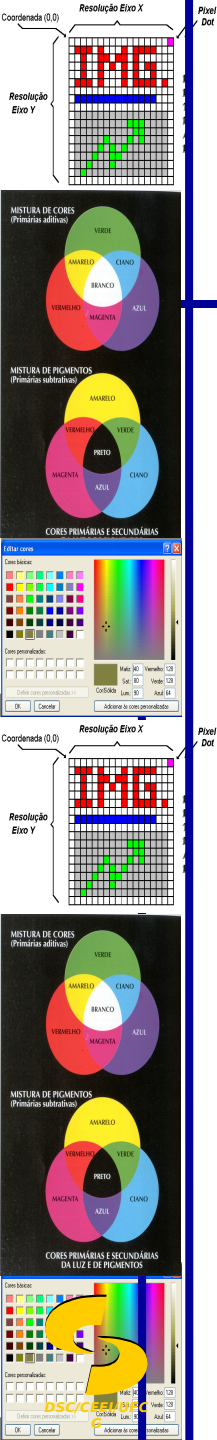
# Processamento da imagem

Aspecto importante: Compressão

# Processamento da imagem

## Compressão de Imagens

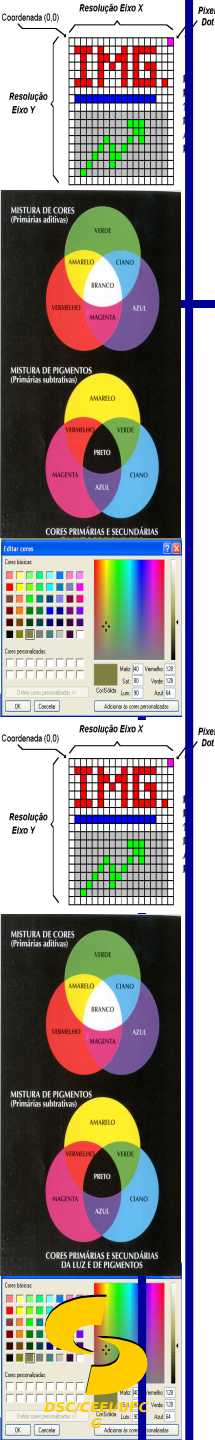
- Existem, basicamente, dois tipos de imagens:
  - Geradas por Computador (Gráficos).
    - Armazenadas (e transmitidas) como um conjunto de instruções (formato de programa) que geram a imagem, ao invés de um formato de matriz de pixels
    - Quando uma imagem é transmitida no formato de programa, algum esquema de compressão sem perdas tem que ser utilizado.



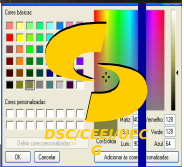
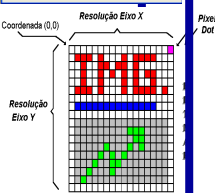
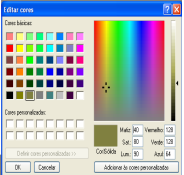
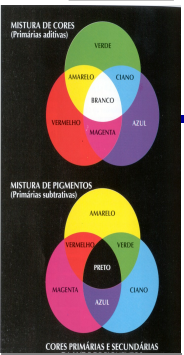
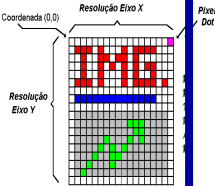
# Processamento da imagem

## Compressão de Imagens

- ❑ Existem, basicamente, dois tipos de imagens:
  - Imagens Digitalizadas (Fotos escaneadas, etc.).
    - ❑ Armazenadas em formato matricial (pixels).
    - ❑ Dois métodos de compressão (padronizados) básicos são utilizados:
      - Combinação de codificação estatística e por repetição de série (run-length) - Compressão sem perdas de documentos digitalizados.
      - Combinação de codificações por transformadas, diferenças e por repetição de série (run-length) - Caso genérico.

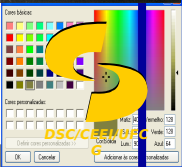
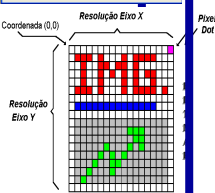
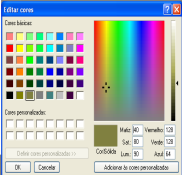
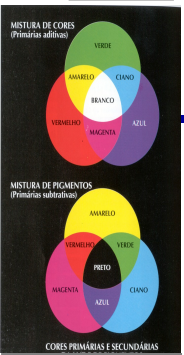
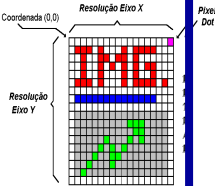






# Processamento da imagem

- Compressão: Função realizada sobre dados antes da transmissão.
  - Codificador da Origem (*Source Coder*)
  - Decodificador do Destino (*Destination Decoder*)
- Usada para reduzir o volume de informação a ser transmitida ou reduzir a banda passante necessária para transmissão dos dados.
- Tipos: Compressão com perdas e sem perdas.



# Processamento da imagem

## Compressão Com Perdas e Sem Perdas

### Compressão sem perdas:

- busca reduzir a quantidade de informação,
- no destino uma cópia exata dos dados originais é recuperada, a compressão é reversível.
- Transferência de texto, arquivos binários, etc.

### Compressão com perdas:

- busca permitir a recuperação de uma versão dos dados originais que são percebidos pelo usuário como sendo parecidos o suficiente com o original.
- Transferência de imagens digitais, áudio, vídeo, pois o olho e ouvido humanos não são capazes de perceber pequena perda de qualidade no sinal.

# Processamento da imagem

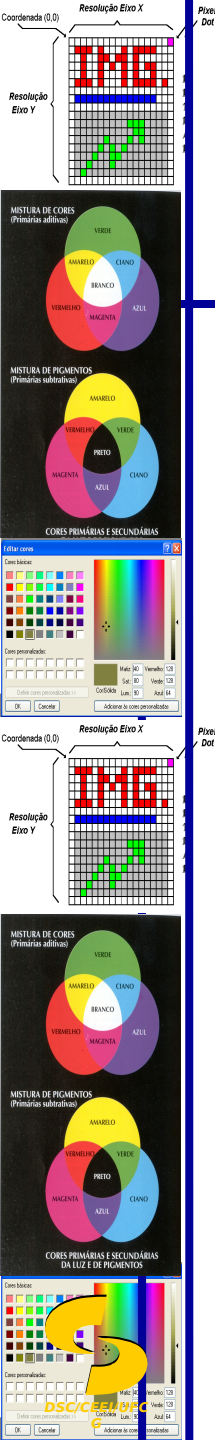
## □ Compressão sem perdas:

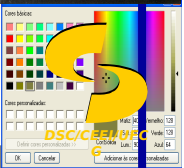
### ■ técnicas genéricas:

#### □ ZIP, ARC, GZ;

### ■ codificação entrópica:

#### □ códigos de Huffman;



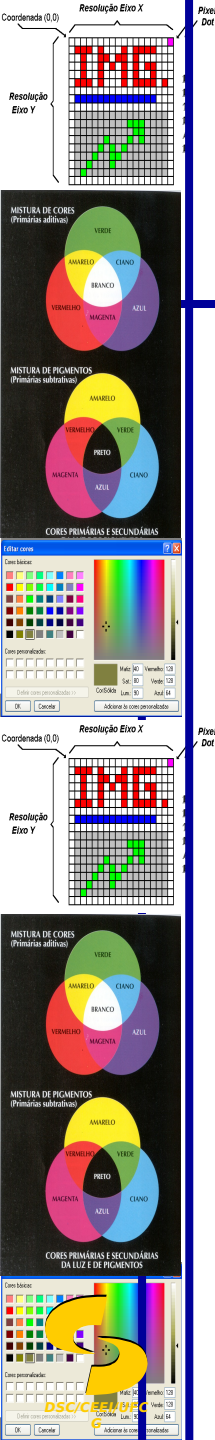


- ❑ Modelos de codificação utilizam o mesmo número de bits por valor (exemplo: ASCII).
- ❑ Alguns símbolos aparecem com maior frequência que outros.
- ❑ Símbolos que aparecem com maior frequência podem usar menos bits que aqueles que aparecem com menor frequência.
  - Num texto a letra A aparece com maior frequência (probabilidade) que a consoante 'P', que aparece com maior frequência que 'Z'... Utiliza-se uma codificação com número de bits variável, de modo que na média se necessita menos bits para codificar o mesmo conteúdo.

# Processamento da imagem

## Codificação Estatística

- ❑ Propriedade do Prefixo.
  - Um símbolo não pode ser prefixo de um outro símbolo mais longo.
  - Codificação de Huffman
- ❑ A média mínima de bits necessários para transmitir uma determinada seqüência de dados é chamada ***Entropia***.



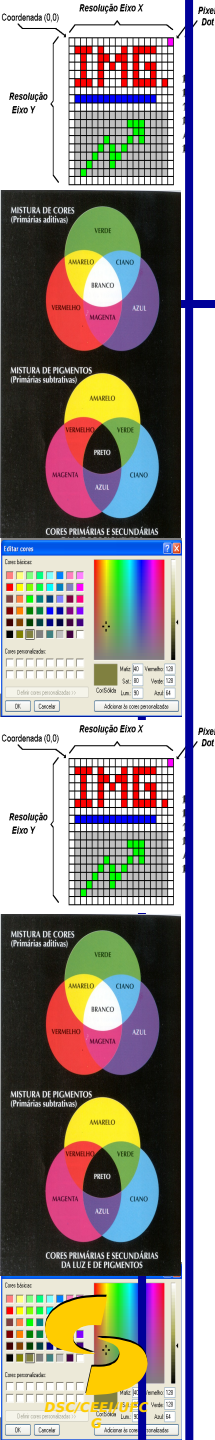
# Processamento da imagem

- A Entropia pode ser calculada pela fórmula de Shannon:

$$Entropia, H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

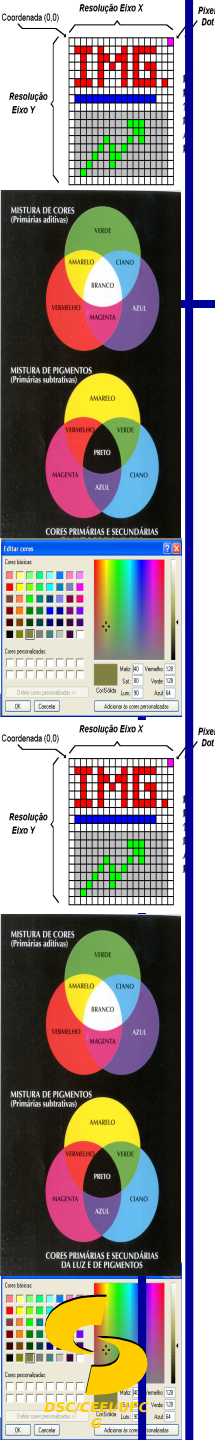
- $n$  é o número de símbolos existentes,  $P_i$  é a probabilidade de um símbolo  $i$  aparecer.
- Eficiência de um codificador: razão da entropia do sinal e do número médio de bits por símbolo.
- O número médio de bits por símbolo é dado por:

$$NúmeroMédioDeBits = \sum_{i=1}^n N_i P_i$$



# Processamento da imagem

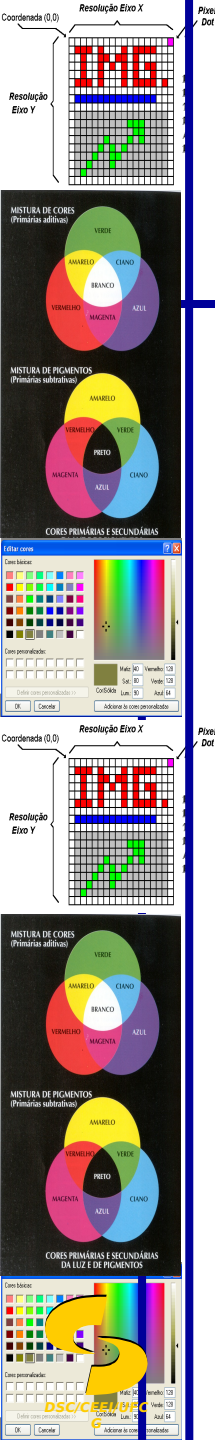
- **Compressão sem perdas:**
  - codificação em "tiras":
    - RLE;
  - codificação adaptativa:
    - aproveita a coerência entre linhas;
    - LZW (Lempel-Ziv-Welch) - base do formato GIF.



