

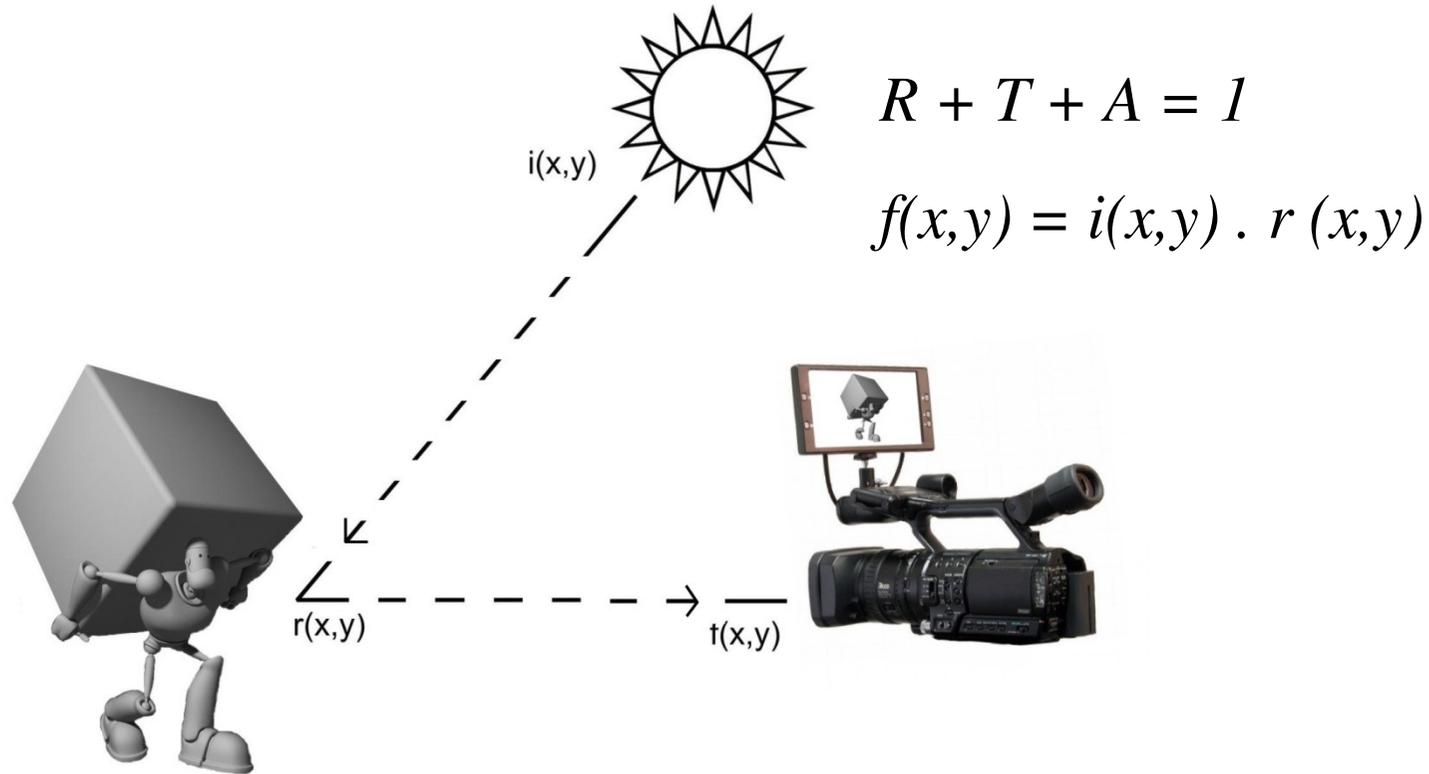


Tema 1 – Importância do Histograma em Análise de Imagens

Análise de Imagens - 2020

Aura Conci

Aquisição de Imagens



Aquisição da Imagem.

Amostragem e Quantização

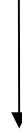
$$f(x,y) = z$$

Amostragem (*sampling*) \rightarrow número de pixels = $x \times y$.

Quantização - \rightarrow (no. bits que representam z) .

Segmentação

Objetivo



Isolar **regiões de interesse da imagem** (conjunto de pontos) de interesse ou ROI (region of interest) por serem pertencentes a objetos ou partes importantes para posterior análise (como extração de atributos e cálculo de parâmetros descritivos) .

Extração de Atributos ou Características

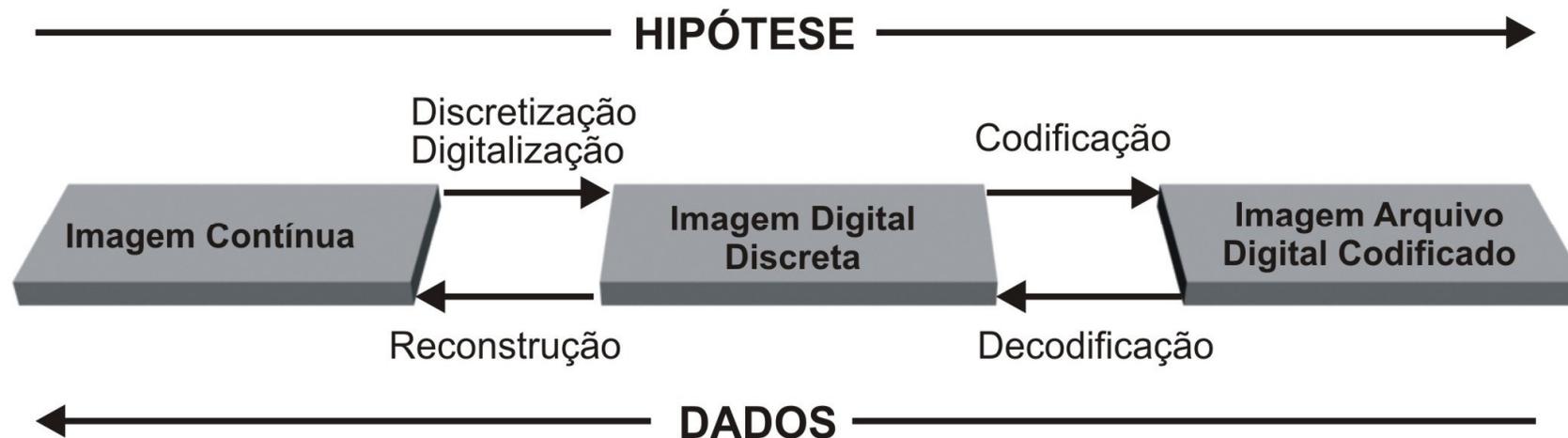
Objetivo



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: **objeto(s), número de objetos; dimensões; geometria; propriedades de cor, luminosidade e textura.**

Que atributo faz sentido para sua aplicação?



O que você quer Reconhecer

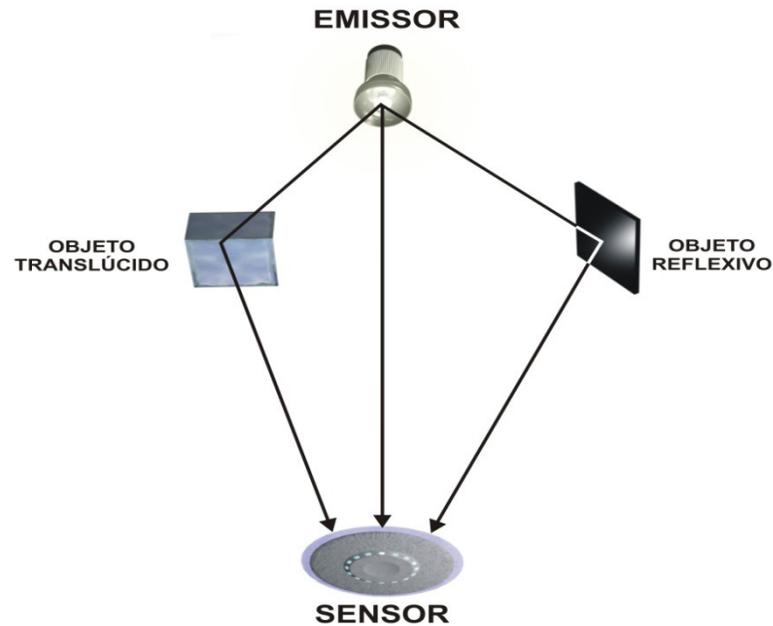
Distinguir objetos na imagem agrupando-os, classificando-os ou reconhecendo-os segundo parâmetros dependentes da aplicação

Os objetos são:

reconhecidos como pertencentes a um mesmo grupo e então sejam classificados de acordo pertencerem **ao fundo da imagem** ou **ao objeto**

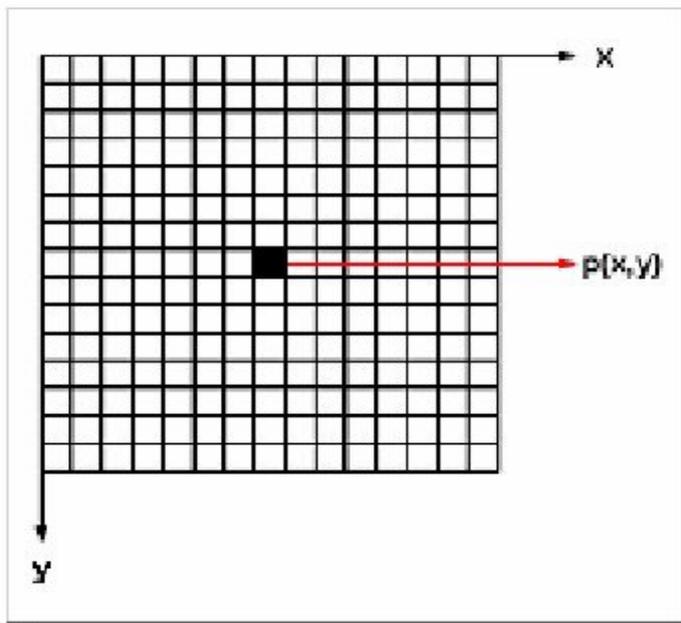
apresentados para o sistema, que compara suas **características** com aquelas de **antes e depois** como previamente estabelecidas.

Formas de captura de uma imagem



Formas de Captura da Imagem por Radiação

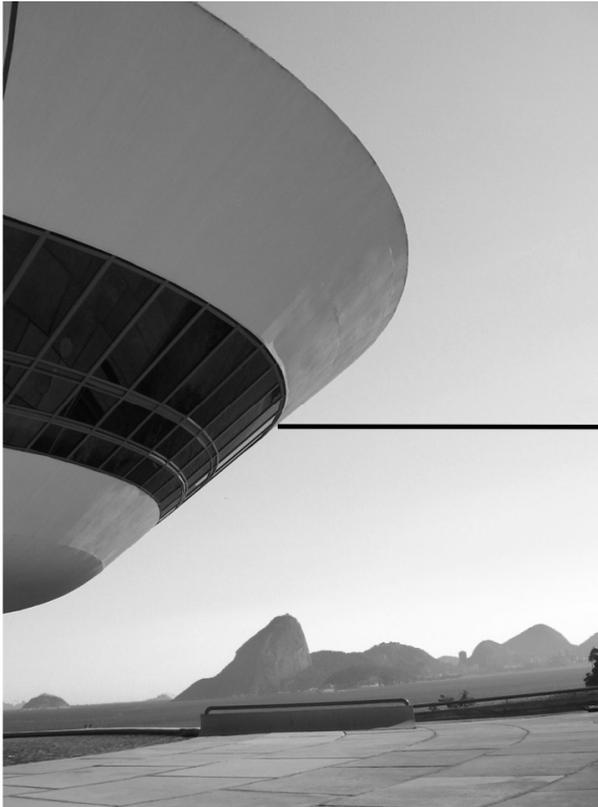
Amostragem e Quantização



Reticulado uniforme da representação matricial da imagem.

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 z em cada posição (x,y) da imagem.

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

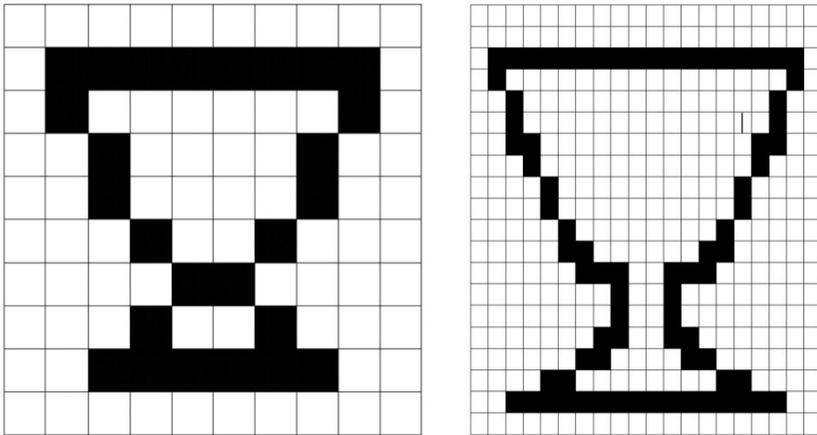


47	52	64	132	153
51	58	121	149	142
49	99	143	144	164
94	135	161	170	199
138	165	180	212	213

Representação matricial de uma região da imagem.

Resolução Espacial

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



Mesma imagem 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 um comprimento da imagem real.

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

Imagens reais - > Digitais

Para que sejam representadas no meio digital, seu formato **analógico** (contínuo) tem que ser convertido numa série de valores **discretos** (descontínuos).

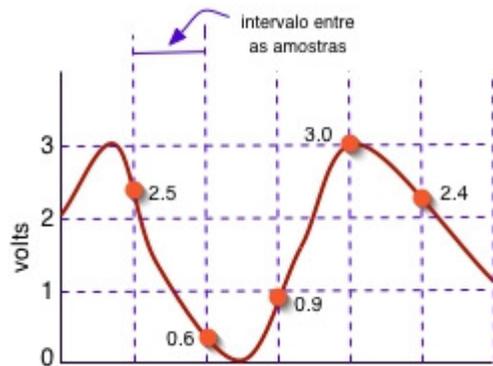
Esses valores são números (**dígitos**) que representam amostras (***samples***)

Amostragem

A conversão do **sinal analógico** para o digital é realizada por uma seqüência de amostras da **variação de intensidade** do sinal original.

Cada amostra é “arredondada” para o número mais próximo da escala usada e depois convertida em um **número digital binário** (formado por "uns" e "zeros") para ser armazenado.

As amostras são medidas em **intervalos fixos.**

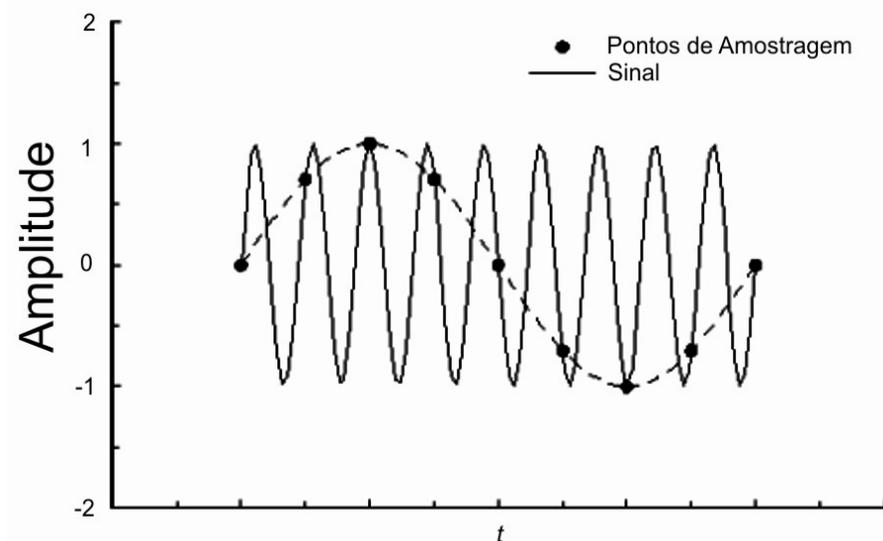


valores das amostras				
2.5	0.6	0.9	3.0	2.4
valores quantizados				
2	0	1	3	2
valores convertidos em dígitos binários				
10	00	01	11	10

O número de vezes em que se realiza a amostragem em uma unidade de tempo é a **taxa de amostragem**

Aliasing

Ocorre quando a **frequência de amostragem é inferior** à frequência de Nyquist.



O sinal digitalizado fica completamente diferente do sinal original devido a sua **baixa frequência de amostragem**.

Teorema de Nyquist

A **taxa de amostragem** deve ser pelo menos **duas vezes a maior** que a frequência que se **deseja registrar**.

Esse valor é conhecido como **frequência de Nyquist**.

Ao se tentar reproduzir uma frequência menor do que a frequência de Nyquist ocorre o fenômeno de **aliasing** (ou *foldover*)

Cuidado os erros se propagam por não se verificar! (como as *fake news*) !

- Ponha no <http://translate.google.com/>
- O texto: “Nyquist was born in the Stora Kil parish of Nilsby, Värmland, Sweden.”
- Peça para ele traduzir para o Sueco e mande ele ler o texto em Inglês e em Sueco.
- Sempre a pronuncia é Nicuist. Logo

Vejam no site oficial dele:

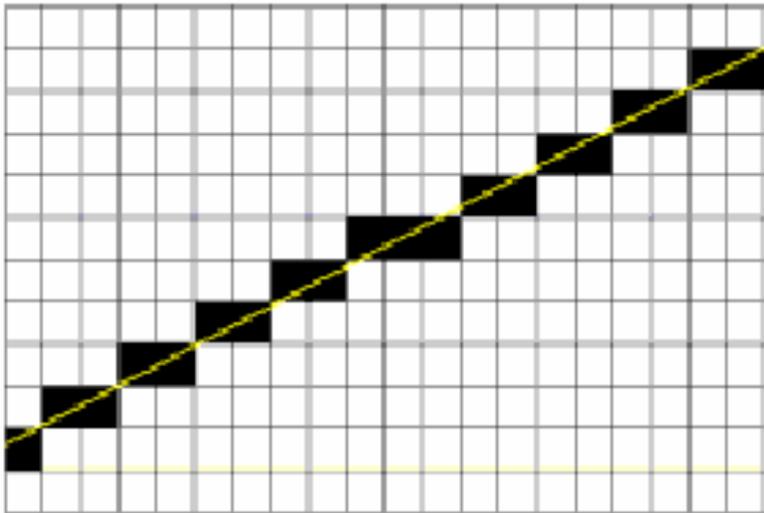
- He entered the [University of North Dakota](#) in 1912 and received the B.S. and M.S. degrees in electrical engineering in 1914 and 1915, respectively. He received a [Ph.D.](#) in physics at [Yale University](#) in 1917.



