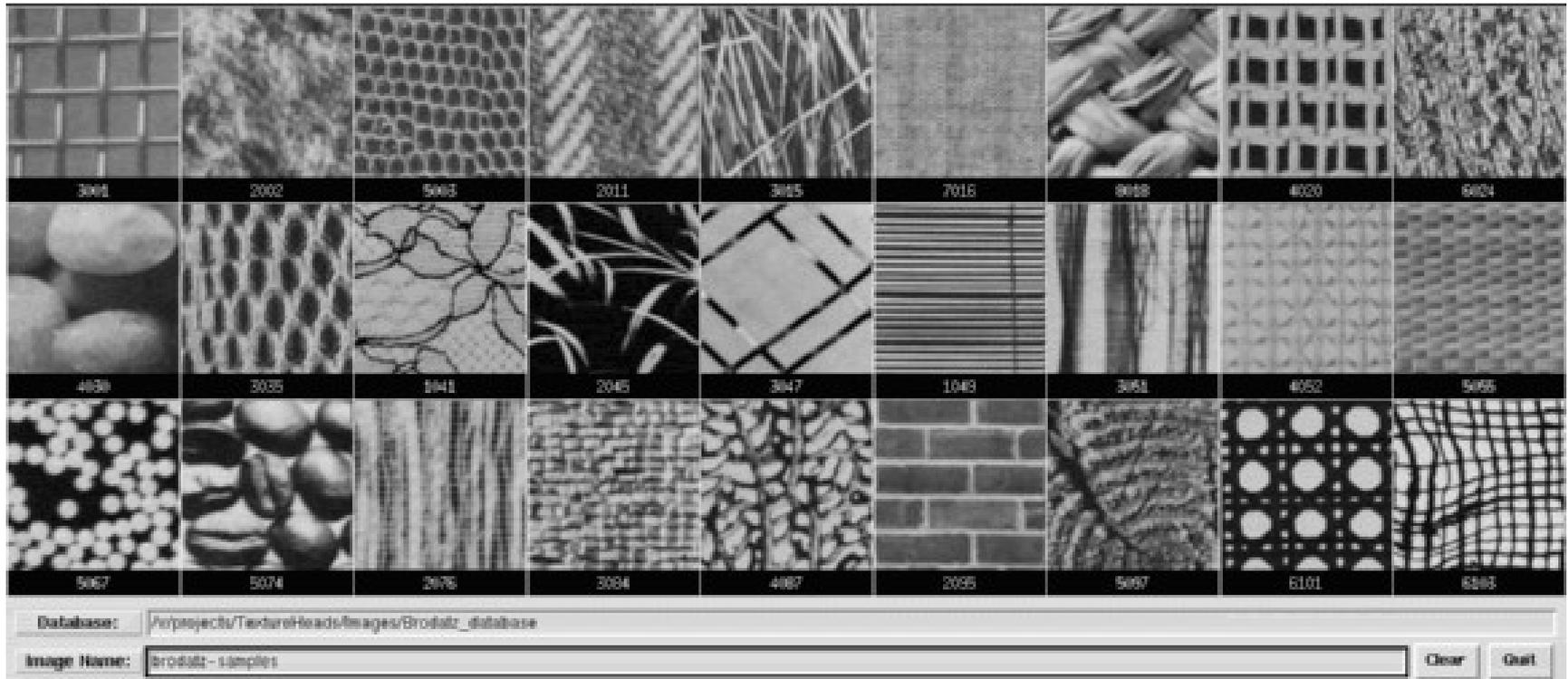


# Processamento de Imagens

Texturas



# Exemplos



# Introdução

- Texturas
  - Não existe abordagem formal
  - Não existe definição formal
  - São definidas qualitativamente e não há consenso quanto a sua definição quantitativa

# Definição 1

“Textura pode ser definida como uma estrutura composta de uma área contendo um número grande de elementos relativamente ordenados ou padrões, que individualmente não representam muito. Mas se observados globalmente, tais elementos podem ser usados para identificar uma determinada área”

L.V. Gool et al. Texture Analysis anno 1983. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 31:336-357, 1985.

# Definição 2

“Textura é definida como o arranjo espacial e a natureza de componentes estruturais que podem ser pontos individuais em uma imagem ou *textons* mais complexos”

B.Julesz. A brief outline of the texton theory of human vision. *Trends in Neurosciences*, 7:41-45, 1984.

# Definição 3

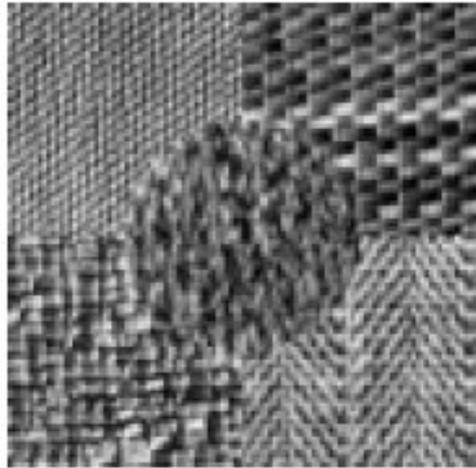
“Um imagem com textura pode ser descrita pelo número e tipos de suas primitivas e pela organização espacial ou *layout* de suas primitivas. A organização espacial pode ser aleatória ou pode obedecer um padrão relativamente uniforme entre uma primitiva e suas primitivas vizinhas. Esta dependência pode se estrutural, probabilística ou funcional.”

R.M. Haralick. Statistical and structural approaches to texture. *Proceedings of the IEEE*, 67(5):786-804, 1979.

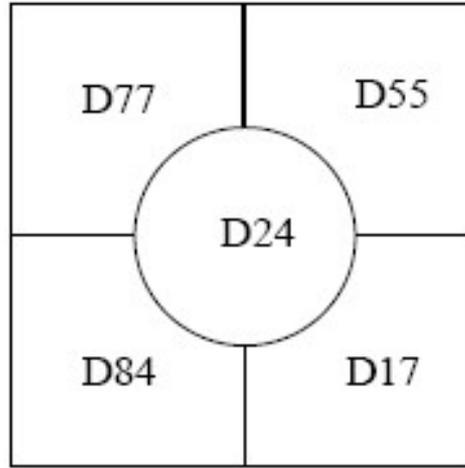
# Resumindo

- Textura é uma propriedade de um pixel com relação aos seus pixels vizinhos. Portanto, pode-se falar em texturas com diferentes graus de aspereza, granulidade, suavidade, etc.