# Processamento da imagem

## Codificação *Run-Length*

- ❑ Usada quando o sinal a ser codificado contém uma longa seqüência de bits repetidos.
- ❑ Seqüência de bits substituída pelo bit e indicação de quantidade do mesmo.  
000000011111111110000011 ...  
→ 0,7,1,10,0,5,1,2...
- ❑ Assumindo que a seqüência inicia com zeros → 7,10,5,2...

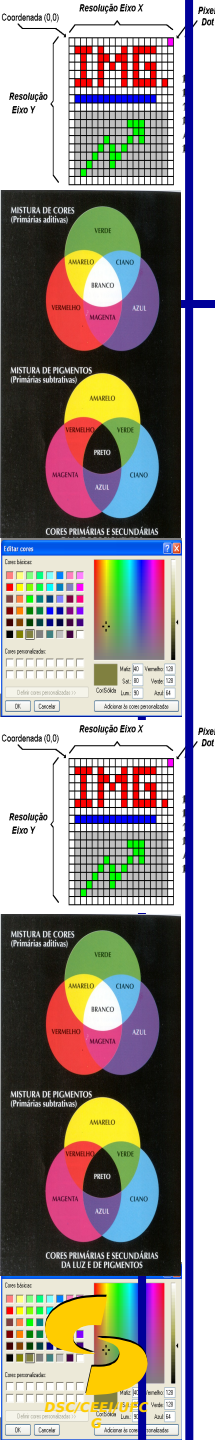




# Processamento da imagem

## Formato GIF89a:

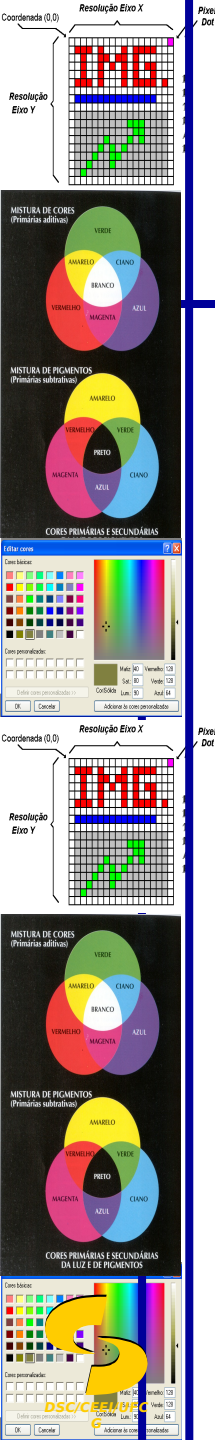
- transparência de um nível;
- entrelaçamento;
- animação.



# Processamento da imagem

## Formato PNG:

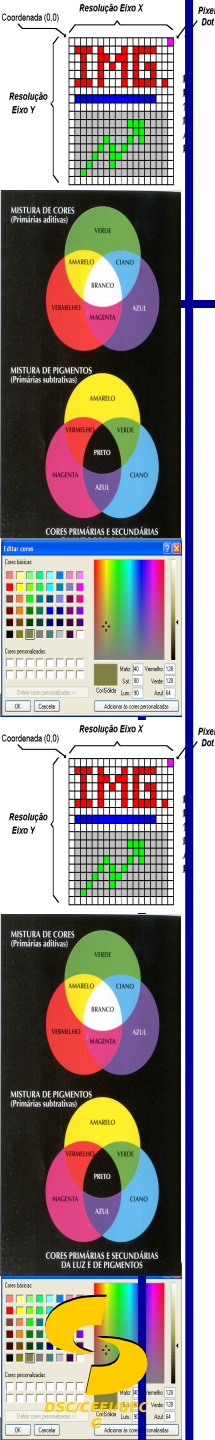
- transparência de múltiplos de níveis:
  - canal alfa;
- entrelaçamento avançado;
- correção do gama;
- MNG - extensão para animação.



# Processamento da imagem

## □ Compressão com perdas:

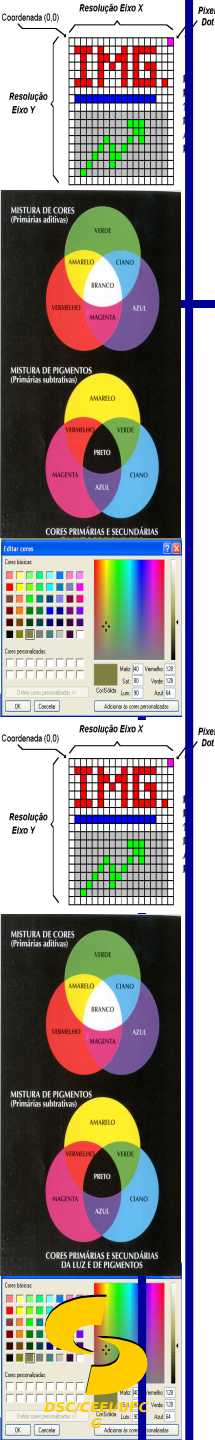
- detalhes que a visão humana não percebe, ou percebe apenas com dificuldade;
- taxa de perda é um parâmetro da compressão:
  - quanto maior a perda admitida, maior compressão se consegue.



# Processamento da imagem

## □ Compressão com perdas - algoritmos:

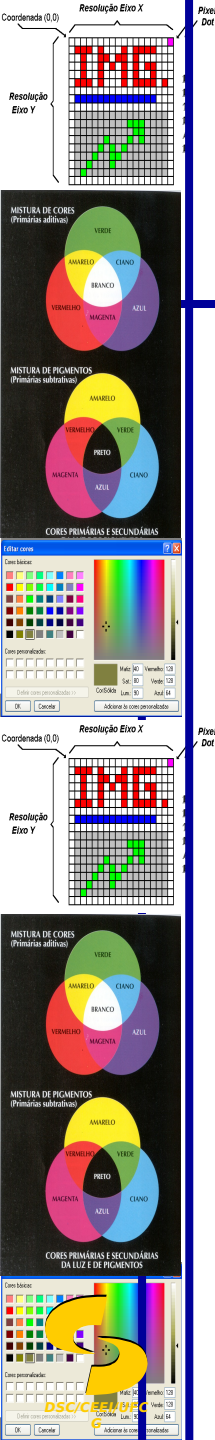
- transformação da imagem para uma forma de espectro:
  - quadro é dividido em blocos;
  - para cada bloco, os valores dos pixels são traduzidos em matriz de distribuição de energia;



# Processamento da imagem

## □ Compressão com perdas - algoritmos:

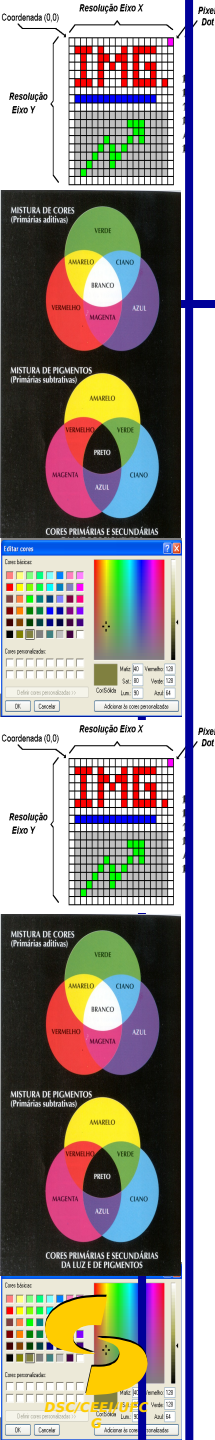
- coeficientes da matriz são truncados:
  - natureza da transformada produz muitos coeficientes próximos de zero;
- em seguida, são codificados através de algoritmo de compressão de dados.



# Processamento da imagem

## □ A compressão JPEG:

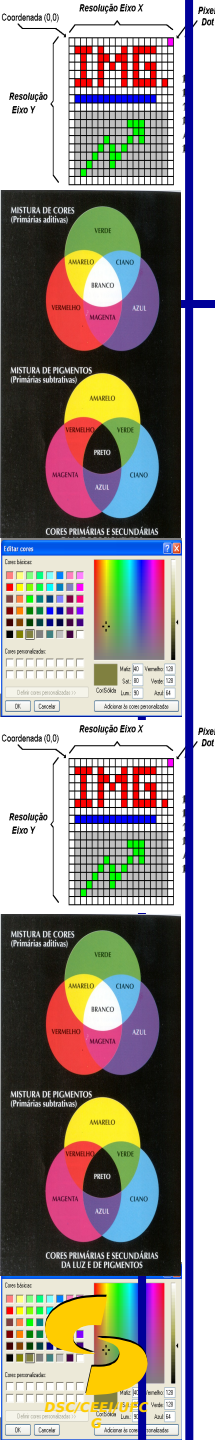
- Obtenção do espectro bidimensional da imagem:
  - baseado na Transformada Discreta de Cossenos (DCT).
- Truncamento dos componentes do espectro.
- Codificação entrópica dos componentes.

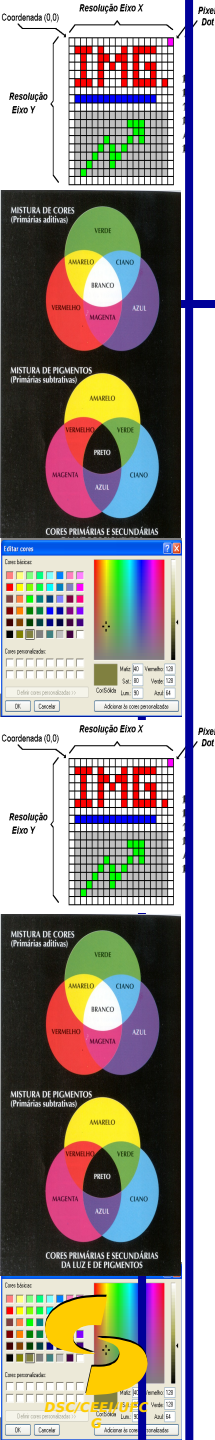


# Processamento da imagem

## Transformada Discreta de Cossenos - DCT

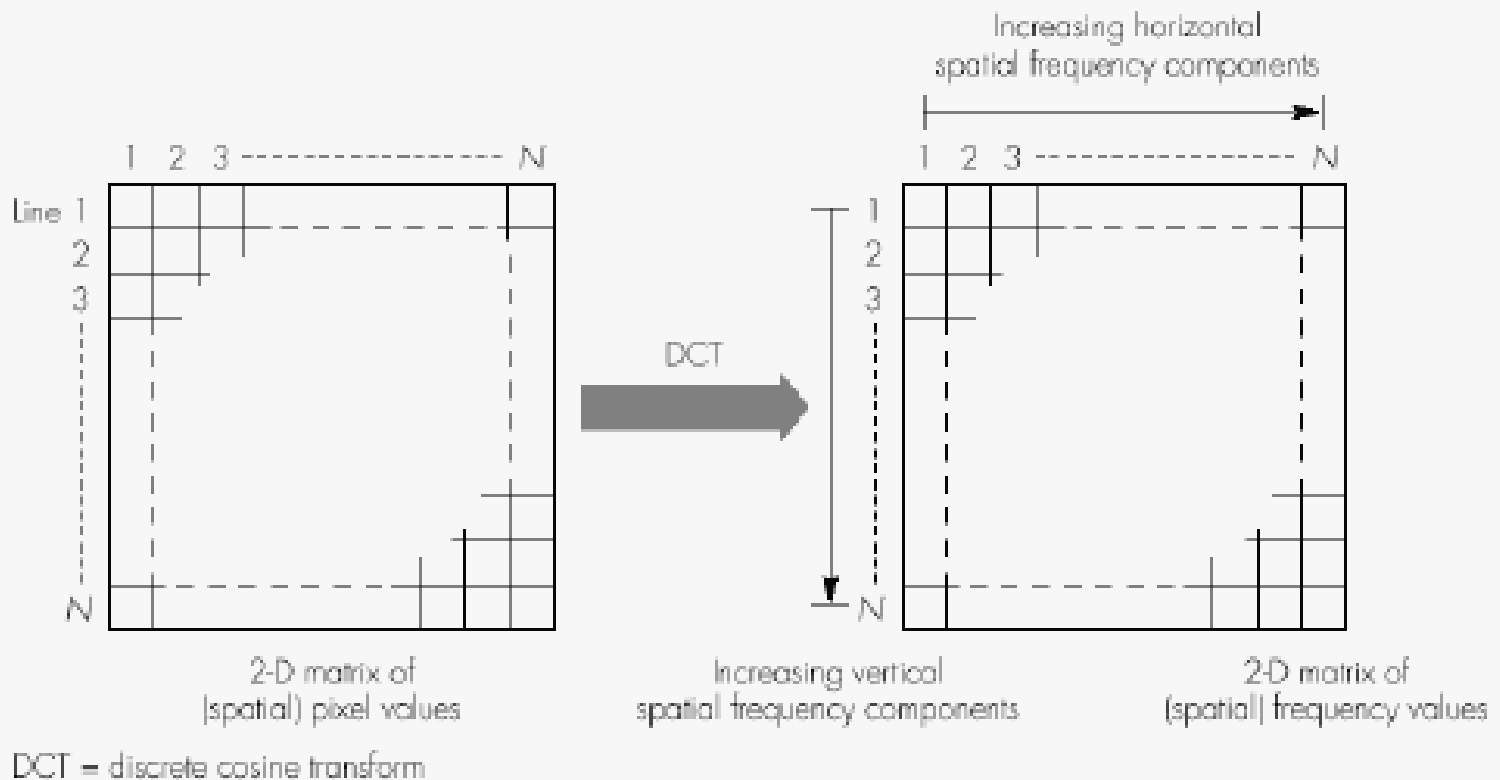
- ❑ Técnica matemática que transforma uma matriz de pixels em uma matriz equivalente de componentes de frequências espaciais.
- ❑ Tal matriz é chamada matriz de coeficientes.
- ❑ A DCT não introduz perda, mas o descarte de componentes de frequência mais altos introduzem perda irreversível de informação.





