

# REPRESENTAÇÃO E DESCRIÇÃO DE IMAGENS

**PROF. VALMIR MACARIO FILHO**



# SUMÁRIO

## 1. Representação e Descrição

## 2. Descritores de Forma

- Código da Cadeia
- Aproximações Poligonais
- Descritores Topológicos
- Assinaturas
- Descritor de Fourier

## 3. Descritores de Cor

## 4. Descritores de Textura

- Descritores estatísticos
- Momentos
- Descritor de Fourier
- Local Binary Pattern

# REPRESENTAÇÃO E DESCRIÇÃO

- Fase posterior à segmentação.
- Trata-se de representar e descrever uma determinada região da imagem de forma apropriada para o processamento subsequente.
- Representa-se em termos de:
  - Características externas (Fronteira)
  - Características internas (Pixels que compõe a região)

# ESQUEMAS DE REPRESENTAÇÃO

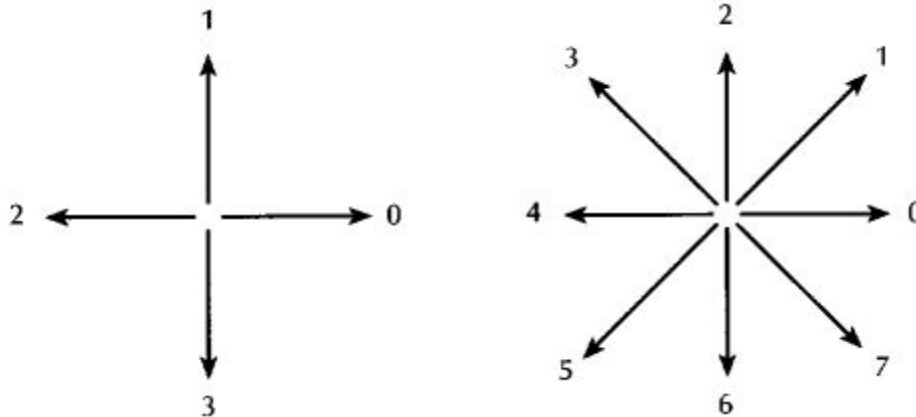
- Características externas:
  - Escolhida quando o interesse é na forma da região.
- Características internas:
  - Escolhida quando a análise se concentrará em propriedades como cor ou textura.
- Em qualquer um dos casos, a forma de descrição deve ser minimamente afetada (invariantes) por transformações como escalamento, rotação e translação.

# **CARACTERÍSTICAS EXTERNAS**

# DESCRITORES DE FORMA

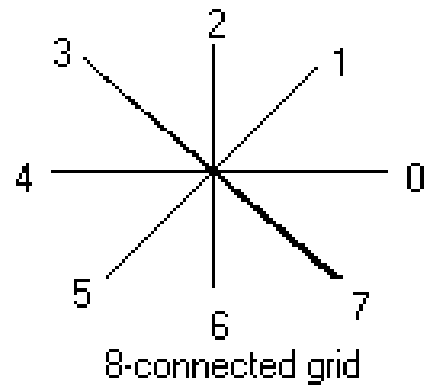
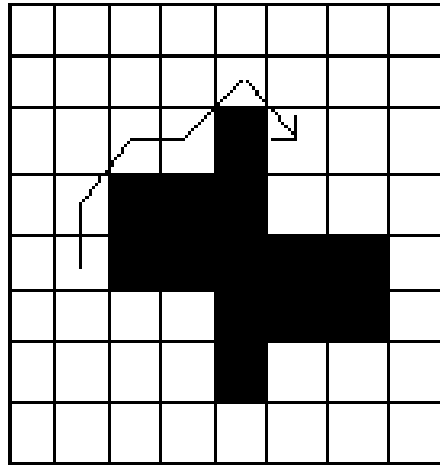
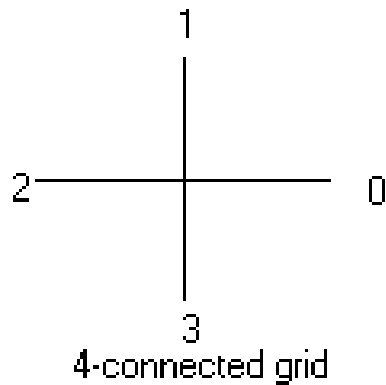
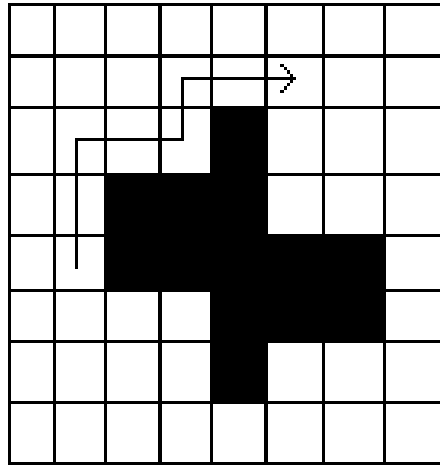
- Código da Cadeia:
  - Usada para representar fronteiras.
  - Fronteiras são consideradas sequências conectadas (conectividade de 4 ou 8) de segmentos de linha reta.
  - A direção de cada segmento é codificada por um esquema de numeração.

# DESCRITORES DE FORMA



- Escolhe-se um ponto aleatório na fronteira e percorre-se a mesma no sentido horário.
- Esta abordagem é inapropriada, pois as cadeias resultantes são muito longas e bastante suscetíveis a ruídos.

# CÓDIGO DA CADEIA

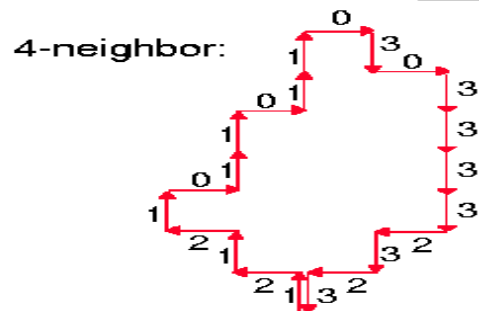
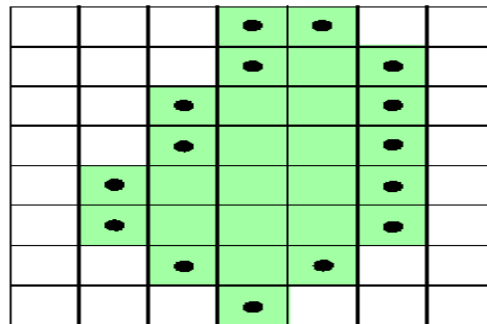
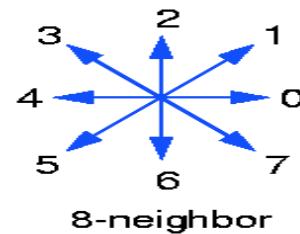
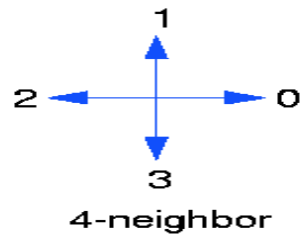




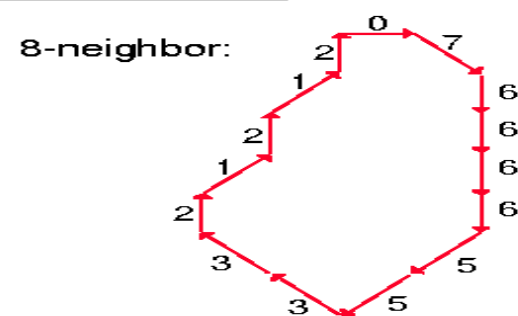
# CÓDIGO DA CADEIA

## Chain Code

Each direction is assigned a code:



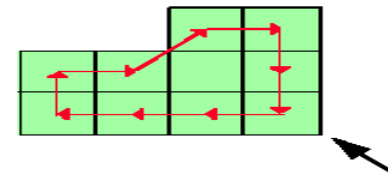
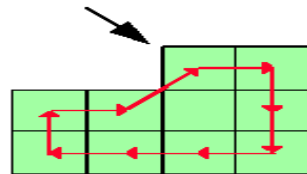
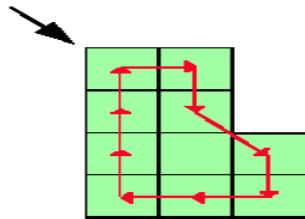
0303333232312121011011



076666553321212

# CÓDIGO DA CADEIA

**Chain Code Independent of Location,  
Starting Point and Orientation**



Chain Code:

067644222

066444201

444201066

Curvature = differences in chain code values :

-6-11202002

-6020022-11

0022-11-602

Normalize curvature = mod 8 :

271202002

202002271

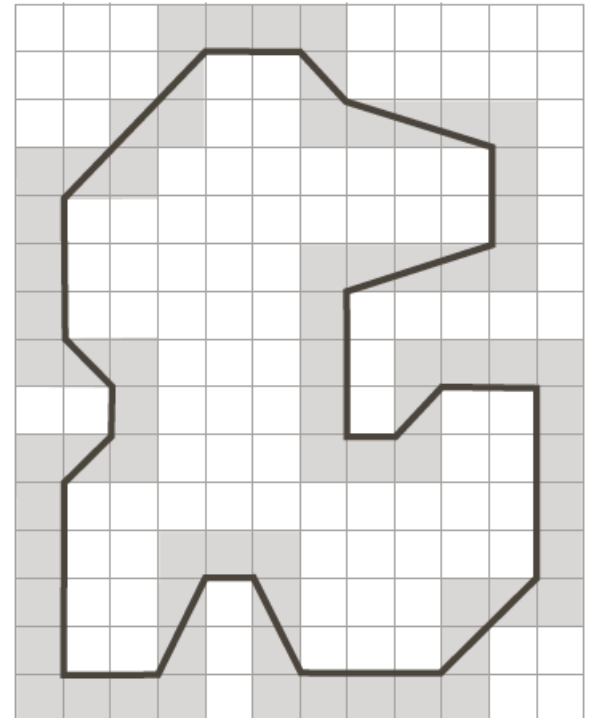
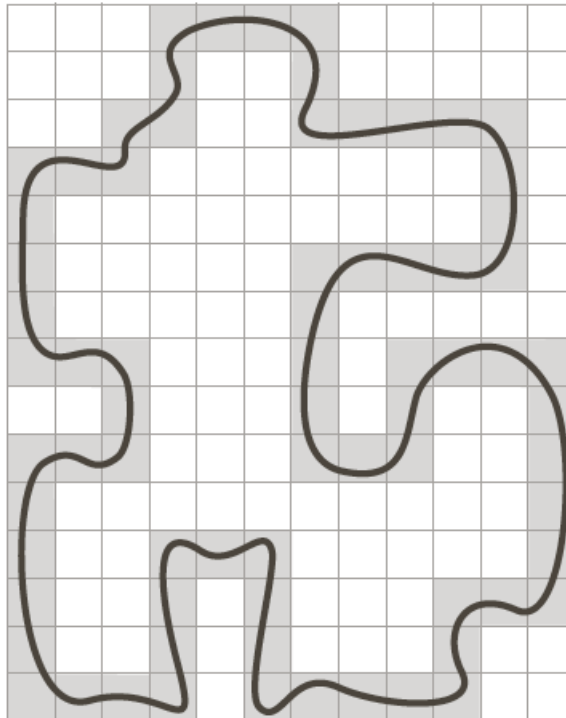
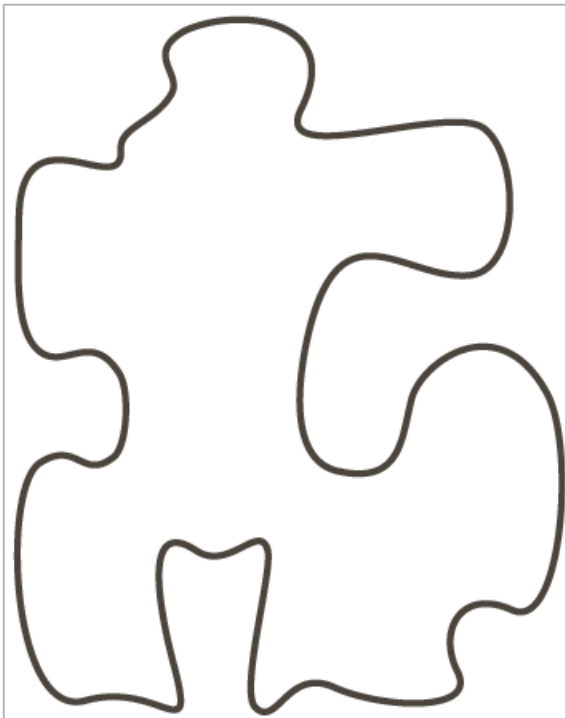
002271202

