

Limiarização

- A limiarização é uma das abordagens mais importantes de segmentação de imagens.
- A limiarização é um caso específico de segmentação.
- O princípio da limiarização consiste em separar as regiões de uma imagem em duas classes (o fundo e o objeto).
- As outras regiões são classificadas como não interessantes.

Limiarização

- Na limiarização ou binarização tem-se, em geral, objetos pretos (0) sobre fundo branco (255).
- Dessa forma tem-se uma imagem binária (preto/branca) com 2 classes (objeto/fundo).

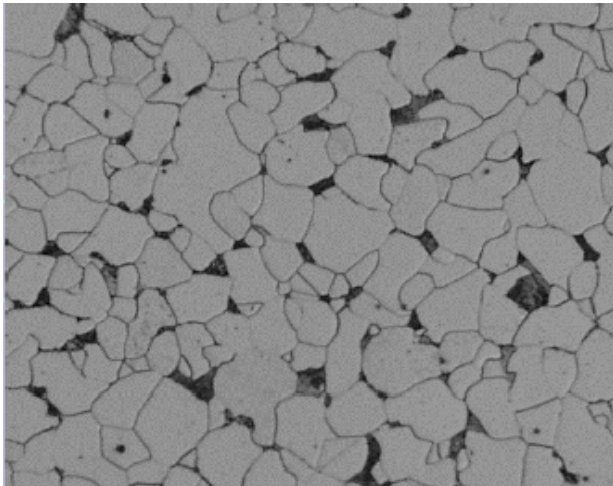


Imagem original n bits

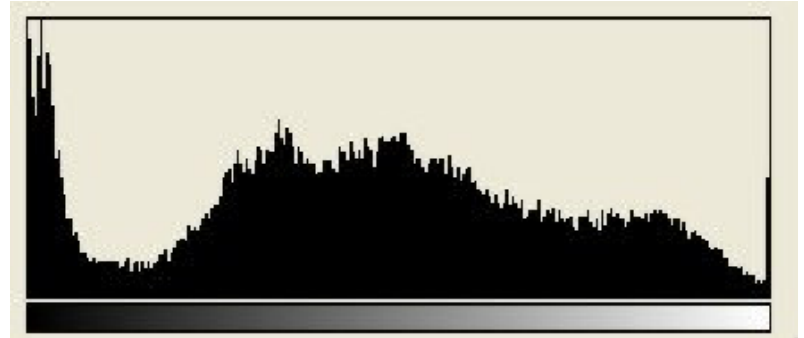


Imagem binária 1 bit

A limiarização é baseada na utilização de um histograma.



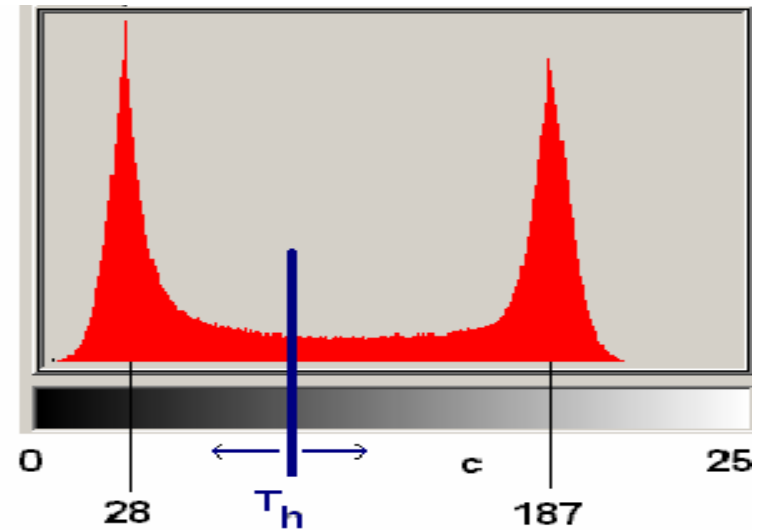
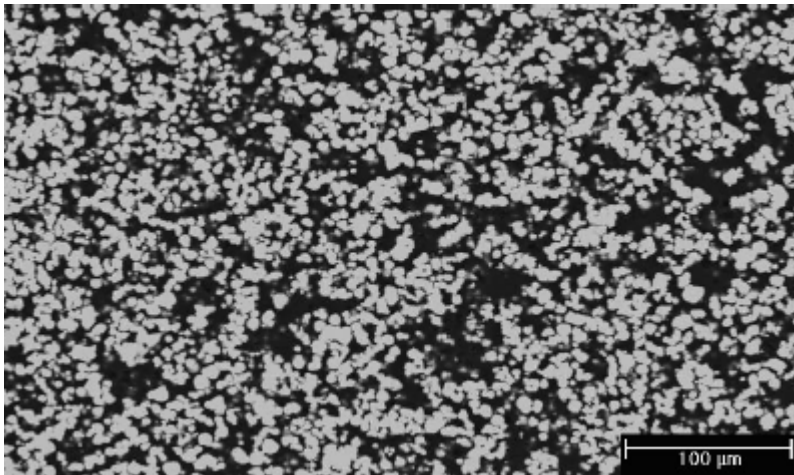
Imagem