# Processamento da imagem

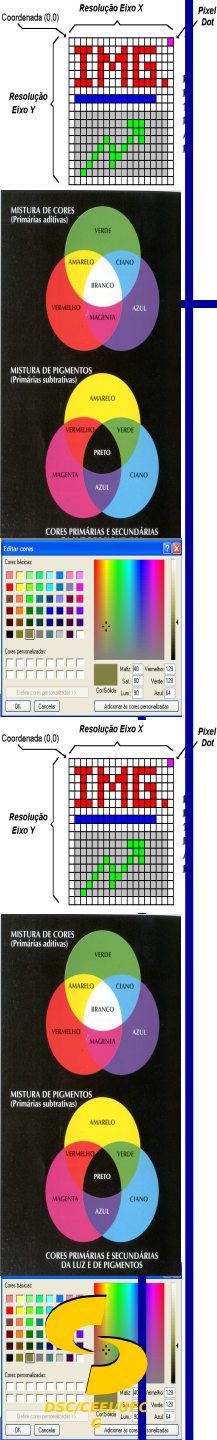
## Transformada Discreta de Cossenos - DCT

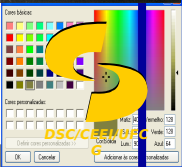
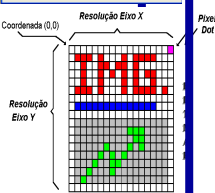
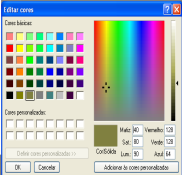
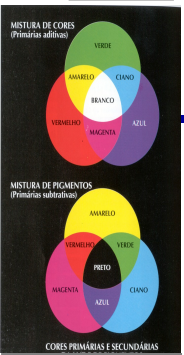
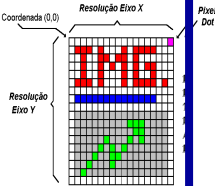




# Processamento da imagem

- ▣ Outras técnicas de compressão de imagens:
  - “wavelets”;
  - fractais.

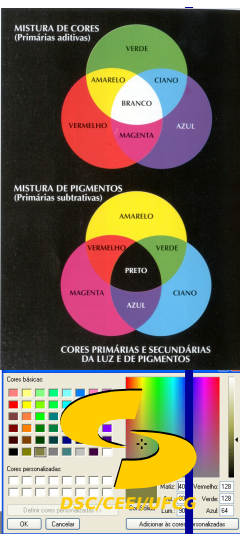
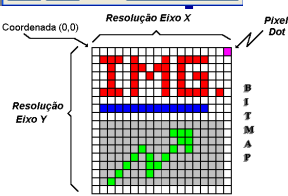
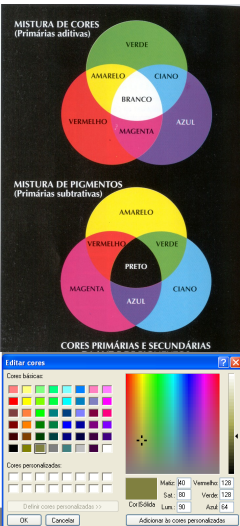
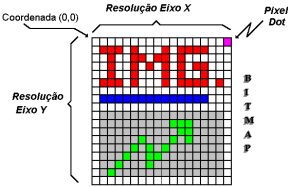




# Processamento da imagem

Formato	Sistema de Cor	Compressão
GIF	RGB 256	LZW
TIFF	RGB*, CMYK, YCbCr, Lab, Luv	RLE, LZW, JPEG, JBIG, Outros
JPEG	RGB, YCbCr, CMYK, Gray	JPEG
PCX	RGB*	RLE
BMP	RGB*	RLE
TGA	RGB*	RLE

**Obs.:** Não faz sentido falar em “uma imagem TIFF” e “uma imagem GIF”, como imagens diferentes.



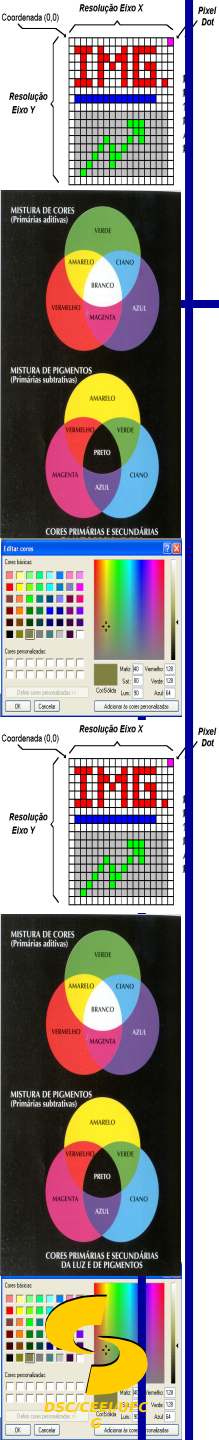
# Sistemas Multimídia

## A Imagem (Parte V)

# Sistemas Multimídia

## Tópico:

- Processamento de Imagem
- Operações sobre Imagens

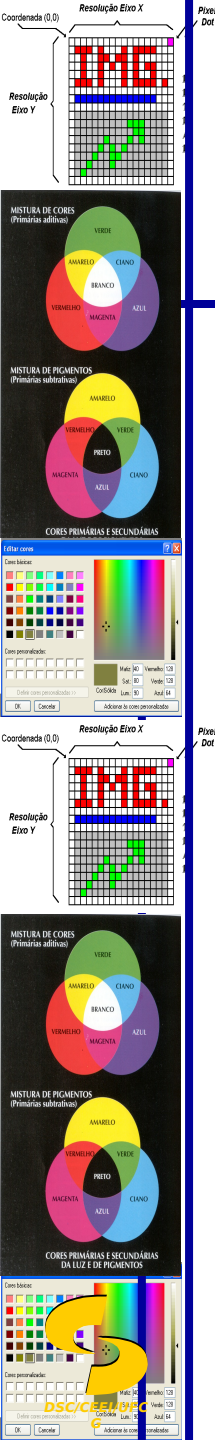


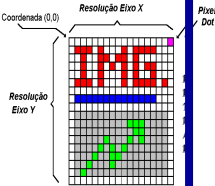
# Operações sobre Imagens

## Operações sobre Imagens

### ■ Exemplos:

- Modificação Histogrâmica
- Filtragem Espacial
- Morfologia Matemática
- Segmentação
- Extração de Características e Reconhecimento

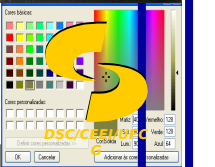
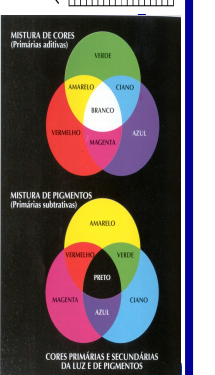
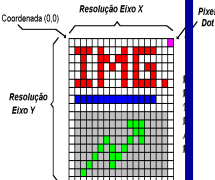
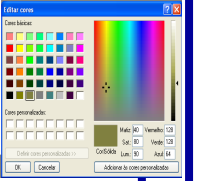
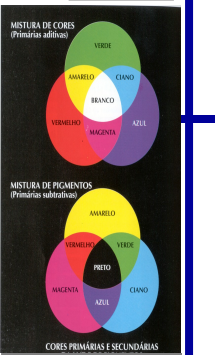


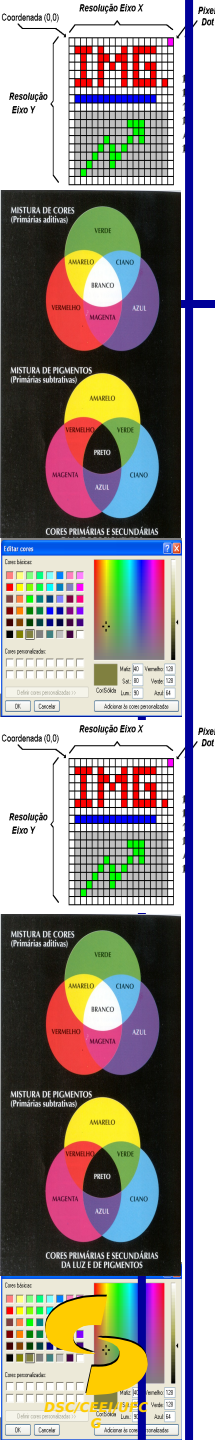


# Operações sobre Imagens

## Modificação Histogrâmica

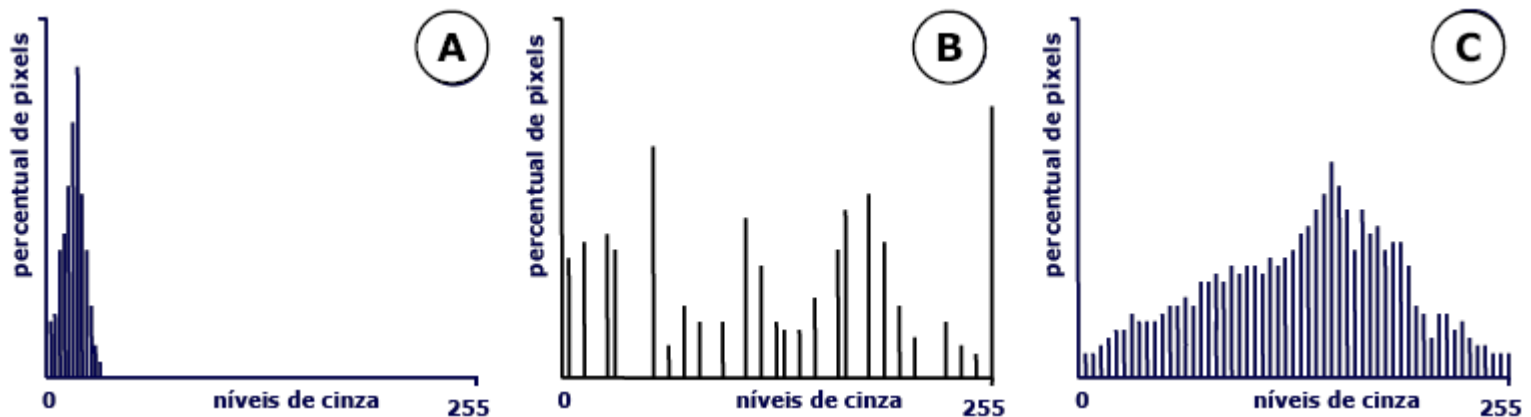
- ❑ O *histograma* de uma imagem traduz a distribuição estatística dos seus níveis de cinza.
  - O histograma de uma imagem representa, para cada nível de intensidade (cinza), o número de pixels com aquele nível.
  - O histograma indica se a imagem está distribuída adequadamente dentro dos possíveis níveis.
  - Se a imagem não está utilizando todos os níveis disponíveis, podemos alterá-los, para melhor uso.
  - Este tipo de filtragem chama-se manipulação de histograma.