Code is the cyclic permutation which produces the smallest number:

002271202

# APROXIMAÇÕES POLIGONAIS

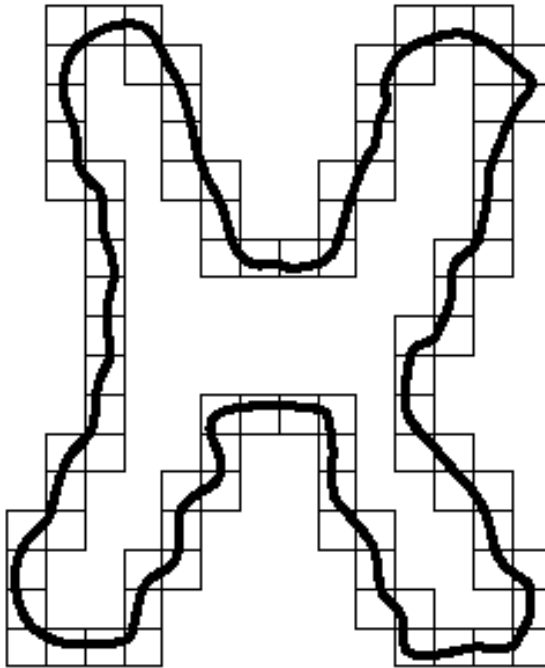
- Capturar a essência da forma da borda
  - Alto custo
  - Polígonos de perímetro mínimo que se ajustam a geometria estabelecida pela grade da imagem



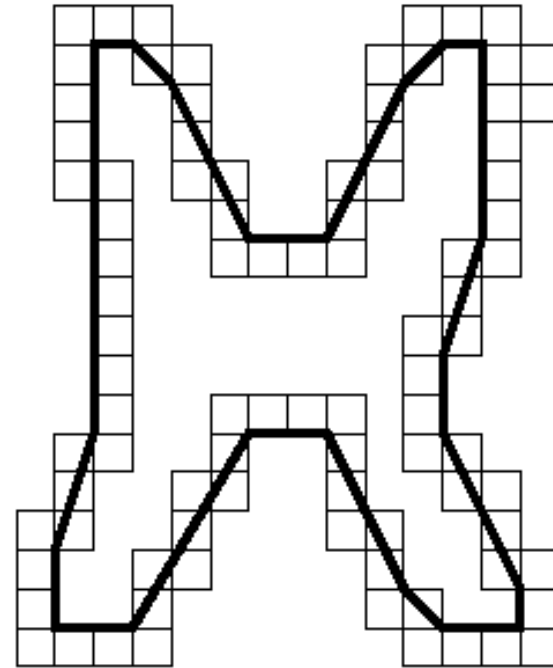
# PERÍMETRO

- Contagem do número de pixels da Fronteira
- Usando o código de cadeia:
  - de 4 direções: número de elementos
  - de 8 direções: número de elementos pares (horizontais e verticais) mais  $\sqrt{2}$  x (número de elementos ímpares) elementos diagonais

# APROXIMAÇÕES POLIGONAIS



Limites do Objeto

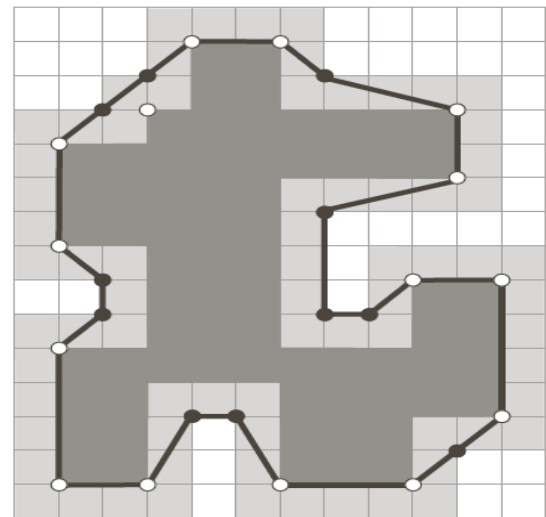
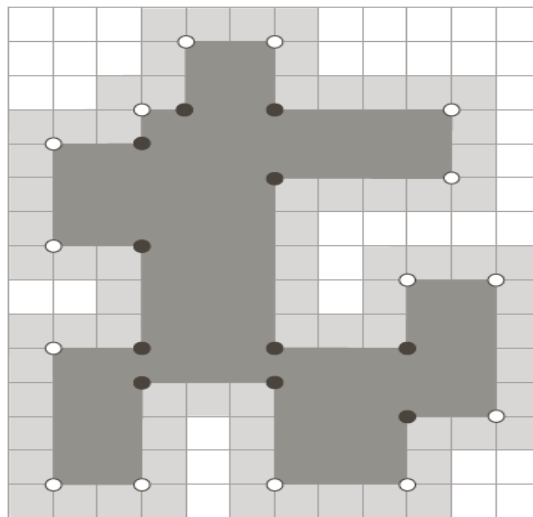
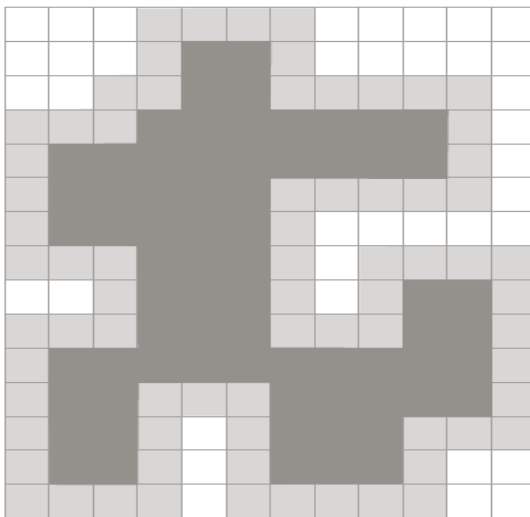


Polígonos de perímetro mínimo

**Polígonos de perímetro mínimo** consiste em segmentos de linhas que minimizam Distâncias entre pixels de fronteiras.

# APROXIMAÇÕES POLIGONAIS

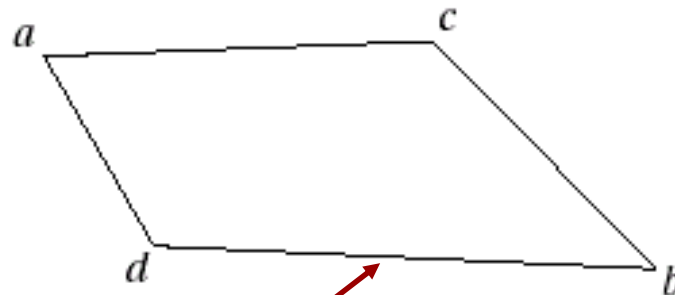
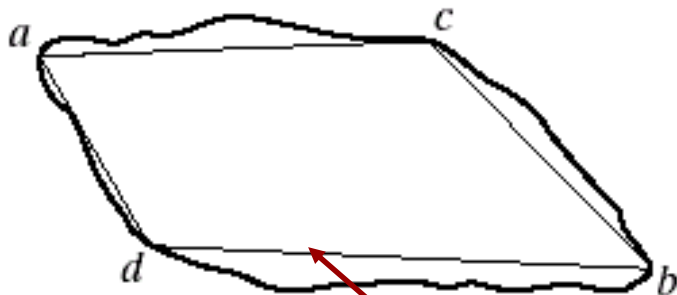
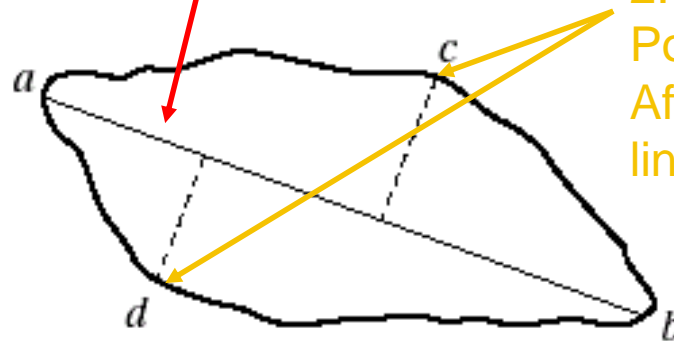
- Marquemos a região cercada pela borda:
  - Seguir a região em sentido anti-horário
  - Vértices convexos (pontos brancos) ou côncavos (pontos pretos)
  - Cada vértice côncavo tem um correspondente espelhado na borda do objeto.
  - Vértices do polígono coincidem com vértices convexos e espelhos dos vértices côncavos.



