



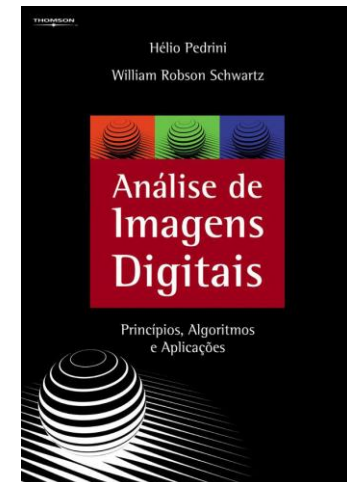
PROCESSAMENTO DE IMAGENS

HISTOGRAMA

Prof. Msc. Giovanni Lucca França da Silva
E-mail: giovanni-lucca@live.com

SOBRE A DISCIPLINA

- Bibliografia principal:
 - GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard C. **Processamento digital de imagens.** Pearson, 2011.
- Bibliografia complementar:
 - PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson. **Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações.** Thomson Learning, 2008.



NA AULA PASSADA...

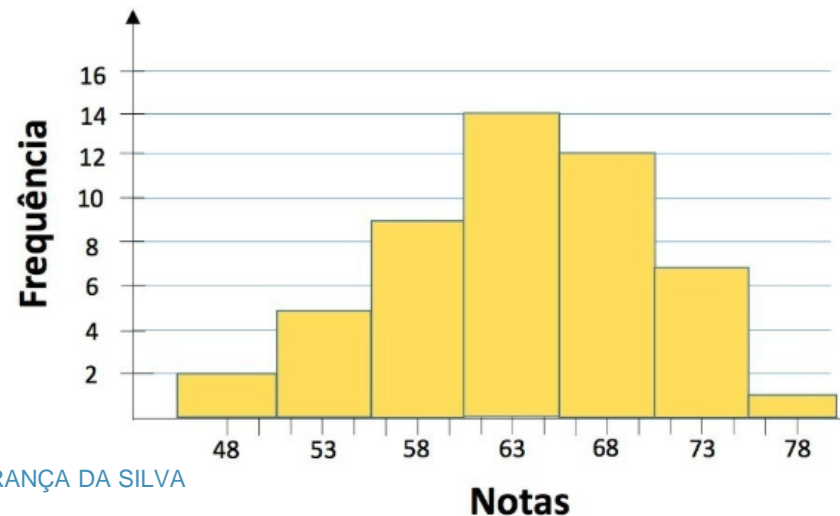
- Realces.

ROTEIRO

- Introdução.
- Equalização do Histograma.
- Alongamento do Histograma.
- Especificação do Histograma.

INTRODUÇÃO

- Representação gráfica em colunas ou em barras (retângulos) de um conjunto de dados previamente tabulado e dividido em classes.
 - A base de cada retângulo representa uma classe.
 - A altura de cada retângulo representa a quantidade ou a frequência absoluta com que o valor da classe ocorre no conjunto de dados.

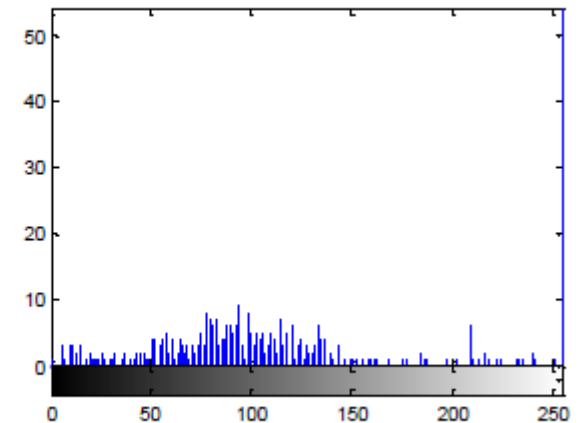


INTRODUÇÃO

- O histograma de uma imagem em nível de cinza é uma função $H(k)$ que produz o número de ocorrências de cada nível de cinza na imagem.

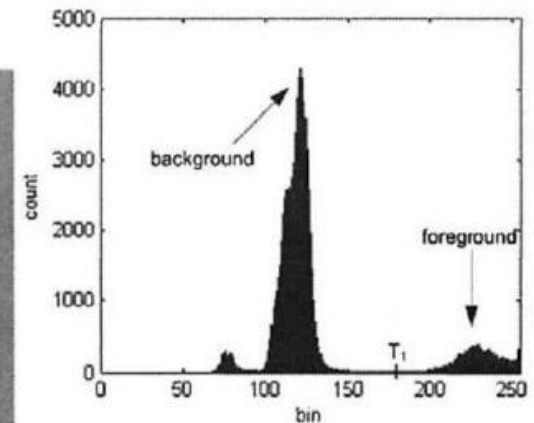
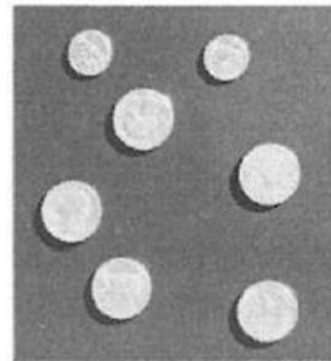


