

Introdução do Processamento de Imagens



Julio C. S. Jacques Junior
juliojj@gmail.com

Porque processar uma imagem digitalmente?

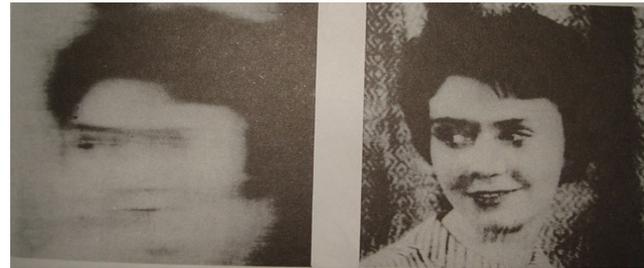
- Melhoria de informação visual para interpretação humana
- Processamento automático de imagens
(visão computacional)

Porque processar uma imagem digitalmente?

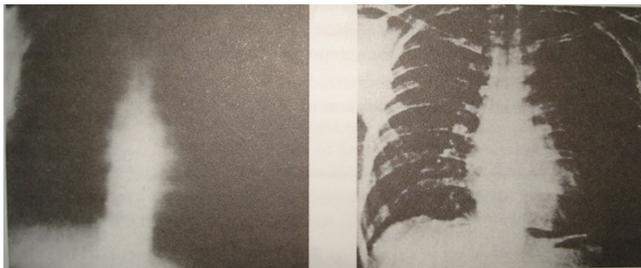
- Melhoria de informação visual para interpretação humana



Remoção de ruído



debluring



Melhoramento de contraste



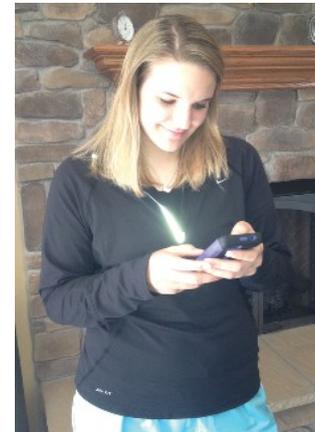
Manipulação de imagens

Porque processar uma imagem digitalmente?

- Edição/Manipulação de imagens



Filtros



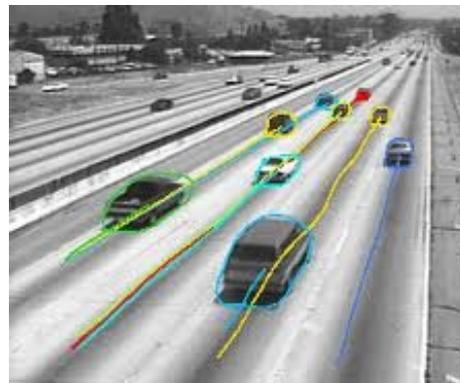
Rendering não realístico

Porque processar uma imagem digitalmente?

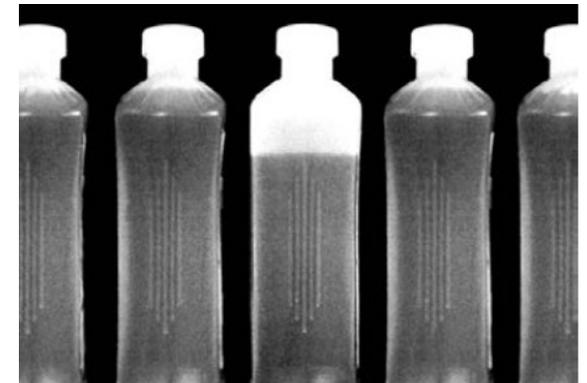
- Processamento automático de imagens



Vigilância visual
[video]



Monitoramento de tráfego



Automação industrial



Aplicativos comerciais
[video]



Interação homem/máquina



Games

Porque processar uma imagem digitalmente?

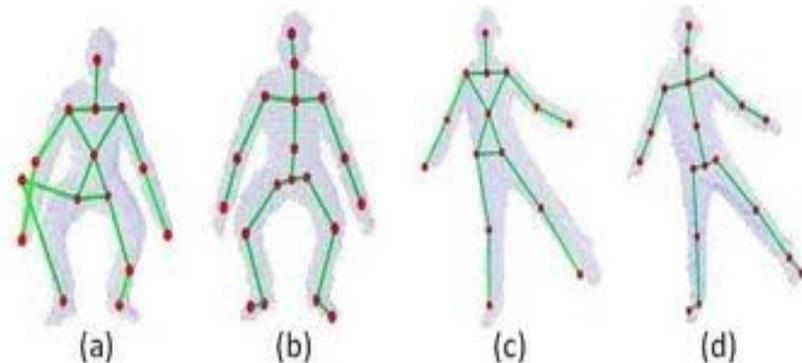
- Kinect (por traz das câmeras)



Games



Mapa de profundidades



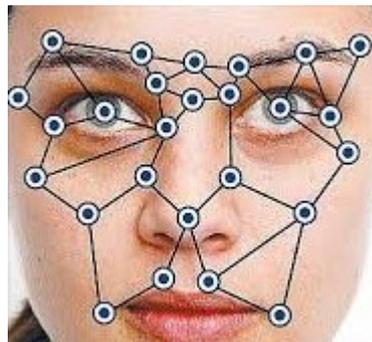
Estimativa da pose

Porque processar uma imagem digitalmente?

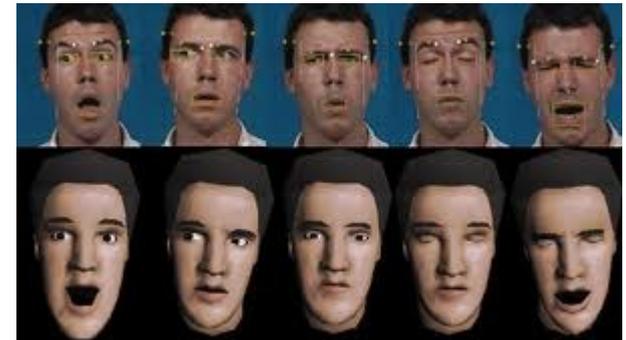
- Processamento automático de imagens



Biometria



Identificação de indivíduos



Animação facial
[video]



Cidades inteligentes



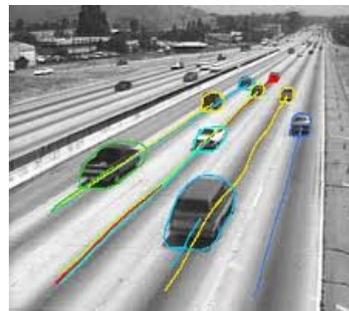
Automação industrial



Robótica
[video]

Porque processar uma imagem digitalmente?

- Desafios:



Vigilância visual

- Variação na iluminação
- Ruído na imagem
- Sombras e *Highlits*
- Câmera não estática
- Objetos dinâmicos (árvores, nuvens, lagos)
- Complexidade da cena



Subtração de fundo

Porque processar uma imagem digitalmente?

- **Desafios:**



Aplicativos comerciais,
reconhecimento de
indivíduos



Erros

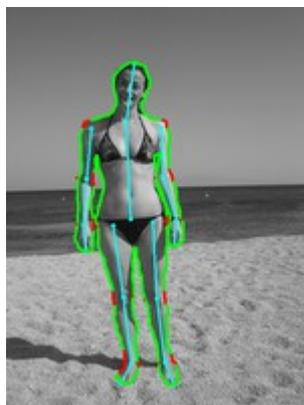


Detecção e Reconhecimento facial – (atentado Boston)
Óculos, barbas, maquiagem, ângulo, etc

Virtual humans simulation laboratory – VhLab



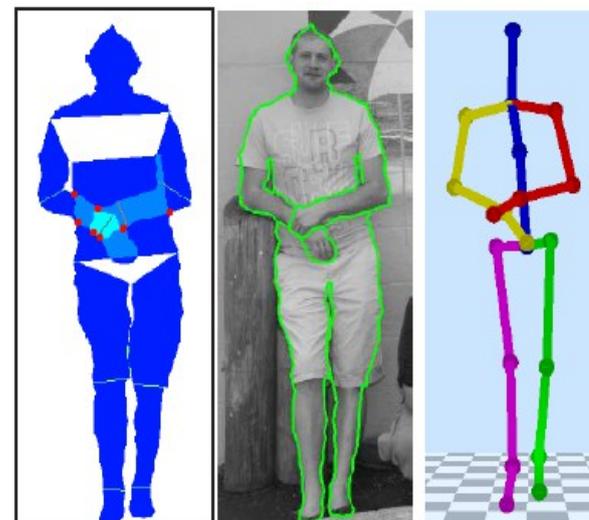
- Publicações...



