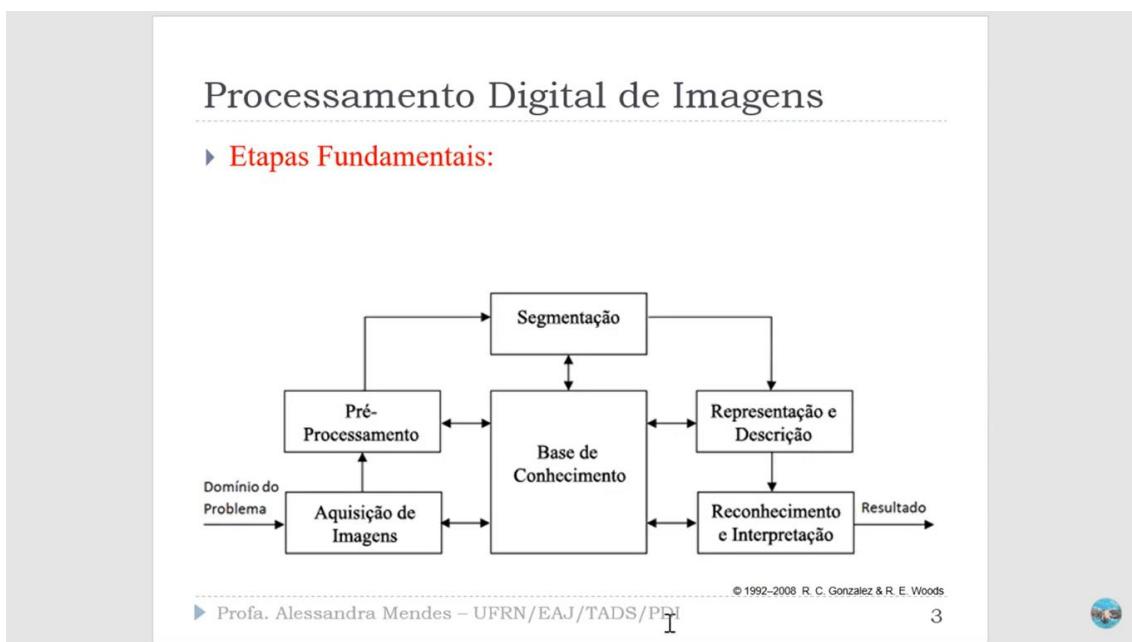
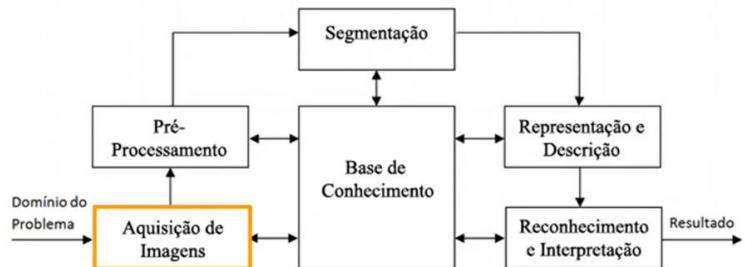


<https://www.youtube.com/watch?v=7Ag1ESOg-xs&list=PLkHLOFXuBa2UZXcZAbzBGGV5Y33phiLKI&index=9>



Processamento Digital de Imagens

- **Aquisição:** Objetiva obter uma representação da informação visual a partir de dispositivos físicos sensíveis que convertem o sinal elétrico para um formato digital.



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

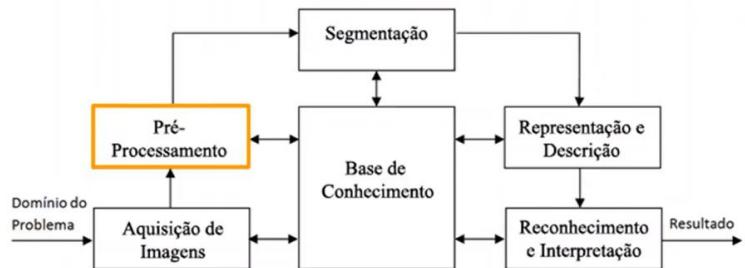
▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

4



Processamento Digital de Imagens

- **Pré-processamento:** Consiste no realce da imagem para enfatizar características de interesse ou recuperar imagens que sofreram alguma perda.