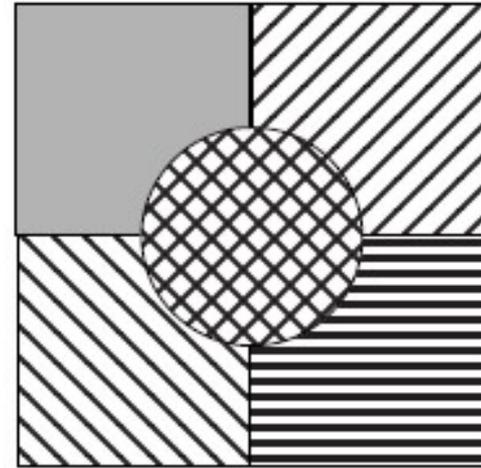
# Objetivos da análise de texturas



(a)



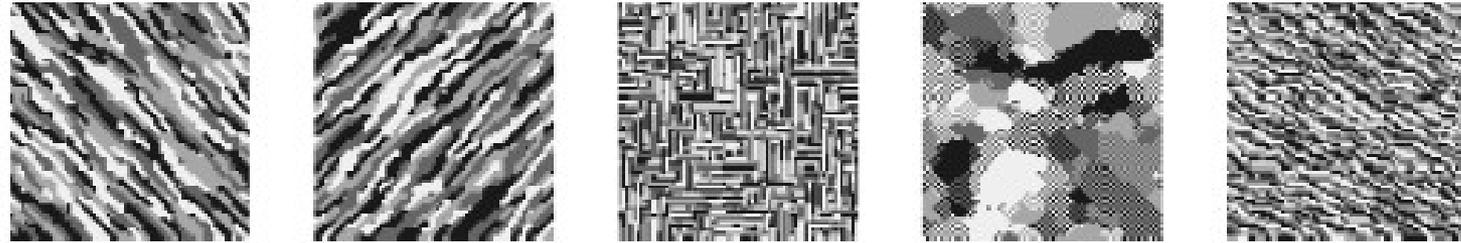
(b)



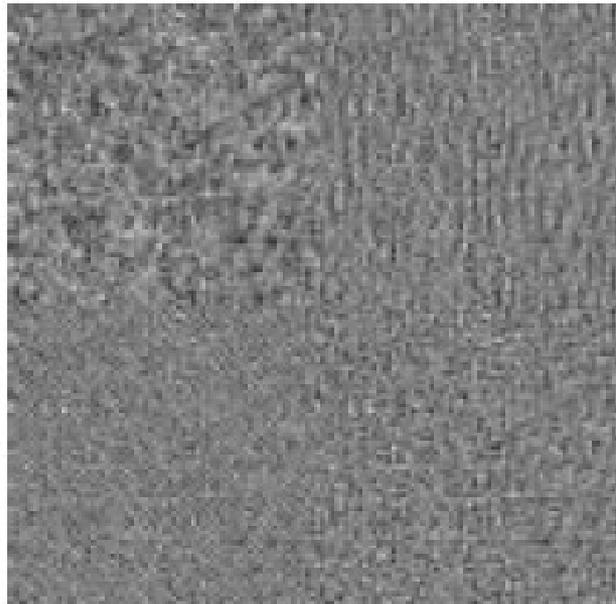
(c)

- a) 5 tipos de tecido
- b) Classificação: identificação dos tecidos
- c) Segmentação: rotulação, localizar bordas

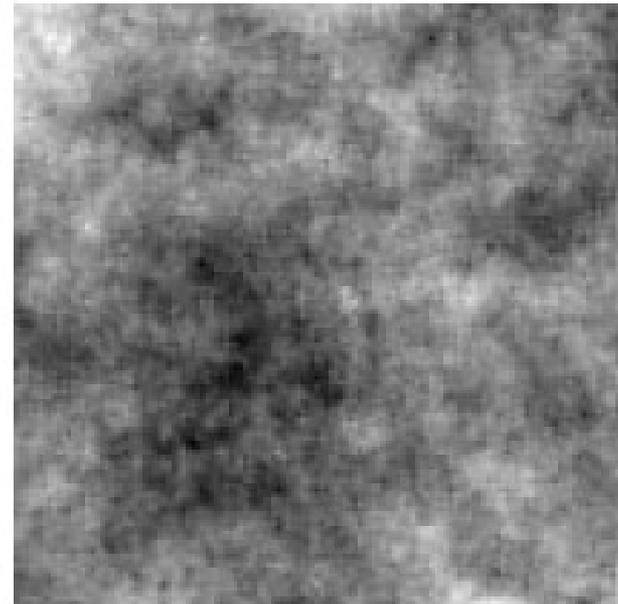
# Síntese de Texturas



(a)



(b)



(c)

FIGURE 2. A set of example textures generated synthetically using only a small number of parameters. (a) Textures generated by discrete Markov random field models. (b) Four textures (in each of the four quadrants) generated by Gaussian Markov random field models. (c) Texture generated by fractal model.

# Textura a partir de formas



# Motivação

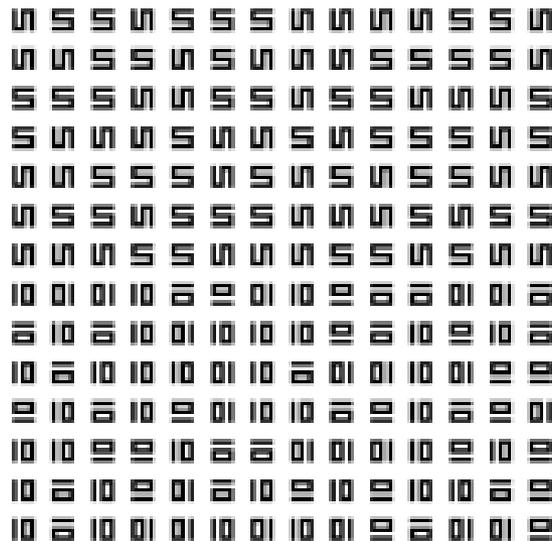
- Superfícies naturais exibem textura
- Sistemas bons de visão devem “enxergar” texturas
- A percepção de textura sob dois ângulos:
  - Visão humana ou psico-física
  - Aplicações de sistemas de visão

