

## Processamento de Imagens e Computação Gráfica

# Operações Pontuais II

Profa. Beatriz Trinchão Andrade

Departamento de Computação · UFS  
beatriz@dcomp.ufs.br

# Sumário

Introdução

Histograma

Equalização Histogrâmica  
Exemplo

Prática

Referências

# Sumário

Introdução

Histograma

Equalização Histogrâmica

Exemplo

Prática

Referências

# Introdução

- ▶ Considere uma imagem digital com níveis de cinza no intervalo  $[0, L-1]$
- ▶ Histograma: função discreta  $h(r_k) = n_k$ 
  - ▶  $r_k$  é um nível de cinza
  - ▶  $n_k$  é o número de pixels na imagem com cor  $r_k$

# Introdução

- ▶  $p(r_k) = n_k/n$ 
  - ▶ Normalização do histograma
  - ▶ Divisão dos valores pelo número de pixels na imagem
  - ▶ Estimativa da probabilidade de ocorrência da cor  $r_k$
  - ▶ Soma de  $p$  para todos os  $k$  é 1

# Sumário

Introdução

**Histograma**

Equalização Histogrâmica

Exemplo

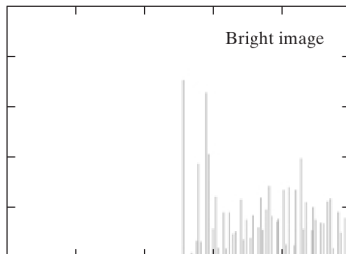
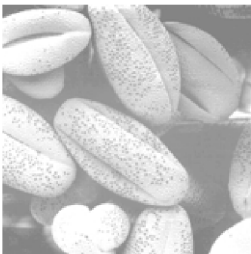
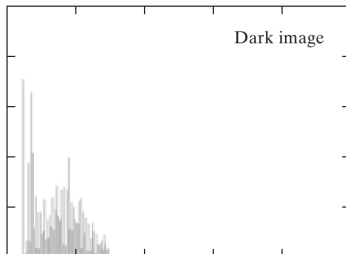
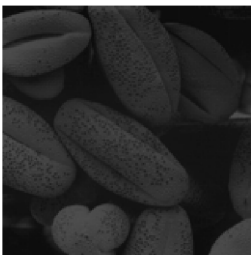
Prática

Referências

# Histograma

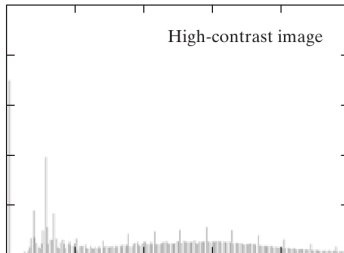
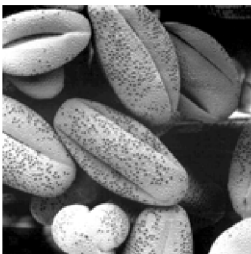
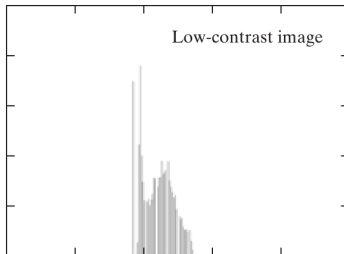
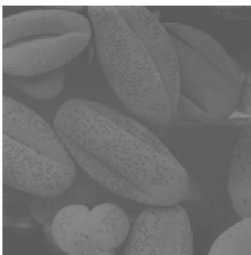
- ▶ Histogramas são a base de muitas técnicas de processamento no domínio espacial
- ▶ Realce, compressão e segmentação de imagens
- ▶ Adequados pra processamento em tempo real

# Histograma





# Histograma



# Histograma

- ▶ Imagens cujos pixels ocupam todo o intervalo de tons possíveis e são uniformemente distribuídos
  - ▶ Alto contraste e variedade de tons
  - ▶ Consequência: imagem com detalhes e maior faixa dinâmica

# Histograma

- ▶ Exercício: escreva um pseudocódigo para calcular o histograma de uma imagem.

