

T5.1 – Processamento de Imagem e Vídeo

Proc. Sinal e Imagem
Mestrado em Informática Médica

Miguel Tavares Coimbra

Resumo

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
3. Morfologia matemática
4. Processamento vídeo

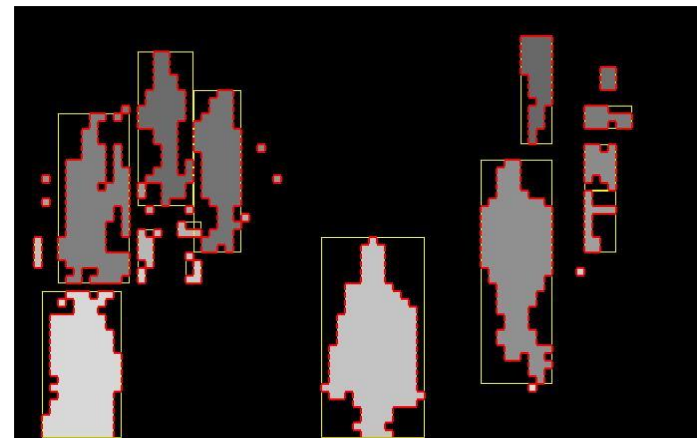
1. Introdução à segmentação

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
3. Morfologia matemática
4. Processamento vídeo

Definição

- Consiste na separação da imagem em áreas diferentes.
 - Extracção de objectos.
 - Extracção de áreas com características próprias.

Nada trivial! É o '*santo graal*' de uma imensidão de problemas!



A subjectividade da segmentação

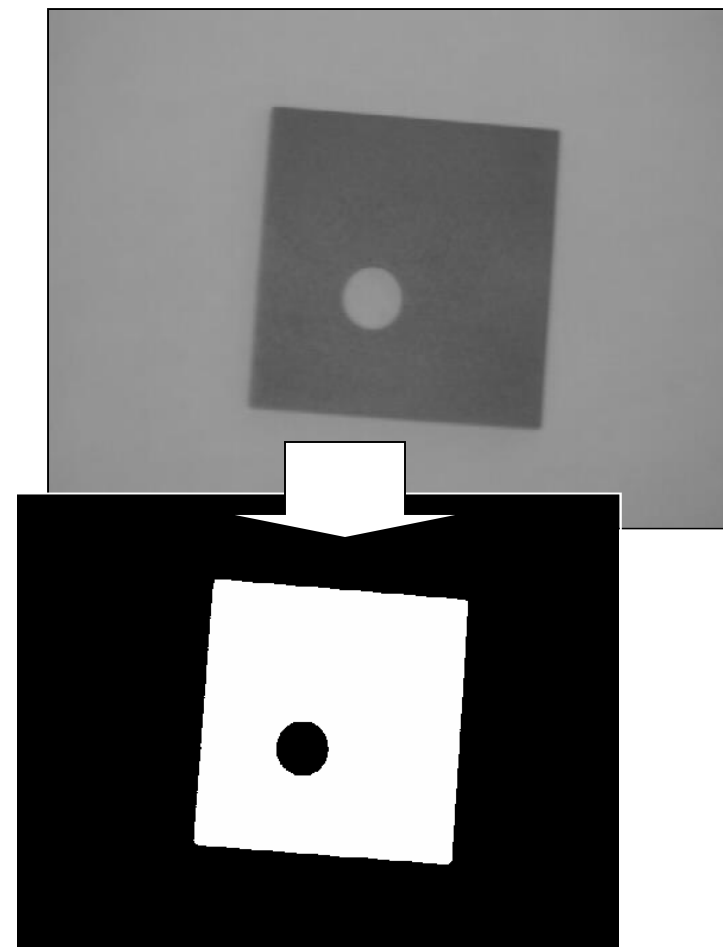
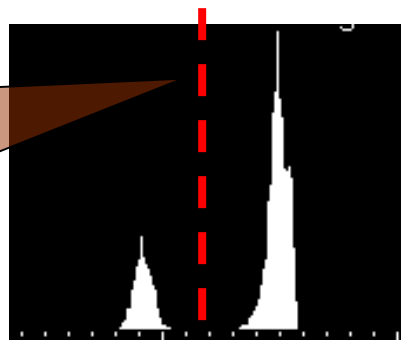
- O resultado de uma segmentação apenas é 'correcto' dado um determinado contexto.
 - Subjectividade!
 - Difícil implementação computacional.
 - Dificuldades na avaliação do desempenho.



Thresholding

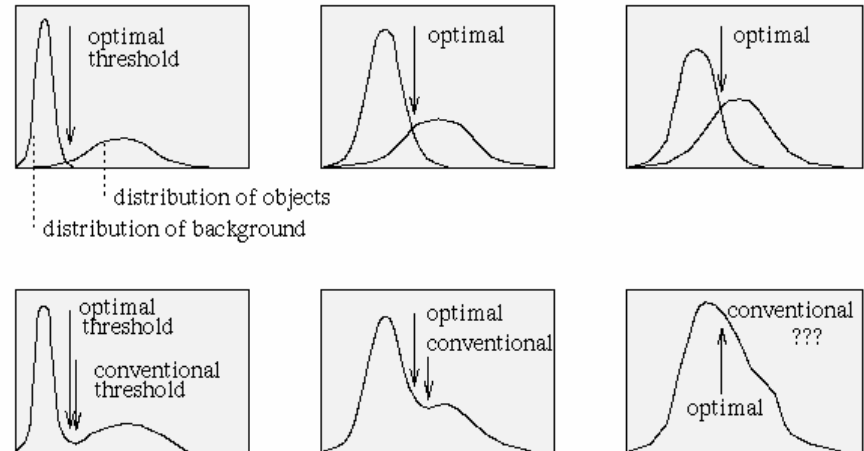
- Consiste em dividir uma imagem em duas zonas:
 - 1, se $f(x,y) > K$
 - 0, se $f(x,y) \leq K$
- Não é fácil de achar um *numero mágico k* ideal!
- Provavelmente a técnica mais popular de segmentação
 - Simples
 - Razoavelmente eficaz

Threshold adequado!



Números mágicos

- O resultado é muito sensível às variações de k .
- *Número mágico.*
 - Bom para uma situação.
 - Mau para todas as outras.
- Sistema tem que ser robusto!
- Como escolher k ?
 - Histogramas.
 - Outras técnicas.



A combinação das distribuições de duas regiões pode tornar a segmentação simples (esquerda) ou muito difícil (direita).