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
2	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
3	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
4	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
5	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
6	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
7	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
8	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
9	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
10	255	62	13	35	19	57	134	255	223	236	132	70	147	218	169	222	74	96	137	92	89	85	81	77	92	76	83	255	255	255	255	
11	134	10	216	242	117	47	19	209	109	168	105	51	155	210	116	255	125	6	127	94	90	86	82	78	94	73	94	255	255	255	255	
12	104	37	251	255	122	86	41	58	151	10	11	64	140	197	43	45	30	15	133	94	90	86	82	78	98	68	118	255	255	255	255	
13	209	21	159	175	81	59	51	11	133	133	111	129	132	150	153	55	40	103	109	93	89	85	81	79	100	56	255	255	255	255	255	
14	255	27	69	66	61	49	37	13	76	113	110	110	111	126	137	137	135	110	95	91	87	84	80	87	89	60	255	255	255	255	255	
15	255	94	26	54	42	31	24	11	70	102	104	105	105	104	103	101	98	95	80	48	82	81	78	98	68	95	255	255	255	255	255	
16	255	255	88	15	26	23	15	6	91	97	99	100	100	99	98	96	93	57	10	6	32	79	89	91	54	127	255	255	255	255	255	
17	255	255	255	123	18	1	7	66	118	111	99	94	93	90	82	66	45	22	32	82	74	75	93	60	80	120	133	255	255	255	255	
18	255	255	255	255	255	255	255	209	116	57	63	91	114	113	101	93	88	86	83	82	82	78	78	115	93	65	99	121	128	209	255	255
19	255	255	255	255	255	255	255	133	118	85	58	56	80	102	108	111	106	101	105	103	94	78	56	68	106	109	185	135	255	255	255	255
20	255	255	255	255	255	255	255	209	130	118	107	84	61	52	51	57	65	71	59	52	52	55	75	94	88	114	185	233	186	118	120	255
21	255	255	255	255	255	255	255	255	255	135	125	115	107	99	89	78	70	65	72	81	92	98	105	114	123	135	240	255	255	99	114	83
22	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
23	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
24	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
25	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
26	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
27	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
28	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
29	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
30	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
31	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
32	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
33	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
34	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
35	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
36	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
37	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
38	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
39	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
40	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
41	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
42	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
43	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
44	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
45	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
46	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
47	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	
48	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	2													



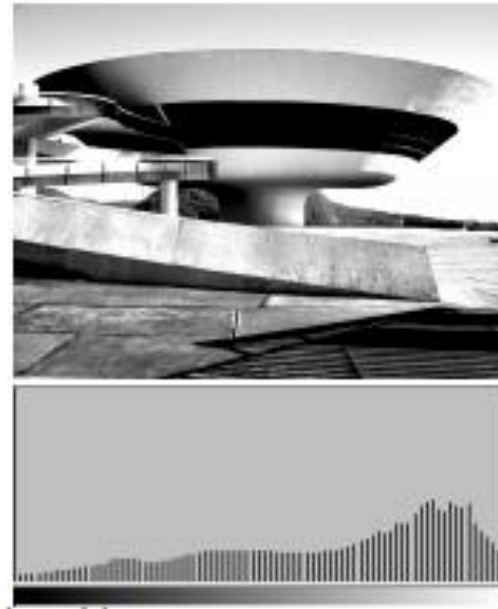
INTRODUÇÃO

- Aplicações do histograma em processamento de imagens:
 - Aumento do contraste.
 - Segmentação do objeto.
 - Extração de características.
 - Recuperação de imagens.

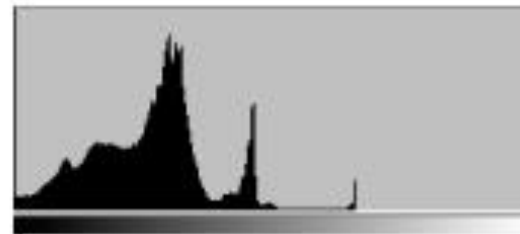
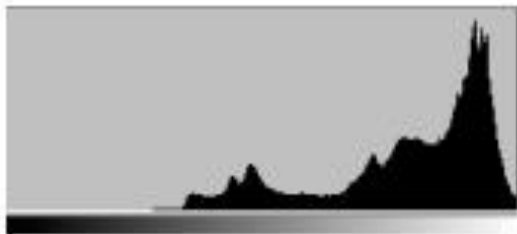
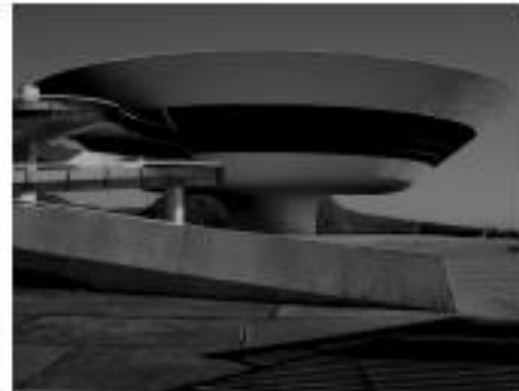
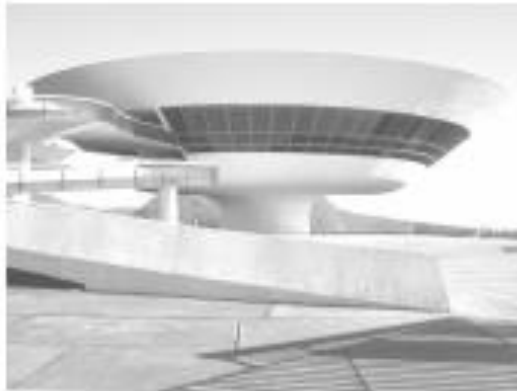


