

Capítulo 3

VISÃO COMPUTACIONAL

Computação Gráfica - Vol. 2 - Cap. 3

- ### **Capítulo 3**
- 3.1. Principais Etapas de um Sistema de Visão Computacional**
 - 3.2. Visão Humana X Computacional**
 - 3.3. A Imagem Digital**
 - 3.4. Histograma de imagem digital**
 - 3.5. Sistemas de visão binária**
 - 3.6. Operações pontuais globais em imagens**

Computação Gráfica - Vol. 2 - Cap. 3

3.1. Principais Etapas de um Sistema de Visão Computacional

3.1.1 Aquisição de Imagens

3.1.2 Restauração e Realce

3.1.3. Segmentação

3.1.4. Extração de Atributos ou Características

3.1.5. Classificação e Reconhecimento

3.1.6. Decisão

Computação Gráfica - Vol. 3 - Cap. 3

3.1. Principais Etapas de um Sistema de Visão Computacional

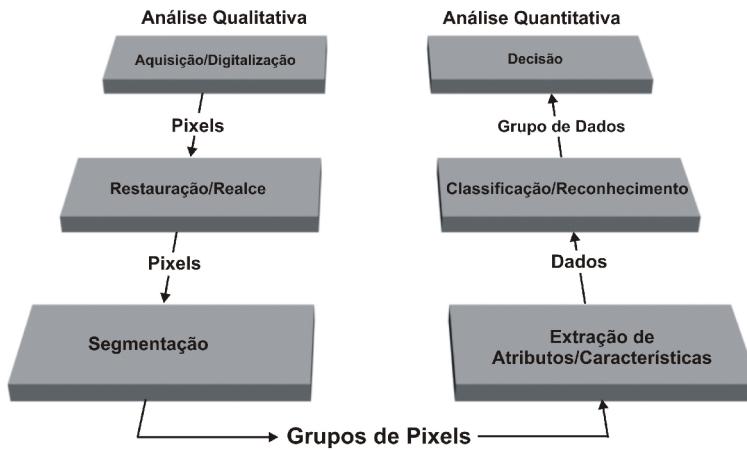


Figura 3.1 – Etapas de um Sistema de Visão Computacional - Cap. 3

3.1.1 Aquisição de Imagens

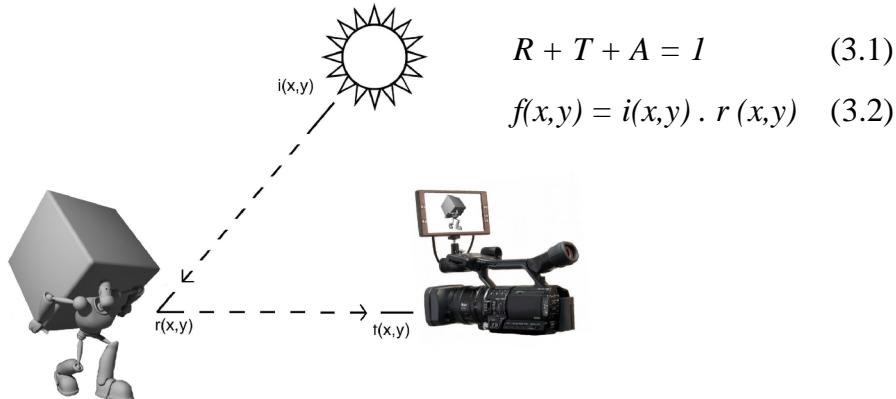


Figura 3.2 – Aquisição da Imagem.

Computação Gráfica - Vol. 3 - Cap. 3

Amostragem e Quantização

- Amostragem – refere-se ao número de pontos amostrados de uma imagem digitalizada (resolução).
- Quantização - quantidade de níveis de tons que pode ser atribuído a cada ponto digitalizado.

As imagens reais possuem um número ilimitado de cores ou tons. No processamento de imagens computacional é necessário limitar os níveis de cores ou tons possíveis de serem atribuídos a cada *pixel* da imagem (gradação tonal).

Computação Gráfica - Vol. 3 - Cap. 3

Resolução



Figura 3.3 – Efeito da redução da resolução espacial na qualidade da imagem

Computação Gráfica - Vol. 2 - Cap. 3

Quantização

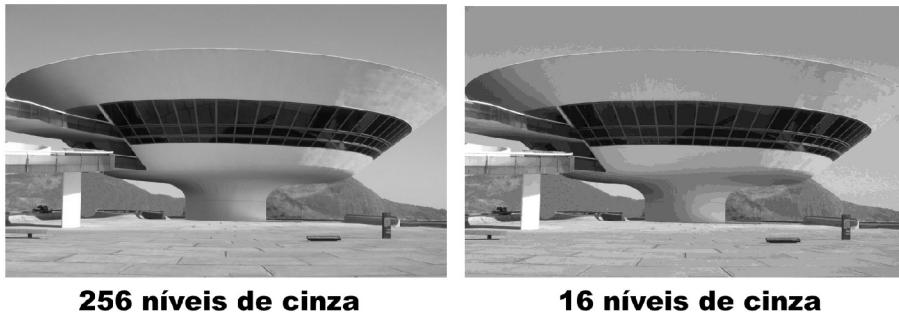


Figura 3.4 – Efeito da variação da gradação tonal ou quantização na qualidade da imagem.

Computação Gráfica - Vol. 3 - Cap. 3

3.1.2 Restauração e Realce

Objetivo



• Restauração - busca compensar deficiências específicas, geradas no momento de aquisição, na transmissão ou em alguma etapa do processamento.