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

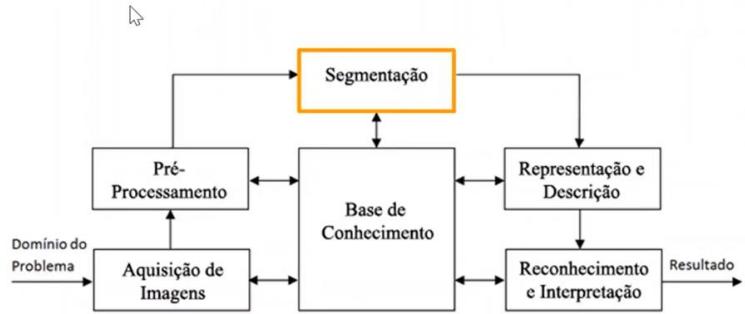
▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

5



Processamento Digital de Imagens

- **Segmentação:** Consiste na extração ou identificação dos objetos contidos na imagem, separando a imagem em regiões de interesse.



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

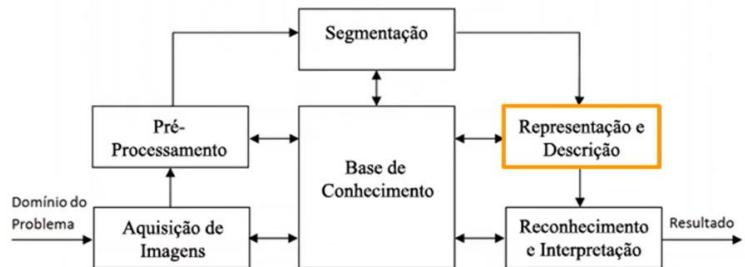
6



Segmentação - a finalidade é dividir a imagem em plano de frente e em plano de fundo. No plano de frente fica o objeto de interesse do sistema, no plano de fundo fica “apagado” os aspectos que não são de interesse.

Processamento Digital de Imagens

- **Representação e Descrição:** Consiste na representação a partir da descrição das propriedades das regiões segmentadas (descriptores) para o reconhecimento dos objetos.



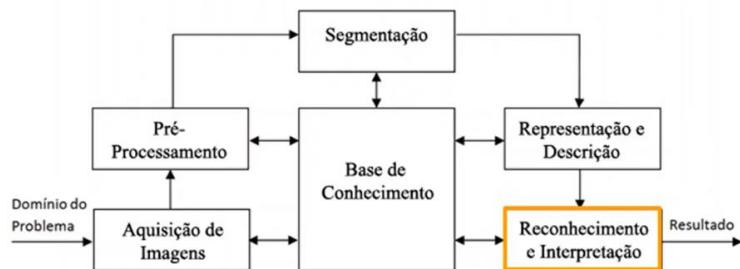
© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

7



Processamento Digital de Imagens

- **Reconhecimento e Interpretação:** Consiste na atribuição de um rótulo (classe) a um objeto ou região baseada nas informações fornecidas pelo seu conjunto de descritores.



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

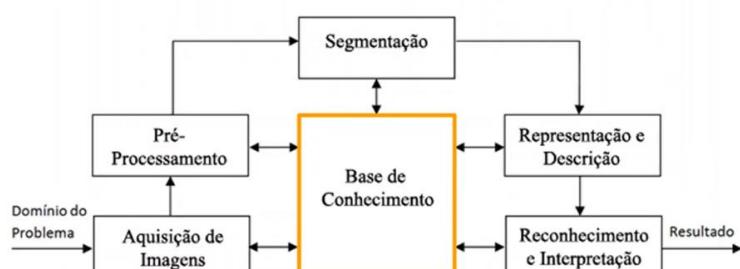
▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

8



Processamento Digital de Imagens

- **Base de Conhecimento:** Agrega ao modelo um conjunto especializado de conhecimentos a respeito do domínio do problema.