Adaptado de [1]

Exemplo



Correcta
($k = 74$)



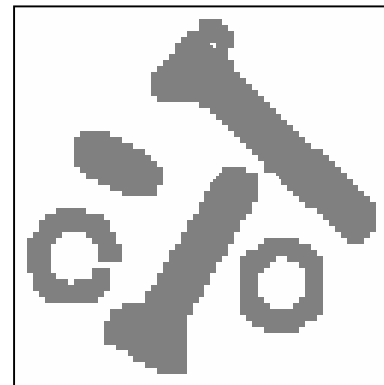
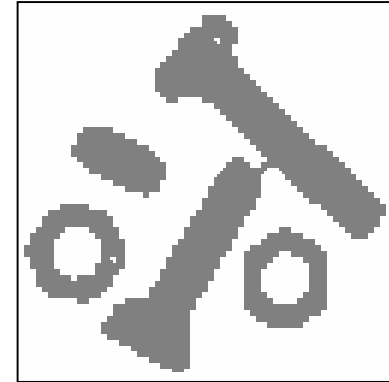
Errada!
($k = 128$)

Pré-processamento

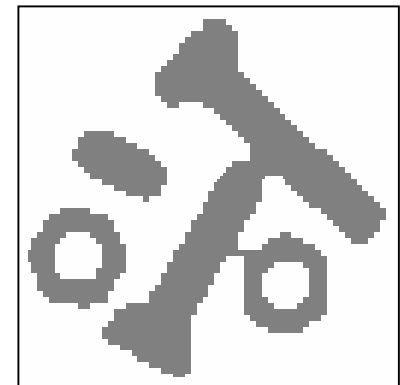
- Manipulação da imagem antes da aplicação do *thresholding*.
- Permite criar uma melhor separação das zonas no histograma.
- Mais comum: Filtragem de ruído.
 - Filtro passa-baixo.
 - Filtro de mediana.

Pós-Processamento

- Tenta corrigir os erros de segmentação.
- Conhecimento *a-priori* acerca do resultado esperado.
- Filtros morfológicos.
 - Muito populares para pós-processamento.
 - Abertura.
 - Fecho.



Abertura



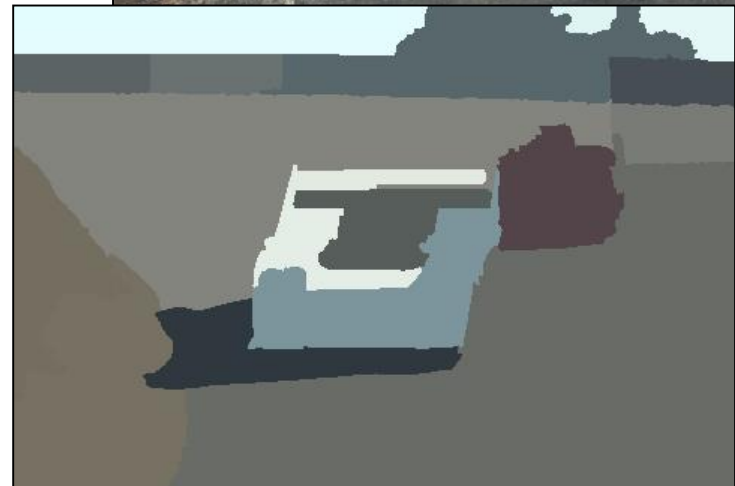
Fecho

2. Segmentação baseada em regiões

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
3. Morfologia matemática
4. Processamento vídeo

Motivação

- **Segmentação**
 - Fronteiras e *thresholds* nem sempre eficazes.
- **Regiões homogêneas**
 - *Region-based segmentation*.
 - Eficaz em imagens ruídas.