# Histograma

---

**Algoritmo 1** Calcula o histograma (vetor  $H$ ) de uma imagem  $f(x, y)$

---

```
1: - atribuir valor zero a todos os elementos do vetor
2: for  $i = 0$  até  $L_{max}$  do
3:    $H[i] = 0$ 
4: end for
5: - calcular distribuição dos níveis de cinza para cada pixel da imagem
6: for  $x = 0$  até  $M - 1$  do
7:   for  $y = 0$  até  $N - 1$  do
8:      $H[f(x, y)] = H[f(x, y)] + 1$ 
9:   end for
10: end for
```

---

Referência: aula do Prof. Hélio Pedrini

# Sumário

Introdução

Histograma

Equalização Histográfica  
Exemplo

Prática

Referências

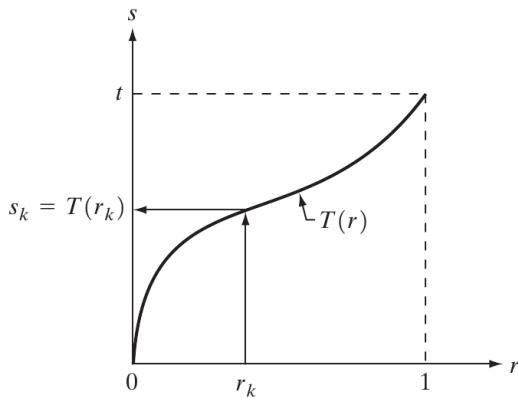
# Equalização Histográfica

- ▶ Função contínua onde  $r$  são os níveis de cinza da imagem
- ▶ Inicialmente, assume-se  $r$  normalizado em  $[0,1]$ 
  - ▶ 0 é preto e 1 é branco
- ▶ Formulação discreta considerará  $[0, L-1]$

## Equalização Histogrâmica

- ▶ Transformação na forma  $s = T(r)$ ,  $0 \leq r \leq 1$
- ▶ Produz um nível  $s$  para cada  $r$
- ▶  $T(r)$  tem valores únicos
  - ▶ Garante que a inversa existe
- ▶  $T(r)$  é monotonicamente crescente no intervalo  $0 \leq r \leq 1$ 
  - ▶ Preserva ordem das cores
- ▶  $0 \leq T(r) \leq 1$  para  $0 \leq r \leq 1$ 
  - ▶ Saída no mesmo intervalo da entrada

# Equalização Histográfica





# Equalização Histogrâmica

- ▶ Usar uma função de transformação que torne o histograma o mais uniforme possível
  - ▶ Função de transformação: histograma cumulativo
- ▶ Passos
  1. Calcular o histograma normalizado
  2. Calcular o histograma cumulativo
  3. Equalizar a imagem com o histograma cumulativo

## Equalização Histogrâmica - Caso Discreto

- Versão discreta da função de transformação:

$$\begin{aligned} s_k &= T(r_k) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \\ &= \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1. \end{aligned}$$

## Equalização Histográfica - Caso Discreto

---

### Algoritmo 2 Equalização de histograma

---

- 1: calcular o histograma da imagem a ser transformada
  - 2: normalizar o histograma, tal que  $0 \leq f_k \leq 1$
  - 3: **for**  $k = 0$  até  $L - 1$  **do**
  - 4:   calcular função distribuição acumulada de probabilidade
  - 5:    $g_k = \sum_{i=0}^k p_f(f_i)$
  - 6:   arredondar valor para nível de cinza mais próximo
  - 7:    $g_k = \text{round}(g_k \times L_{\max})$
  - 8: **end for**
  - 9: agrupar valores  $f_k$  para formar  $g_k$
- 

Referência: aula do Prof. Hélio Pedrini

## Equalização Histogrâmica - Exemplo

### Exemplo:

Ilustração da equalização de histograma de uma imagem com oito níveis de cinza, conforme distribuição mostrada a seguir.

Níveis de cinza ( $k$ )	0	1	2	3	4	5	6	7
Número de pixels ( $n_k$ )	1314	3837	5820	4110	2374	921	629	516