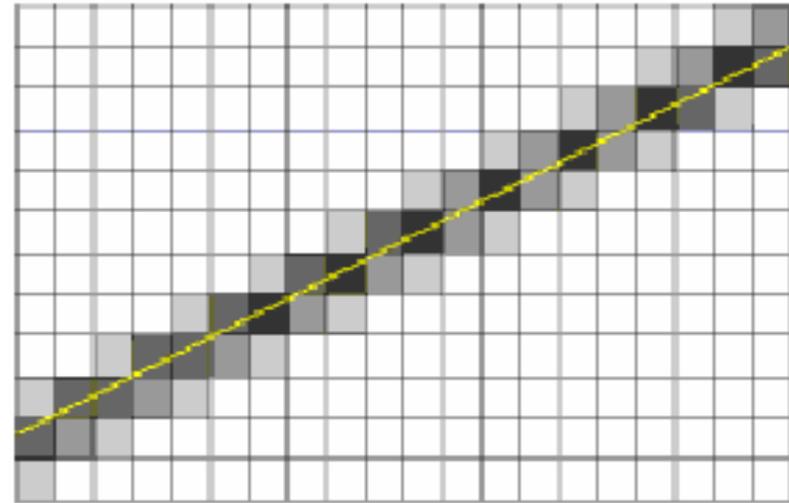
Scanned at the American
Institute of Physics

Harry Nyquist (Harry Theodor Nyqvist; pron. [ni:kvist], not [naɪkwɪst] as often pronounced), (February 7, 1889 – April 4, 1976) was an important contributor to [information theory](#)

- He worked at [AT&T](#)'s Department of Development and Research from 1917 to 1934, and continued when it became [Bell Telephone Laboratories](#) in that year, until his retirement in 1954.



“Dentes” na representação de retas.



Uma forma de amenizar o problema.

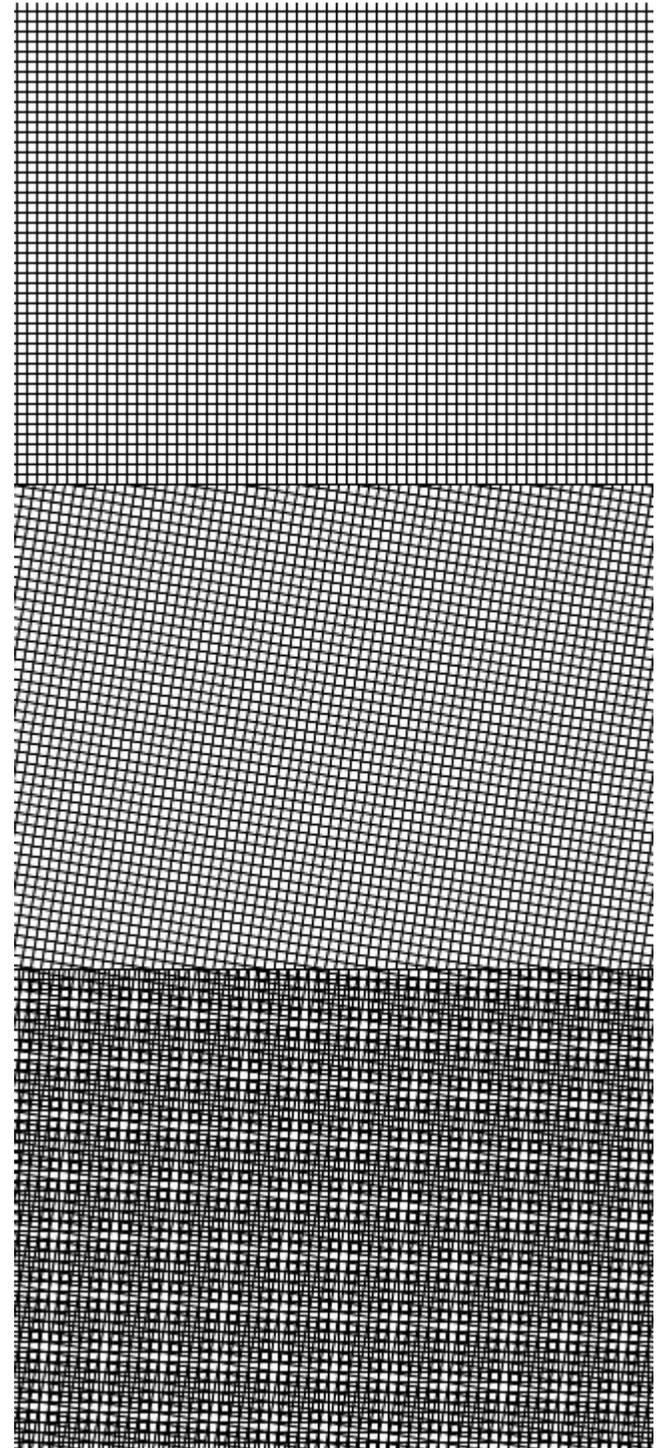
Problema do *aliasing* em descrição de baixa resolução.

Importante não confunda
aliasing com *Moiré*

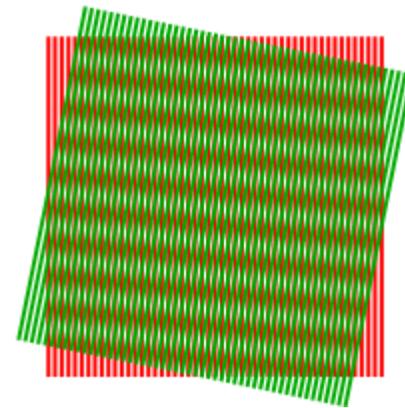
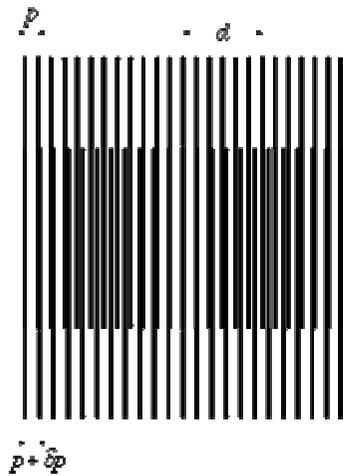
Moiré é um efeito de segunda
ordem:

ocorre quando se
sobreposição **duas resoluções
diferentes** (escaneado em
200dpi e impresso em 300 dpi,
por exemplo); ou há **grids não
alinhados** (rotações ou
aspect ratio)

(site: <http://www.ic.uff.br/~aconci/moire.html>)



Exemplificando a causa dos padrões texturais: *Moirés*



Moiré

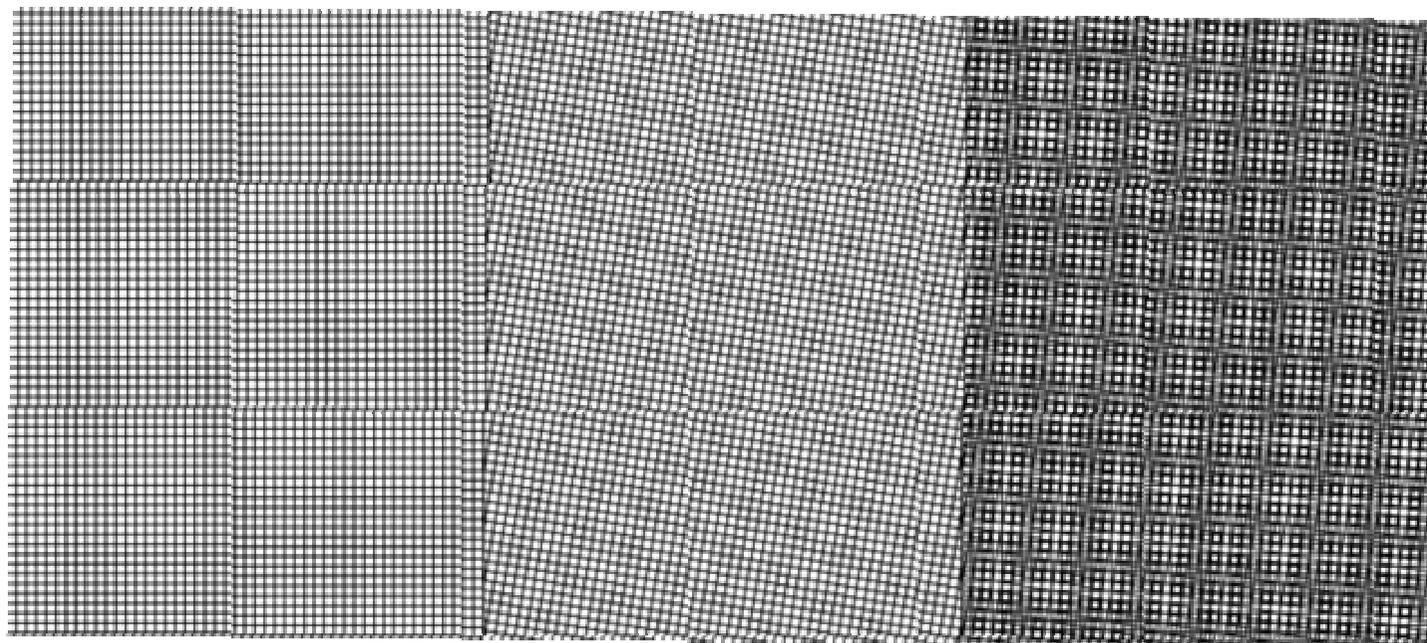
Def.: é um padrão de **interferência** criado quando duas grades são **sobrepostas** em um determinado ângulo, ou quando elas têm pequenas diferenças nos tamanhos da malhas da grade.

http://en.wikipedia.org/wiki/Moire_pattern

- A **moiré pattern** (pronounced [/mwa:'reɪ/](#) in English, [\[mwaze\]](#) in French)
- is an [interference](#) pattern created, for example, when two grids are overlaid at an angle, or when they have slightly different mesh sizes.

The term originates from **moire** (or *moiré* in its French form), a type of [textile](#), traditionally of [silk](#) but now also of [cotton](#) or [synthetic fiber](#), with a rippled or 'watered' appearance.

padrão moiré



Nem sempre uma maior resolução é melhor:

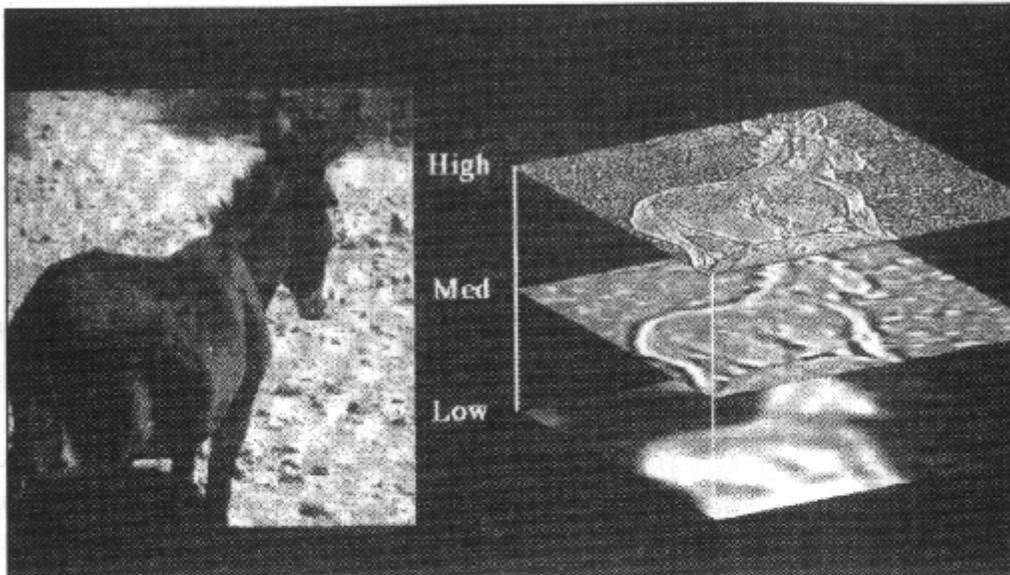


Figure 2. A "natural scene" and its decomposition into high, middle, and low frequencies, using a two-dimensional wavelet transform. The effectiveness of a transform cannot be understood or evaluated in isolation; it depends on the relationship between the transform and the properties of the data to be encoded. Natural scenes have certain statistical properties in common. For example, as shown in the above decomposition, they are redundant: many edges found in low frequencies also exist in middle or high frequencies. Wavelets with a certain narrow bandwidth of frequencies and certain narrow range of orientations can encode natural scenes concisely, with just a few coefficients. (Courtesy of David Field.)

imagem com **140
dpi**

Observe os padrões
na região escura
da imagem.

Nem sempre maior resolução é melhor:

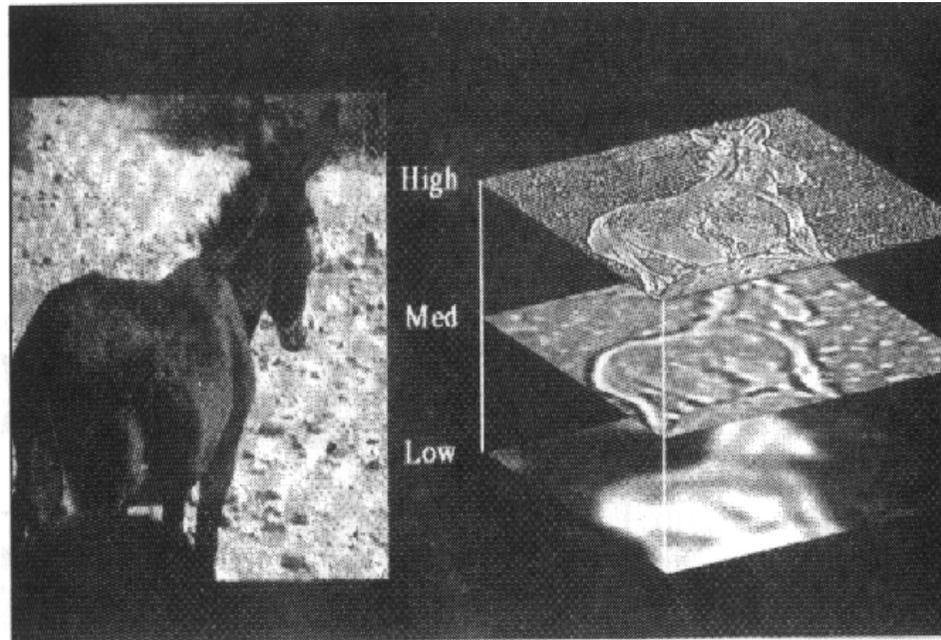


Figure 2. A "natural scene" and its decomposition into high, middle, and low frequencies, using a two-dimensional wavelet transform. The effectiveness of a transform cannot be understood or evaluated in isolation; it depends on the relationship between the transform and the properties of the data to be encoded. Natural scenes have certain statistical properties in common. For example, as shown in the above decomposition, they are redundant: many edges found in low frequencies also exist in middle or high frequencies. Wavelets with a certain narrow bandwidth of frequencies and certain narrow range of orientations can encode natural scenes concisely, with just a few coefficients. (Courtesy of David Field.)

imagem com **180 dpis**

Observe os padrões
Diminuem bem na
imagem.

Nem sempre maior resolução é melhor:

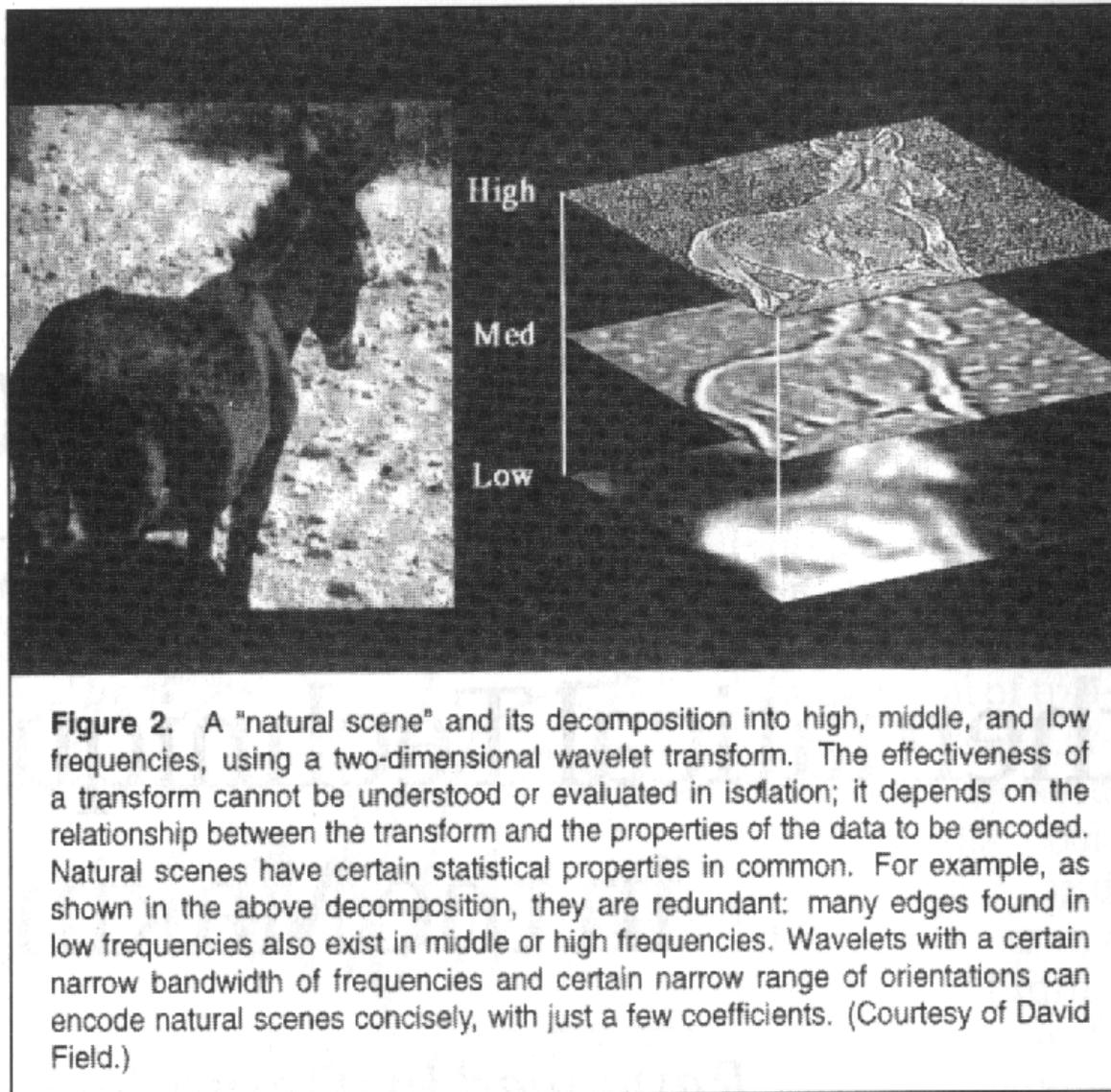


Imagem
200 dpis

Padrões
umentam
tanto na
parte clara
como na
escura
da imagem.

Imagens Monocromáticas

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



Exemplos de imagens monocromáticas

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

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

$$G(f) = \{ (x,y,z); (x,y) \in R^2 ; z = f(x,y) \} \quad (3.4)$$

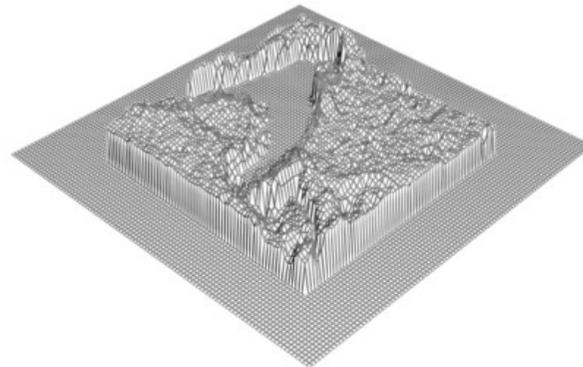


Imagem Monocromática de uma represa e seu gráfico 3D ns forma de sua função $G(f)$ no R^3 .