# Psico-física

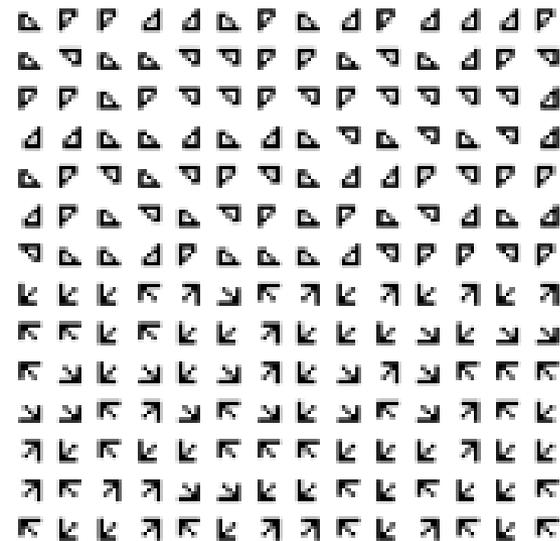
- Um tigre se camufla numa folhagem:
  - Seu sucesso é função da incapacidade do nosso sistema visual em discriminar (segmentar) ambas texturas
- Qual é o processo visual que permite separá-los
- A performance de muitos algoritmos de textura é feita com relação ao desempenho humano na realização da mesma tarefa.

- Estatística de primeira ordem: depende somente de valores de pixel individuais e não da interação ou co-ocorrência de pixels vizinhos. Pode ser computada a partir do histograma. Exemplo: média
- Estatística de segunda ordem: observação de um par de pixels, em uma distância randômica numa imagem, numa orientação e posição randômica.

# Psico-Física: Julesz



(a)



(b)

FIGURE 4. Texture pairs with identical second-order statistics. The bottom halves of the images consist of texture tokens that are different from the ones in the top half. (a) Humans cannot perceive the two regions without careful scrutiny. (b) The two different regions are immediately discriminable by humans.

# Psico-Física: Julesz

- Um sistema de visão que discrimine as texturas da figura anterior está correto?
- Sim: se pensarmos que o objetivo é discriminar os dois padrões de texturas apresentados
- Não: se o sistema devesse ser fiel a maneira como um humano percebe textura!

# Psico-Física: Julesz

- Definiu textons: eventos visuais (colinearidades, terminações, fechamentos)
  - Terminações: os pontos extremos de uma reta. Na figura a) os “endpoits” são os mesmos em ambas regiões. O sistema visual não é capaz de detectá-los. Em b) isso não acontece.

# Psico-Física

- Sugere que a imagem formada na retina é analisada pelo cérebro por meio da orientação, frequência, utilizando-se de multi-canais
- Gabor !.

# Textura: aplicações

- Imagens satélite
- Sensoriamento remoto
- Inspeção
- Medicina
- Processamento de documentos

<http://fmi.uni-sofia.bg/courses/graphics/image%20processing/papers/texture-review.pdf>

# Taxonomia de Modelos Textura

- Métodos Estatísticos
- Métodos Geométricos
- Métodos Baseados em Modelos
- Métodos baseados em processamento de Sinais

# Estatísticos

- Matrizes de co-ocorrência
- Auto-correlação
- Run-length
- Texture Spectrum
- Características de Laws
- Medidas Direcionais

Descrevem texturas que não apresentam regularidade geométrica

# Geométrico

- Tecelagem de Voronoi
- Gramáticas

# Baseados em Modelo

- Campos Aleatórios de Markov
- Fractais
- Redes Complexas

# Métodos Processamento Sinais

- Filtros no domínio espacial
- Filtros no domínio frequência: Fourier
- Gabor

# Análise de Textura Estatística

- Textura é descrita por regras estatísticas que governam a distribuição de, e relação entre, os níveis de cinza de uma imagem
- A interação espacial, ou falta de, entre as primitivas é medida por meio de probabilidades

# Matrizes de Co-ocorrência (1)

- Relação entre nível de cinza e textura
  - se uma pequena área na imagem tem pouca variação nas primitivas de nível de cinza, a propriedade dominante é o próprio nível de cinza
  - se a variação é grande, então a propriedade dominante é a textura

# Matrizes de Co-ocorrência

- Relação entre nível de cinza e textura
  - Quando o padrão espacial das primitivas é randômico, pode-se dizer que uma textura mais “fina” está presente. Na medida em que os padrões espaciais se tornam mais óbvios, diz-se que a textura se torna mais “aspera”
- Para caracterizar a textura é preciso caracterizar as propriedades das primitivas dos níveis de cinza

# Dependência

- Estimativa das probabilidades de funções de densidade de segunda ordem  $f(i,j,d, \theta)$ 
  - probabilidade de um pixel  $i$  para  $j$ , segundo uma distância  $d$  e ângulo  $\theta$
- Este valores estimados são na realidade frequências de uma matriz:  $f(i,j,d,0^\circ) = \#$

# Matrizes de Co-ocorrência

- Procuram caracterizar a textura ao analisar as probabilidades de transição de níveis de cinza através do que é conhecido como matrizes de co-ocorrência
- As SGLDM levam em conta a distribuição e a dependência espacial dos níveis de cinza de uma determinada área de uma imagem

# Cálculo das matrizes

(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)
(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)
(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)
(4,1)	(4,2)	(4,3)	(4,4)

$$L_y = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$L_x = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$\begin{aligned} R_H &= \{((k, l), (m, n)) \in (L_y \times L_x) \times (L_y \times L_x) \mid |k - m| = 0; |l - n| = 1\} \\ &= \{((1, 1), (1, 2)), ((1, 2), (1, 1)), ((1, 2), (1, 3)), ((1, 3), (1, 2)), \\ &\quad ((1, 3), (1, 4)), ((1, 4), (1, 3)), ((2, 1), (2, 2)), ((2, 2), (2, 1)), \\ &\quad ((2, 2), (2, 3)), ((2, 3), (2, 2)), ((2, 3), (2, 4)), ((2, 4), (2, 3)), \\ &\quad ((3, 1), (3, 2)), ((3, 2), (3, 1)), ((3, 2), (3, 3)), ((3, 3), (3, 2)), \\ &\quad ((3, 3), (3, 4)), ((3, 4), (3, 3)), ((4, 1), (4, 2)), ((4, 2), (4, 1)), \\ &\quad ((4, 2), (4, 3)), ((4, 3), (4, 2)), ((4, 3), (4, 4)), ((4, 4), (4, 3))\} \end{aligned}$$