# Operações sobre Imagens

## Histograma

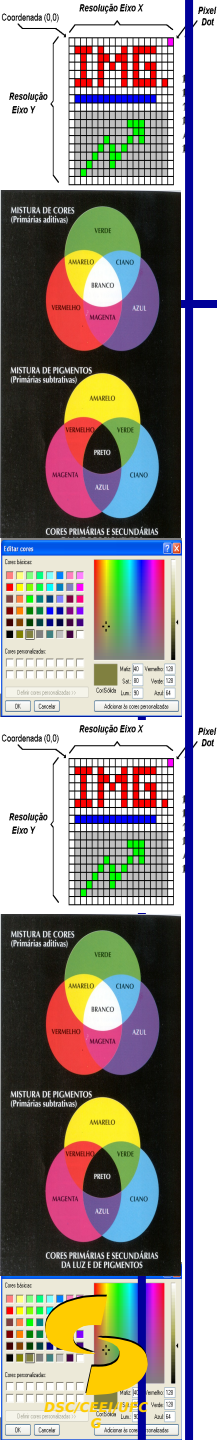
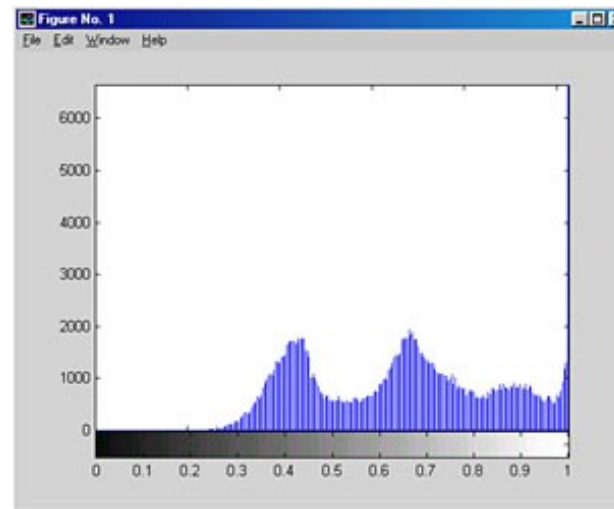
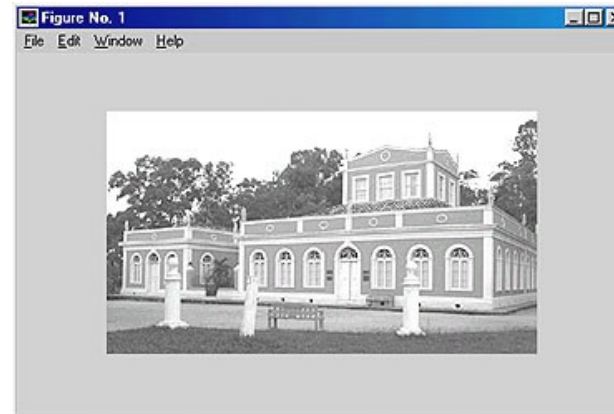


**Histogramas: (A) imagem com baixo contraste; (B) imagem usando toda a faixa de tons de cinza, com dois tons de cinza dominantes; e (C) imagem usando toda a faixa de tons de cinza, com componentes ocupando a faixa de modo mais eqüidistante.**

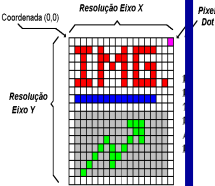
Fonte: Tutorial: Introdução ao Processamento Digital de Imagens (José Eustáquio Rangel de Queiroz, Herman Martins Gomes)

# Operações sobre Imagens

## Histograma



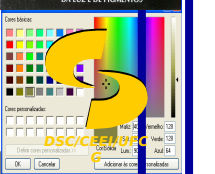
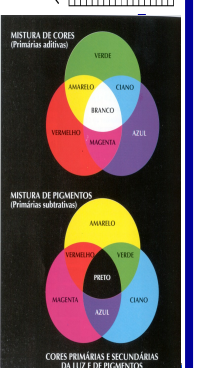
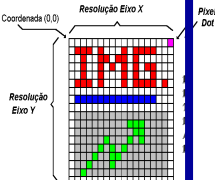
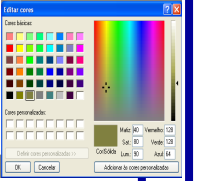
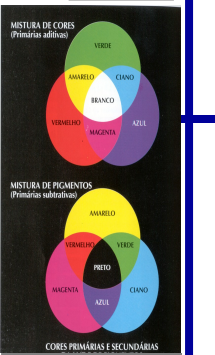


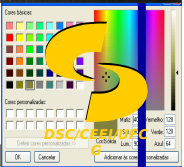
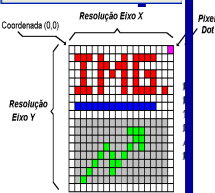
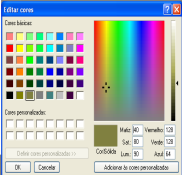
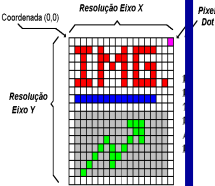


# Operações sobre Imagens

## Equalização do Histograma

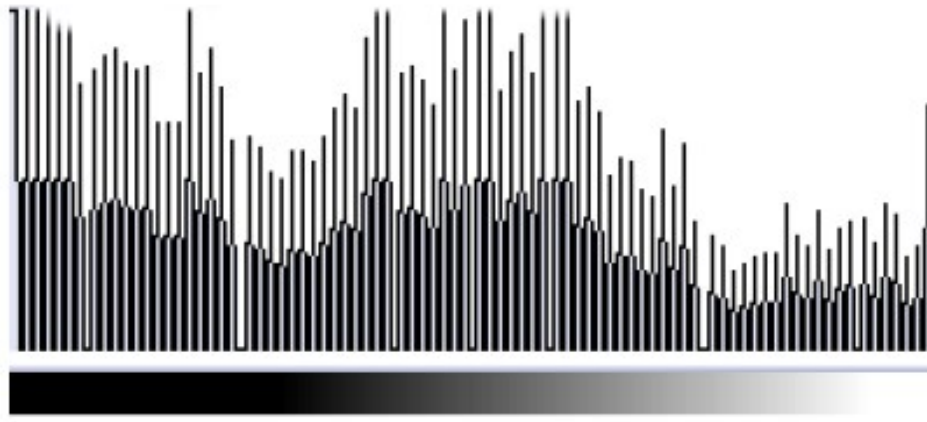
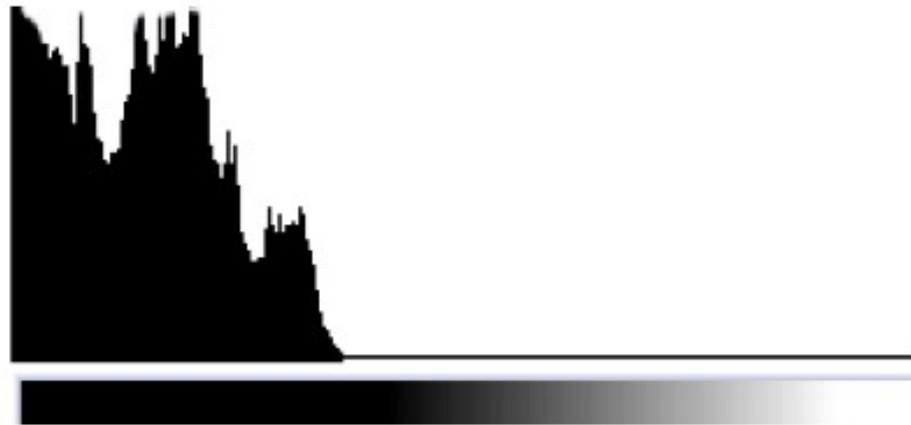
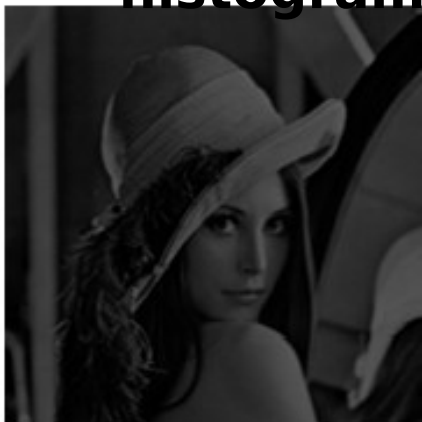
- O processo de *equalização de histograma* visa o aumento da uniformidade da distribuição de níveis de cinza de uma imagem, sendo usualmente empregado para realçar diferenças de tonalidade na imagem e resultando, em diversas aplicações, em um aumento significativo no nível de detalhes perceptíveis.

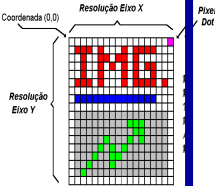




# Operações sobre Imagens

## Exemplo de equalização do histograma

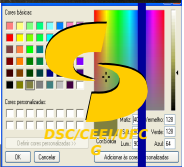
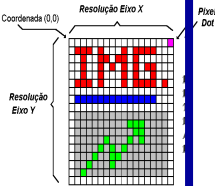
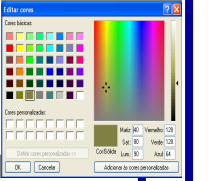
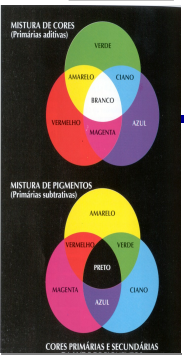


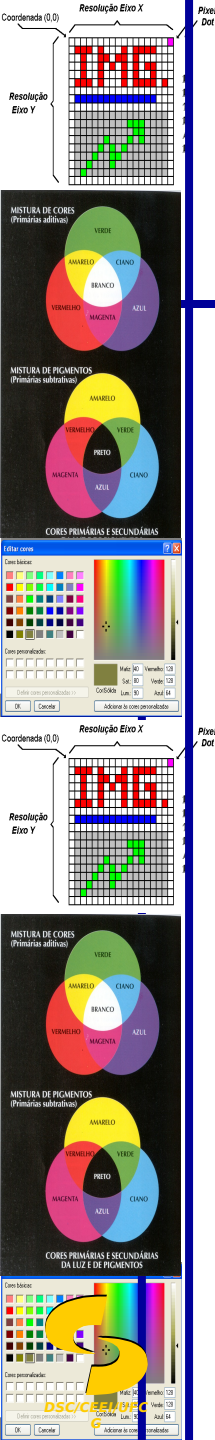


# Operações sobre Imagens

## Equalização do Histograma

- ❑ O processo de equalização pode levar a falsos contornos na imagem, pois o número de níveis de cinza pode ser reduzido.
- ❑ A equalização pode ter um efeito de realce notável da imagem, mas o contraste pode ser muito forte e, por isto a equalização de histograma deve ser usada com muito cuidado.





# Operações sobre Imagens

## ❑ Inversão da Escala de Cinza

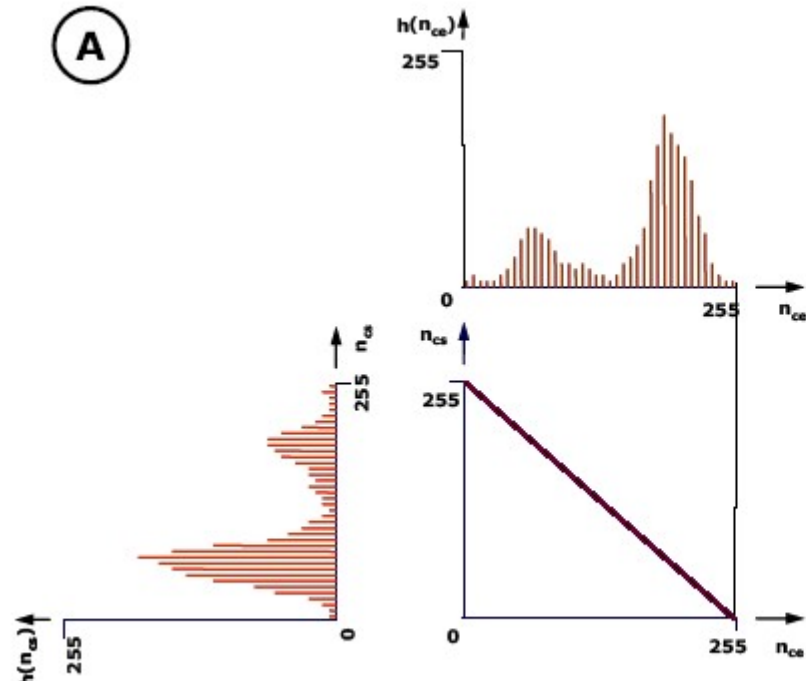
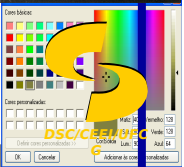
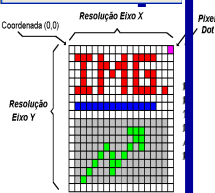
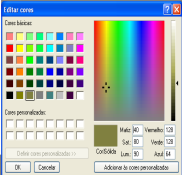
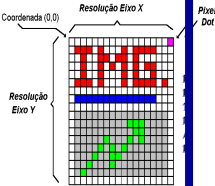


Imagem original

Imagem com escala de cinza invertida

(B)

Inversão de contraste: (A) representação gráfica do processo; e (B) exemplo.