INTRODUÇÃO

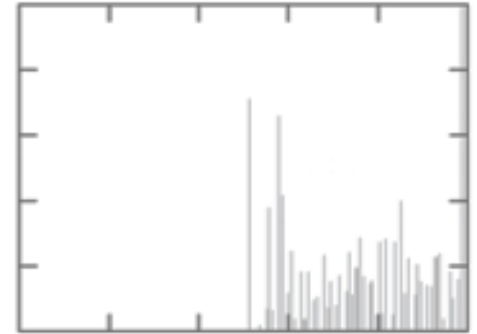
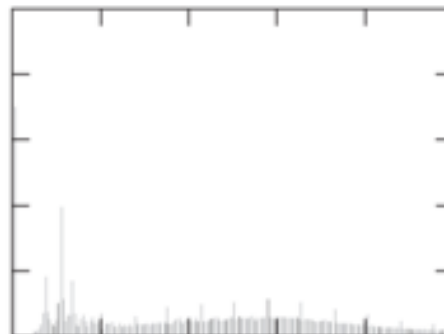
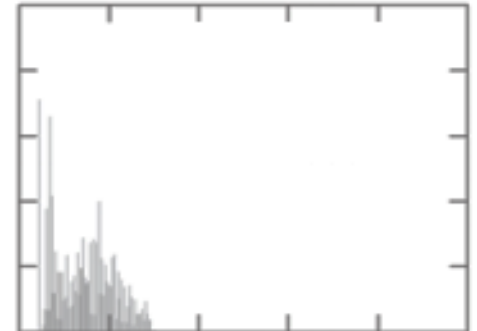
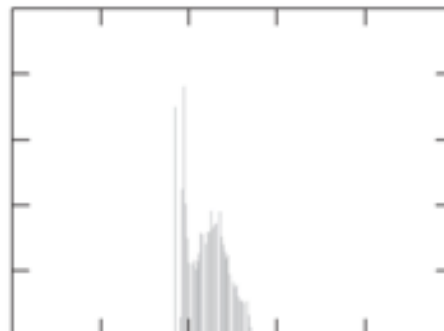
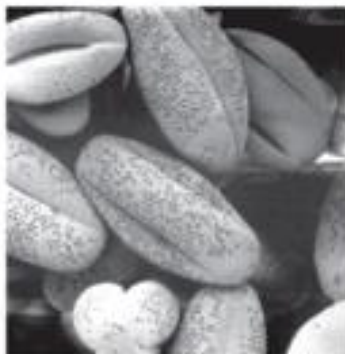
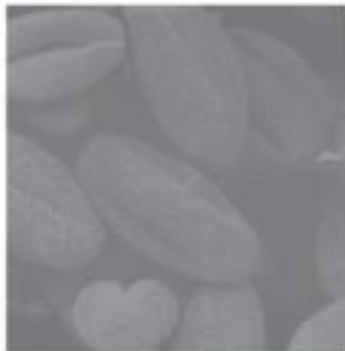
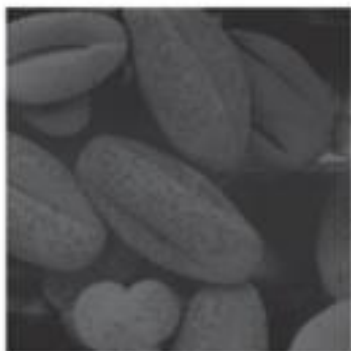
- O histograma fornece uma indicação da qualidade da imagem quanto ao contraste e intensidade luminosa.



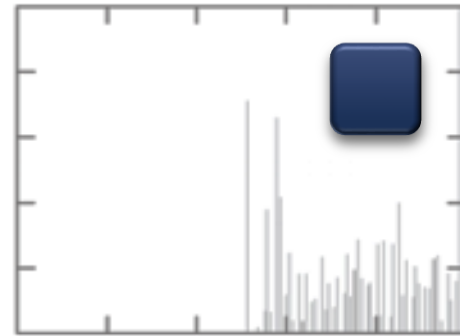
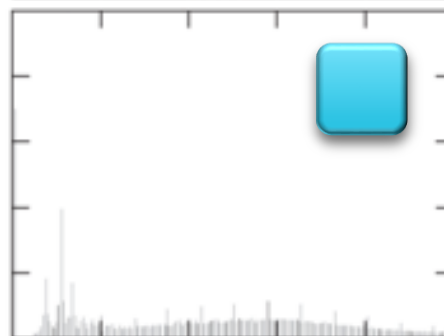
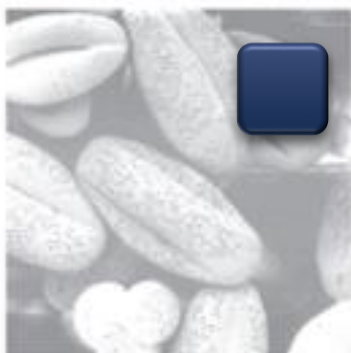
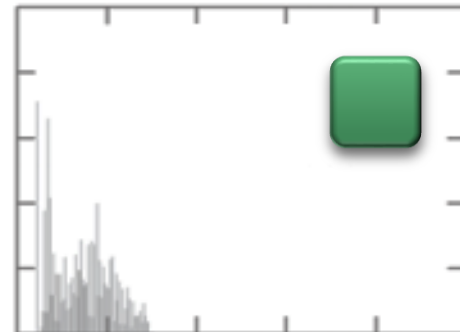
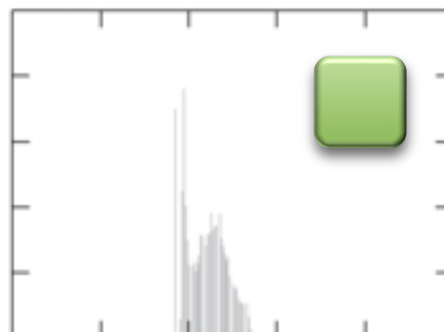
INTRODUÇÃO



INTRODUÇÃO



INTRODUÇÃO



INTRODUÇÃO

- Construção de um histograma:
 - Para todo valor de z : inicialize $H(z) = 0$.
 - Onde z varia de 0 a $L - 1$, sendo L a quantidade de níveis diferentes possíveis para a imagem.
 - z também é chamado de bin.
 - Para cada pixel da imagem:
 - $H(\text{img}[i, j])++$.

Início

$$h(f(x,y)) = 0$$

Para cada valor $f(x,y)$ **faça**

$$h(f(x,y)) = h(f(x,y)) + 1$$

Fim-Para

Fim

INTRODUÇÃO

■ Histograma no OpenCV.

