

Universidade Federal do Rio de Janeiro

-

IM/DCC & NCE



***Tratamento da Imagem***  
***Transformações (cont.)***

*Antonio G. Thomé*  
*thome@nce.ufrj.br*  
*Sala – AEP/1033*

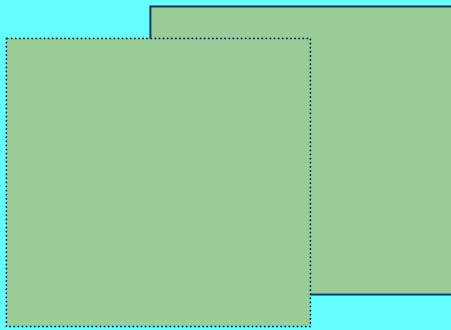
# *Transformações Geométricas*

## Transformações Geométricas

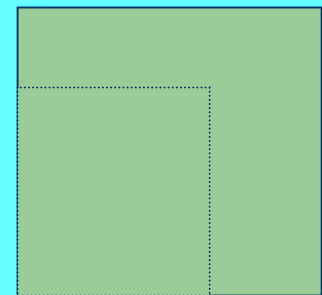
- Transformações geométricas são operações que redefinem a relação espacial dos pontos de uma imagem.
  - ✓ Importância:
    - Eliminação de distorções sistemáticas
  - ✓ Requisitos
    - Conhecimento das distorções existentes
    - Escolha do modelo matemático adequado

## Exemplos de Transformações Geométricas

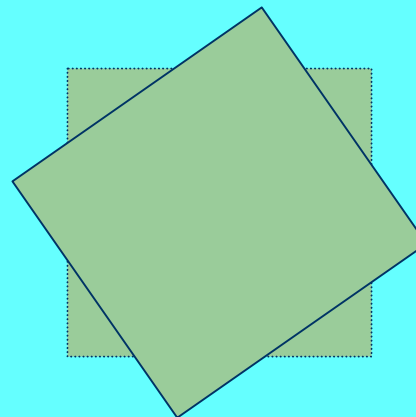
**Translação**



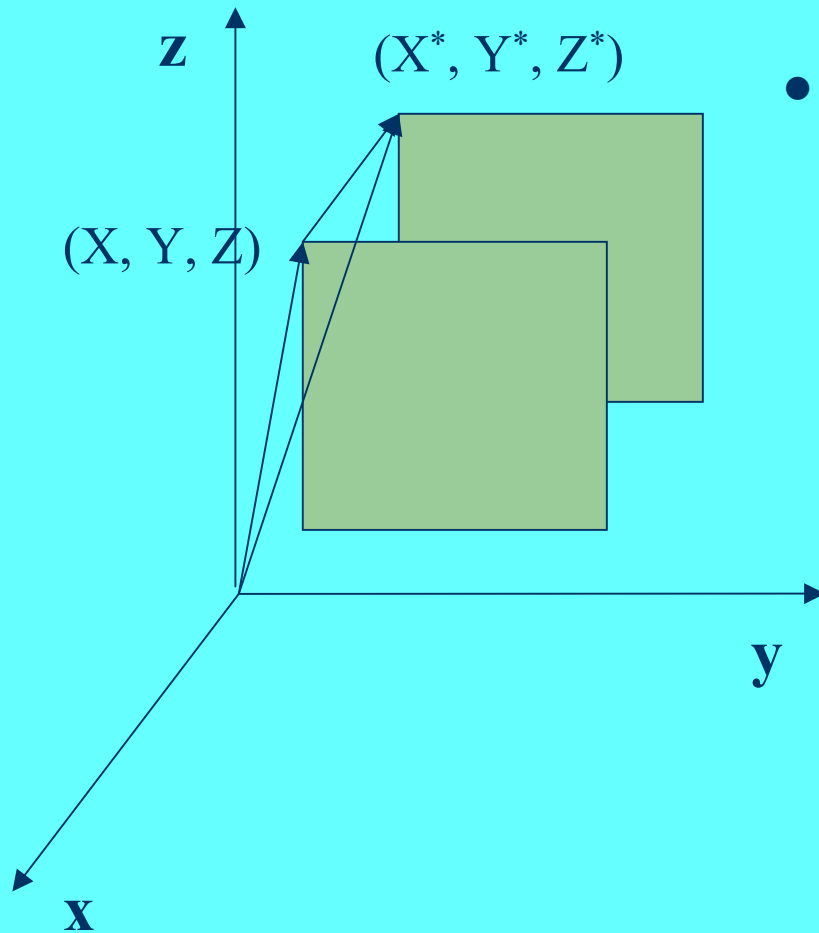
**Escala**



**Rotação**



## Translação



- A idéia é transladar um ponto de coordenadas  $(X, Y, Z)$  para uma nova posição, usando-se o deslocamento  $(X_0, Y_0, Z_0)$ .
- A translação é facilmente realizada através do uso das equações:
$$X^* = X + X_0$$
$$Y^* = Y + Y_0$$
$$Z^* = Z + Z_0$$
- $X^*, Y^*, Z^*$  são as coordenadas do novo ponto.

## Translação na Forma Matricial

- As equações podem ser expressas em forma matricial

$$\begin{bmatrix} X^* \\ Y^* \\ Z^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X_0 \\ 0 & 1 & 0 & Y_0 \\ 0 & 0 & 1 & Z_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

- O uso de matrizes quadradas simplifica consideravelmente a representação do processo. Sendo assim pode-se escrever:

$$\begin{bmatrix} X^* \\ Y^* \\ Z^* \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X_0 \\ 0 & 1 & 0 & Y_0 \\ 0 & 0 & 1 & Z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

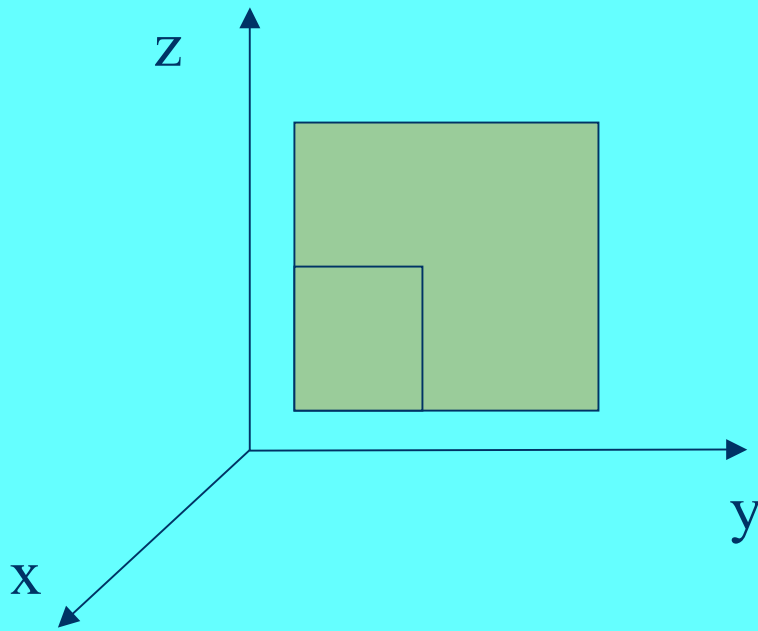
As matrizes acima são equivalentes.