# Operações sobre Imagens

## Expansão de Contraste

- O propósito da expansão de contraste é redistribuir os tons de cinza dos pixels de uma imagem de modo a elevar o contraste na faixa de níveis possível.

# Operações sobre Imagens

## Expansão de Contraste

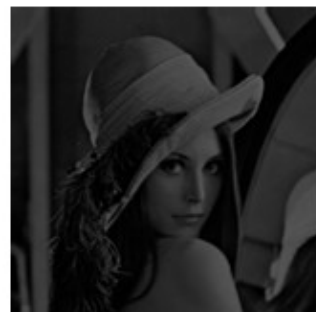


Imagem original

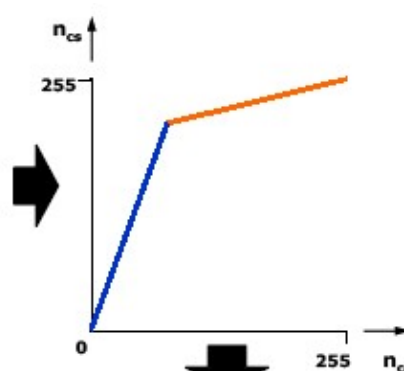


Imagem com expansão linear de contraste das componentes escuras

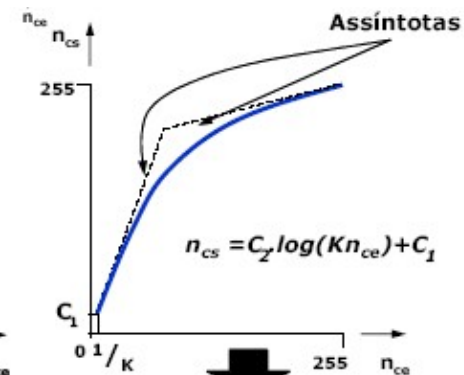
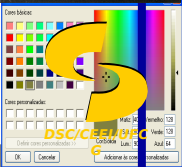
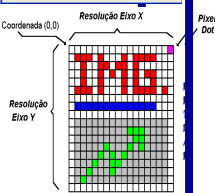
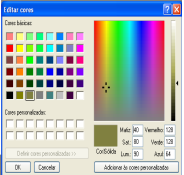
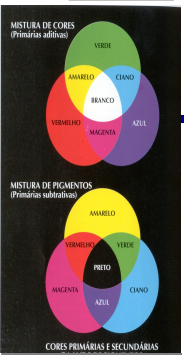
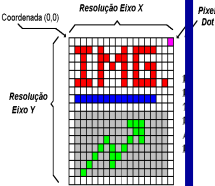


Imagem com expansão não linear de contraste

Exemplos de expansão de contraste linear por partes e não linear.

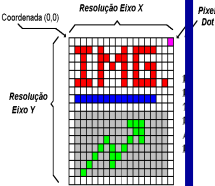




# Operações sobre Imagens

## Filtragem Espacial

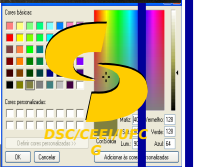
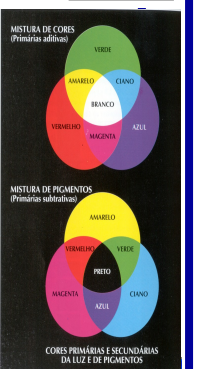
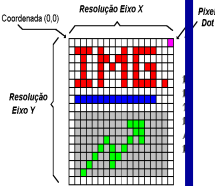
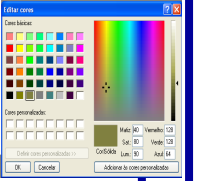
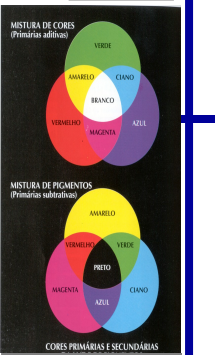
- As técnicas de filtragem de uma imagem implicam transformações pixel a pixel.
- A alteração efetuada em um pixel da imagem filtrada depende não apenas do nível de cinza do pixel correspondente na imagem original, mas também dos valores dos níveis de cinza dos pixels situados em sua vizinhança.
- A filtragem espacial se fundamenta em uma operação de convolução de uma **máscara** (*mask*, *kernel* ou *template*) e da imagem digital considerada.



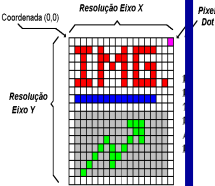
# Operações sobre Imagens

## Filtragem Espacial

- Filtros mais comuns:
  - Filtro da média,
  - Filtro da mediana e
  - Filtro da moda,todos destinados à suavização da imagem.
- Esses filtros atenuam variações abruptas nos níveis de cinza da imagem, o que possibilita sua aplicação à redução de ruído de origens diversas.



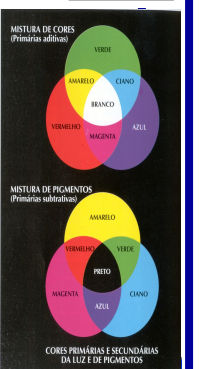
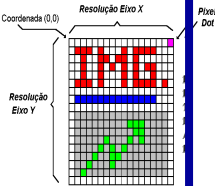
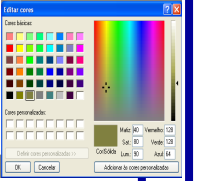
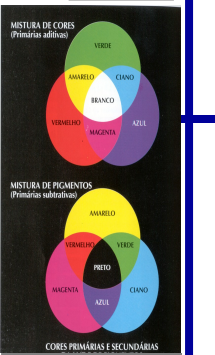


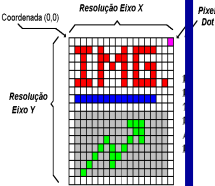


# Operações sobre Imagens

## Filtragem Espacial

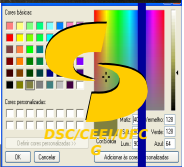
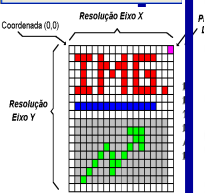
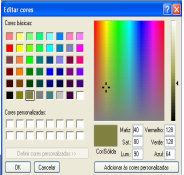
- ▣ Filtro da média: utiliza uma máscara que consiste na média dos vizinhos do pixel central.
  - É utilizado para a remoção de ruídos em imagens (ex: ruído Gaussiano).
  - Efeito colateral: produz distorção, com borramento das arestas (gera falsos contornos, incluindo “fantasmas”).





# Operações sobre Imagens

## Filtragem Espacial

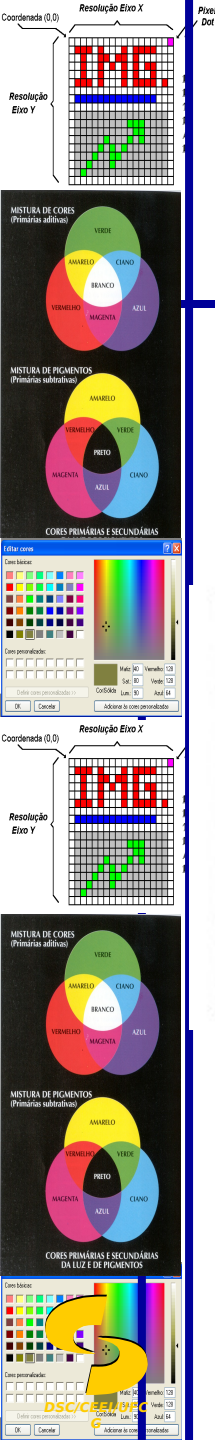


**Filtro da média: (A) imagem original; (B) imagem ruidosa; (C) imagem filtrada com máscara 3x3; e (D) imagem filtrada com máscara 5x5.**

# Operações sobre Imagens

## Filtragem Espacial

- ❑ Filtro da mediana: substitui os tons de cinza da janela de tamanho  $W$  pela **Mediana** (ao invés da média).
  - Preserva arestas melhor que o filtro da média, sendo eficiente para ruído não-correlacionado com o sinal.
  - O desempenho deste método é considerado excelente para a remoção de ruído impulsivo (ex: ruído “*salt-and-pepper*”), mas não é bom quando existem muitos pixels contaminados (ex: ruído “*Speckle*”).



# Operações sobre Imagens

## Filtragem Espacial



Filtros da média e mediana: (A) imagem original; (B) imagem ruidosa; (C) média 3x3; e (D) mediana 3x3.

# Operações sobre Imagens

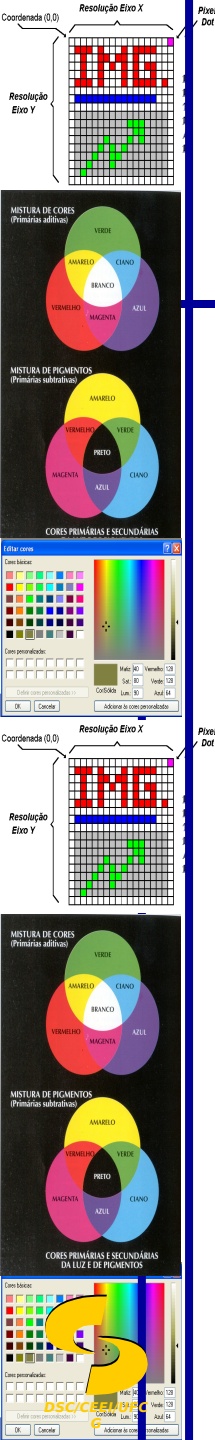
## Filtragem Espacial

- Embora o filtro da mediana também tenda a produzir uma suavização proporcional ao tamanho da vizinhança considerada, a preservação da definição das bordas das regiões na imagem filtrada tende a ser superior do que no filtro da média.

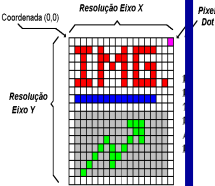
# Operações sobre Imagens

## Filtragem Espacial

- Os resultados do filtro da moda costumam ser similares aos do filtro da mediana.
- Enquanto os filtros da média, da moda e da mediana são empregados na suavização de imagens, outra categoria de filtros espaciais, tais como os operadores de gradiente, produzem a acentuação ou aguçamento de regiões de uma imagem nas quais ocorrem variações significativas de níveis de cinza.







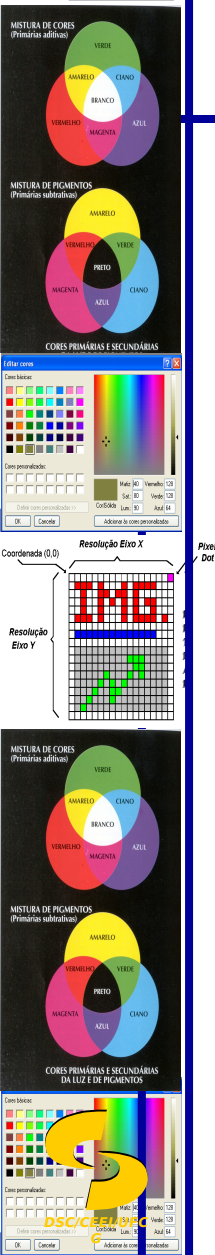
# Operações sobre Imagens

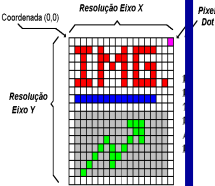
## Morfologia Matemática

- É uma modelagem destinada à descrição ou análise da forma de um objeto digital. O modelo morfológico para a análise de imagens fundamenta-se na extração de informações a partir de transformações morfológicas, nos conceitos da álgebra booleana e na teoria dos conjuntos e reticulados.

- Operações básicas da morfologia digital:

- **Erosão** - a partir da qual são removidos da imagem e pixels que não atendem a um dado padrão; e
- **Dilatação** - a partir da qual uma pequena área relacionada a um pixel é alterada para um dado padrão.

