

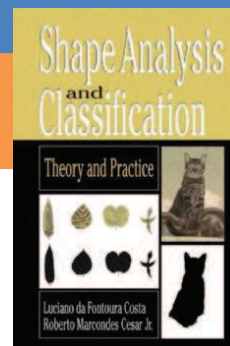
## Aula 09 – Caracterização de formas

Prof. João F. Mari  
*joaof.mari@ufv.com*

### Aula 09 - Caracterização de formas

## BIBLIOGRAFIA

1. COSTA, L. DA F.; CESAR-JR., R. M. **Shape analysis and classification : theory and practice**. CRC Press, 2000.
    - Capítulo 6.
  2. Python Scientific Lectures Notes (2013)
    - <https://scipy-lectures.github.io/downloads/PythonScientific-simple.pdf>
  3. Função `regionprops` do módulo `skimage.measure`.
    - <http://scikit-image.org/docs/dev/api/skimage.measure.html#regionprops>
  4. Função `regioprops` do Matlab®
    - <http://www.mathworks.com/help/images/ref/regionprops.html>
- **Bibliografia auxiliar:**
    1. PyCon 2014 Scikit-learn Tutorial
      - [https://github.com/ogrisel/sklearn\\_pycon2014](https://github.com/ogrisel/sklearn_pycon2014)
    2. Introduction to NumPy (SciPy 2015)
      - <https://github.com/enthought/Numpy-Tutorial-SciPyConf-2015>
      - Obs: Inclui Matplotlib.



# ROTEIRO

## Momentos

- Os momentos de uma imagem são médias ponderadas (momentos) das intensidades dos pixels em uma região (objeto).
  - Podem ser usados para definir um grupo de características de forma.
- Para uma imagem  $I(x,y)$  o momento de ordem  $(i + j)$  é definido como:

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y)$$

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

- $M_{00} = (0^0 \times 2^0) + (0^0 \times 3^0) + (1^0 \times 1^0) + (1^0 \times 2^0) + (2^0 \times 0^0) + (2^0 \times 1^0) =$   
 $= 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6$
- $M_{01} = (0^0 \times 2^1) + (0^0 \times 3^1) + (1^0 \times 1^1) + (1^0 \times 2^1) + (2^0 \times 0^1) + (2^0 \times 1^1) =$   
 $= (1 \times 2) + (1 \times 3) + (1 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 0) + (1 \times 1) = 9$
- $M_{10} = (0^1 \times 2^0) + (0^1 \times 3^0) + (1^1 \times 1^0) + (1^1 \times 2^0) + (2^1 \times 0^0) + (2^1 \times 1^0) =$   
 $= (0 \times 1) + (0 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (2 \times 1) + (2 \times 1) = 6$
- $M_{11} = (0^1 \times 2^1) + (0^1 \times 3^1) + (1^1 \times 1^1) + (1^1 \times 2^1) + (2^1 \times 0^1) + (2^1 \times 1^1) =$   
 $= (0 \times 2) + (0 \times 3) + (1 \times 1) + (1 \times 2) + (2 \times 0) + (2 \times 1) = 5$

# Momentos

- Para uma imagem  $I(x,y)$  o momento de ordem  $(i + j)$  é definido como:

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y)$$

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

- $M_{20} = (0^2 \times 2^0) + (0^2 \times 3^0) + (1^2 \times 1^0) + (1^2 \times 2^0) + (2^2 \times 0^0) + (2^2 \times 1^0) =$   
 $= (0 \times 1) + (0 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (4 \times 1) + (4 \times 1) = 10$
- $M_{02} = (0^0 \times 2^2) + (0^0 \times 3^2) + (1^0 \times 1^2) + (1^0 \times 2^2) + (2^0 \times 0^2) + (2^0 \times 1^2) =$   
 $= (1 \times 4) + (1 \times 9) + (1 \times 1) + (1 \times 4) + (1 \times 0) + (1 \times 1) = 19$
- $M_{21} = (0^2 \times 2^1) + (0^2 \times 3^1) + (1^2 \times 1^1) + (1^2 \times 2^1) + (2^2 \times 0^1) + (2^2 \times 1^1) =$   
 $= (0 \times 2) + (0 \times 3) + (1 \times 1) + (1 \times 2) + (4 \times 0) + (4 \times 1) = 7$
- $M_{12} = (0^1 \times 2^2) + (0^1 \times 3^2) + (1^1 \times 1^2) + (1^1 \times 2^2) + (2^1 \times 0^2) + (2^1 \times 1^2) =$   
 $= (0 \times 4) + (0 \times 9) + (1 \times 1) + (1 \times 4) + (2 \times 0) + (2 \times 1) = 7$
- $M_{22} = (0^2 \times 2^2) + (0^2 \times 3^2) + (1^2 \times 1^2) + (1^2 \times 2^2) + (2^2 \times 0^2) + (2^2 \times 1^2) =$   
 $= (0 \times 4) + (0 \times 9) + (1 \times 1) + (1 \times 4) + (4 \times 0) + (4 \times 1) = 9$

# Momentos

- Para uma imagem  $I(x,y)$  o momento de ordem  $(i + j)$  é definido como:

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y)$$

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

- $M_{30} = (0^3 \times 2^0) + (0^3 \times 3^0) + (1^3 \times 1^0) + (1^3 \times 2^0) + (2^3 \times 0^0) + (2^3 \times 1^0) =$   
 $= (0 \times 1) + (0 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (8 \times 1) + (8 \times 1) = 18$
- $M_{31} = (0^3 \times 2^1) + (0^3 \times 3^1) + (1^3 \times 1^1) + (1^3 \times 2^1) + (2^3 \times 0^1) + (2^3 \times 1^1) =$   
 $= (0 \times 2) + (0 \times 3) + (1 \times 1) + (1 \times 2) + (8 \times 0) + (8 \times 1) = 11$
- $M_{13} = (0^1 \times 2^3) + (0^1 \times 3^3) + (1^1 \times 1^3) + (1^1 \times 2^3) + (2^1 \times 0^3) + (2^1 \times 1^3) =$   
 $= (0 \times 8) + (0 \times 27) + (1 \times 1) + (1 \times 8) + (2 \times 0) + (2 \times 1) = 11$
- $M_{31} = (0^3 \times 2^1) + (0^3 \times 3^1) + (1^3 \times 1^1) + (1^3 \times 2^1) + (2^3 \times 0^1) + (2^3 \times 1^1) =$   
 $= (0 \times 2) + (0 \times 3) + (1 \times 1) + (1 \times 2) + (8 \times 0) + (8 \times 1) = 11$
- $M_{32} = (0^3 \times 2^2) + (0^3 \times 3^2) + (1^3 \times 1^2) + (1^3 \times 2^2) + (2^3 \times 0^2) + (2^3 \times 1^2) =$   
 $= (0 \times 4) + (0 \times 9) + (1 \times 1) + (1 \times 4) + (8 \times 0) + (8 \times 1) = 13$
- $M_{23} = (0^2 \times 2^3) + (0^2 \times 3^3) + (1^2 \times 1^3) + (1^2 \times 2^3) + (2^2 \times 0^3) + (2^2 \times 1^3) =$   
 $= (0 \times 8) + (0 \times 27) + (1 \times 1) + (1 \times 8) + (4 \times 0) + (4 \times 1) = 13$
- $M_{33} = (0^3 \times 2^3) + (0^3 \times 3^3) + (1^3 \times 1^3) + (1^3 \times 2^3) + (2^3 \times 0^3) + (2^3 \times 1^3) =$   
 $= (0 \times 8) + (0 \times 27) + (1 \times 1) + (1 \times 8) + (8 \times 0) + (8 \times 1) = 17$

$M_{00}$	$M_{10}$	$M_{20}$	$M_{30}$
$M_{01}$	$M_{11}$	$M_{21}$	$M_{31}$
$M_{02}$	$M_{12}$	$M_{22}$	$M_{32}$
$M_{03}$	$M_{13}$	$M_{23}$	$M_{33}$

6	6	10	18
9	5	7	11
19	7	9	13
45	11	13	17

# Momentos

- Algumas características simples podem ser derivadas dos momentos:
  - Área (imagens binárias) =  $M_{00} = 6$
  - Centroide =  $(\bar{x}, \bar{y}) = \left(\frac{M_{10}}{M_{00}}, \frac{M_{01}}{M_{00}}\right) = \left(\frac{6}{6}, \frac{9}{6}\right) = (1, 1.5)$

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

$M_{00}$	$M_{10}$	$M_{20}$	$M_{30}$
$M_{01}$	$M_{11}$	$M_{21}$	$M_{31}$
$M_{02}$	$M_{12}$	$M_{22}$	$M_{32}$
$M_{03}$	$M_{13}$	$M_{23}$	$M_{33}$

6	6	10	18
9	5	7	11
19	7	9	13
45	11	13	17

# Momentos centrais

- Para uma imagem  $f(x, y)$  o momento central de ordem  $(p+q)$  é definido como:

$$\mu_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y)$$

- para  $p = 0, 1, 2, \dots$  e  $q = 0, 1, 2, \dots$  sendo
- $\bar{x} = \frac{M_{10}}{M_{00}}$  e  $\bar{y} = \frac{M_{01}}{M_{00}}$  são os componentes do centroide.
- Os momentos centrais são invariantes a translação.

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

$\mu_{00}$	$\mu_{10}$	$\mu_{20}$	$\mu_{30}$
$\mu_{01}$	$\mu_{11}$	$\mu_{21}$	$\mu_{31}$
$\mu_{02}$	$\mu_{12}$	$\mu_{22}$	$\mu_{32}$
$\mu_{03}$	$\mu_{13}$	$\mu_{23}$	$\mu_{33}$

6	0	4	0
0	4	0	4
5.5	0	5	0
0	-7	0	-7

# Momentos centrais normalizados

- Os momentos centrais normalizados,  $\eta_{pq}$ , são definidos como:

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}^{\gamma}}{\mu_{00}^{\gamma}}$$

- em que:

$$\gamma = \frac{p + q}{2} + 1$$

- São invariantes a translação e escala, porém não a rotação.

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

# Momentos invariantes de Hu

- Um conjunto de sete momentos invariantes podem ser derivados dos segundo e terceiro momentos centrais normalizados.
  - Esse conjunto de momentos é invariante a translação rotação e escala.

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]. \end{aligned}$$

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

## [EX] Imprime momentos

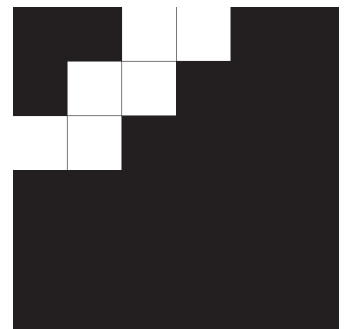
```
#####
# Gera imagem de rotulos. # 'im_pb' eh uma imagem binaria.
# Funcao do skimage (Nao funciona corretamente).
#### im_r = measure.label(im_pb, background=0)
# Funcao do scipy.ndimage.
im_r, num_obj = ndi.measurements.label(im_pb)

# Obtem propriedades (caracteristicas) da regioes rotuladas em uma imagem.
props = measure.regionprops(im_r, im)

for i in range(0,im_r.max()):
    print 'Rotulo do Objeto: ', props[i].label
    print 'Momentos:',
    print props[i].moments
    print 'Momentos centrais.....:',
    print props[i].moments_central
    print 'Momentos normalizados.....:',
    print props[i].moments_normalized
    print 'Momentos de Hu.....:',
    print props[i].moments_hu
```

## [EX] Imprime os momentos

```
Rotulo do Objeto: 1
Momentos:
[[ 6.  6. 10. 18.]
 [ 9.  5.  7. 11.]
 [19.  7.  9. 13.]
 [45. 11. 13. 17.]]
Momentos centrais:
[[ 6.  0.  4.  0.]
 [ 0. -4.  0. -4.]
 [5.5  0.  5.  0.]
 [ 0. -7.  0. -7.]]
Momentos normalizados:
[[      nan      nan  0.11111111  0.      ]
 [      nan -0.11111111  0.     -0.01851852]
 [ 0.15277778  0.     0.02314815  0.      ]
 [ 0.     -0.03240741  0.     -0.00540123]]
Momentos de Hu:
[ 0.26388889  0.05111883  0.      0.      0.      0.      0.      ]
```

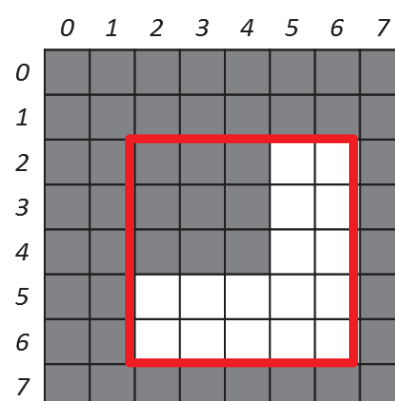
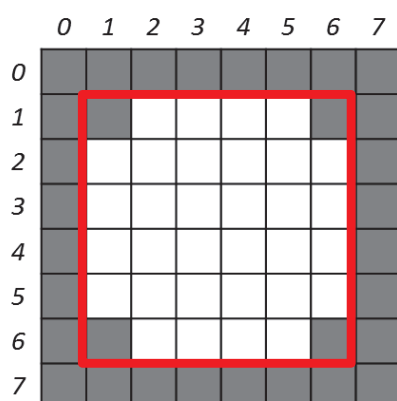


# Bounding-box

- É o menor retângulo que contém uma região.

## skimage.measure.regionprops

- bbox** : tuple
  - Bounding box (min\_row, min\_col, max\_row, max\_col)

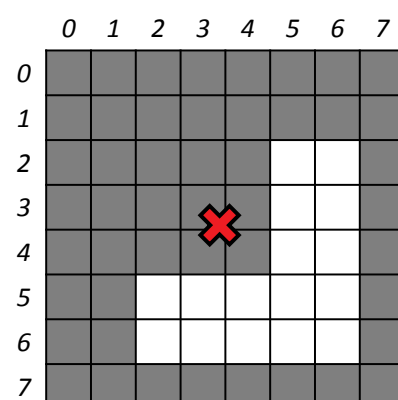
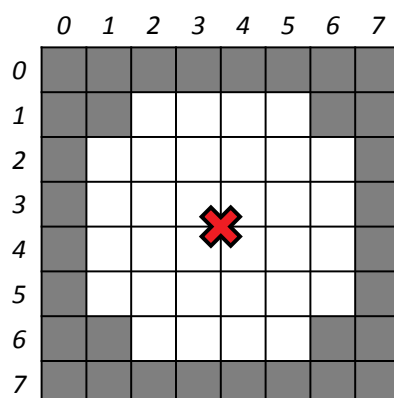


# Centroide

- É centro de massa de uma região.

## skimage.measure.regionprops

- centroid** : array
  - Tupla com as coordenadas do centroide (linha, coluna).



# Distâncias em relação ao centroide

- Características calculadas considerando o centroide e os pontos de borda:

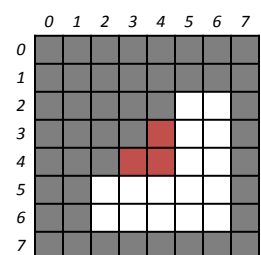
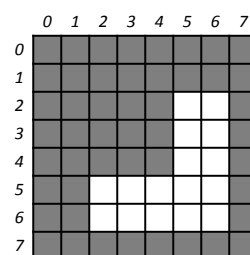
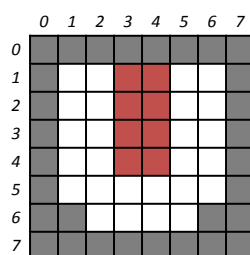
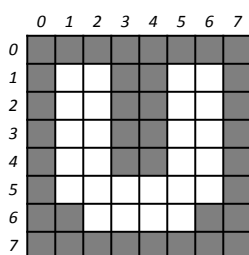
- Distância máxima  $D_{max}$  entre o centroide e a borda.
- Distância mínima  $D_{min}$  entre o centroide e a borda.
- Distância máxima  $D_{média}$  entre o centroide e a borda.
- Histograma das distâncias entre o centroide e a borda.
- Características baseadas em razões:

$$\frac{D_{max}}{D_{min}}, \frac{D_{max}}{D_{média}}, \frac{D_{min}}{D_{média}}$$

- Características adimensionais – Adequadas quando independência de tamanho é necessária.
- Podem ser usadas para diferenciar formas circulares ( $D_{max} \neq D_{min}$ ) de formas alongadas.
- Características que utilizam  $D_{média}$  são mais tolerantes à variações locais.

# Fecho Convexo

- É o menor polígono convexo que contém uma região.