ASTROL

MAINTENANCE IN OIL

CASTROL

THE MASTERPIECE IN OIL

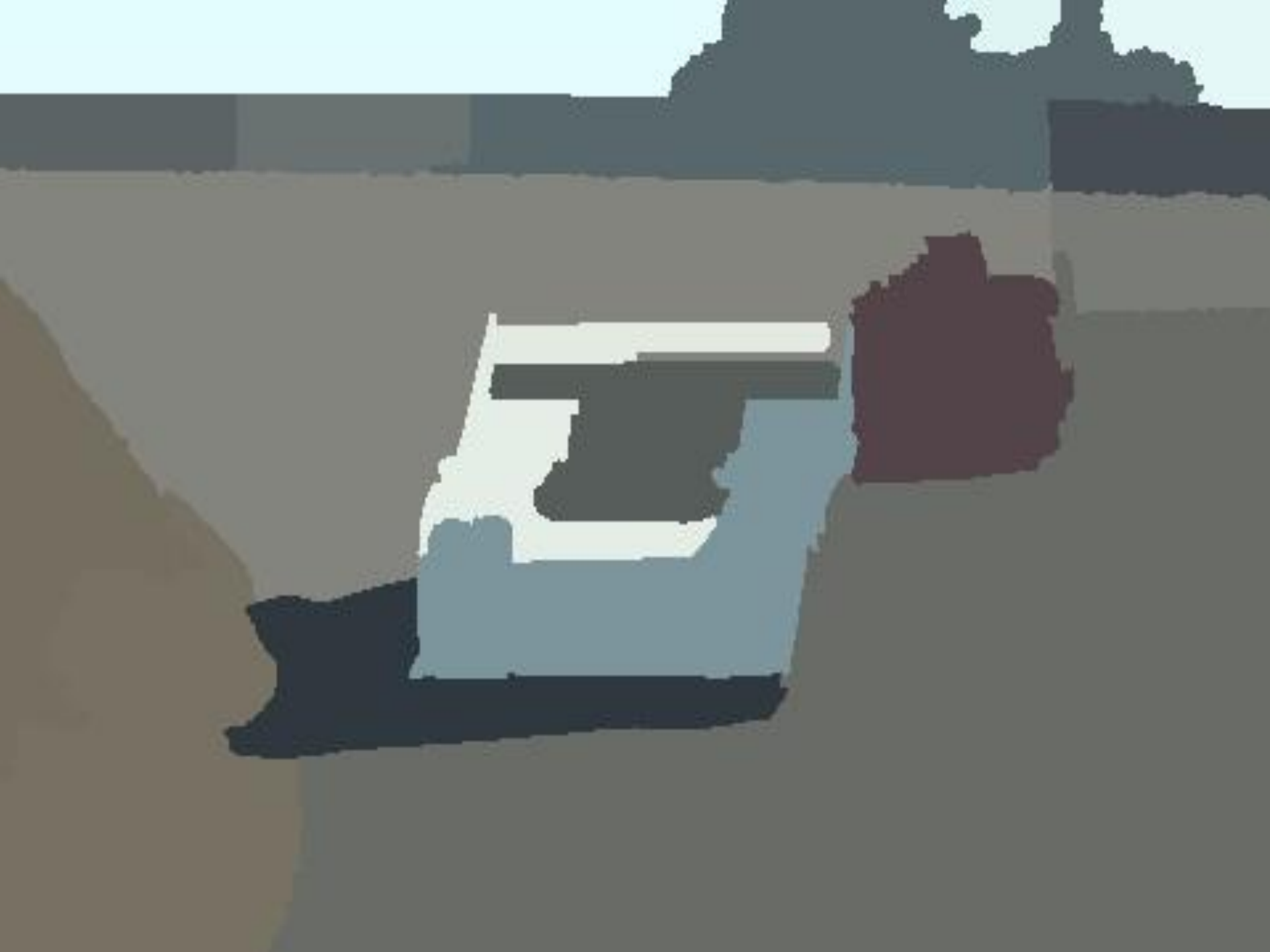
CASTROL

THE MASTERPIECE IN OIL

Castrol

WELLESLEY
RACE
CARS

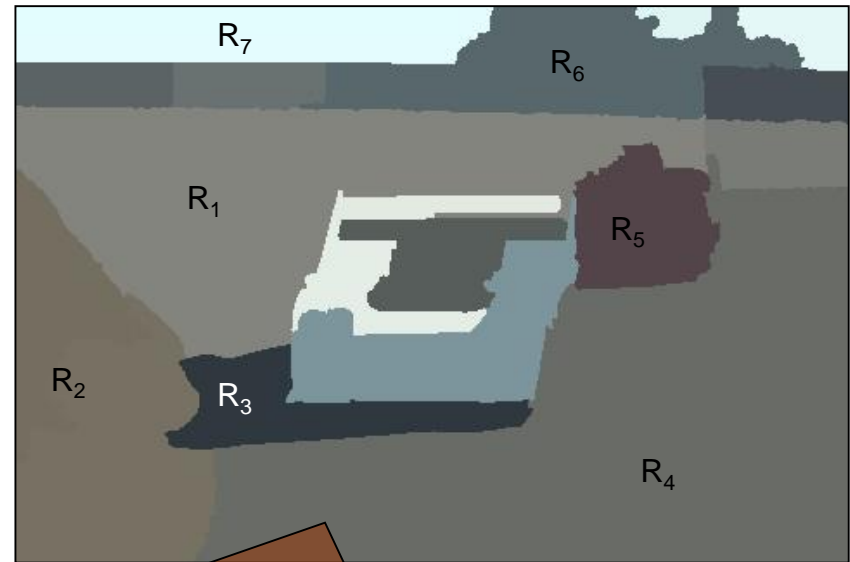




Definições

- Baseia-se em *conjuntos*.
- A imagem R é um conjunto de regiões R_i .
 - Todos os pontos pertencem a uma das regiões.
 - Um ponto apenas pode pertencer a uma única região.

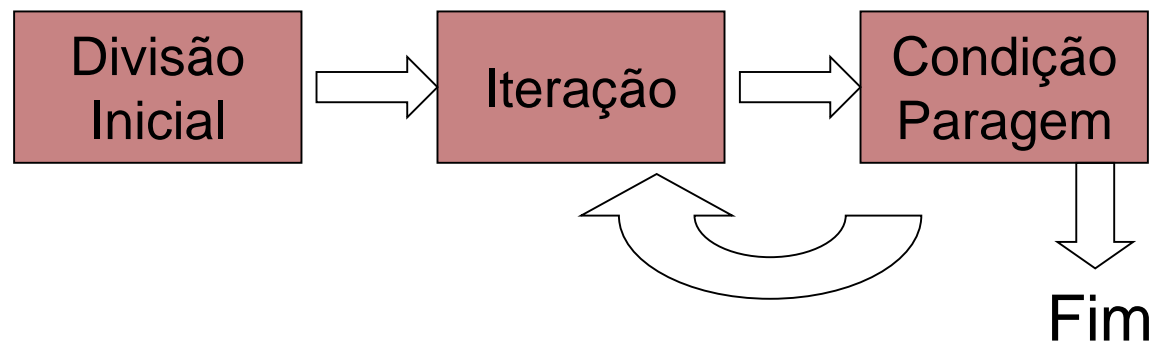
$$R = \bigcup_{i=1}^S R_i \quad R_i \cap R_j \neq \emptyset$$



Exemplos de algumas regiões da imagem

Region growing

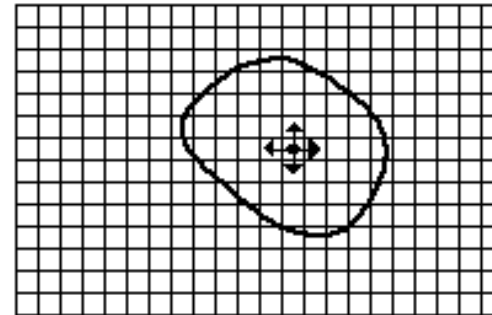
- Consiste na união/divisão de um conjunto inicial de regiões.
- Homogeneidade:
 - Cor
 - Textura
 - Outros
- Tipicamente iterativo
 - Como começar?
 - O que fazer em cada iteração?
 - Quando parar?



Region merging

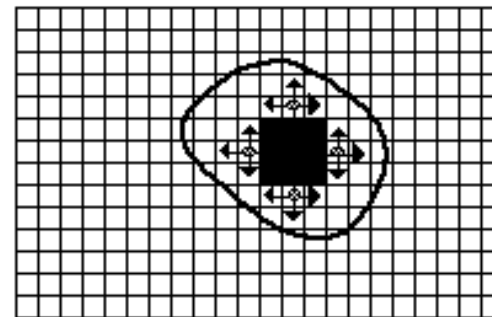
- **Algoritmo**

- Divisão inicial da imagem em regiões.
- Definição do critério de união de 2 regiões adjacentes.
- Unir regiões. Repetir passo anterior até não haver mais uniões.



(a) Start of Growing a Region

- Seed Pixel
- ↑ Direction of Growth



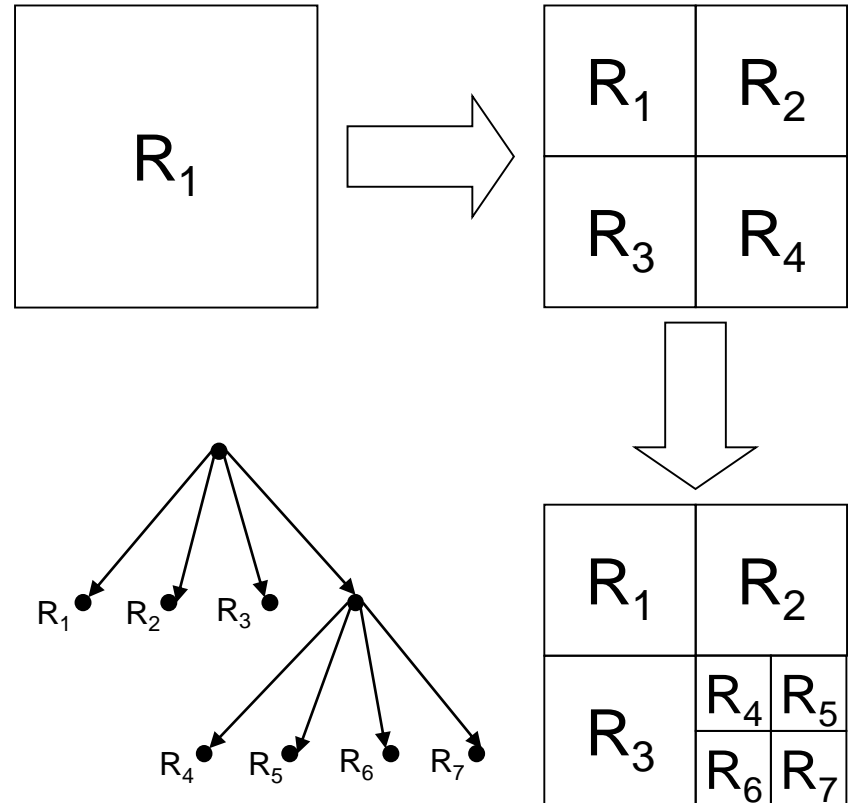
(b) Growing Process After a Few Iterations