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

9



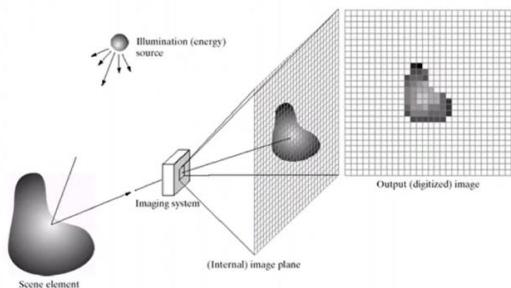
Aquisição

Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI



Aquisição

- É a etapa responsável pela **captura da imagem** por meio de um dispositivo ou sensor e pela sua conversão em uma representação adequada para o processamento digital subsequente.



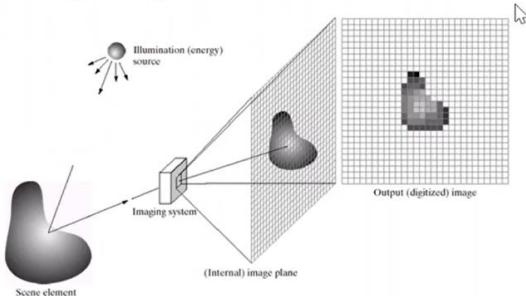
► Prof. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

11



Aquisição

- Dentre os **aspectos** envolvidos na aquisição estão a escolha do tipo de sensor, as condições de iluminação da cena, a resolução e a configuração dos níveis de cinza ou cores da imagem digitalizada.



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

12



Aquisição

- São **dispositivos** para aquisição de imagens: câmeras de captura de imagem e vídeo, tomógrafos médicos, satélites e scanners.



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

13



Aquisição

- ▶ Para orientar o usuário do sistema, quando possível, é construído um **documento de aquisição** que especifica como a imagem a ser processada deverá ser adquirida.
- ▶ A imagem digital resultante do processo de aquisição pode apresentar imperfeições ou degradações decorrentes, por exemplo, das condições de iluminação ou características dos dispositivos.
 - ▶ Essas correções deverão ser executadas na etapa seguinte.

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

14



Pré-Processamento

Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI



Pré-Processamento

- ▶ O pré-processamento tem como objetivo **melhorar** a imagem, corrigindo algum defeito proveniente de sua aquisição e/ou realçando detalhes importantes para a análise.
- ▶ Para que a etapa seguinte, segmentação, tenha resultados satisfatórios, é necessário que a imagem esteja com o **mínimo de imperfeições**, daí a importância da etapa de pré-processamento.
- ▶ São **inúmeros** os defeitos decorrentes da aquisição de imagem, assim como as **possibilidades** para corrigi-los.

▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

16



Pré-Processamento

- ▶ Exemplos:



(a) *Equalização do histograma.*



(b) *Desborramento usando filtro de Wiener.*



(c) *Equalização adaptativa do histograma com limite de contraste*



(d) *Correção não-uniforme com morfologia.*

▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

17



Pré-Processamento

- ▶ Esta etapa é caracterizada por **soluções específicas**, de modo que as técnicas que funcionam bem para o tipo de problema correspondente, podem se mostrar totalmente inadequadas em outro.
 - ▶ São **exemplo** de procedimentos eventualmente utilizados: melhorias no brilho e no contraste, redução de ruídos, correção de iluminação irregular, realce de bordas, entre outros.
 - ▶ Se o procedimento de aquisição for realizado de forma cuidadosa, em condições corretas, não se tornam necessárias muitas operações de correção nas imagens adquiridas.

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

18



The image shows a presentation slide with a dark blue background. At the top left, there is a navigation icon consisting of three horizontal bars with a right-pointing arrow. Next to it, the text '[TAD0018] Aula 09 - Processamento Digital de Imagens' is displayed. On the top right, there are two small icons: a clock and a right-pointing arrow. In the center of the slide, the word 'Segmentação' is written in a large, white, sans-serif font. The slide has a thin white border. At the bottom, there is a red progress bar indicating the video's duration. Below the progress bar, the text 'Profa. Alessandra Mendes - UFRN/EAJ/TADS/PDI' is shown, along with a small profile picture of a person. To the right of the professor's name, there are several small icons: a play button, a volume icon, a timestamp '15:41 / 49:32', a 'Scroll for details' button, a downward arrow, and three circular icons for closed captions (CC), subtitles, and a gear.