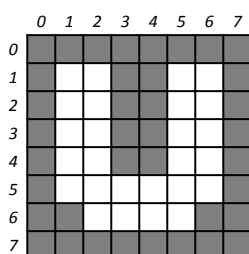




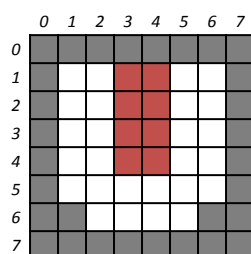
# Área Convexa

- O número de pixels na região do fecho convexo

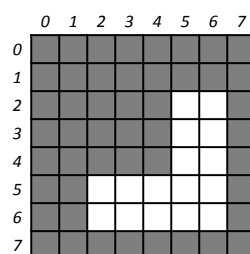
Area = 26



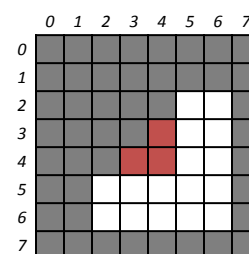
AreaConvexa = 34



Area = 16



AreaConvexa = 19

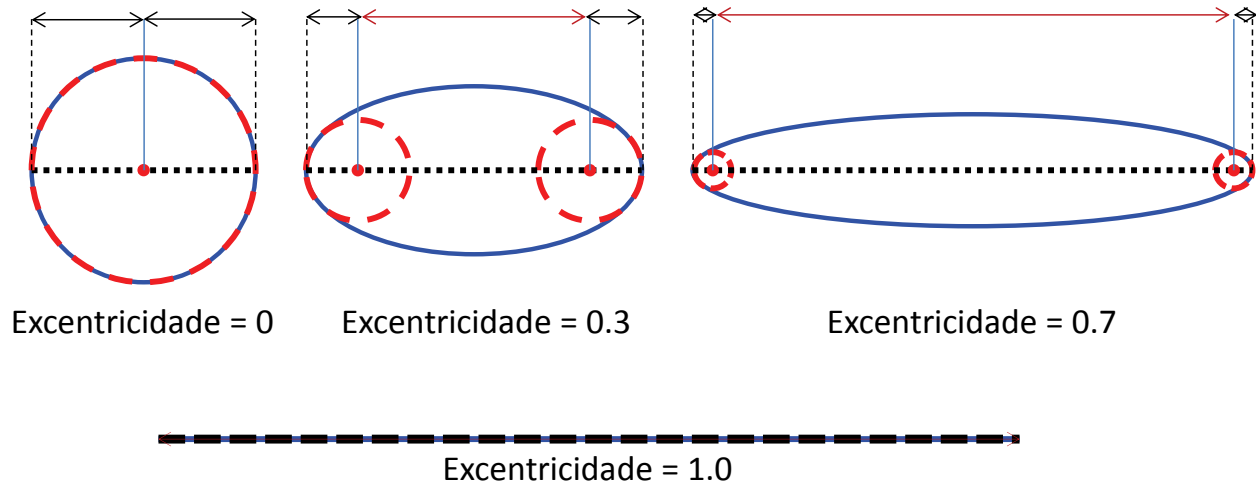


# Circularidade

- É uma função do perímetro e da área da forma.
  - $Circularidade = \frac{4 \times \pi \times AREA}{Perimetro^2}$
  - A circularidade do círculo perfeito é 1.

## Excentricidade

- Corresponde ao raio entre a distância entre os focos de uma elipse e o comprimento do maior eixo.



## Diâmetro equivalente

- É o diâmetro de um círculo com a mesma área da região.

$$DiametroEquiv = \sqrt{\frac{4 \times area}{\pi}}$$

## Número de Euler

- É o número de regiões na imagem subtraído pelo número de buracos.

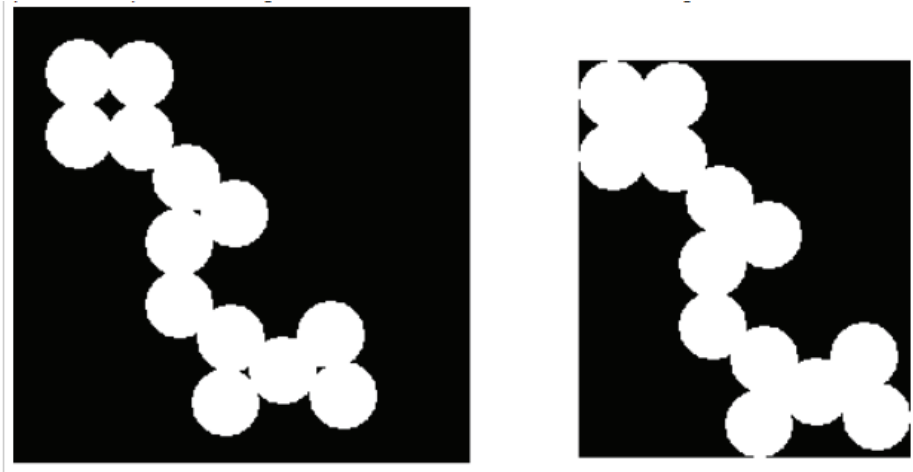
## Extensão

- É a razão entre o número de pixels na região e no *bounding box*.

$$- Extensão = \frac{Área_{Objeto}}{Área_{BoundingBox}}$$

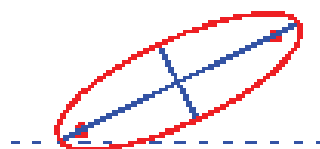
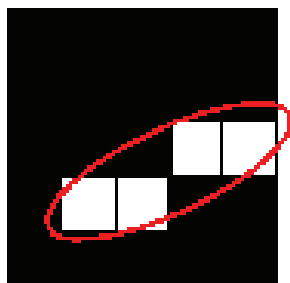
# Área preenchida

- Área de uma região após o preenchimento dos buracos.



# Maior eixo e menor eixo e orientação

- **Maior eixo:**
  - A largura (em pixels) do maior eixo de uma elipse com os mesmos segundos momentos centrais normalizados que a região
- **Menor eixo:**
  - A largura (em pixels) do menor eixo de uma elipse com os mesmos segundos momentos centrais normalizados que a região
- **Orientação:**
  - O ângulo entre o eixo x e o **Maior eixo**.

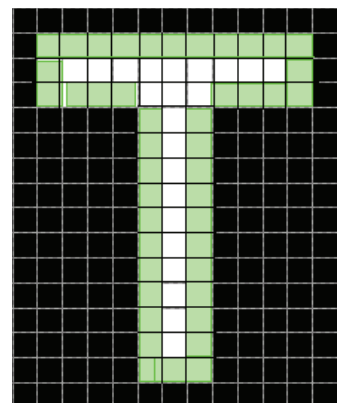


## Solidez (*solidity*)

- É a razão entre o número de pixels na região e em seu *fecho convexo*.
- $$Solidity = \frac{Área_{Objeto}}{ÁreaConvexa}$$

## Perímetro

- O número de pixels de borda de um objeto.
  - Diferente para conectividade 4 e 8.
  - No caso de bordas 8-conectadas as distâncias entre pixels adjacentes não são constantes.
    - Pares de pixels com vizinhança diagonal:
    - $d(A, B) = \sqrt{2}$
    - Demais pares de pixels:
    - $d(B, C) = 1$



# Intensidades mínima, média e máxima

- Medidas que consideram objetos com pixels em níveis de cinza.

## Características de objetos (skimage – *measure.regionprops*)

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.patches as patches
from scipy import ndimage as ndi
from skimage import data, util, filters, measure, color, morphology

def plot_centroide(ax, cent):
    ax.scatter(cent[1], cent[0], color='r', s=40)
def plot_bbox(ax, bbox):
    ax.add_patch(
        patches.Rectangle( (bbox[1]-1., bbox[0]-1.), bbox[3]-bbox[1]+1, bbox[2]-bbox[0]+1,
                           fill=False, color='g')
    )
def plot_diametro(ax, cent, diam):
    ax.add_patch(
        patches.Circle( (cent[1], cent[0]), radius=diam/2., fill=False, color='b')
    )
def plot_rotulo(ax, bbox, label):
    x_ = bbox[1]
    y_ = bbox[0]
    ax.annotate(label, xy=(x_, y_), xytext=(x_-1, y_-1), color='y' )
```

Características de objetos (skimage – *measure.regionprops*)

```
def plot_eixo_menor(ax, cent, orient, maj_ax):
    x_ = np.sin(orient)*(maj_ax*0.5)
    y_ = np.cos(orient)*(maj_ax*0.5)
    ax.plot([cent[1], cent[1]+x_], [cent[0], cent[0]+y_], 'm-')

def plot_eixo_maior(ax, cent, orient, maj_ax):
    x_ = np.cos(orient)*(maj_ax*0.5)
    y_ = np.sin(orient)*(maj_ax*0.5)
    ax.plot([cent[1], cent[1]+x_], [cent[0], cent[0]-y_], 'm-')

# Carrega a imagem.
### im = data.imread('BlobTest_2.tif')
# Converte para imagem em níveis de cinza.
im = im[:, :, 0]
# Converte imagem para float.
im = util.img_as_float(im)
# Filtro da mediana.
im_mf = ndi.filters.median_filter(im, size=3)
# Limiarizacao manual.
val1 = 0.9
# Gera imagem binaria.
im_bw = im_mf <= val1
```

Características de objetos (skimage – *measure.regionprops*)

```
# Elemento estruturante.
se = np.ones([3,3])
# Filtragem morfológica.
im_ml = morphology.binary_opening(im_bw, se)
im_ml = morphology.binary_closing(im_ml, se)
im_ml = morphology.remove_small_objects(im_ml, 40)
# Gera imagem de rotulos.
im_r = measure.label(im_ml, background=0)
# Inicializa matriz de caracteristicas F.
F = np.array([])
print type(F), F.shape
# Obtem propriedades (caracteriticas) de regioes rotuladas em uma imagem.
props = measure.regionprops(im_r, im)
# Percorre os objetos.
for i in range(0, im_r.max()):
    print '-----'
    print 'Objeto: ', i
    print 'Area.....: ', props[i].area
    print 'Bounding box.....: ', props[i].bbox
    print 'Centroide.....: ', props[i].centroid
    print 'Area do fecho convexo.....: ', props[i].convex_area
```

Características de objetos (skimage – *measure.regionprops*)

```

print 'Excentricidade.....: ', props[i].eccentricity
print 'Diametro equivalente.....: ', props[i].equivalent_diameter
print 'Numero de Euler.....: ', props[i].euler_number
print 'Extensao.....: ', props[i].extent
print 'Area preenchida.....: ', props[i].filled_area
print 'Comprimento do maior eixo.....: ', props[i].major_axis_length
print 'Intensidade maxima.....: ', props[i].max_intensity
print 'Intensidade media.....: ', props[i].mean_intensity
print 'Intensidade minima.....: ', props[i].min_intensity
print 'Comprimento do menor eixo.....: ', props[i].minor_axis_length
print 'Orientacao.....: ', props[i].orientation
print 'Perimetro.....: ', props[i].perimeter
print 'Solidicidade.....: ', props[i].solidity

# Constroi ndarray do objeto i
F_i = np.array( [props[i].area, (props[i].centroid)[0],
                  (props[i].centroid)[1], props[i].convex_area,
                  props[i].eccentricity, props[i].equivalent_diameter,
                  props[i].euler_number, props[i].extent,
                  props[i].filled_area, props[i].major_axis_length,
                  props[i].max_intensity, props[i].mean_intensity,

```

Características de objetos (skimage – *measure.regionprops*)

```

                  props[i].min_intensity, props[i].minor_axis_length,
                  props[i].orientation, props[i].perimeter,
                  props[i].solidity] )

# TESTE
print 'Vetor de caracteristicas do objeto: ', i
print F_i
# Justa os vetores e carac. na matriz de caract. F
if i==0:
    F = F_i
else:
    F = np.vstack((F,F_i))
*****
# Plota figura.
fig, ((ax1, ax2), (ax3, ax4)) = plt.subplots(2,2)
ax1.set_title('Imagem original.')
ax1.imshow(im, cmap='gray', interpolation='nearest')
ax2.set_title('Filtro da mediana.')
ax2.imshow(im_mf, cmap='gray', interpolation='nearest')
ax3.set_title('Imagem binaria.')
ax3.imshow(im_ml, cmap='gray', interpolation='nearest')

```



Características de objetos (skimage – *measure.regionprops*)

```

ax4.set_title('Imagem de rotulos.')
ax4.imshow(im_r, cmap='gray', interpolation='nearest')
# Imprime na tela.
print F.shape
print F
# Grava em arquivo.
np.savetxt('Teste_F.csv', F, delimiter=', ', fmt='%.4f')
# Plota algumas características sobre a imagem original.
plt.figure()
plt.subplot(111)
plt.title('Características dos objetos')
plt.imshow(im, cmap='gray', interpolation='nearest')
ax = plt.gca() # Get the current axes
# Percorre os objetos.
for i in range(0,im_r.max()):
    # Plota o centroide.
    plot_centroide(ax, props[i].centroid)
    # Plota o Bounding Box
    plot_bbox(ax, props[i].bbox)
    # Plota o diametro.
    plot_diametro(ax, props[i].centroid, props[i].equivalent_diameter)

```

Características de objetos (skimage – *measure.regionprops*)

```

# Plota o eixo maior.
plot_eixo_maior(ax, props[i].centroid,
                props[i].orientation, props[i].major_axis_length)
# Plota o eixo menor
plot_eixo_menor(ax, props[i].centroid,
                props[i].orientation, props[i].minor_axis_length)

# Plota algumas características sobre a imagem binaria.
plt.figure()
plt.subplot(111)
plt.title('Características dos objetos')
plt.imshow(im_ml, cmap='gray', interpolation='nearest')
ax = plt.gca() # Get the current axes
# Percorre os objetos.
for i in range(0,im_r.max()):
    # Plota o centroide.
    plot_centroide(ax, props[i].centroid)
    # Plota o Bounding Box
    plot_bbox(ax, props[i].bbox)
    # Plota o diametro.
    plot_diametro(ax, props[i].centroid, props[i].equivalent_diameter)

```

## Características de objetos (skimage – *measure.regionprops*)

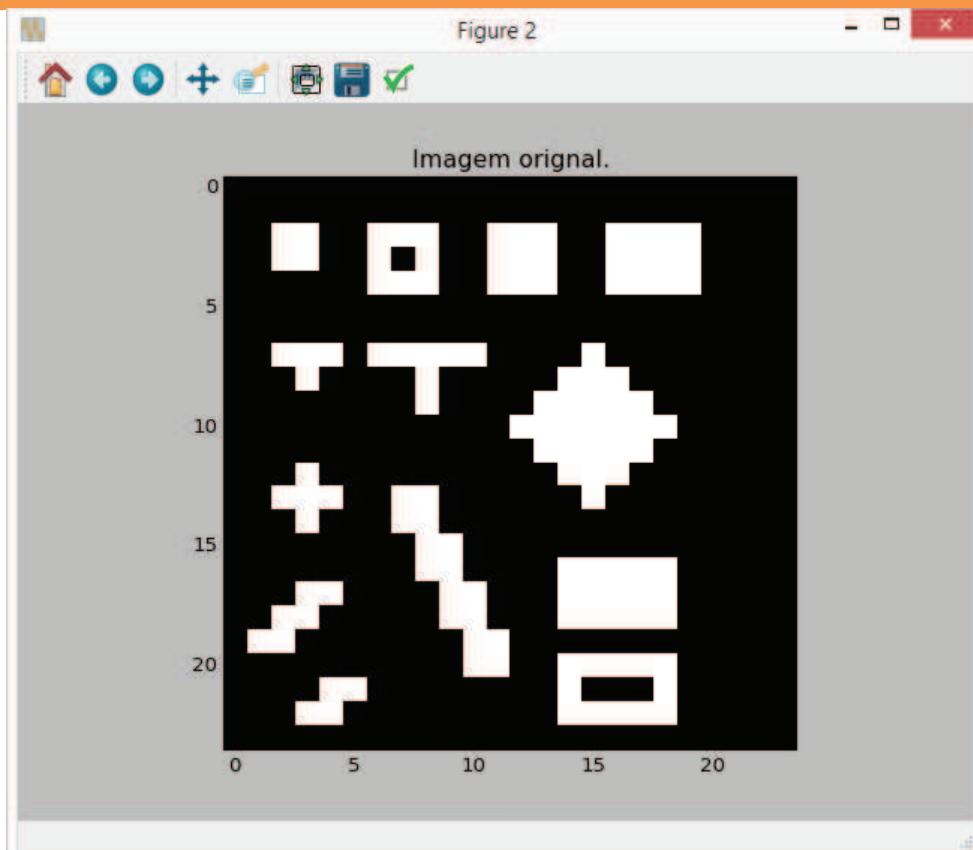
```
# Plota o eixo maior.
plot_eixo_maior(ax, props[i].centroid,
                props[i].orientation, props[i].major_axis_length)

# Plota o eixo menor
plot_eixo_menor(ax, props[i].centroid,
                props[i].orientation, props[i].minor_axis_length)