- Grown Pixels
- ⊕ Pixels Being Considered

Region splitting

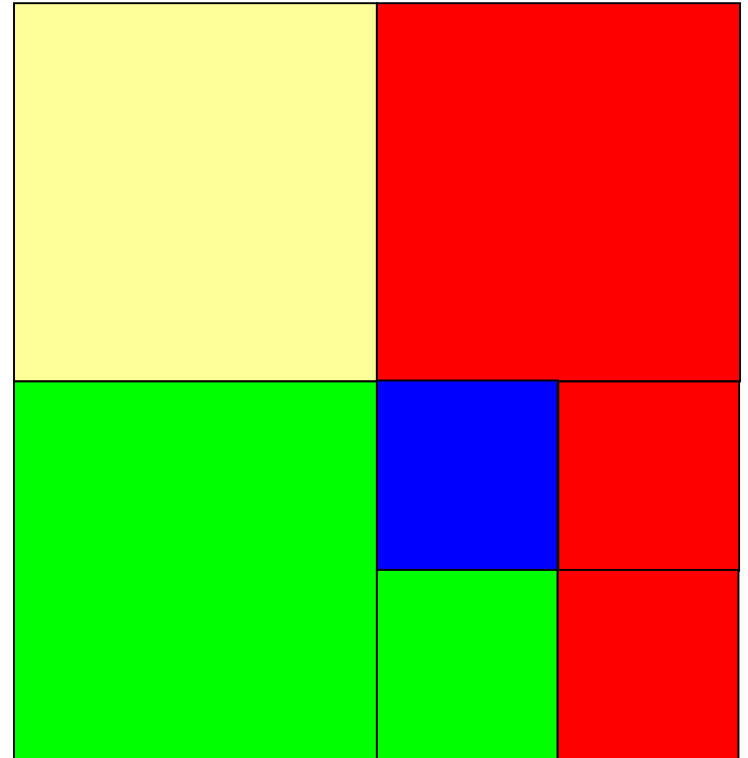
- **Algoritmo**

- Inicialmente usa a imagem completa.
- Definição do critério de divisão.
- Divisão iterativa em sub-regiões.
- Paragem quando falhar o critério de divisão.



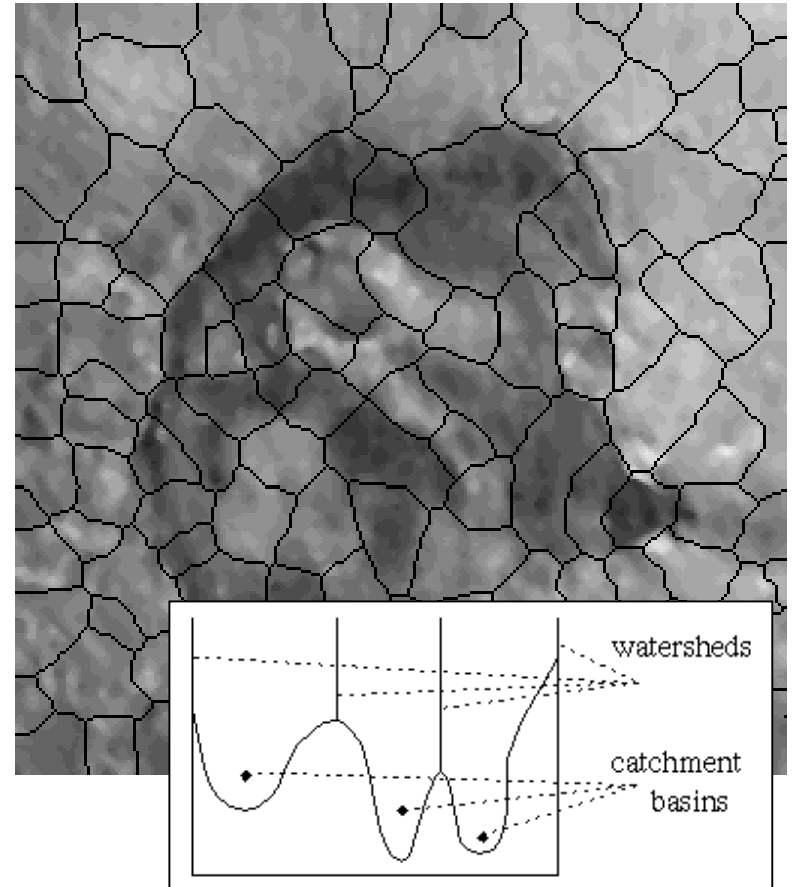
Split and Merge

- Combinação dos dois algoritmos.
- Permite lidar com formas mais variadas.
 - Basta aplicar consecutivamente os algoritmos anteriores.



A transformada *Watershed*

- **Inspiração geográfica.**
 - Lançar água sobre um terreno montanhoso.
 - Cada lago corresponde a uma região.
- **Características:**
 - Computacionalmente complexo.
 - Grande flexibilidade na segmentação.
 - Risco de sobre-segmentação.



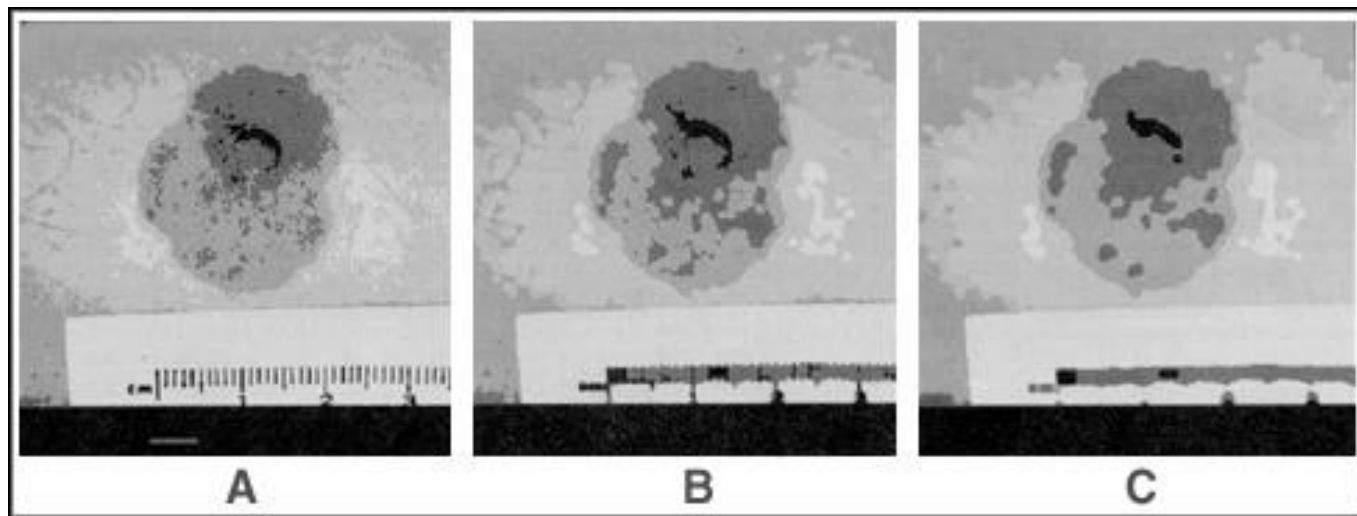
3. Morfologia matemática

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
- 3. Morfologia matemática**
4. Processamento vídeo

Morfologia matemática

- Desenvolvida para descrever quantitativamente estruturas geométricas
- Baseada em *sets*
 - Grupos de pontos que definem áreas de uma imagem
- Para que servem?
 - Manipulação de imagens binárias.
 - ‘Limpar’ resultados de uma segmentação!