- Então, a matriz de transformação é dada por:

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X_0 \\ 0 & 1 & 0 & Y_0 \\ 0 & 0 & 1 & Z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

## Transformação de Escala de um Ponto Isolado

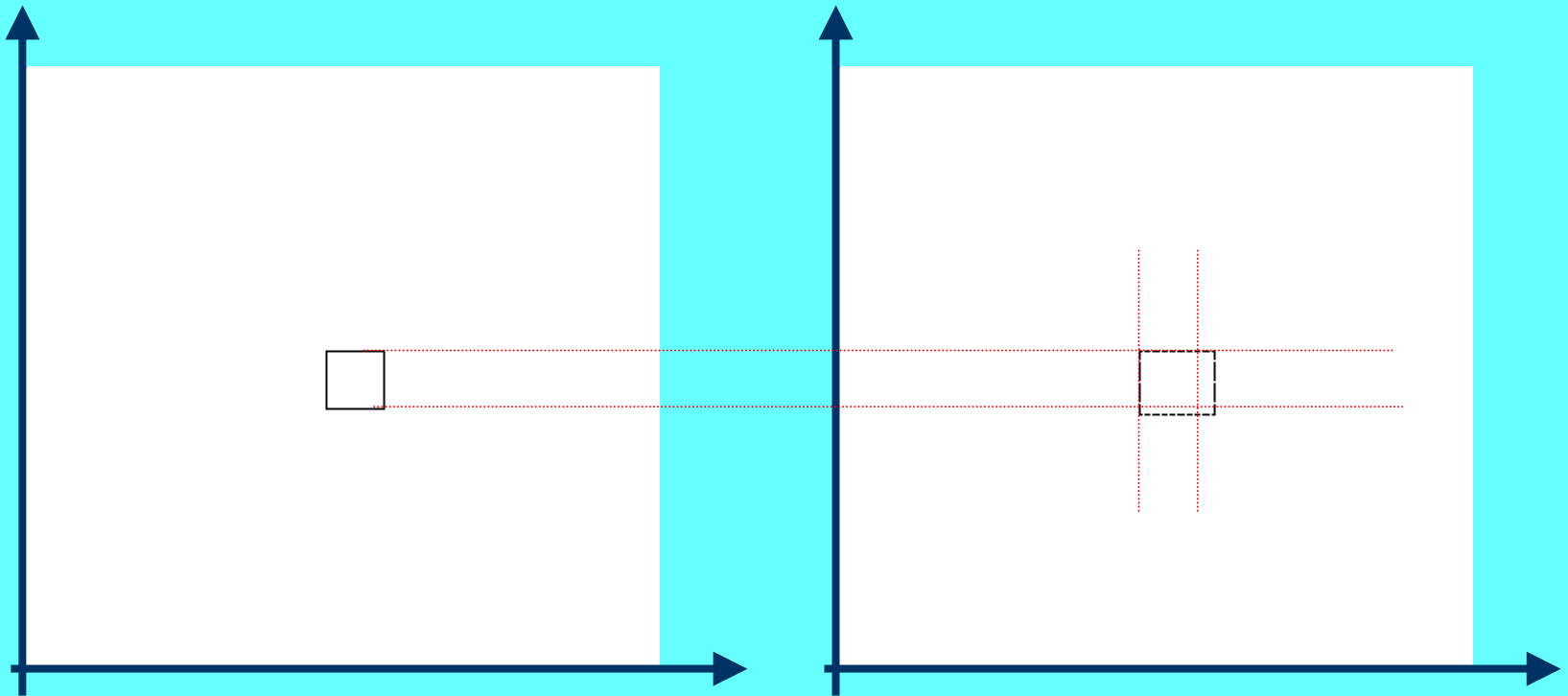
- A transformação de escala pelos fatores  $S_x$ ,  $S_y$ , e  $S_z$  ao longo dos eixos X, Y, e Z é dado pela matriz de transformação:



$$S = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P^* = S.P$$

## Transformação de Escala de um Ponto Isolado



$$P^* = \begin{bmatrix} 1.1 & 0 & 0 \\ 0 & 1.3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot P$$



## Transformação de Escala de uma Imagem

- O redimensionamento de imagens em níveis de cinza difere da operação de mudança de escala para pontos isolados.
- Nesta operação o novo valor de cinza do pixel transformado será o resultado de um cálculo sobre vários pixels da imagem original (vizinhança) - **Reamostragem (resampling)**.
- São três os principais métodos de interpolação utilizados para a reamostragem dos pixels para a produção de uma nova imagem a partir da imagem original.
  - ✓ Vizinho mais próximo (Nearest Neighbor) ou Ordem Zero
  - ✓ Bilinear
  - ✓ Bicúbica

## Interpolação do Vizinho mais Próximo

- O valor do nível de cinza a ser atribuído ao pixel na imagem destino,  $(i',j')$ , terá o mesmo valor do nível de cinza (contraste) do pixel mais próximo da posição na imagem original,  $(i,j)$ .
- Se a imagem original tem dimensões  $w$  e  $h$  a imagem destino tem  $w'$  e  $h'$ , então um ponto na imagem destino será dado pelas expressões a seguir:

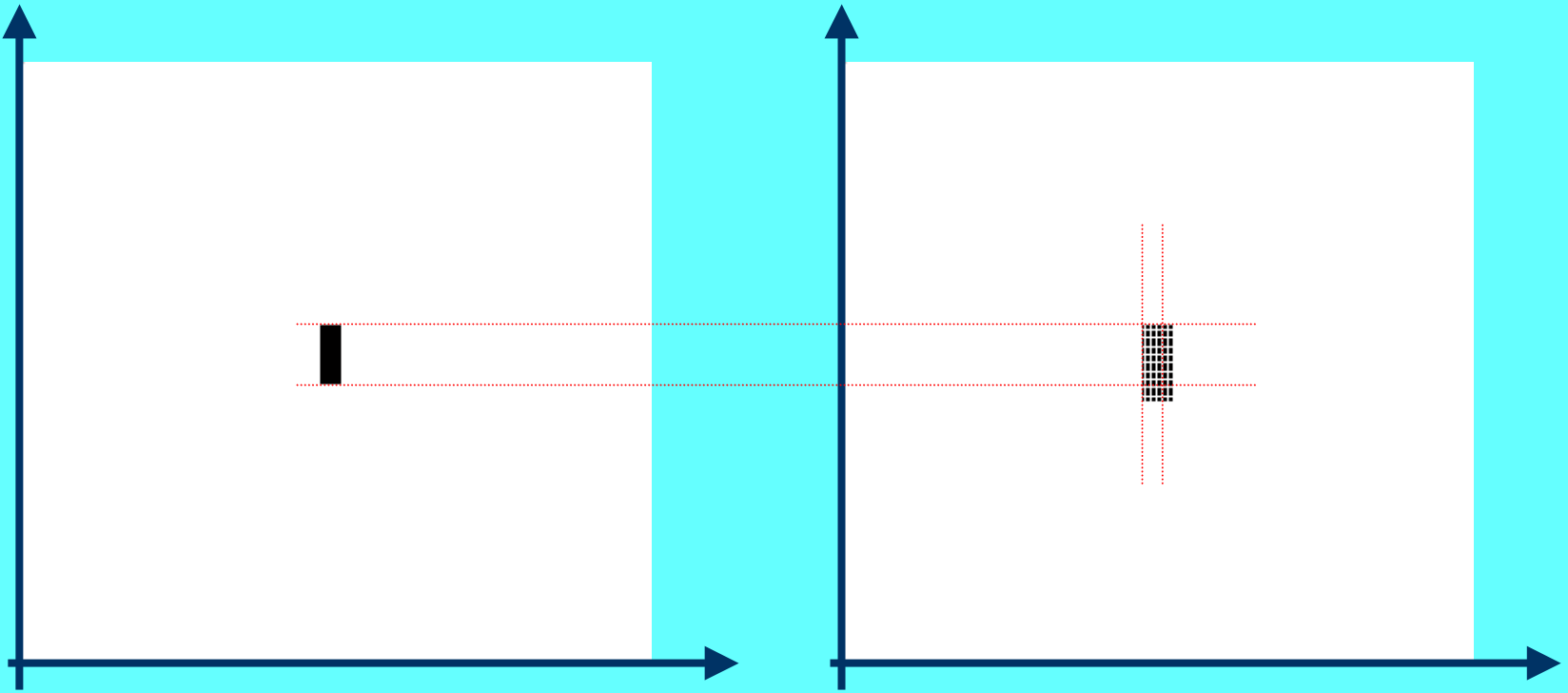
$$i' = i * w'/w$$

$$j' = j * h'/h$$

## Interpolação do Vizinho mais Próximo ...

- É um processo rápido, de fácil implementação, não alterando os valores originais de cinza (contraste).
- Podem ocorrer descontinuidades geométricas (lacunas de ordem de  $1/2$  "pixel" na imagem corrigida); A imagem poderá ficar, nos limites de áreas contínuas, ou nos lineamentos com aspecto "em escadinha".
- É o método recomendado quando a imagem resultante será usada para estudos radiométricos, classificação automática, enfim, processamentos onde a radiometria da imagem deve estar minimamente afetada ou alterada.