# TÉCNICA DE SEPARAÇÃO

1. Encontrar a linha entre pontos extremos

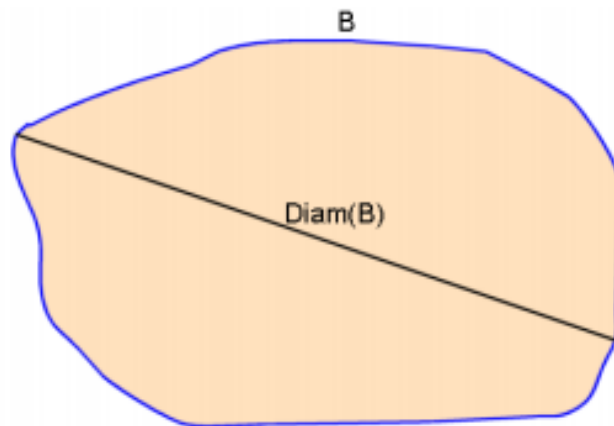
2. Encontre os Pontos mais Afastados da linha



Desenhe o Polígono

# DIÂMETRO DA FRONTEIRA

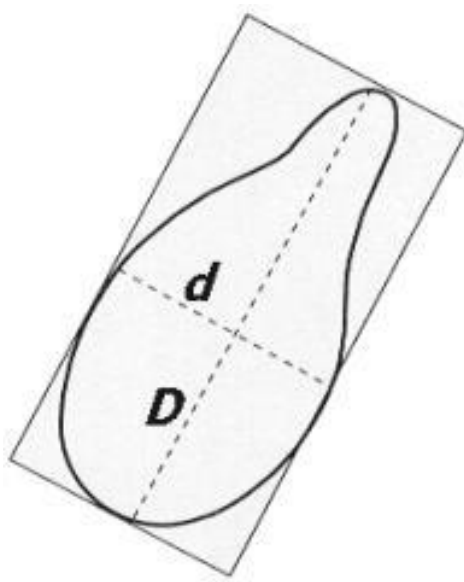
- O valor do Diâmetro e a orientação da linha que conecta os dois pontos da fronteira mais distantes são descritores úteis
- $\text{Diam}(B) = \max[D(p_i, p_j)]$ 
  - onde:  $D(p_i, p_j)$  é a distância entre os pixels  $i$  e  $j$  sobre a fronteira  $B$





# EXCENTRICIDADE DA FRONTEIRA

- É a razão entre o Eixo maior ( $D$ ) e o Eixo Menor ( $d$ ) da fronteira.
  - $E = D/d$
- Eixo Menor é a maior distância entre dois pontos da fronteira  $B$  sobre uma perpendicular ao Eixo Maior
- Invariantes a translação e rotação



# DESCRITORES TOPOLÓGICOS

## 1) Área de uma Região (A):

- $A$  = Número de pixels contido dentro de sua fronteira.
- Caso uma imagem possua vários objetos:
  1. Rotular cada componente conectado da imagem
  2. Calcular o histograma da imagem etiquetada
  3. Ordenar os componentes conectados como uma função em relação ao tamanho do histograma, ignorando os pixels de fundo

## 2) Compacidade:

Onde  $P$  = Perímetro da fronteira e

$$C = \frac{P^2}{A} \quad A = \text{Área da Região}$$

A Compacidade é adimensional e insensível a mudanças de escala e orientação.

# DESCRITORES TOPOLÓGICOS

- Úteis para descrições globais no plano de Imagem.
- Topologia é o estudo das propriedades de uma figura que não sejam afetadas por deformações, desde que não existam divisão ou fusão da figura.

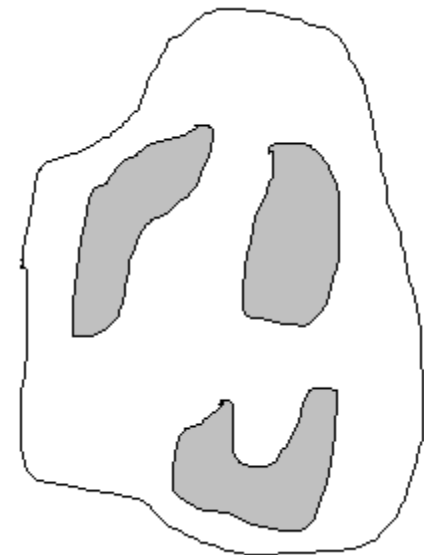
• Número de Furos:



Região com  
2 furos

Número de Componentes:

Região com 3  
componentes  
conectados



# NÚMERO DE EULER:

$$E = C - H$$

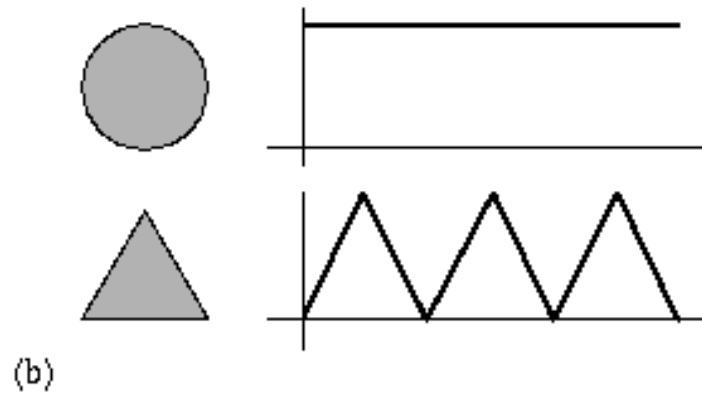
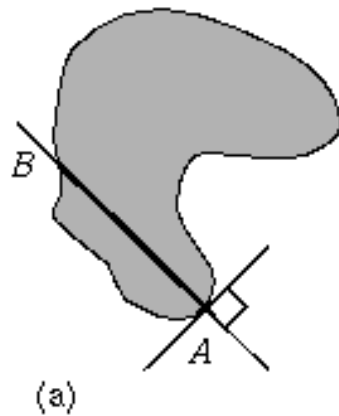
Onde:  $C$  = número de componentes Conectados

$H$  = número de furos



# ASSINATURAS

Distância entre A e um ponto perpendicular B no ponto tangente a A



**Figure 6.9** *Signature: (a) Construction, (b) signatures for a circle and a triangle.*

# CENTRÓIDE (CENTRO DE MASSA)

- Média dos valores dos pontos da forma.

## Algorithm: *Region-Based Centroid Estimation*

centroid\_p = 0; centroid\_q = 0; area = 0;0;

**For** p = 1 **to** P **do**

**For** q = 1 **to** Q **do**

**If** (g(p,q) == 1)

centroid\_p = centroid\_p + p;

centroid\_q = centroid\_q + q;

area = area + 1;

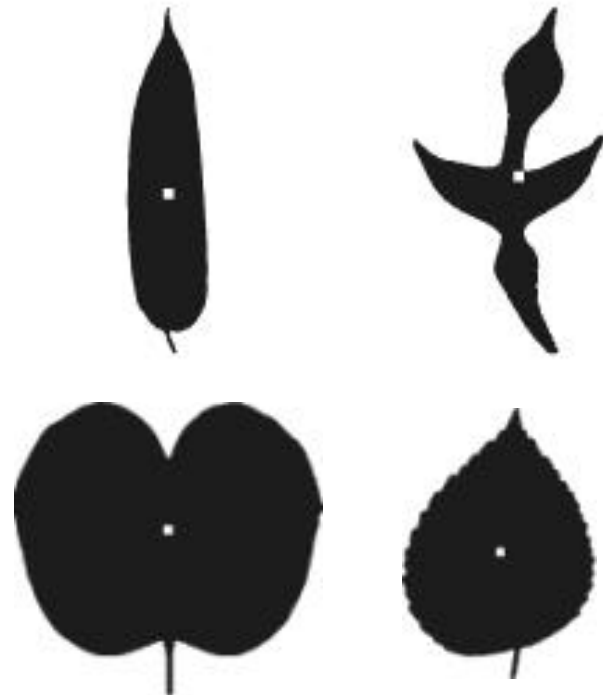
**end**

**end**

**end**

centroid\_p = centroid\_p / area;

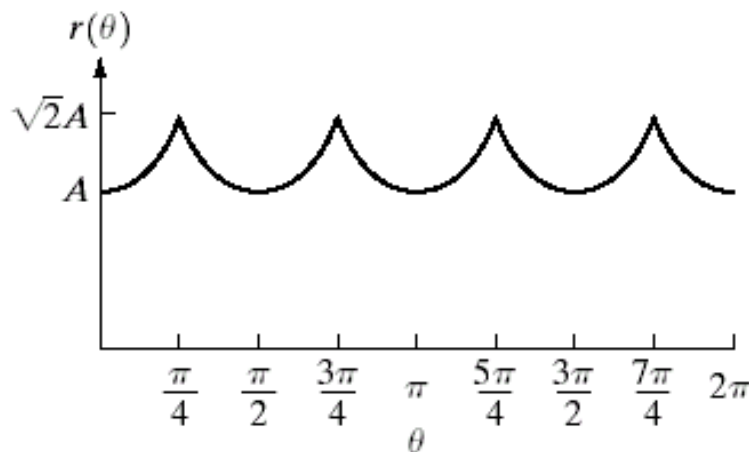
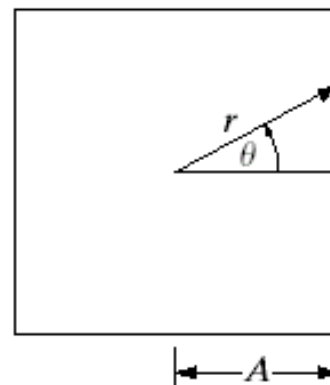
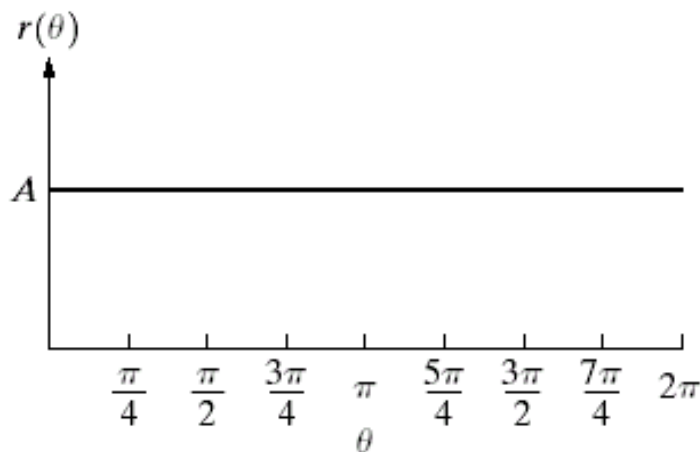
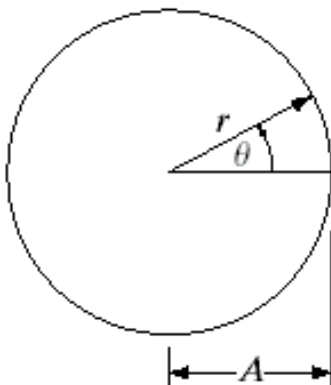
centroid\_q = centroid\_q / area;