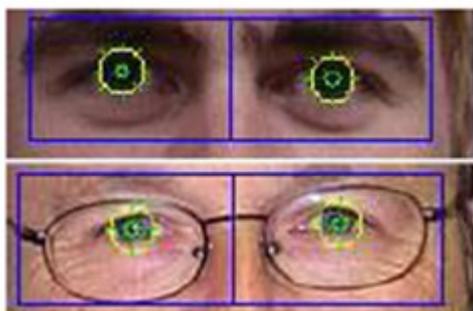
Segmentação de pessoas em imagens



Criação de personagens a partir de imagens



Detecção de auto-occlusão e estimativa da pose 3D em imagens

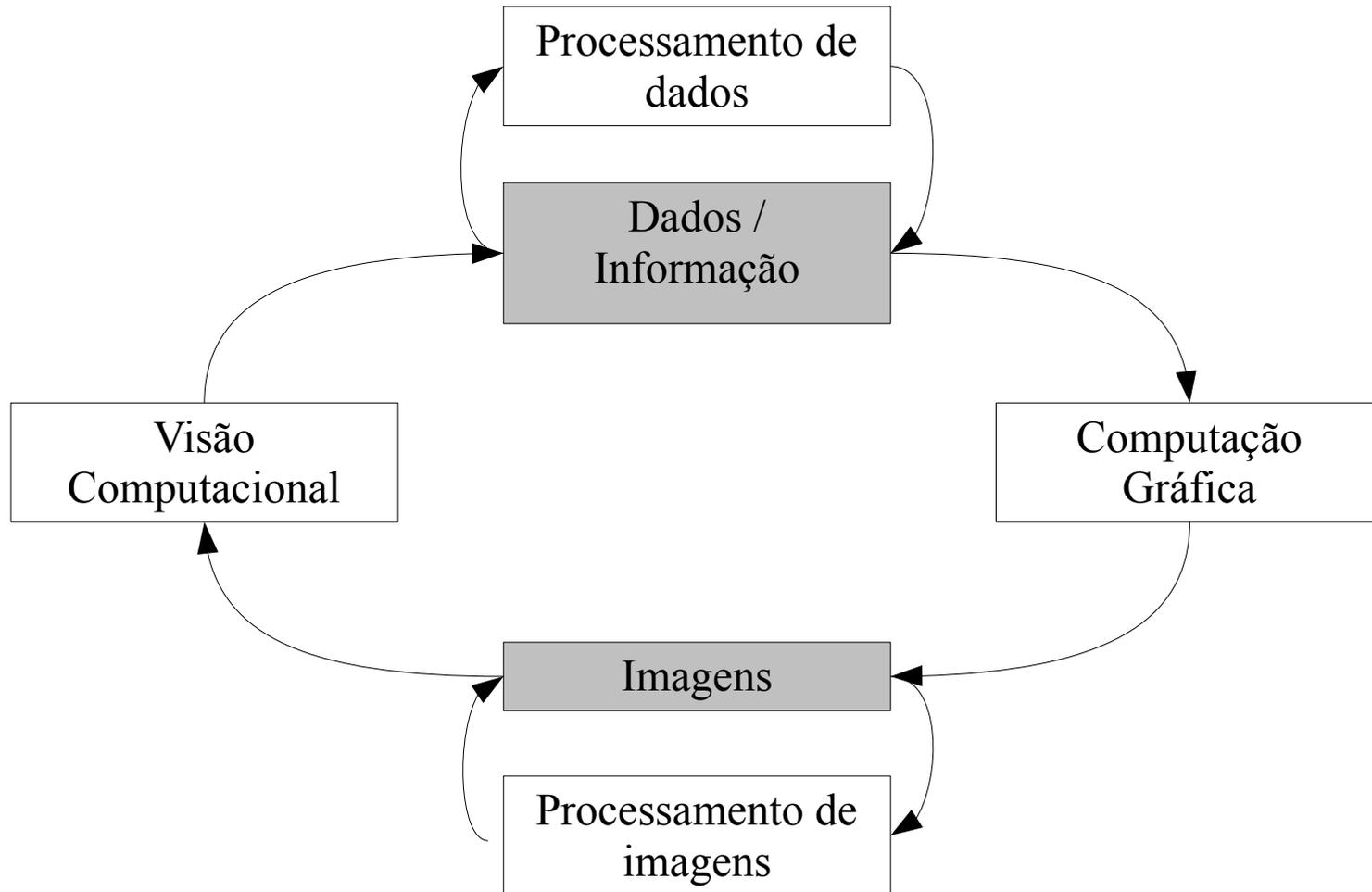


Detecção de iris em imagens



Simulação de multidões a partir de análise de imagens

Fronteiras do Processamento de Imagens



Fronteiras do Processamento de Imagens

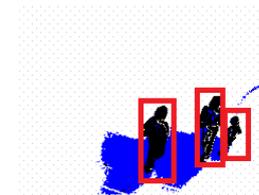
- Baixo nível:
 - Operações primitivas (redução de ruído, aumento de contraste, etc)
 - *Imagem* → *Imagem*
- Nível intermediário:
 - Segmentação, descrição e classificação de objetos.
 - *Imagem* → *Atributos* (bordas, contornos, nível de cinza)
- Alto nível:
 - Atribuir “sentido” à um conjunto de objetos reconhecidos



Filtragem (pré-processamento)



Segmentação



Deteção e Monitoramento

Um pouco de História

- Origem: melhoramento de imagens digitalizadas para jornais enviadas por meio de cabo submarino de Londres para New York (1920)
 - Sistema Bartlane reduziu o tempo requerido de mais de uma semana para menos de 3 horas.



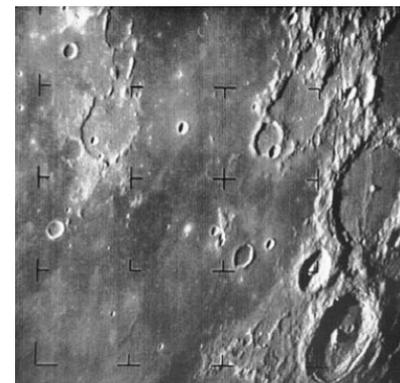
Impressora telegráfica com tipos especiais (1921). Problema de distribuição dos níveis de cinza.

Um pouco de História

- O primeiro sistema Bartlane codificava imagens com 5 níveis de cinza. Essa capacidade foi aumentada para 15 em 1929.
- **Potencial:** surgimento de computadores digitais de grande porte e o programa espacial (melhoramento de imagens produzidas por uma sonda espacial – distorção, realce e restauração, 1964)



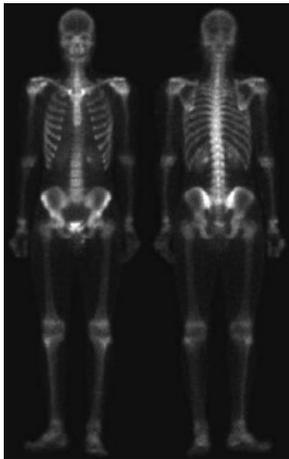
15 tons de cinza



1964: superfície lunar

Presente e Futuro

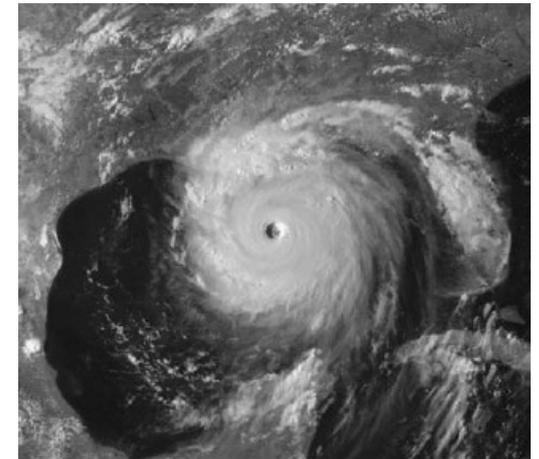
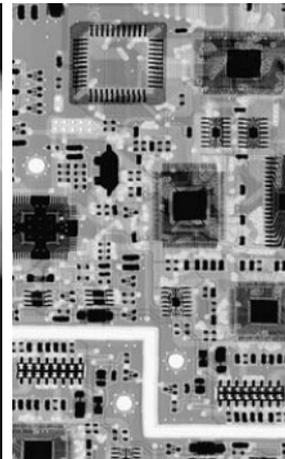
- De 1964 até hoje a área de processamento de imagens cresceu vigorosamente.
- Pode operar sobre dados capturados por sensores diversos
- Engloba grande variedade de aplicações