C++: void `calcHist`(const Mat* `images`, int `nimages`, const int* `channels`, InputArray `mask`, SparseMat& `hist`, int `dims`, const int* `histSize`, const float** `ranges`, bool `uniform`=true, bool `accumulate`=false)

Python: `cv2.calcHist`(`images`, `channels`, `mask`, `histSize`, `ranges`[, `hist`[, `accumulate`]]) → `hist`

- Parameters:**
- **images** – Source arrays. They all should have the same depth, `CV_8U` or `CV_32F` , and the same size. Each of them can have an arbitrary number of channels.
 - **nimages** – Number of source images.
 - **channels** – List of the `dims` channels used to compute the histogram. The first array channels are numerated from 0 to `images[0].channels()-1` , the second array channels are counted from `images[0].channels()` to `images[0].channels() + images[1].channels()-1`, and so on.
 - **mask** – Optional mask. If the matrix is not empty, it must be an 8-bit array of the same size as `images[i]` . The non-zero mask elements mark the array elements counted in the histogram.
 - **hist** – Output histogram, which is a dense or sparse `dims` -dimensional array.
 - **dims** – Histogram dimensionality that must be positive and not greater than `CV_MAX_DIMS` (equal to 32 in the current OpenCV version).
 - **histSize** – Array of histogram sizes in each dimension.

INTRODUÇÃO

- Exemplo da função `calcHist()` no OpenCV.

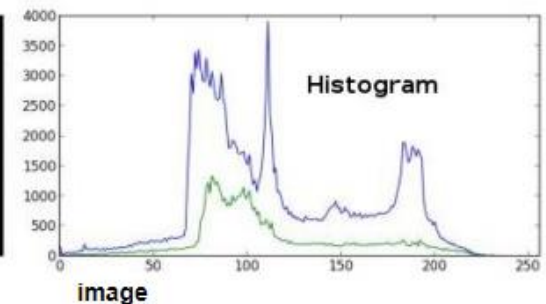
```
img = cv2.imread('home.jpg',0)

# create a mask
mask = np.zeros(img.shape[:2], np.uint8)
mask[100:300, 100:400] = 255
masked_img = cv2.bitwise_and(img,img,mask = mask)

# Calculate histogram with mask and without mask
# Check third argument for mask
hist_full = cv2.calcHist([img],[0],None,[256],[0,256])
hist_mask = cv2.calcHist([img],[0],mask,[256],[0,256])

plt.subplot(221), plt.imshow(img, 'gray')
plt.subplot(222), plt.imshow(mask, 'gray')
plt.subplot(223), plt.imshow(masked_img, 'gray')
plt.subplot(224), plt.plot(hist_full), plt.plot(hist_mask)
plt.xlim([0,256])

plt.show()
```



INTRODUÇÃO

- O histograma de uma imagem é um conjunto de números que indica a quantidade de pixels em cada um dos níveis de cinza da imagem.
- Histograma normalizado.
 - Cada elemento do conjunto é calculado por:

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

$$0 \leq r_k \leq 1$$

INTRODUÇÃO

- Histograma normalizado.

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

$r_k = 0, 1, \dots, L-1$, L é o número de níveis de cinza da imagem.

n , número total de pixels na imagem

n_k , número de pixels cujo nível de cinza corresponde a k .

$P_r(r_k)$, probabilidade do k -ésimo nível de cinza.

INTRODUÇÃO

- Um histograma pode ser visto como uma função de distribuição de frequência ou como uma função de distribuição de probabilidade.

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

- De maneira geral, $P_r(r_k)$ dá uma estimativa da probabilidade de ocorrência do nível de cinza r na imagem.

INTRODUÇÃO

- Ex.: Seja uma imagem de 128x128 pixels cuja a quantidade de pixels em cada nível de cinza são dadas na tabela do lado (8 níveis de cinza).

$$n = 128 \times 128 = 16.384 \text{ pixels}$$

$$P_r(0) = 1120/16.384 = 0.068$$

$$P_r(1/7) = 3214/16.384 = 0,196$$

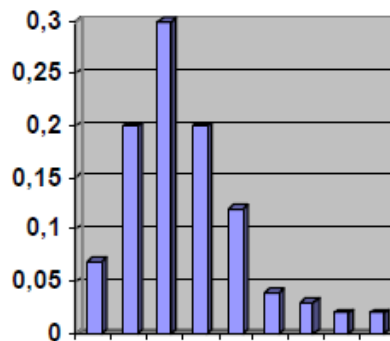
Nível de Cinza (r_k)	n_k	$P_r(r_k)=n_k/n$
0	1120	0,068
1/7	3214	0,196
2/7	4850	0,296
3/7	3425	0,209
4/7	1995	0,122
5/7	784	0,048
6/7	541	0,033
1	455	0,028

INTRODUÇÃO

- Características importantes:
 - A soma das probabilidades é igual a 1.

$$\sum P_r(r_k) = 1$$

- Representação gráfica de um histograma.



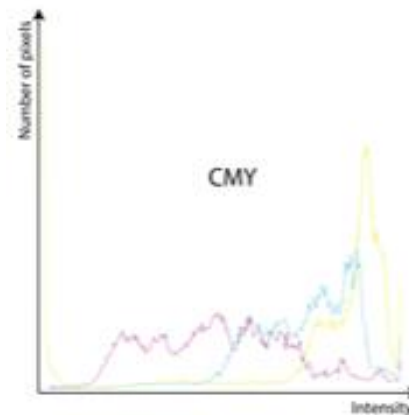
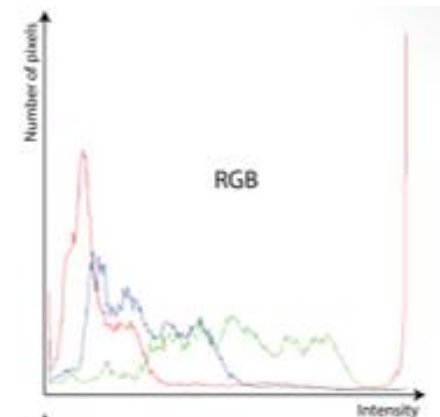
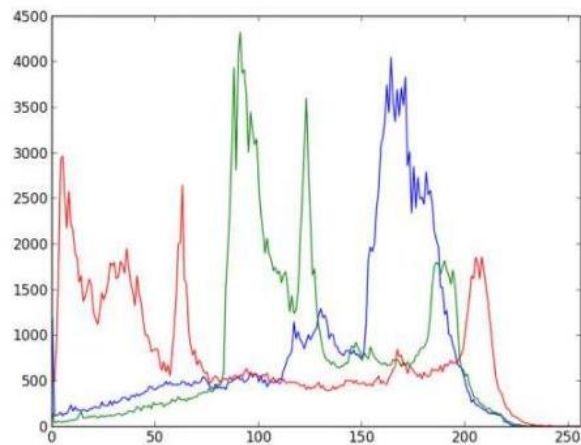
INTRODUÇÃO

- Características importantes:
 - As informações espaciais não são representadas.
 - Um histograma é único para um determinada imagem, mas o inverso não é verdadeiro.
 - A movimentação de objetos em uma imagem não tem efeito sobre o seu histograma.