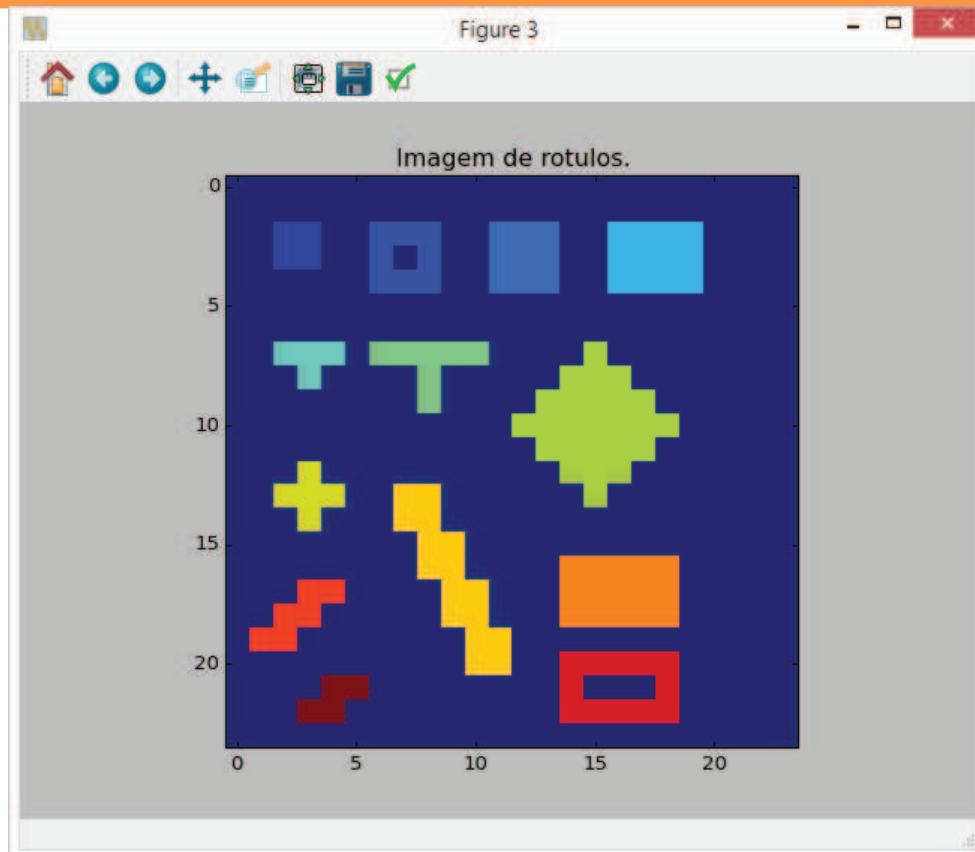
# Plota algumas características sobre a imagem mascarada.
plt.figure()
plt.subplot(111)
plt.title('Características dos objetos')
plt.imshow(im_ml*im, cmap='gray', interpolation='nearest')
ax = plt.gca() # Get the current axes
# Percorre os objetos.
for i in range(0,im_r.max()):
    # Plota o centroide.
    plot_centroide(ax, props[i].centroid)
    # Plota o Bounding Box
    plot_bbox(ax, props[i].bbox)
    # Plota o diametro.
    plot_diametro(ax, props[i].centroid, props[i].equivalent_diameter)
```

### Aula 09 - Caracterização de formas

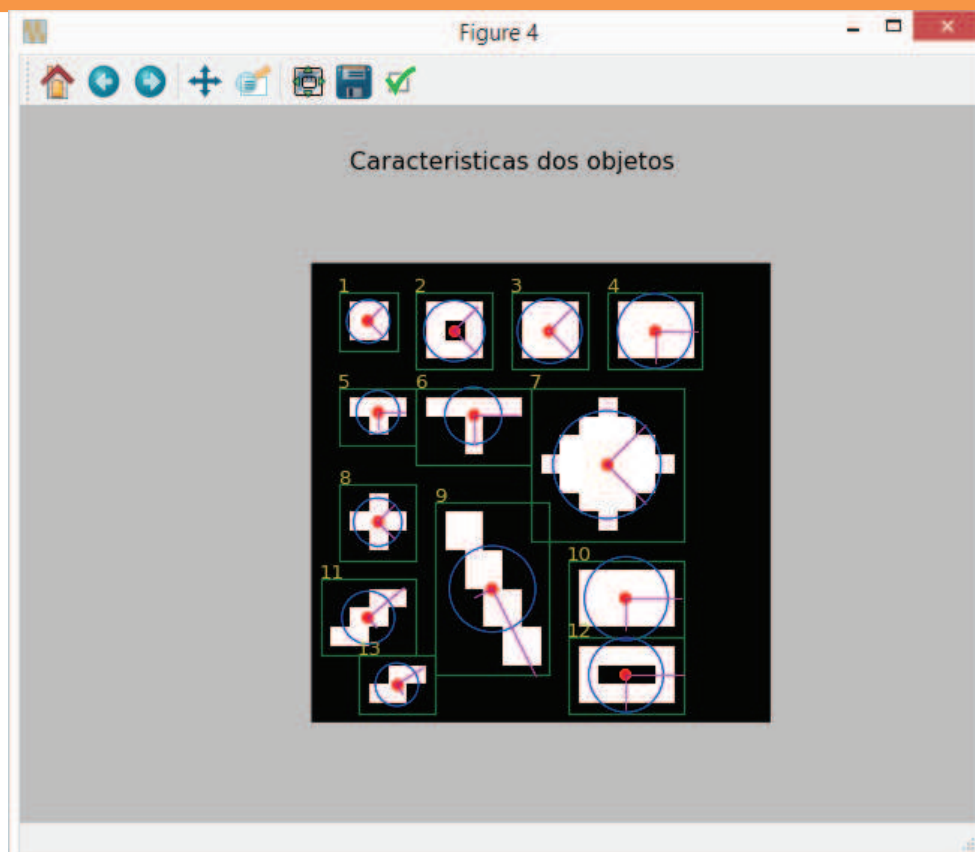
## Dataset: Formas geométricas simples



# Dataset: Formas geométricas simples



# Dataset: Formas geométricas simples



## Dataset – Formas geométricas

	area_preechida	maior_eixo	max_int	mean_int	min_int	menor_eixo	orient	perim	solidi
1	2316	54.4382	0.898	0.0666	0	54.169	-0.8468	176.267	0.9897
2	968	35.6139	0.898	0.0949	0	34.6125	-0.0458	113.397	0.9827
3	1459	43.6895	0.898	0.0793	0	42.521	0.0917	139.8823	0.9838
4	968	35.6139	0.898	0.0949	0	34.6125	-0.0458	113.397	0.9827
5	3199	65.5929	0.9725	0.6109	0.5294	64.8377	0.3563	259.865	0.9337
6	3199	63.9854	0.9059	0.6082	0.5294	63.6577	0.7955	209.2376	0.9867
7	3230	64.216	0.898	0.4178	0.3137	64.0423	0.8001	209.8234	0.9878
8	3288	65.0827	0.898	0.059	0	64.3265	-0.0607	211.4802	0.9874
9	3160	64.0972	0.898	0.7998	0.7608	62.7741	0.0844	206.4092	0.99
10	3285	65.1456	0.898	0.0583	0	64.2081	-0.0209	211.4802	0.9871
11	1945	54.9384	0.898	0.0784	0	53.9879	0.2832	198.267	0.9759
12	3014	63.3176	0.8941	0.0779	0	63.2565	0.8211	211.8995	0.9997
13	2695	58.9651	0.898	0.069	0	58.663	0.9895	198.3675	0.9872
14	3014	67.0231	0.9686	0.1075	0	63.8156	0.9412	313.1543	0.8856
15	2269	76.6221	0.898	0.072	0	37.704	1.1519	192.1665	0.9857
16	3015	71.0093	0.9686	0.0872	0	57.8659	-1.2597	305.0782	0.8746
17	3015	68.7084	0.898	0.0599	0	55.872	-1.1976	203.8234	0.9872
18	3290	65.1388	0.898	0.0599	0	64.3114	-0.0871	211.4802	0.9874
19	1397	76.266	0.898	0.1104	0	23.3333	0.0013	172.3259	0.9661
20	2541	69.9893	0.9961	0.0723	0	52.1953	-0.7892	218.0244	0.8547
21	2849	68.2982	1	0.0749	0	58.1958	-0.512	236.066	0.8878
22	3183	66.1121	1	0.0741	0	62.7295	-0.2583	237.3797	0.9567