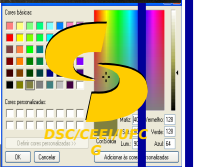
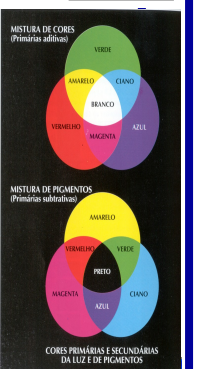
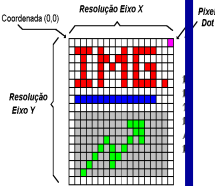
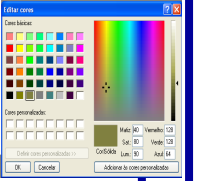
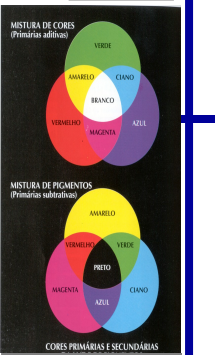




# Operações sobre Imagens

## Morfologia Matemática

- ❑ Filtro morfológico de erosão: provoca efeitos de erosão das partes claras da imagem (altos níveis de cinza), gerando imagens mais escuras.
- ❑ Filtro morfológico de dilatação: provoca efeitos de dilatação das partes escuras da imagem (baixos níveis de cinza), gerando imagens mais claras.





# Operações sobre Imagens

## Exemplos



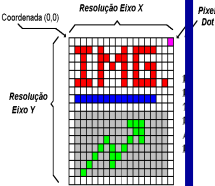
imagem original



dilatação



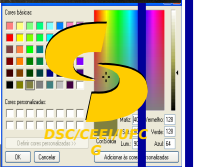
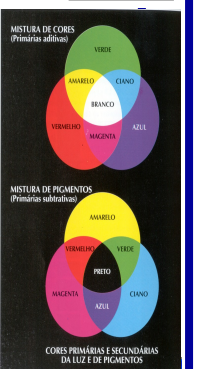
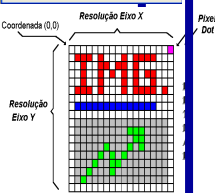
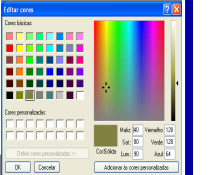
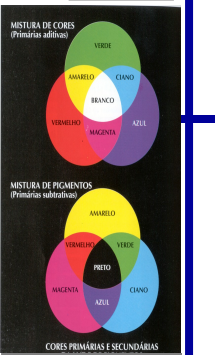
erosão



# Operações sobre Imagens

## Segmentação

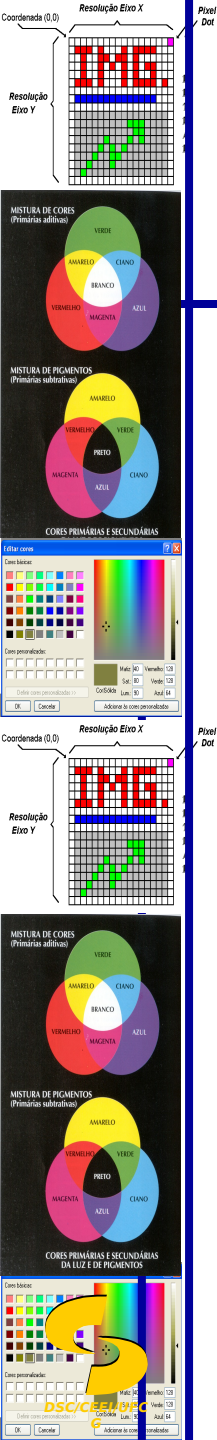
- Consiste na subdivisão da imagem em partes ou objetos constituintes.
- Algoritmos de segmentação possibilitam a identificação de diferenças entre dois ou mais objetos, assim como a discriminação das partes tanto entre si quanto entre si e o plano de fundo da imagem (*background*).

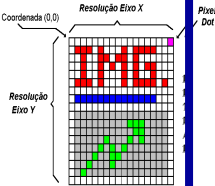


# Operações sobre Imagens

## Segmentação

- Segmentação de imagens monocromáticas: os algoritmos fundamentam-se, em essência, na *descontinuidade* e na *similaridade* dos níveis de cinza.
- Fundamentação na descontinuidade: consiste no particionamento da imagem em zonas caracterizadas por mudanças bruscas dos níveis de cinza. O interesse recai usualmente na detecção de pontos isolados, de linhas e de bordas da imagem.
- Fundamentação na similaridade: consiste na limiarização e no crescimento de regiões.

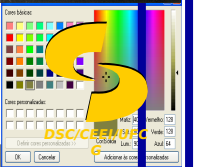
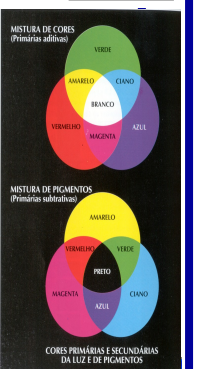
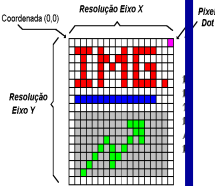
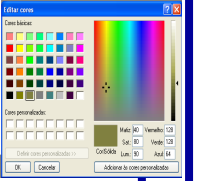
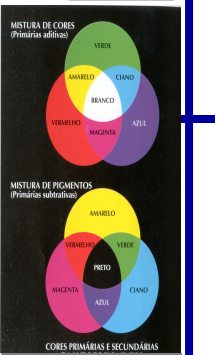


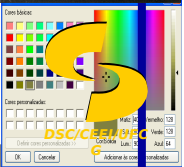
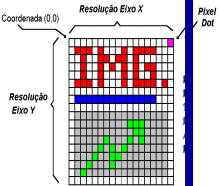
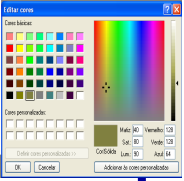
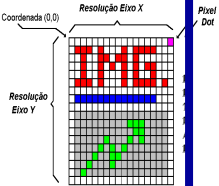


# Operações sobre Imagens

## Limiarização (*Thresholding*)

- É uma das mais importantes abordagens para a segmentação de imagens.
- Analisar a similaridade dos níveis de cinza da imagem extraíndo os objetos de interesse através da seleção de um limiar  $T$  que separa os agrupamentos de níveis de cinza.





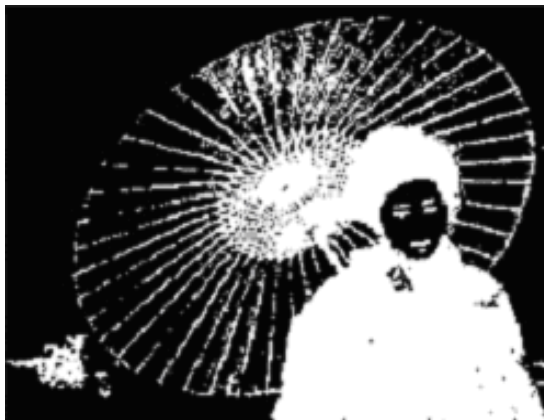
# Operações sobre Imagens



**Imagem original**



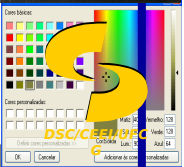
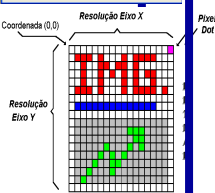
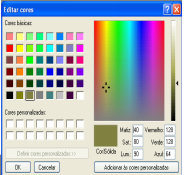
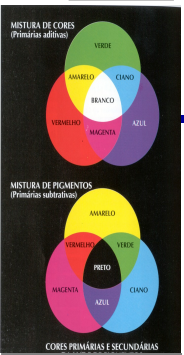
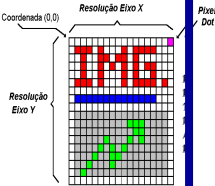
**Imagem obtida para  $T = 10$ .**



**Imagem obtida para  $T = 30$ .**

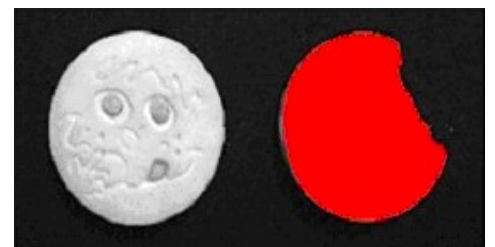


**Imagem obtida para  $T = 70$ .**

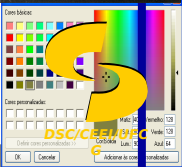
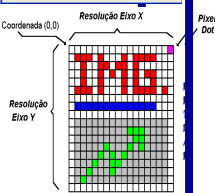
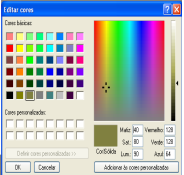
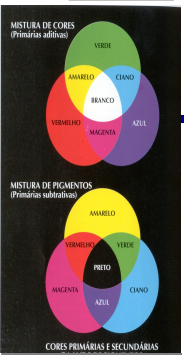
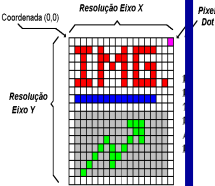


# Operações sobre Imagens

## Aplicação de Segmentação usando Limiarização na Área de Inspeção Industrial

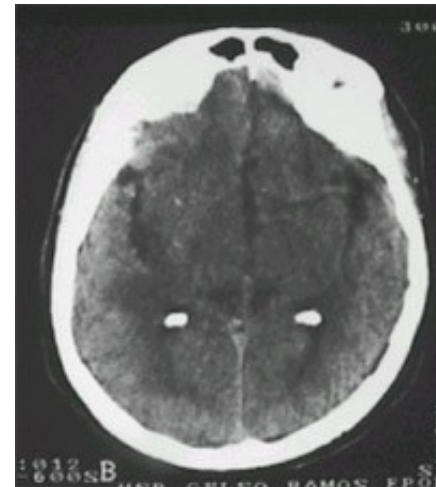


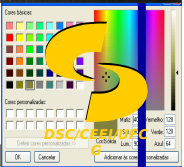
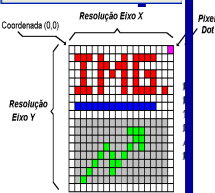
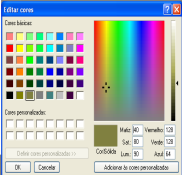
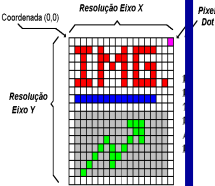




# Operações sobre Imagens

## Aplicação de Segmentação Usando *Thresholding* na Área Médica





# Operações sobre Imagens

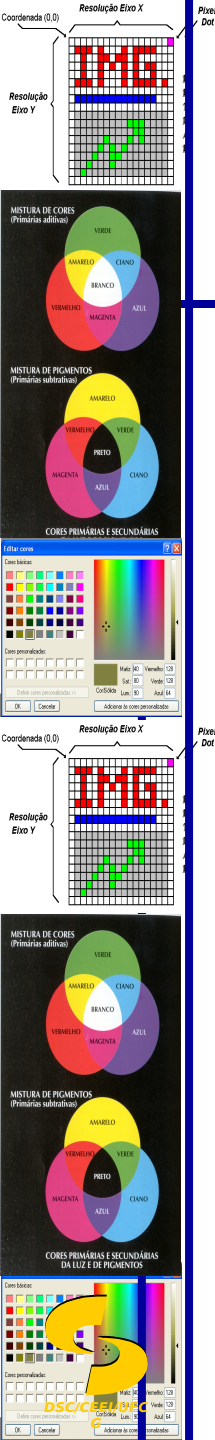
## □ Filtragem no Domínio da Freqüência

- consiste na alteração da Transformada de Fourier da imagem.