• Realce - destaca detalhes da imagem que são de interesse para análise ou que tenham sofrido alguma deteriorização

Computação Gráfica - Vol. 9 - Cap. 3

3.1.3. Segmentação

Objetivo



Isolar regiões de pontos da imagem pertencentes a objetos para posterior extração de atributos e cálculo de parâmetros descritivos.

Computação Gráfica - Vol. 10 Cap. 3

3.1.4. Extração de Atributos ou Características

Objetivo



A partir de imagens já segmentadas (em objeto e fundo) ou binárias busca obter dados relevantes ou atributos, das regiões ou objetos destacados.

Os tipos de atributos ou características mais comuns são: número total de objetos; dimensões; geometria; propriedades de luminosidade e textura.

Computação Gráfica - Vol. 21 Cap. 3

3.1.5. Classificação e Reconhecimento

Distinguir objetos na imagem agrupando parâmetros de acordo com sua semelhança para cada região de *pixels* encontrada.

Os objetos são:

reconhecidos como pertencentes a um mesmo grupo e então sejam classificados em uma base de imagens.

apresentados para o sistema, que compara suas características com aquelas dos objetos das classes previamente estabelecidas.

Computação Gráfica - Vol. 22 Cap. 3

3.1.6. Decisão

- O objetivo de um sistema de Visão Computacional é tomar decisões a partir da extração de informações do mundo real através de imagens.
- A tomada de decisão pode ser feita a partir de indagações simples a respeito de parâmetros extraídos dos objetos ou de algoritmos mais complexos de Inteligência Artificial.

Computação Gráfica - Vol. 23 Cap. 3

3.2. Visão Humana X Computacional

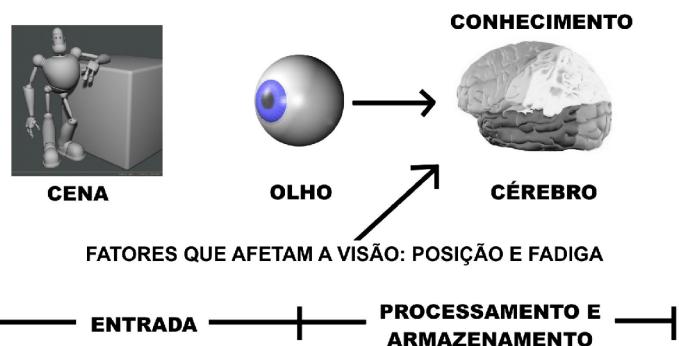


Figura 3.7. Sistema de Visão Humano.
Computação Gráfica - Vol. 24 Cap. 3

Características

- Adaptabilidade
- Tomada de Decisão
- Qualidade das Medições
- Velocidade de Resposta
- Percepção de Espectros
- Dimensão dos Objetos

Computação Gráfica - Vol. 25 Cap. 3

Exemplo de sistema de Visão Computacional

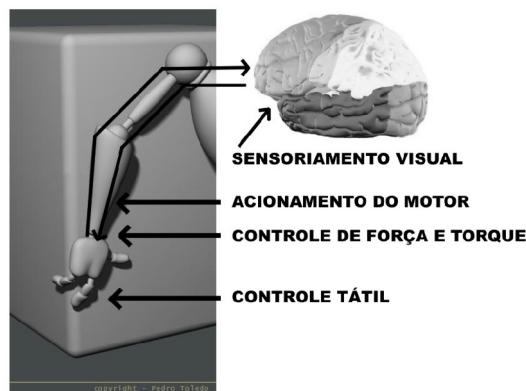


Figura 3.8. Integração da visão com o sistema motor.

Computação Gráfica - Vol. 26 Cap. 3

Analogia entre a visão humana e a computacional.



Figura 3.9. Analogia do sistema de visão humana e computacional.
Computação Gráfica - Vol. 27 Cap. 3

3.3. A Imagem Digital

3.3.1. Discretização e Reconstrução

3.3.2. Amostragem e Quantificação

3.3.3. Resolução Espacial

3.3.4. Aliasing

3.3.5. Imagens Monocromáticas

3.3.6. Imagens Coloridas

Computação Gráfica - Vol. 28 Cap. 3

3.3. A Imagem Digital

- Do latim *imago* - representação visual de um objeto.
- Do grego *eidos* (raiz etimológica do termo *idea* ou *eide*) – considera a *idea* da coisa, a sua imagem, uma projeção na mente.
- Imagem pode ser adquirida ou gerada pelo ser humano.
- Uma imagem consiste em qualquer forma visual de expressão de uma idéia.

Computação Gráfica - Vol. 29 Cap. 3

Formas de captação de uma imagem

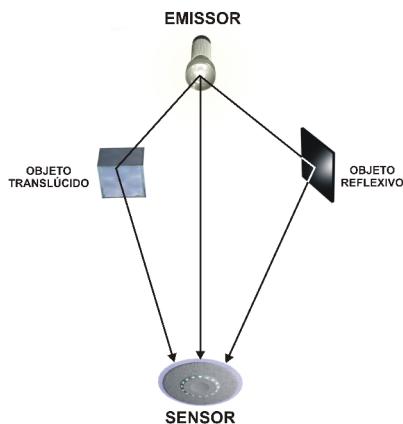


Figura 3.10 - Formas de Captação da Imagem por Radiação
Computação Gráfica - Vol. 20 Cap. 3

Etapas do processamento de imagem digital

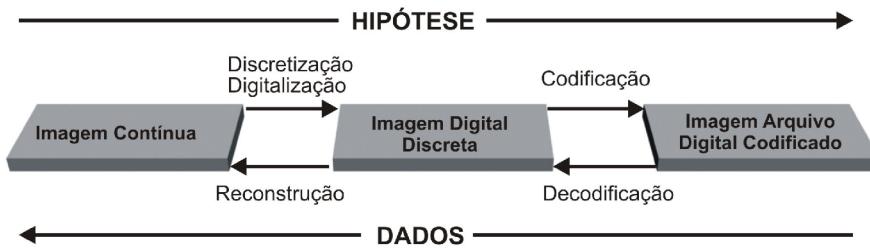


Figura 3.11 - Etapas do Processamento da Imagem

Computação Gráfica - Vol. 21 Cap. 3

Discretização - conversão da imagem na forma contínua em uma representação discreta.