Na realidade, o cálculo é feito para as 4 principais direções

# Cálculo das matrizes

a)

0	0	1	1
0	0	1	1
0	2	2	2
2	2	3	3

b)

	0	1	2	3
0	#(0,0)	#(0,1)	#(0,2)	#(0,3)
1	#(1,0)	#(1,1)	#(1,2)	#(1,3)
2	#(2,0)	#(2,1)	#(2,2)	#(2,3)
3	#(3,0)	#(3,1)	#(3,2)	#(3,3)

c)  $0^\circ M_H = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 4 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 6 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$

d)  $90^\circ M_V = \begin{pmatrix} 6 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 4 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \end{pmatrix}$

e)  $135^\circ M_{LD} = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \end{pmatrix}$

f)  $45^\circ M_{RD} = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$

A partir dessas matrizes, várias características podem ser calculadas

# Características

Contraste: 
$$f_1 = \sum_{n=0}^{N_g-1} n^2 \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \\ |i - j| = n \end{array} \right\}$$

Retorna valores mais altos para pixels de borda

Correlação: 
$$f_2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i \cdot j) p(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$$

Mede a correlação entre a intensidade do NC e a uniformidade da distribuição dos NC

Segundo Momento Angular: 
$$f_3 = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} \{p(i, j)\}^2$$

Mede a dispersão dos níveis de cinza

# Características

Soma das Entropias: 
$$f_E = \sum_{i=2}^{2N_g} p_{x+y}(i) \log(p_{x+y}(i))$$

Mede a não uniformidade das regiões. Quanto maior a ocorrência de NC de diferentes intensidades, maior será a soma da entropia

Onde,

$p(i, j)$  is the  $(i, j)$ th normalised entry in a SGLDM;

$N_g$  is the number of distinct grey levels in the image;

$\mu_x, \mu_y$  and  $\sigma_x, \sigma_y$ <sup>1</sup> are the means and standard deviations of  $p_x$  and  $p_y$ ;

$$p_x = \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j);$$

$$p_y = \sum_{i=1}^{N_g} p(i, j);$$

$$p_{x+y}(k = i + j) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \quad k = 2, 3, \dots, 2N_g \text{ and}$$

$$p_{x-y}(k = |i - j|) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \quad k = 0, 1, \dots, N_g - 1$$

# Run Length (2)

- Abordagem semelhante às matrizes de co-ocorrências
- Produz medidas baseado no nro de seqüências de tons de cinza p/um certo comprimento (run length).
- Seqüência: conjunto de pixels consecutivos e co-lineares com a mesma intensidade.

# Run Length

a)

0	1	2	3
0	2	3	3
2	1	1	1
3	0	3	0

R. Length

	$0^\circ$	1	2	3	4
G. Level	0	4	0	0	0
	1	2	0	1	0
	2	3	0	0	0
	3	3	1	0	0

b)

R. Length

	$90^\circ$	1	2	3	4
G. Level	0	2	1	0	0
	1	4	0	0	0
	2	3	0	0	0
	3	3	1	0	0

c)

R. Length

	$45^\circ$	1	2	3	4
G. Level	0	4	0	0	0
	1	4	0	0	0
	2	0	0	1	0
	3	3	1	0	0

d)

R. Length

	$135^\circ$	1	2	3	4
G. Level	0	4	0	0	0
	1	4	0	0	0
	2	3	0	0	0
	3	5	0	0	0

e)

# Características

Segundo Momento com respeito a Run Length

$$f_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N_y} \sum_{j=1}^{N_r} (NF \cdot j)^2 \cdot p(i, j)}{NumRuns}$$

Multiplica o valor da Run length pelo comprimento da “run” ao quadrado. Isso enfatiza runs que são longas...

Segundo Momento com respeito ao Tom de Cinza

$$f_3 = \frac{\sum_{i=1}^{N_y} \sum_{j=1}^{N_r} i^2 \cdot p(i, j)}{NumRuns}$$

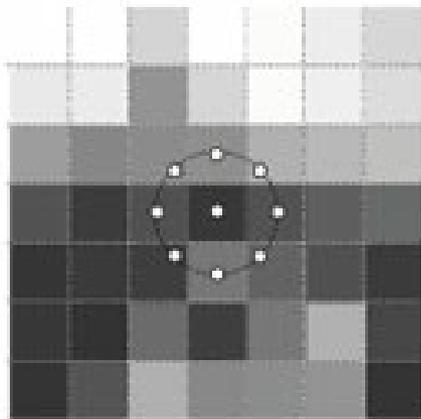
Multiplica o valor da Run length pelo tom de cinza ao quadrado. Isso enfatiza regiões com tons de cinza mais intensos.

$$NumRuns = \sum_{i=1}^{N_y} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j)$$

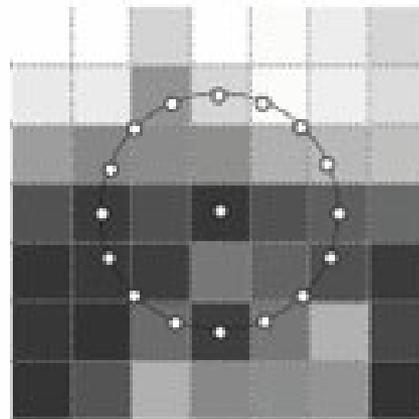
# LBP – Local Binary Patterns

- Seja um pixel na posição  $w = (x,y)$ . O LBP é calculado a partir de um conjunto de  $P$  amostras igualmente espaçadas e distribuídas sobre uma circunferência de raio  $R$

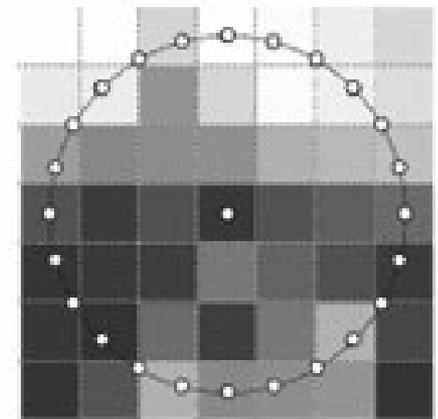
Figura 1 – Representação do LBP para diferentes valores de  $P$  e  $R$ .