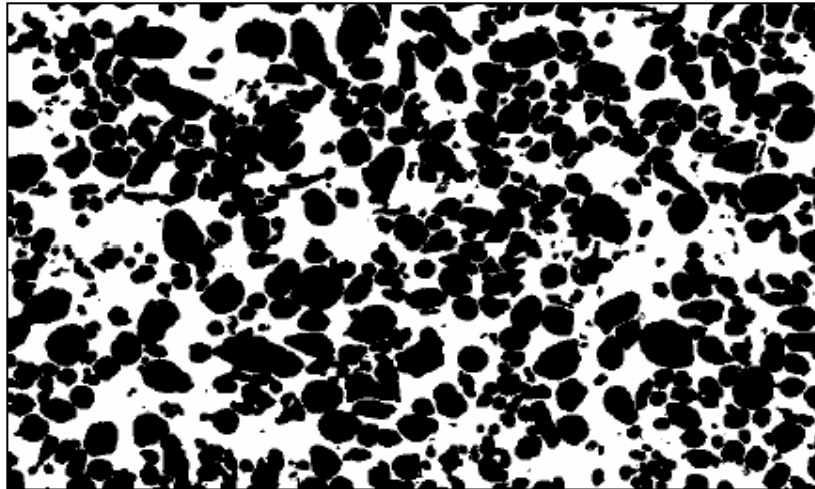
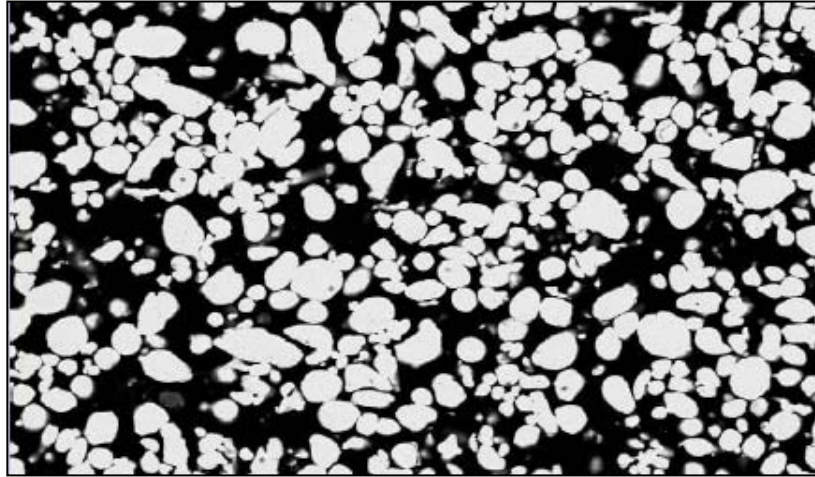
Histograma da Imagem

- A limiarização simples é eficiente quando os objetos têm níveis de cinza bem distintos.
- Regiões com intensidade uniforme resultam em picos elevados no histograma.

- Se os níveis de cinza dos pixels do objeto e do fundo apresentarem distintamente duas classes na forma de dois picos a limiarização é trivial.
- O objetivo é encontrar o vale entre os dois picos encontrando um limiar T que separe as duas classes.