Imagens Coloridas

Imagens multibandas são imagens digitais onde cada *pixel* possui n **bandas espectrais** ($n > 1$).

Quando uma imagem é representada pela composição de **três bandas visíveis** (como as **RGB**) tem-se uma **imagem colorida aos olhos humanos**.



(a) Imagem Colorida



(b) Banda Vermelha (Red)



(c) Banda Verde (Green)

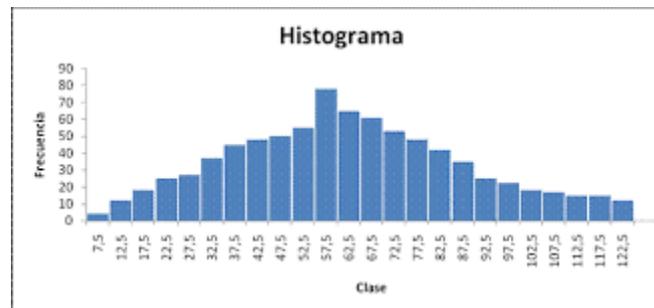


(d) Banda Azul (Blue)

Imagem colorida e cada uma de suas bandas RGB.

Histograma,

também conhecido como distribuição de freqüências ou diagrama das freqüências, é a representação gráfica, em colunas (retângulos), de um conjunto de dados previamente tabulado e dividido em classes uniformes.



O histograma de uma imagem:

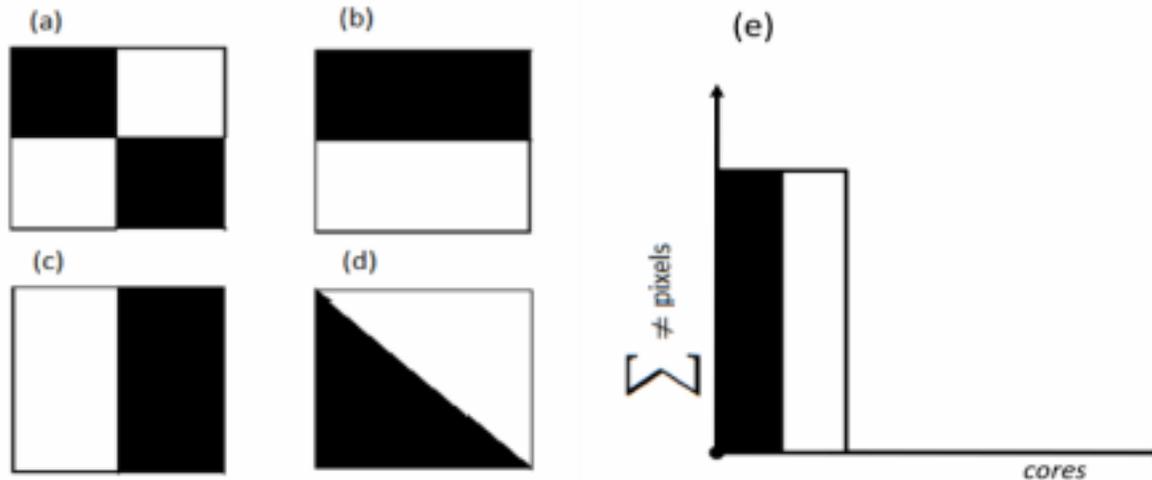
- representa a frequência relativa de ocorrência dos diferentes níveis de cinza na imagem. Ele pode ser calculado pela função discreta: $h(r_k) = n_k$,
- onde :
- r_k corresponde ao k-ésimo nível de cinza e
- n_k é o número de pixels com intensidade r_k presentes na imagem

O histograma de uma imagem:

- representa a frequência relativa de ocorrência dos diferentes níveis de cinza na imagem. Ele pode ser calculado pela função discreta: $h(r_k) = n_k$,
- onde :
- r_k corresponde ao k-ésimo nível de cinza e
- n_k é o número de pixels com intensidade r_k presentes na imagem

4 imagens com mesmo histograma

Por perder a relação especial (**ser de primeira ordem**) não identifica unicamente a imagem!



Histograma de imagem digital

O histograma de uma imagem indica o **número** ou o **percentual** de *pixels* que a imagem tem em determinado nível de cinza ou cor.

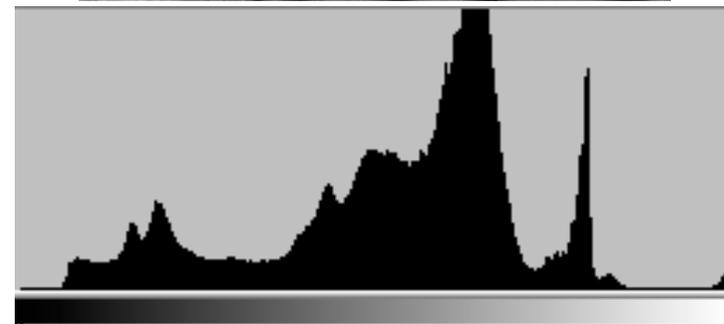
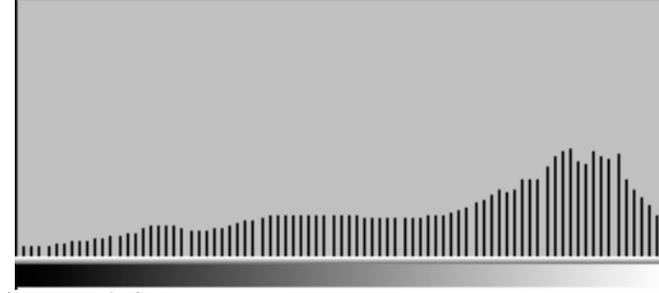
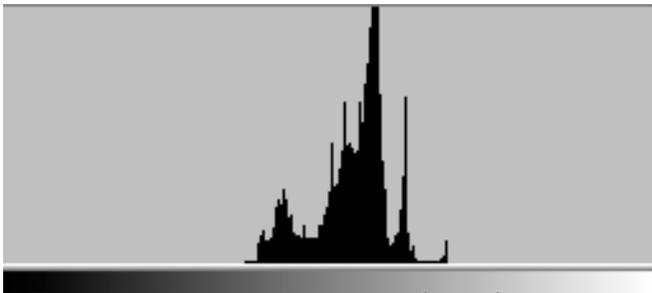
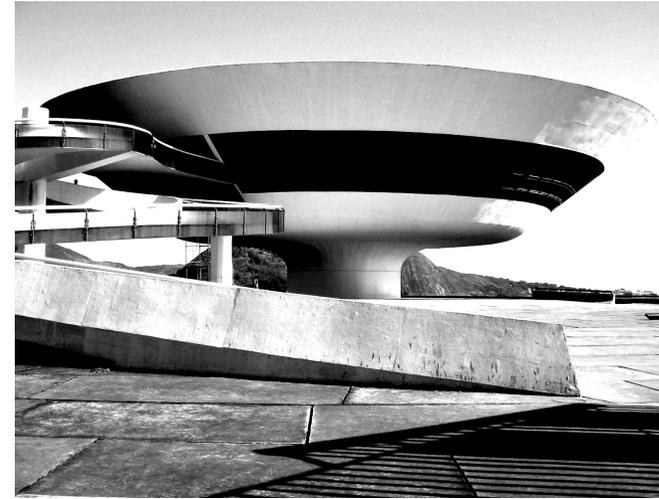
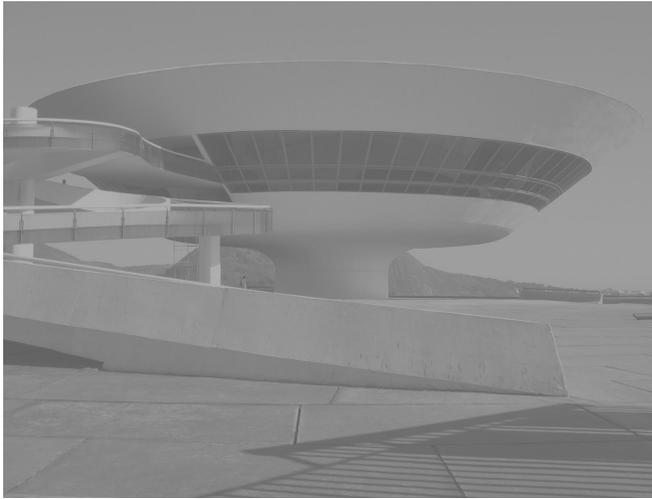
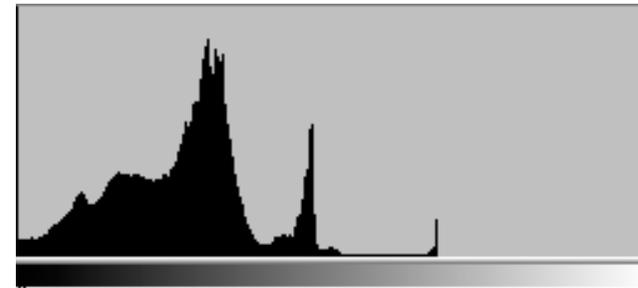
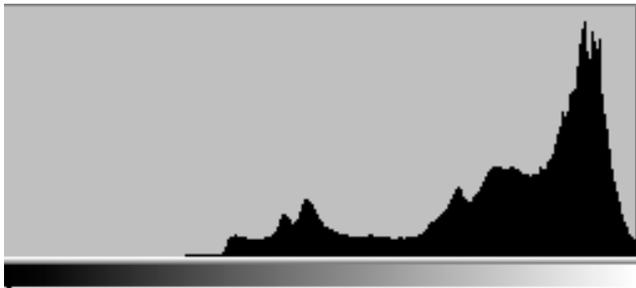


Imagem em tons de cinza e o seu histograma.

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



Imagens em tons de cinza e seus respectivos histogramas: com pouco (direita) e bom **contraste** (esquerda).



Imagens em tons de cinza e seus respectivos histogramas: com **alta luminosidade** (clara) e com **baixa luminosidade** (escura).

Operações pontuais em imagens

Operações pontuais baseadas na curva de tom (IN->OUT) ;

Operações baseadas em histograma; e

Técnicas Baseadas no Histograma de Imagens Coloridas

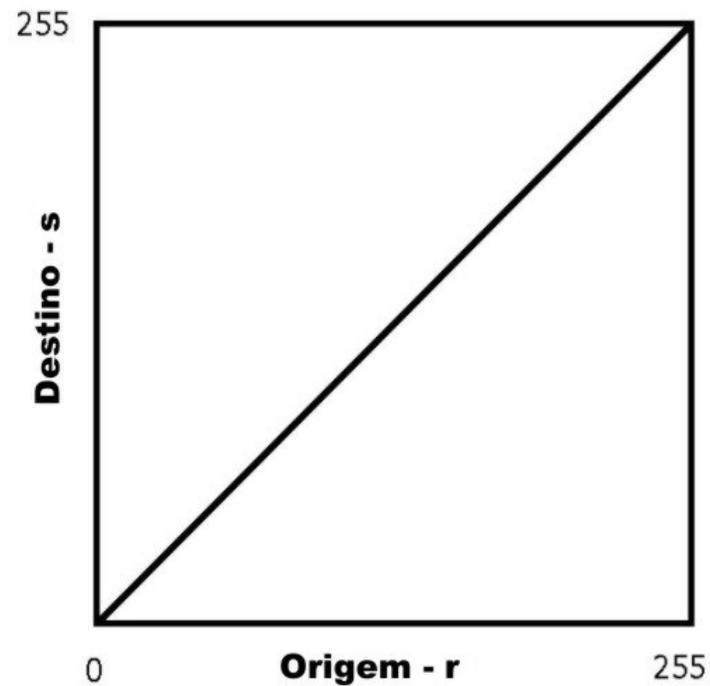
Operações pontuais em imagens

Global x local

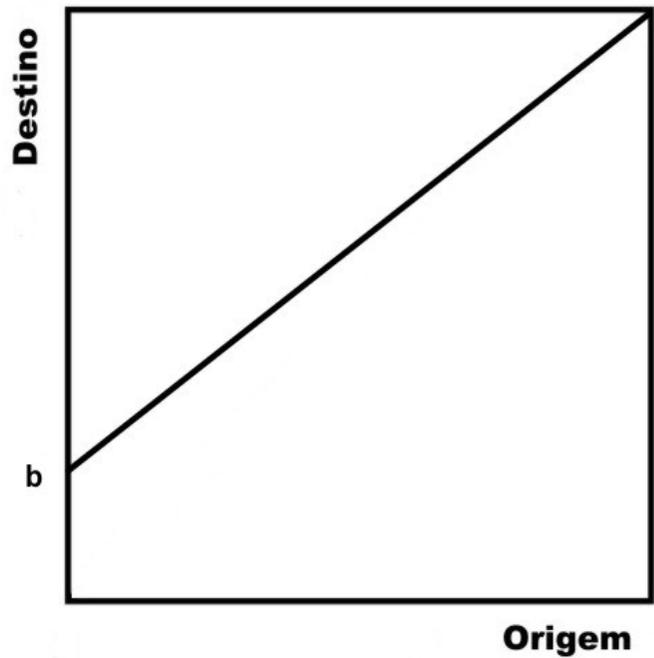
Uma operação pontual **global** *m* uma imagem digital *r* é a função *f(r)* aplicada a **todo** *pixel* da imagem:

$$r: s = f(r)$$

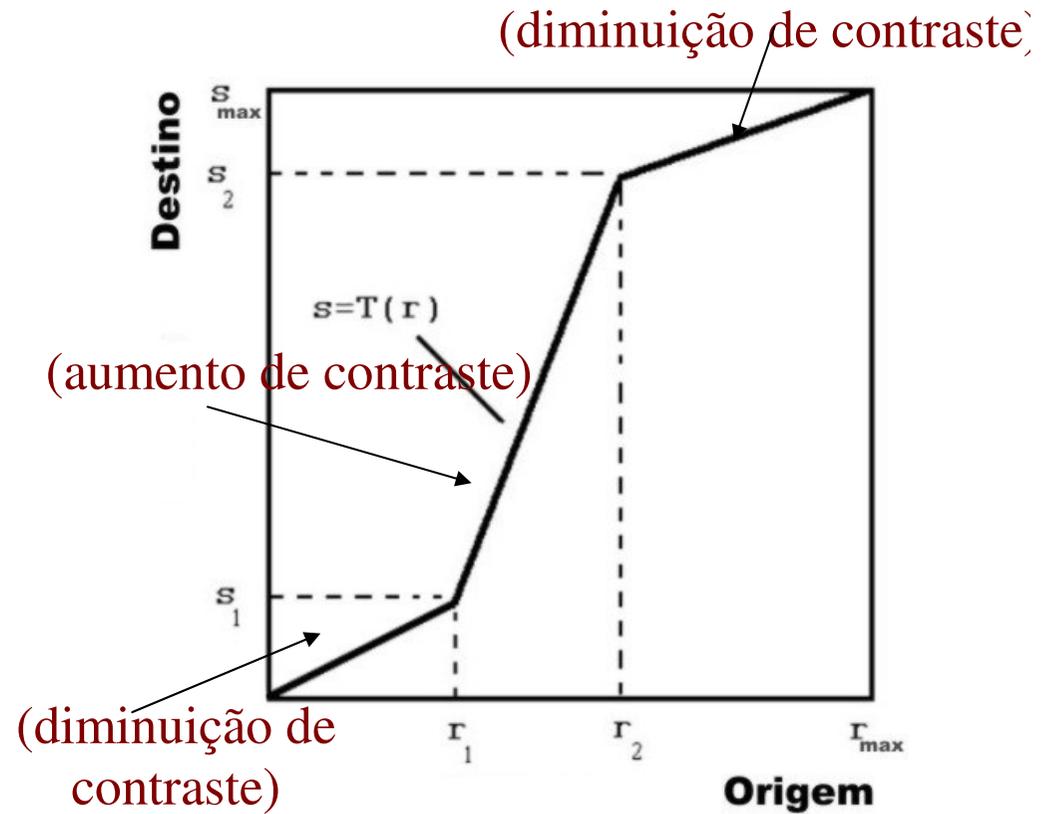
Operações pontuais globais baseadas na curva de tom



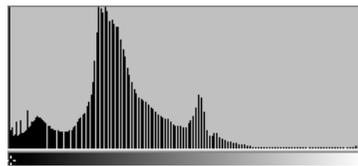
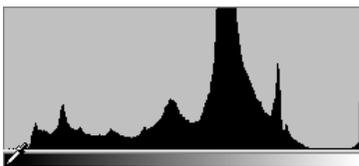
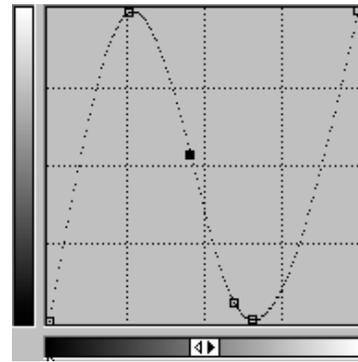
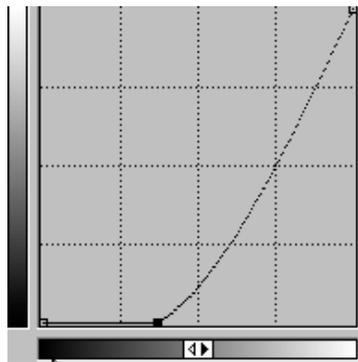
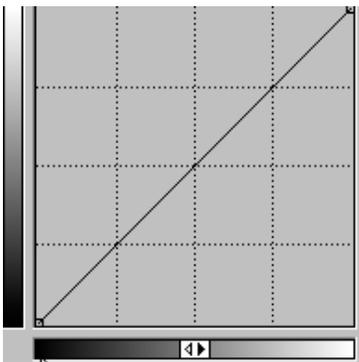
Relação entre imagem origem e destino.



Representação na forma linear

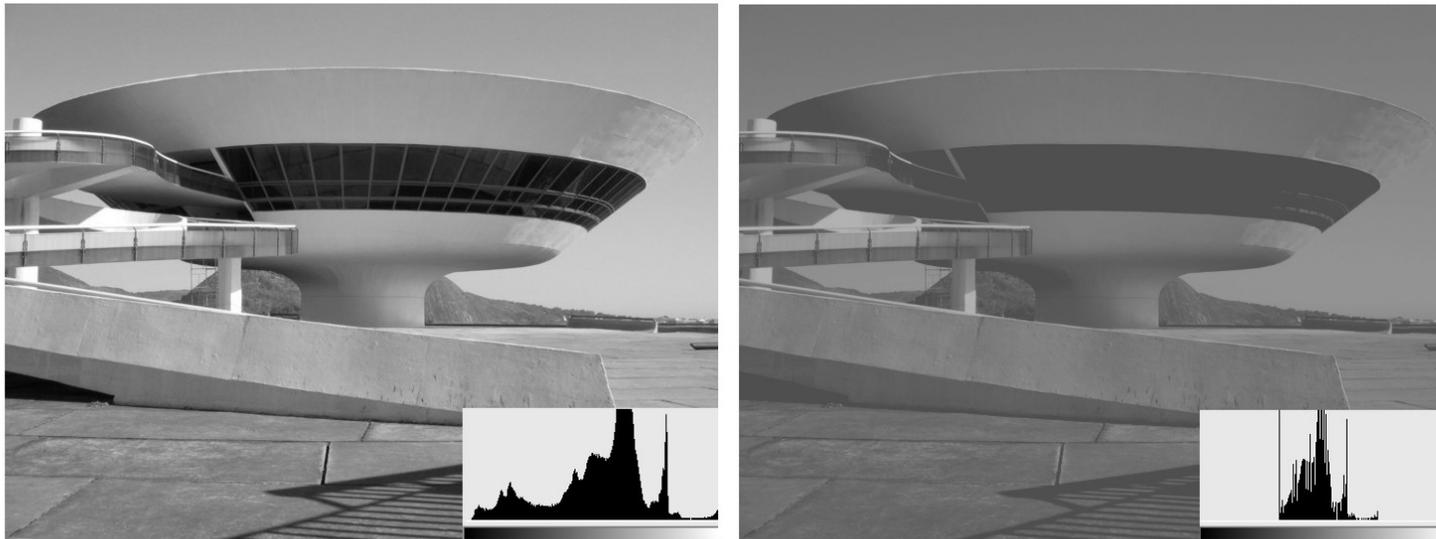


Alteração da imagem destino a partir de uma função genérica.