Raios Gamma: infecções, tumores



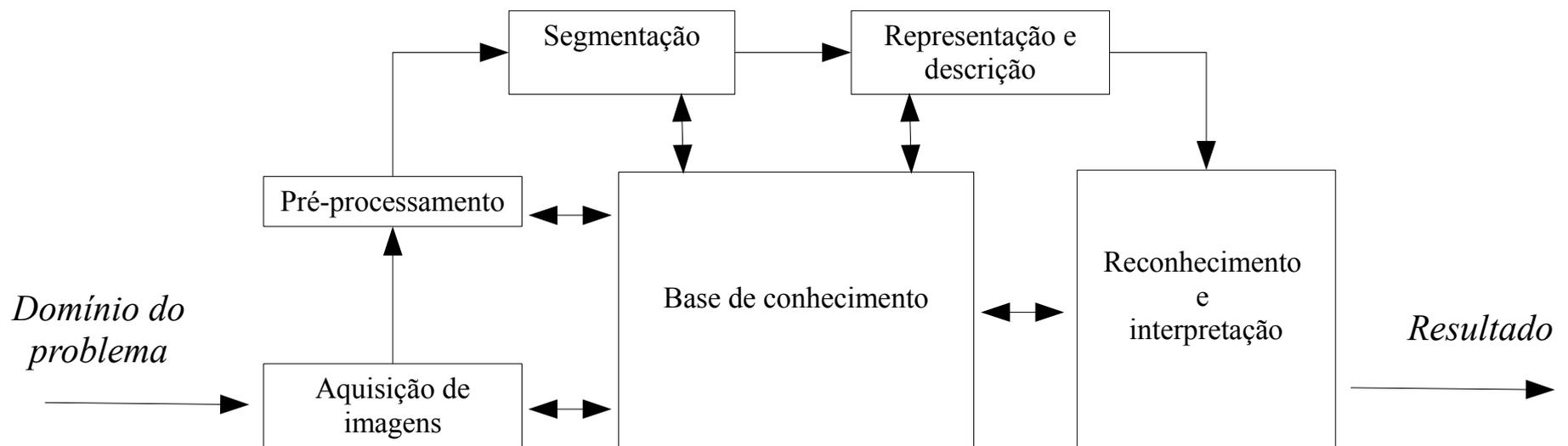
Raios X: diagnóstico médico e aplicações industriais



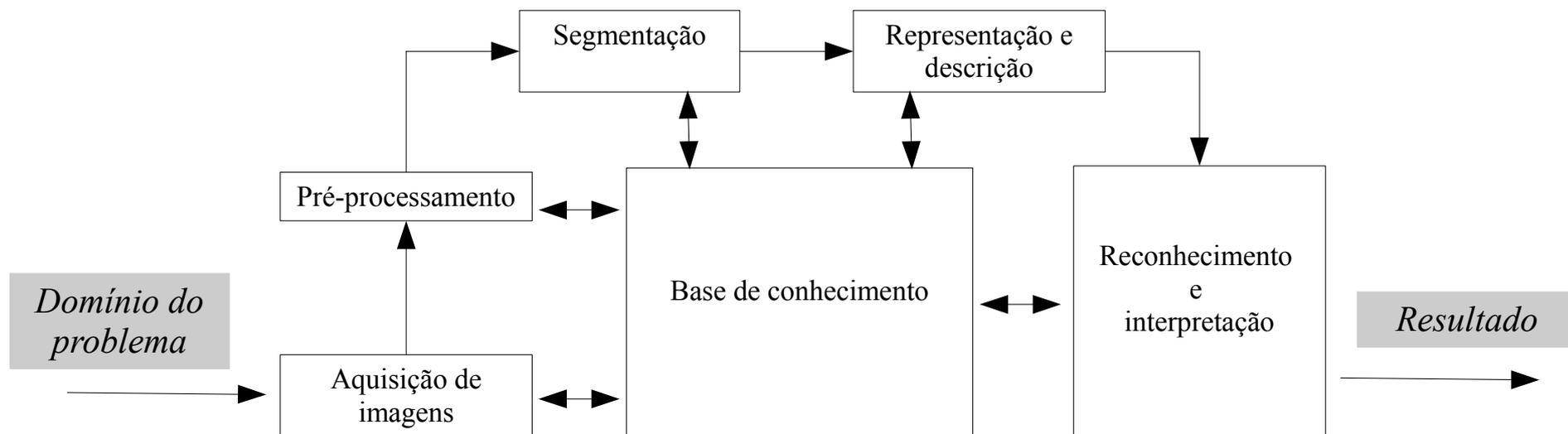
Imagens de satélite: previsão do tempo, desequilíbrio ambiental, etc

Passos Fundamentais

- Abrange ampla escala de hardware, software e fundamentos teóricos.



Passos Fundamentais

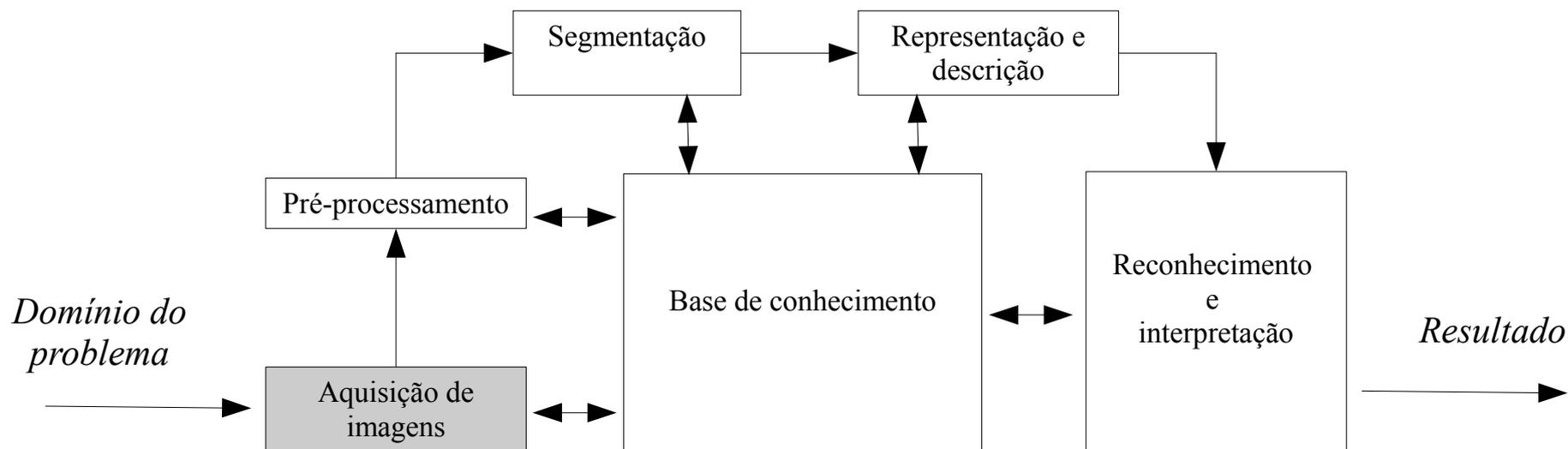


Ex: leitura automática de endereços em correspondências

Problema: ler endereço em correspondências

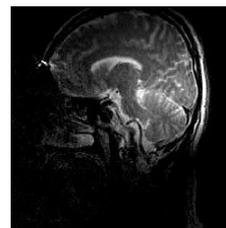
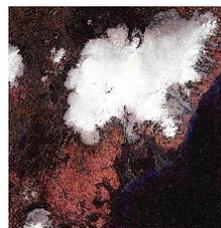
Resultado: sequência de caracteres alfanuméricos (nome da rua e número)