Limiarização



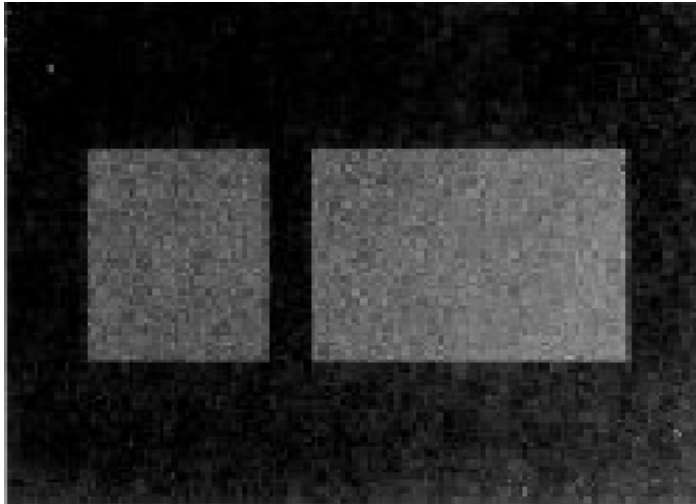
Limiarização

- Imagens com luminosidade irregular impossibilitam uma segmentação por simples limiarização.
- Uma imagem é o produto de uma componente de refletância $r(x,y)$ por uma componente de iluminação $i(x,y)$.

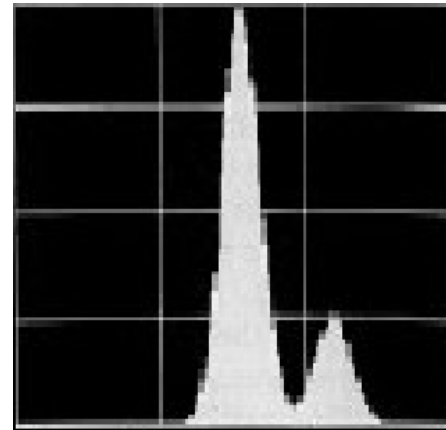
$$f(x,y) = i(x,y)r(x,y)$$

Illuminância e Reflectância

Iluminação Uniforme

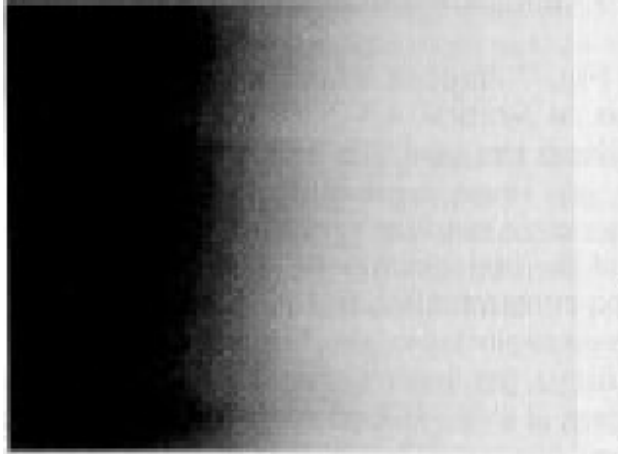


Reflectância $r(x,y)$



Histograma de $r(x,y)$

Iluminância e Reflectância



Iluminação não uniforme $i(x,y)$

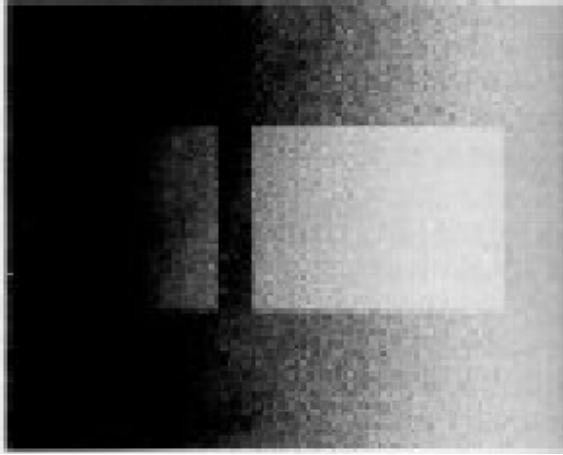
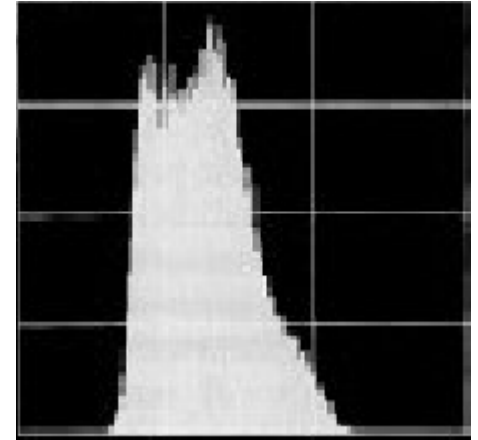