## Vizinho mais Próximo

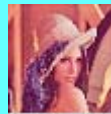


$$P^* = \begin{bmatrix} 1.3 & 0 & 0 \\ 0 & 1.5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot P$$

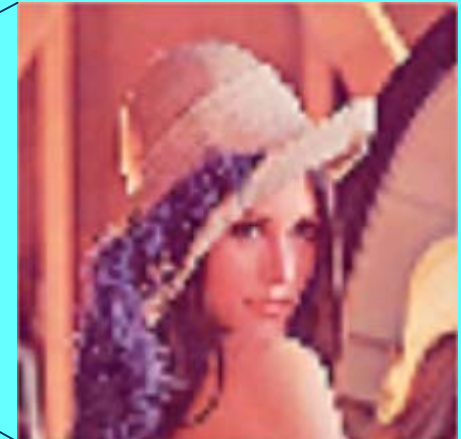
## Exemplo de Reamostragem (Redução) Usando Interpolação do Vizinho mais Próximo



256x256



64x64



## Interpolação Bilinear

- O valor do nível de cinza a ser atribuído ao pixel na imagem destino é determinado a partir do valor dos 4 pixels vizinhos na imagem original.
- Requer maior número de cálculos para determinar o valor de cada pixel de imagem corrigida.
- Altera o valor original dos níveis de cinza (contraste).

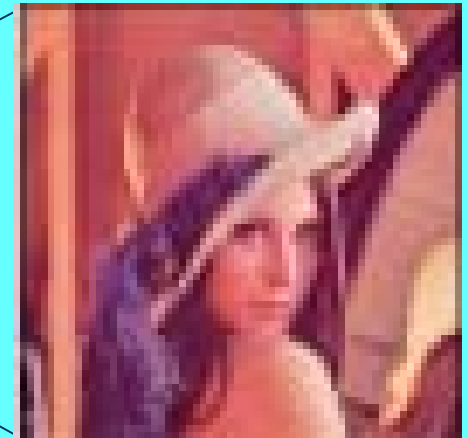
## Exemplo de Reamostragem (Redução) Usando Interpolação Bilinear



256x256



64x64



## Interpolação Bicúbica

- O nível de cinza a ser atribuído ao pixel na imagem destino é determinado a partir de cálculos realizados numa matriz de 16 pixels na sua vizinhança.
- A qualidade da imagem resultante é nitidamente superior as duas opções anteriores pois os lineamentos e as beiras dos objetos ficam conservados, porém um pouco suavizados.



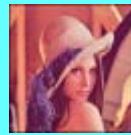
## Interpolação Bicúbica

- Requer maior tempo de computação e provoca a degradação da qualidade radiométrica dos dados.
- O cálculo do novo valor digital do pixel corrigido é feito por média ponderada não linear.
- É recomendado para produtos que se destinam a interpretação visual, ou ampliação em produtos fotográficos.

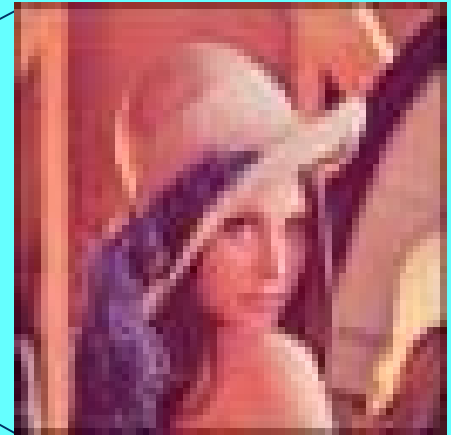
## Exemplo de Reamostragem (Redução) Usando Interpolação Bicúbica