Segmentação de um tumor usando filtros morfológicos



Dilatação, Erosão

- Implicam dois conjuntos:

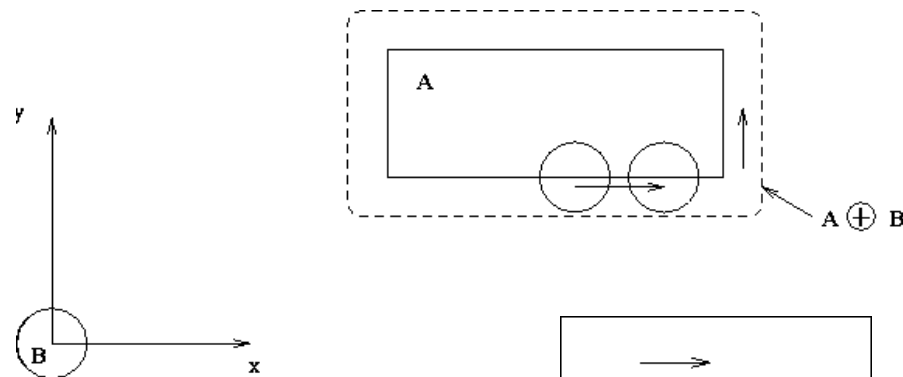
- Imagem
- Kernel morfológico

- Dilatação (D)

- União do *kernel* com todo o conjunto da imagem
- Aumento da área resultante

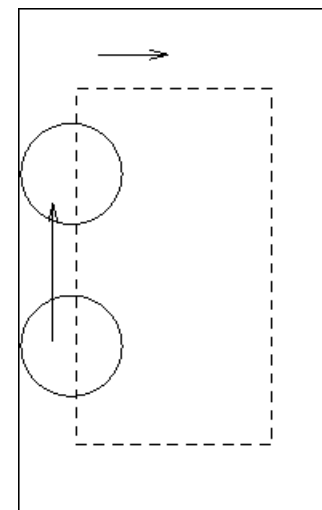
- Erosão (E)

- Intersecção
- Diminuição da área resultante



$$D(A, B) = A \oplus B = \bigcup_{\beta \in B} (A + \beta)$$

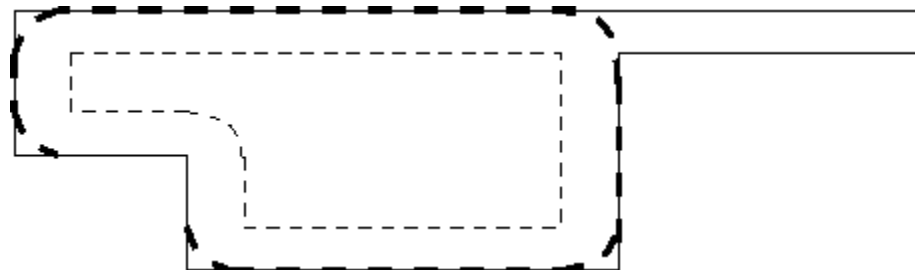
$$E(A, B) = A \ominus B = \bigcap_{\beta \in B} (A - \beta)$$



Abertura, Fecho

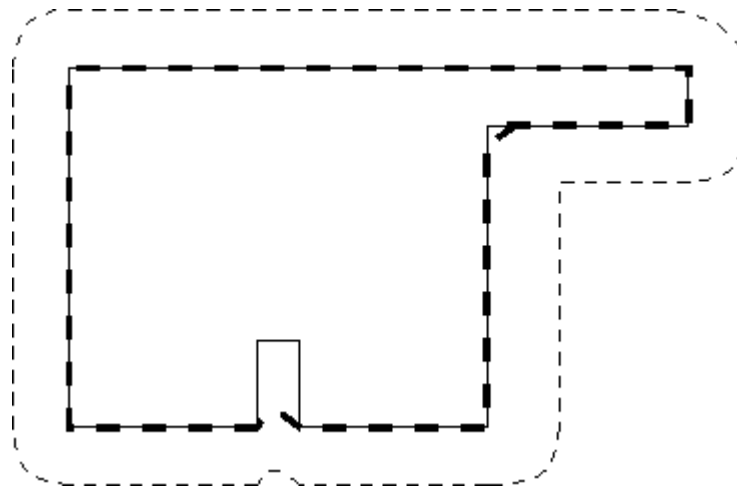
- **Abertura**

- Erosão, seguida de dilatação.
- Menos destrutivo do que uma erosão.
- ‘Adapta’ a forma da imagem à forma do kernel.