Segmentação

- A Segmentação é o processo que subdivide uma imagem em suas partes constituintes.
- Baseado em duas propriedades dos níveis de cinza:
 - Descontinuidade
 - Similaridade



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

20



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- Desafio: escolha do limiar.
- Efeitos da escolha do limiar:



- Modos de escolha do limiar:
 - Inspeção visual do histograma
 - Tentativa e erro
 - Limiar automático

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

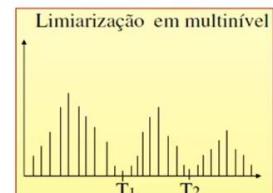
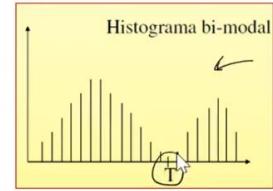
21



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- ▶ Modos de escolha do limiar:
 - ▶ **Inspeção visual do histograma**
 - ▶ Exemplo bi-modal:
 - ▶ Imagem $f(x)$ composta de objetos claros sobre fundo escuro;
 - ▶ Um ponto (x,y) é parte dos objetos se $f(x,y) > T$.
 - ▶ Exemplo multinível:
 - ▶ Se $T_1 < f(x, y) \leq T_2$, (x, y) pertence a uma classe de objetos.
 - ▶ Se $f(x, y) > T_2$, (x, y) pertence a outra classe.
 - ▶ Se $f(x, y) \leq T_1$, (x, y) pertence ao fundo.

▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI



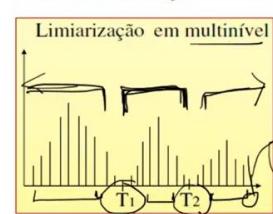
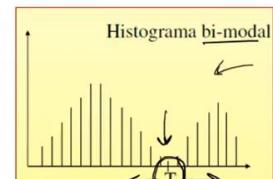
22



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- ▶ Modos de escolha do limiar:
 - ▶ **Inspeção visual do histograma**
 - ▶ Exemplo bi-modal:
 - ▶ Imagem $f(x)$ composta de objetos claros sobre fundo escuro;
 - ▶ Um ponto (x,y) é parte dos objetos se $f(x,y) > T$.
 - ▶ Exemplo multinível:
 - ▶ Se $T_1 < f(x, y) \leq T_2$, (x, y) pertence a uma classe de objetos.
 - ▶ Se $f(x, y) > T_2$, (x, y) pertence a outra classe.
 - ▶ Se $f(x, y) \leq T_1$, (x, y) pertence ao fundo.

▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI



22



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- ▶ Modos de escolha do limiar:
 - ▶ Tentativa e erro 
 - ▶ Aplicado em processos interativos.
 - ▶ O usuário testa diferentes níveis de limiar até produzir um resultado satisfatório de acordo com o observador.

▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

23



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- ▶ Modos de escolha do limiar:
 - ▶ Limiar automático 
 - ▶ Algoritmo:
 1. Selecionar um valor estimado para T (Ponto intermediário entre os valores mínimos e máximos de intensidade da imagem);
 2. Segmentar a imagem usando T . Isso produzirá dois grupos de pixels: $G_1 \geq T$ e $G_2 < T$;
 3. Computar a média das intensidades dos pixels em cada região: $\mu_1(G_1)$ e $\mu_2(G_2)$;
 4. Computar o novo valor de T : $T = \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2)$
 5. Repetir os passo 2 a 4 até que a diferença em T em sucessivas iterações seja menor que um T_0 pré-estabelecido.

© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

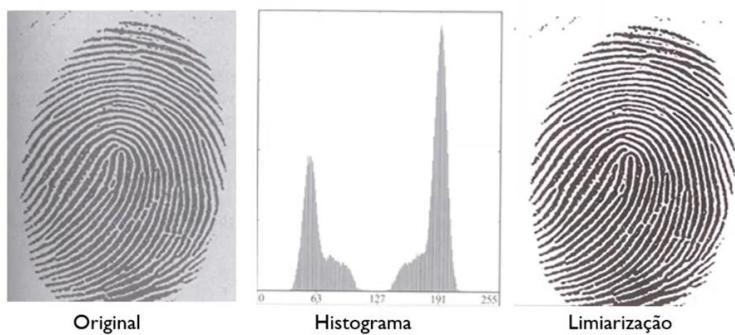
▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

24



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- Exemplo – $T = 125$



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

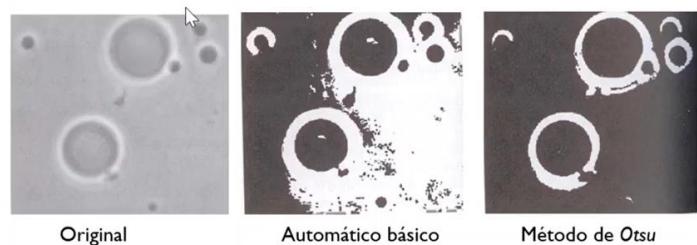
► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

25



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- Limiarização automática – método de Otsu



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

26



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

► Pontos negativos:

- ▶ Não há garantia que os pixels selecionados serão contíguos (a aplicação de limiar não leva em consideração relações espaciais entre pixels);
- ▶ É insensível a variações no campo da iluminação;
- ▶ Pode ser aplicada somente a casos simples em que toda a imagem é divisível em um primeiro plano, contendo objetos de intensidade similar, e em um segundo plano, contendo intensidades que não são objetos.

► Problemas:

- ▶ O ruído pode tornar uma limiarização um problema insolúvel;
- ▶ Sugere-se suavizar a imagem antes de executar a limiarização.

© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

27



Segmentação orientada a regiões

- **Bordas e Fronteiras:** Segmentação baseada em descontinuidades;
- **Regiões:** Segmentação baseada em similaridade das propriedades dos pixels.

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

28



Segmentação orientada a regiões

► Crescimento de regiões – características:

- ▶ Agrupamento de pixels em regiões maiores;
- ▶ Os pixels a serem agrupados devem ter propriedades similares (nível de cinza, textura, cor, etc...);
- ▶ Inicia-se com um conjunto de “sementes” em torno do qual as regiões crescem.

► Exemplo:

	1	2	3	4	5
1	0	0	5	6	7
2	1	1	5	8	7
3	0	<u>1</u>	6	<u>2</u>	7
4	2	0	7	6	6
5	0	1	5	6	5

Original
(sementes 1 e 7)

R1	a	a	b	b	b	R2	T=3
	a	a	b	b	b		
	a	a	b	b	b		
	a	a	b	b	b		
	a	a	b	b	b		

Regiões

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

29



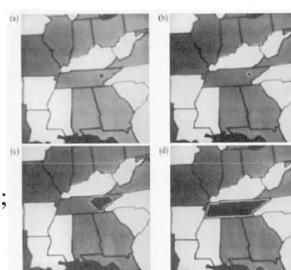
Segmentação orientada a regiões

► Crescimento de regiões – problemas:

- ▶ Seleção das sementes;
- ▶ Seleção das propriedades que estabeleçam os critérios de similaridade;
- ▶ Utilização de conectividade e adjacência;
- ▶ Formulação de uma regra de parada.

► Exemplo:

- a) Imagem com semente;
- b) Início do crescimento;
- c) Estágio intermediário de crescimento;
- d) Região crescida completa.



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

30



Segmentação orientada a regiões

► Divisão e fusão de regiões – características:

- Seja R uma Imagem e P uma característica de similaridade definida.
- Subdividir R em 4 Regiões (quadrantes ou decomposição *quadtree*);
- Após cada divisão, é utilizado um processo de união que compara regiões adjacentes e as une, se necessário;
- Se os pixels da região satisfazem o critério de similaridade, a região é rotulada; senão, a região é subdividida;
- Esse procedimento continua até que nenhuma outra divisão ocorra.