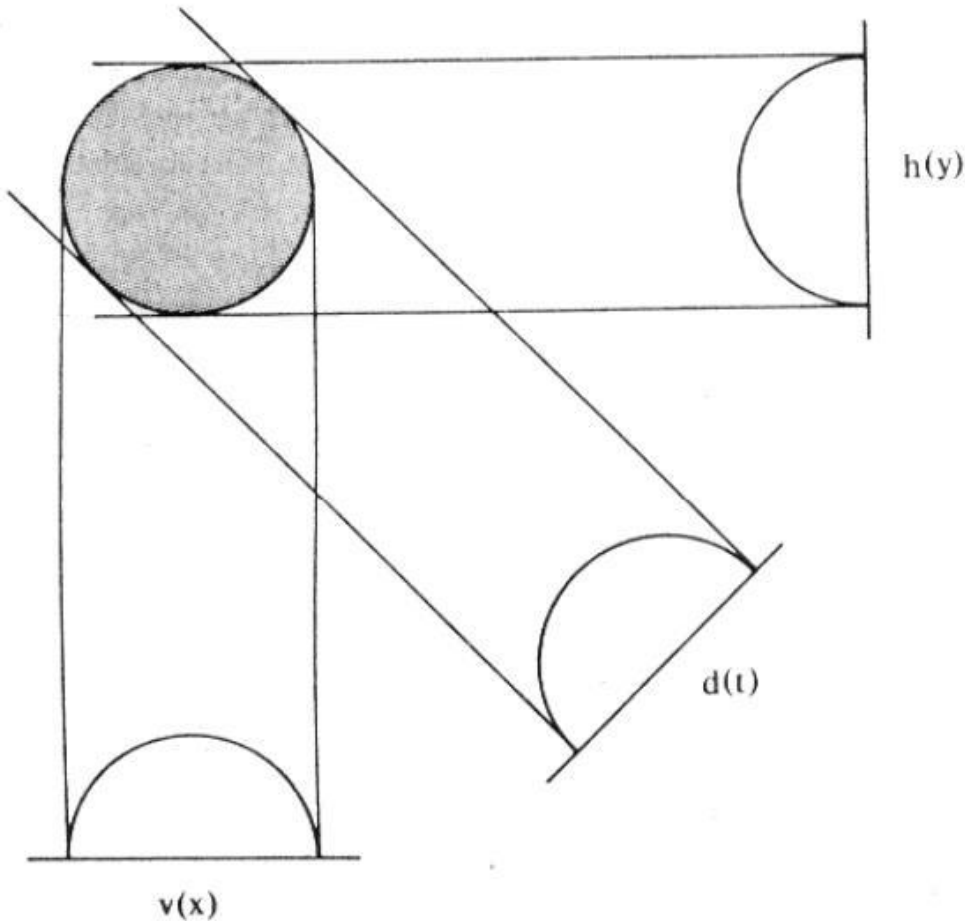
# ASSINATURAS

Representa uma função 1-D: coloca a distância de um centróide a fronteira como uma função de ângulos:

Assinatura =  $r(\theta)$ ,  $\theta = 0 \sim 2\pi$



# ASSINATURAS POR PROJEÇÕES



- Assinatura Vertical

$$h(x) = \sum_y f(x, y)$$

- Assinatura Horizontal

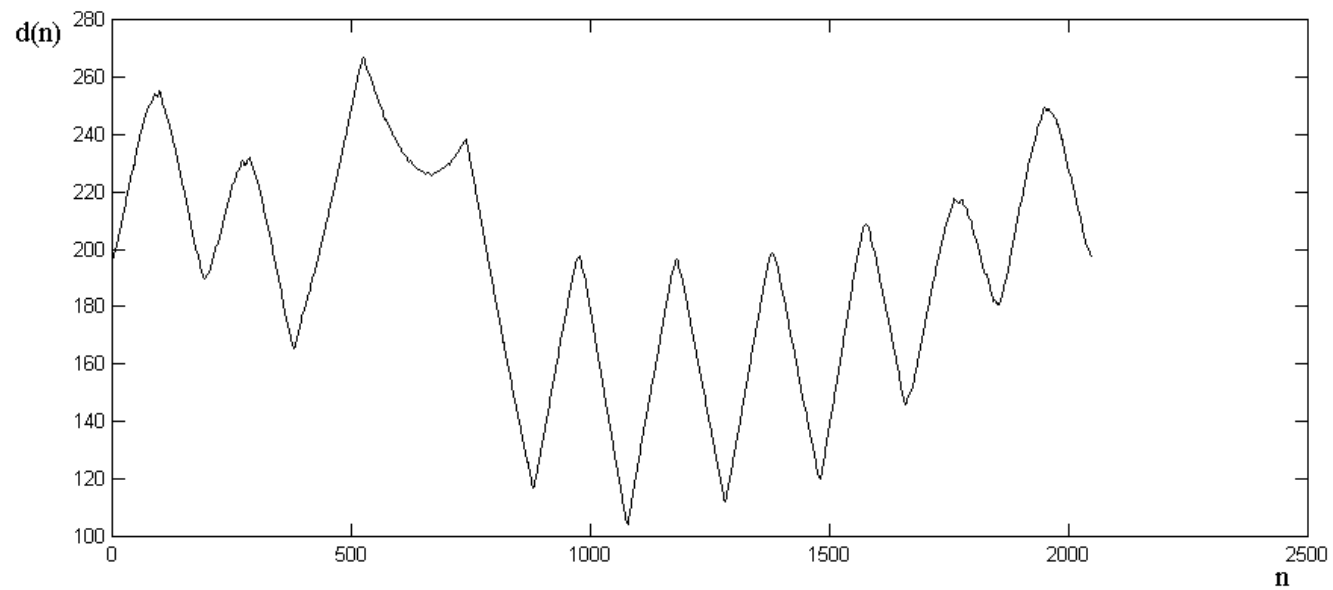
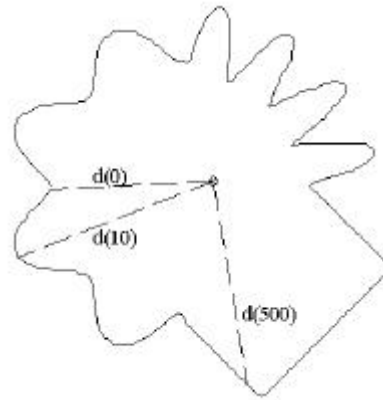
$$v(x) = \sum_x f(x, y)$$

- Assinatura Diagonal

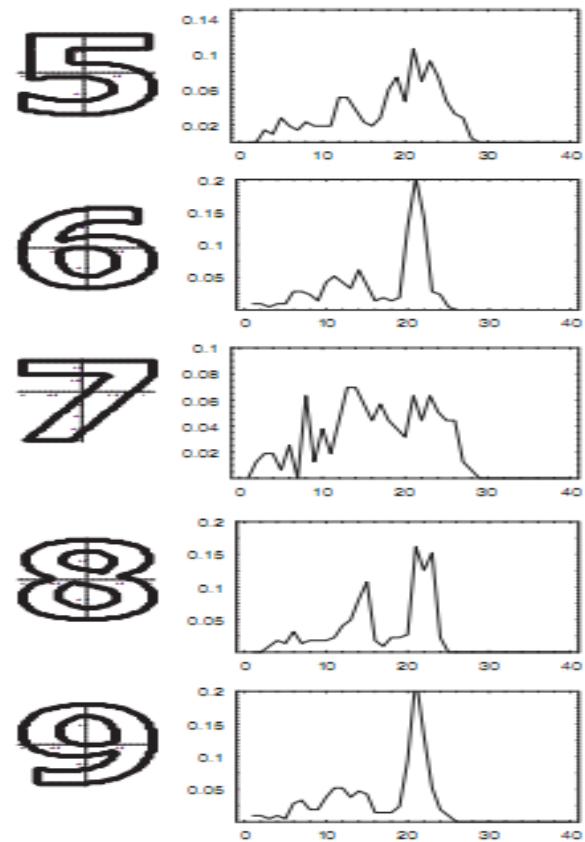
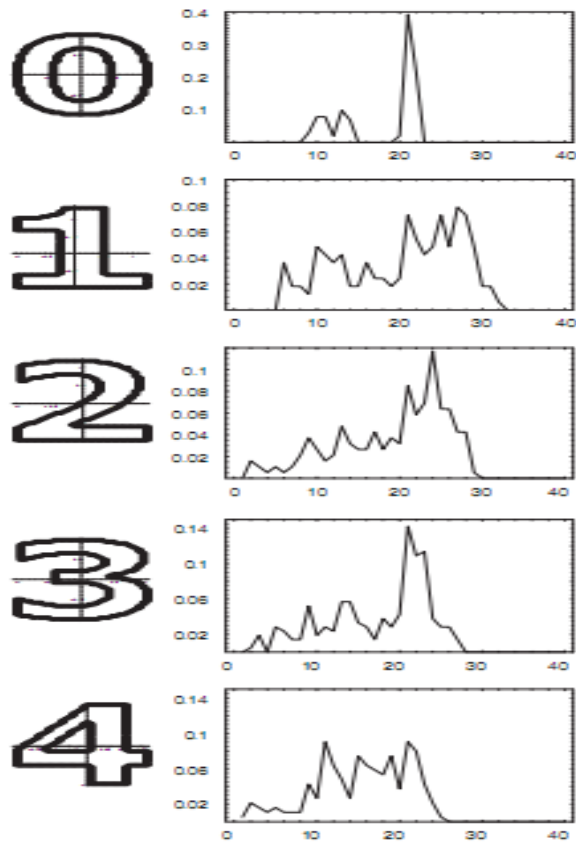
$$d(x) = \sum_t f(x, y)$$



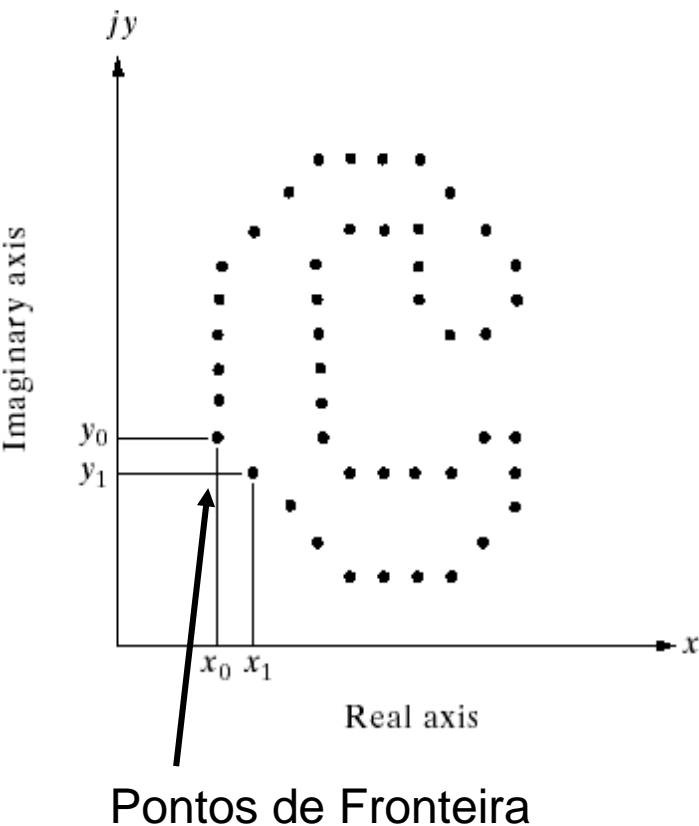
# ASSINATURAS



# ASSINATURAS



# DESCRITORES DE FOURIER



- Seja a coordenada  $(x, y)$  da fronteira um número complexo tal que  $x$  = parte real e  $y$  = parte imaginária

$$s(k) = x(k) + jy(k)$$

- DFT:

$$a(u) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} s(k) e^{-2\pi i k / K}$$

para  $k=0, \dots, K-1$

- DFT inversa

$$s(k) = \frac{1}{K} \sum_{u=0}^{K-1} a(u) e^{2\pi i k / K}$$

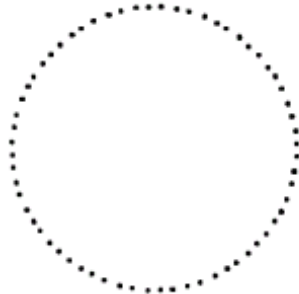
# DESCRITORES DE FOURIER

- Seja  $K$  o nº de pontos na borda:  $k = 0, 1, 2, K-1$
- Ao invés de utilizar todos os pontos, pegue os  $P$  primeiros
- Lembre-se de que componentes de alta frequência relacionam-se para os pequenos detalhes.
- Componentes de baixa frequência determinam a forma global.
- Quanto menor  $P$ , mais detalhes são perdidos na borda
- Utilizando as propriedades da transformada, pode-se tornar o método invariante a rotação, translação, escala e ponto inicial.