Passos Fundamentais

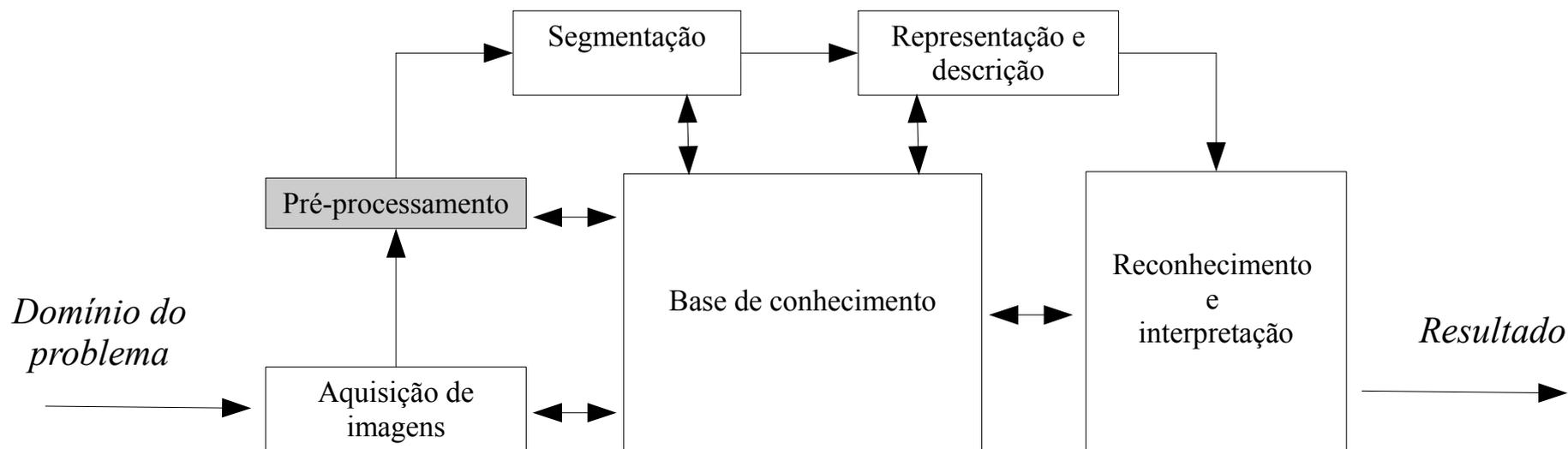


A natureza do sensor e da imagem que ele produz são determinadas pela aplicação

- satélite
- ressonância magnética
- máquina fotográfica

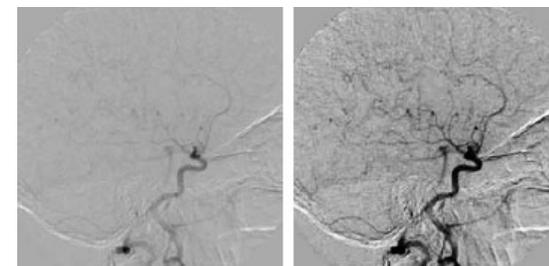


Passos Fundamentais

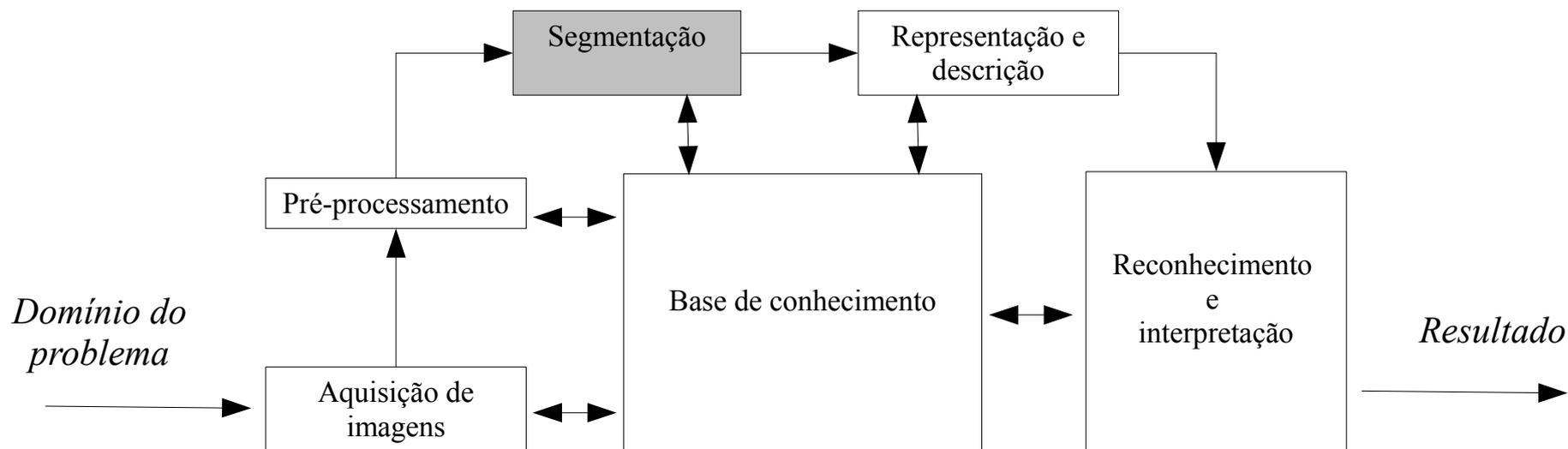


Melhorar a imagem de forma a aumentar as chances para o sucesso dos processos seguintes.

- realce de contraste
- diminuição de ruído
- regiões de interesse



Passos Fundamentais



Particiona a imagem em partes constituintes ou objetos.

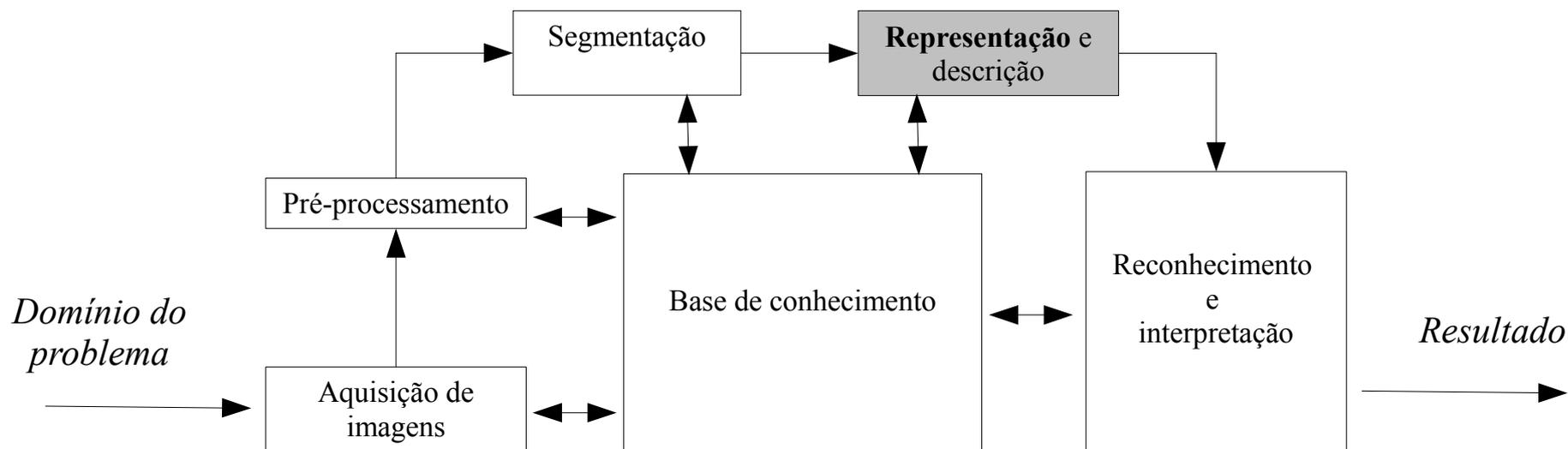
Ex.:



(a) grupo de pixels que pertencem ao fundo da imagem

(b) grupo de pixels que pertencem aos caracteres alfanuméricos em análise

Passos Fundamentais



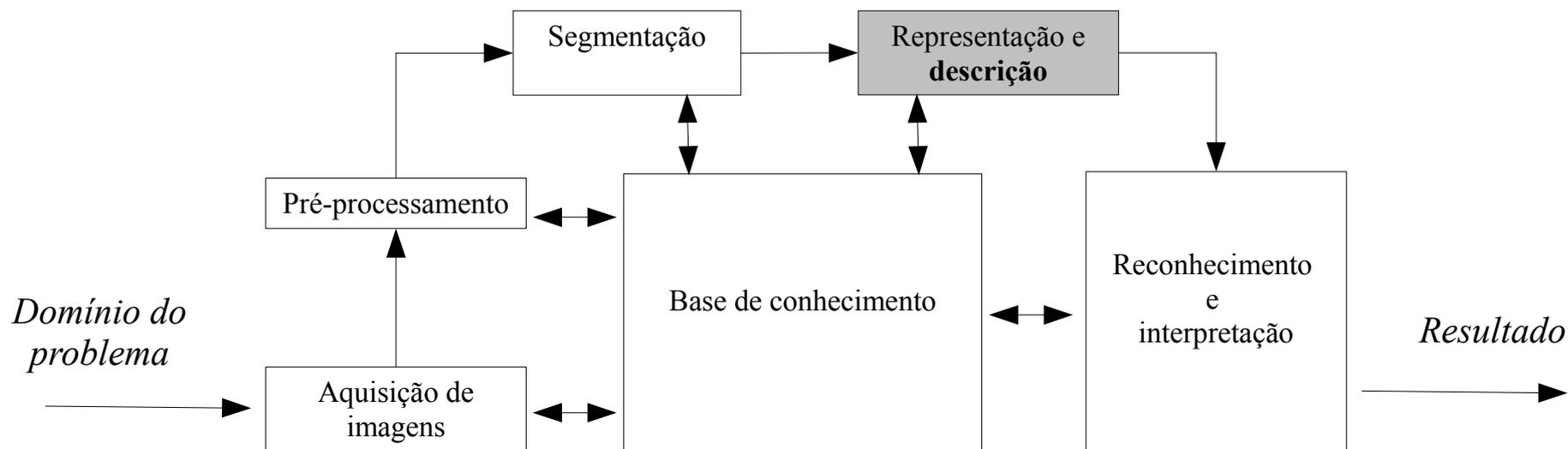
Representação: normalmente está associada ao resultado da segmentação. Forma como desejamos representar os objetos que estamos analisando