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

Compressão do histograma (diminuição do range)



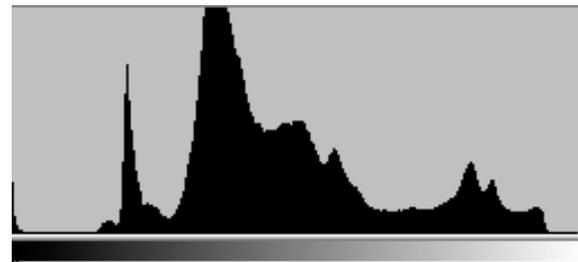
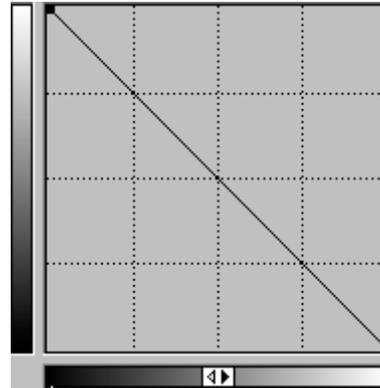
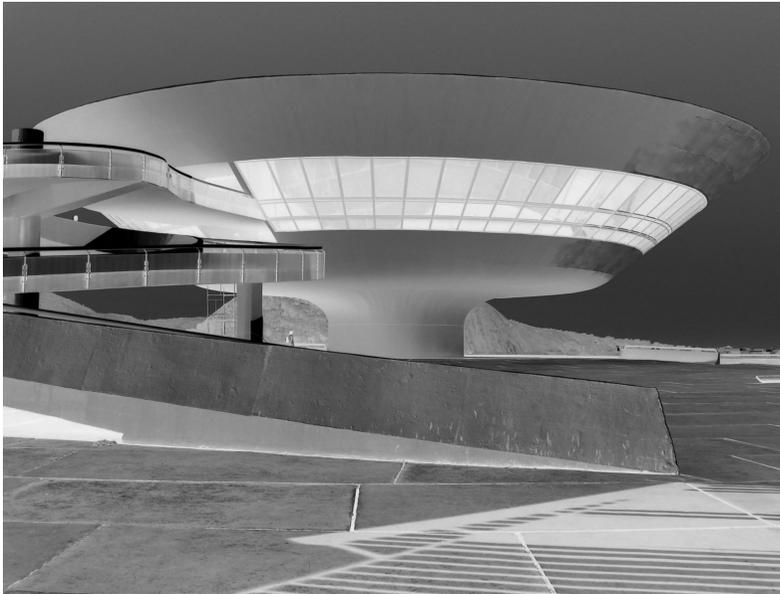
Efeito da Compressão de Histogramas

Expansão de histograma (ampliação do range)



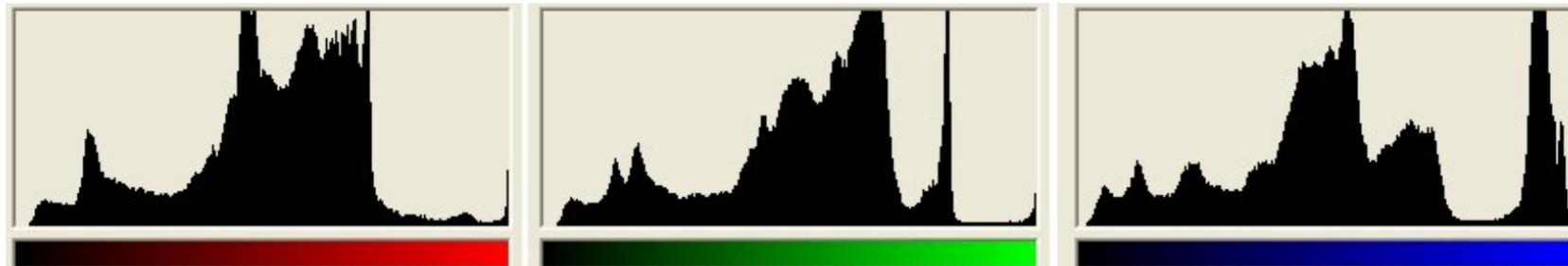
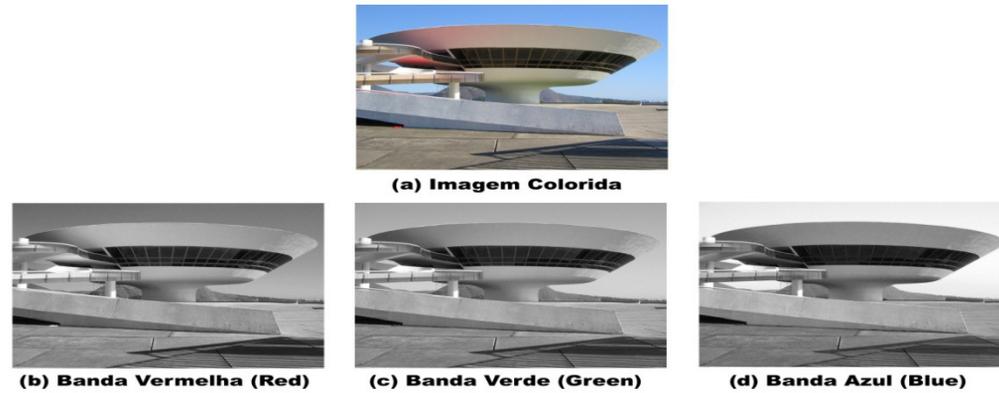
Efeito da Expansão de Histogramas.

Imagem negativa (ou com os tons invertidos)



Efeito da imagem negativa.

Histogramas das **bandas** de uma imagem colorida



Histogramas da Imagem colorida separado por canal R,G B.

Sistemas de visão binária

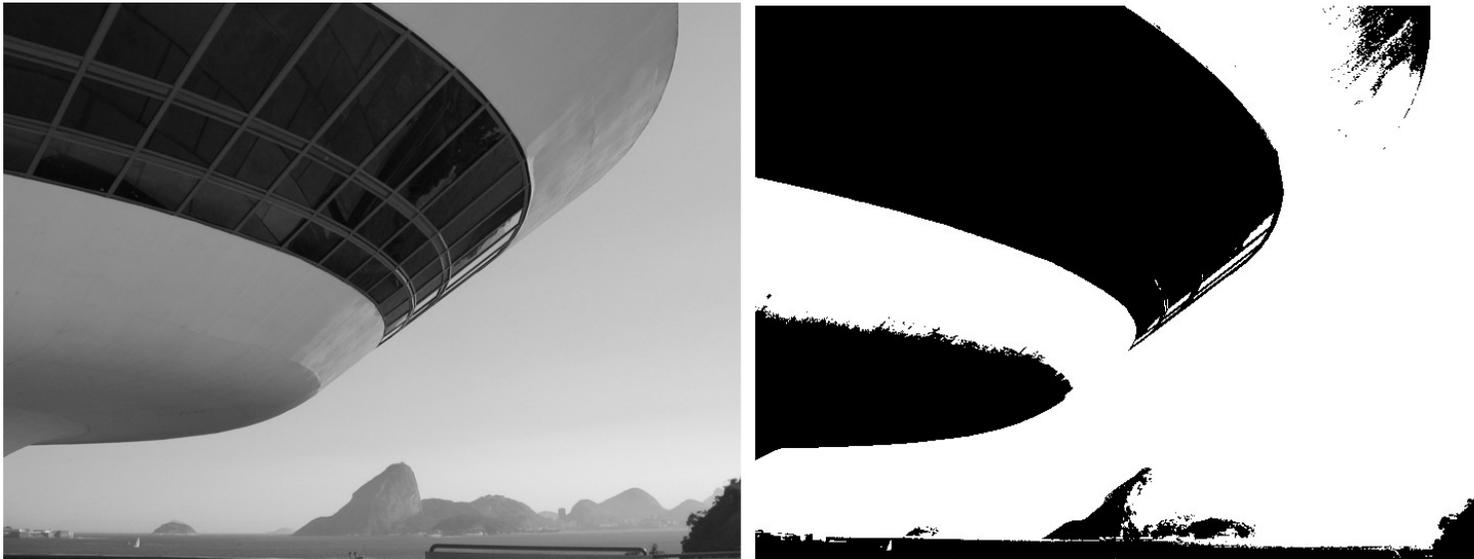
Limiarização (Thresholding):

Manual (baseada no histograma)

Automática:

- **Método de Otsu, Niblack**, Balanço, **Entropia máxima, Rosin** (*Thresholding Global*);
- **Métodos Iterativos e interativos;**
- **Métodos Multi níveis**
- **outros (ver site do curso e pesquisar mais....)**

Agrupamento por limiar (Thresholding):



Exemplo de binarização:

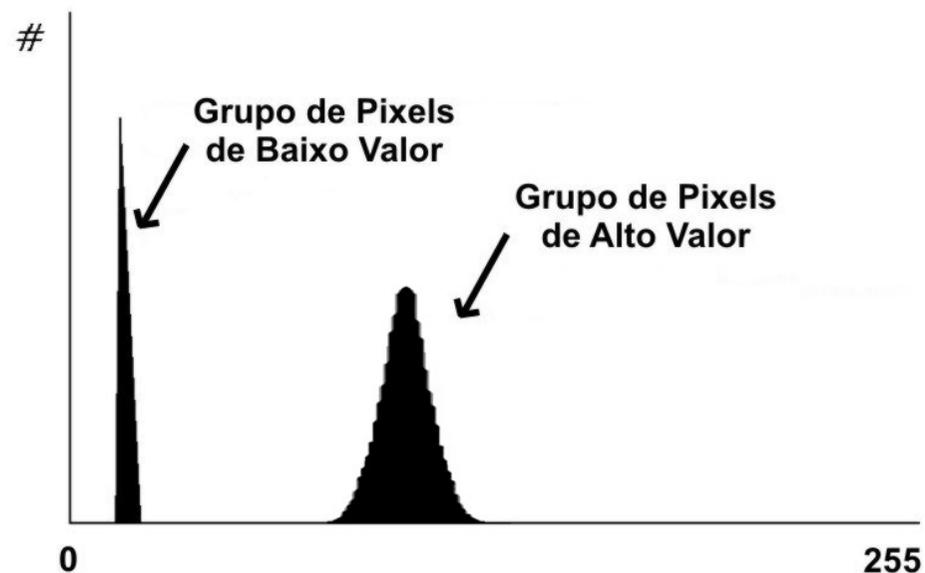
(a) Imagem em tons de cinza,

(b) Imagem binária

Agrupamento por limiar (limiarização)

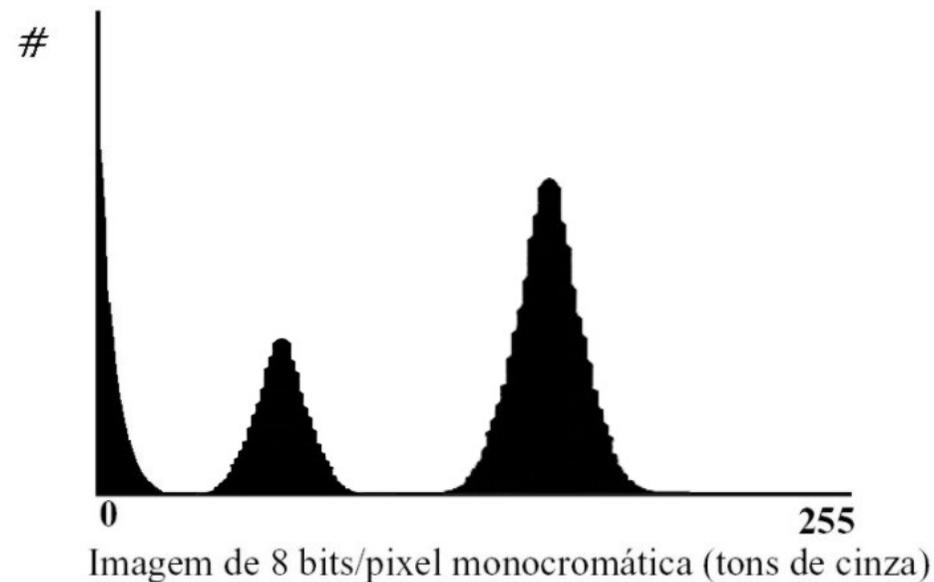
Uso: segmentação em imagens em que o objeto a ser segmentado apresenta uma tonalidade **bem diferente** do fundo da imagem.

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



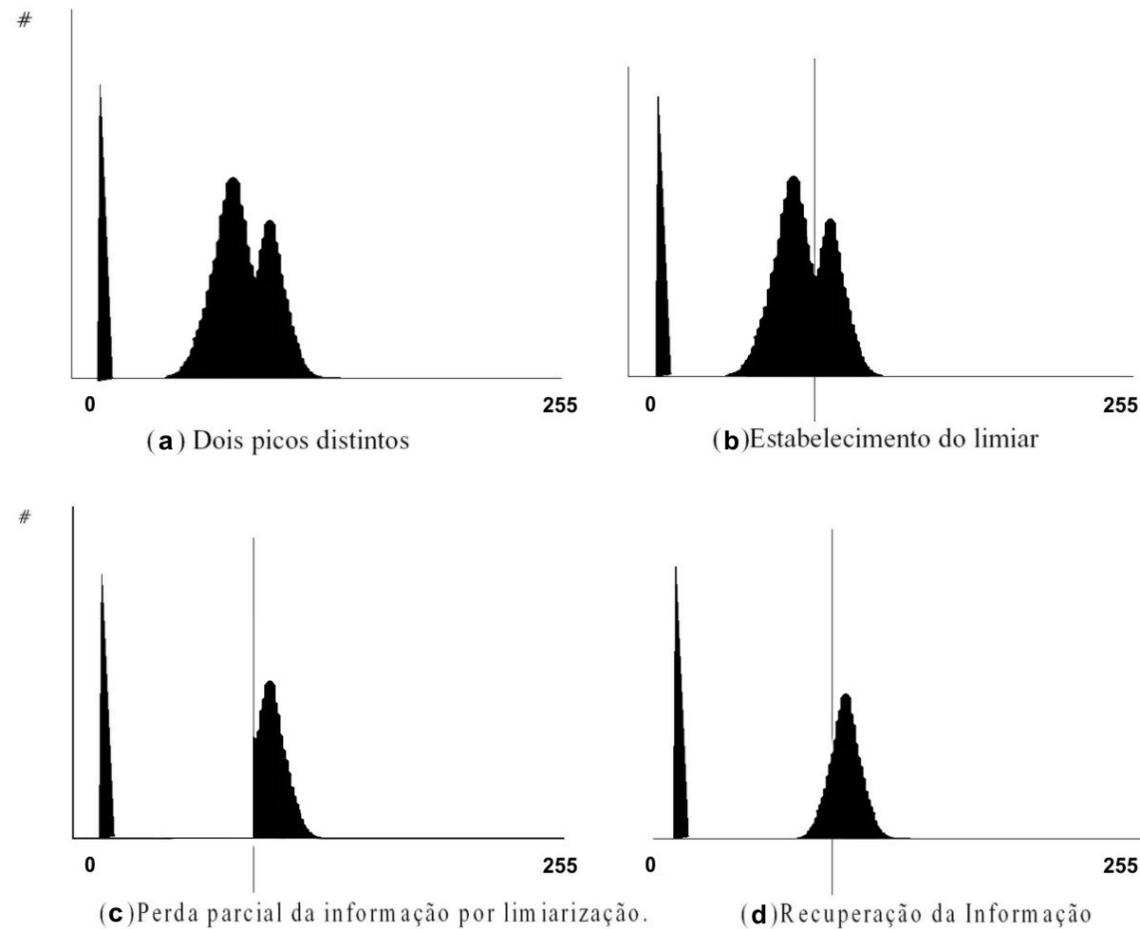
Exemplo de histograma bem-divisível.

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*).



Exemplo de um histograma tri modal.

Há casos em que torna-se necessário o uso de técnicas mais complexas



Limiarização por interpolação (Chow e Kaneko, 1972).

A limiarização **converte** uma imagem de entrada:

$f(x, y)$ de N 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:

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

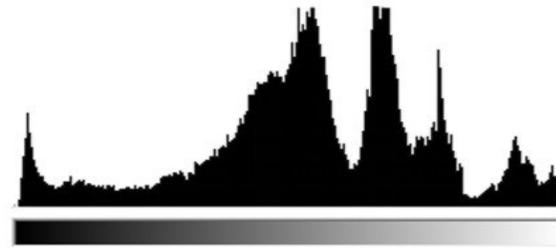
De uma maneira mais genérica, a definição de T é a função de **várias variáveis** na forma:

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

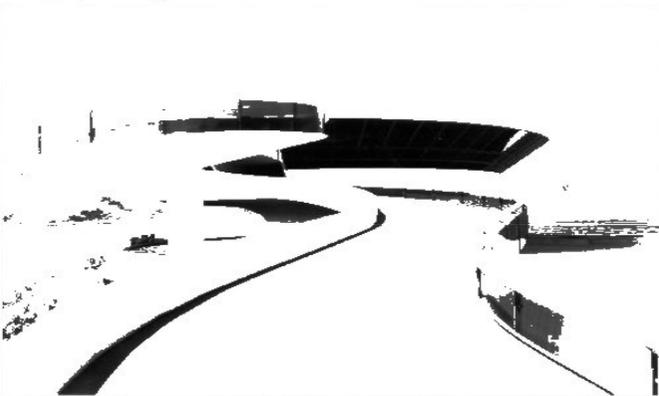
onde $p(x,y)$ é uma propriedade local , isto é função da posição , i.e. de x,y .



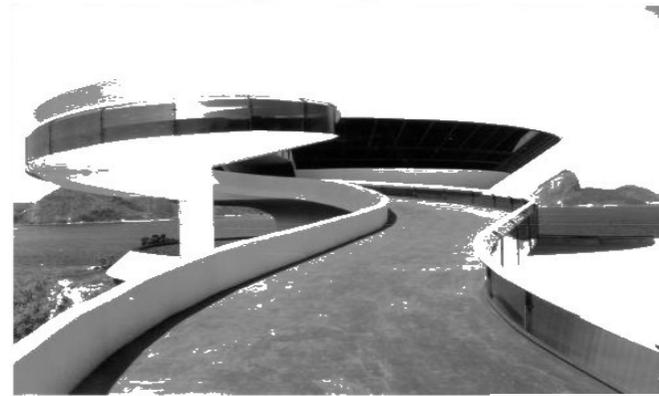
(a) Imagem com 256 tons de cinza



(b) Histograma



(c) Limiarização com valor 80



(d) Limiarização com valor (80, 150, 220).