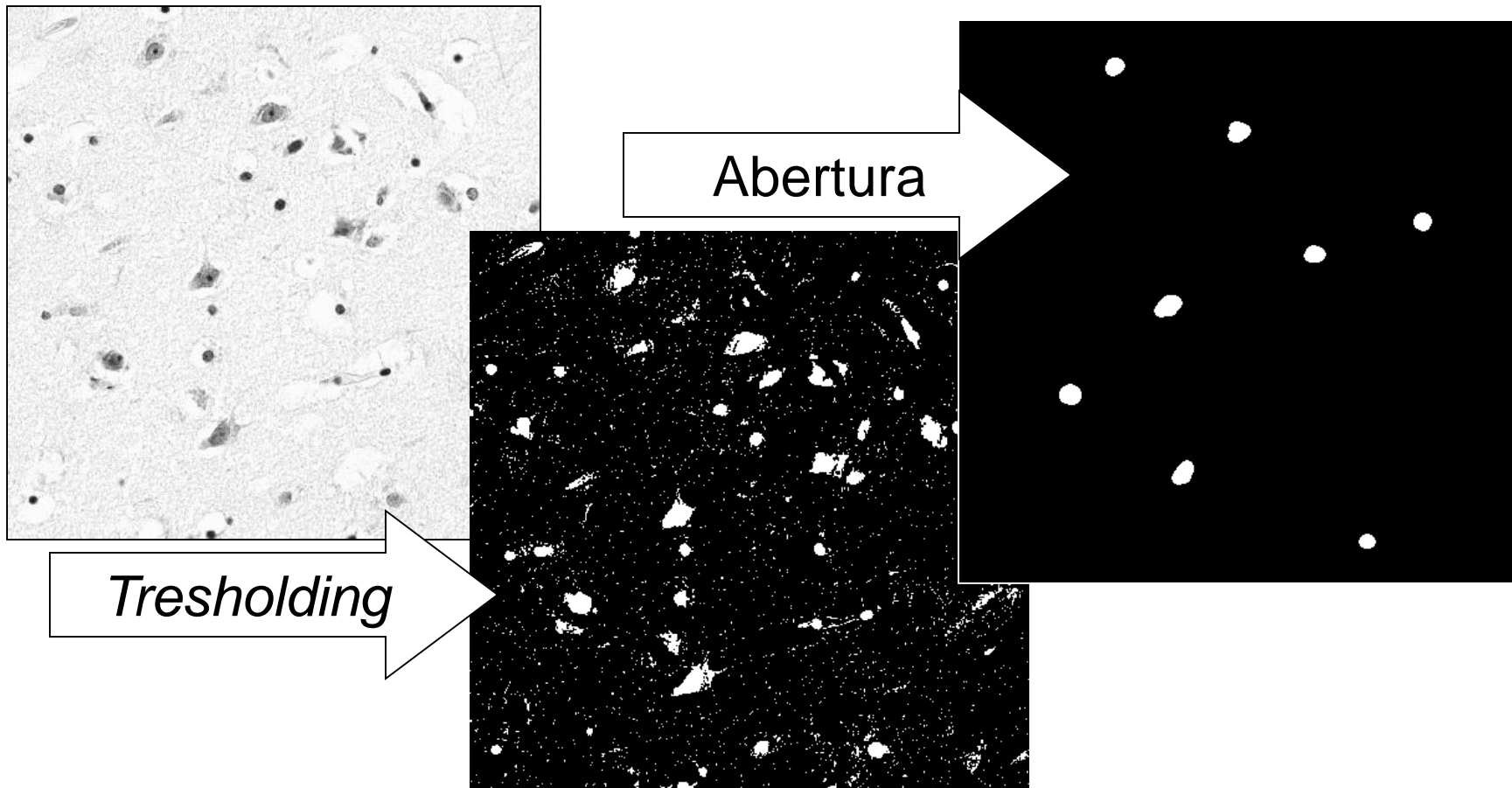


- **Fecho**

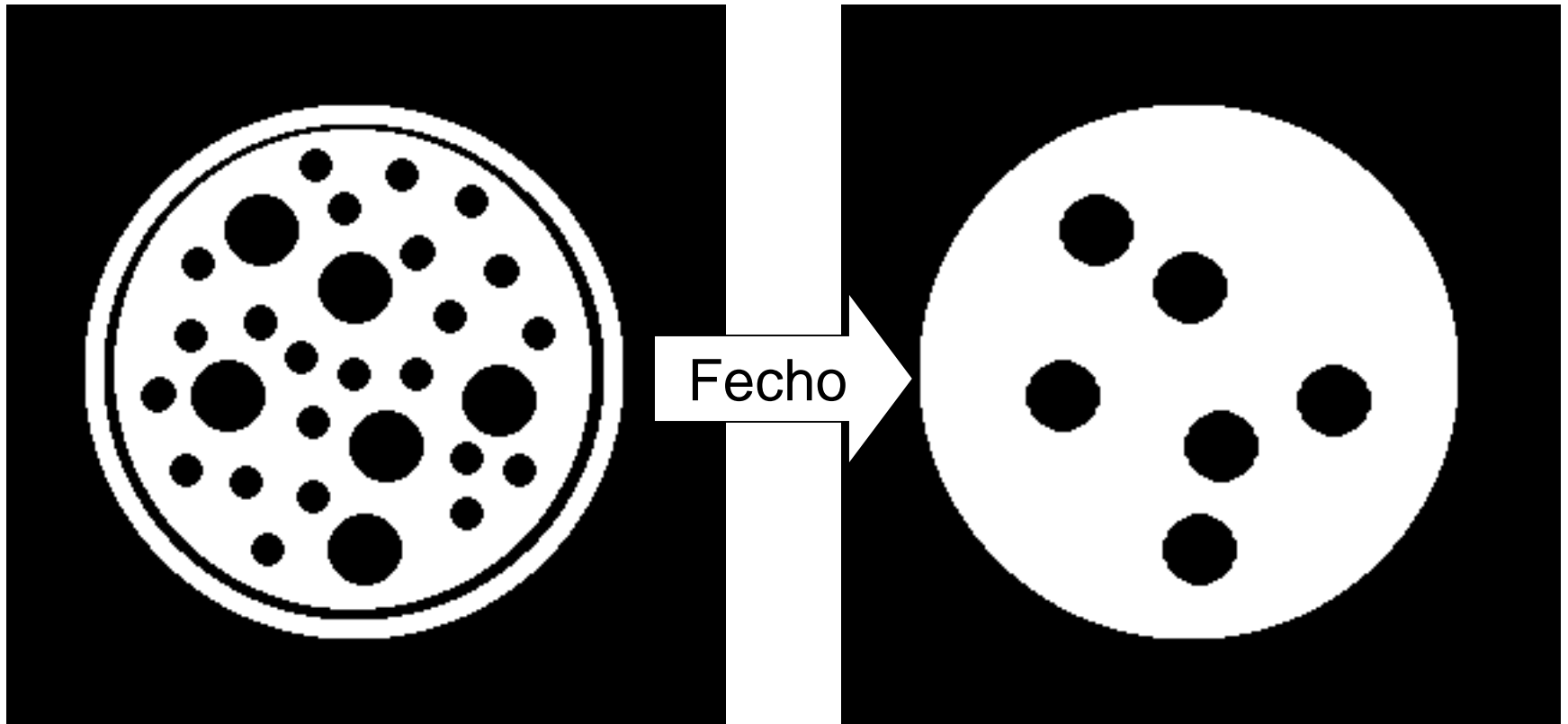
- Dilatação, seguida de erosão.
- Menos destrutivo do que uma dilatação.
- Tende a ‘fechar’ as irregularidades das formas.



Exemplos: Abertura



Exemplos: Fecho



Análise de componentes ligados

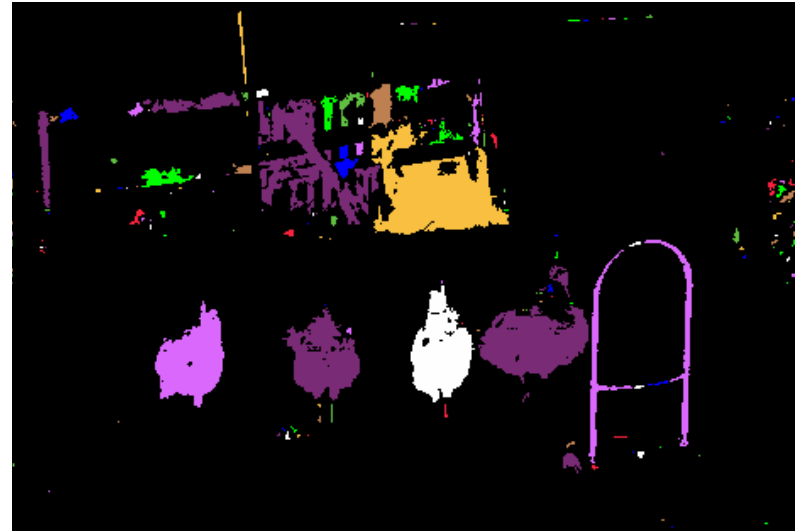
- Definimos 'ligação'

- 4 vizinhos
- 8 vizinhos
- Etc.



- Pesquisamos toda a imagem

- Recursivamente obtemos todos os pontos 'ligados' ao nosso ponto inicial



4. Processamento vídeo

1. Introdução à segmentação
2. Segmentação baseada em regiões
3. Morfologia matemática
4. **Processamento vídeo**

Definições

- Imagem pode ser representada por uma matriz 2D.
- O vídeo pode ser representado por uma matriz 3D – Dimensão **tempo**.

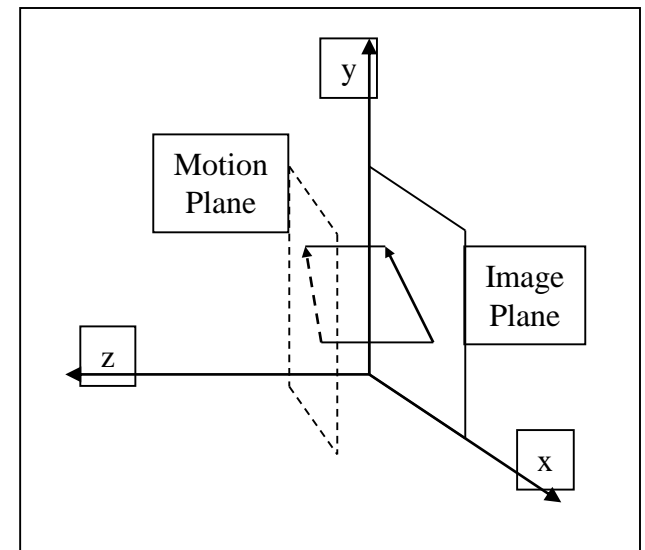
$$f(x,y,t)$$

- Passamos a ter um gradiente no espaço-tempo – **Movimento**
- Novas capacidades, novos problemas!