Reconstrução - processo inverso da discretização.

Codificação - a partir da representação discreta da imagem, gera um conjunto de dados representativos da imagem, dados estes que podem ser transformados no formato de arquivos.

Decodificação - processo oposto à codificação no qual acessam-se informações codificadas na forma de uma representação discreta.

Computação Gráfica - Vol. 22 Cap. 3

3.3.1. Discretização e Reconstrução

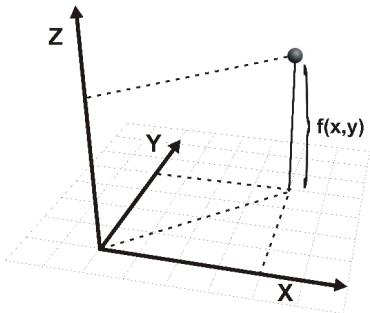
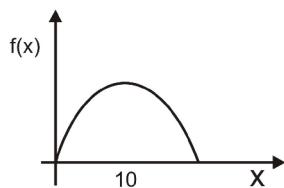


Figura 3.12. Gráfico de uma imagem contínua.

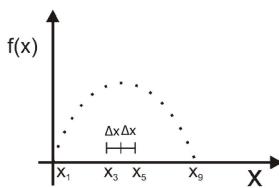
A forma de representar o mundo contínuo ou uma função contínua no computador é discretizando-a.

A operação que a partir dos valores discretos retorna uma aproximação da função contínua inicial é chamada de reconstrução.

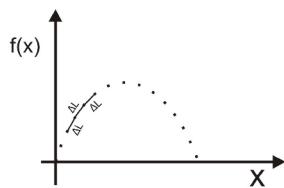
Computação Gráfica - Vol. 23 Cap. 3



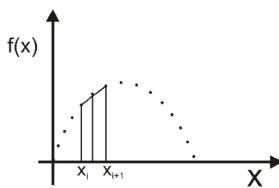
Representação Contínua



Representação Discreta a Intervalos Constantes em x



Amostragem a Intervalos Constantes em Relação a Distância entre os pontos $(x, f(x))$

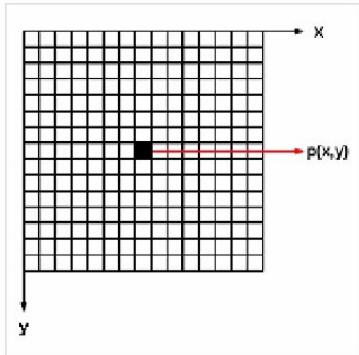


Reamostragem Criando Valores Intermediários por Interpolação Linear por Pares de Valores Anteriores

Figura 3.13 – Formas de Representação de uma função $y = f(x)$.

Computação Gráfica - Vol. 24 Cap. 3

3.3.2. Amostragem e Quantificação



Uma imagem digital é descrita por uma matriz $N \times M$ de valores de *pixel* ($p(x,y)$) inteiros positivos, que indica a intensidade de cor em cada posição $[x,y]$ da imagem.

Figura 3.15 – Reticulado uniforme da representação matricial da imagem.

Computação Gráfica - Vol. 25 Cap. 3



Um *pixel* é caracterizado pelo valor de tonalidade de cor e pela sua localização na imagem.

47	52	64	132	153
51	58	121	149	142
49	99	143	144	164
94	135	161	170	199
138	165	180	212	213

Figura 3.16 – Representação matricial de uma região da imagem.

Computação Gráfica - Vol. 26 Cap. 3

3.3.3. Resolução Espacial

Ao ser digitalizada a imagem assume um tamanho adimensional, em *pixels*.

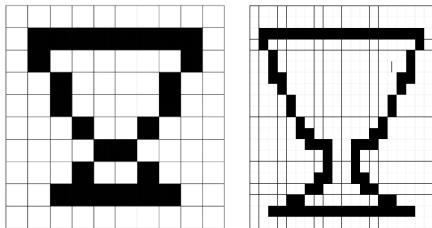


Figura 3.17 – Círculo em duas resoluções, mas exibido no seu tamanho original.

Pode-se conhecer o tamanho da amostragem, conhecendo-se a razão entre o número de *pixels* obtido e o tamanho da imagem real no filme fotográfico ou equivalente.

A isso chama-se de resolução espacial, que em geral é medida em pontos por polegada ou dpi (*dots per inch*).

Computação Gráfica - Vol. 27 Cap. 3

3.3.4. Aliasing

Ocorre quando a freqüência de amostragem é inferior à maior freqüência de variação da função contínua.

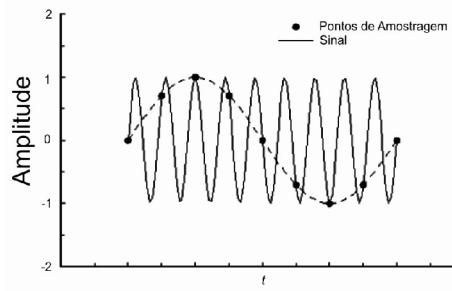


Figura 3.19 – O sinal digitalizado fica completamente diferente do sinal original devido a sua baixa freqüência de amostragem.