## □ Observações:

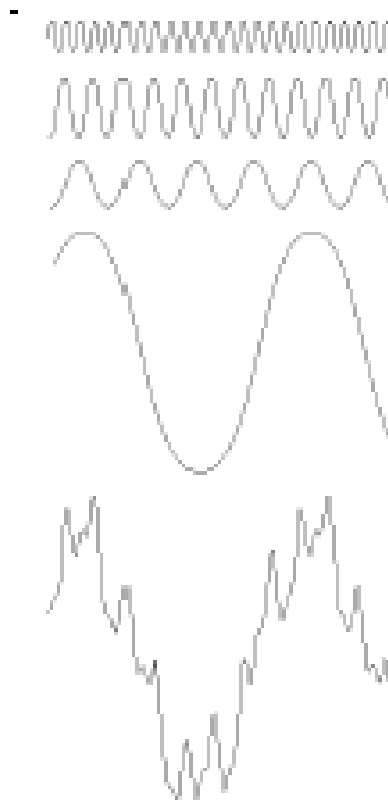
- Fourier formulou no início do século XVIII a teoria de que qualquer função que se repete periodicamente pode ser representada como uma soma de senos e/ou cossenos de freqüências diferentes, cada um multiplicado por um coeficiente próprio (Séries de Fourier)
- Mesmo funções não periódicas podem ser representadas por integrais de senos e/ou cossenos, desde que a área sob a curva da função seja finita (Transformadas de Fourier)

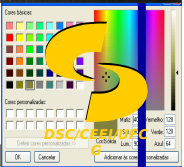
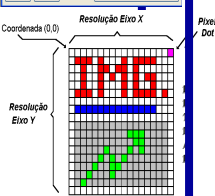
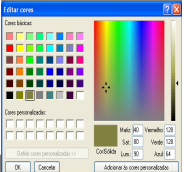
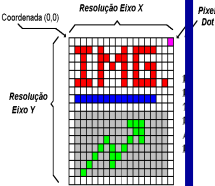




# Transformada de Fourier

- Sinais com complexidade arbitrária (desde que sua integral seja finita) podem ser representados com precisão arbitrária através da soma de senóides





# Transformada de Fourier Contínua

- A Transformada de Fourier  $\mathfrak{T}[f(x)] = F(u)$  de uma função contínua de uma variável  $f(x)$  em  $R$  é definida por :

$$\mathfrak{T}[f(x)] = F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-j2\pi ux} dx, \text{ onde } j = \sqrt{-1}$$

- Define-se a correspondente Transformada Inversa de Fourier como:

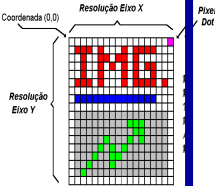
$$\mathfrak{T}^{-1}\{F(u)\} = f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u) e^{j2\pi ux} du$$

- A Transformada de Fourier  $\mathfrak{T}[f(x, y)] = F(u, v)$  de uma função contínua de duas variáveis  $f(x, y)$  em  $R^2$  é definida por :

$$\mathfrak{T}[f(x, y)] = F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-j2\pi(ux+vy)} dx dy$$

- Define-se a correspondente Transformada Inversa de Fourier como:

$$\mathfrak{T}^{-1}\{F(u, v)\} = f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(u, v) e^{j2\pi(ux+vy)} du dv$$



# Transformada de Fourier Discreta Bidimensional

As transformadas direta e inversa discreta em duas dimensões ficam:

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(ux/M + vy/N)}$$

para  $u=0, 1, 2, \dots, M-1$ ,  $v=0, 1, 2, \dots, N-1$ , e

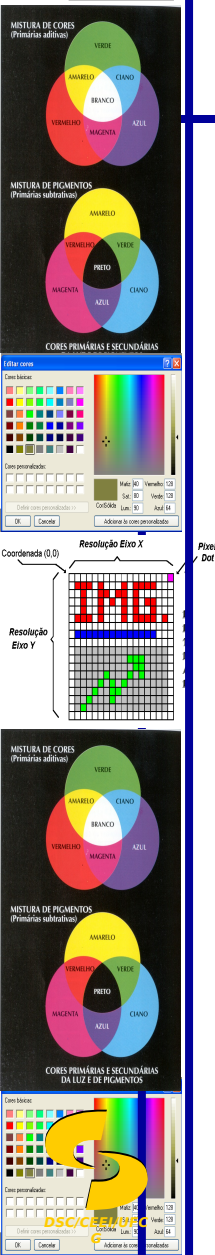
$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{j2\pi(ux/M + vy/N)}$$

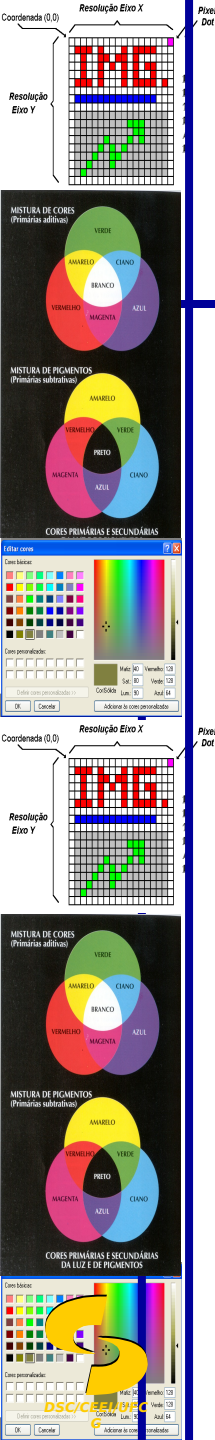
$f(x, y)$  representa as amostras da função  $f(x_0 + x\Delta x, y_0 + y\Delta y)$ , para  $x=0, 1, 2, \dots, M-1$ , e  $y=0, 1, 2, \dots, N-1$ .

Aplica-se o mesmo a  $F(u, v)$ .

Os incrementos nas amostras em ambos os domínios estão relacionados por:

$$\Delta u = \frac{1}{M\Delta x} \quad \text{e} \quad \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$$





# Transformada de Fourier Discreta Bidimensional

- $f(x,y)$  será, por exemplo, uma função real de dimensão 2, tipicamente uma imagem.
- $F(u,v)$  é em geral uma função complexa.

$$F(u,v) = R(u,v) + jI(u,v)$$

$$F(u,v) = |F(u,v)| e^{j\varphi(u,v)}$$

$$|F(u,v)| = [R^2(u,v) + I^2(u,v)]^{1/2}$$

$$\varphi(u,v) = \tan^{-1} \left[ \frac{I(u,v)}{R(u,v)} \right]$$

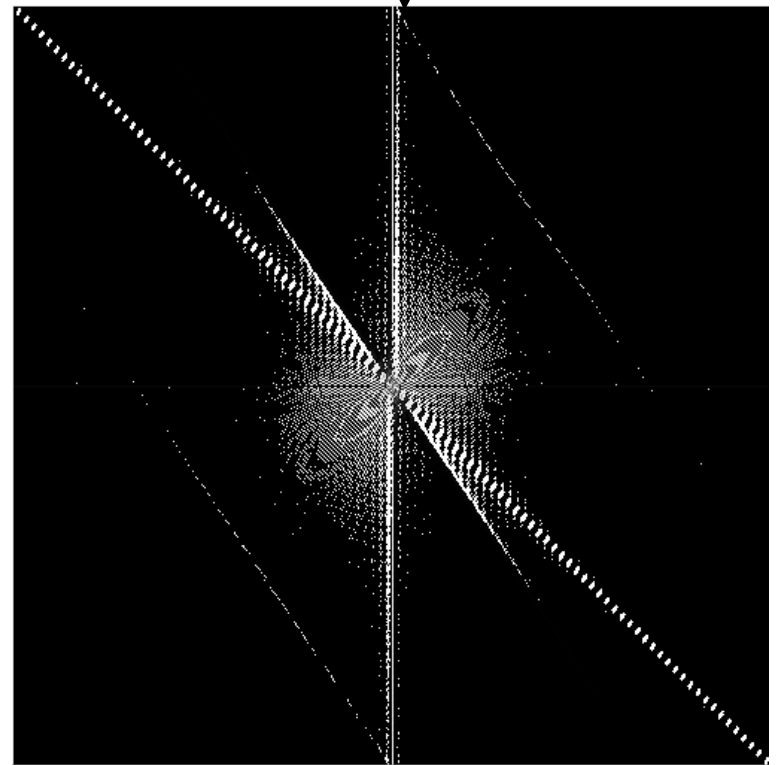
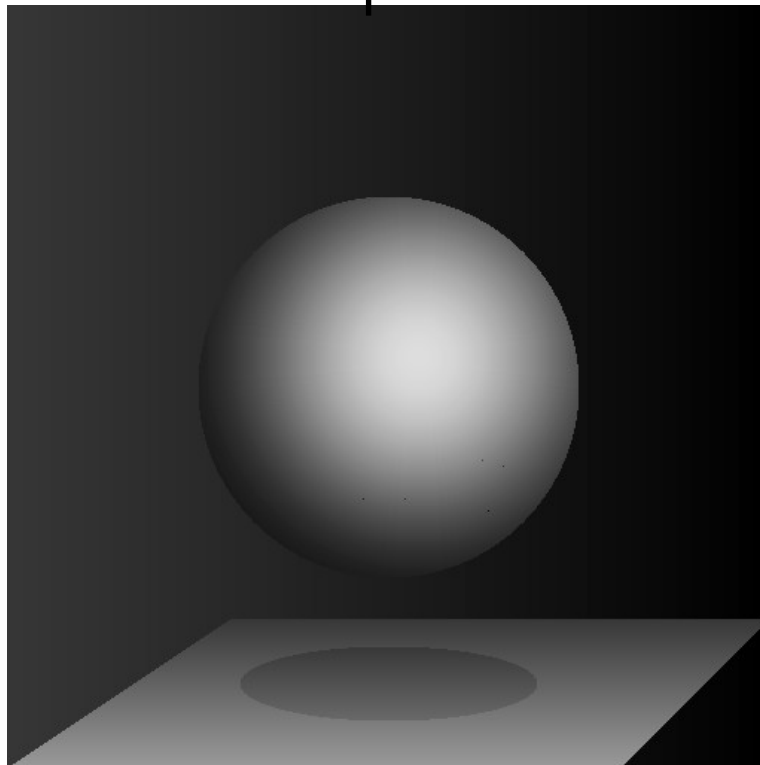
- Espectro de Potência de  $f(x)$

$$P(u,v) = |F(u,v)|^2 = R^2(u,v) + I^2(u,v)$$

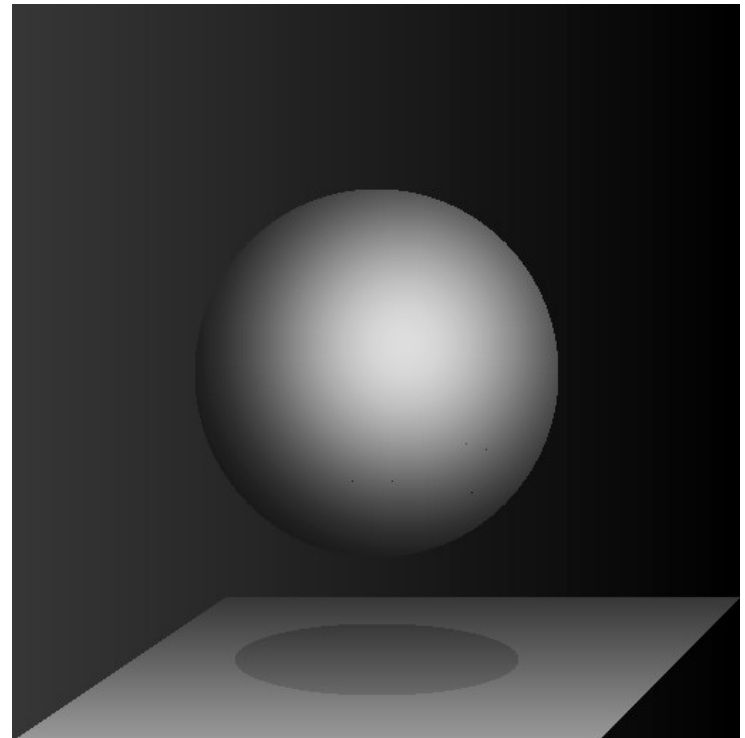
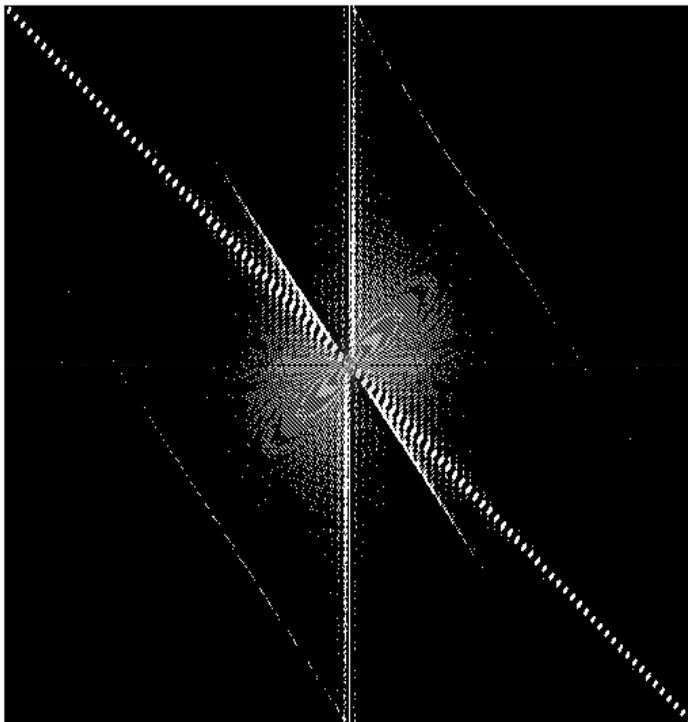
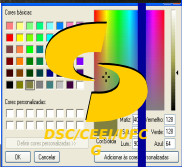
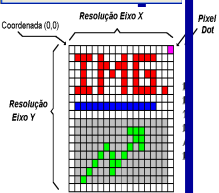
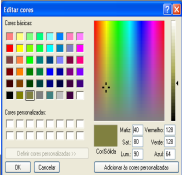
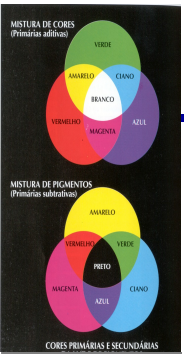
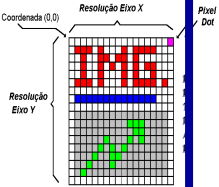
# Transformada de Fourier