23	3286	65.1486	0.898	0.0589	0	64.2235	-1.4902	211.4802	0.9874
24	3286	68.061	0.9686	0.0982	0	67.1681	-1.0165	363.3625	0.8323

## Dataset – Formas geometricas

	area	cent_x	cent_y	area_conv	excent	diam	euler	extensao
1	2316	61.4922	221.2832	2340	0.0993	54.3031	0	0.7942
2	968	55.4494	391.3988	985	0.2355	35.1069	0	0.7683
3	1459	61.3276	127.1282	1483	0.2297	43.1005	0	0.7895
4	968	61.4494	42.3988	985	0.2355	35.1069	0	0.7683
5	3027	126.9458	395.7423	3242	0.1513	62.0814	-1	0.739
6	3199	130.4379	134.6755	3242	0.1011	63.8208	0	0.781
7	3230	130.4009	221.395	3270	0.0735	64.1293	0	0.7886
8	3288	130.5021	312.4726	3330	0.152	64.7025	0	0.7784
9	3160	130.462	42.5424	3192	0.2021	63.4306	0	0.7964
10	3285	213.4021	312.4365	3328	0.169	64.673	0	0.7777
11	1945	219.2401	42.546	1993	0.1852	49.764	0	0.5526
12	3014	213.0259	134.9735	3015	0.0439	61.9479	0	0.9964
13	2695	213.1102	221.3952	2730	0.1011	58.578	0	0.7903
14	2670	214.3513	395.0989	3015	0.3057	58.3057	-2	0.8826
15	2269	287.3865	136.5531	2302	0.8706	53.7492	0	0.6851
16	2671	287.0079	394.2254	3054	0.5796	58.3166	-2	0.6873
17	3015	287.1512	227.3138	3054	0.582	61.9582	0	0.7759
18	3290	287.4708	312.4134	3332	0.1589	64.7222	0	0.7789
19	1397	288.4488	52.7738	1446	0.952	42.1748	0	0.7761
20	2541	378.2637	48.7292	2973	0.6662	56.8797	0	0.6204
21	2849	378.3071	135.0927	3209	0.5234	60.2284	0	0.6956
22	3183	376.4716	227.192	3327	0.3158	63.661	0	0.7534
23	3286	375.9352	317.9893	3328	0.1679	64.6828	0	0.7778
24	2770	377.1404	401.7079	3328	0.1614	59.3875	-3	0.6556

# Dataset: Formas geométricas

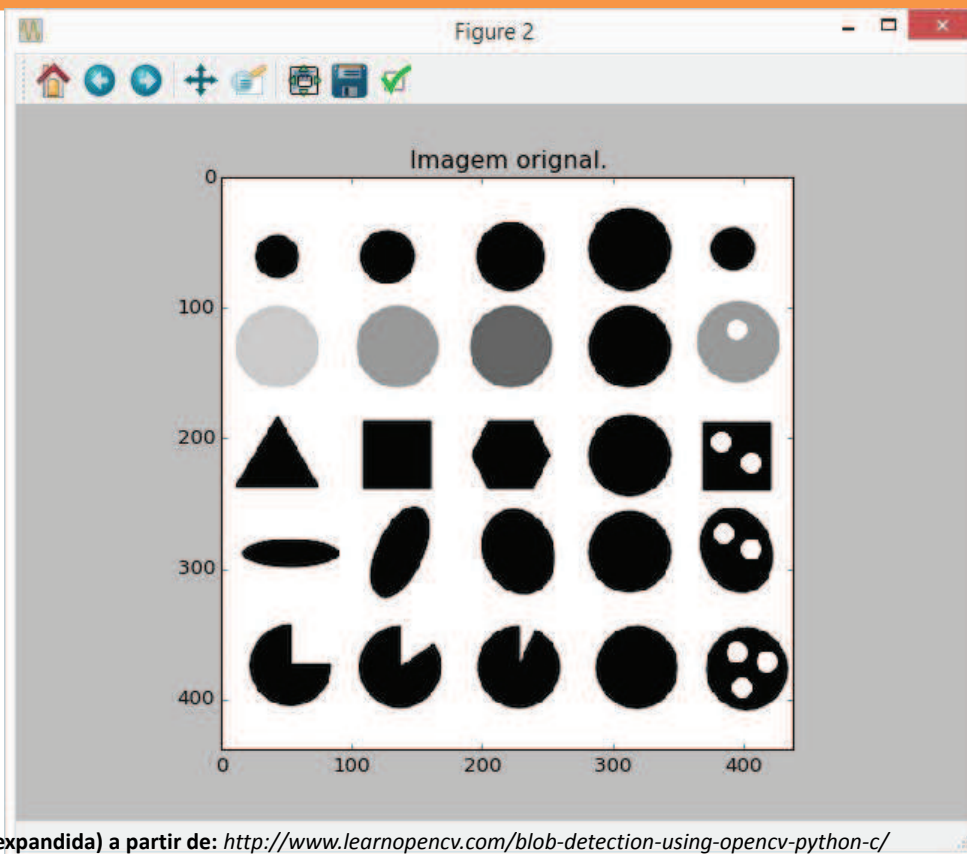
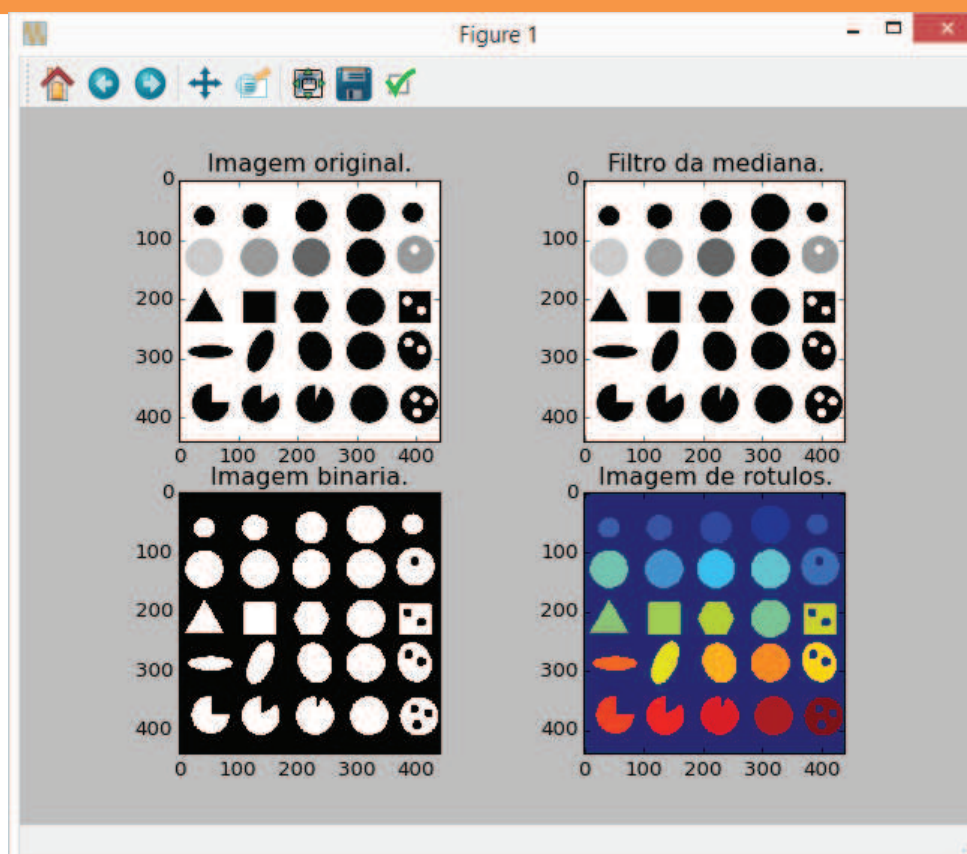
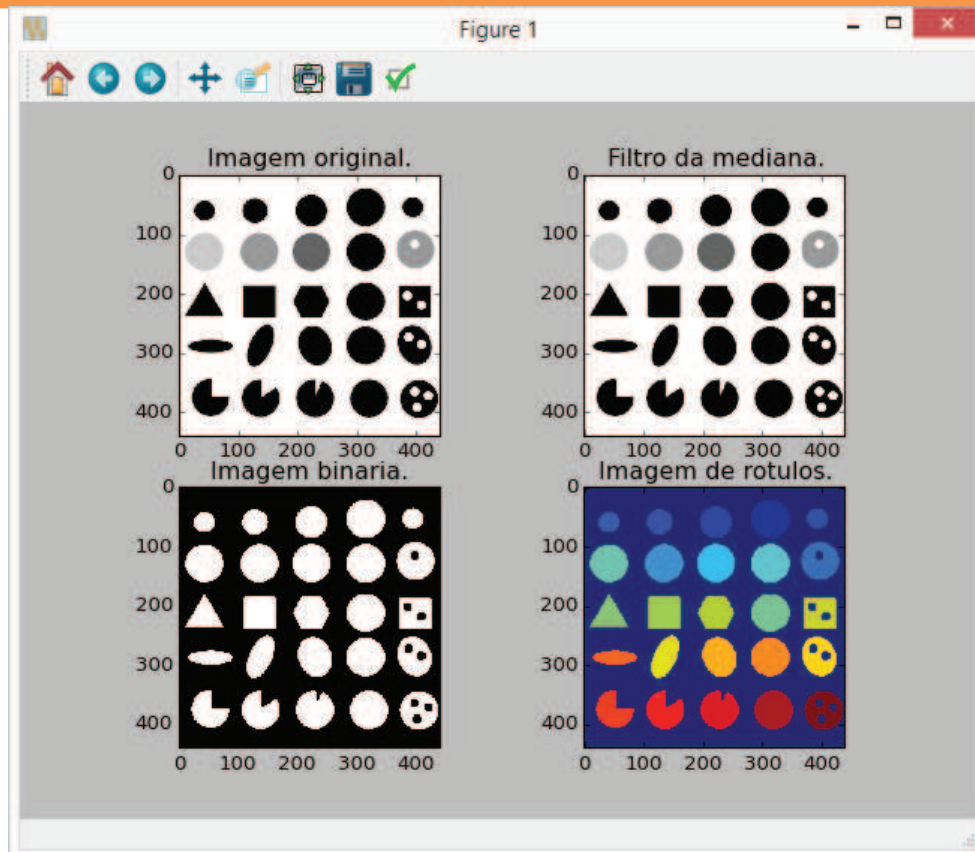


Imagem adaptada (expandida) a partir de: <http://www.learnopencv.com/blob-detection-using-opencv-python-c/>

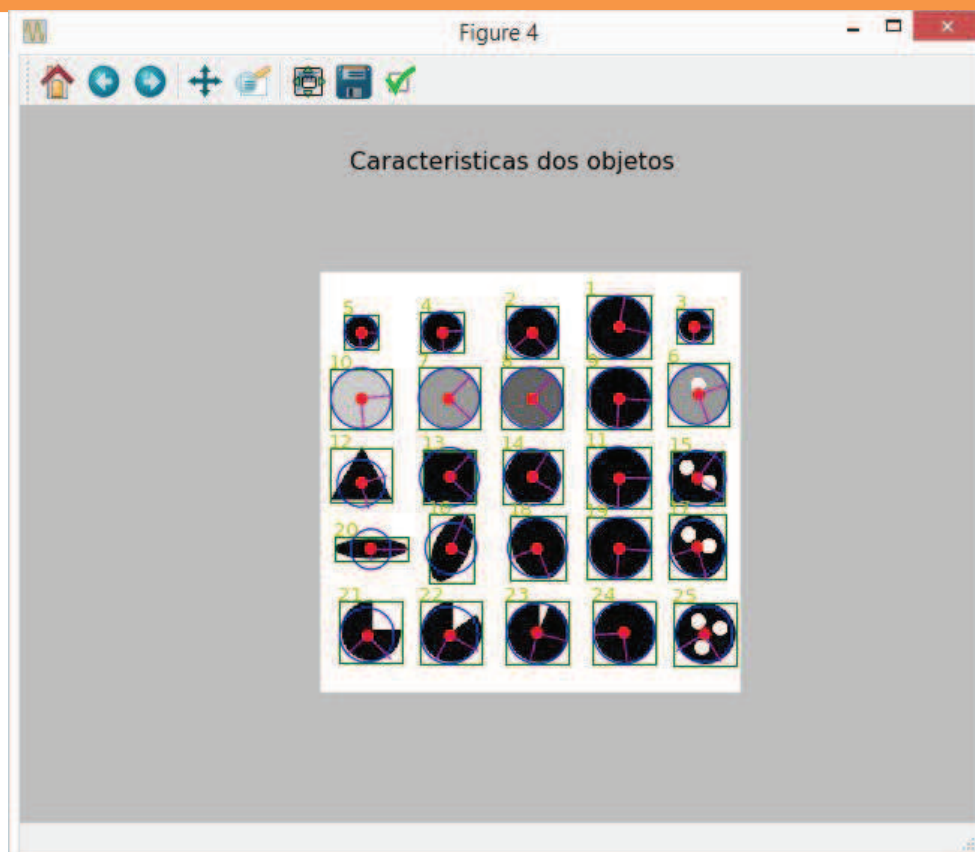
# Dataset: Formas geométricas



# Dataset: Formas geométricas

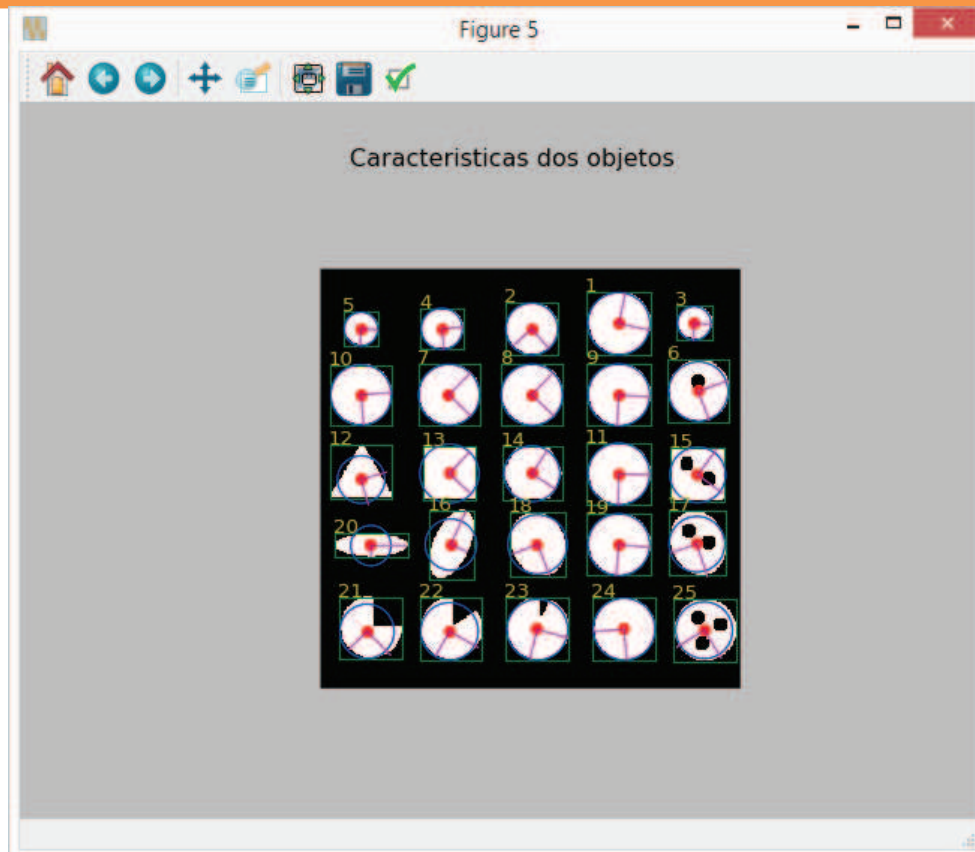


# Dataset: Formas geométricas

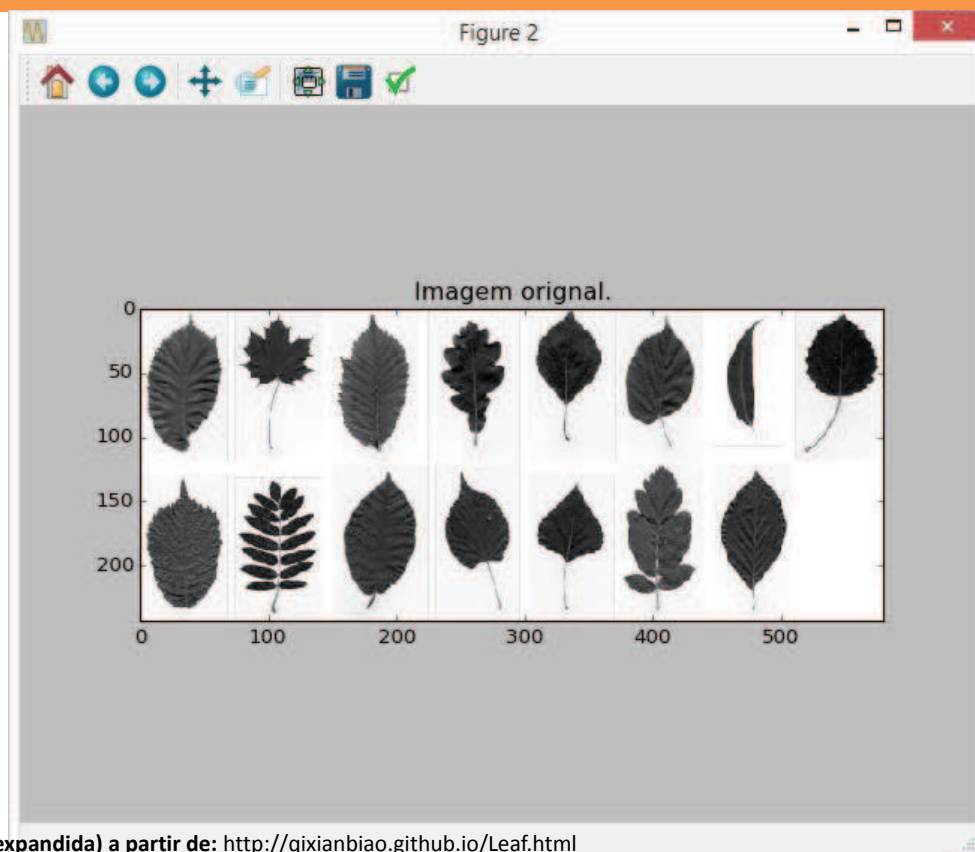




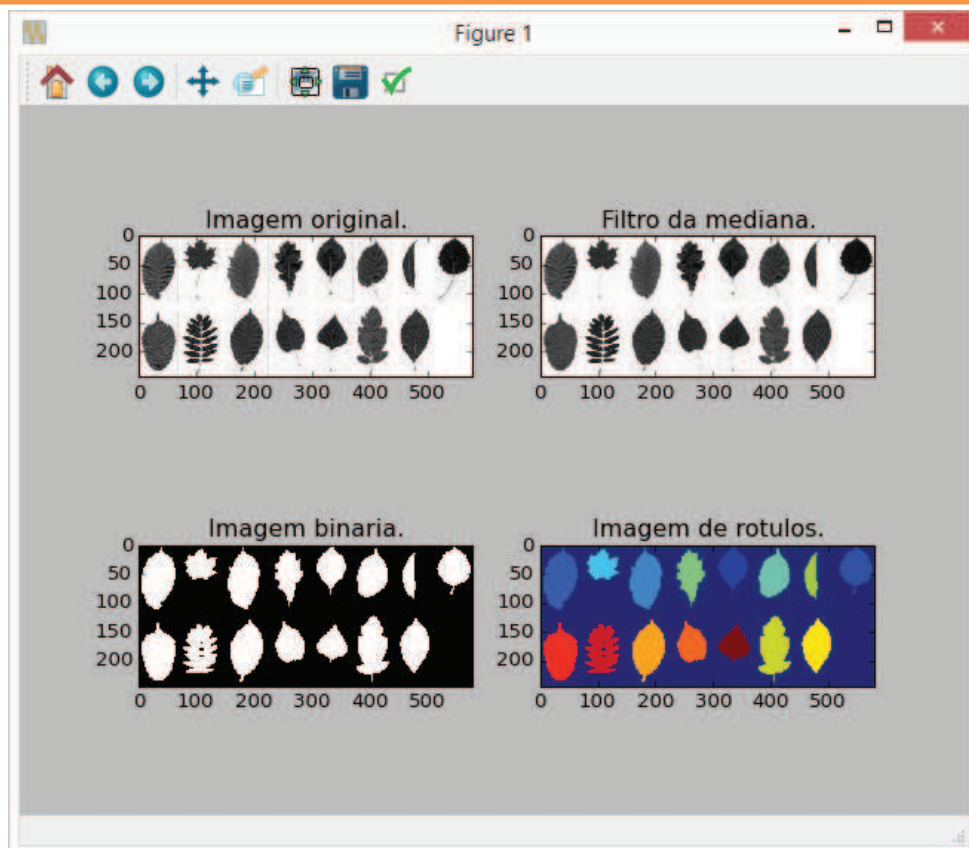
# Dataset: Formas geométricas



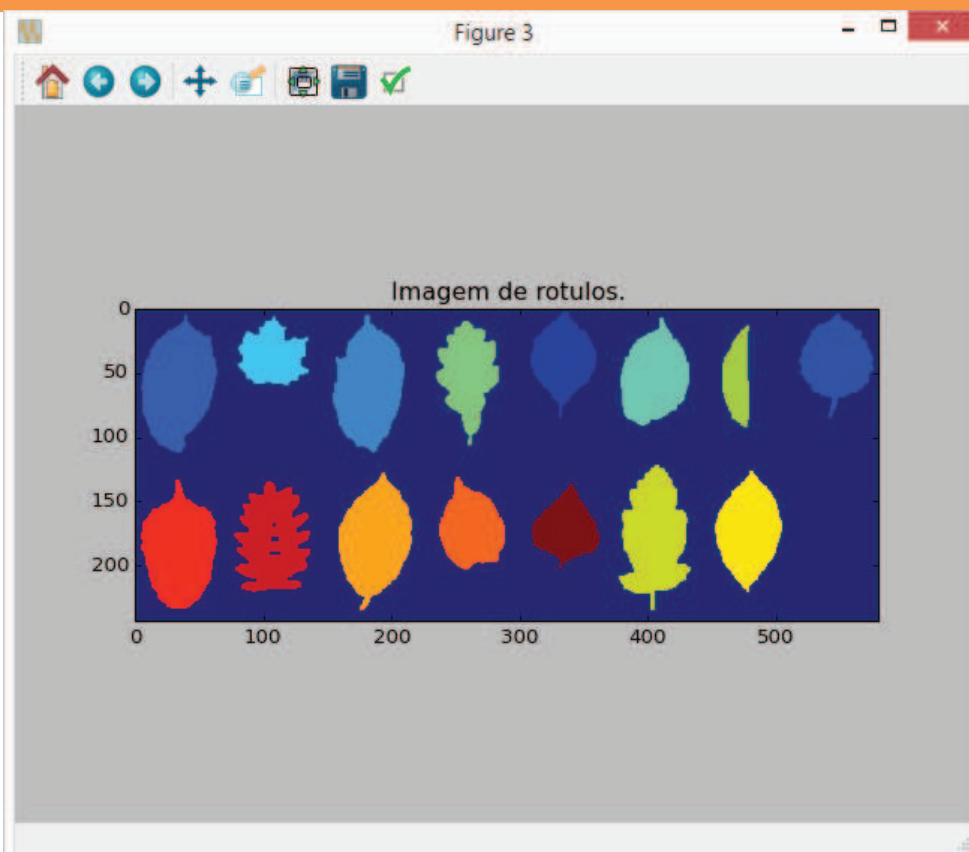
# Dataset: Folhas



# Dataset: Folhas

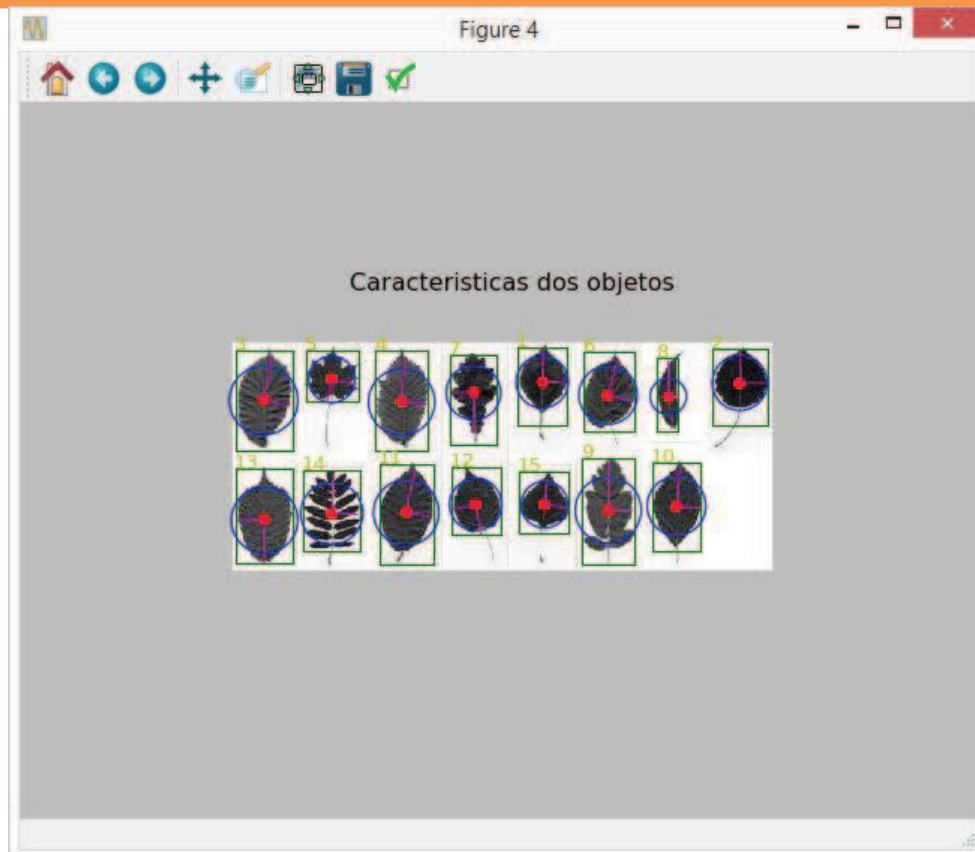