256x256



64x64

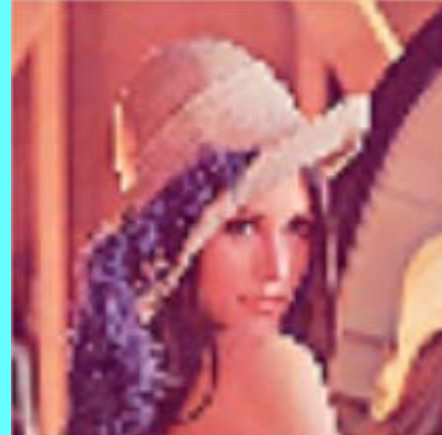


## Exemplos de Interpolação – Comparação

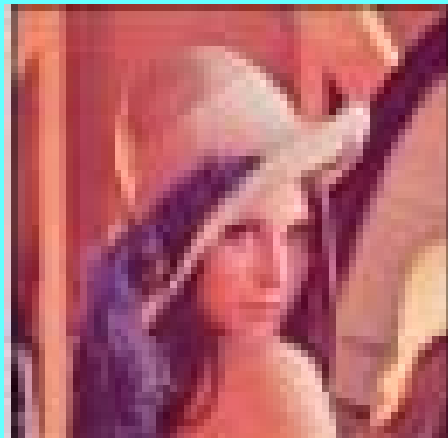
Original  
256x256



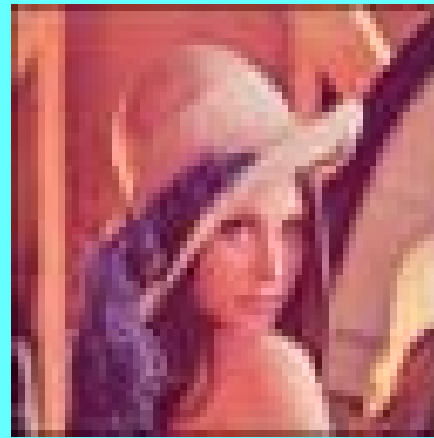
Vizinho  
mais Próximo



Bilinear



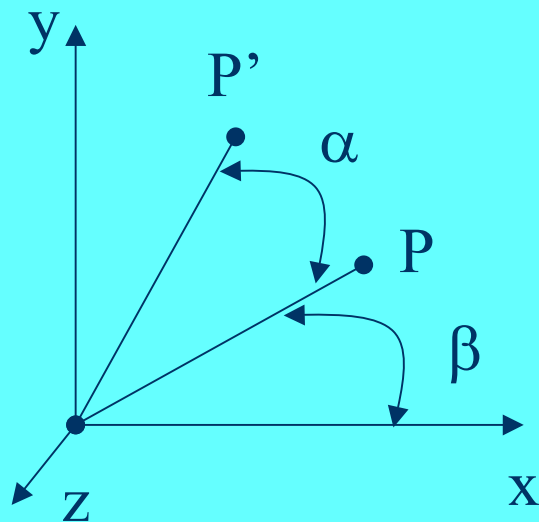
Bicúbica



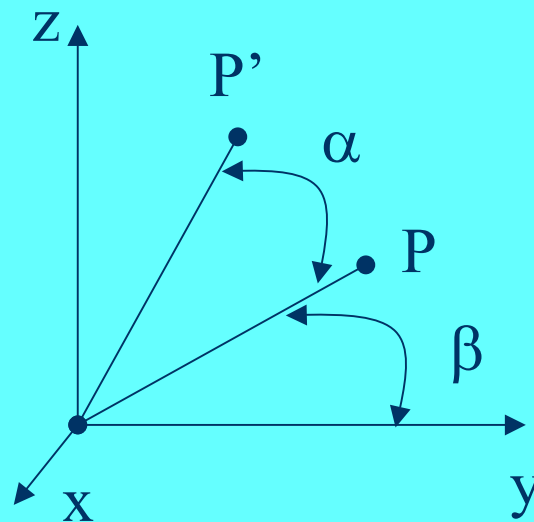
64x64

## Rotação

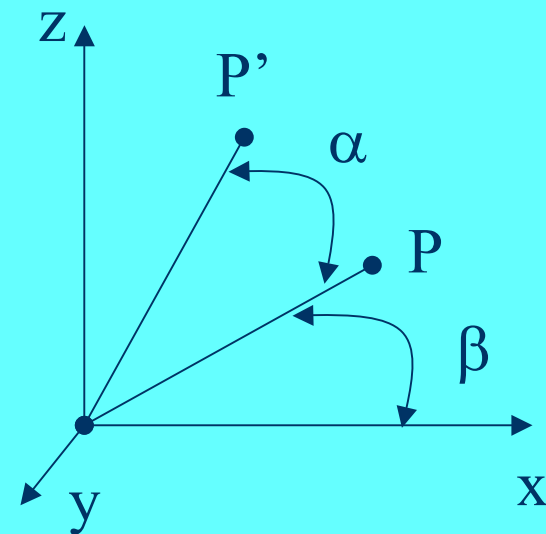
- Deve-se convencionar o sistema de eixos



Rotação em torno do eixo  $z$



Rotação em torno do eixo  $x$



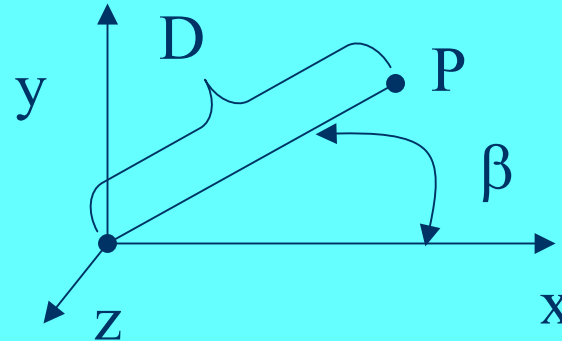
Rotação em torno do eixo  $y$

## Equações para Rotação em torno de z

- Supondo que a distância do ponto P à origem seja D, tem-se:

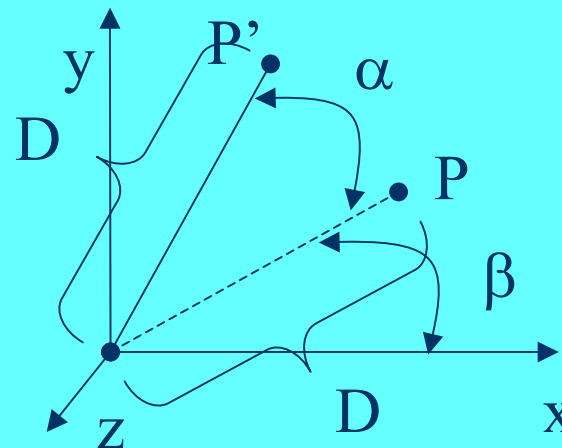
$$x = D \cos (\beta)$$

$$y = D \operatorname{sen} (\beta)$$



$$x' = D \cos (\alpha + \beta)$$

$$y' = D \operatorname{sen} (\alpha + \beta)$$



## Forma Matricial da Rotação em torno do Eixo Z

- Da trigonometria, tem-se:

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos(\alpha) \cos(\beta) - \text{sen}(\alpha) \text{sen}(\beta)$$

$$\text{sen}(\alpha + \beta) = \text{sen}(\alpha) \cos(\beta) + \text{sen}(\beta) \cos(\alpha)$$

- O que resulta em:

$$x' = x \cos(\alpha) - y \text{sen}(\alpha)$$

$$y' = x \text{sen}(\alpha) + y \cos(\alpha)$$

- Na forma Matricial

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\text{sen}(\alpha) \\ \text{sen}(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

# *Transformações Radiométricas*

## Transformações Radiométricas

- São técnicas que modificam a distribuição dos níveis de cinza de uma imagem preservando os contornos.
- Independem da localização dos pixels na imagem e podem ser representadas por uma operação que transforma um valor do nível de cinza (de um pixel) em um outro nível de cinza diferente.



## Operações Radiométricas

- Tem basicamente duas aplicações para transformações radiométricas:
  - ✓ Realce de Contraste - Procura enfatizar alguma característica de interesse da imagem.
  - ✓ Restauração - Visa corrigir alguma distorção sofrida pela imagem.
- Quando uma imagem sofreu uma distorção que diminuiu seu contraste, uma transformação que realce as bordas dos objetos das imagens pode, de fato, restaurar.

## Operações Radiométricas

- Embora muitas das técnicas de restauração e realce sejam as mesmas (por exemplo, filtragem), os objetivos e enfoques divergem num e noutro caso. O procedimento geral da restauração é a modelagem do processo de distorção para tentar invertê-lo. No realce esta preocupação não existe, pois nele as técnicas utilizadas são na maioria heurísticas, não havendo compromisso com a imagem original.

## Realce de Contraste

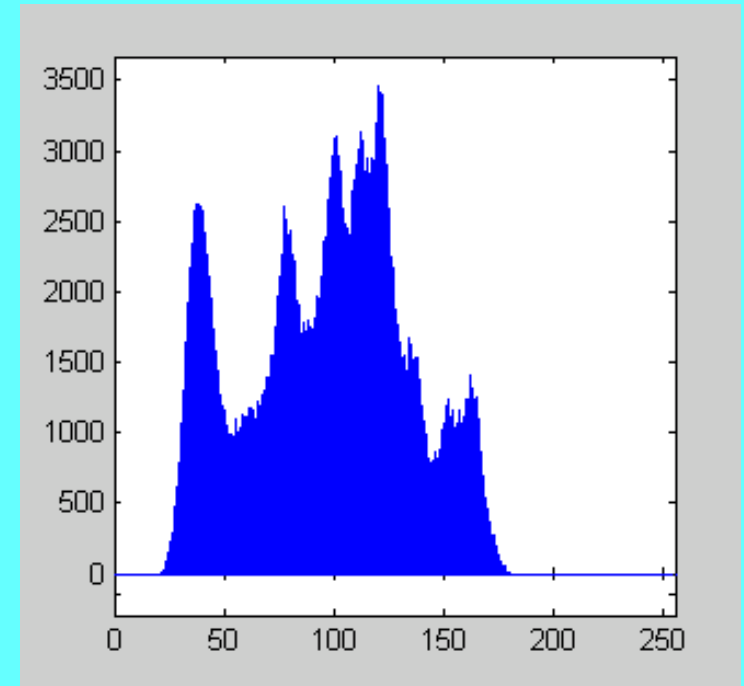
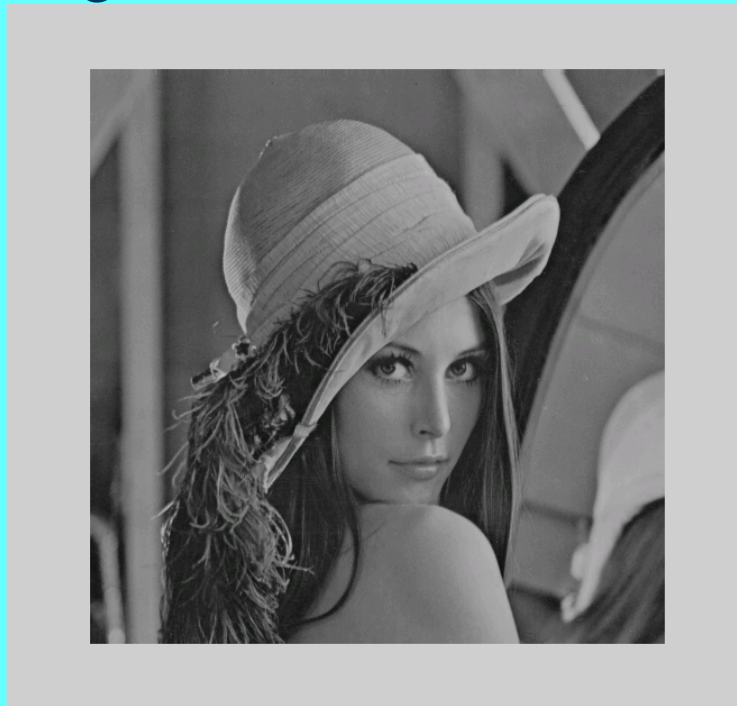
- A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens.
- É normalmente utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões.
- O contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios.
- A manipulação do contraste consiste numa transformação radiométrica em cada "pixel", com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem.
- Realiza-se a operação ponto a ponto, independentemente da vizinhança.
- Esta transferência radiométrica é realizada com ajuda de histogramas, que são manipulados para obter o realce desejado.