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

31



Segmentação orientada a regiões

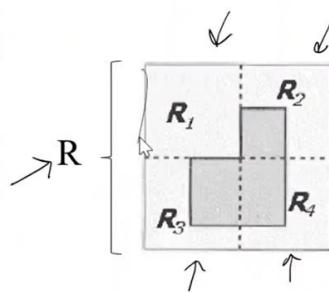
► Divisão e fusão de regiões:

► Exemplo

- $P(R) = \text{FALSO}$

► Subdivisões (*split*):

- $P(R1) = \text{VERDADEIRO}$
- $P(R2) = \text{FALSO}$
- $P(R3) = \text{FALSO}$
- $P(R4) = \text{FALSO}$



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

32



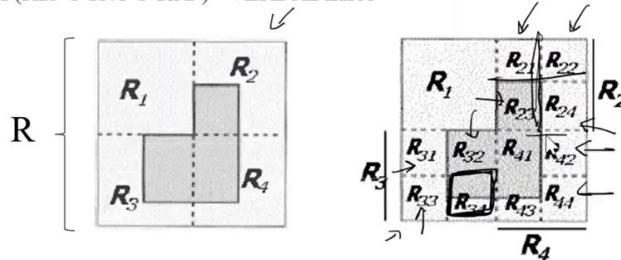
Segmentação orientada a regiões

- Divisão e fusão de regiões:

- Exemplo

- Junções (merge):

- $P(R1 \cup R21 \cup R22 \cup R24 \cup R42 \cup R44 \cup R33 \cup R31) = \text{VERDADEIRO}$
 - $P(R23 \cup R41 \cup R32) = \text{VERDADEIRO}$



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

33



Segmentação orientada a regiões

- Divisão e fusão de regiões:

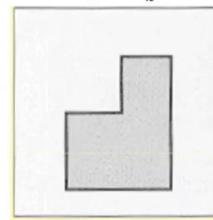
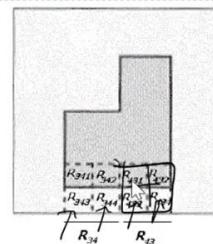
- Exemplo

- Subdivisões (split):

- $P(R34) = \text{FALSO}$
 - $P(R43) = \text{FALSO}$

- Junções (merge):

- $P(R341 \cup R342 \cup R431 \cup R432) = \text{VERDADEIRO}$
 - $P(R343 \cup R344 \cup R433 \cup R434) = \text{VERDADEIRO}$



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

34



Segmentação orientada a regiões

- Divisão e fusão de regiões:

- Exemplo

- Subdivisões (*split*):

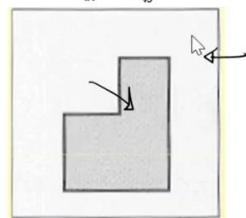
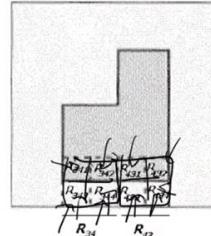
- $P(R34) = \text{FALSO}$

- $P(R43) = \text{FALSO}$

- Junções (*merge*):

- $P(R341 \cup R342 \cup R431 \cup R432) = \text{VERDADEIRO}$

- $P(R343 \cup R344 \cup R433 \cup R434) = \text{VERDADEIRO}$



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

34



Segmentação orientada a regiões

- Transformada *Watershed* – características:

- *Watershed*, em geografia, são as saliências que dividem as áreas inundadas por diferentes rios (Bacias Hidrográficas).

- A área que armazena água são as Bacias (*Catchment Basin*), formada pelas partes mais fundas.

- A Transformada *Watershed* aplica estas ideias nas imagens em nível de cinza para a segmentação.

- A Imagem é vista como a Topografia 3-D de uma área onde o valor da intensidade do pixel é plotado no eixo z, em cada coordenada (x,y) .



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

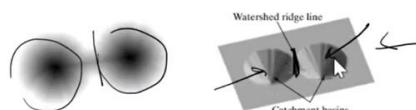
35



Segmentação orientada a regiões

► Transformada *Watershed* – características:

- ▶ *Watershed*, em geografia, são as saliências que dividem as áreas inundadas por diferentes rios (Bacias Hidrográficas).
- ▶ A área que armazena água são as Bacias (*Catchment Basin*), formada pelas partes mais fundas.
- ▶ A Transformada *Watershed* aplica estas ideias nas imagens em nível de cinza para a segmentação.
- ▶ A Imagem é vista como a Topografia 3-D de uma área onde o valor da intensidade do pixel é plotado no eixo z, em cada coordenada (x,y) .



► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

35



Segmentação orientada a regiões

► Transformada *Watershed* – características:

- ▶ A chuva que cai nesta área vai escorrer e ocupar as partes mais baixas do terreno.
- ▶ A água que cair exatamente sobre a linha divisória (*Watershed*) terá a mesma probabilidade de escorrer para qualquer das bacias por ela dividida.
- ▶ A Transformada *Watershed* segmenta as regiões considerando as áreas inundadas entre as linhas de *Watershed* como as regiões da imagem.



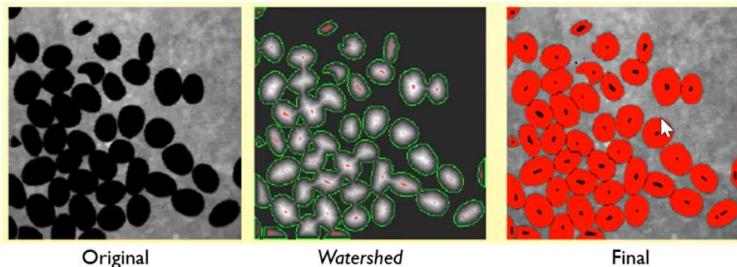
► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

36



Segmentação orientada a regiões

- ▶ Transformada *Watershed* – características:
 - ▶ Exemplo: Aplicação da Transformada *Watershed* na segmentação de grãos de café.



▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

37



Outras técnicas de segmentação

- ▶ Segmentação por Contorno Ativo;
- ▶ Segmentação por Textura;
- ▶ Segmentação por Cor (Imagens Coloridas);
- ▶ Segmentação utilizando Morfologia Matemática;
- ▶ Segmentação por Agrupamento (K-médias);
- ▶ Segmentação por Movimento;
- ▶ Segmentação utilizando Redes Neurais Artificiais, Lógica Fuzzy, etc...

▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

38



Representação e Descrição

Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI



Representação e Descrição

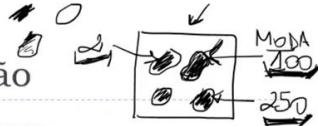
- ▶ Extração de características: **descritores**.
 - ▶ Objetos ou Segmentos são representados como uma coleção de pixels em uma imagem;
 - ▶ Para o reconhecimento do objeto é necessário descrever as propriedades dos grupos de pixels;
 - ▶ A descrição é muitas vezes apenas um conjunto de números que são chamados de “descritores do objeto”.
- ▶ Segmentos ou objetos de uma imagem possuem fundamentalmente as propriedades relativas a:
 - ▶ Forma
 - ▶ Cor
 - ▶ Textura

▶ Profª. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

40



Representação e Descrição



► Extração de características: descritores.

- ▶ Objetos ou Segmentos são representados como uma coleção de pixels em uma imagem;
- ▶ Para o reconhecimento do objeto é necessário descrever as propriedades dos grupos de pixels;
- ▶ A descrição é muitas vezes apenas um conjunto de números que são chamados de “descritores do objeto”. → MODA DAS INTRÍNSECAS
- ▶ Segmentos ou objetos de uma imagem possuem fundamentalmente as propriedades relativas a:
 ▶ Forma
 ▶ Cor
 ▶ Textura

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

40



Representação e Descrição

- ▶ A medida de qualquer destas propriedades é denominada de Característica ou Descriptor da Imagem;
- ▶ Estas características podem formar um vetor de escalares, denominado Vetor Descritor de imagem ou Vetor de Características.
- ▶ Pode-se reconhecer objetos comparando-se simplesmente os descritores de objetos em uma imagem com os descritores de objetos conhecidos.