# Dataset: Folhas

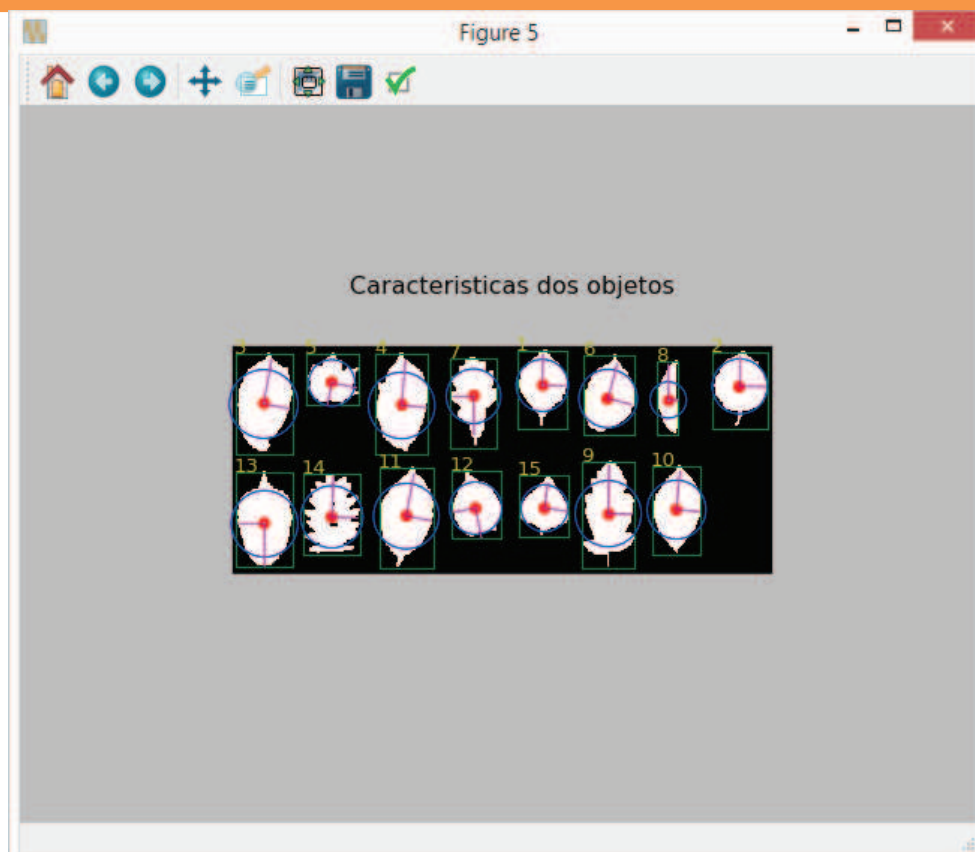




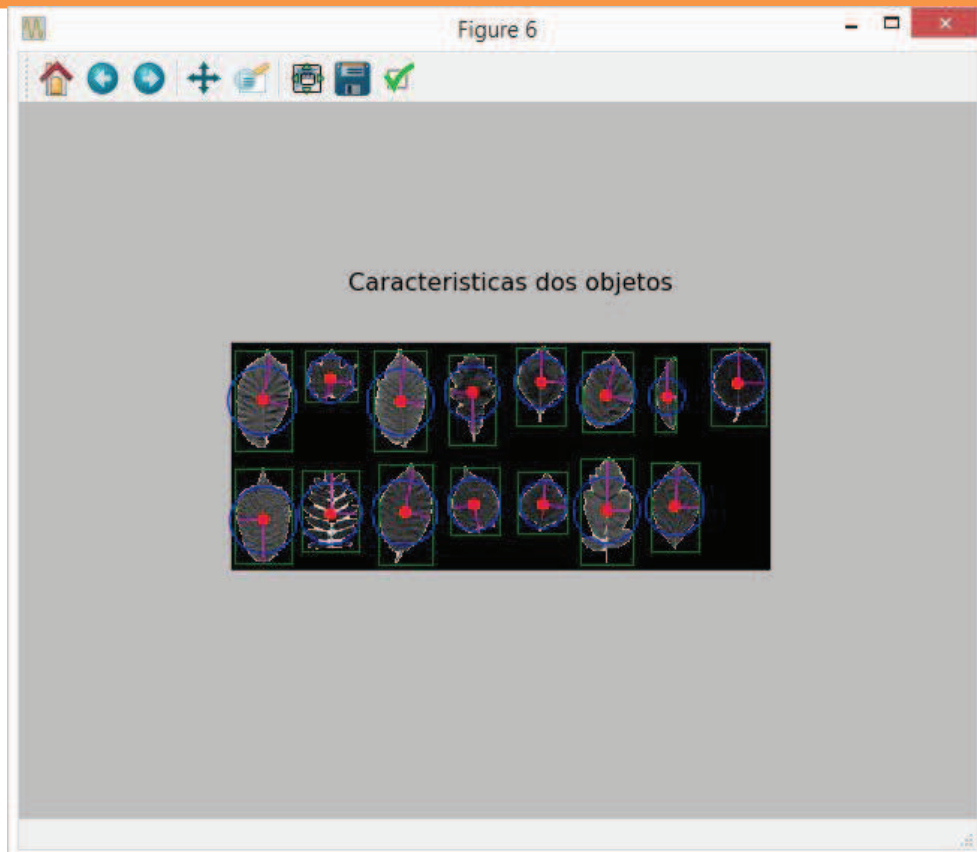
# Dataset: Folhas



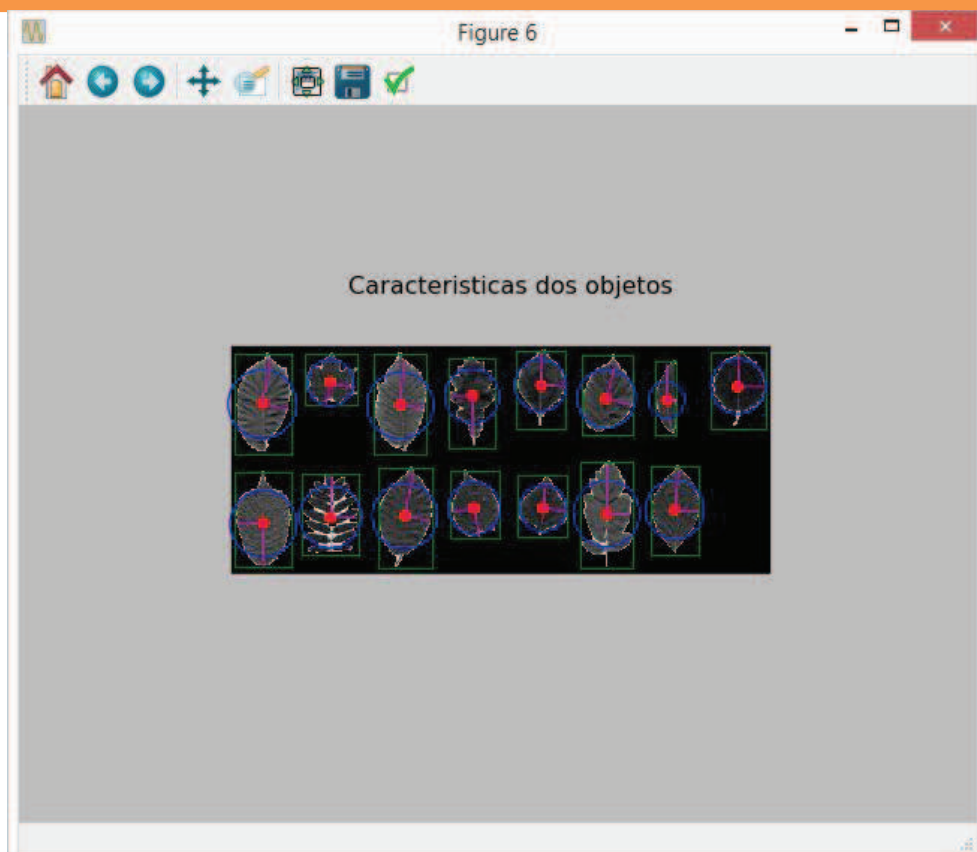
# Dataset: Folhas



# Dataset: Folhas

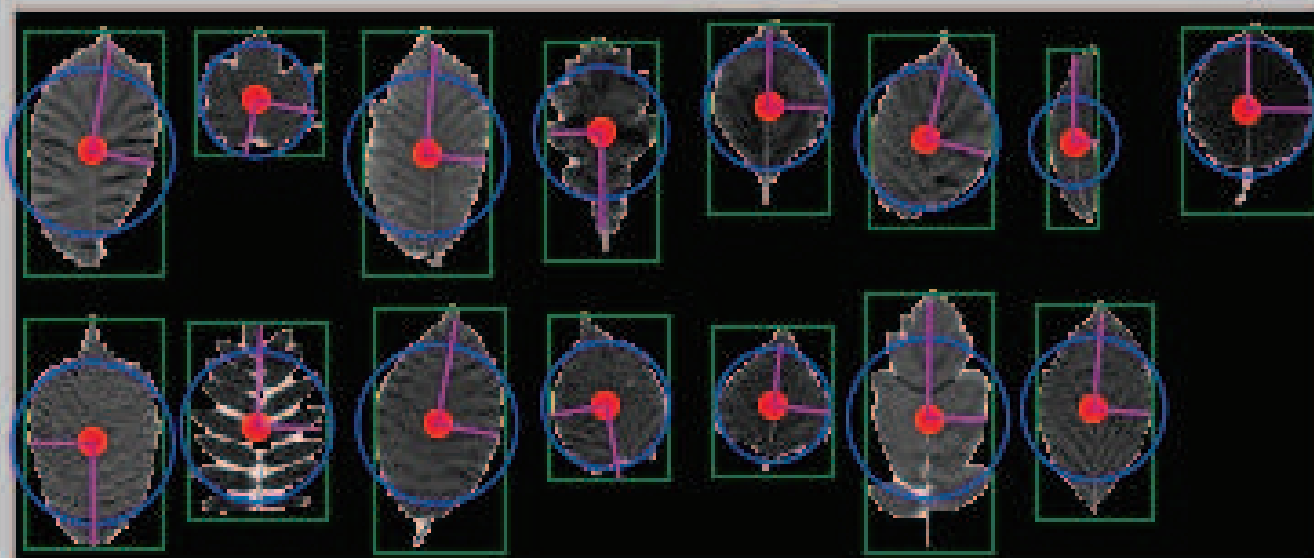


# Dataset: Folhas



# Dataset: Folhas

## Características dos objetos



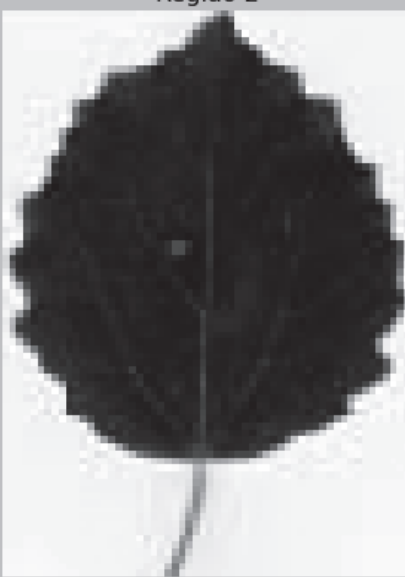
# Dataset: Folhas

Regiao 1



LABEL	1
AREA	2468
CENT_0	39.6390
CENT_1	333.1491
CONV_AREA	2723
ECCENT	0.6794
DIAM	56.0567
EULER	0
EXT	0.5718
FILL_AREA	2468
MAJ_AXIS	66.47
MAX_INT	0.9654
MEAN_INT	0.2309
MIN_INT	0.0142
MIN_AXIS	48.7746
ORIENT	1.5479
PERIM	215.6224
SOLID	0.9064

Regiao 2



LABEL	2.0000
AREA	2754.0000
CENT_0	40.7179
CENT_1	545.7139
CONV_AREA	3120.0000
ECCENT	0.5291
DIAM	59.2157
EULER	0.0000
EXT	0.5862
FILL_AREA	2754.0000
MAJ_AXIS	65.0491
MAX_INT	0.9955
MEAN_INT	0.1730
MIN_INT	0.0083
MIN_AXIS	55.1967
ORIENT	1.5595
PERIM	235.3797
SOLID	0.8827

# Dataset: Folhas

Regiao 3



LABEL	3.0000
AREA	4287.0000
CENT_0	59.6163
CENT_1	33.2629
CONV_AREA	4530.0000
ECCENT	0.8247
DIAM	73.8808
EULER	0.0000
EXT	0.6791
FILL_AREA	4287.0000
MAJ_AXIS	98.6883
MAX_INT	0.9949
MEAN_INT	0.3315
MIN_INT	0.0243
MIN_AXIS	55.8126
ORIENT	1.3896
PERIM	277.2792
SOLID	0.9464

Regiao 4



LABEL	4.0000
AREA	4018.0000
CENT_0	61.2267
CENT_1	181.7320
CONV_AREA	4286.0000
ECCENT	0.8353
DIAM	71.5254
EULER	0.0000
EXT	0.6706
FILL_AREA	4018.0000
MAJ_AXIS	96.9195
MAX_INT	0.9929
MEAN_INT	0.3511
MIN_INT	0.0576
MIN_AXIS	53.2797
ORIENT	1.4858
PERIM	275.8650
SOLID	0.9375

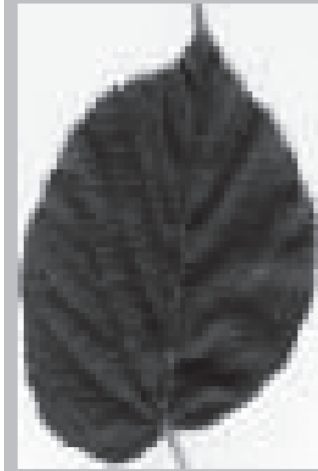
# Dataset: Folhas

Regiao 5



LABEL	5.0000
AREA	1958.0000
CENT_0	36.9198
CENT_1	106.5797
CONV_AREA	2335.0000
ECCENT	0.4016
DIAM	49.9300
EULER	0.0000
EXT	0.6593
FILL_AREA	1958.0000
MAJ_AXIS	53.4414
MAX_INT	0.9933
MEAN_INT	0.2718
MIN_INT	0.0677
MIN_AXIS	48.9431
ORIENT	-0.1966
PERIM	214.2670
SOLID	0.8385

Regiao 6



LABEL	6.0000
AREA	3095.0000
CENT_0	53.7121
CENT_1	403.9835
CONV_AREA	3243.0000
ECCENT	0.7268
DIAM	62.7748
EULER	0.0000
EXT	0.6823
FILL_AREA	3095.0000
MAJ_AXIS	76.2227
MAX_INT	0.9459
MEAN_INT	0.2768
MIN_INT	0.0397
MIN_AXIS	52.3505
ORIENT	1.3145
PERIM	227.4802
SOLID	0.9544

# Dataset: Folhas

Regiao 7



LABEL	7.0000
AREA	2702.0000