Fluxo óptico

Optical flow is “the distribution of apparent velocities of movement of brightness patterns in an image” – **Horn and Schunck 1980**

The optical flow field approximates the true motion field which is a “purely geometrical concept..., it is the [2D] projection into the image [plane] of [the sequence’s] 3D motion vectors” – **Horn and Schunck 1993**



Criaram o conceito de ‘fluxo óptico’

Tipos de métodos de fluxo óptico

- **Differential**
 - Horn and Schunck [HS80], Lucas Kanade [LK81], Nagel [83].
- **Region-based matching**
 - Anandan [Anan87], Singh [Singh90], Digital video encoding standards.
- **Energy-based**
 - Heeger [Heeg87]
- **Phase-based**
 - Fleet and Jepson [FJ90]

Problema ainda continua em estudo!
As soluções conhecidas ainda não são satisfatórias!

Exemplo



Necessidade da compressão vídeo

- **Problema: Vídeo digital ocupa demasiado espaço!**

- VGA: 640x480, 3 bytes por pixel -> 920KB por imagem.
- Cada segundo de vídeo: 23 MB
- Cada hora de vídeo: 83 GB

Incomportável!

- **Solução: Compressão Vídeo**

- Rácios de compressão superiores a 100:1!

- **Resultado: Explosão da popularidade do vídeo digital.**

- DVD, máquinas digitais, web-streaming, telemóveis 3G, etc.

Redundância de codificação

- **Teoria da informação**
 - Os valores mais comuns devem ser codificados usando menos bits.
- **Codificação de Huffman**
 - Menor número possível de símbolos de *código* por símbolos de *fonte*.
 - Codificação sem perdas (*Lossless*).
- **Codificação LZW**
 - Cria valores adicionais para sequências comuns de valores (ex: sequências de pixels negros).
 - GIF, TIFF, PDF.
 - Explora a redundância espacial das imagens!

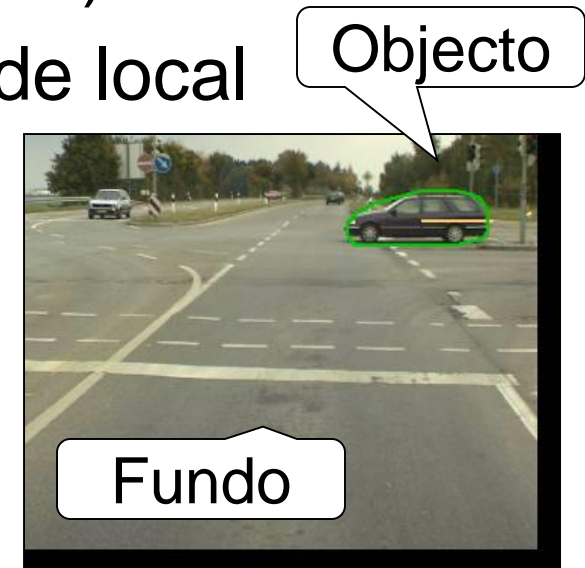
Redundância espacial

- **Correlação entre pixels vizinhos.**
 - Ex: Uma linha branca pode ser codificada com 2 números (nr.pixels, cor).
- **Formas matemáticas de a explorar:**
 - Lossless – Ex: LZW
 - Lossy – Ex: DCT



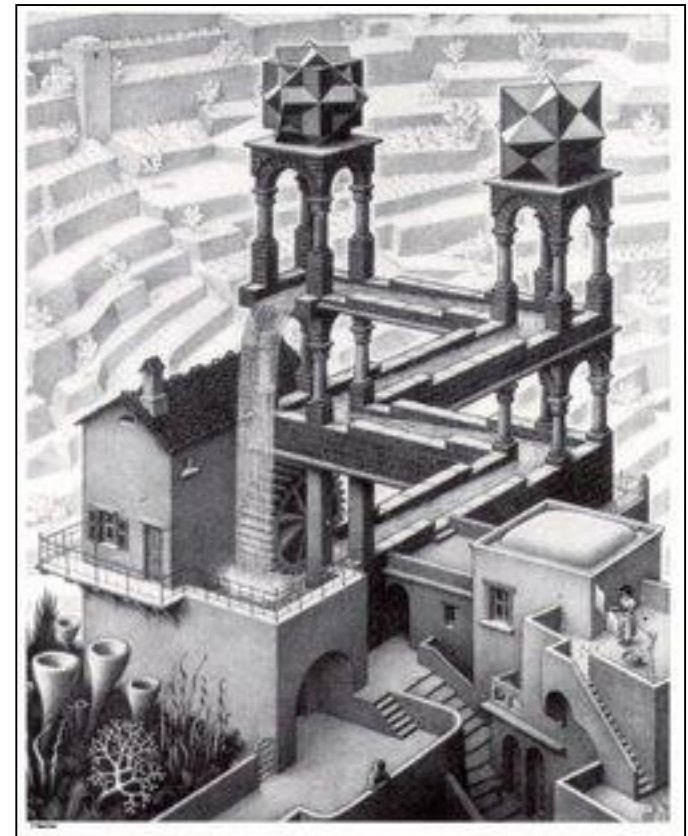
Redundância temporal

- **Imagens consecutivas de um vídeo variam pouco!**
 - Há áreas que não mudam (fundo).
 - Há áreas que apenas mudam de local (objectos em movimento).
- **Podemos explorar isto!**
 - Enviar *diferenças de imagem*.
 - Usar *vectores de movimento*.