**Tabela :** Histograma a ser equalizado.

Referência: aula do Prof. Hélio Pedrini

## Equalização Histográfica - Exemplo

Inicialmente, deve-se encontrar a probabilidade  $p_f$  com que cada nível de cinza  $k$  aparece na imagem  $\mathbf{f}$ , ou seja

$$p_f(f_0) = 1314/19521 \approx 0.067$$

$$p_f(f_1) = 3837/19521 \approx 0.197$$

$$p_f(f_2) = 5820/19521 \approx 0.298$$

$$p_f(f_3) = 4110/19521 \approx 0.211$$

$$p_f(f_4) = 2374/19521 \approx 0.122$$

$$p_f(f_5) = 921/19521 \approx 0.047$$

$$p_f(f_6) = 629/19521 \approx 0.032$$

$$p_f(f_7) = 516/19521 \approx 0.026$$

Referência: aula do Prof. Hélio Pedrini

## Equalização Histogrâmica - Exemplo

Calculando a função distribuição acumulada de probabilidade, obtém-se

$$g_0 = T(f_0) = \sum_{i=0}^0 p_f(f_i) = 0.067$$

$$g_1 = T(f_1) = \sum_{i=0}^1 p_f(f_i) = 0.264$$

De forma similar

$$g_2 = 0.562$$

$$g_3 = 0.773$$

$$g_4 = 0.895$$

$$g_5 = 0.942$$

$$g_6 = 0.974$$

$$g_7 = 1$$

Referência: aula do Prof. Hélio Pedrini

## Equalização Histográfica - Exemplo

Como a imagem foi quantizada com oito níveis de cinza, cada valor  $g_k$  deverá ser substituído pelo nível de cinza mais próximo, ou seja

$$g_0 = g_0 \times 7 = 0.067 \times 7 = 0.469 \approx 0$$

Analogamente para os outros valores de  $g_k$ , tem-se

$$g_1 = 0.264 \times 7 = 1.848 \approx 2$$

$$g_2 = 0.562 \times 7 = 3.934 \approx 4$$

$$g_3 = 0.773 \times 7 = 5.411 \approx 5$$

$$g_4 = 0.895 \times 7 = 6.265 \approx 6$$

$$g_5 = 0.942 \times 7 = 6.594 \approx 7$$

$$g_6 = 0.974 \times 7 = 6.818 \approx 7$$

$$g_7 = 1 \times 7 = 7$$

Referência: aula do Prof. Hélio Pedrini

## Equalização Histográfica - Exemplo

O nível original  $f_0 = 0$  é mapeado para o nível  $g_0 = 0$ , ou seja, os 1314 pixels que apresentavam nível de cinza 0 permanecem inalterados.

De forma similar, os pixels com nível de cinza 1 são mapeados para o nível 2 e assim por diante.

Os resultados da equalização estão mostrados a seguir.

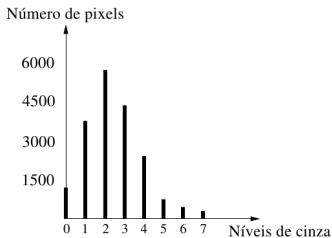
$k$	0	1	2	3	4	5	6	7
$f_k$	0	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7
$n_{f_k}$	1314	3837	5820	4110	2374	921	629	516
$p_f(f_k) = n_{f_k}/n$	0.067	0.197	0.298	0.211	0.122	0.047	0.032	0.026
$g_k$	0.067	0.264	0.562	0.773	0.895	0.942	0.974	1
$\text{round}(g_k \times 7)$	0	2	4	5	6	7	7	7
$n_{g_k}$	1314	0	3837	0	5820	4110	2374	2066

A função  $\text{round}(x)$  aproxima o argumento  $x$  para seu valor inteiro mais próximo.

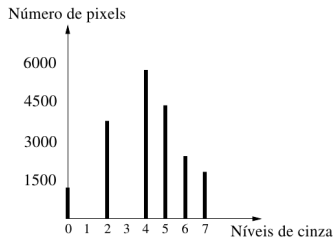
Referência: aula do Prof. Hélio Pedrini



## Equalização Histogrâmica - Exemplo



(a)



(b)

Referência: aula do Prof. Hélio Pedrini

# Sumário

Introdução

Histograma

Equalização Histogrâmica

Exemplo

Prática

Referências

# Equalização Histogrâmica - Prática

- ▶ Arquivo guia-op-2.pdf

# Sumário

Introdução

Histograma

Equalização Histogrâmica

Exemplo

Prática

Referências

## Referências:

- ▶ Capítulo 4 do Pedrini e Schwartz. Análise de Imagens Digitais.
- ▶ Hélio Pedrini. Material de aula. Análise de Imagens (MO445). IC-Unicamp, 2014.
- ▶ Capítulo 3 do Gonzalez e Woods. Digital Image Processing, 2a edição.
- ▶ Capítulo 4 do Gonzalez e Woods. Processamento Digital de Imagens, 1a edição.