CENT_0	51.2084
CENT_1	259.0947
CONV_AREA	3143.0000
ECCENT	0.8530
DIAM	58.6540
EULER	0.0000
EXT	0.5744
FILL_AREA	2702.0000
MAJ_AXIS	83.7487
MAX_INT	0.9955
MEAN_INT	0.2408
MIN_INT	0.0058
MIN_AXIS	43.7067
ORIENT	-1.5583
PERIM	267.1371
SOLID	0.8597

Regiao 8



LABEL	8.0000
AREA	1193.0000
CENT_0	55.2775
CENT_1	468.7393
CONV_AREA	1306.0000
ECCENT	0.9584
DIAM	38.9740
EULER	0.0000
EXT	0.6864
FILL_AREA	1193.0000
MAJ_AXIS	76.0048
MAX_INT	0.8927
MEAN_INT	0.2692
MIN_INT	0.1264
MIN_AXIS	21.6903
ORIENT	1.5683
PERIM	178.5685
SOLID	0.9135

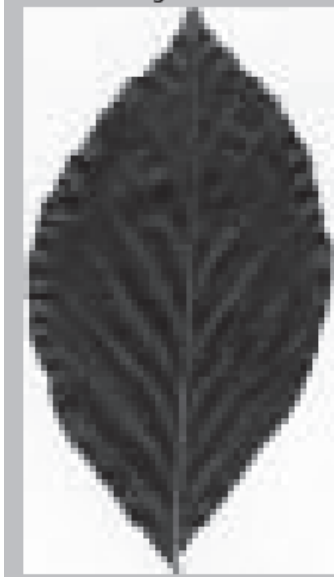
# Dataset: Folhas

Regiao 9



LABEL	9.0000
AREA	3972.0000
CENT_0	177.6390
CENT_1	404.1183
CONV_AREA	4699.0000
ECCENT	0.8701
DIAM	71.1147
EULER	0.0000
EXT	0.6277
FILL_AREA	3972.0000
MAJ_AXIS	103.6640
MAX_INT	0.9952
MEAN_INT	0.3496
MIN_INT	0.0822
MIN_AXIS	51.0972
ORIENT	1.5534
PERIM	331.6224
SOLID	0.8453

Regiao 10



LABEL	10.0000
AREA	3143.0000
CENT_0	173.3016
CENT_1	477.6112
CONV_AREA	3261.0000
ECCENT	0.8082
DIAM	63.2597
EULER	0.0000
EXT	0.6362
FILL_AREA	3143.0000
MAJ_AXIS	82.9315
MAX_INT	0.9952
MEAN_INT	0.2525
MIN_INT	0.0346
MIN_AXIS	48.8404
ORIENT	1.4797
PERIM	234.3503
SOLID	0.9638

# Dataset: Folhas

Regiao 11



LABEL	11.0000
AREA	3907.0000
CENT_0	180.2513
CENT_1	186.6990
CONV_AREA	4106.0000
ECCENT	0.8075
DIAM	70.5305
EULER	0.0000
EXT	0.6406
FILL_AREA	3907.0000
MAJ_AXIS	92.4390
MAX_INT	0.9806
MEAN_INT	0.2686
MIN_INT	0.0470
MIN_AXIS	54.5233
ORIENT	1.3910
PERIM	271.0782
SOLID	0.9515

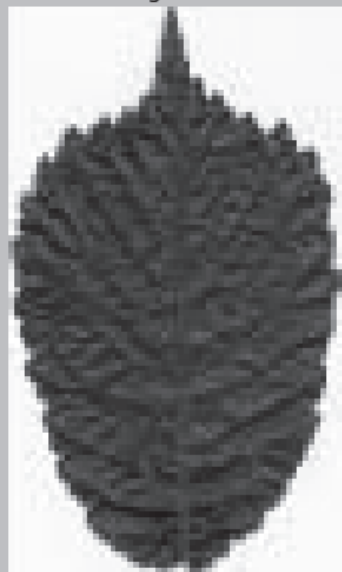
Regiao 12



LABEL	12.0000
AREA	2484.0000
CENT_0	171.7122
CENT_1	261.4855
CONV_AREA	2639.0000
ECCENT	0.6324
DIAM	56.2381
EULER	0.0000
EXT	0.6765
FILL_AREA	2484.0000
MAJ_AXIS	64.6778
MAX_INT	0.9722
MEAN_INT	0.2469
MIN_INT	0.0889
MIN_AXIS	50.1031
ORIENT	-1.3839
PERIM	204.1665
SOLID	0.9413

# Dataset: Folhas

Regiao 13



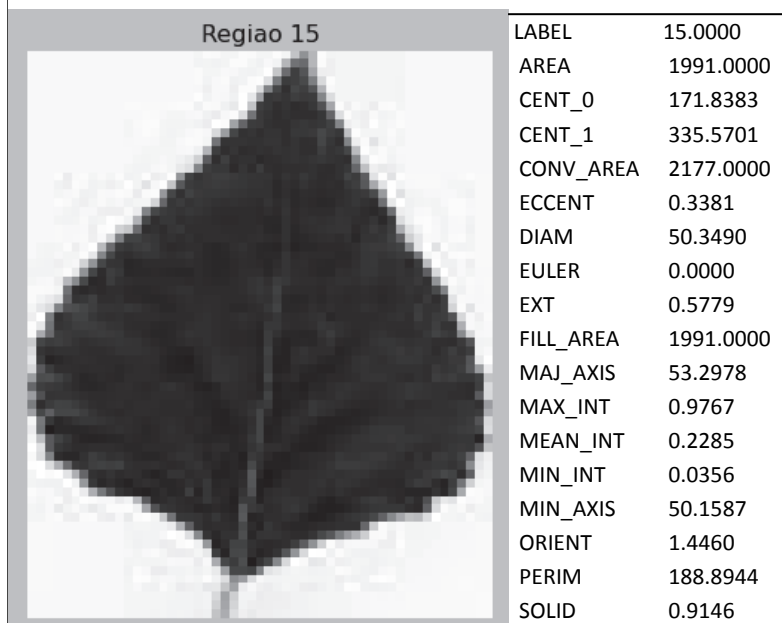
LABEL	13.0000
AREA	4017.0000
CENT_0	188.5614
CENT_1	34.2681
CONV_AREA	4346.0000
ECCENT	0.7693
DIAM	71.5165
EULER	0.0000
EXT	0.6741
FILL_AREA	4017.0000
MAJ_AXIS	90.1756
MAX_INT	0.9952
MEAN_INT	0.3188
MIN_INT	0.0570
MIN_AXIS	57.6119
ORIENT	-1.5702
PERIM	271.3797
SOLID	0.9243

Regiao 14



LABEL	14.0000
AREA	3510.0000
CENT_0	181.1074