Influência do valor do limiar sobre a qualidade da limiarização.

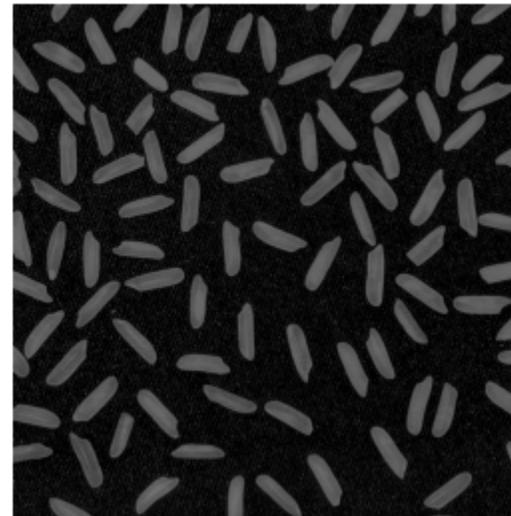
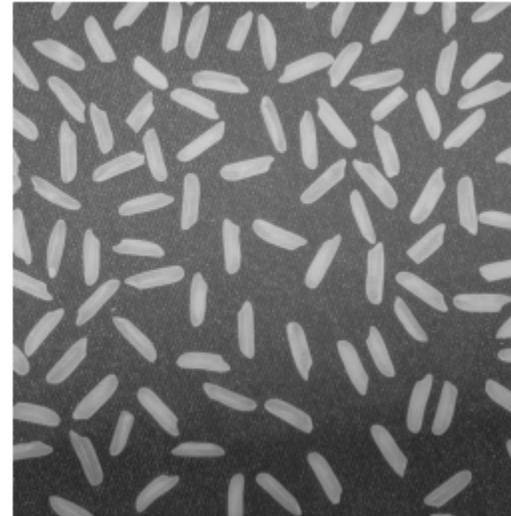
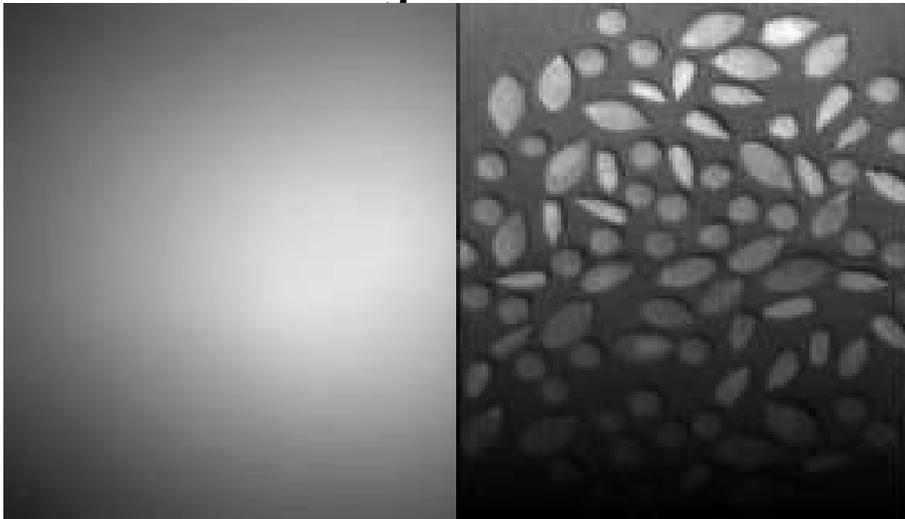
(A imagem (d) está posterizada nesta representação em 4 níveis : 80, 150, 220).

A limiarização

- É uma técnica muito boa para separar elementos de imagem, desde que a iluminação seja adequada e, os elementos seja diferenciáveis por tons.
- Com **iluminação irregular** (uneven illumination) porem pode nunca ser conseguida....

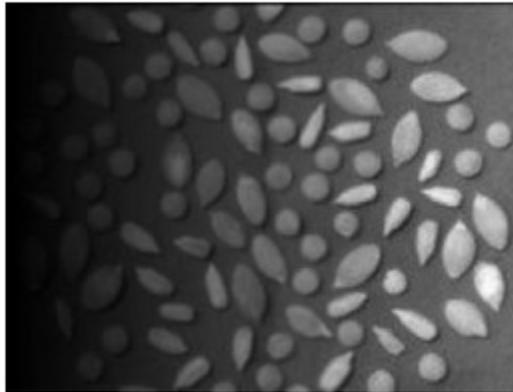
Uneven illumination

- Subtração do fundo

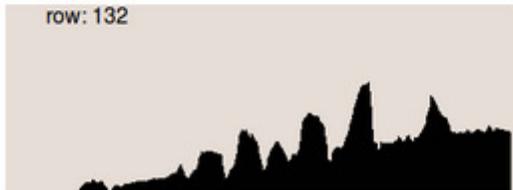


É uma técnica que ajuda muito a corrigir a iluminação irregular ou Uneven illumination.

Subtração fundo



Input image.



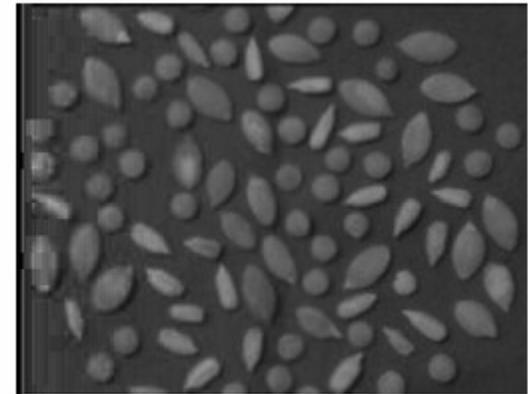
Profile of the row 132.



Background image.



Profile of the row 132.



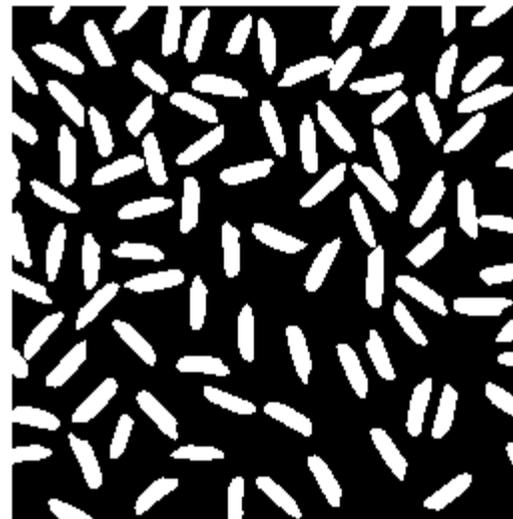
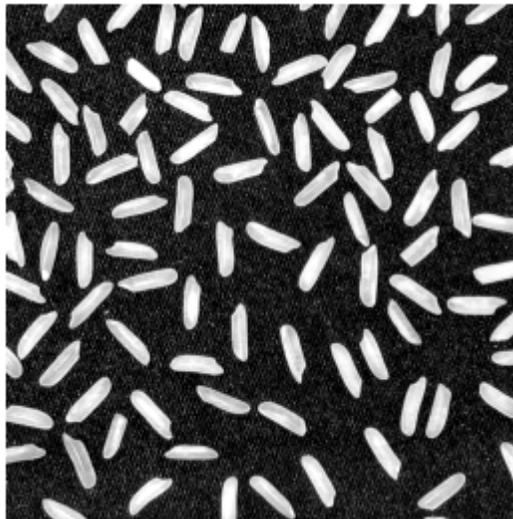
Output image.



Profile of the row 132.

Aumento do contraste x limiarização

- Geralmente melhora muito se seus tons de cinza contemplarem toda as possibilidades tonais (do zero ao nível máximo – 255). Faça isso antes de tudo!



Gostar-se-ia de separar o “seu Marcador do trabalho 1”

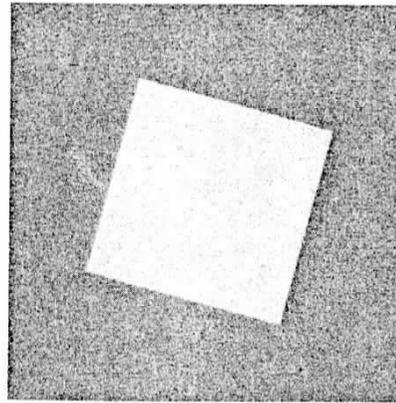
Do fundo da imagem da ROI mostrada em (a) (d).

Mas em (d) a iluminação esta irregular!

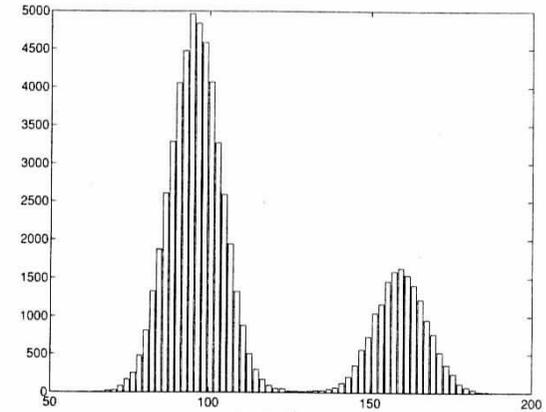
Mesmo só o capturando nestas condições o Fundo se tem (c) e não uma Imagem constante como No fundo de (a).

Os histogramas de (a) e (d) São mostrados em (b) e (e) Respectivamente.

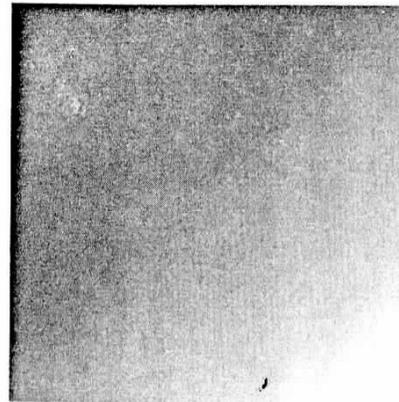
Isso torna inviável usar o vale entre as modas Como ponto de limiar na binarização De (d).



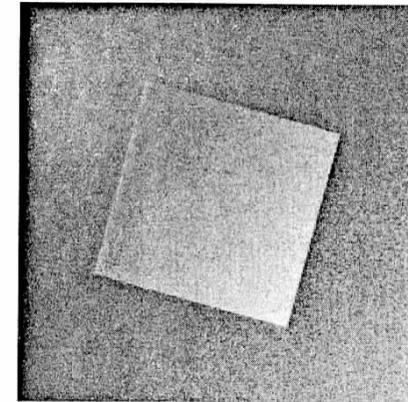
(a)



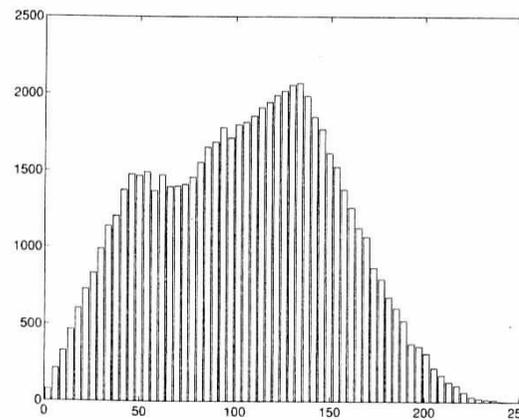
(b)



(c)



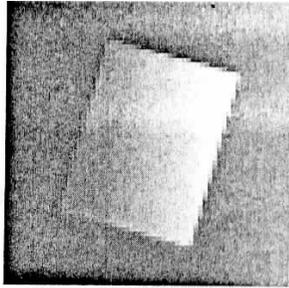
(d)



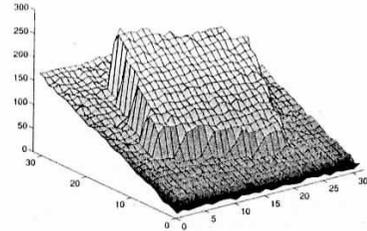
**iluminação
irregular**

(Uneven
illumination)

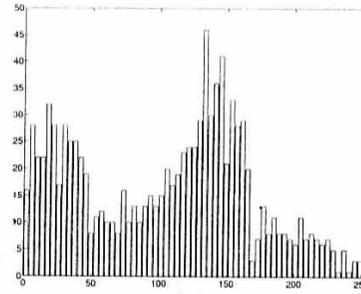
E limiarização



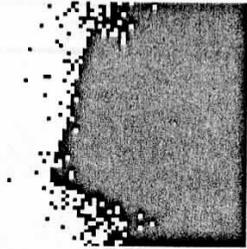
(a)



(b)



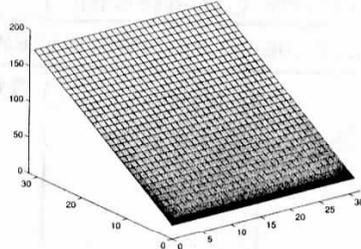
(c)



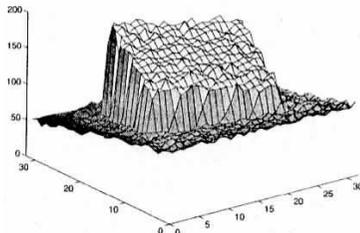
(d)



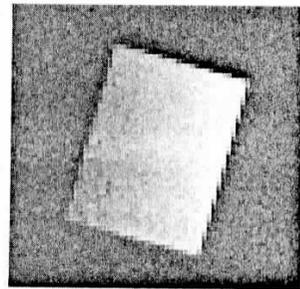
(e)



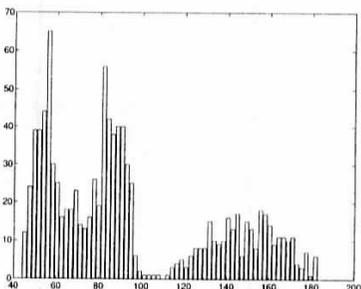
(f)



(g)



(h)



(i)

**Outros exemplo de
iluminação
irregular**

(Uneven
illumination)

E formas de
limiarização:

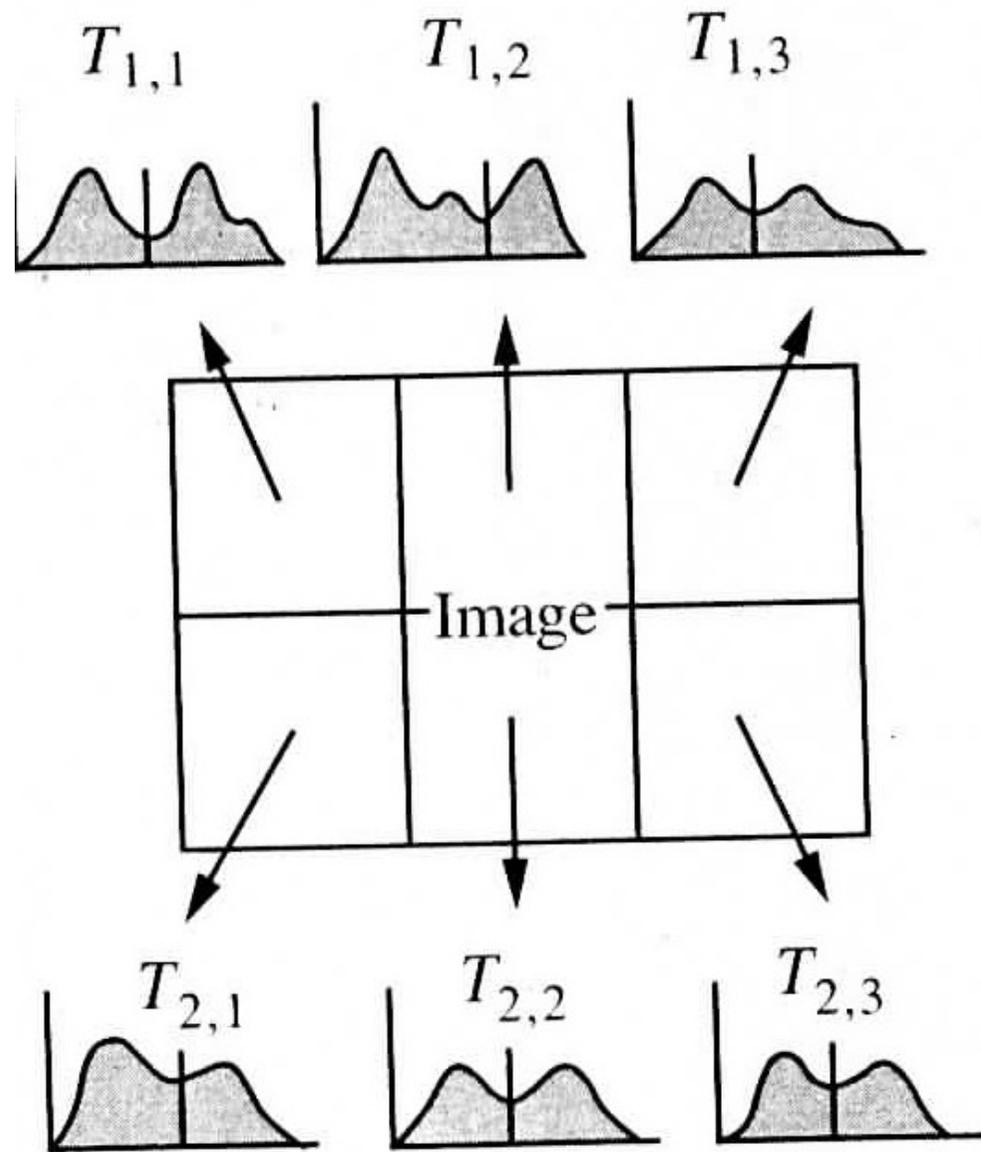
Correção **por**
SUBTRAÇÃO DO
FUNDO

**iluminação
irregular**

(Uneven
illumination)

E limiarização

Correção por regiões



Limiarização Automática X manual ou interativa

O método mais simples é calcular automaticamente o *threshold* (destes os **método iterativos são mais custosos i.e.** mais caro computacionalmente)

(*Thresholding*) baseada no histograma

Interativo X **iterativos**

Exemplo de M. iterativo

Este método é descrito por:

1. **Selecione** um tom T_i inicial (entre o valor da intensidade mínima e máxima da imagem.)
2. **Segmente** imagem usando T_i . Isto é, divida-a em **dois grupos**: (G1) formado com os pixels cujos valores são $> T$ e (G2) com os pixels com tons $< T$.
3. Calcule a **intensidade média** dos grupos: μ_1 e μ_2
4. Calcule o **novo threshold**: $T_{i+1} = \frac{1}{2} (\mu_1 + \mu_2)$
5. Repita os passos **2 até 4** até que $T_{i+1} - T_i < \epsilon$ (parâmetro pré-definido)

Métodos de Limiarização

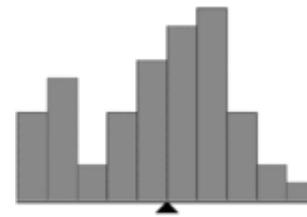
• <https://www.youtube.com/watch?v=qoB9cBeVUPA>

Principais Métodos Automáticos :

- 1. Limiarização por equilíbrio do histograma;**
- 2. Limiarização em multiníveis de Otsu;**
- 3. Limiarização em multiníveis de Niblack;**
- 4. Entropia máxima;**
- 5. Limiarização em multiníveis de Rosin.**
- 6. Busque mais alguns:**

Balanço do histograma

- A **limiarização por equilíbrio do histograma** é muito simples e automático.
- Na mesma linha do método de **Otsu** é baseado no histograma da imagem: assumindo que a imagem se divide em duas classes: o fundo e o objeto.
- Procura encontrar o nível de limiarização *pesando* o histograma.
- Depois remove peso do lado mais pesado até que este se torne o mais leve.
- Repete a mesma operação até que os se equilibrem.