Computação Gráfica - Vol. 28 Cap. 3

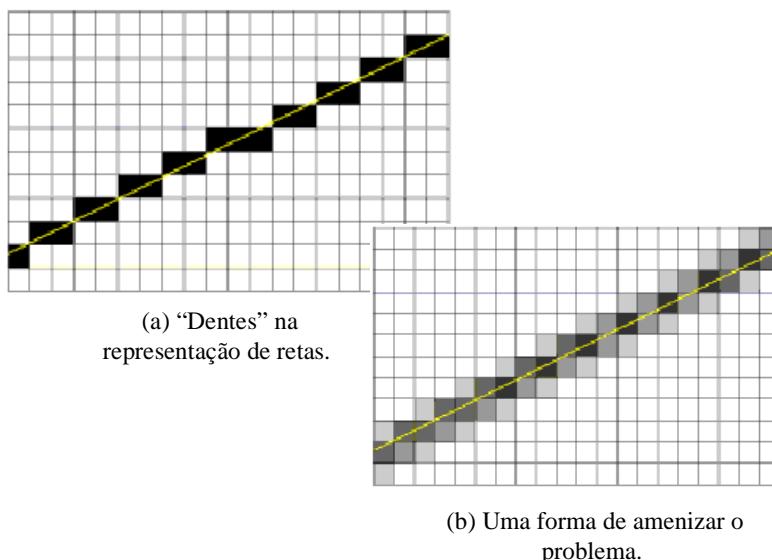


Figura 3.20 - Problema do *aliasing* em monitores de computadores antigos.

Computação Gráfica - Vol. 29 Cap. 3

3.3.5. Imagens Monocromáticas

Imagens monocromáticas são imagens digitais onde cada *pixel* possui apenas uma banda espectral.

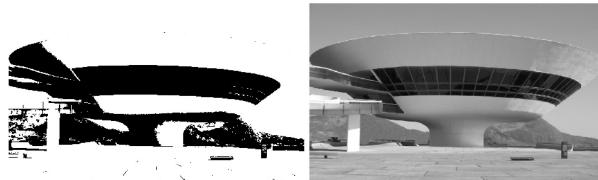


Figura 3.22 – Exemplos de imagens monocromáticas

Computação Gráfica - Vol. 30 Cap. 3

O número de tons entre os valores limites, branco e preto, que se pode representar em tons, depende de quantos bits são alocados na matriz de imagem para armazenar o tom de cada *pixel*.

Número de elementos na Escala de cinza	Tons de cinza limites	Números de Bits necessários para representação do <i>pixels</i>
2^1 2 valores	0,1	1
2^3 8 valores	0 a 7	3
2^4 16 valores	0 a 15	4
2^8 256 valores	0 a 255	8

Computação Gráfica - Vol. 31 Cap. 3

Uma imagem monocromática pode ser representada geometricamente também por valores reais quanto à posição dos *pixels* como no gráfico $G(f)$ da função f :

$$G(f) = \{(x,y,z); (x,y) \in U; z = f(x,y)\} \quad (3.4)$$

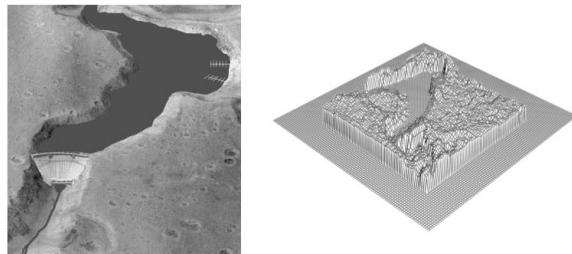


Figura 3.24 – Imagem Monocromática e gráfico 3D de sua função $g(f)$ no R^3 .

Computação Gráfica - Vol. 32 Cap. 3

3.3.6. Imagens Coloridas

Imagens multibandas são imagens digitais onde cada *pixel* possui n bandas espetrais. Quando uma imagem é representada pela composição das três bandas visíveis (RGB) tem-se uma imagem colorida aos olhos humanos.

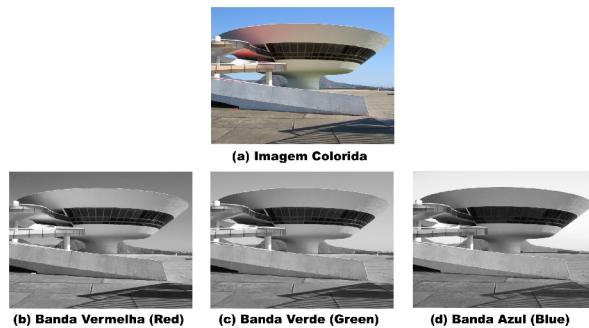


Figura 3.25 – Imagem colorida e bandas RGB.
Computação Gráfica - Vol. 33 Cap. 3

3.4. Histograma de imagem digital

O histograma de uma imagem é simplesmente um conjunto de números indicando o percentual de *pixels* naquela imagem, que apresenta um determinado nível de cinza ou cor.

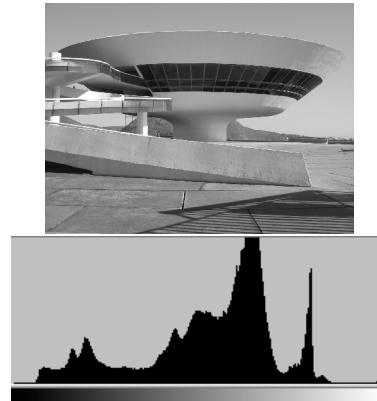


Figura 3.26 – Imagem em tons de cinza e o seu histograma.

Computação Gráfica - Vol. 34 Cap. 3

Fornece uma indicação de sua qualidade quanto ao nível de contraste e quanto ao seu brilho médio.