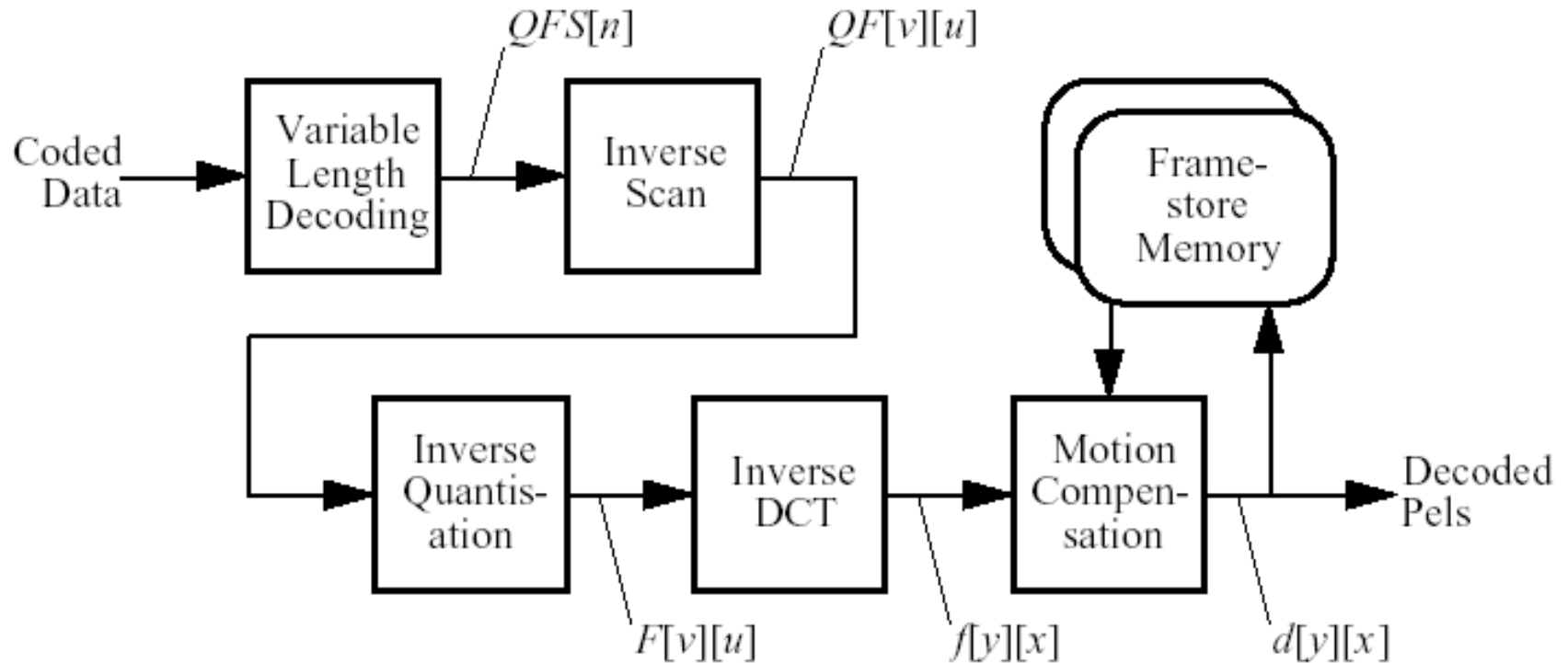
Redundância psicovisual

- **Sistema visual humano**
 - Sensibilidade diferente para informação diferente.
- **Processamento humano**
 - Apenas vemos algumas partes da imagem.
 - Cérebro completa o resto.



A compressão pode ser **lossy** logo que a informação descartada seja pouco relevante para nós!

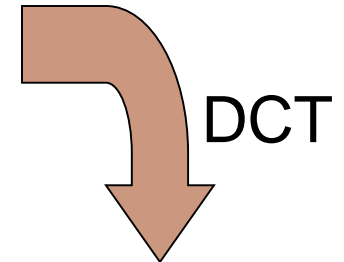
Modelo de um codificador / descodificador vídeo

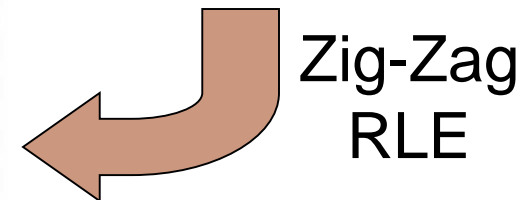
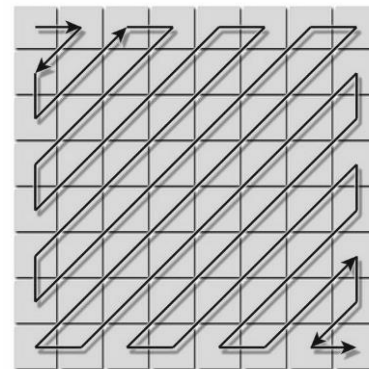


Descodificador MPEG-2

Algoritmos de compressão de imagem

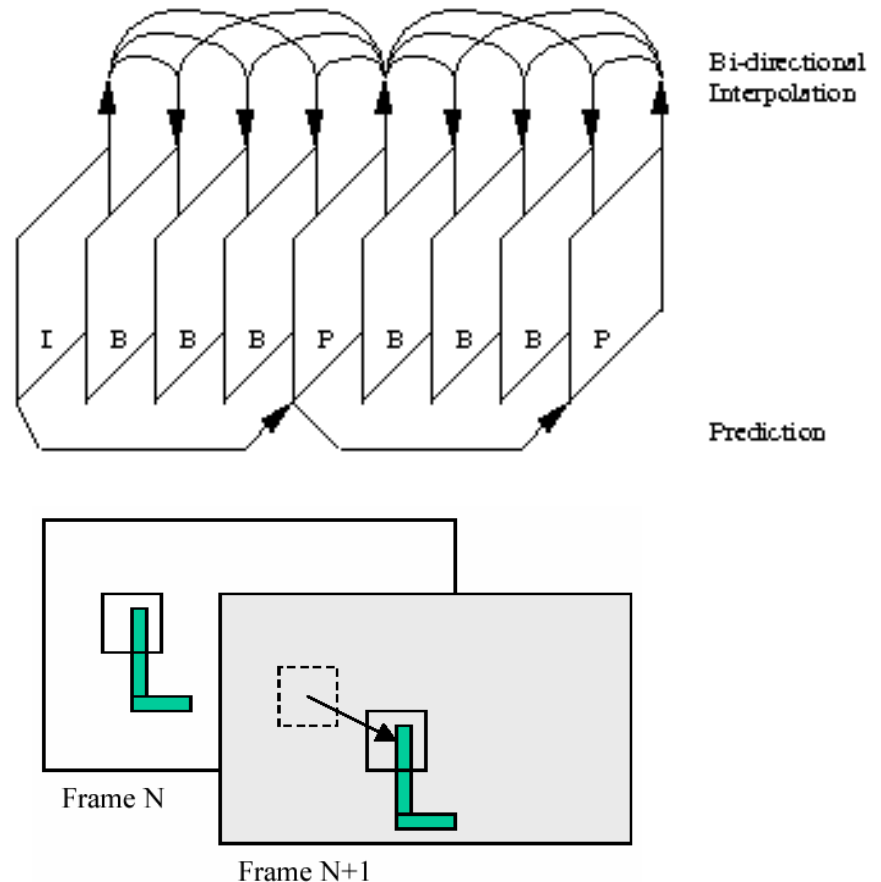
- GIF, TIFF, PCX, JPEG 2000, ...
- Mais popular: JPEG
 - Espaço de cor: YCbCr
 - Cor menos importante que luminosidade.
 - Transformação DCT.
 - Quantização.
 - *Zig-Zag Run-Length Huffman encoding*

$$\begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}$$


$$\begin{bmatrix} -26 & -3 & -6 & 2 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -4 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 5 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$


Algoritmos de compressão vídeo

- H.261, H.263, DivX, MPEG-1, ...
- MPEG-2
 - Imagens comprimidas como JPEG.
 - Previsão da imagem seguinte.
 - Estimação de movimento
 - DVDs, TV digital, ...



Artefactos de compressão

- Podem afectar significativamente a qualidade das imagens!





Compressão reduzida



Compressão média



Compressão elevada

Resumo

- A segmentação é uma operação com um grau de dificuldade muito variável.
- Uma segmentação baseada em regiões apresenta claras vantagens em relação a *thresholding*.
- Pós-processamento através de filtros morfológicos.
- Movimento, fluxo óptico e compressão vídeo.