CENT_1	106.5846
CONV_AREA	4281.0000
ECCENT	0.7725
DIAM	66.8511
EULER	-3.0000
EXT	0.6802
FILL_AREA	3561.0000
MAJ_AXIS	87.3456
MAX_INT	0.9989
MEAN_INT	0.3297
MIN_INT	0.0111
MIN_AXIS	55.4629
ORIENT	1.5241
PERIM	445.7056
SOLID	0.8199

# Dataset: Folhas



## Introdução à Visão Computacional

Plota de algumas características sobre imagem original.

LABEL	AREA	CENT_0	CENT_1	CONV_AREA	ECCENT	DIAM
1	2468	39.6390	333.1491	2723	0.6794	56.0567
2	2754	40.7179	545.7139	3120	0.5291	59.2157
3	4287	59.6163	33.2629	4530	0.8247	73.8808
4	4018	61.2267	181.7320	4286	0.8353	71.5254
5	1958	36.9198	106.5797	2335	0.4016	49.9300
6	3095	53.7121	403.9835	3243	0.7268	62.7748
7	2702	51.2084	259.0947	3143	0.8530	58.6540
8	1193	55.2775	468.7393	1306	0.9584	38.9740
9	3972	177.6390	404.1183	4699	0.8701	71.1147
10	3143	173.3016	477.6112	3261	0.8082	63.2597
11	3907	180.2513	186.6990	4106	0.8075	70.5305
12	2484	171.7122	261.4855	2639	0.6324	56.2381
13	4017	188.5614	34.2681	4346	0.7693	71.5165
14	3510	181.1074	106.5846	4281	0.7725	66.8511
15	1991	171.8383	335.5701	2177	0.3381	50.3490



## Plota de algumas características sobre imagem original.

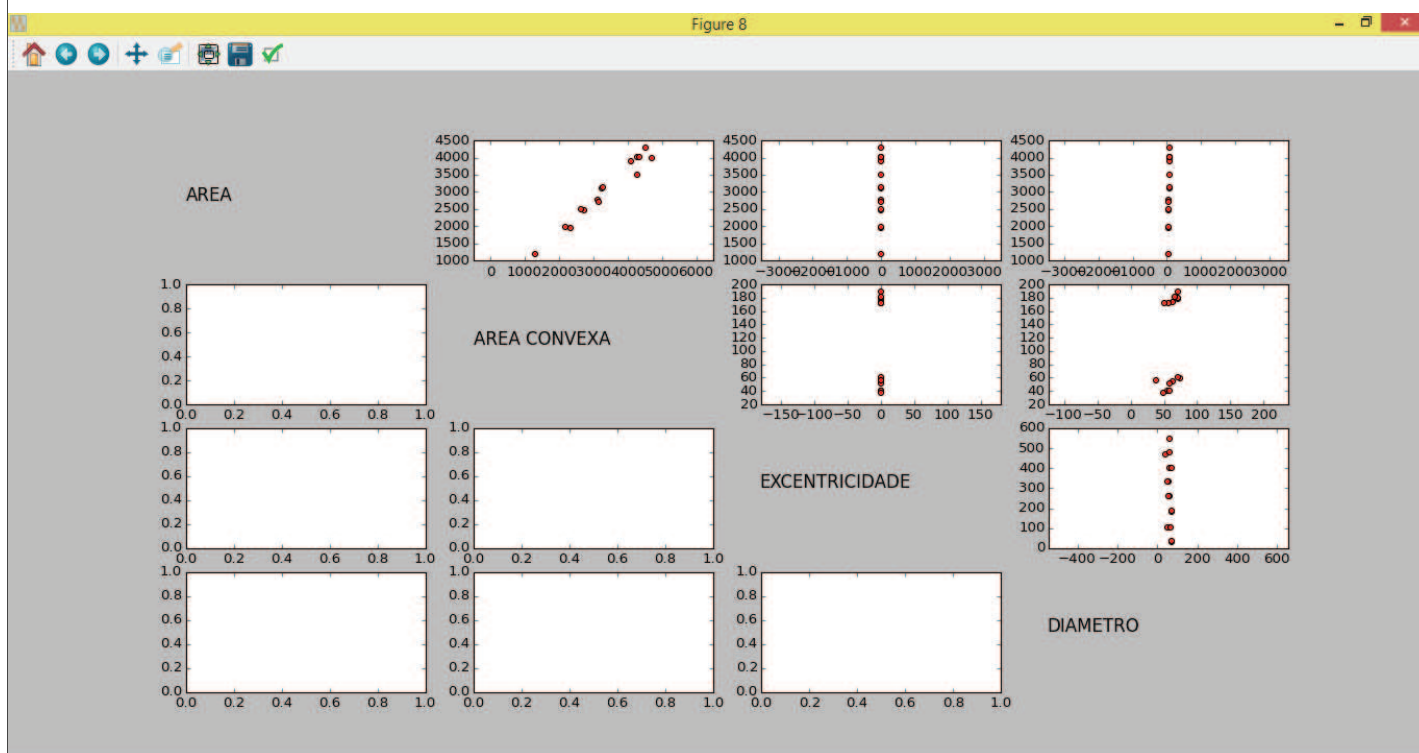
LABEL	EULER	EXT	FILL_AREA	MAJ_AXIS	MAX_INT	MEAN_INT
1	0	0.5718	2468	66.47	0.9654	0.2309
2	0	0.5862	2754	65.0491	0.9955	0.1730
3	0	0.6791	4287	98.6883	0.9949	0.3315
4	0	0.6706	4018	96.9195	0.9929	0.3511
5	0	0.6593	1958	53.4414	0.9933	0.2718
6	0	0.6823	3095	76.2227	0.9459	0.2768
7	0	0.5744	2702	83.7487	0.9955	0.2408
8	0	0.6864	1193	76.0048	0.8927	0.2692
9	0	0.6277	3972	103.6640	0.9952	0.3496
10	0	0.6362	3143	82.9315	0.9952	0.2525
11	0	0.6406	3907	92.4390	0.9806	0.2686
12	0	0.6765	2484	64.6778	0.9722	0.2469
13	0	0.6741	4017	90.1756	0.9952	0.3188
14	-3	0.6802	3561	87.3456	0.9989	0.3297
15	0	0.5779	1991	53.2978	0.9767	0.2285

## Plota de algumas características sobre imagem original.

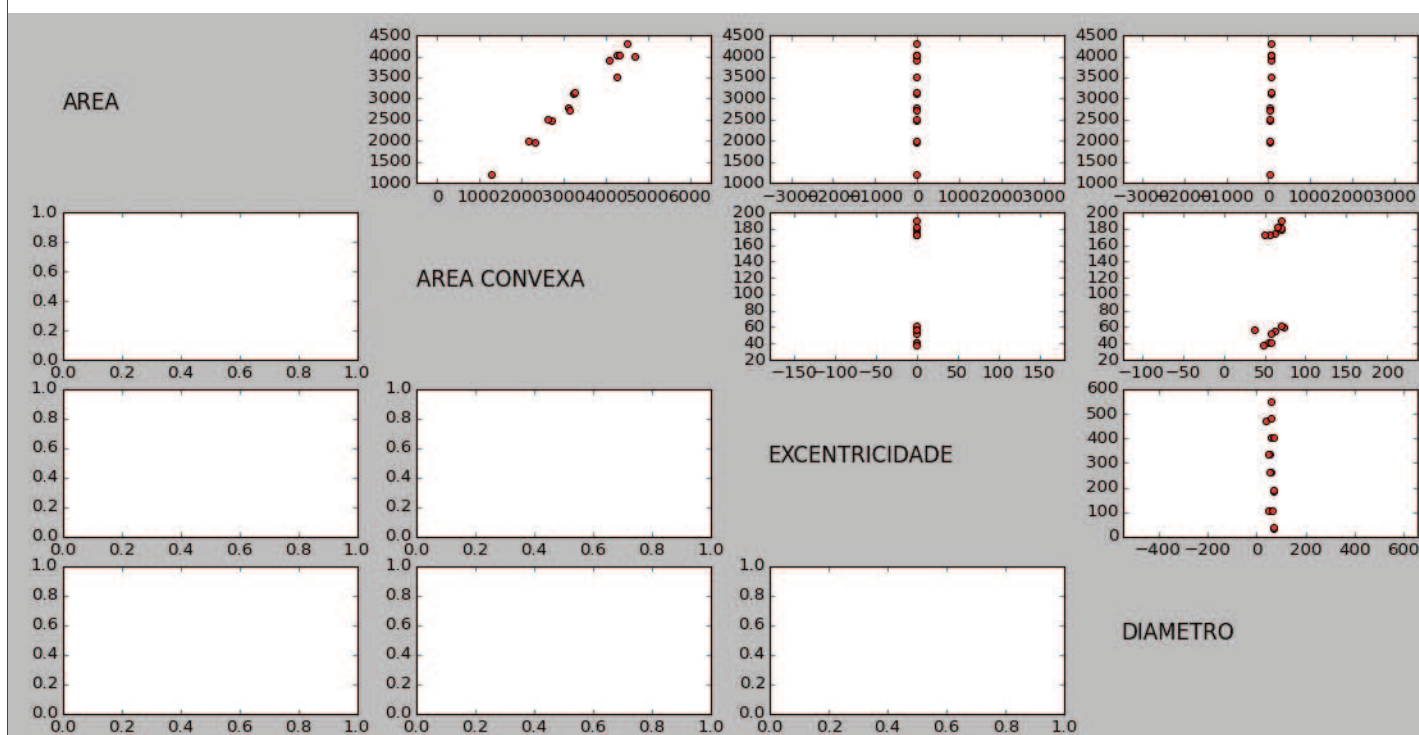
LABEL	MIN_INT	MIN_AXIS	ORIENT	PERIM	SOLID
1	0.0142	48.7746	1.5479	215.6224	0.9064
2	0.0083	55.1967	1.5595	235.3797	0.8827
3	0.0243	55.8126	1.3896	277.2792	0.9464
4	0.0576	53.2797	1.4858	275.8650	0.9375
5	0.0677	48.9431	-0.1966	214.2670	0.8385
6	0.0397	52.3505	1.3145	227.4802	0.9544
7	0.0058	43.7067	-1.5583	267.1371	0.8597