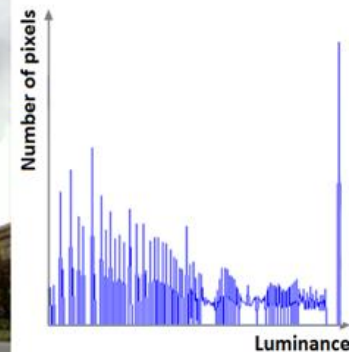
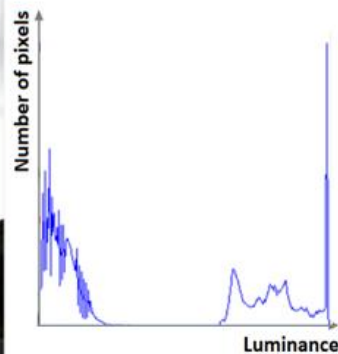
INTRODUÇÃO

- No caso de imagens multidimensionais, o histograma é calculado separadamente para cada canal.



EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Realiza o processo espalhando ocorrências sobre todos os níveis de cinza.
 - Histograma uniforme.
- Aplicado para imagens que possuem baixo contraste.



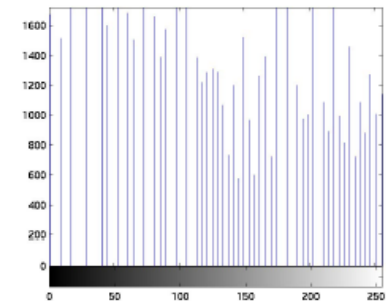
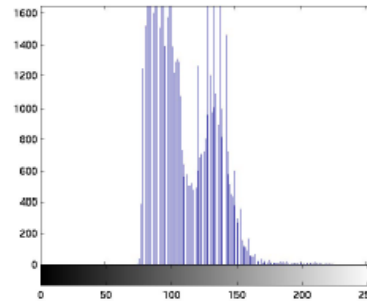
EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Trata-se de uma transformação global: $s = T(r)$.
 - Útil para comparar cenas que foram adquiridas com iluminação diferente.
 - Pré-processamento para outras técnicas.
 - Muitas vezes melhora a qualidade visual da imagem.

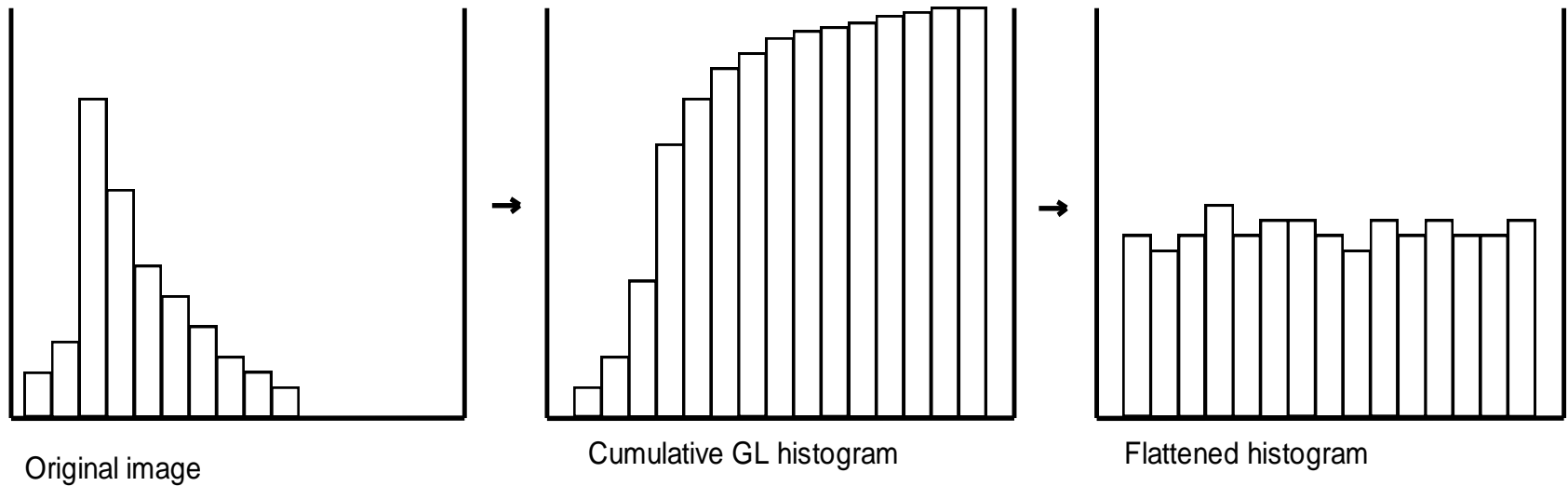


EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Algoritmo.
 - Calcula o histograma da imagem.
 - Calcula o histograma acumulado.
 - $C(0) = H(0)$.
 - $C(p) = C(p-1) + H(p)$.
 - $P = 1, \dots, L - 1$.
 - Fator = $(L - 1 / MN)$.
 - $T(p) = \text{round}(C(p) * \text{fator})$.
 - Novo pixel = $T(\text{pixel})$.



EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA



EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Exemplo: Considere uma imagem de 3 bits com dimensão 64x64.
 - Primeiro passo: calcular o histograma.