$P=8, R=1$



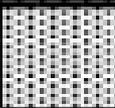
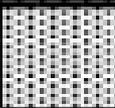
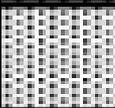
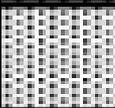
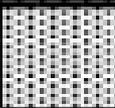
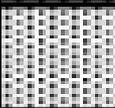
$P=16, R=2$



$P=24, R=3$

# LBP – Local Binary Patterns

- A partir das intensidades  $g_p$  ( $0 \leq p < P$ ) e de  $g_c$  em  $w$ , obtem-se uma sequência de  $P$  valores binários da seguinte maneira

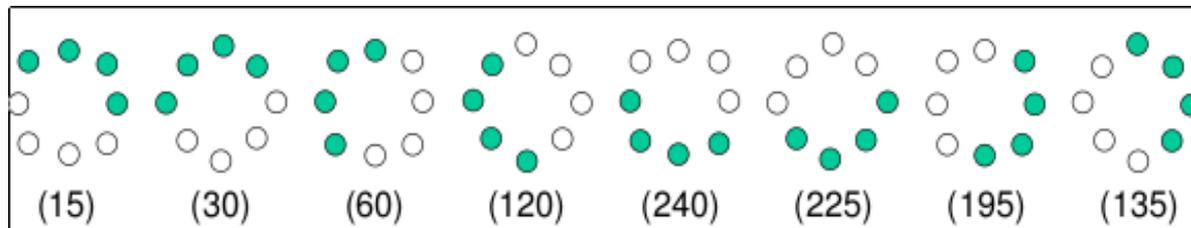
example	thresholded	weights																											
<table border="1"><tr><td>6</td><td>5</td><td>2</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>1</td></tr><tr><td>9</td><td>8</td><td>7</td></tr></table>	6	5	2	7	6	1	9	8	7	<table border="1"><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	1	0	0	1		0	1	1	1	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td>128</td><td></td><td>8</td></tr><tr><td>64</td><td>32</td><td>16</td></tr></table>	1	2	4	128		8	64	32	16
6	5	2																											
7	6	1																											
9	8	7																											
1	0	0																											
1		0																											
1	1	1																											
1	2	4																											
128		8																											
64	32	16																											

Pattern = **1110001**

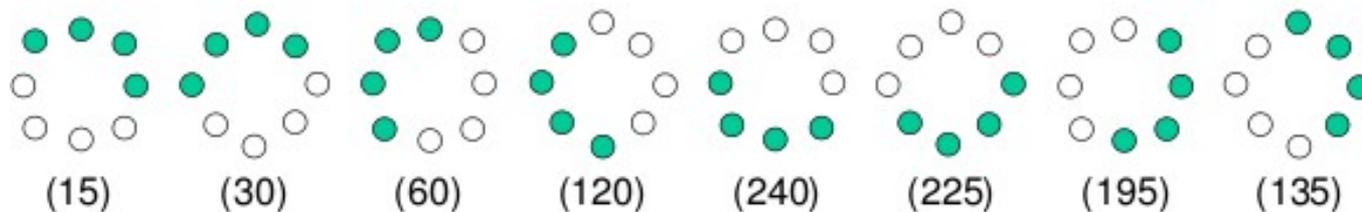
**LBP** =  $1 + 16 + 32 + 64 + 128 =$  **241**

# LBP – Local Binary Patterns

- LBP são invariantes a mudanças nos níveis de cinza
  - Repare que a troca do nível de cinza pelo valor binário faz isso
- LBP são invariantes à rotação



$$LBP_{P,R}^i = \min\{\text{ROR}(LBP_{P,R}, i) \mid i=0, \dots, P-1\}$$

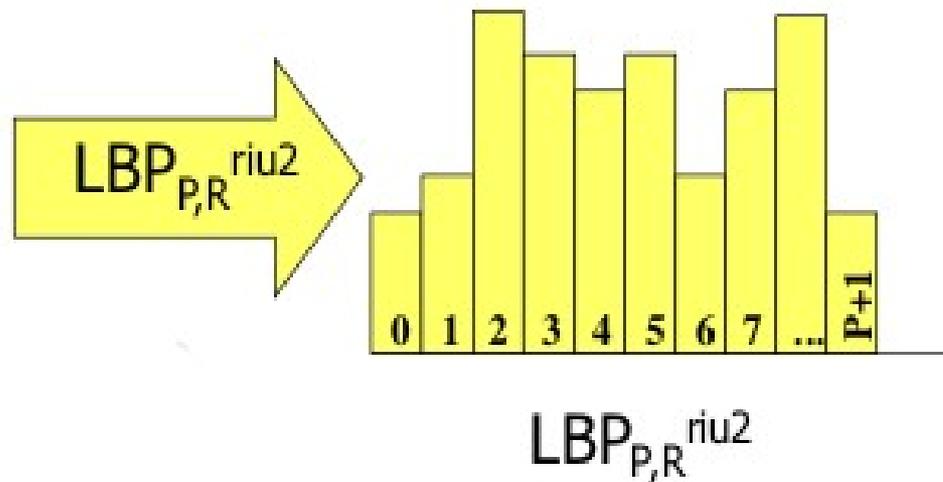
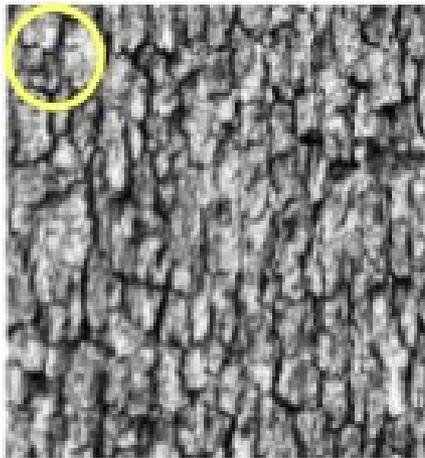


mapping

(15)

# LBP – Local Binary Patterns

- Como calcular os descritores de textura finais???
  - Para cada pixel da imagem, calcular o LBP e acumular em um histograma discreto



# Análise de Textura Estrutural

- Textura caracterizada por primitivas e conjunto de regras p/ localização e relações espaciais.
- Menos aplicáveis que os métodos estatísticos, pois as texturas mais comuns não são tão regulares assim.