## Histograma

- É uma das formas mais comuns de se representar a **distribuição dos níveis de cinza (NC)** de uma imagem,
- O histograma fornece a informação de quantos pixels na imagem possuem um determinado NC, definido entre 0 (preto) e 255 (branco), para uma imagem quantificada em 8 bits.
- Os valores resultantes do histograma são representados por um gráfico de barras que fornece, para cada nível de cinza o número (ou o percentual) de pixels correspondentes na imagem.
- Outra característica é que o histograma não apresenta nenhuma informação espacial da imagem, e sim uma função a partir da qual pode ser inferida a **função de probabilidade** dos níveis de cinza da imagem. Normalmente, tem-se no eixo X a distribuição dos NCs e no eixo Y a frequência em que ocorrem.

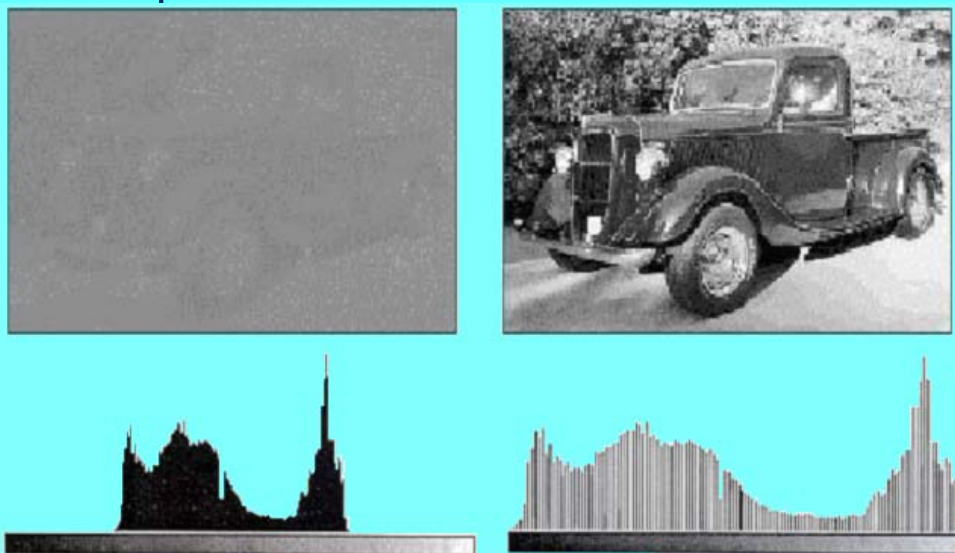
## Exemplo de Histograma

- Os valores resultantes do histograma são representados por um gráfico de barras que fornece, para cada nível de cinza o número (ou o percentual) de pixels correspondentes na imagem.



## Forma do Histograma

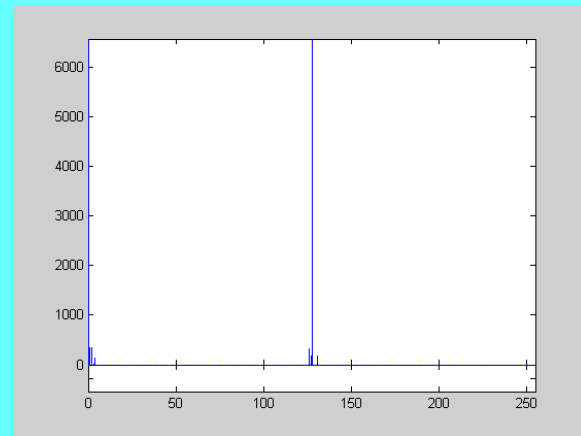
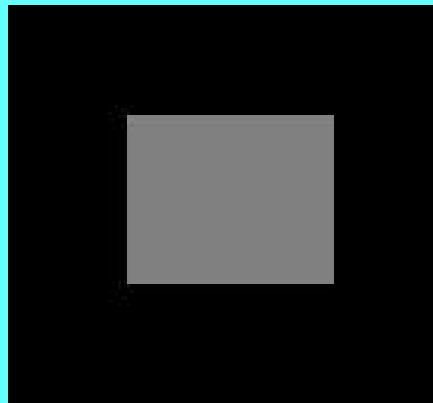
- A **forma** do histograma fornece informações importantes como a **intensidade média** e **espalhamento** dos valores de NC, sendo este último a medida de **contraste** da imagem.
- Quanto maior o espalhamento ao longo do eixo dos NCs, maior o contraste da imagem.
- Uma imagem terá baixo contraste quando o NC está concentrado em uma pequena região do espectro



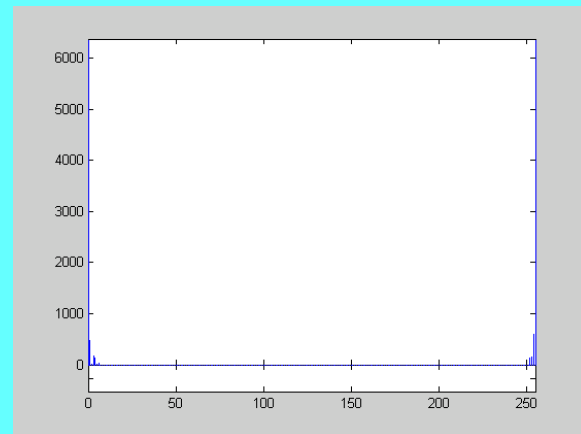
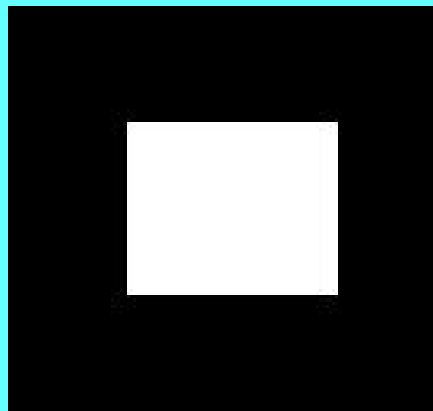
## Contraste de uma Imagem