3 bits ($L=8$)
dimensão 64x64 ($n = 4096$)

r_k	n_k
0	790
1	1023
2	850
3	656
4	329
5	245
6	122
7	81

EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Exemplo: Considere uma imagem de 3 bits com dimensão 64x64.
 - Segundo passo: calcular o histograma acumulado.

3 bits (L=8)
dimensão 64x64 (n = 4096)

r_k	n_k	C(rk)
0	790	790
1	1023	1813
2	850	2663
3	656	3319
4	329	3648
5	245	3893
6	122	4015
7	81	4096

EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Exemplo: Considere uma imagem de 3 bits com dimensão 64x64.
 - Terceiro passo: multiplique o fator pelo histograma acumulado.

r_k	n_k	C(rk)
0	790	790
1	1023	1813
2	850	2663
3	656	3319
4	329	3648
5	245	3893
6	122	4015
7	81	4096

$$\text{Fator} = 7 / 64 * 64$$

$$\text{Fator} = (L - 1 / MN)$$

$$\text{Fator} = 0.001708984$$

$$T(0) = \text{round}(C(0) * \text{fator})$$

$$T(p) = \text{round}(C(p) * \text{fator})$$

$$T(0) = \text{round}(790 * \text{fator}) = 1$$

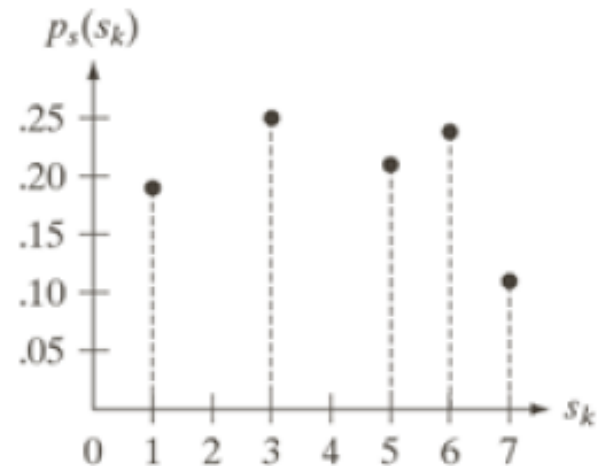
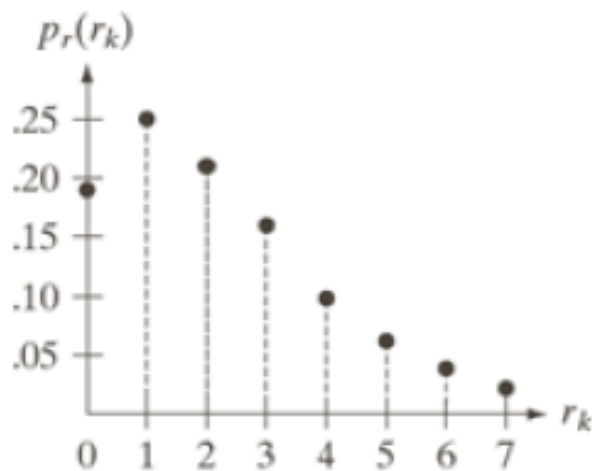
$$T(1) = \text{round}(1813 * \text{fator}) = 3$$

$$T(2) = \text{round}(2663 * \text{fator}) = 5$$

$$g(x, y) = T(f(x, y))$$

EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Exemplo: Considere uma imagem de 3 bits com dimensão 64x64.



EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Código no OpenCV.

C++: `void equalizeHist(InputArray src, OutputArray dst)`

Python: `cv2.equalizeHist(src[, dst]) → dst`

Parameters:

- **src** – Source 8-bit single channel image.
- **dst** – Destination image of the same size and type as `src`.

EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Exemplo:

```
img = cv2.imread('wiki.jpg',0)
equ = cv2.equalizeHist(img)
res = np.hstack((img,equ)) #stacking images side-by-side
cv2.imwrite('res.png',res)
```



EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

■ Código:

```
for(int i = 0; i < width; i++){
    for(int j = 0; j < height; j++){

        ImageType::IndexType pixelIndex={{i,j}};

        int pixel = image->GetPixel(pixelIndex);

        histogram[pixel]++;

    }

}

for(int i = 0; i < 256; i++){

    if(i == 0){
        accumulatedHistogram[i] = histogram[i];
    }else{
        accumulatedHistogram[i] += accumulatedHistogram[i-1];
    }

}
```


EQUALIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Código:

```
for(int i = 0; i < 256; i++){  
    float aux = accumulatedHistogram[i] * factor;  
    accumulatedHistogram[i] = round(aux);  
}  
  
for(int i = 0; i < width; i++){  
    for(int j = 0; j < height; j++){  
        ImageType::IndexType pixelIndex={{i,j}};  
        int pixel = image->GetPixel(pixelIndex);  
        int newPixel = accumulatedHistogram[pixel];  
        histogramImage->SetPixel(pixelIndex, newPixel);  
    }  
}
```

ALONGAMENTO DO HISTOGRAMA

- Alteração no contraste da imagem.
 - p_{low} e p_{high} são limites de cortes.
 - Minimum e maximum são os valores de pixels obtidos na imagem original.

$$b[m,n] = \begin{cases} 0 & a[m,n] \leq p_{low} \% \\ (2^B - 1) \cdot \frac{a[m,n] - \text{minimum}}{\text{maximum} - \text{minimum}} & p_{low} \% < a[m,n] < p_{high} \% \\ (2^B - 1) & a[m,n] \geq p_{high} \% \end{cases}$$