- *Contorno dos objetos* (forma externa dos objetos: perímetro, quinas, etc)
- *Região dos objetos* (propriedades internas dos objetos: textura, esqueleto, etc)

Em algumas aplicações, essas representações podem se complementar.



Passos Fundamentais



Descrição: seleção de características ou atributos que irão resultar em alguma informação quantitativa de interesse, ou será base para diferenciar uma classe de outras classes de objetos.

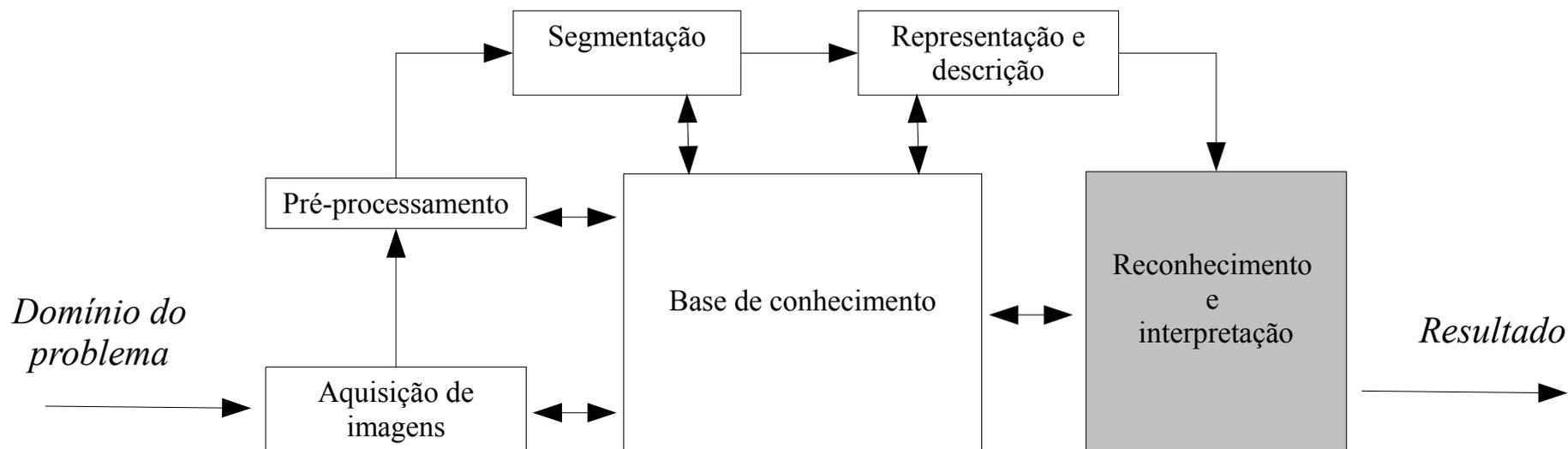
Ex.: buracos e concavidades são características relevantes em reconhecimento de caracteres.

Ex.: área de uma região, perímetro de um contorno, etc.

Ex.: distância média dos pontos da borda em relação ao ponto do centro, etc.



Passos Fundamentais

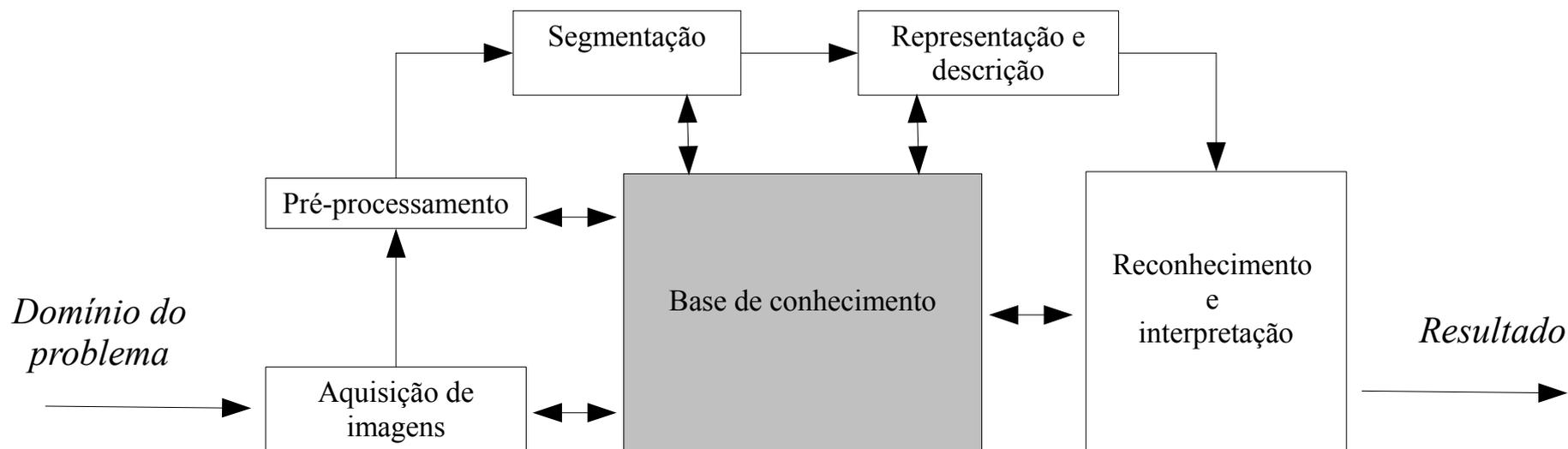


Processo que atribui um rótulo a um objeto identificado, com base em seus descritores

Ex.: “isso é a letra A”

“esses caracteres compõem o nome da rua, e aqueles outros compõem o número da casa”

Passos Fundamentais



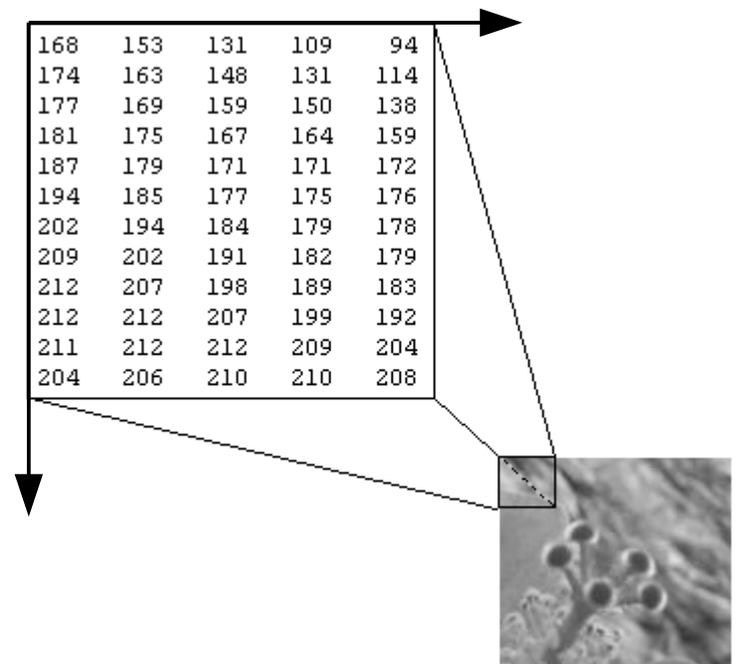
Conhecimento sobre o problema a ser resolvido. Deve guiar o funcionamento de cada etapa e permitir realimentação entre elas.