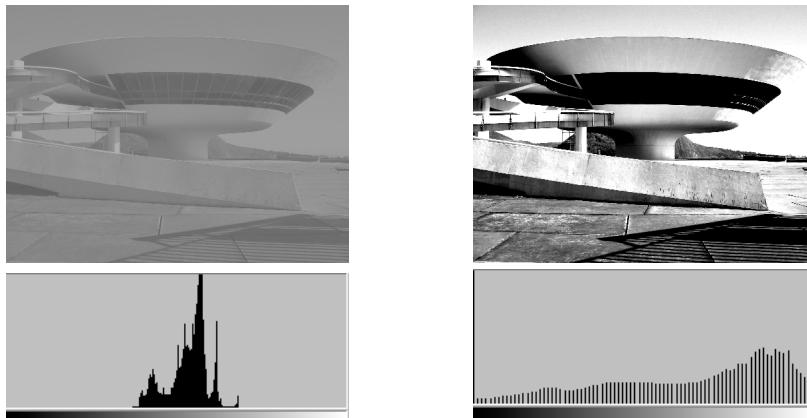


Figura 3.27 – Imagens em tons de cinza e seus respectivos histogramas: com alto contraste e com baixo contraste,

Computação Gráfica - Vol. 35 Cap. 3

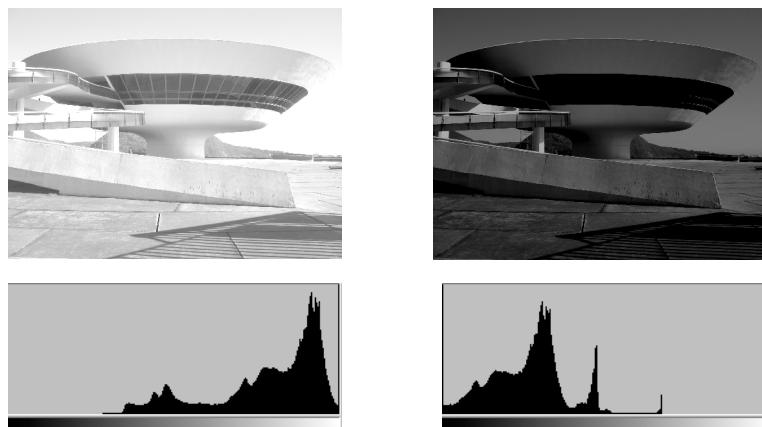


Figura 3.27 – Imagens em tons de cinza e seus respectivos histogramas: com alto brilho e com baixo brilho.

Computação Gráfica - Vol. 36 Cap. 3

Histogramas de uma imagem colorida

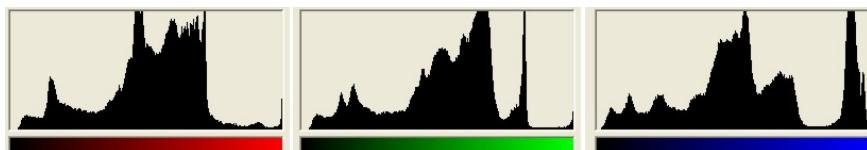


Figura 3.28 - Histogramas da Imagem 3.25 quanto à intensidade dos canais R,G,B.

Computação Gráfica - Vol. 37 Cap. 3

3.5. Sistemas de visão binária

3.5.1. Agrupamento por limiar (limiarização)

Computação Gráfica - Vol. 38 Cap. 3

3.5. Sistemas de visão binária

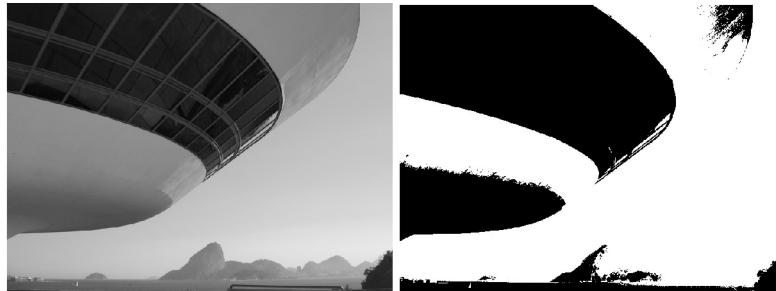


Figura 3.30 - Exemplo de binarização: (a) Imagem em tons de cinza, (b) Imagem binária

Computação Gráfica - Vol. 39 Cap. 3

3.5.1. Agrupamento por limiar (limiarização)

Uso em imagens em que o objeto a ser segmentado apresenta uma tonalidade bem diferente do fundo da imagem.

Em um histograma bimodal, é possível estabelecer um limiar entre as duas tonalidades.

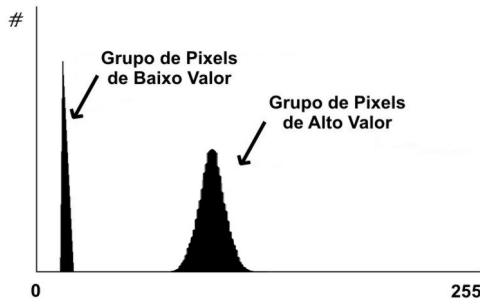


Figura 3.31 - Exemplo de histograma bem-dividido.

Computação Gráfica - Vol. 40 Cap. 3

Quando a imagem tem mais de dois objetos com cinzas diferentes em um fundo mais escuro, pode ser usada a técnica de limiarização multinível (*multilevel thresholding*).

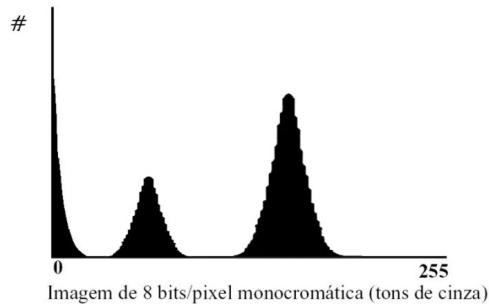


Figura 3.34 - Exemplo de um histograma trimodal.