- Assim podemos definir contraste como sendo o intervalo de níveis de cinza assumidos pelos pontos da imagem

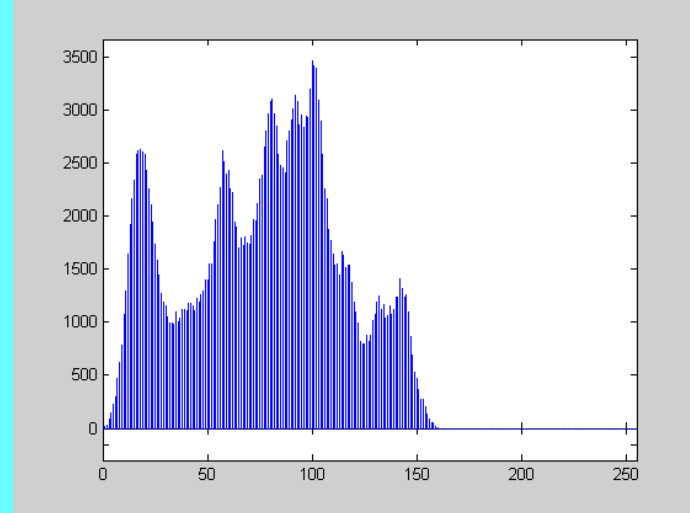
Menor Contraste



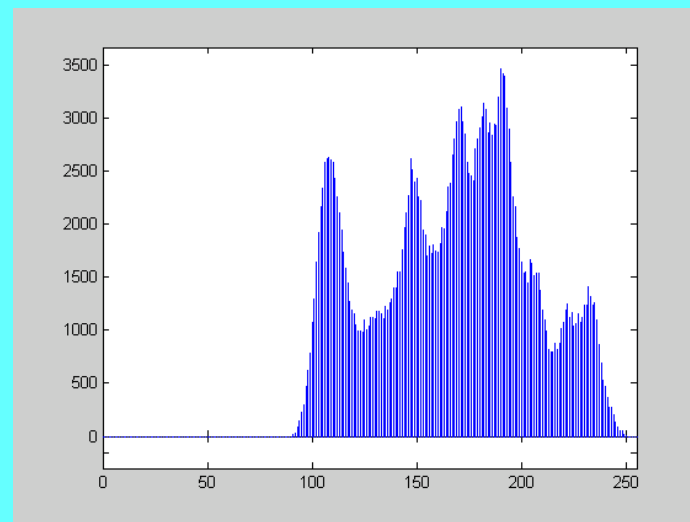
Maior Contraste



## Contraste de uma Imagem



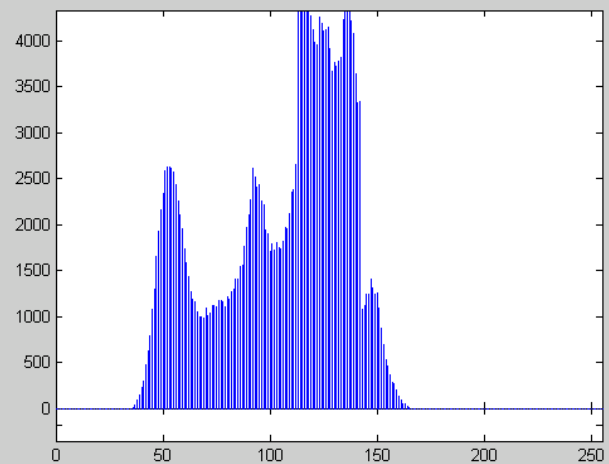
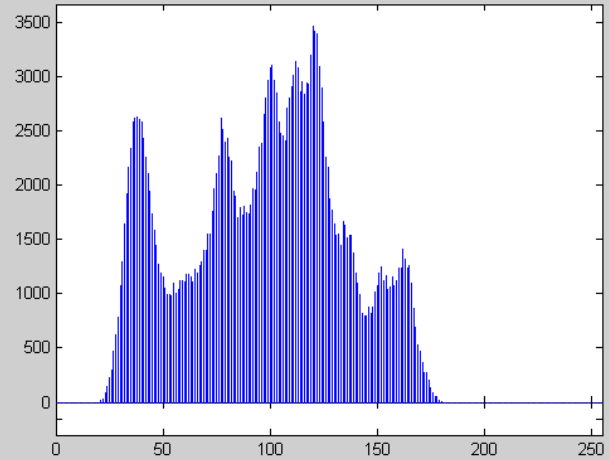
**Escura**



**Clara**



## Contraste de uma Imagem



## Técnicas de Modificação do Histograma

- Técnicas de modificação de uma imagem através da manipulação do histograma são utilizadas com o objetivo de melhorar o contraste original.
- Algumas técnicas de modificação de histograma são:
  - Binarização
  - Transformação
  - Expansão
  - Compressão
  - Equalização