Imagem $f(x,y)$



Histograma de $f(x,y)$

Limiarização

- Matematicamente, a limiarização pode ser definida como:

$$g(x, y) = \begin{cases} \textit{objeto se } f(x, y) > T \\ \textit{fundo se } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

- onde $f(x, y)$ é a imagem de entrada, T é o valor do limiar e $g(x, y)$ é a imagem de saída (limiarizada).

Limiarização

- A escolha do limiar influi na qualidade da limiarização.
- Em geral, um bom limiar pode ser selecionado se os picos do histograma são altos, estreitos, simétricos e separados por vales profundos



T=37



T=128

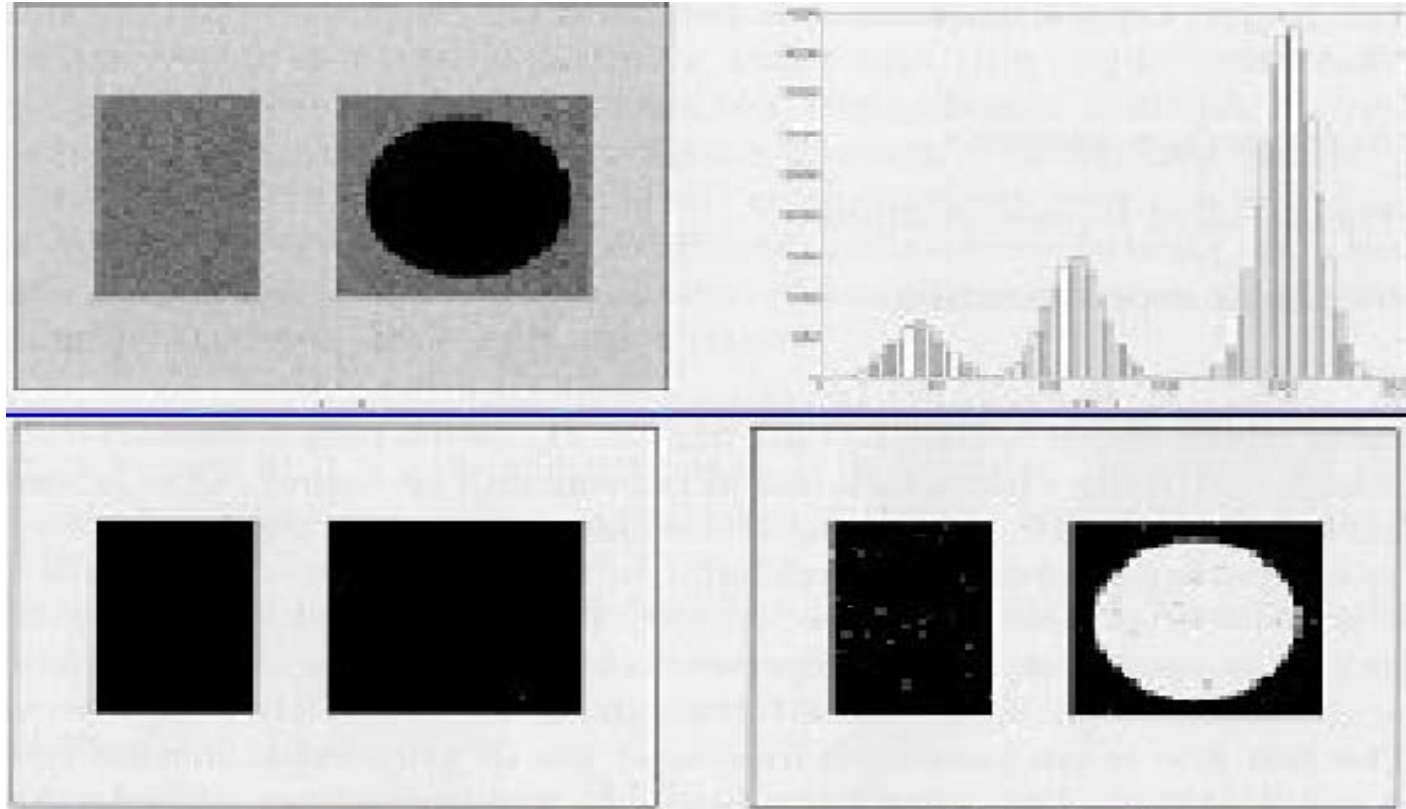


T=190

Limiazação

- Os métodos de limiarização têm duas abordagens distintas, uma global e outra local.
- Os métodos de limiarização globais utilizam um único limiar T para toda imagem.
- Os métodos de limiarização local têm como princípio dividir a imagem em sub-regiões, onde cada sub-região tem seu limiar específico.
- Em função das características da imagem, podem ser necessários diferentes valores de limiar para cada região.
- Há desvantagens para a seleção do limiar global pela dificuldade de se encontrar um vale entre dois picos.
- As imagens nem sempre contém intensidades bem diferenciadas entre fundo e objeto em função de falta de contraste e/ou ruído.