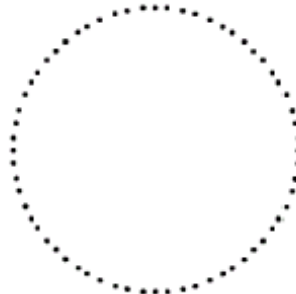
# DESCRITORES DE FOURIER



Original ( $K = 64$ )



$P = 2$



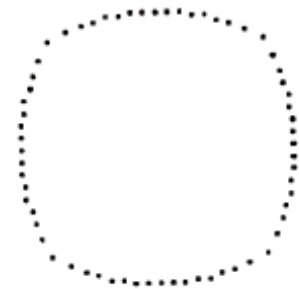
$P = 4$



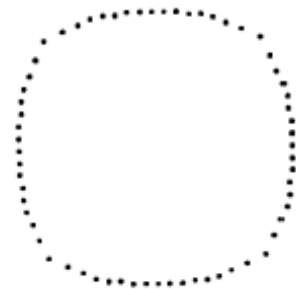
$P = 8$



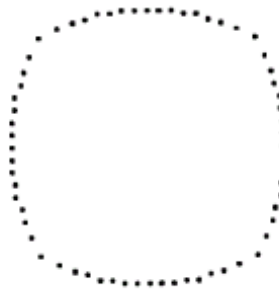
$P = 16$



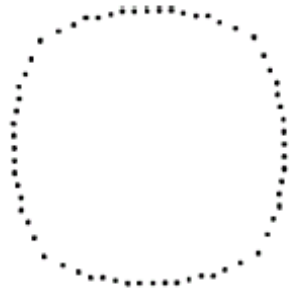
$P = 24$



$P = 32$



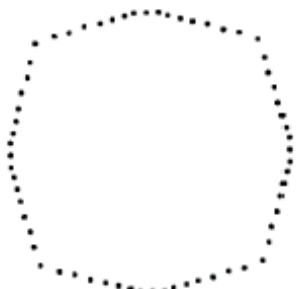
$P = 40$



$P = 48$



$P = 56$



$P = 61$



$P = 62$

$$\hat{s}(k) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{P-1} a(u) e^{2\pi i k / K}$$

$P$  é o número de coeficientes de Fourier utilizados para reconstruir a fronteira

# **CARACTERÍSTICAS INTERNAS**

# DESCRITORES BASEADOS EM COR

- A cor é provavelmente a característica mais
- Ela é relativamente robusta por apresentar independência do tamanho da imagem e da orientação da mesma.
- Os modelos de cor podem ser classificados em orientados ao hardware (RGB, CMY, YIQ) e orientados ao usuário (HSI, HSV,  $L^*u^*v^*$ ,  $L^*a^*b^*$ ).

# DESCRITORES BASEADOS EM TEXTURA

- Fornece medidas de propriedades como suavidade, rugosidade e regularidade.
  - Abordagens principais: Estatística, Estrutural, Espectral, Análise Local
- A abordagem estatística caracteriza as Texturas como suave, áspera, granular, etc...
- A abordagem estrutural descreve as Texturas como arranjos de primitivas de imagem, tais como linhas regularmente espaçadas.
- A abordagem espectral baseia-se em propriedades do espectro de Fourier.
- A análise Local é baseada na distribuição dos píxels em torno da vizinhança de cada píxel (Texture Unit, LBP, Transformada Census)



# DESCRITORES ESTATÍSTICOS

Média:

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$$

Desvio Padrão:

$$\sigma = \sqrt{\mu_2(z)} = \sqrt{\sigma^2}$$

Suavidade:

$$R = 1 - 1/(1 + \sigma^2)$$

Terceiro Momento:

$$\mu_3 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - 1)^3 p(z_i)$$

Uniformidade:

$$U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i)$$

Entropia:

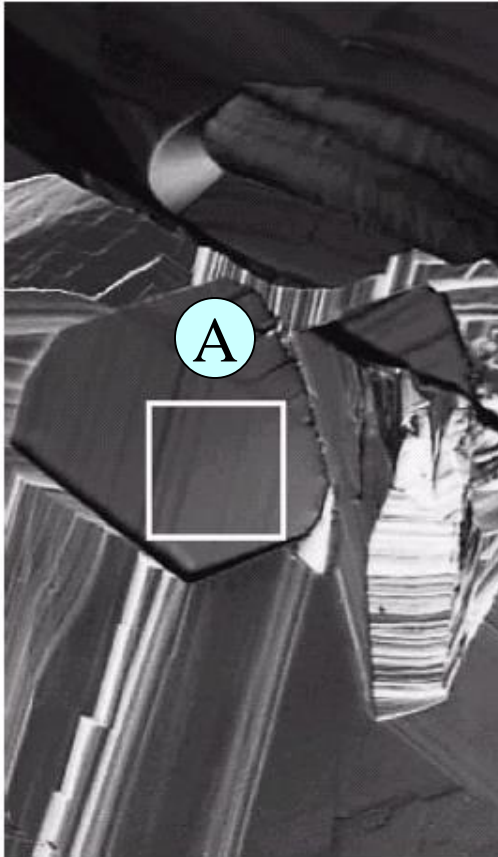
$$e = \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i)$$

- Alguns descritores de textura baseados no histograma de uma região.
- $Z_i$  = Intensidade dos pixels
- $P(z)$  = Histograma das intensidades
- $L$  = número dos possíveis níveis de cinza

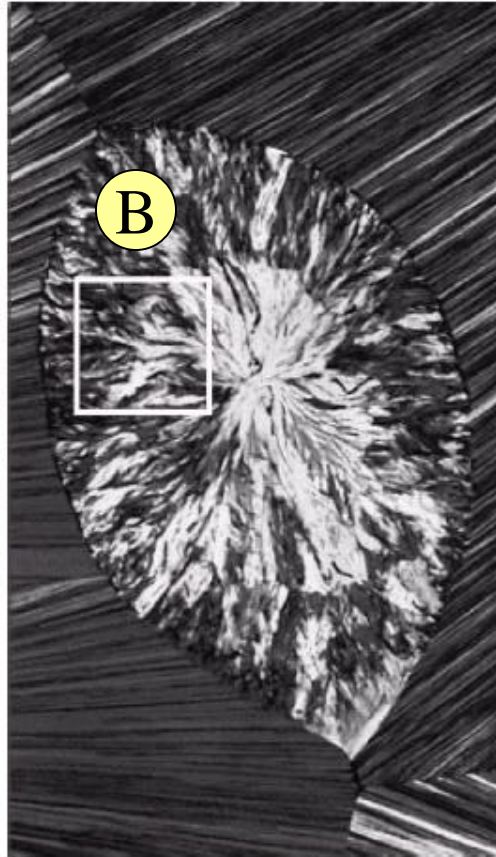
# MOMENTOS

- Propriedades estatísticas que descrevem formas
- Imagens binárias ou de tons de cinza
- Depende da escala, translação, rotação.
- A média, a variância de uma função  $f(x)$  são exemplos de momento desta função.

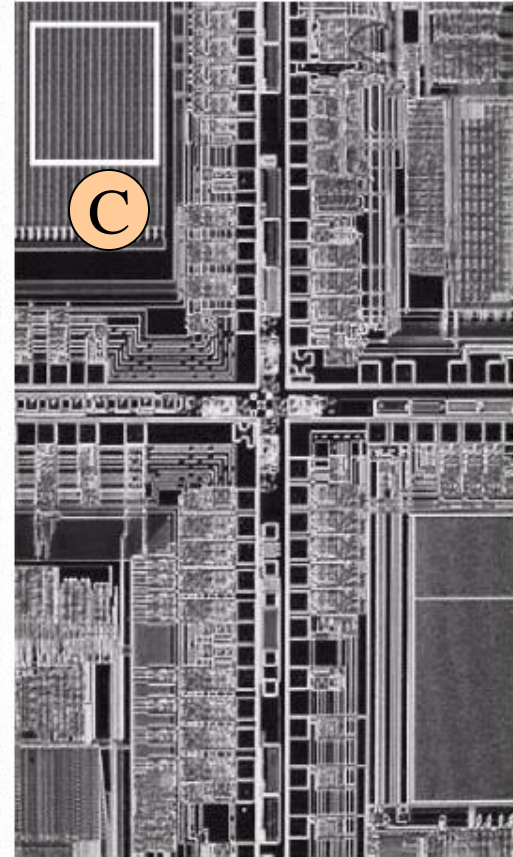
# MOMENTOS



Supercondutor  
(textura suave)



Colesterol  
(textura áspera)



Microprocesador  
(textura regular)

## Momentos estatísticos:

$$\mu_n(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^n p(z_i)$$

- $Z_i$  = Intensidade dos pixels
- $P(z)$  = Histograma das intensidades
- $L$  = número dos possíveis níveis de cinza

onde

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$$

**Exemplo:** 2º momento = variância → mede “suavidade”  
3º moment → mede “assimetria”  
4º moment → mede “uniformidade” (planicidade)

A

B

C

Texture	Mean	Standard deviation	$R$ (normalized)	Third moment	Uniformity	Entropy
Smooth	82.64	11.79	0.002	-0.105	0.026	5.434
Coarse	143.56	74.63	0.079	-0.151	0.005	7.783
Regular	99.72	33.73	0.017	0.750	0.013	6.674

# MOMENTOS 2D

- O momento de ordem (p+q) de uma função contínua bi-dimensional é definido como

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y)$$

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}$$

$$\bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

- Momentos Centrais:
  - São Momentos centralizados em regiões e podem ser expressos como

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y)$$

# MOMENTOS 2D

$$\mu_{00} = m_{00} \quad \mu_{01} = \mu_{10} = 0$$

$$\mu_{11} = m_{11} - \bar{x}m_{01} = m_{11} - \bar{y}m_{10}$$

$$\mu_{20} = m_{20} - \bar{x}m_{10} \quad \mu_{02} = m_{02} - \bar{y}m_{01}$$

$$\mu_{21} = m_{21} - 2\bar{x}m_{11} - \bar{y}m_{20} + 2\bar{x}^2m_{01}$$

$$\mu_{30} = m_{30} - 3\bar{x}m_{20} + 2\bar{x}^2m_{10}$$

$$\mu_{12} = m_{12} - 2\bar{y}m_{11} - \bar{x}m_{02} + 2\bar{y}^2m_{10}$$

$$\mu_{03} = m_{03} - 3\bar{y}m_{02} + 2\bar{y}^2m_{01}$$

São Invariantes com relação à escala.