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

41



Representação e Descrição

- Os descritores devem ter **quatro propriedades importantes**:

1. Devem definir um **conjunto completo** – dois objetos devem ter os mesmos descritores ~~só e somente se~~ eles tiverem as mesmas características.
2. Devem ser **congruentes** – Deve-se reconhecer objetos como similares quando estes objetos têm descritores semelhantes.
3. Devem ter propriedades **invariante**s – Deve ser possível reconhecer objetos independente de rotação, escala, posição e também de transformações afim e perspectiva.
4. Devem ser um conjunto **compacto** – Um conjunto de descritores deve representar a essência de um objeto de maneira eficiente.

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

42



≡ [TAD0018] Aula 09 - Processamento Digital de Imagens



Representação e Descrição

- Após a segmentação, os agrupamentos resultantes são usualmente representados e descritos em um formato apropriado para o Reconhecimento.
- Imagem:
 - **Fronteira** – uma fronteira pode ser descrita pelo seu tamanho, orientação, número de concavidades, etc...
 - **Regiões** – uma região pode ser descrita pela sua cor, textura, área, etc...

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

43

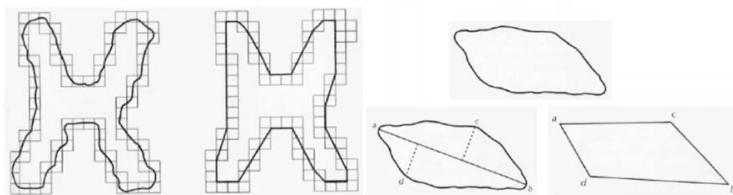
◀ ▶ 🔍 43:46 / 49:32



Representação e Descrição

► Representação e descrição de **fronteiras**:

- Exemplo de Representação: aproximações poligonais
 - Uma fronteira digital pode ser aproximada por um polígono.



- Exemplos de Descritores: perímetro, diâmetro, excentricidade (razão entre o eixo maior e o eixo menor), curvatura (mudança de inclinação), ...

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

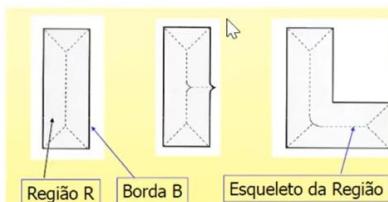
44



Representação e Descrição

► Representação e descrição de **regiões**:

- Exemplo de Representação: esqueletização
 - Redução de uma região ao seu esqueleto, através de um algoritmo de afinamento ou esqueletização.



- Exemplos de Descritores: área, compacidade ($\text{perímetro}^2/\text{área}$), número de furos (H), número de componentes conectados (C), Euler (C-H), textura, ...

► Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

45



Reconhecimento e Interpretação

▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

Scroll for details

Reconhecimento e Interpretação

- ▶ Um **Padrão** é uma descrição quantitativa ou estrutural de um objeto ou alguma outra entidade de interesse em uma Imagem.
- ▶ Um Padrão é formado por um ou mais **descritores** ou **características**.
- ▶ O ato de gerar os descritores que caracterizam um objeto ou partes de uma imagem é chamado de **Extração de Características**.
- ▶ Uma **Classe de Padrões** é uma família de padrões que compartilham algumas propriedades comuns e são denotadas como $w_1, w_2, w_3, \dots, w_M$ onde M é o número de classes.

▶ Profa. Alessandra Mendes – UFRN/EAJ/TADS/PDI

47

Reconhecimento e Interpretação

► Arranjos de padrões

- Vetores (descrições quantitativas)
- Cadeias e árvores (descrições estruturais)

► Vetores de características

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

x_i é o i-ésimo descritor
 n é o número de descritores ou características



Reconhecimento e Interpretação

► Exemplo: Descrever três tipos de flores

- Características: largura e comprimento de suas pétalas.
- São suficientes?
- Uma vez que um conjunto de medidas tenha sido selecionado, um vetor de características torna-se a representação completa de cada amostra física.



Reconhecimento e Interpretação

► Exemplo: Descrever três tipos de flores

- Características: largura e comprimento de suas pétalas.
- São suficientes?
- Uma vez que um conjunto de medidas tenha sido selecionado, um vetor de características torna-se a representação completa de cada amostra física.