# Análise de Textura Estrutural

- *Shape Grammars*
- *Tree Grammars*
- *Array Grammars*

# Shape Grammars

- Definition

1.  $V_t$  is a set of terminal shapes
2.  $V_m$  is a finite set of markers
3.  $R$  is a finite set of productions. A production is a shape consisting of a marker and a terminal shape, where the marker is a shape consisting of one or more elements of  $V_t^*$  combined with a marker from  $V_m$ .
4.  $S$  is the start shape

1.  $V_t = \{\text{hexagon}\}$

2.  $V_m = \{\bullet\}$

3.  $R : \text{hexagon} \rightarrow \text{hexagon} \bullet; \bullet \text{hexagon}; \text{etc.}$

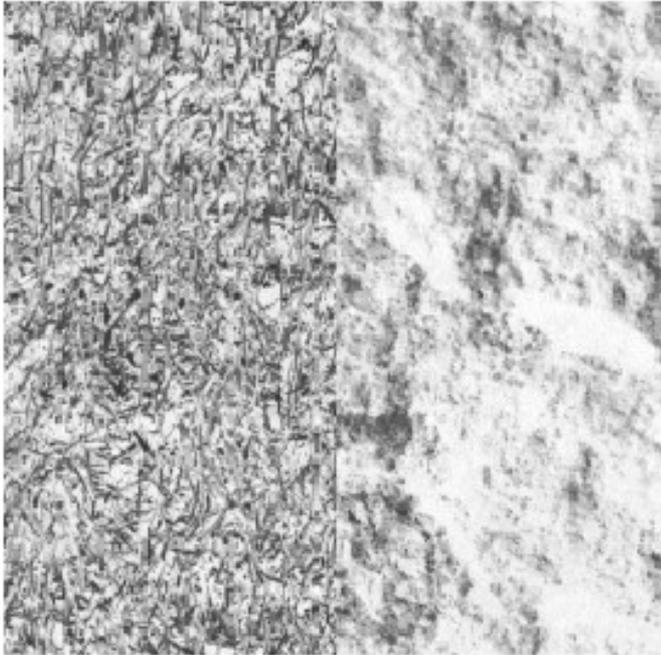
4.  $S = \{\text{hexagon}\}$

$S$ )

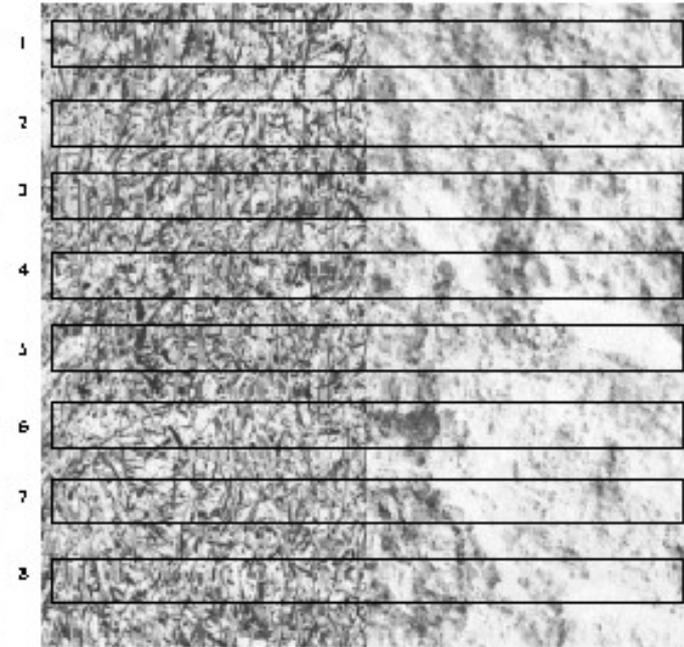
$\emptyset;$

such that  $u$  is a  
 string of an element

# Textura e Segmentação



(a) Grass-stone



(b) Regions of interest

Computar texturas usando máscaras de  $16 \times 20$ .