Se considera interativamente

- Um possível tom de limiar (por exemplo o tom do meio) é escolhido e o número de pixels de cada tom é multiplicado pela sua distância no sentido positivo ou negativo ao tom do limiar, como se fosse os braços de uma balança ou um brinquedo de parquinho.



O tom procurado

- É o que deixar o “brinquedo” equilibrado !
- Essa multiplicação do tom pelo quantidade de pixels que seu histograma tem , em uma imagem é o **primeiro momento do histograma**.



Esse algoritmo fica (em C)

```
int BHThreshold(int[] histogram) {
    i_m = (int)((i_s + i_e) / 2.0f); // Base da balança I_m
    w_l = get_weight(i_s, i_m + 1, histogram); // peso na esquerda W_l
    w_r = get_weight(i_m + 1, i_e + 1, histogram); // peso na direita W_r
    while (i_s <= i_e) {
        if (w_r > w_l) { // mais peso à direita
            w_r -= histogram[i_e--];
            if (((i_s + i_e) / 2) < i_m) {
                w_r += histogram[i_m];
                w_l -= histogram[i_m--]; } }
        else if (w_l >= w_r) { // mais peso à esquerda
            w_l -= histogram[i_s++];
            if (((i_s + i_e) / 2) > i_m) {
                w_l += histogram[i_m + 1];
                w_r -= histogram[i_m + 1];
                i_m++; } } }
    return i_m; }
```

Momentos do histograma

Seja l o brilho de uma imagem (ou objeto) e $h(l)$, $l = 0, 1, \dots, L - 1$, o seu histograma normalizado. O n -ésimo momento central é dado por:

$$\mu_n = \sum_{l=0}^{L-1} (l - \mu)^n h(l)$$

$$\mu = \sum_{l=0}^{L-1} lh(l)$$

onde μ é o brilho médio.

Momentos do histograma

- Cont.

Quando $n = 2$, nós temos a variância (contraste) $\mu_2 = \sigma^2$. Os momentos μ_3 e μ_4 medem *skewness* (assimetria em relação ao centro) e *kurtosis* (concentração em torno da média). Podemos usar, por exemplo, $R = 1 - \frac{1}{1+\sigma^2}$ como medida de contraste. Momentos de mais alta ordem não estão relacionados com a forma do histograma.

Momentos do Histograma

- O n-ésimo momento de z em torno da média é dado por

$$\mu_n(z) = \sum_{i=1}^L (z_i - m)^n p(z_i)$$

- na qual m é valor médio de z

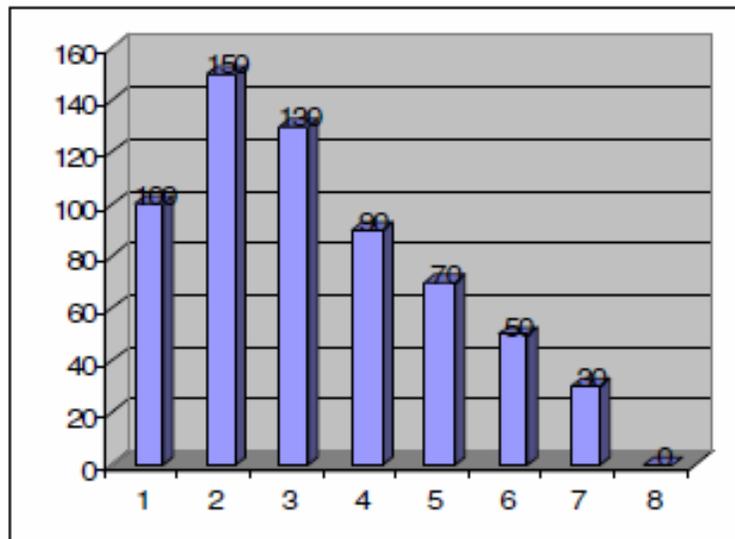
$$m = \sum_{i=1}^L z_i \times p(z_i)$$

Momentos do Histograma

- O segundo momento possui uma importância particular para a descrição
 - Medida de contraste do nível de cinza
 - Pode ser usada no estabelecimento de descritores de suavidade relativa.
- O terceiro momento é uma medida de anti-simetria do histograma.
- Quatro momento fornece uma medida de achatamento.

Momentos do Histograma

- Exercício: Considere o seguinte histograma em 8 níveis de cinza.



Calcule o segundo e o terceiro momentos.

Z	P(z)
1	0.16
2	0.24
3	0.20
4	0.14
5	0.11
6	0.08
7	0.05
8	0

$M=102$, $M2 = 1274$

Diversos outros algoritmos

- Usam esses momentos do histograma:
- o de **Otsu**, que considera os momentos centrais do histograma e as *variâncias* (que são os momentos de ordem 2 do histograma).
- **O de Niblack que** se baseia na média e no desvio padrão (= raiz quadrada da *variância*) .

Método de Otsu

A operação de limiarização é considerada como sendo o particionamento da imagem com L níveis de cinza em duas classes C_0 e C_1 , que representam o **objeto** e o fundo, ou vice-versa, sendo que esta partição se dará no **nível de cinza t** , *que maximiza a razão da variância entre as classes e a variância total*

C_0 = pixels da imagem com tons de 0 a t

C_1 = pixels da imagem com tons de t a l

Método de Otsu para escolher o melhor *threshold*: T .

Se baseia no **histograma normalizado** (da imagem)., que pode ser visto como uma função de **densidade de probabilidade discreta**

(histograma normalizado)

$$p_r(r_q) = \frac{n_q}{n}, q = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

onde n é o número total de píxeis na imagem, n_q é o número de píxeis que tem intensidade r_q

O **método de Otsu** escolhe o threshold de valor T *que maximiza:*

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2$$

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2$$

onde,
$$w_0 = \sum_{q=0}^{k-1} p_q(r_q)$$

$$w_0 = \sum_{q=k}^{L-1} p_q(r_q)$$

$$m_I = \sum_{q=k}^{L-1} qp_q(r_q)/\omega_1$$

$$m_0 = \sum_{q=k}^{L-1} p_q(r_q)$$

$$m_T = \sum_{q=0}^{L-1} qp_q(r_q)$$

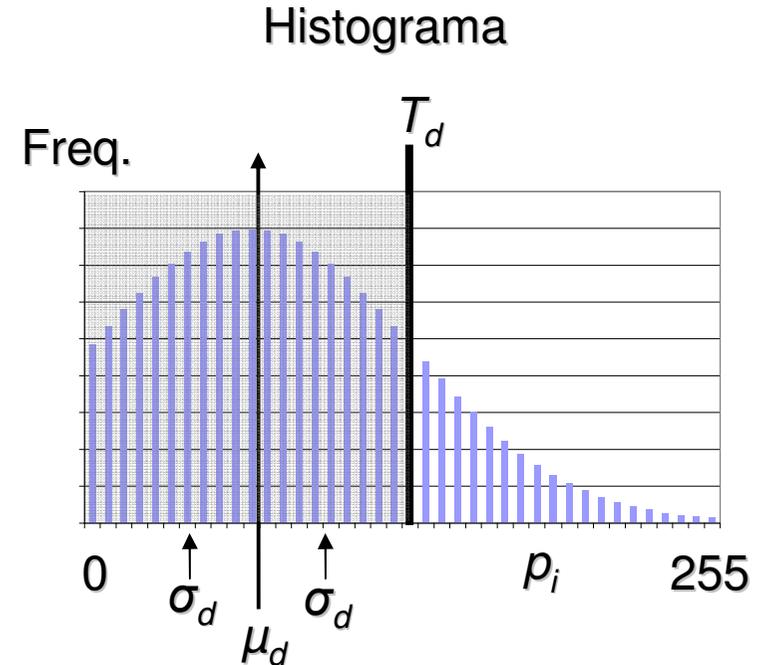
Métodos de Otsu:

$$p_i = \frac{n_i}{N}; p_i \geq 0; \sum_{i=1}^L p_i = 1 \quad (1)$$

$$q_d = \sum_{i=T_{d-1}+1}^{T_d} p_i \quad (2)$$

$$\mu_d = \sum_{i=T_{d-1}+1}^{T_d} \frac{i \cdot p_i}{q_d} \quad (3)$$

$$\sigma_d^2 = \sum_{i=T_{d-1}+1}^{T_d} \frac{(i - \mu_d)^2 \cdot p_i}{q_d} \quad (4)$$



Função Objetivo: $\text{Min } f(T_1, T_2, \dots, T_{d-1}) = \sum_{i=1}^d q_i \cdot \sigma_i^2$

M. de Niblack

Limiarização de Niblack

Método de limiarização local de bom desempenho.

Constrói uma superfície limite, baseada na média local m , e um desvio padrão s , de valores de cinza computado em uma vizinhança pequena ao redor de cada pixel:

$$T = m + k \cdot s$$

onde k é uma constante

Niblack multinível → segmenta em várias regiões importantes da imagem .

Algoritmo Niblack Multinível:

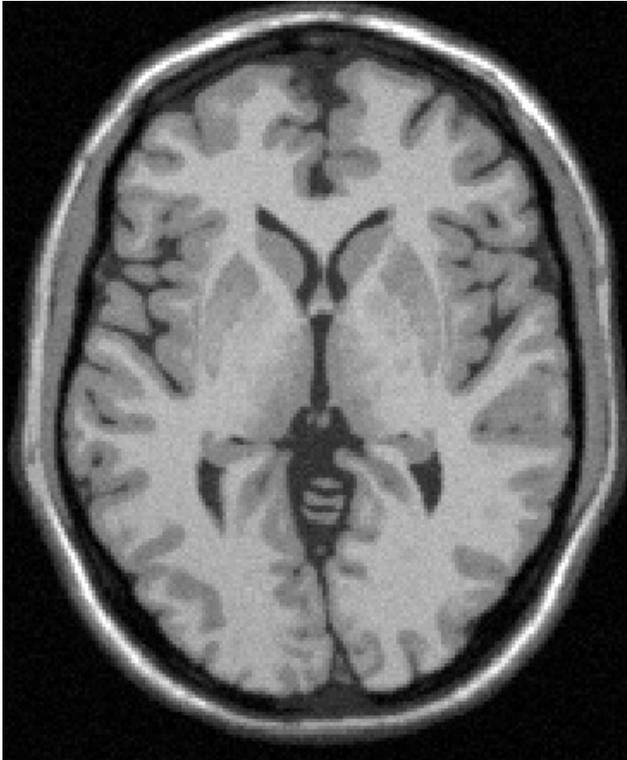
1. Define-se o tamanho da janela w .
2. Define-se o valor da constante k de limiarização adaptativa.
3. Lê a imagem I em tons de cinza que se queira segmentar.
4. Obtém o número de linhas e colunas dessa imagem.
5. Desliza essa janela w pela imagem I até obter o novo valor de tom para cada pixel em I .
6. Calcula a média e o desvio padrão e em seguida o valor de T .
7. Verifica todos os valores de limiarização e armazena as faixas de limiarizações.
8. Percorre toda a imagem considerando uma faixa de cada vez e armazena os valores para cada faixa. São três faixas para verificar a limiarização: faixas T_1 para o liquor, T_2 para a substância cinzenta e T_3 para a substância branca.
9. Percorre cada faixa considerando que os píxeis de valor dentro da faixa será atribuído o valor 255 (branco) e os demais fora da faixa atribuído o valor 0 (preto).

Não existe o melhor método

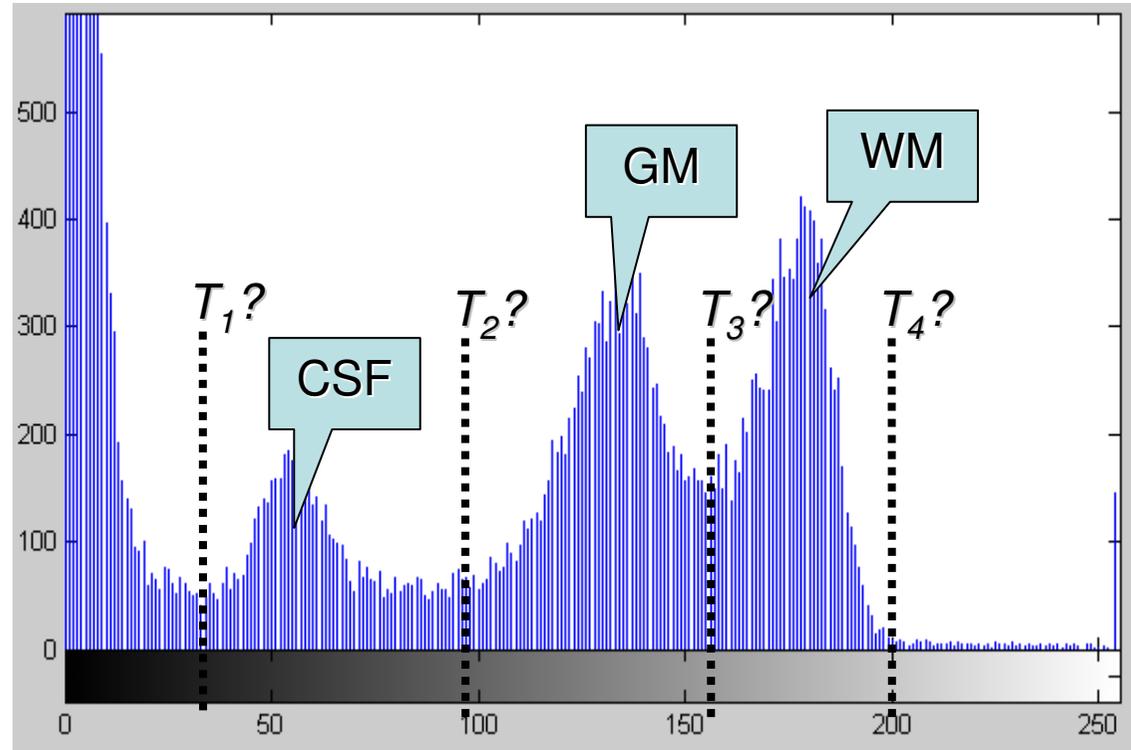
- Para todas as imagens possíveis
- Para todas as aplicações
- É preciso experimentar para ver o melhor para cada imagem e objetivo.

Exemplo de experimentação

Seção RM do Crânio



Histograma



Estruturas do encéfalo:
CSF: líquido
GM: subst. cinzenta
WM: subst. branca

$T_n?$ → Nível teórico de
limiarização de cada
estrutura

Fonte: Projeto *Brainweb*

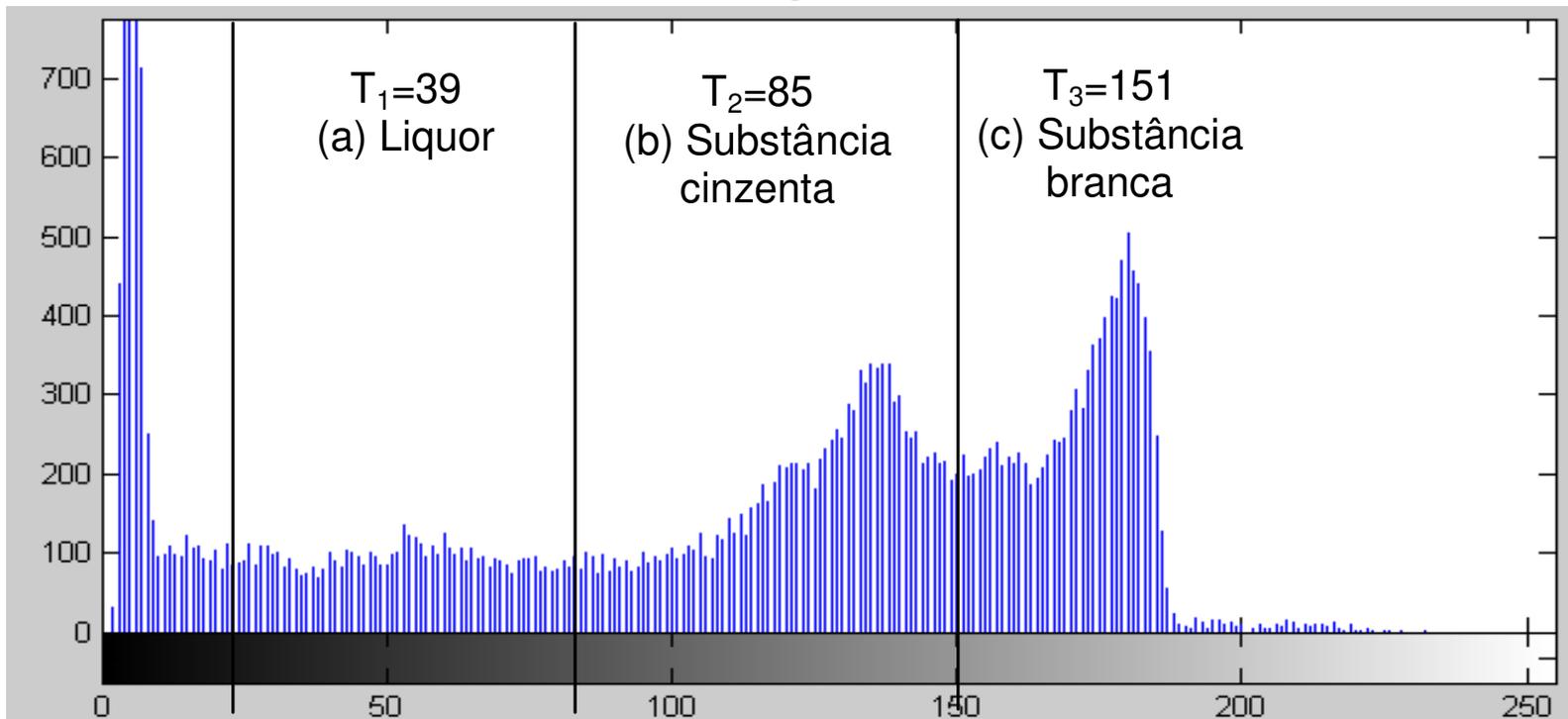
<http://brainweb.bic.mni.mcgill.ca/brainweb/>

Segmentação utilizando método de Otsu:

Considerações:

Três níveis de limiarização T_1 , T_2 e T_3

Histograma



Comparação dos Resultados

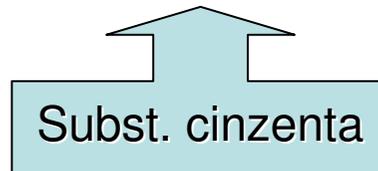
Imagens binárias geradas pela segmentação por limiarização, utilizando os níveis encontrados pelo método de Otsu:



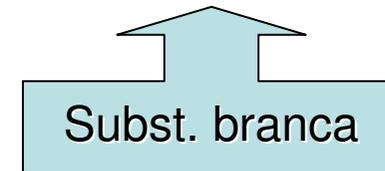
(a)



(b)

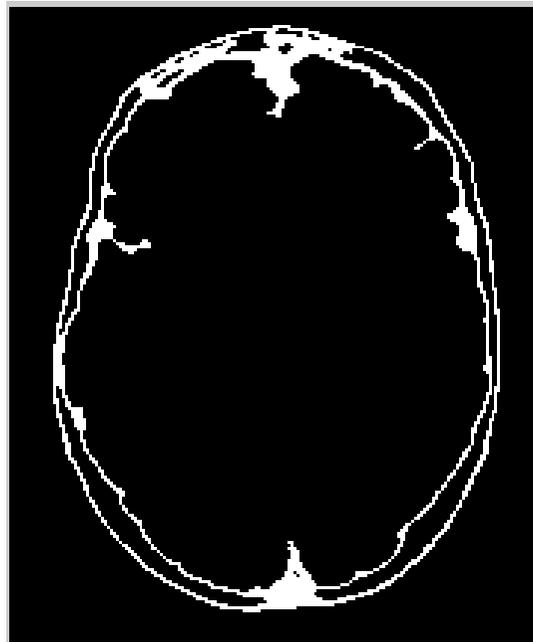


(c)



Unir as áreas para calcular volumes

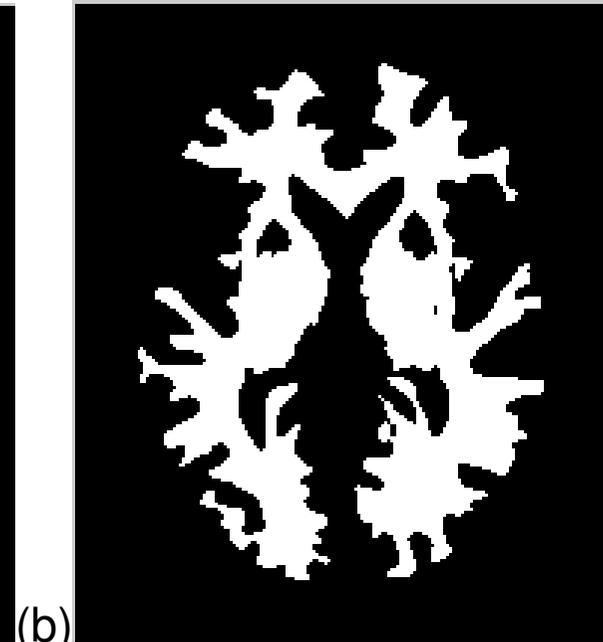
Considerando a conectividade das regiões:



Líquor



Subst. cinzenta



Subst. branca

Imagens binárias geradas pela segmentação por limiarização, utilizando os níveis encontrados pelo método de Limiarização em Multiníveis de Niblack:

Os resultados encontrados através da aplicação do algoritmo de Niblack para seleção dos limites de cada região (segmentação) foram:

$T_1 = 39$, $T_2 = 77$, $T_3 = 149$.



Líquor



Subst. cinzenta



Subst. branca

Limiarização em Multiníveis de Niblack

- Desvantagens:
 - produz uma grande quantidade de ruídos em imagens com muitos tons de cinza.
 - processamento posterior intenso computacionalmente para redução ou remoção de ruídos.
 - Definição do tamanho da vizinhança → deve ser pequeno suficiente para preservar detalhes locais mas grande o suficiente para suprimir ruídos

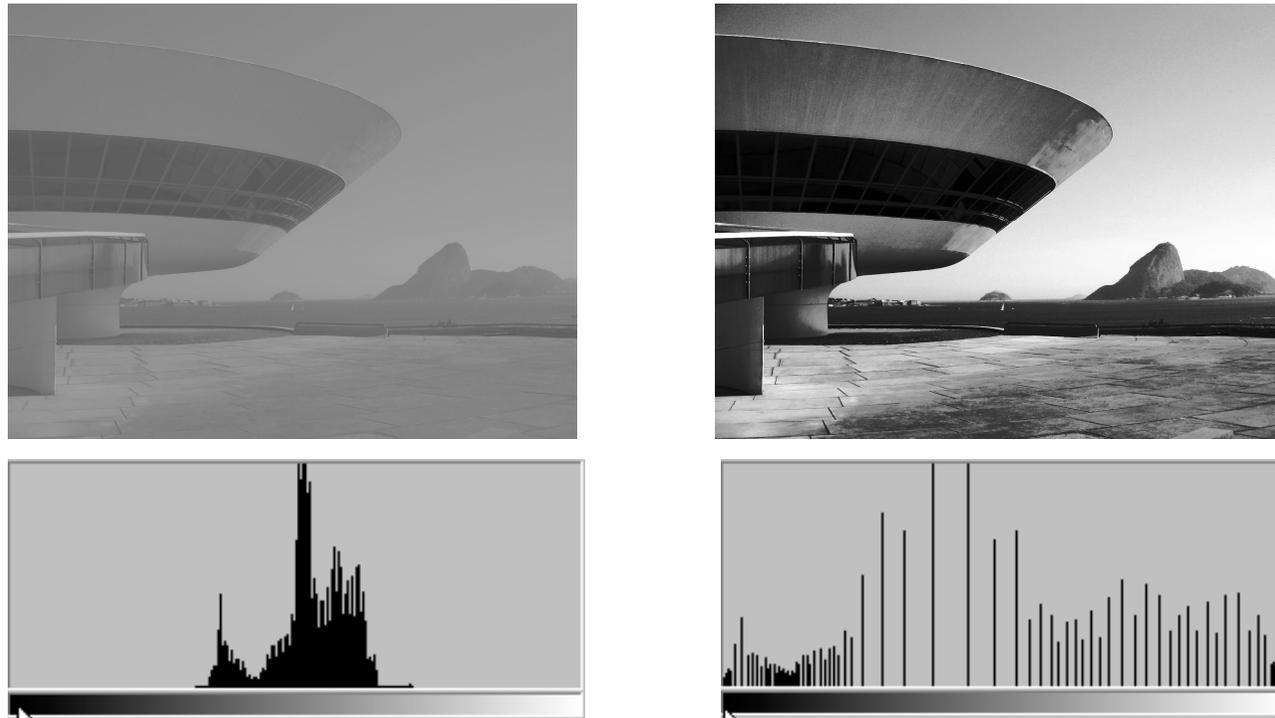
Outras operações globais baseadas em histograma

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**.

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



(a) Imagem com baixo contraste e seu histograma.

(b) Imagem após **equalização e seu histograma**.

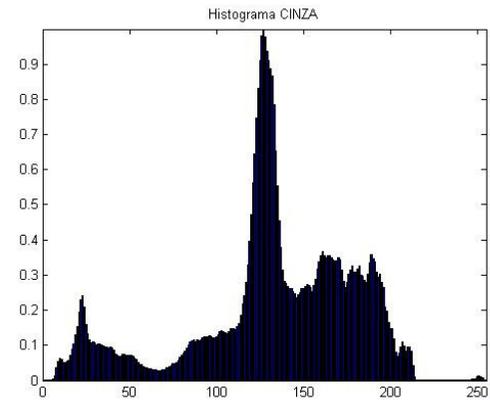


Imagem original e seu histograma normalizado
(tem área total igual a 1, e equivale a uma distribuição de
porbabilidades)

Equalização de histogramas

A equalização de histogramas procura distribuir igualmente para todos os níveis de *pixels* da imagem. Comparando o histograma da imagem com um idealizado em que todos os tons fossem igualmente contemplados.

Para tanto compara o histograma acumulado da imagem real com o acumulado idealizado para a quantidade de tons presente na imagem .

Equalização de Histograma

Na equalização global do histograma a intensidade de cada pixel da imagem é substituída pela integral do histograma da imagem até aquele pixel.

A nova intensidade s para todos os pixels com intensidade r da imagem original é calculada a partir da transformação : $T(r)$ representada pela equação:

$$s = T(r) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j), \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots, L$$

Cont.

- onde L é o total de níveis de cinza e $p(r)$ é a probabilidade de ocorrência do nível de
- Cinza r na imagem, que pode ser obtido através do histograma da imagem. Após a
- aplicação da transformação $T(r)$ a imagem resultante apresentará um histograma mais uniforme.

Características da Equalização

- Em geral, esta técnica funciona bem se a distribuição das intensidades dos pixels é similar em toda a imagem.
- Caso contrário, a equalização do histograma global da imagem pode aumentar demasiadamente o brilho de regiões mais luminosas e não iluminar suficientemente pequenas regiões escuras.
- Dar uma aparência falsa as imagens.

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.

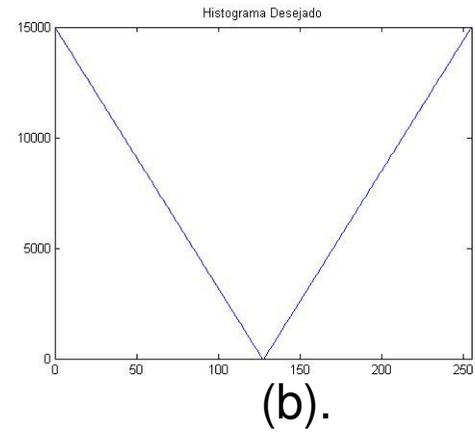


Imagem original e histograma especificado normalizado



Imagem obtida após a operação com o histograma especificado

AHE - Adaptive Histogram Equalization

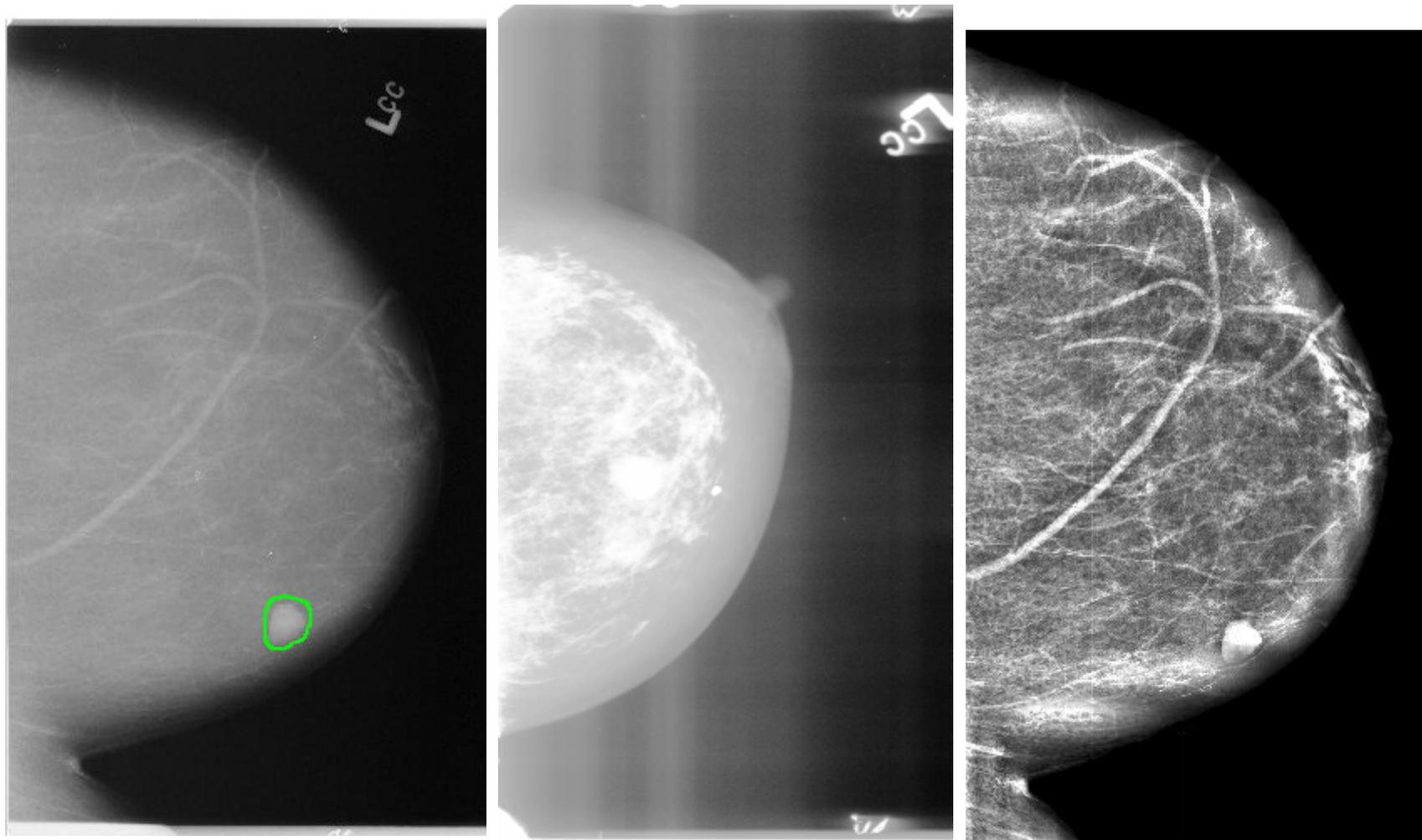
- Para superar limitações surgiram as técnicas de equalização **adaptativa de histograma**.
- Nessas técnicas, em vez do histograma global, é calculado um histograma local para vizinhança de cada pixel, por exemplo de 7×7 , 15×15 , etc. ao redor do pixel.
- A qualidade do resultado depende das características da imagem e vizinhança usada!

Características do AHE

- Esse método melhora o contraste local da imagem, realçando ainda mais os detalhes.
- Porém, existe a tendência de ampliar o ruído em regiões relativamente homogêneas da imagem.
- Contrastes em menor escala são reforçados enquanto que contraste em maior escala são reduzidos.

Exemplo de como fica para cada tecnica:

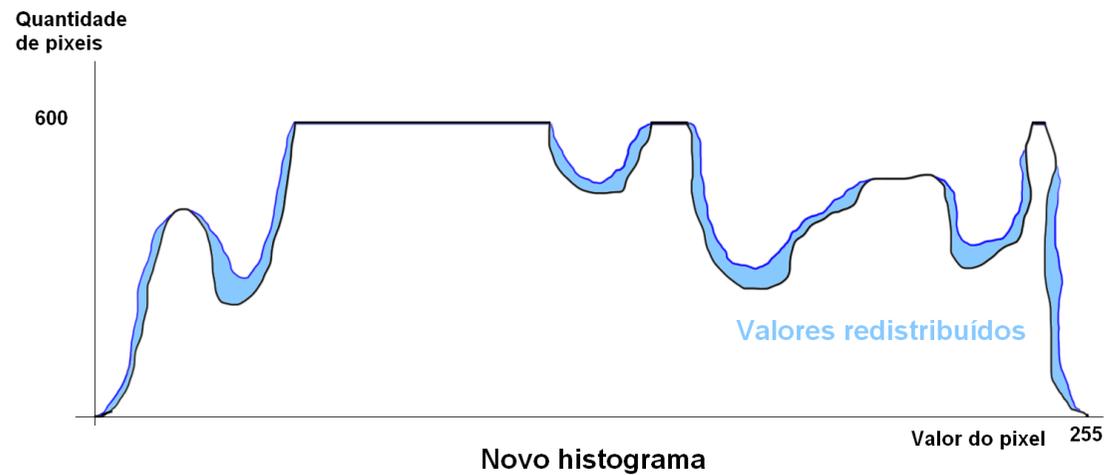
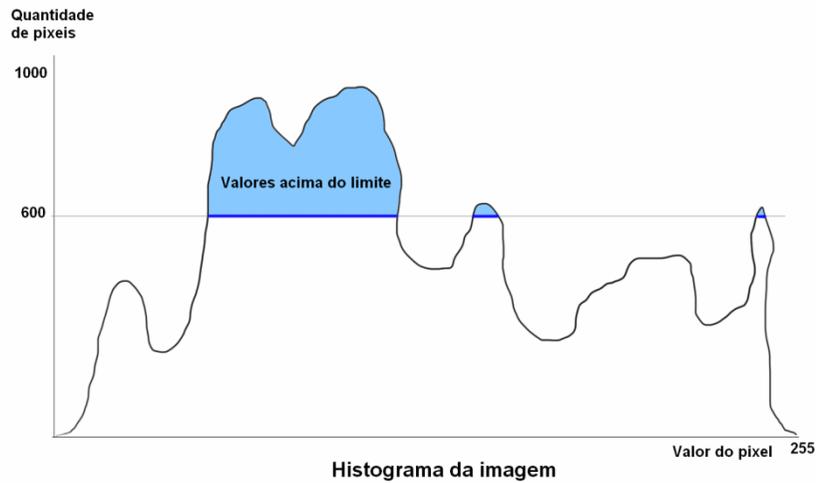
Original, equalização e AHE:



Equalização com limitação de contraste

- Para contornar o problema de amplificação de ruído e aumento excessivo de contraste surgiu , a técnica de equalização do histograma com limitação de contraste (*CLHE - Contrast Limited Histogram Equalization*) que corta, no histograma local, todas as intensidades em que o número de pixels esteja acima de um limite definido, e as redistribuí no histograma.

Como se representa o processo CLHE.

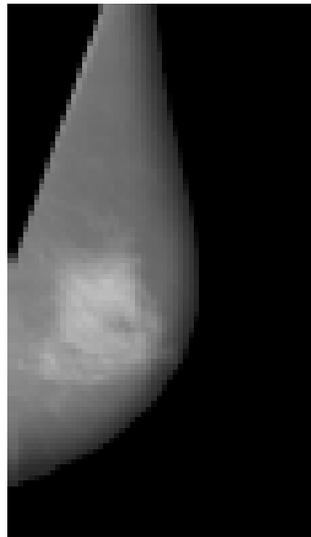


Equalização adaptativa de histograma com limitação de contraste

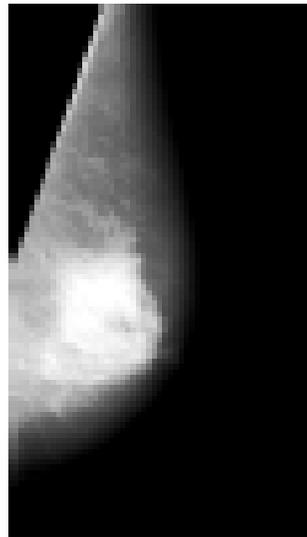
: *CLAHE - Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*)

- O CLAHE foi inicialmente utilizado em imagens médicas tendo um sucesso considerável (Pizer et al., 1987).
- Em geral, o CLAHE produz melhores resultados do que a equalização adaptativa sem limitação de contraste.
- A seguir um comparativo de um exemplo de uma mamografia em seu formato original, com equalização de histograma global e com a aplicação do CLAHE para janelas de 8x8

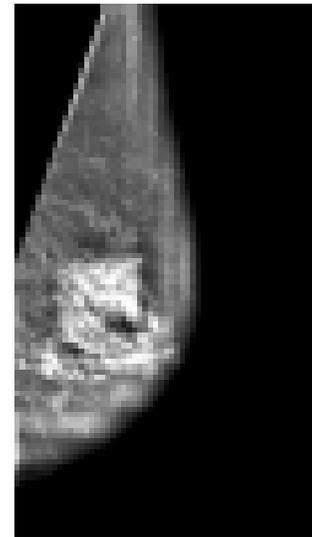
Exemplo de como ficam:



(a) Sem realce



(b) Equalização
global de histo-
grama.