Computação Gráfica - Vol. 21 Cap. 3

Há casos em que torna-se necessário o uso de interpolação.

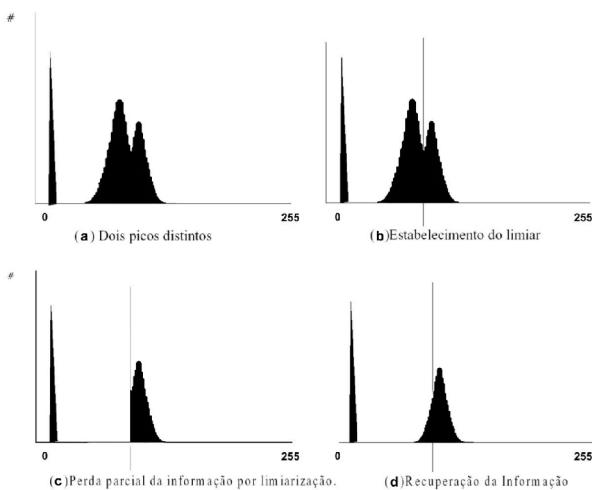


Figura 3.33 - Limiarização por interpolação (Chow e Kaneko, 1972).

Computação Gráfica - Vol. 22 Cap. 3

A limiarização converte uma imagem de entrada:

$$f(x, y) \text{ de } N \text{ níveis de cinza}$$

em uma imagem $g(x,y)$, chamada de imagem limiarizada (ou posterizada), com número de níveis de cinza menor do que N .

No limite, $g(x, y)$, terá só dois níveis de cinza, como na equação:

$$g(x, y) = \begin{cases} R_1 & se f(x, y) \leq T \\ R_2 & se f(x, y) > T \end{cases} \quad (3.5)$$

Computação Gráfica - Vol. 23 Cap. 3

De uma maneira mais genérica, a definição de T é a função de várias variáveis na forma:

$$T = T [x, y, p(x,y), f(x,y)] \quad (3.6)$$

onde $p(x,y)$ é uma propriedade local de x,y .

Computação Gráfica - Vol. 24 Cap. 3

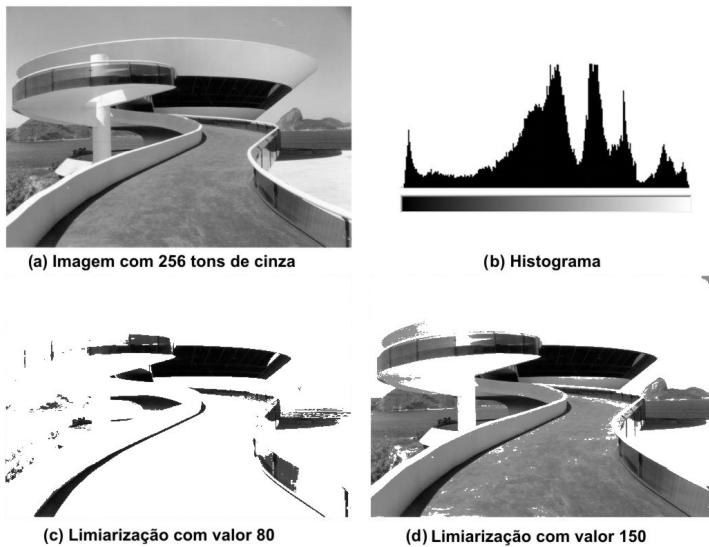


Figura 3.36 – Influência do valor do limiar sobre a qualidade da limiarização.

Computação Gráfica - Vol. 25 Cap. 3

3.6. Operações pontuais globais em imagens

3.6.1. Operações pontuais globais baseadas na curva de tom

3.6.2. Operações globais baseadas em histograma

3.6.3. Técnicas Baseadas no Histograma de Imagens Coloridas

Computação Gráfica - Vol. 26 Cap. 3

3.6. Operações pontuais globais em imagens

Uma operação pontual em uma imagem digital r é a função $f(r)$ aplicada a todo *pixel* da imagem:

$$r: s = f(r) \quad (3.7)$$

Computação Gráfica - Vol. 27 Cap. 3

3.6.1. Operações pontuais globais baseadas na curva de tom

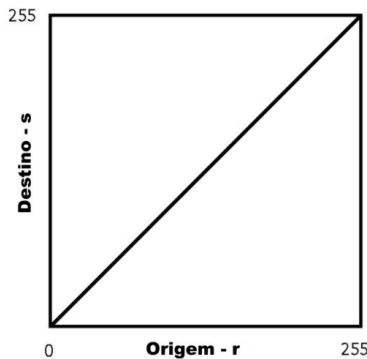


Figura 3.38 - Relação entre imagem origem e destino.

Computação Gráfica - Vol. 28 Cap. 3

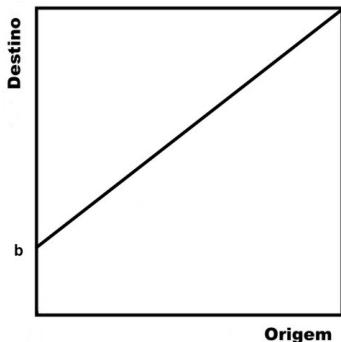


Figura 3.39 -
Representação na forma
linear

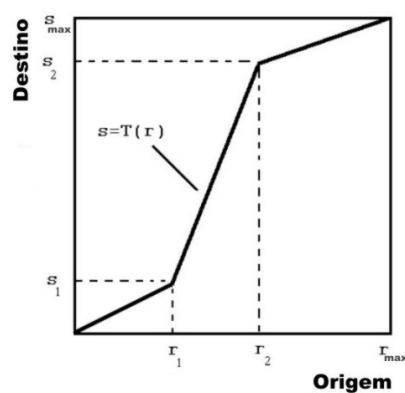


Figura 3.40. Alteração da imagem
destino a partir de uma função
(alargamento de contraste)
genérica.