# Textura e Segmentação

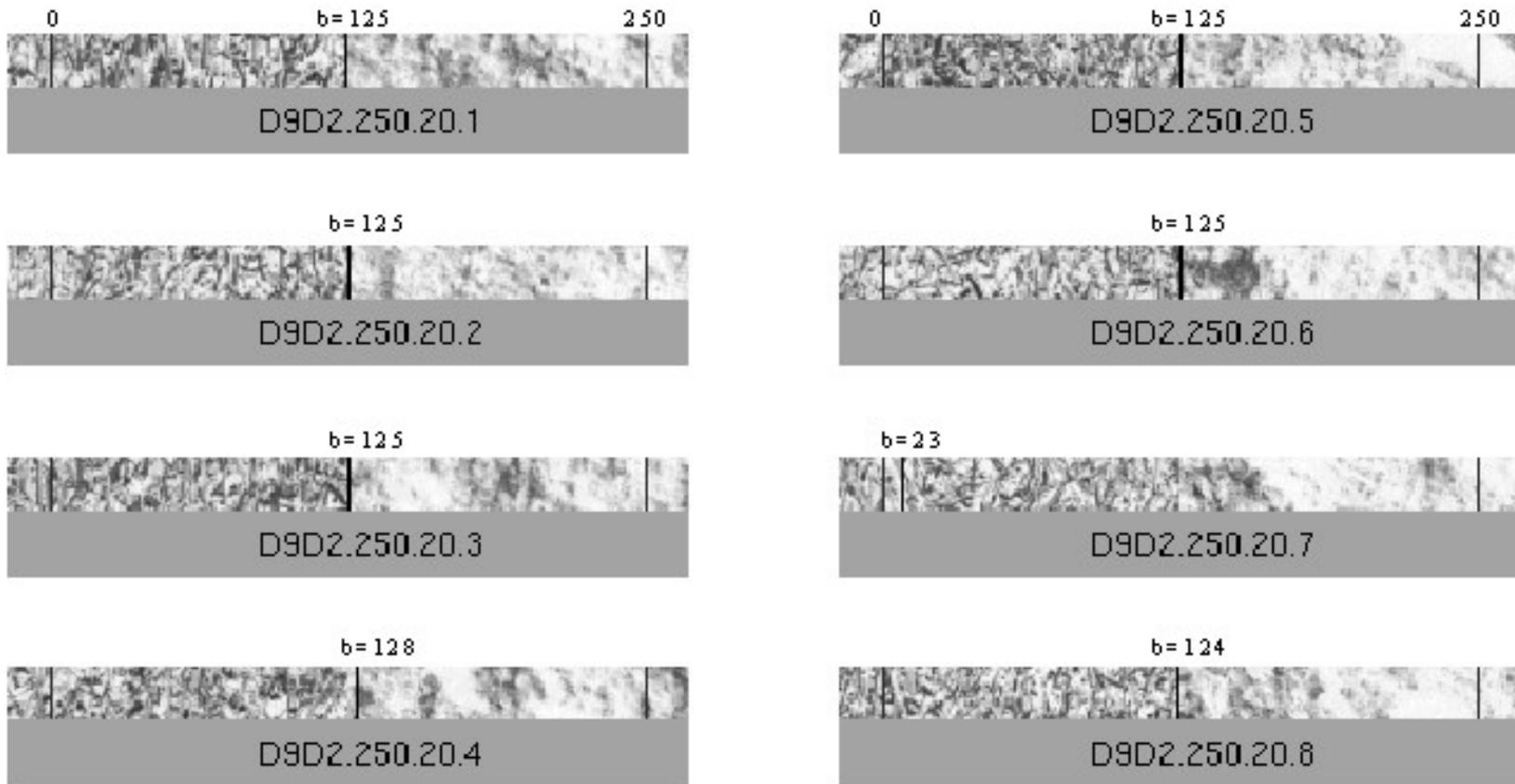


Figure 4.9: SGLDM performance for the 8 ROIs.

Resultado com texturas de co-ocorrência

# Textura e Segmentação

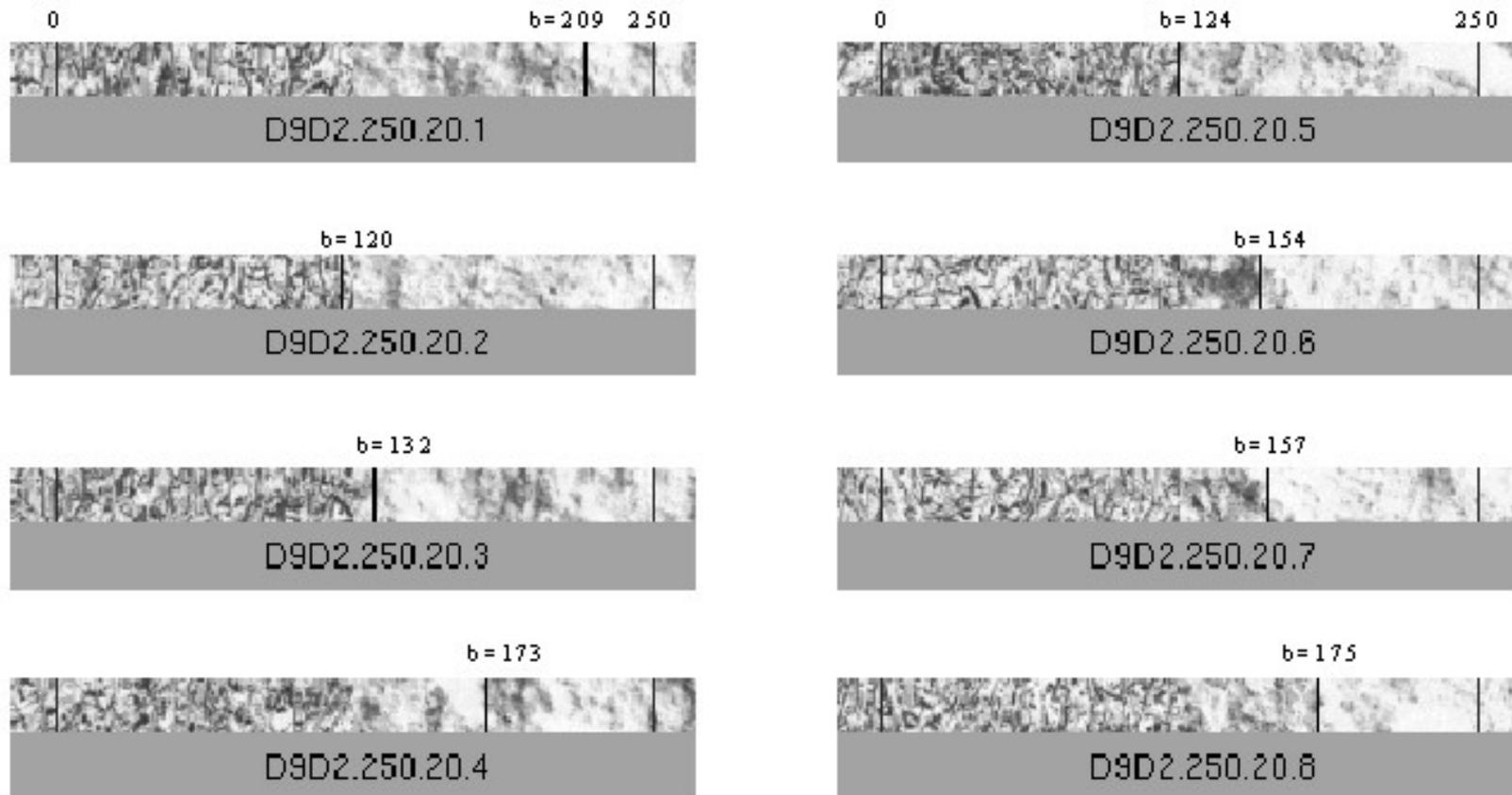


Figure 4.10: GLRL performance for the 8 ROIs.