Ex.: Logradouro sem número (emitir alerta ou segmentar novamente)

Processamento de imagens digitais



- Função bidimensional $f(x,y)$
 - x , y e valor de intensidade (nível de cinza) finitos.
- Número finito de elementos, cada um com sua localização particular e valor:
 - *picture elements*,
 - *image elements*,
 - *pels*, ou *pixel*.

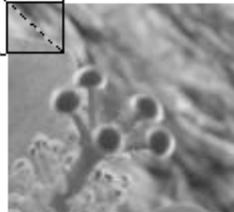


Processamento de imagens digitais



- Escala de intensidade: [0, ..., 255]

168	153	131	109	94
174	163	148	131	114
177	169	159	150	138
181	175	167	164	159
187	179	171	171	172
194	185	177	175	176
202	194	184	179	178
209	202	191	182	179
212	207	198	189	183
212	212	207	199	192
211	212	212	209	204
204	206	210	210	208



Preto: valores baixos (0)

Cinza: valores intermediários

Branco: valores altos (255)



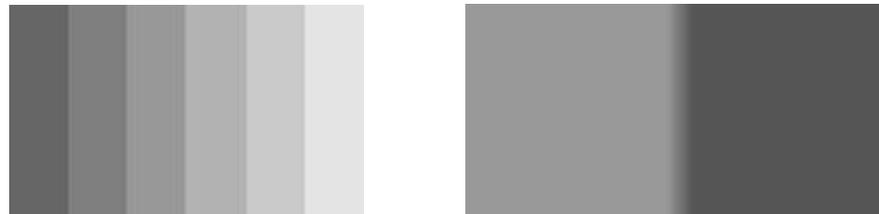
0



255

Elementos de percepção visual

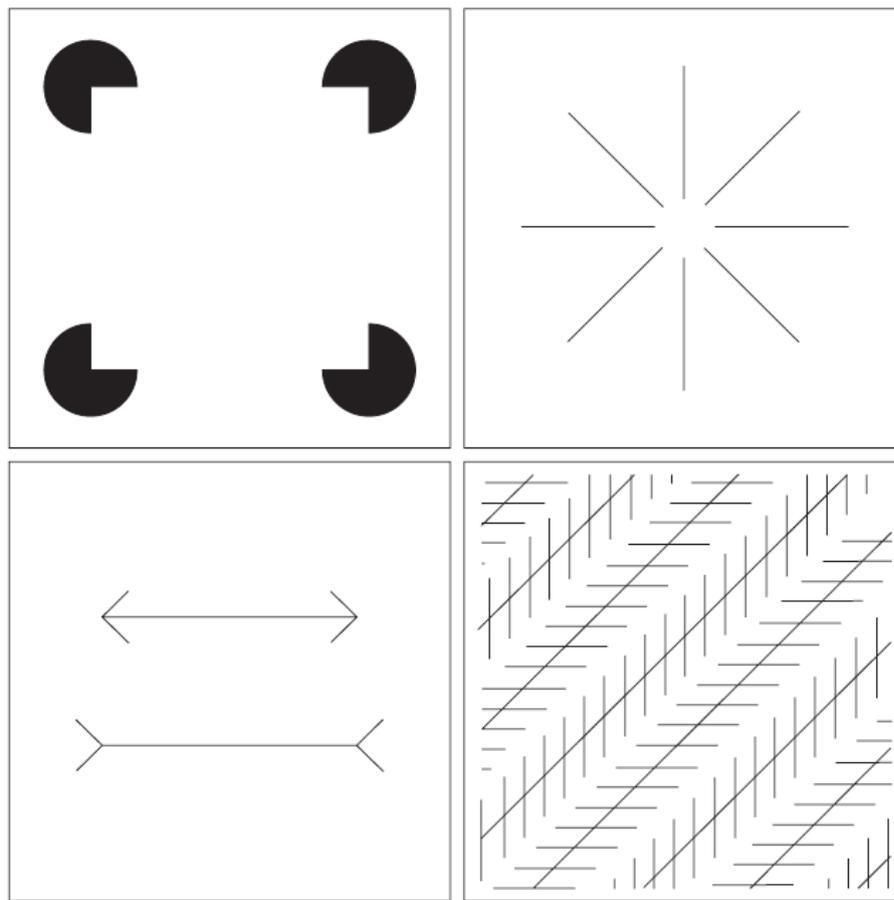
- *Adaptação ao brilho e discriminação:*
 - O brilho percebido não é uma função simples de intensidade.
 - O sistema visual tende a subestimar ou superestimar a intensidade próxima aos contornos entre regiões



- Brilho percebido não depende simplesmente de sua intensidade



Ilusões de ótica



Memória subjetiva

The FedEx logo is displayed in a bold, sans-serif font. The word "Fed" is in a dark blue color, and the word "Ex" is in an orange color. A registered trademark symbol (®) is located at the bottom right of the logo.

FedEx®

Imagem digital

- Discretização
 - Amostragem: coordenadas espaciais (resolução)
 - Quantização: níveis de cinza (brilho)



Amostragem

- Digitalização das coordenadas espaciais

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, N - 1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, N - 1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M - 1, 0) & f(M - 1, 1) & \dots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix}$$



320 x 240



160 x 120



80 x 60

Amostragem

- Efeitos da redução da resolução espacial



320 x 240



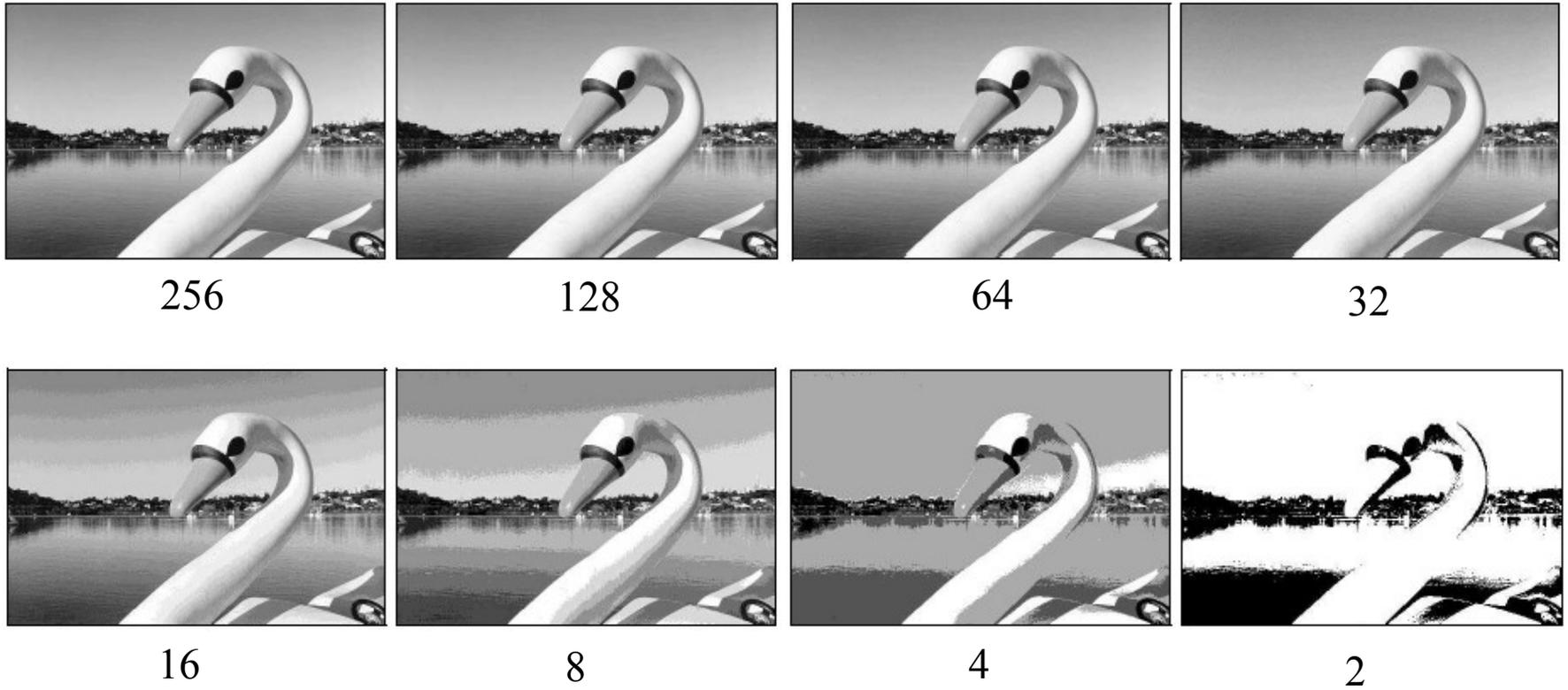
160 x 120



80 x 60

Quantização

- Digitalização da amplitude (*níveis de cinza*)