# MOMENTOS 2D INVARIANTES

Os momentos centrais normalizadas de ordem  $p + q$

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^\gamma} \quad \text{onde} \quad \gamma = \frac{p+q}{2} + 1$$

**Momentos invariantes de Hu: rotação, translação, escala e reflexão**

$$\phi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \quad \phi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2$$

$$\phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \quad \phi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

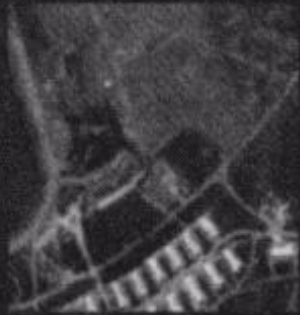
$$\phi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$$

$$\phi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})$$

$$\phi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ + (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$$

# MOMENTOS 2D INVARIANTES

1. Imagem Original



2. Metade



3. Espelhado



4. Rotação de 2 graus



5. Rotação de 45 graus





# MOMENTOS 2D INVARIANTES

Invariante	Imagem Original	Metade	Espelhado	Rotação 2°	Rotação 45°
$\phi_1$	6,249	6,226	6,919	6,253	6,318
$\phi_2$	17,180	16,954	16,955	17,270	16,803
$\phi_3$	22,655	23,531	26,689	22,836	19,724
$\phi_4$	22,919	24,236	26,901	23,130	20,437
$\phi_5$	45,749	48,349	53,724	46,136	40,525
$\phi_6$	31,830	32,916	37,134	32,068	29,315
$\phi_7$	45,589	48,343	53,590	46,017	40,170

- A experiência tem mostrado que os 7 Momentos Invariantes de Hu, são suficientes para descrever uma região relativamente independente da rotação, translação e escala.

# FLUSSER & SUK['93]: MOMENTOS INVARIANTES AFINS

$$M_F = (M_{F1}, \dots, M_{F6})$$

$$M_{F1} = \mu_{00}^{-4} (\mu_{20} \mu_{02} - \mu_{11}^2)$$

$$M_{F2} = \mu_{00}^{-10} (\mu_{30}^2 \mu_{03}^2 - 6 \mu_{30} \mu_{21} \mu_{12} \mu_{03} + 4 \mu_{30}^3 \mu_{12}^2 + 4 \mu_{30} \mu_{21}^3 - 3 \mu_{21}^2 \mu_{12}^2)$$

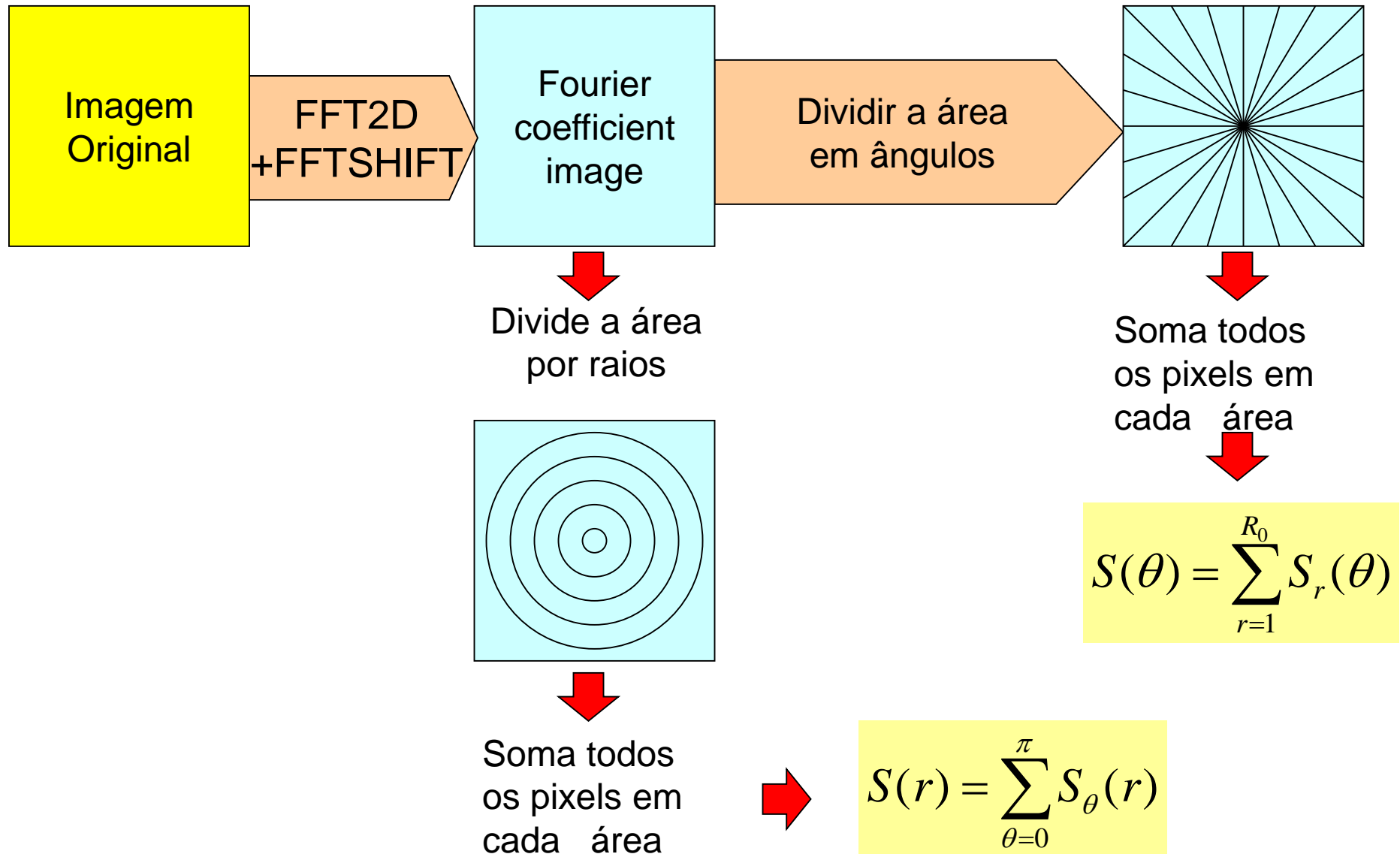
$$M_{F3} = \mu_{00}^{-7} [\mu_{20} (\mu_{21} \mu_{03} - \mu_{12}^2) - \mu_{11} (\mu_{30} \mu_{03} - \mu_{21} \mu_{12}) + \mu_{02} (\mu_{30} \mu_{12} - \mu_{21}^2)]$$

$$M_{F4} = \mu_{00}^{-11} (\mu_{20}^3 \mu_{03}^3 - 6 \mu_{20}^2 \mu_{11} \mu_{12} \mu_{03} - 6 \mu_{20}^2 \mu_{02} \mu_{21} \mu_{03} + 9 \mu_{20}^2 \mu_{02} \mu_{12}^2 + 12 \mu_{20} \mu_{11}^2 \mu_{21} \mu_{03} \\ + 6 \mu_{20} \mu_{11} \mu_{02} \mu_{30} \mu_{03} - 18 \mu_{20} \mu_{11} \mu_{02} \mu_{21} \mu_{12} - 8 \mu_{11}^3 \mu_{30} \mu_{03} \\ - 6 \mu_{20} \mu_{02}^2 \mu_{30} \mu_{12} + 9 \mu_{20} \mu_{02}^2 \mu_{21}^2 + 12 \mu_{11}^2 \mu_{02} \mu_{30} \mu_{12} - 6 \mu_{11} \mu_{02}^2 \mu_{30} \mu_{21} + \mu_{02}^3 \mu_{30}^2)$$

$$M_{F5} = \mu_{00}^{-6} (\mu_{40} \mu_{04} - 4 \mu_{31} \mu_{12} + 3 \mu_{22}^2)$$

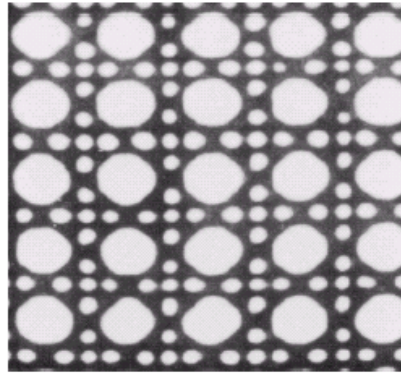
$$M_{F6} = \mu_{00}^{-9} (\mu_{40} \mu_{04} \mu_{22} + 2 \mu_{31} \mu_{22} \mu_{12} - \mu_{40} \mu_{12}^2 - \mu_{04} \mu_{31}^2 - \mu_{22}^3)$$