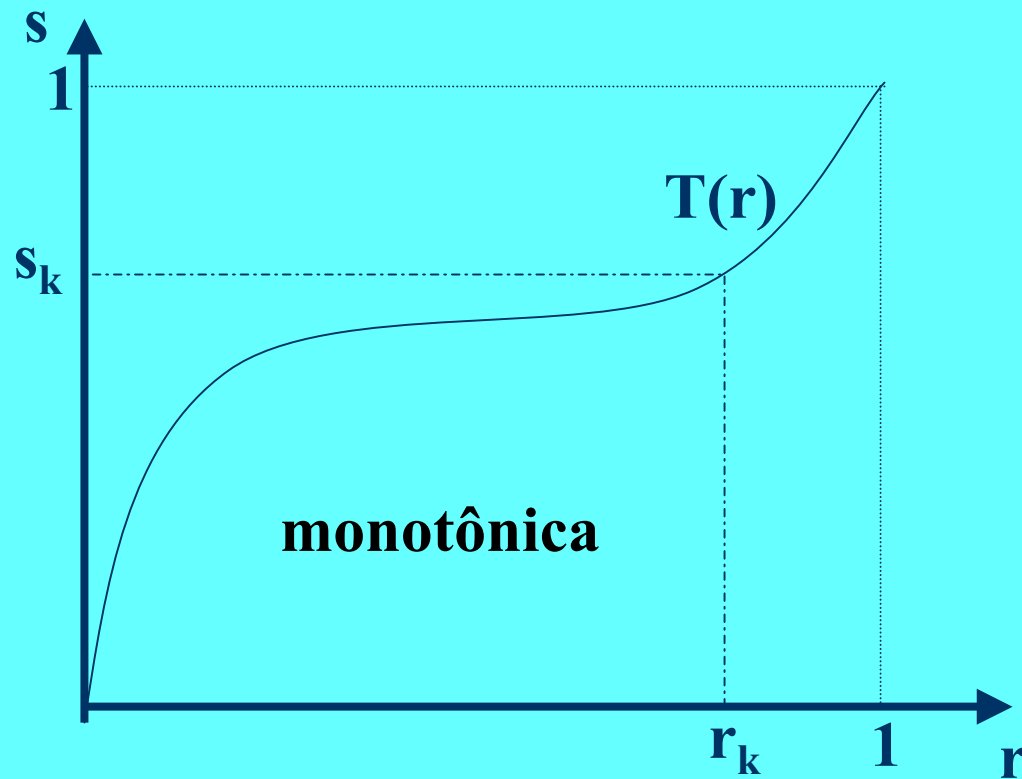
## Binarização

- Separação da imagem em duas regiões



**Aplica-se um corte (threshold) na imagem**

## Transformação - Exemplo



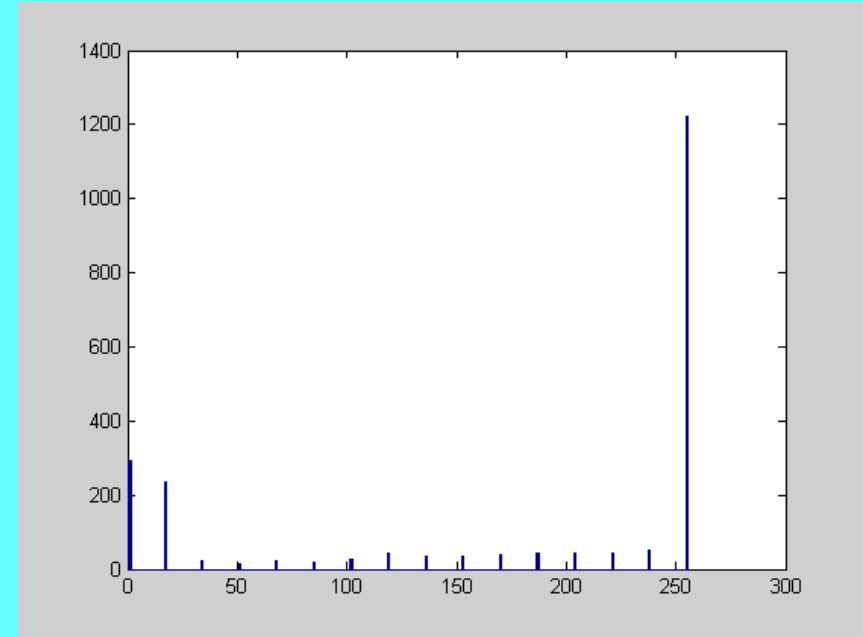
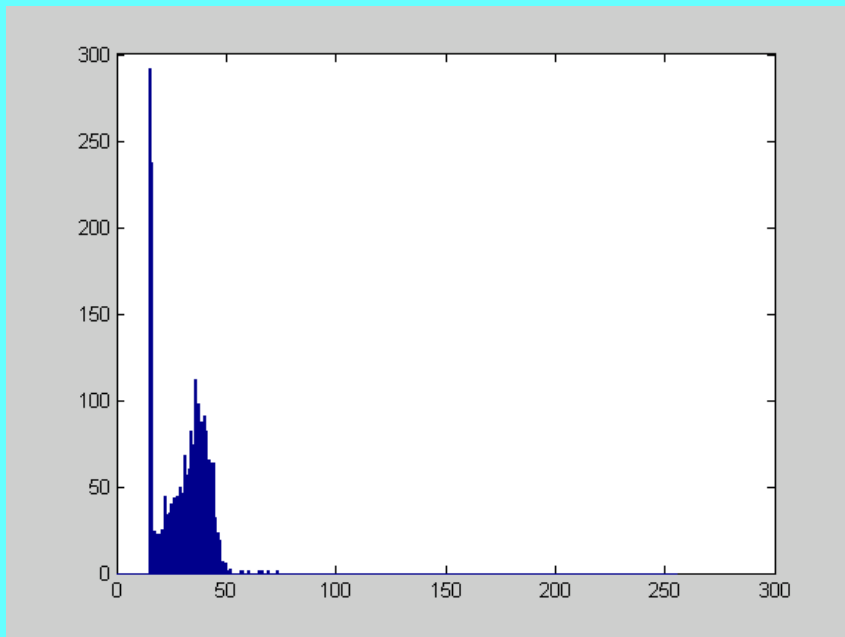
$$s_k = T(r_k)$$

## Expansão de Histograma

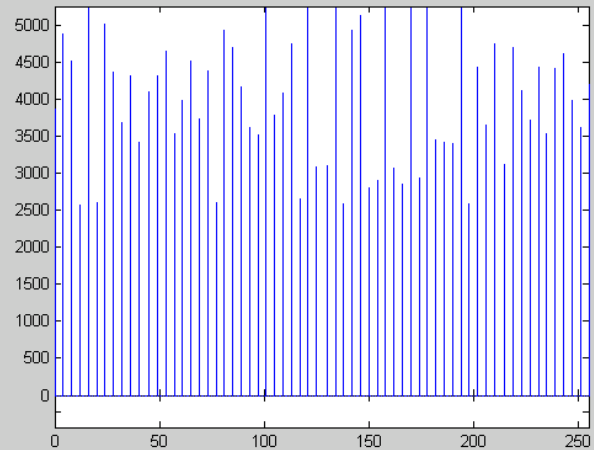
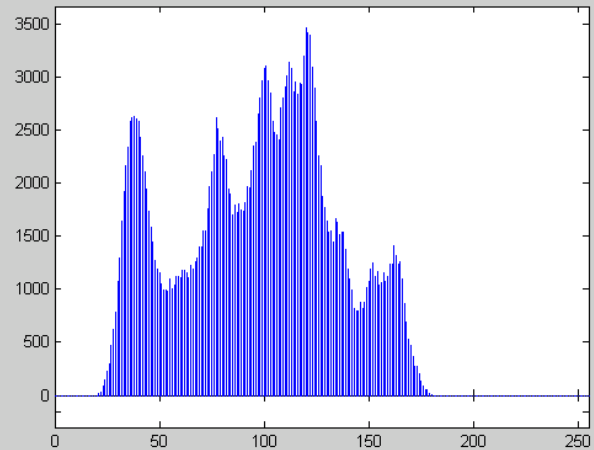
- Consiste em espalhar os níveis de cinza de uma imagem.
- A maioria das imagens são registradas com uma resolução radiométrica de 8 bits, que podem produzir 256 valores ou níveis de cinza. Normalmente, as imagens contêm, em cada banda, uma pequena faixa desses valores e, além disso, a presença de bruma atmosférica e a geometria de iluminação da cena podem atenuar as próprias características da imagem.
- O sistema visual do homem só consegue discriminar cerca de 30 tons de cinza, quando estão bastante espalhados em relação ao intervalo de 0 a 255. Por isso, o tratamento das imagens pelo método do aumento do contraste é uma técnica necessária para extrair informações não identificadas a princípio pelo intérprete. O contraste de uma imagem é uma medida do espalhamento dos níveis de cinza que nela ocorrem.
- O processo inverso da expansão é conhecido como compressão.

$$s = \frac{r - r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}} \times (L - 1)$$