(c) CLAHE

Técnicas Baseadas no Histograma de Imagens Coloridas

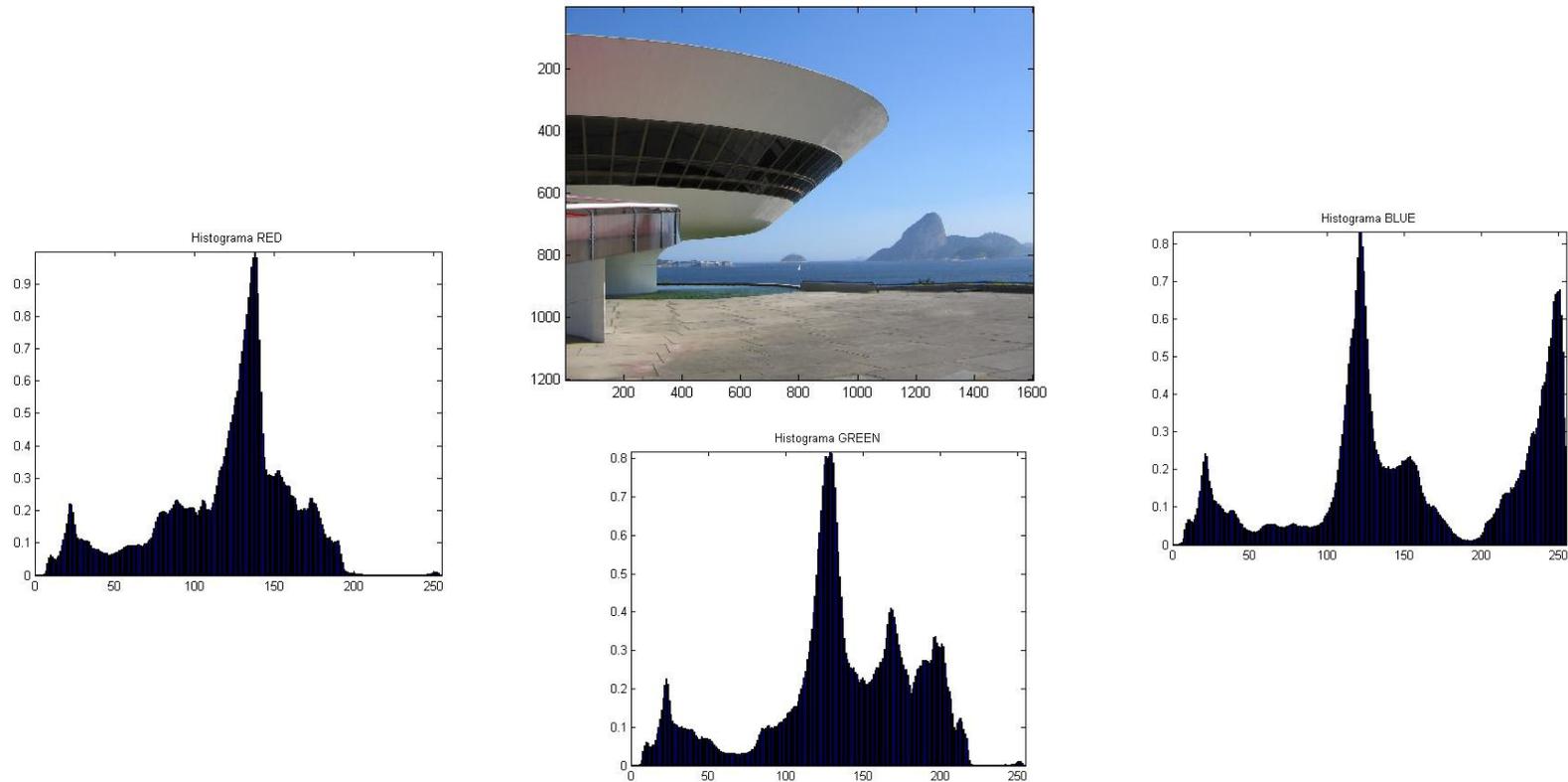


Imagem original e seus histogramas normalizados

Problema:

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.

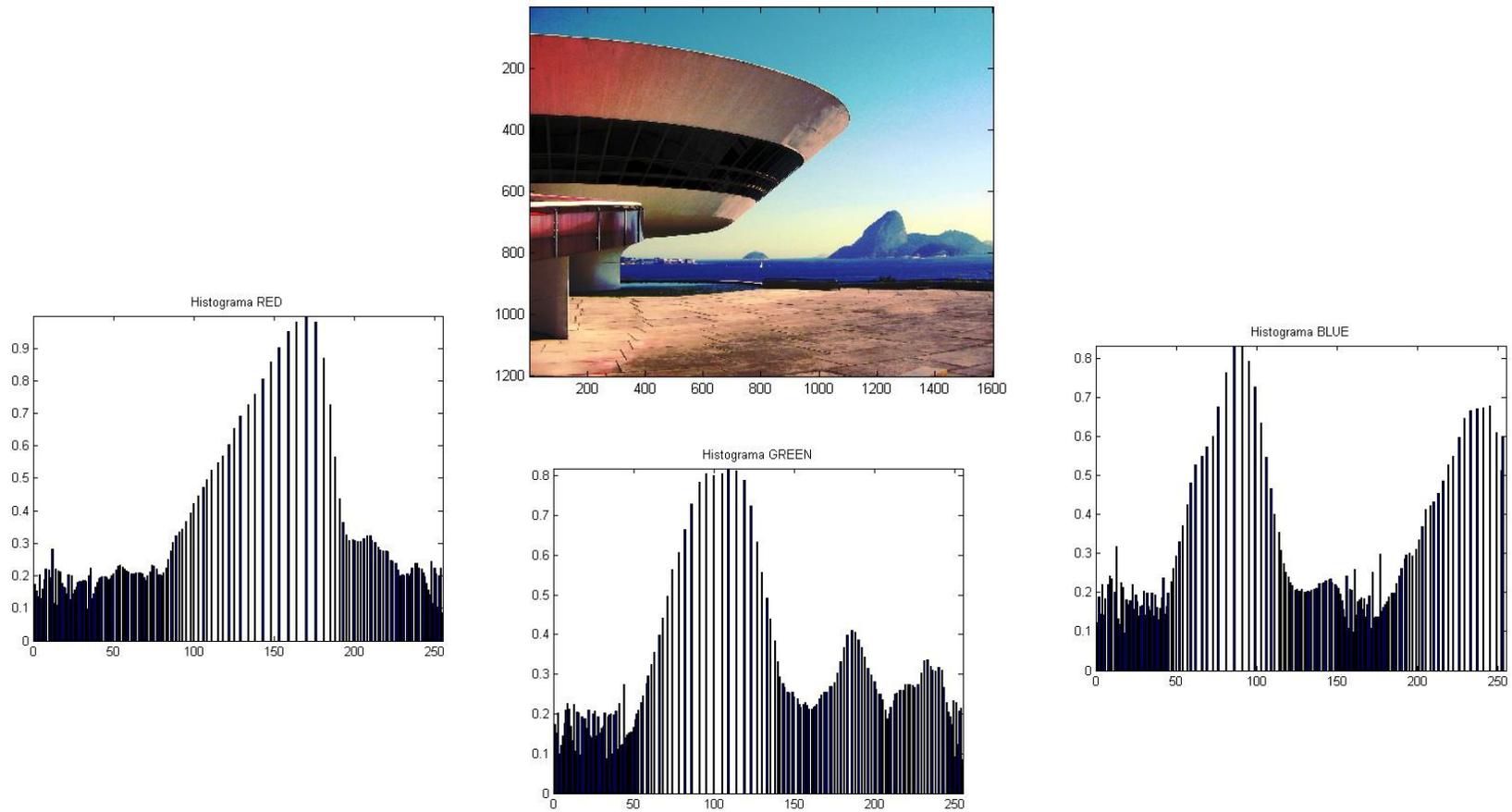
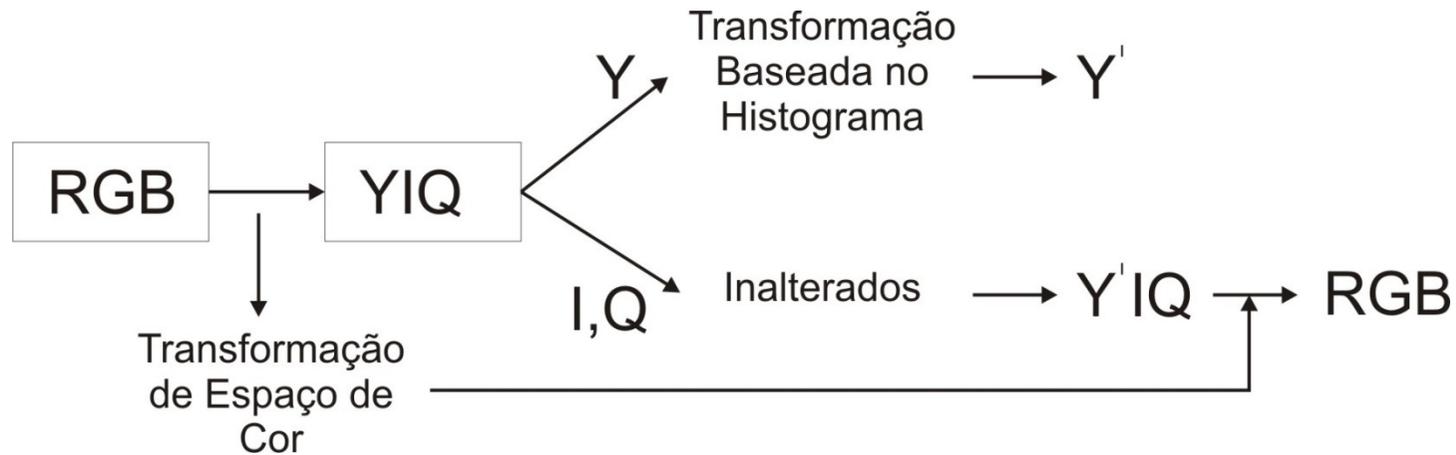


Imagem modificada por equalização e seus histogramas equalizados normalizados .

Soluções:

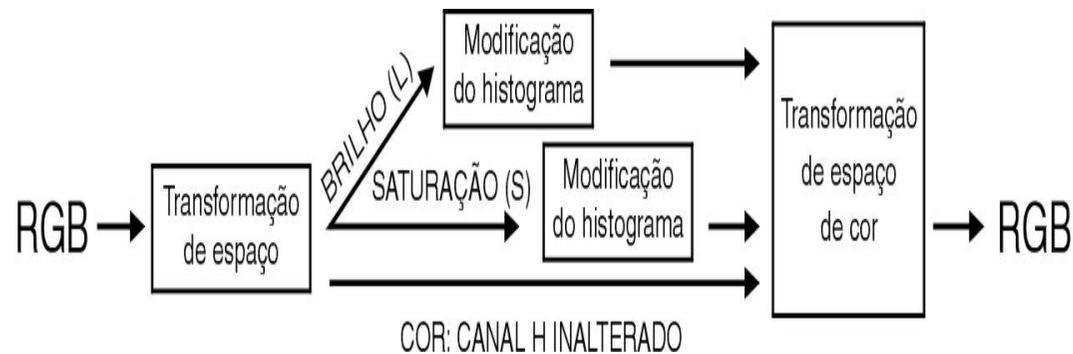
- 1- Usar **apenas** um canal em um **espaço de cores como o YIQ**



Esquema de modificações baseadas no histograma para imagens coloridas.

Soluções:

2- **Deixar inalterado** o canal que representa cores em um espaço de cores como o **HSV**

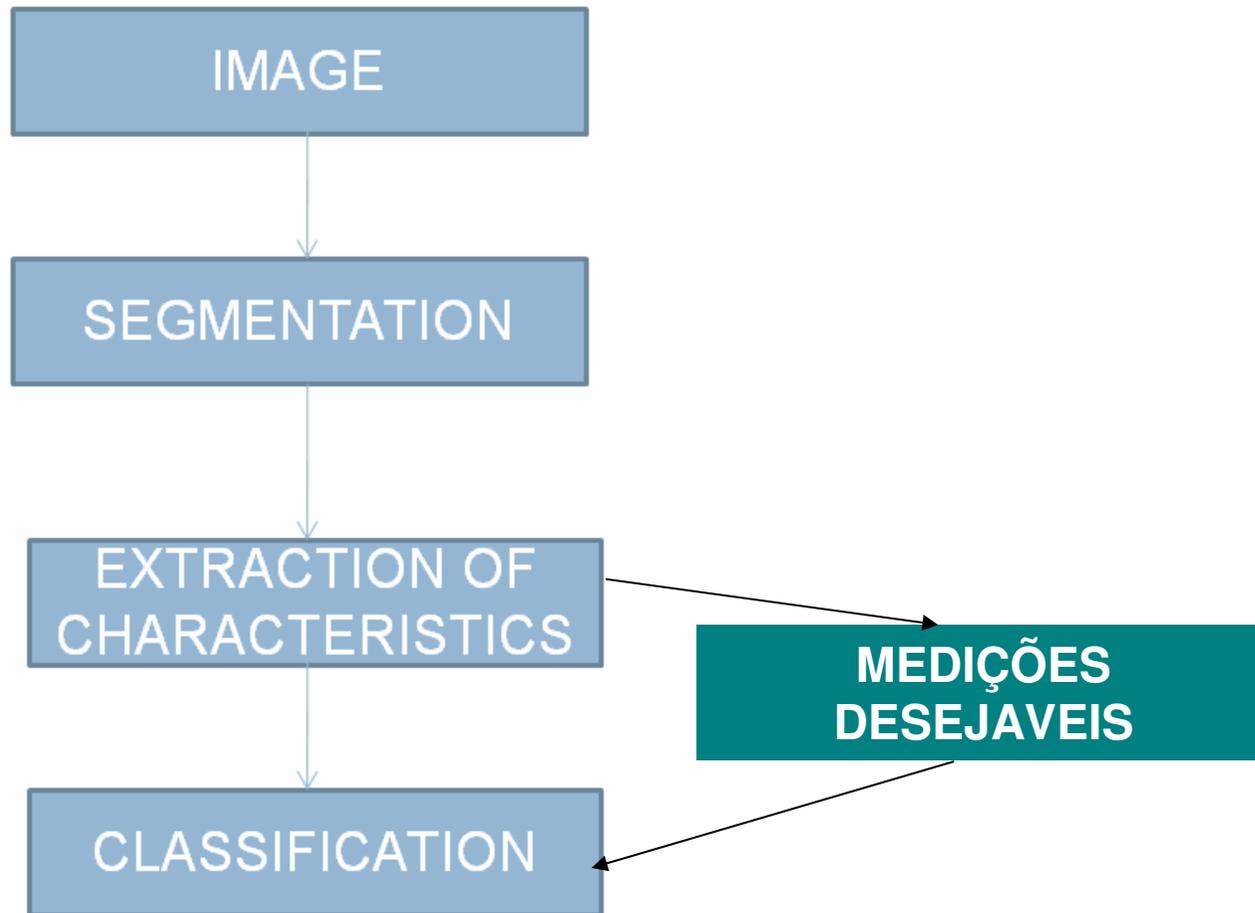


Esquema de modificação para espaços HSV e HLS

Região de Interesse - ROI

- A segmentação adequada da ROI é muito importante.
- A técnica adequada muda completamente o resto das análises de imagens (em níveis de cinza ou coloridas).
- Além disso, podem ser automaticamente feita nos diversos grupos e imagens iniciais capturadas.

Pipeline



Exemplos de como usar essas técnicas no Baseadas no Histograma

- 1 - Amplificar o range do histograma de suas imagens usando interpolação linear
- 2 - Fazer alterações pontuais nos tons para interativamente melhorar a visibilidade da região de interesse
- 3 - Fazer a equalização destas imagens
- 4 - Mudar a intensidade baseada em um histograma desejado que seja um triangulo, para ver se consegue ter 2 modas na sua imagem.
- 5 - Fazer limiarizações nas imagens por algum método comentado aqui (iterativo, Otsu, Chow Kaneko, etc. ou outros que buscarem pela internet)

Faça e visualize as alterações usando as idéias na aplicação desejada deste ano :-)

- Use qq programa de processamento de imagens para ver como elas ficam (antes de implementa-las, ou procure linguagens que as tenham implementadas , por exemplo Open CV) , ate decidir sober uma forma de abordagem para voce (e seu grupo, se for o caso) de modo a permitir uma comparação visual entre como fica uma imagem antes e depois, nas diversas propostas, como por exemplo sempre colocando lafo a lado :
- 1- original

0 - depois de processado pelo algoritmo

Importante no trabalho

- Deve-se mostrar o histograma e a imagens e cada etapa;
- Deve-se possibilitar experiências com diversas janelas limitando a ROI, de preferência não deixar de usar de tamanhos indo de menores a maiores:
- 3x3 , 5x5 , 7x7, 9x9, 11x11 , 15x15 etc... até NxN (i.e. imagem inteira)
- Lembre que essa imagem é uma JPEG típica , i.e. colorida, logo teve ter 3 bandas de cor e jevam como elas são tratadas (como seria melhor trata-las ?)

Bibliografia Complementar:

<http://www.ic.uff.br/~aconci/OTSUeOutras.pdf>

Limiarização de Pun e Kapur: .../~aconci/curso/binari~3.htm

Chow e Kaneko: <http://www.ic.uff.br/~aconci/limiarizacao.htm>

Otsu : tese Leonardo Hiss Monteiro do IC:2002

Dissertação: Jonh Edson Ribeiro de Carvalho “Uma Abordagem de Segmentação de Placas de Automóveis baseada em Morfologia Matemática - 2006 (site do IC)

Flávio L. Seixas, Anita Martins, Arthur R. Stilben, Daniel Madeira, Rafael Assumpção, Saulo Mansur, Silvia M. Victer, Vilson B. Mendes e Aura Conci,
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS PARA A SEGMENTAÇÃO AUTOMÁTICA
DOS TECIDOS DO ENCÉFALO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA
<http://www.ic.uff.br/~aconci/pub2008.html>

<http://eof.alunos.dcc.fc.up.pt/wiki/index.php/Otsu>

Cont.

seção 8.11 do LIM (referencia numero 11 do site
<http://www.ic.uff.br/~aconci/AI.html>)

J. S. Lim - Two-Dimensional Signal and Image Processing, Prentice-Hall, 1990.
(do capítulo enviado em pdf para os alunos do curso via Classroom)

Capitulo 3 da referencia numero 11 do site
<http://www.ic.uff.br/~aconci/AI.html>

Mesmo conteúdo deste capítulo foi enviado em pdf para alunos do curso via
Classroom)

Pizer, S. M., Amburn, E. P., Austin, J. D., Cromartie, R., Geselowitz, A., Greer, T., ter
Haar Romeny, B., Zimmerman, J. B., and Zuiderveld, K. (1987). Adaptive histogram
equalization and its variations. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*
39(3):355 – 368.