8	0.1264	21.6903	1.5683	178.5685	0.9135
9	0.0822	51.0972	1.5534	331.6224	0.8453
10	0.0346	48.8404	1.4797	234.3503	0.9638
11	0.0470	54.5233	1.3910	271.0782	0.9515
12	0.0889	50.1031	-1.3839	204.1665	0.9413
13	0.0570	57.6119	-1.5702	271.3797	0.9243
14	0.0111	55.4629	1.5241	445.7056	0.8199
15	0.0356	50.1587	1.4460	188.8944	0.9146



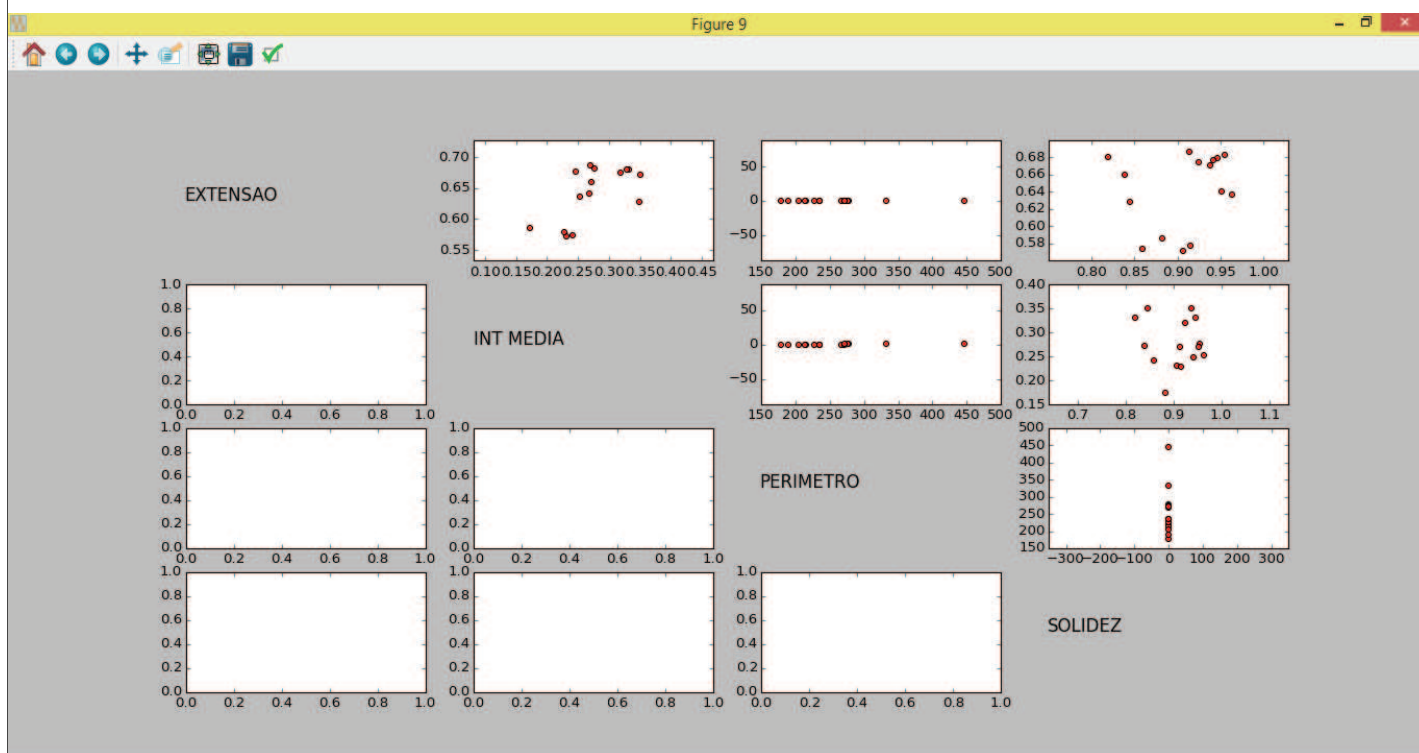
# Visualização das características – 2D



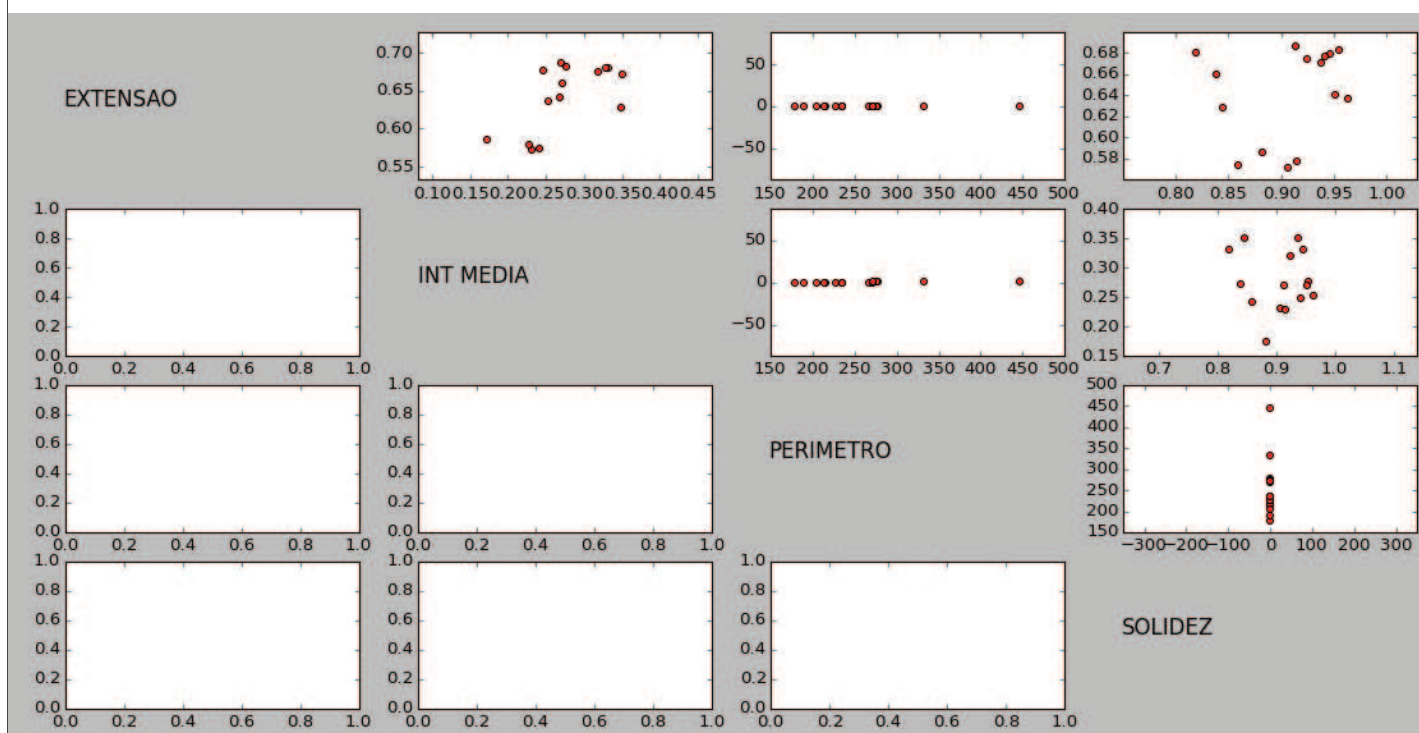
# Visualização das características – 2D



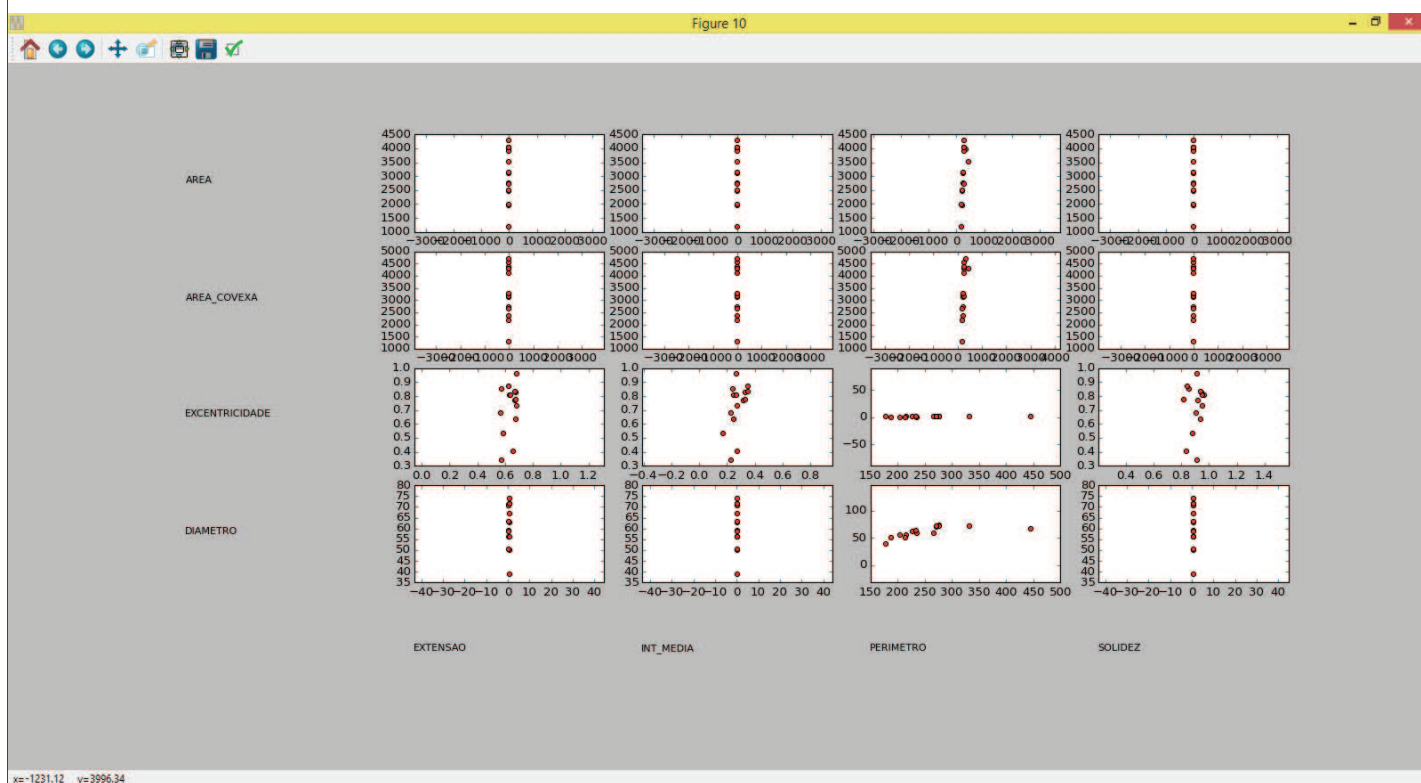
# Visualização das características – 2D



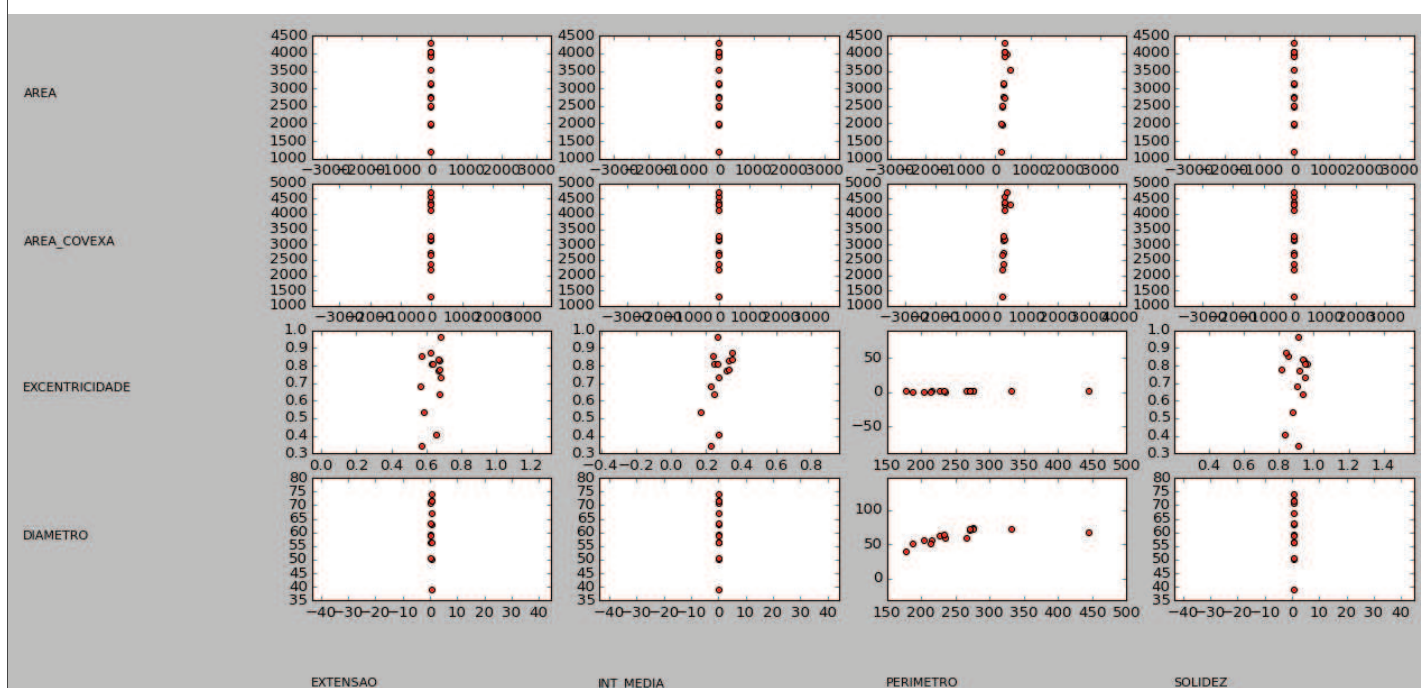
# Visualização das características – 2D



# Visualização das características – 2D



# Visualização das características – 2D



## TRANSFORMADA NORMAL DE CARACTERÍSTICAS

## Transformada Normal de Características

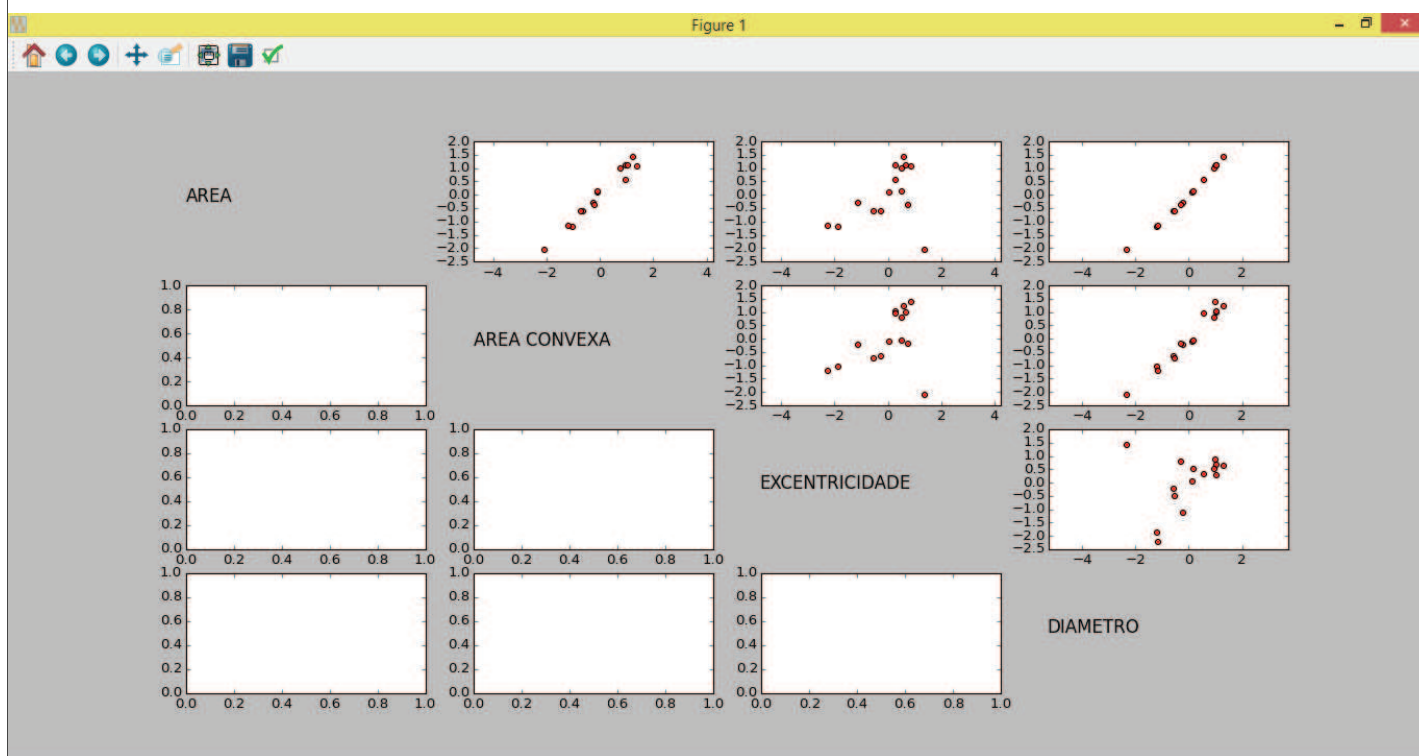
- Normalizar os dados originais.
  - Reduzir a arbitrariedade imposta pela escolha das unidades.

$$\hat{f}(i, j) = \frac{f(i, j) - \mu_j}{\sigma_j}$$

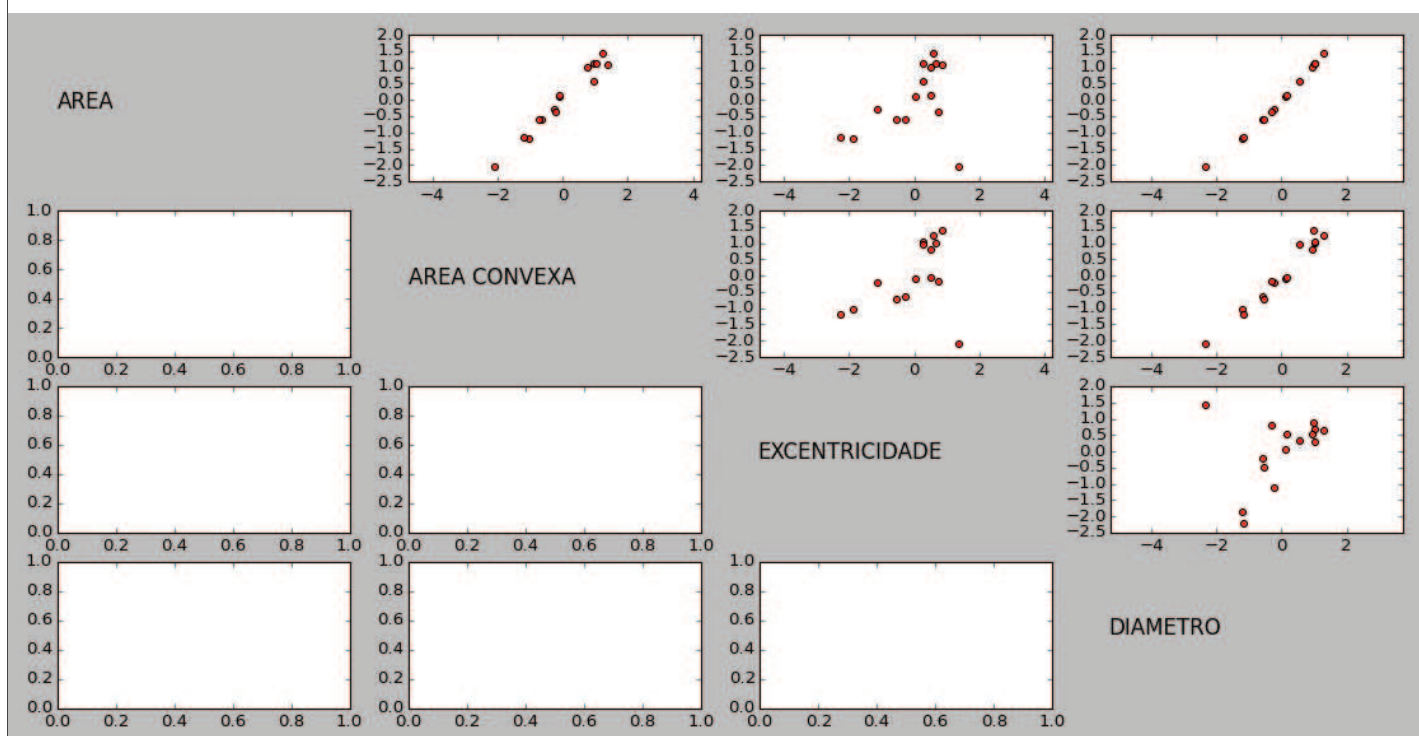
- O objetivo da Transformada Normal de Características é transformar os dados originais de maneira que o conjunto de dados tenha média zero e desvio padrão unitário.



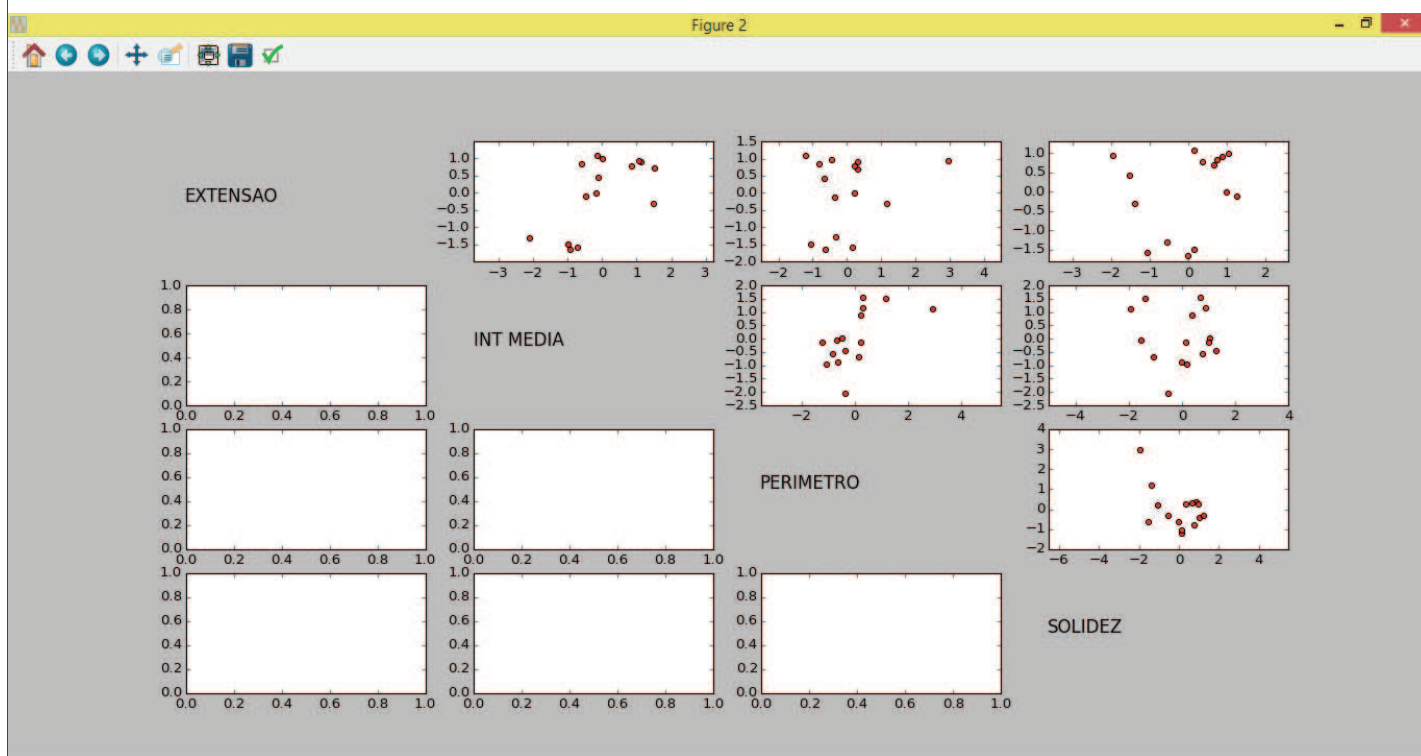
# Correlação entre as características



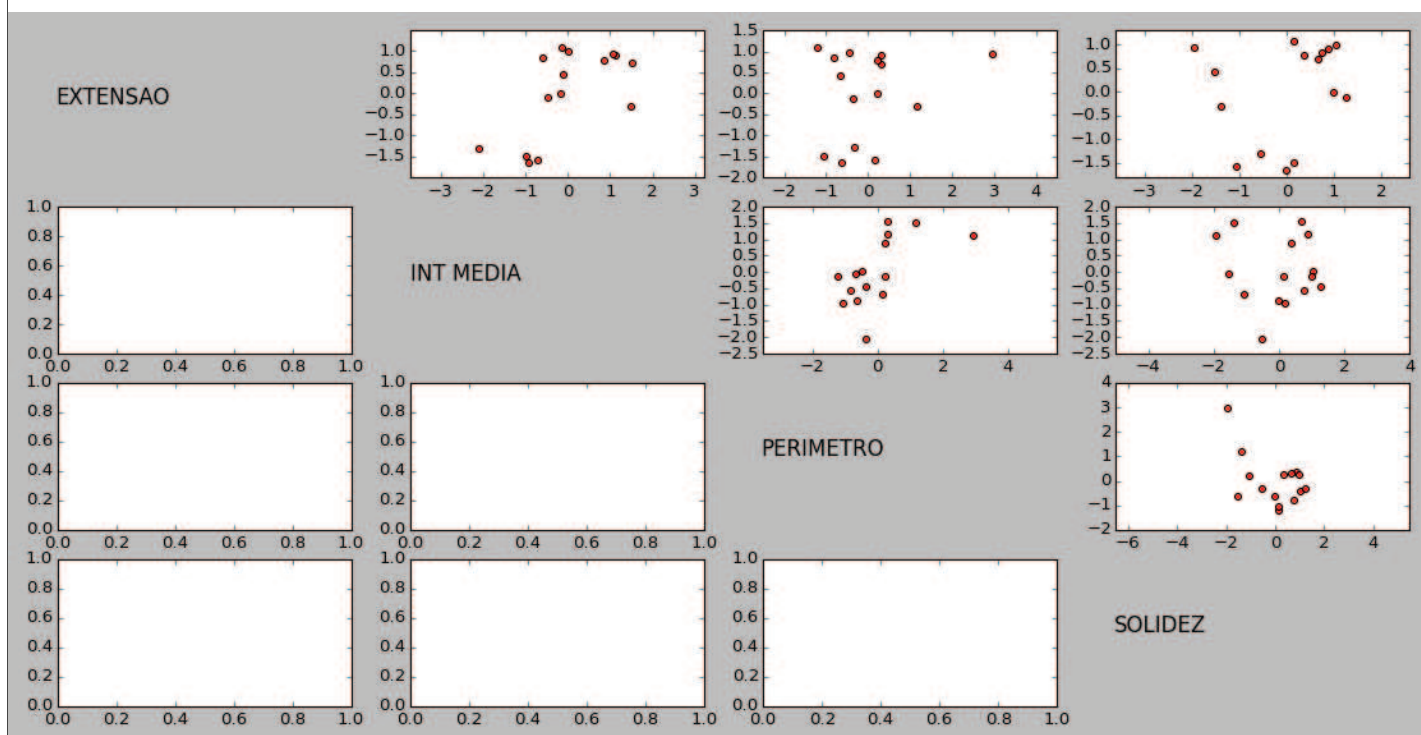
# Correlação entre as características



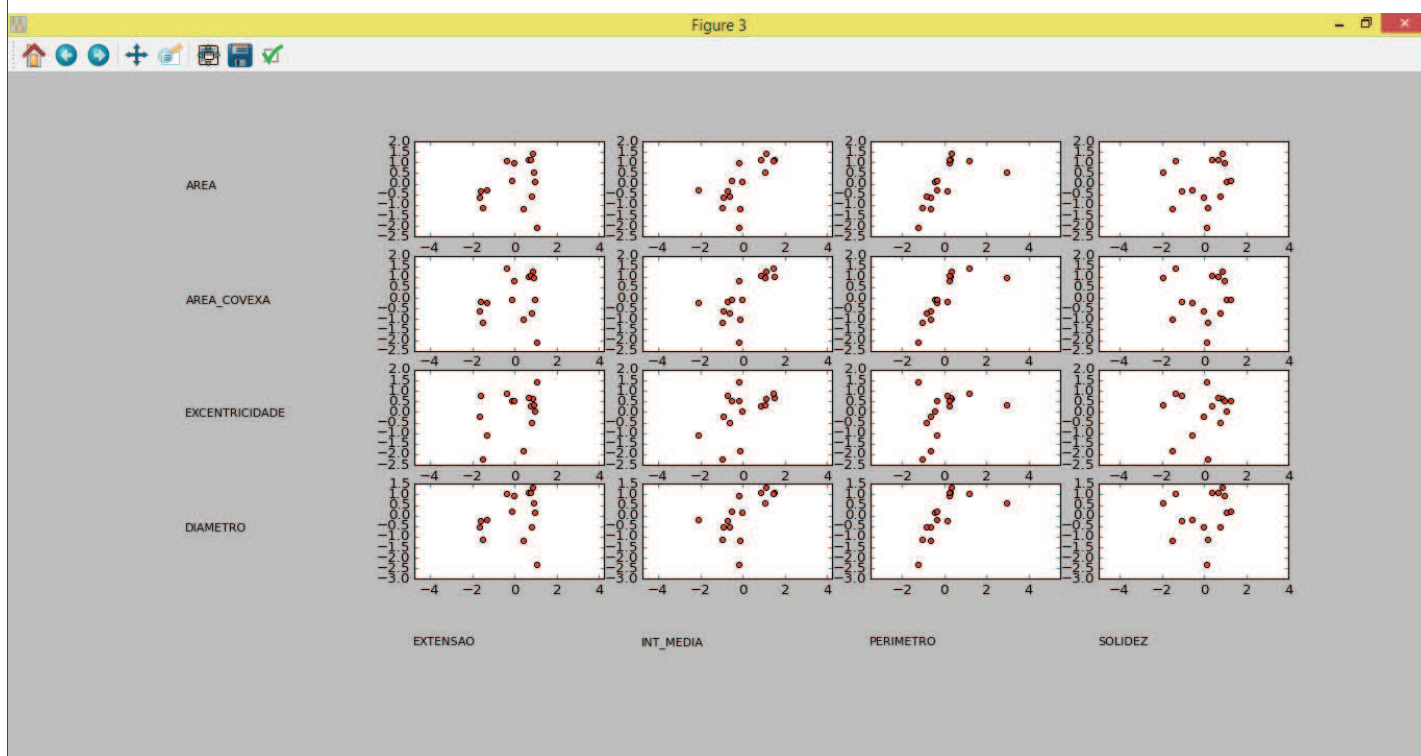
# Correlação entre as características



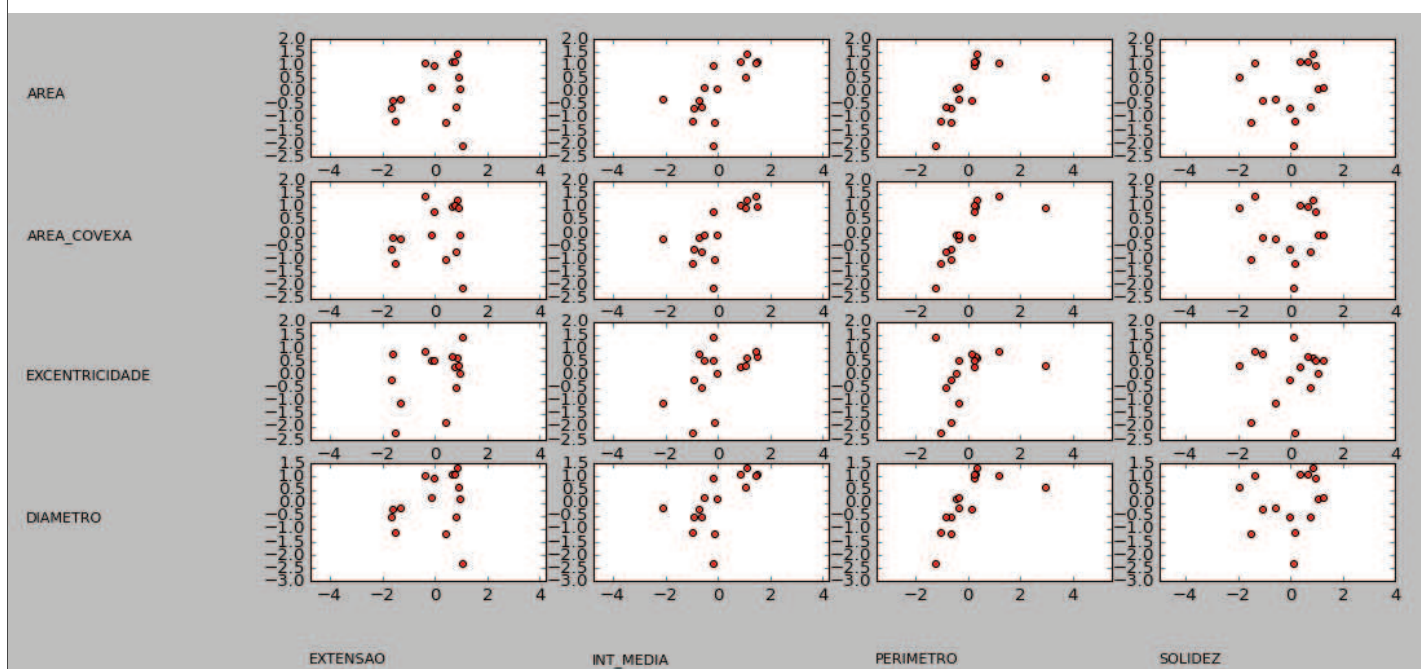
# Correlação entre as características



# Correlação entre as características



# Correlação entre as características



# Correlação entre as características

AREA	1.0000							
AREA_CONV	0.9817	1.0000						
EXCENT	0.4089	0.3945	1.0000					
DIAM	0.9957	0.9796	0.3625	1.0000				
EXT	0.2434	0.2069	0.3646	0.1959	1.0000			
INT_MEDIA	0.6386	0.6657	0.5154	0.5911	0.6312	1.0000		
PERIM	0.6364	0.7497	0.3540	0.6373	0.2112	0.6000	1.0000	
SOLID	0.1713 <sup>4</sup>	0.0150 <sup>1</sup>	0.1714 <sup>5</sup>	0.1600 <sup>3</sup>	0.2229	0.0764 <sup>2</sup>	0.4933	1.0000
	AREA	AREA_CONV	EXCENT	DIAM	EXT	INT_MEDIA	PERIM	SOLID

## [FIM] Aula 09

- FIM:
  - [Aula 09] Caracterização de formas.