Computação Gráfica - Vol. 29 Cap. 3

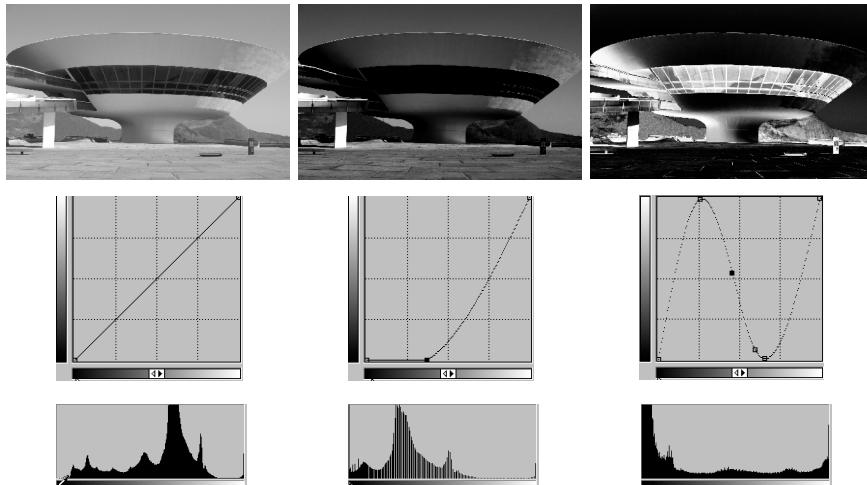


Figura 3.44 Curva de tom original e alteradas, com suas respectivas
curvas de tom e histogramas.

Computação Gráfica - Vol. 30 Cap. 3

Compressão de histograma

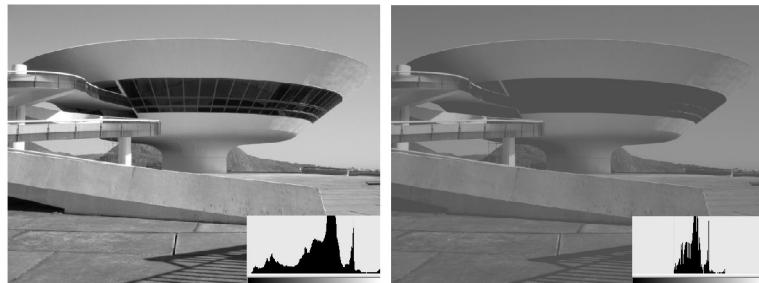


Figura 3.45 - Efeito da Compressão de Histogramas

Computação Gráfica - Vol. 31 Cap. 3

Expansão de histograma

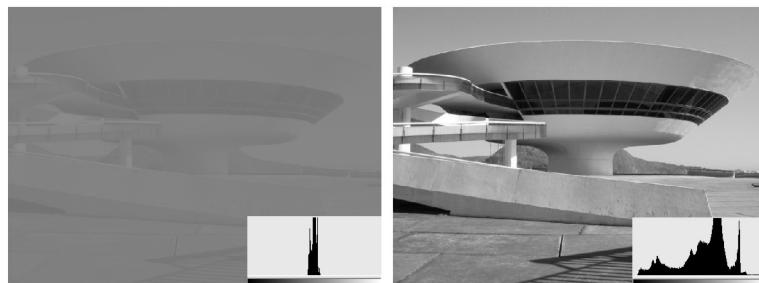


Figura 3.46. Efeito da Expansão de Histogramas.

Computação Gráfica - Vol. 32 Cap. 3

Imagen negativa

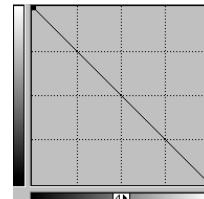
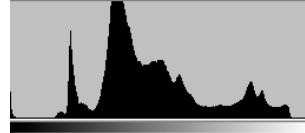
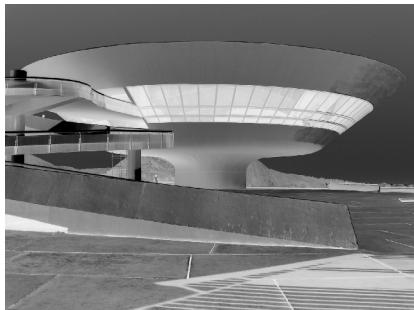


Figura 3.47. Efeito da imagem negativa.

Computação Gráfica - Vol. 33 Cap. 3

3.6.2. Operações globais baseadas em histograma

3.6.2.1. Equalização

O objetivo da equalização de imagens é a melhoria do seu contraste.

Para tanto, o ideal é que os níveis de cinza sejam representados de maneira uniforme e distribuída.

Computação Gráfica - Vol. 34 Cap. 3

A equalização de histograma consiste na redistribuição dos valores de nível de cinza em uma imagem de forma que todos os *pixels* tenham a mesma probabilidade de aparecer.