# DESCRITORES DE FOURIER PARA TEXTURA

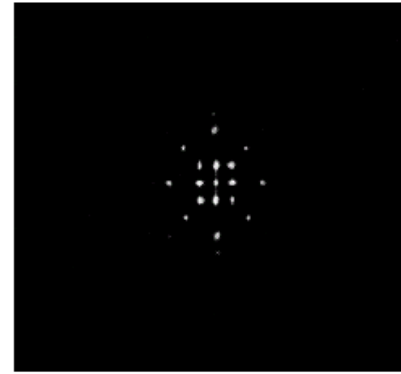


# DESCRITORES DE FOURIER PARA TEXTURA

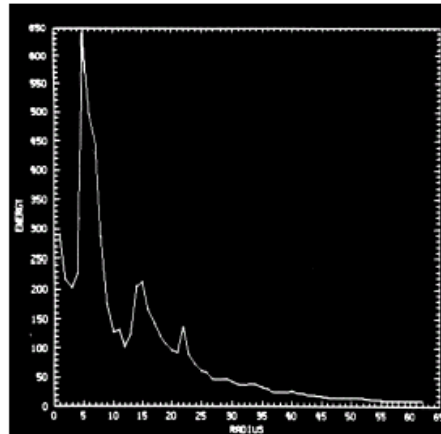
Imagem  
Original



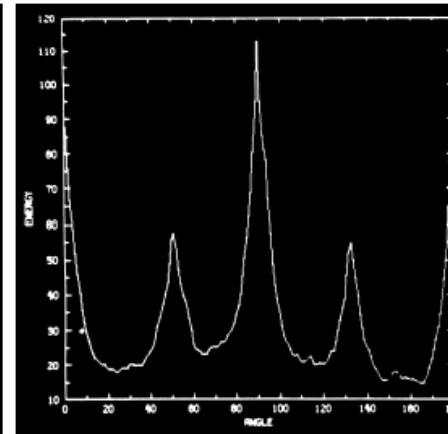
Espectro de  
Fourier 2D



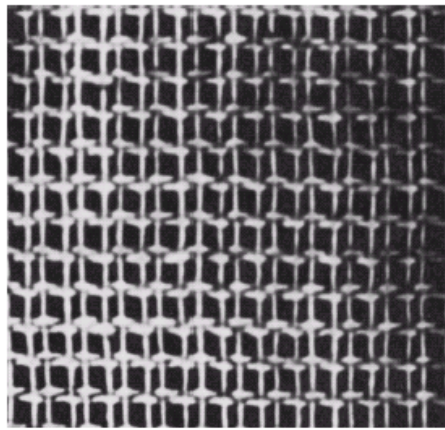
$S(r)$



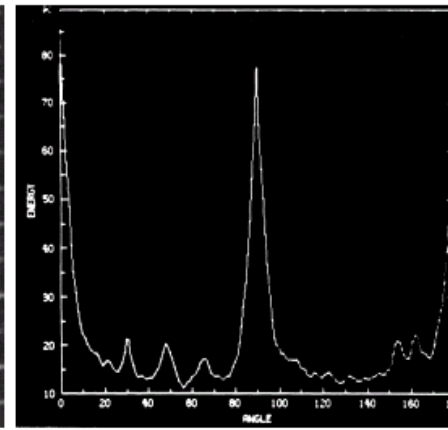
$S(\theta)$



Outra  
imagem



Outro  $S(\theta)$

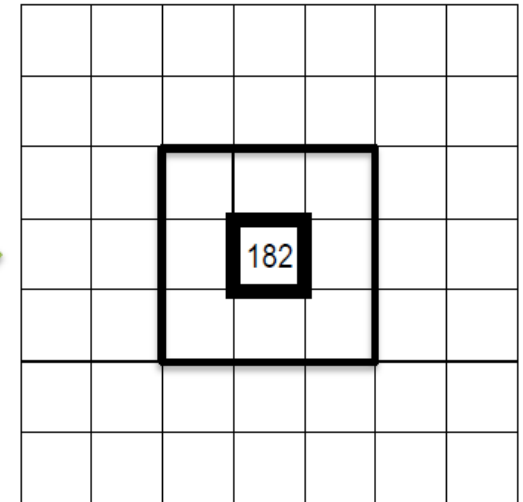
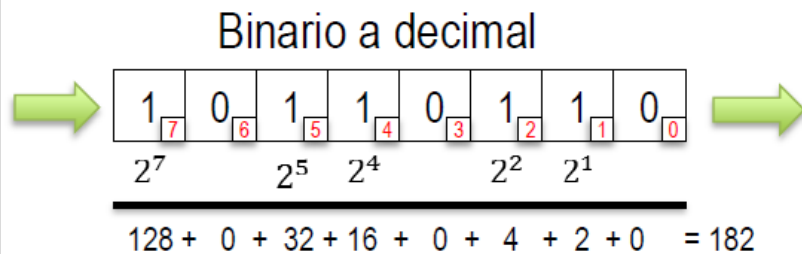


# LBP (LOCAL BINARY PATTERN)



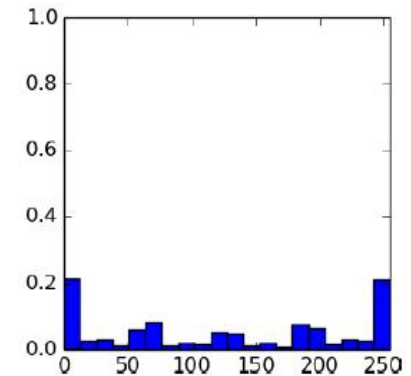
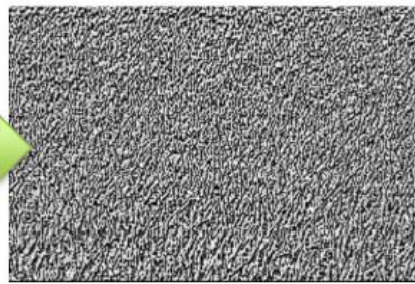
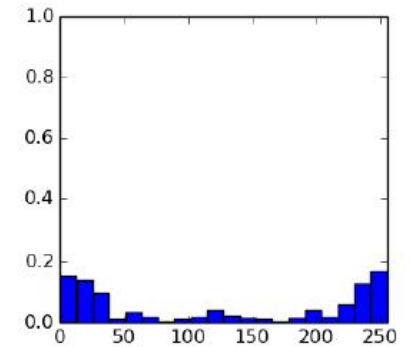
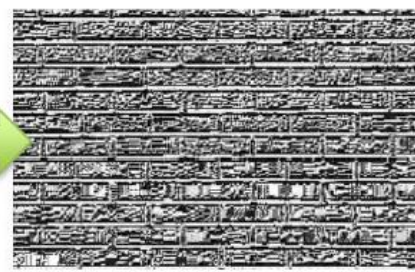
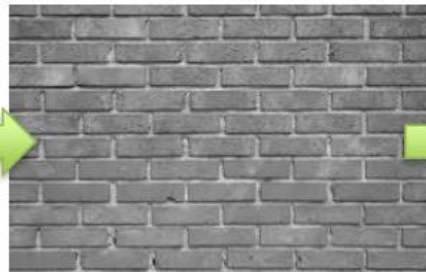
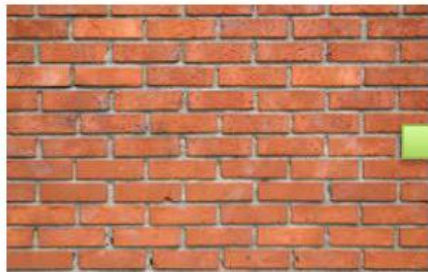
Invariante:

- Variação monotônica de nível de cinza
- Translação

$$\text{Valor do bit } b = \begin{cases} 1 & \text{se o valor do vizinho} \geq \text{valor central} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$


# LBP

## Descritor de Texturas



# LBP

- **Invariante:**

- Variações monotônicas do nível de cinza



LBP



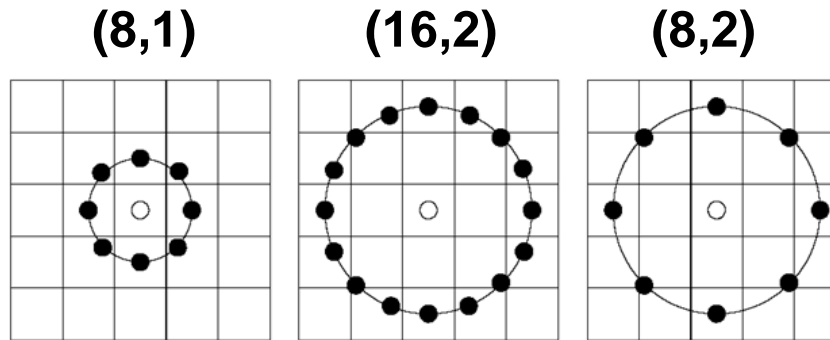
- Translação





# LBP UNIFORME

- Definição de vizinhança:



- Comparação de vizinhos:

Valor do bit  $b =$

$$\begin{cases} 1 & \text{se o valor do vizinho} - \text{valor central} \geq T \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

\*  $T = (\text{threshold} \equiv \text{limiar})$

# LBP UNIFORME

- Reduzir número de padrões
- Medida de uniformidade:  $U$
- $U = n^{\circ}$  de transições  $1 \leftrightarrow 0$  na representação binária