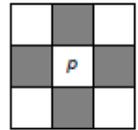
Relacionamentos básico entre pixels

- Vizinhança
- Conectividade
- Rotulação de componentes conexos
- Operações Lógico-aritméticas

Vizinhança

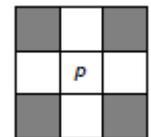
- Um pixel p nas coordenadas (x,y) possui 4 vizinhos *horizontais e verticais*, $\mathbf{N}_4(p)$:

$$(x+1,y),(x-1,y),(x,y+1),(x,y-1)$$

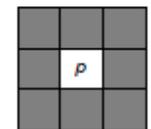


- Os quatro vizinhos diagonais possuem coordenadas $\mathbf{N}_D(p)$:

$$(x+1,y+1),(x+1,y-1),(x-1,y+1),(x-1,y-1)$$

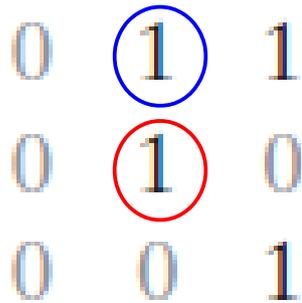


- A vizinhança-de-8 de p , $\mathbf{N}_8(p) = \mathbf{N}_4(p) \cup \mathbf{N}_D(p)$

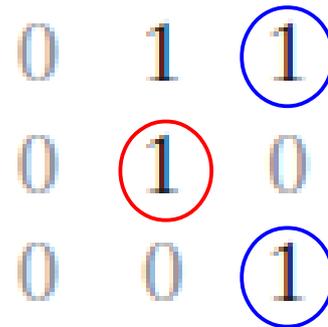
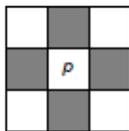


Conectividade

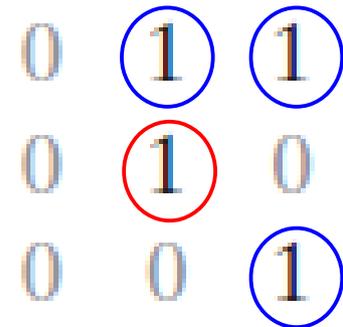
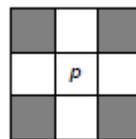
- Estabelece uma relação de adjacência entre pixels e seus níveis de cinza devem satisfazer um certo critério de similaridade.



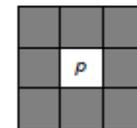
Conectados $N_4(p)$



Conectados $N_D(p)$

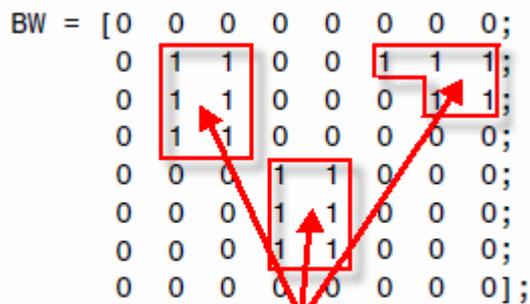


Conectados $N_8(p)$

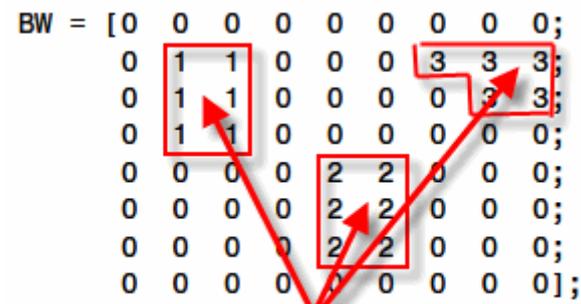


Rotulação de componentes conexos

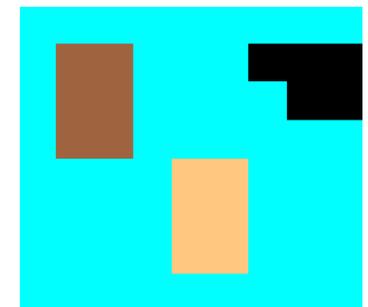
- Se p e q forem pixels de um subconjunto S de uma imagem, então p está conectado a q em S se existir um caminho de p a q consistindo inteiramente de pixels de S .



Connected Components



Labeled Connected Components

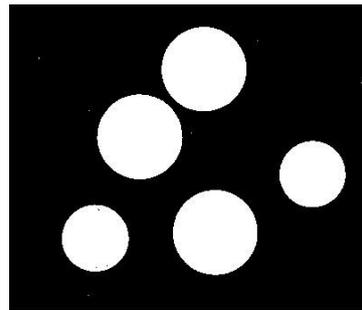


Rotulação de componentes conexos

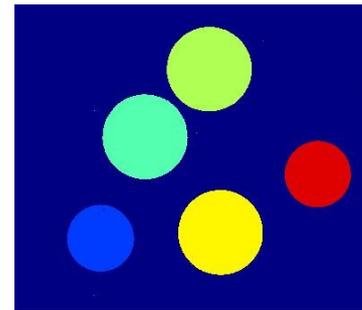
- Exemplo de aplicação:
 - Remover objetos com área maior que T



Imagem de entrada



Resultado da segmentação



Rotulação dos componentes conexos

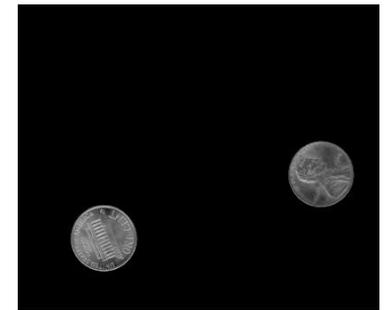
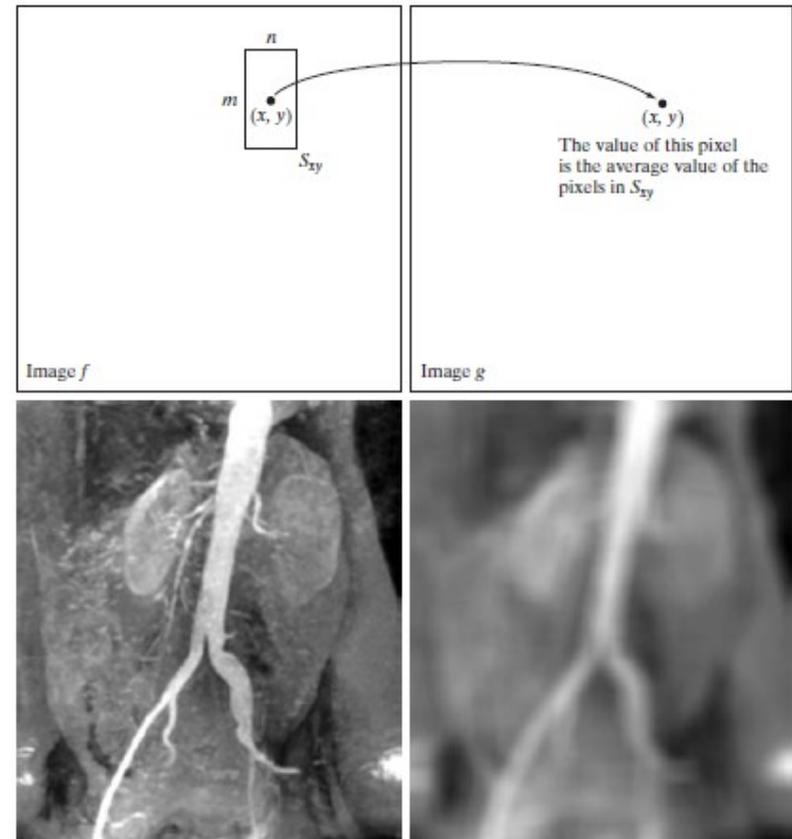


Imagem processada

Operações lógico-aritméticas

- Aritméticas:

- Adição: $p + q$
- Subtração: $p - q$
- Multiplicação: $p * q$
- Divisão: p/q



Ex.: suavização através de um filtro da média

$$g(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(r,c) \in S_{xy}} f(r, c)$$

Imagens Coloridas

- Porque usar cores?
 - Descritor poderoso
 - O olho humano pode discernir milhares de tons e intensidades de cores