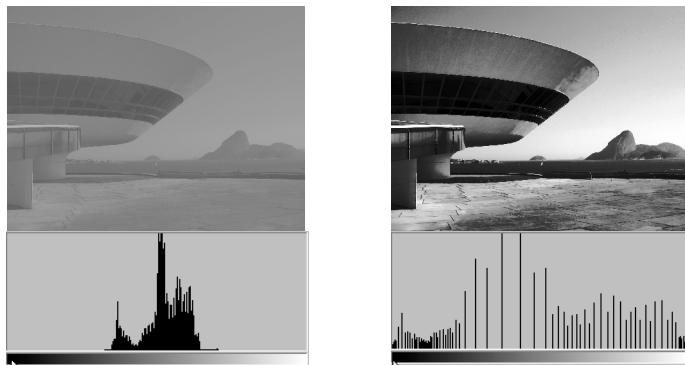


Figura 3.49 – (a) Imagem com baixo contraste e seu histograma.(b) Imagem após equalização e seu histograma.

Computação Gráfica - Vol. 35 Cap. 3

3.6.2.1. Especificação Direta

A equalização de histogramas procura distribuir igualmente para todos os níveis de *pixels* da imagem o que não permite estabelecer parâmetros de mudança capazes de ressaltar faixas de níveis de cinza na imagem.

Esta pode ser realizada por outra técnica chamada de especificação direta de histograma.

Computação Gráfica - Vol. 36 Cap. 3

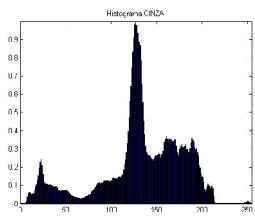


Figura 3.51 – Imagem original e seu histograma normalizado

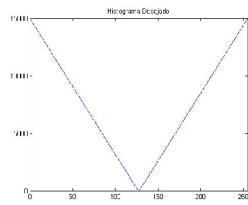


Figura 3.52 – Imagem obtida (a) após a especificação do histograma (b).

Computação Gráfica - Vol. 37 Cap. 3

3.6.3. Técnicas Baseadas no Histograma de Imagens Coloridas

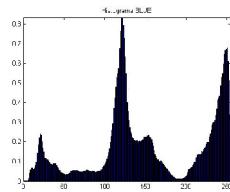
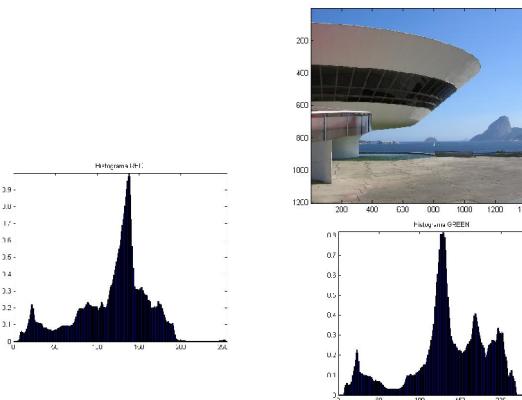


Figura 3.55 – Imagem original e seus histogramas normalizados (Gonçalves, 2006)

Computação Gráfica - Vol. 38 Cap. 3

Quando as técnicas de mudança de histograma para imagens em tons de cinza são simplesmente triplicadas para cada um dos canais (RGB) independentemente, o resultado será o surgimento de cores não presentes na imagem original.

Computação Gráfica - Vol. 39 Cap. 3

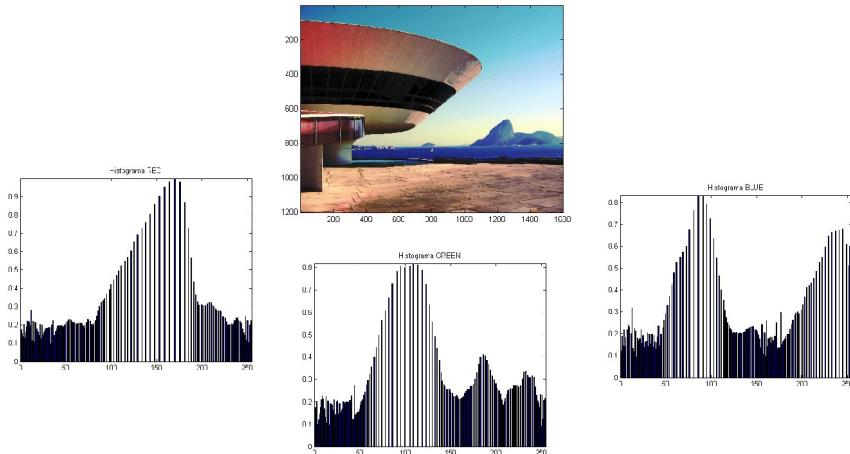


Figura 3.56 – Imagem modificada por equalização seus histogramas equalizados normalizados (Gonçalves, 2006).

Computação Gráfica - Vol. 30 Cap. 3

Soluções:

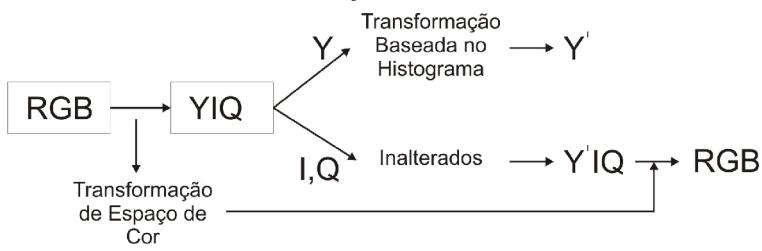


Figura 3.58 – Esquema de modificações baseadas no histograma para imagens coloridas.

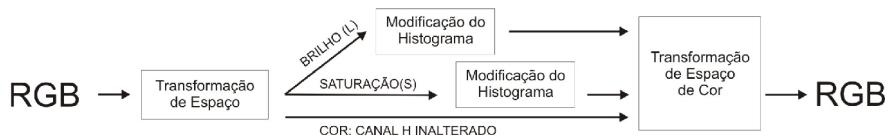


Figura 3.59 – Esquema de modificação para espaços HSV e HLS

Computação Gráfica - Vol. 31 Cap. 3