$U = 0$

1	1	1
1	.	1
1	1	1

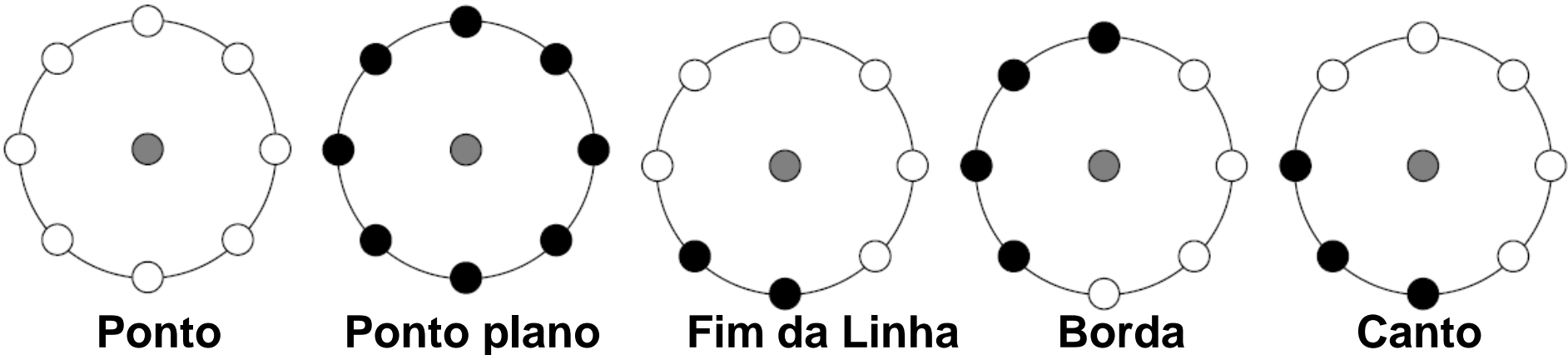
$U = 2$

0	0	0
1	.	1
1	1	1

$U = 4$

1	1	0
1	.	1
0	1	1

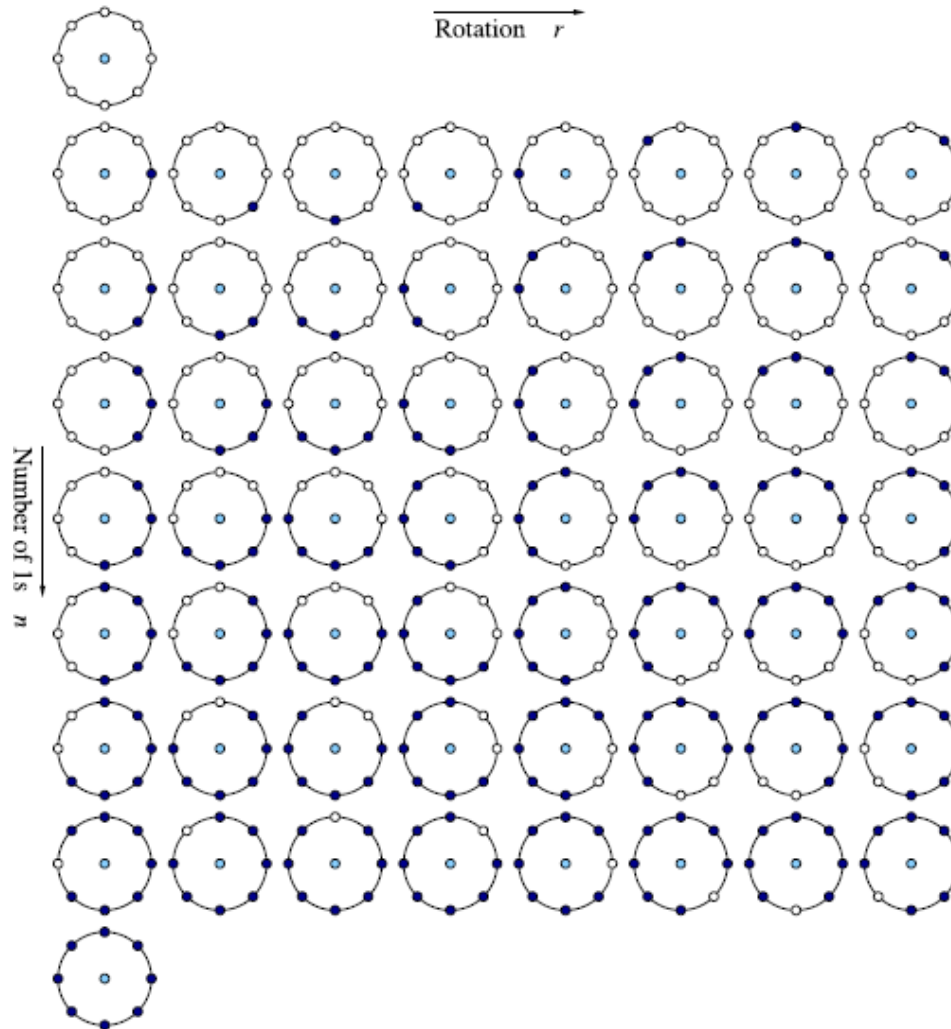
# LBP UNIFORME



- Os padrões 00000000 (0 transições), 01110000 (2 transições) e 11001111 (2 transições) são uniformes.
- Os padrões 11001001 (4 transições) e 01010011 (6 transições) não são uniformes.

## LBP Uniforme:

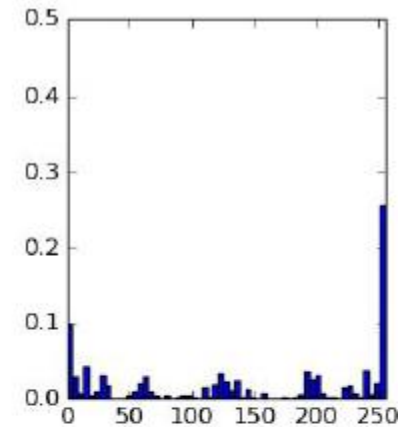
- Os padrões com  $U=0$  ou  $U=2$ , possuem um código individual
- O resto dos padrões são associados com o mesmo código
- LBP: 256 padrões, LBP Uniforme:  $(58 + 1)$  padrões



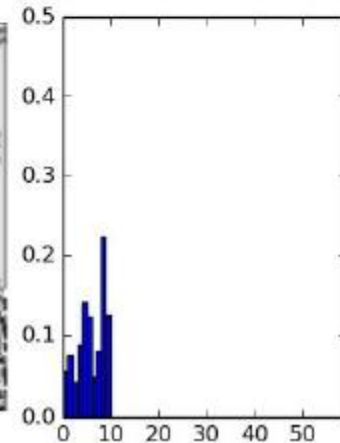
# LBP UNIFORME



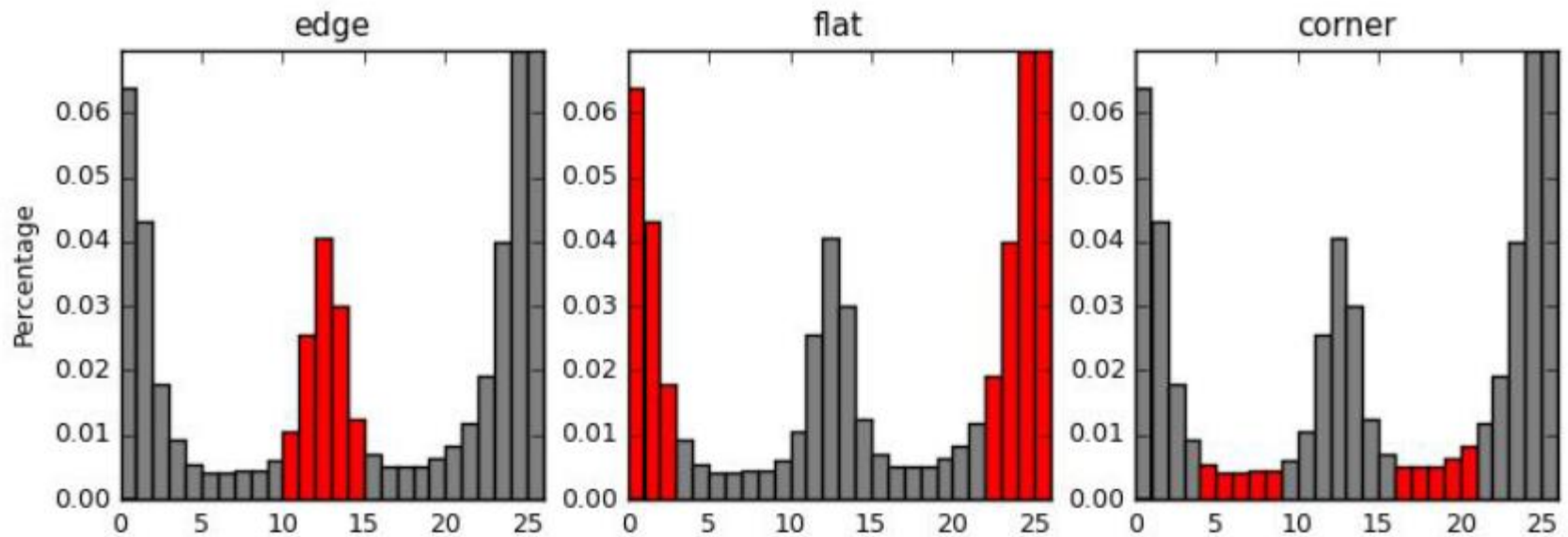
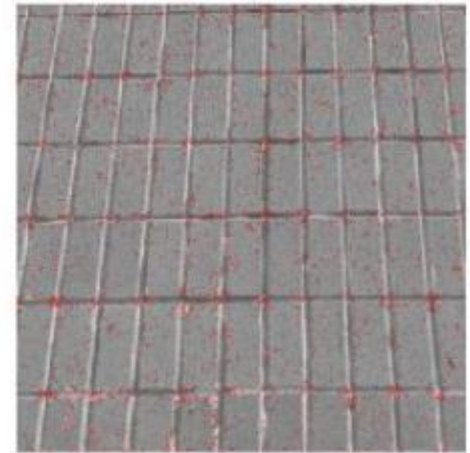
LBP



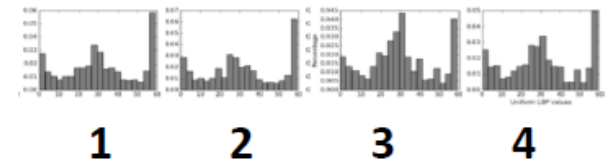
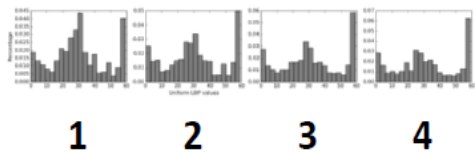
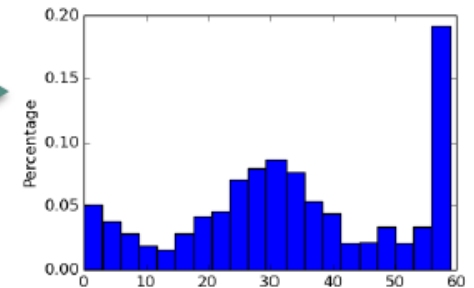
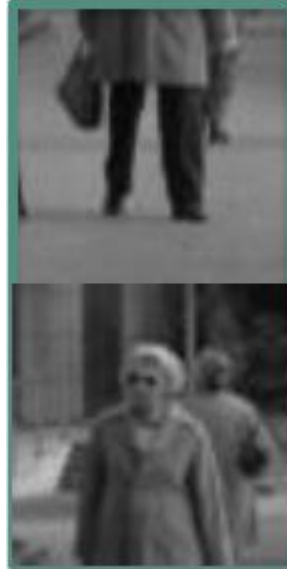
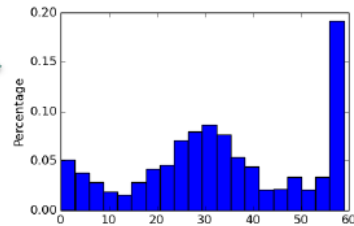
LBP uniforme



# LBP UNIFORME



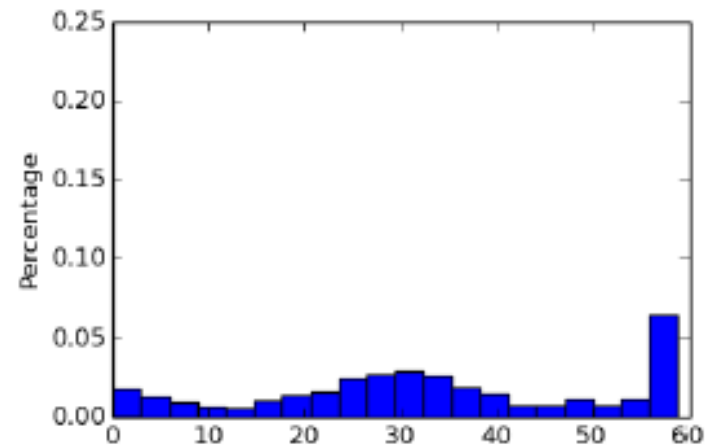
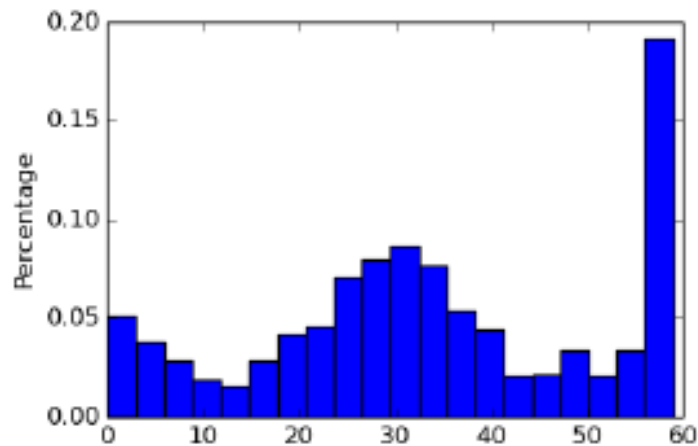
# LBP UNIFORME POR BLOCOS



- Robusto para variações locais
- Tamanho do vetor:
  - N° de blocos x 59

# LBP UNIFORME NORMALIZADO

- Valores entre 0 e 1 para cada bloco





**PERGUNTAS?**