## Expansão do Histograma

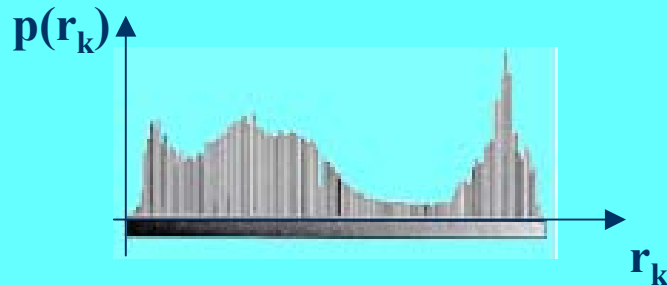


## Expansão do Histograma



## Equalização do Histograma

Histograma visto como uma função de densidade –  $p(r_k)$

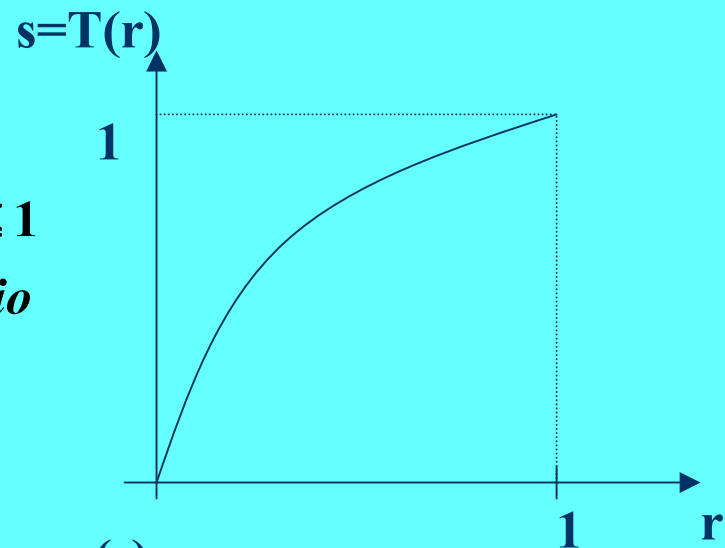
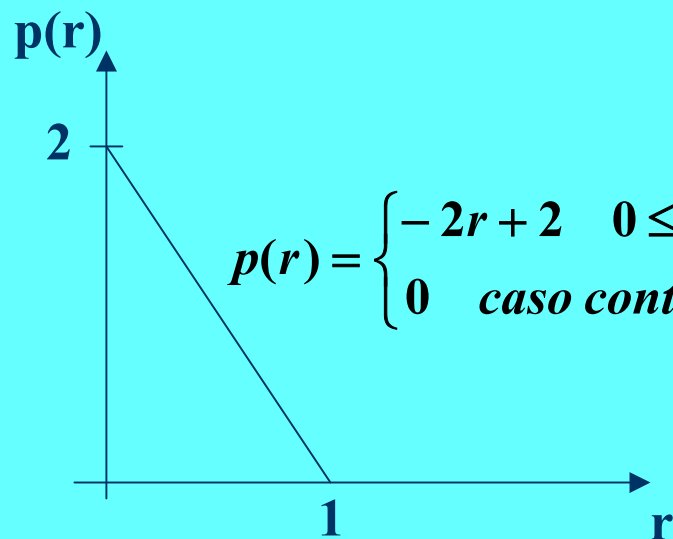


$T(r_k)$  - visto como uma função de distribuição

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w)dw \quad 0 \leq r \leq 1$$

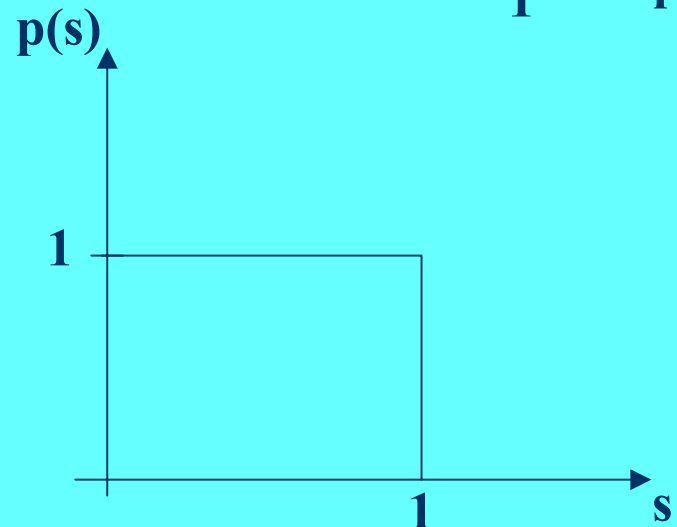


## Equalização do Histograma - Exemplo



$$s = T(r) = \int_0^r (-2w + 2)dw$$

$$= -r^2 + 2r$$



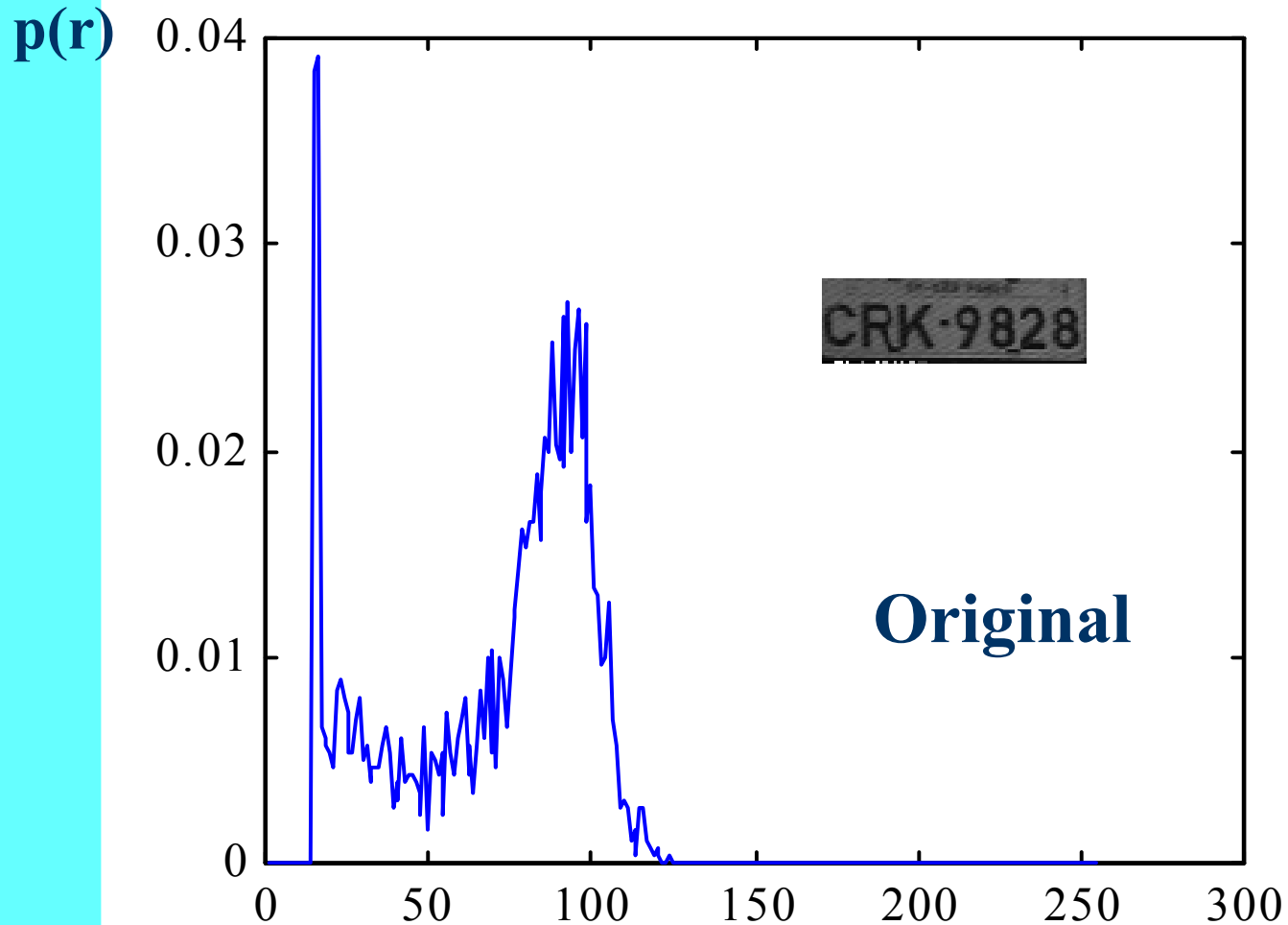
## Equalização do Histograma - Discreto

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad 0 \leq r_k \leq 1, k = 0, \dots, L-1$$

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k p(r_j)$$

(\*) esta aproximação do modelo contínuo não leva  $p(s)$  necessariamente a uma condição uniforme.

## Equalização do Histograma Modo Discreto - Exemplo



# Equalização do Histograma Modo Discreto - Exemplo