ALONGAMENTO DO HISTOGRAMA



ALONGAMENTO DO HISTOGRAMA

- Código.

```
for(int i = 0; i < width; i++){
    for(int j = 0; j < height; j++){
        ImageType::IndexType pixelIndex={{i,j}};

        float pixel = image->GetPixel(pixelIndex);

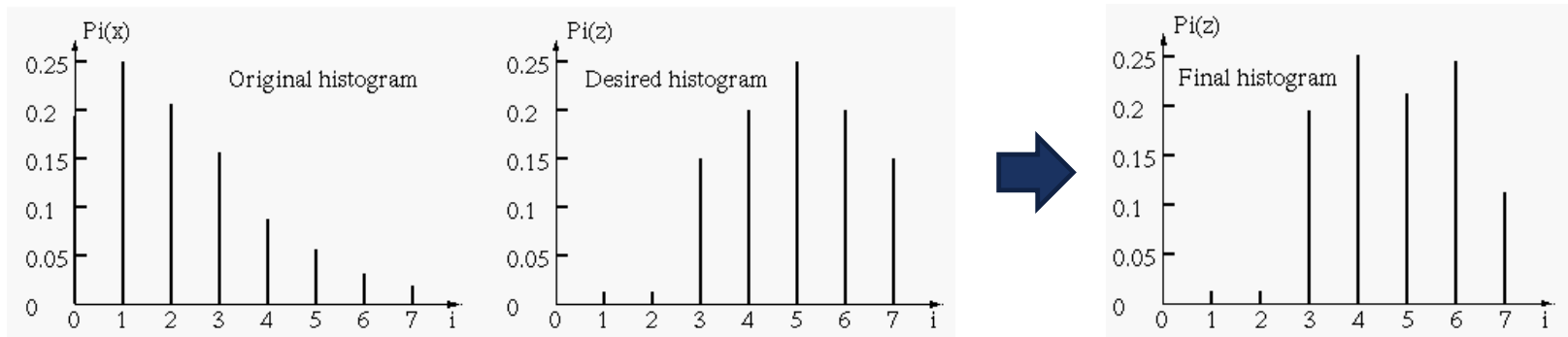
        if(pixel <= plow){
            newPixel = 0;
        }else if(pixel >= phigh){
            newPixel = 255;
        }else{
            newPixel = level * (pixel - minimum)/(maximum - minimum);
        }

        int roundedPixel = round(newPixel);

        stretchingImage->SetPixel(pixelIndex, roundedPixel);
    }
}
```

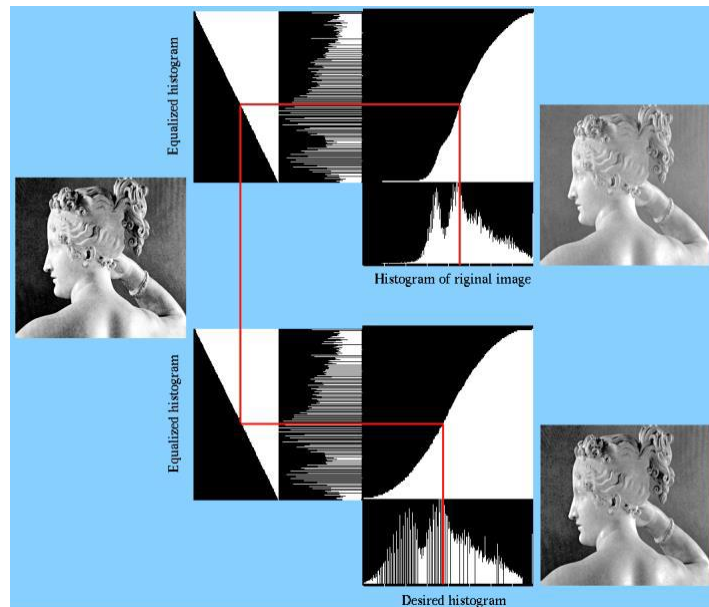
ESPECIFICAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Dada a imagem de entrada e um histograma, o objetivo é transformar o histograma da imagem de entrada o mais próximo possível do histograma dado.
 - Duas imagens de entrada, sendo uma imagem de referência.



ESPECIFICAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Consiste em fazer o mapeamento do histograma equalizado da imagem com o histograma equalizado na imagem de referência.



ESPECIFICAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Consiste em fazer o mapeamento do histograma equalizado da imagem com o histograma equalizado na imagem de referência.
- Notação:
 - zq e rk = bins.
 - $Pr(rk)$ - histograma da imagem a ser ajustada.
 - $Pz(zq)$ - histograma da imagem de referência.
 - $H(rk)$ - histograma acumulado da imagem a ser ajustada.
 - $H(zq)$ - histograma acumulado da imagem de referência.
 - sk = resultado da equalização da imagem a ser ajustada.
 - vt = resultado da equalização da imagem de referência.
 - e = resultado da especificação.

ESPECIFICAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Consiste em fazer o mapeamento do histograma equalizado da imagem com o histograma equalizado na imagem de referência.

r_k	$P_r(r_k)$	$H(r_k)$	$s_k = T(r_k)$	$e(?)$	z_q	$P_z(z_q)$	$H(z_q)$	$v_t = G(z_q)$
0	0				0	0		
1	0.1				1	0.1		
2	0.1				2	0.2		
3	0.3				3	0.4		
4	0				4	0.2		
5	0				5	0.1		
6	0.4				6	0		
7	0.1				7	0		

ESPECIFICAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Consiste em fazer o mapeamento do histograma equalizado da imagem com o histograma equalizado na imagem de referência.
 - Calcule os histogramas acumulados e a função de equalização.

r_k	$P_r(r_k)$	$H(r_k)$	$s_k = T(r_k)$	$e(?)$	z_q	$P_z(z_q)$	$H(z_q)$	$v_t = G(z_q)$
0	0	0	0		0	0	0	0
1	0.1	0.1	1		1	0.1	0.1	1
2	0.1	0.2	1		2	0.2	0.3	2
3	0.3	0.5	4		3	0.4	0.7	5
4	0	0.5	4		4	0.2	0.9	6
5	0	0.5	4		5	0.1	1	7
6	0.4	0.9	6		6	0	1	7
7	0.1	1	7		7	0	1	7