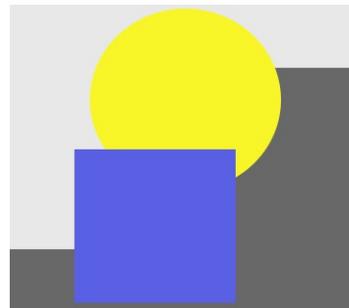


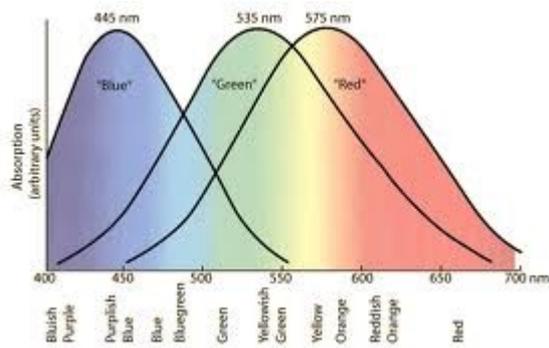
Imagem colorida
(RGB)



Imagem em escala
de cinza

Cores

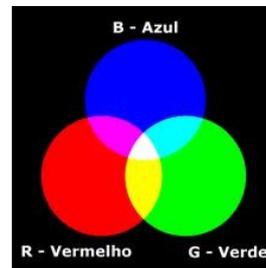
- As cores são vistas como combinações variáveis das três chamadas cores primárias (R, G, B)



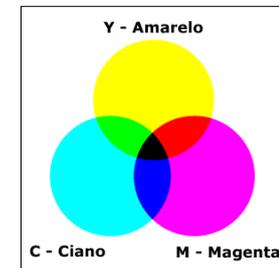
Absorção de luz no olho humano

6, 7 milhões de cones:

- 65% sensíveis a luz R
- 33% sensíveis a luz G
- 2% sensíveis a luz B



Cores primárias
(aditivas)



Cores secundárias ou
pigmentos (subtrativas)

Modelos de Cores

- **Propósito:** facilitar a especificação das cores em alguma forma padrão e de aceite geral.
 - RGB
 - HSV
 - YIQ
 - CMY
 - YCbCr
 - ...

RGB

- Sistema de coordenadas cartesianas

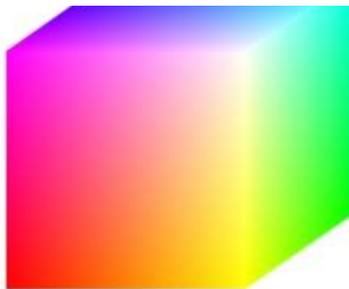
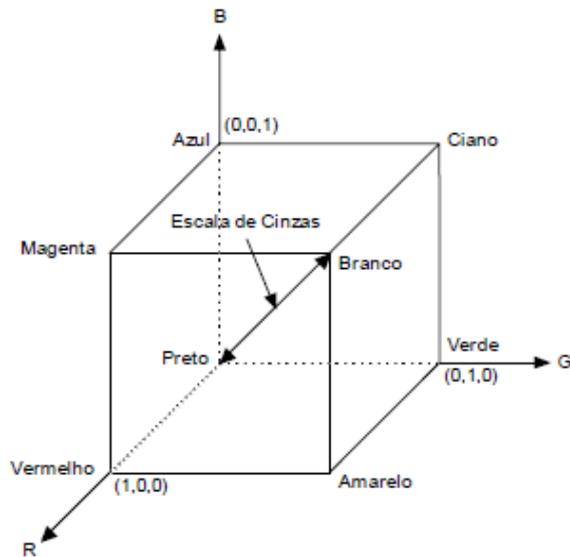


Imagem colorida



Camada R



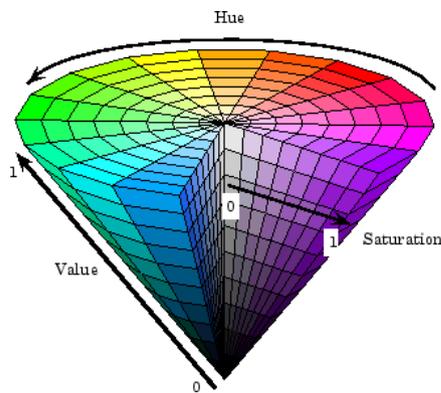
Camada G



Camada B

HSI

- *Intensidade* desacoplado da informação de cor
- Matiz (*Hue*) e Saturação são intimamente relacionados à percepção humana de cores



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

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



Imagem colorida



Camada H



Camada S



Camada I

YIQ

- Utilizado no padrão NTSC de TV em cores
- Desenvolvido sob o princípio da dupla compatibilidade (TV colorida e P&B)

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ 0,596 & -0,275 & -0,321 \\ 0,212 & -0,523 & 0,311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$



Imagem colorida



Camada Y

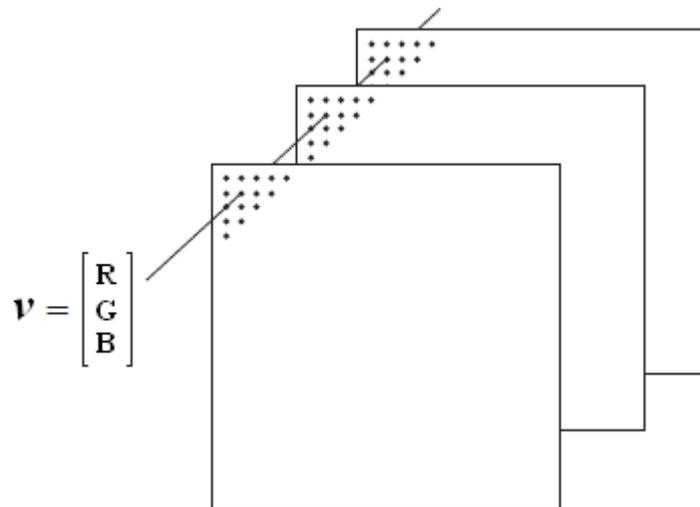


Camada I



Camada Q

Processamento de imagens coloridas



O valor de cada pixel (x,y) é composto pela informação contida em cada canal de cor.



Imagem colorida



Camada R

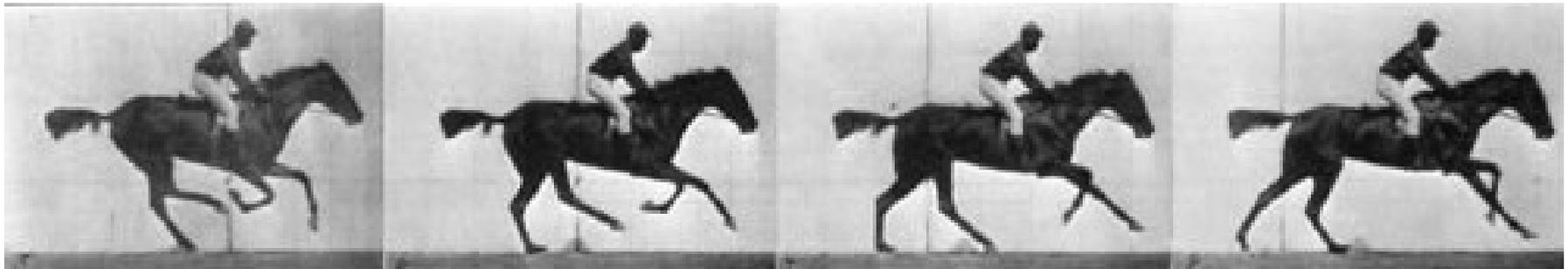


Camada G

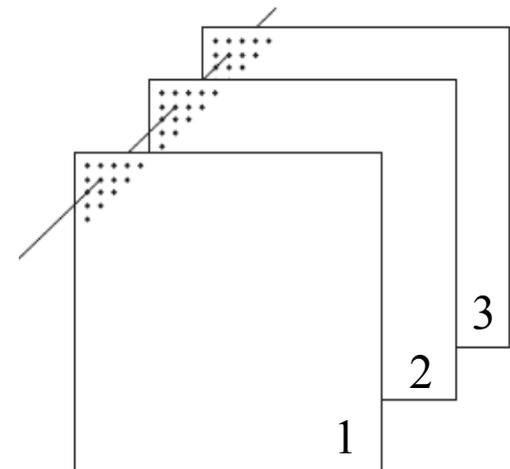


Camada B

Processamento de sequência de imagens (vídeo)



Informação temporal
Informação de movimento



Ferramentas

- Linguagem Interpretada
 - MATLAB (proprietária)
 - SCILAB
- Compilada
 - C/C++ e OpenCv

***Vantagens/Desvantagens
de cada abordagem***