Resultado com texturas de *Run Length*

# Textura e Segmentação

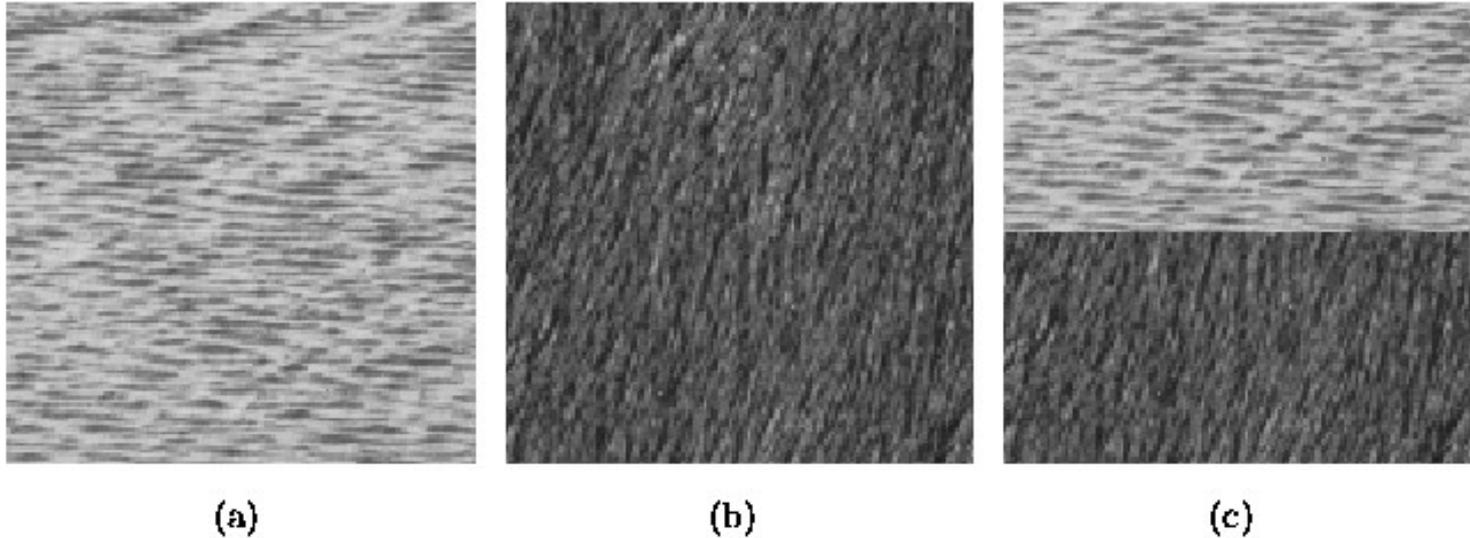


Figure 5.12: Brodatz [15] natural texture images: a) horizontally oriented 'water' texture; b) vertically oriented 'fur' texture; and c) combined image with half horizontal- and half vertical-oriented textures.

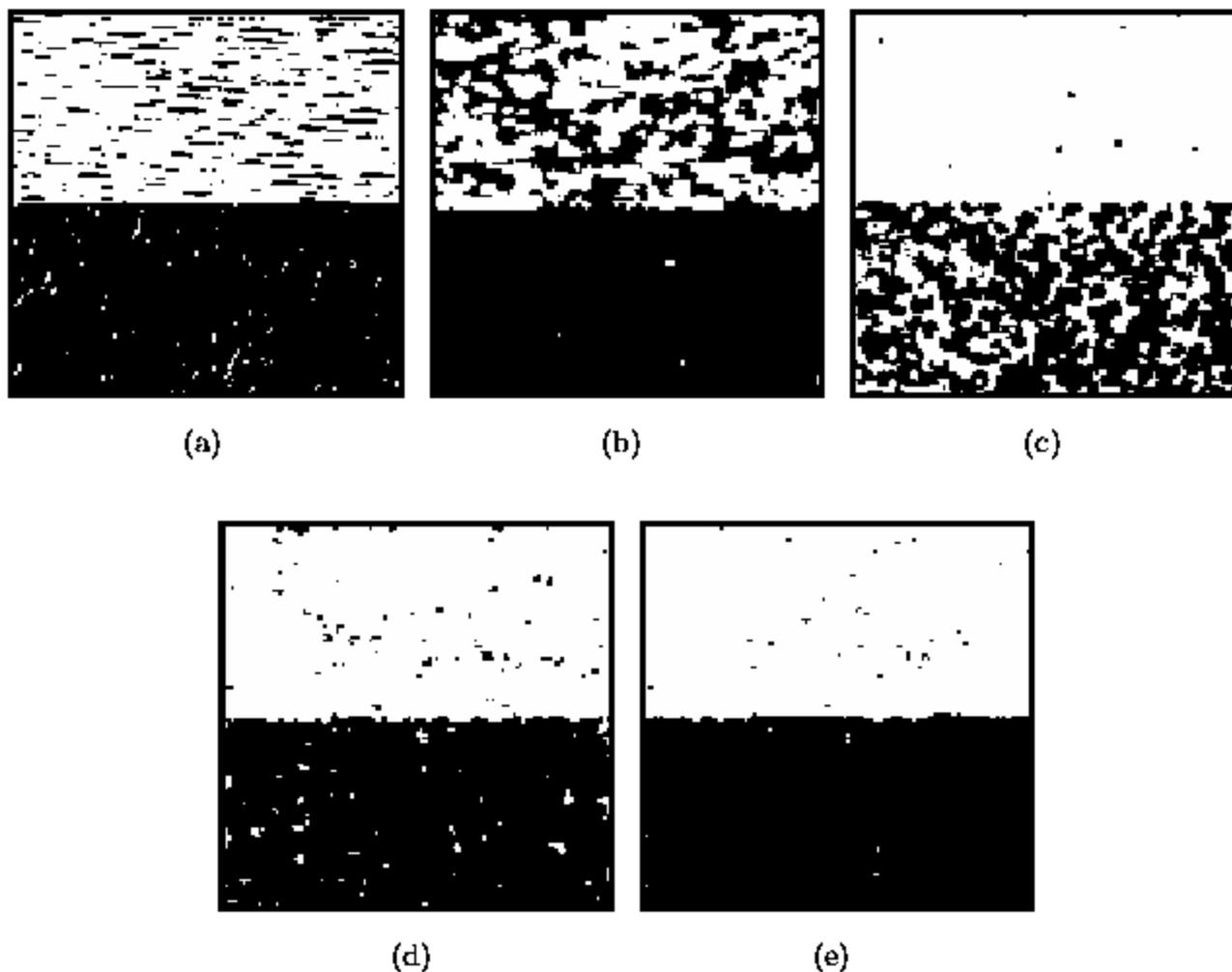


Figure 5.13: Results of the segmentation of image 5.12: a) 1-D segmentation with image grey level; b) 1-D feature space segmentation with 'vertical' function 4.35; c) 1-D feature space segmentation with 'horizontal' function 4.39; d) 2-D segmentation with functions 4.35 and 4.39; e) 3-D feature space segmentation with all three features combined.