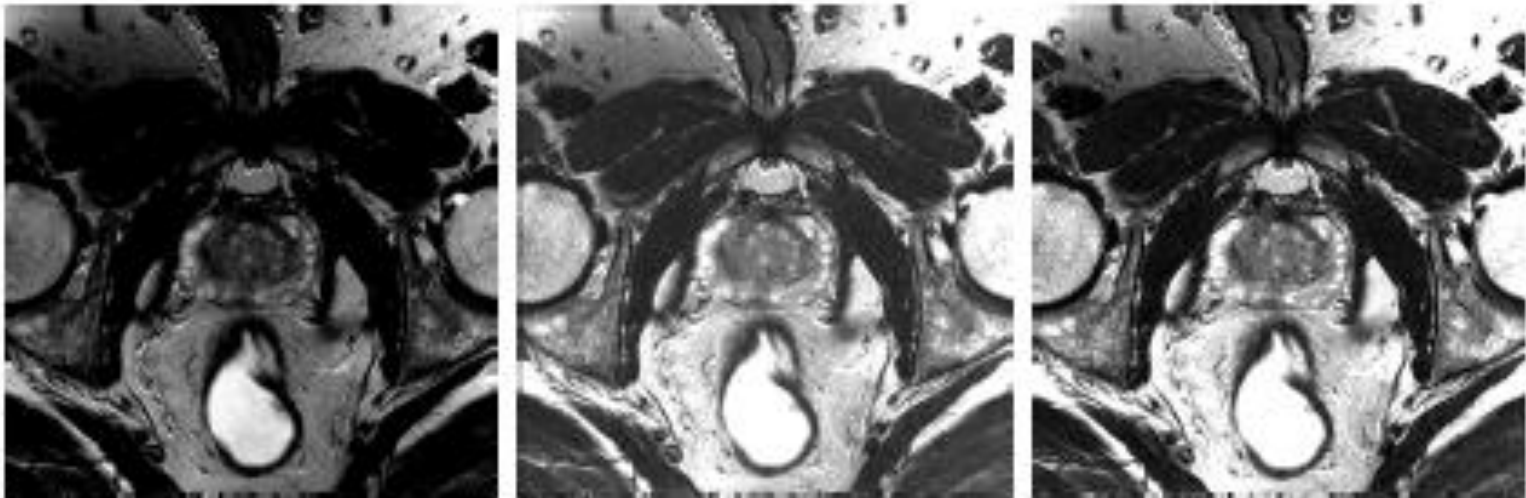
ESPECIFICAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Consiste em fazer o mapeamento do histograma equalizado da imagem com o histograma equalizado na imagem de referência.
- O novo valor de r_k , e, será o valor correspondente de z_q de tal modo que $|s_k - z_q|$ seja mínimo.

r_k	$P_r(r_k)$	$H(r_k)$	$s_k = T(r_k)$	$e(?)$	z_q	$P_z(z_q)$	$H(z_q)$	$v_t = G(z_q)$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.1	0.1	1	1	1	0.1	0.1	1
2	0.1	0.2	1	1	2	0.2	0.3	2
3	0.3	0.5	4	3	3	0.4	0.7	5
4	0	0.5	4	3	4	0.2	0.9	6
5	0	0.5	4	3	5	0.1	1	7
6	0.4	0.9	6	4	6	0	1	7
7	0.1	1	7	5	7	0	1	7

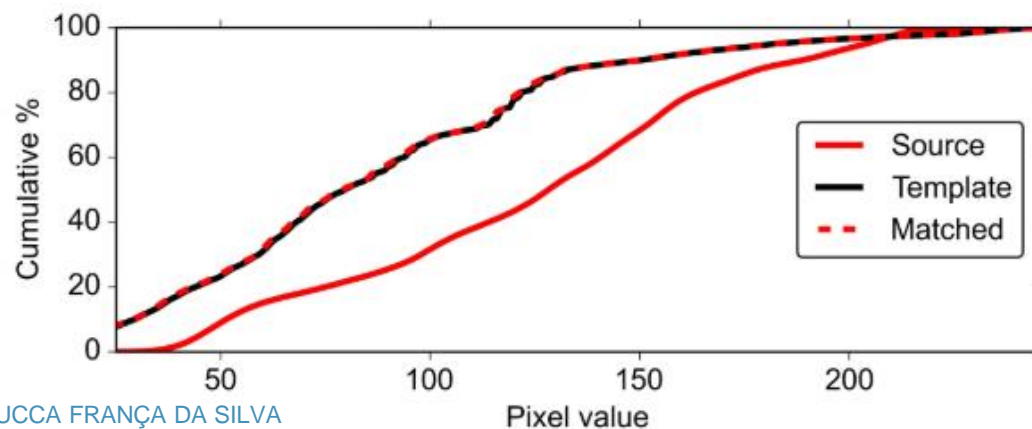
ESPECIFICAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Exemplo: Exames de RM da próstata.



ESPECIFICAÇÃO DO HISTOGRAMA

- Exemplo:



ESPECIFICAÇÃO DO HISTOGRAMA

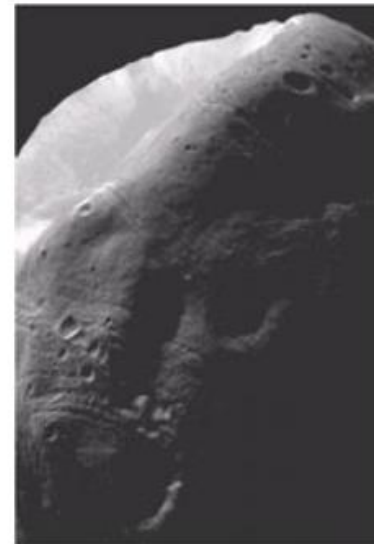
- Exemplo:



Imagem original



Equalização



Especificação

REFERÊNCIAS

- GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard C. **Processamento digital de imagens**. Pearson, 2011.
- PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson. **Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações**. Thomson Learning, 2008.
- SILVA, Aristófanés. **Notas de aula da disciplina Processamento de Imagens da Universidade Federal do Maranhão**. 2018.
- BRAZ Jr, Geraldo. **Notas de aula da disciplina Visão Computacional da Universidade Federal do Maranhão**. 2018.