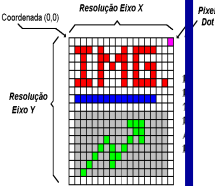
imagem original  $f$

espectro  $|F(u,v)|$



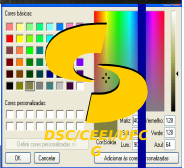
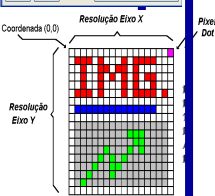
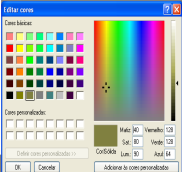
# A transformada inversa de Fourier





# Transformada de Fourier

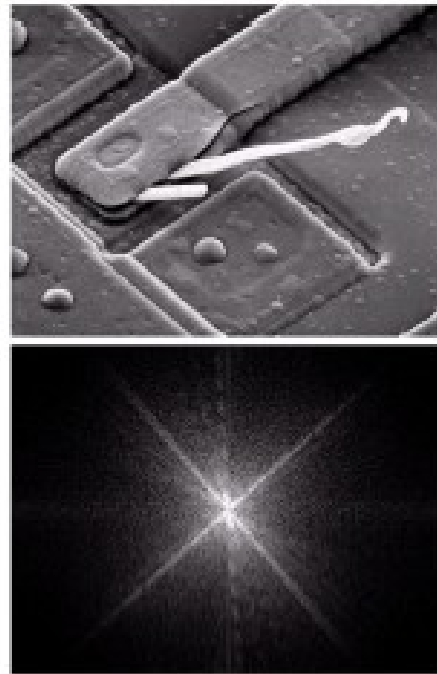
- ❑ Transformada de Fourier em termos de características da imagem
- ❑ O coeficiente de  $F(0,0)$ , por exemplo, denota a intensidade média da imagem.
- ❑ Coeficientes de baixos índices (frequências) correspondem a componentes da imagem que variam pouco.
- ❑ Coeficientes de alta frequência são associados com variações bruscas de intensidade





# Transformada de Fourier

- Transformada de Fourier em termos de características da imagem



- Note como as bordas diagonais da imagem geram linhas diagonais na transformada de Fourier.



# Operações sobre Imagens

## Exemplo de filtragem:

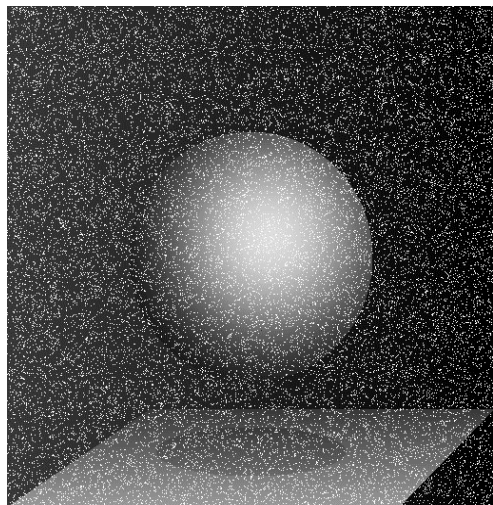
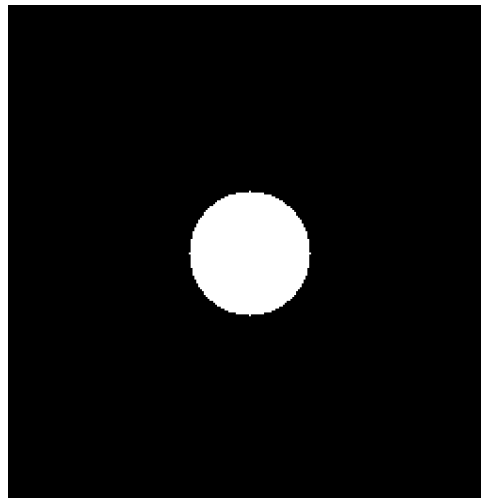


imagem com ruído



função  $H(u,v)$

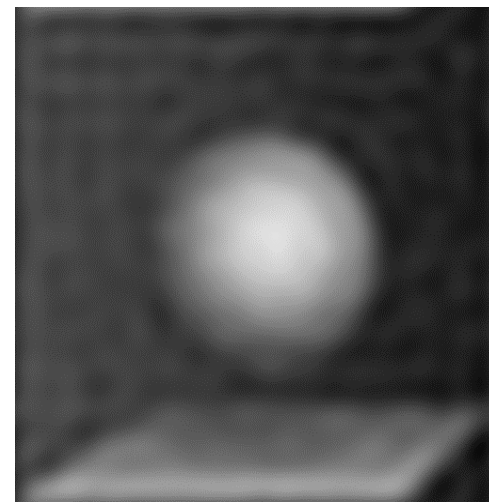
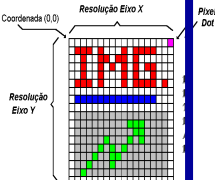
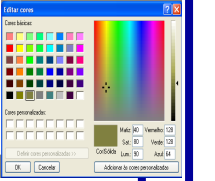
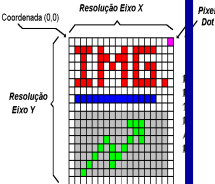
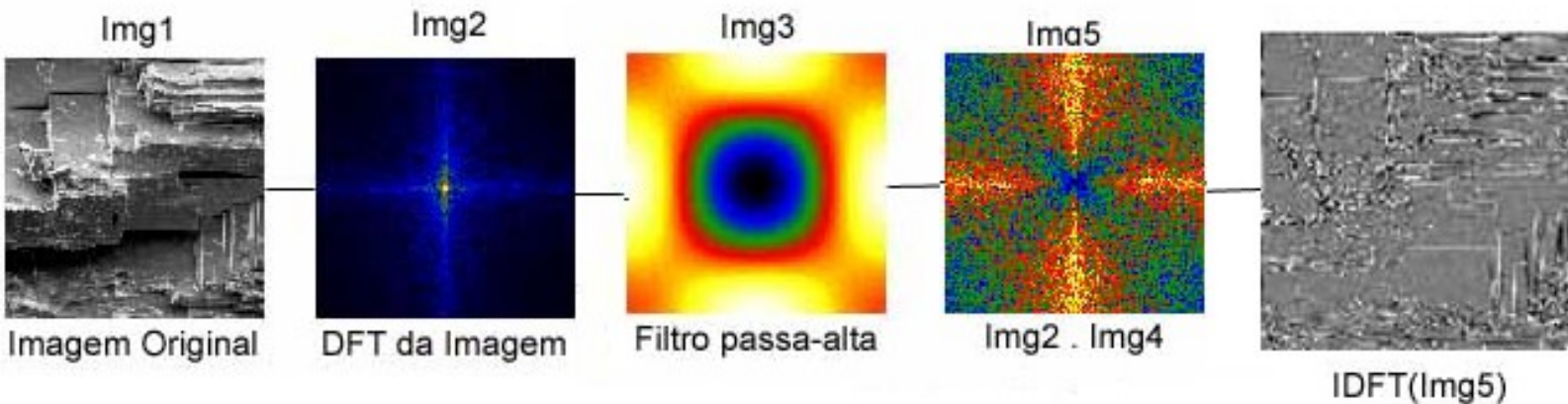
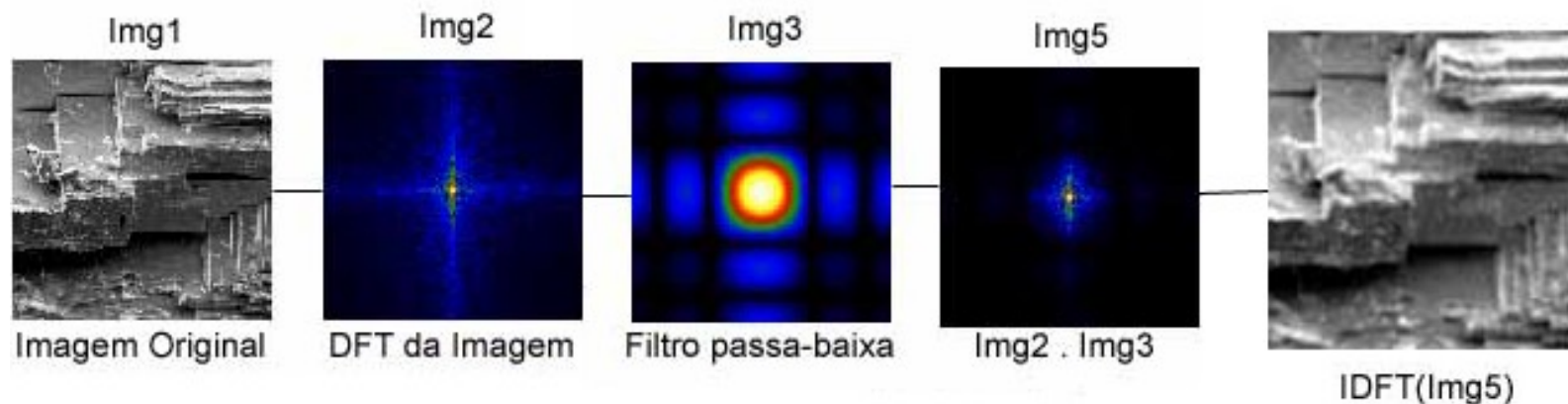


imagem filtrada



# Operações sobre Imagens

## Filtragem no Domínio da frequência:



# Operações sobre Imagens

## Exemplo de Detecção de Contorno:

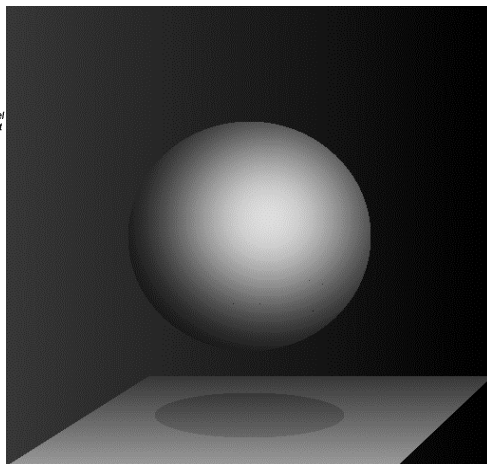


imagem original



função  $H(u,v)$

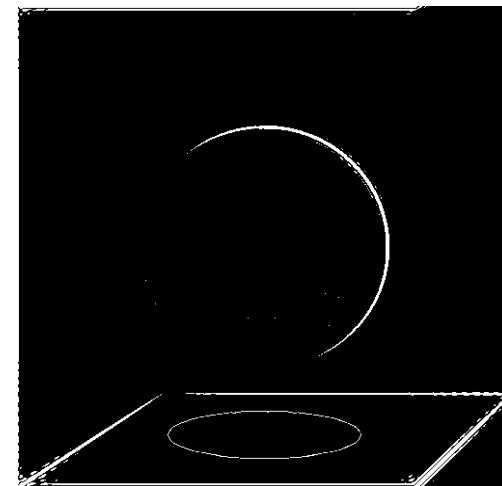


imagem de contornos

# Processamento Digital de Imagem

- Processamento Digital de Imagem é uma área multidisciplinar
- sub-áreas importantes (sub-problemas):
  - aquisição
  - codificação/compressão
  - restauração
  - reconstrução etc.
  - arquiteturas específicas, linguagens