- A maioria das imagens traz as componentes do objeto de forma esparsa resultando em intensidades menores que a do fundo.

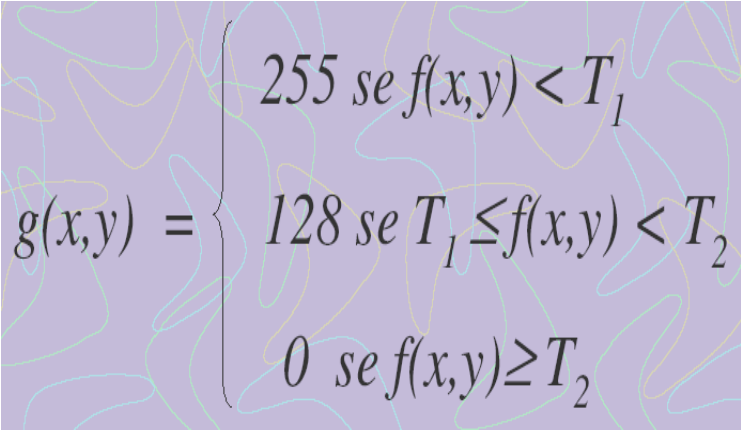
A limiarização multiníveis também é possível
(embora seja mais difícil na prática)



Único limiar

Multiníveis

Limiarização Multinível


$$g(x,y) = \begin{cases} 255 & \text{se } f(x,y) < T_1 \\ 128 & \text{se } T_1 \leq f(x,y) < T_2 \\ 0 & \text{se } f(x,y) \geq T_2 \end{cases}$$

Métodos de limiarização

- Embora a limiarização pareça ser uma operação bastante simples, a qualidade da imagem limiarizada depende da escolha do valor de limiar.
- Sankur e Sezgin (2001) descrevem 44 métodos de limiarização.

Limiarização

- Os mais conhecidos métodos de limiarização são:
- – Método de Kittler
- – Método de Pun
- – Método de Otsu
- – Método Ótimo
- – Método de Kapur
- – Método de Armes

Limiarização

- Em geral, os métodos de limiarização levam em conta propriedades estatísticas da imagem como:
 - – a probabilidade de ocorrência dos pixels em cada classe
 - – a média dos tons de cinza do objeto e do fundo
 - – o desvio padrão entre os níveis de cinza
 - – a relação entre variâncias inter e intra classe.
 - – entropia entre classes

Limiarização

- O objetivo da utilização dos métodos é a minimização de erros na escolha do limiar adequado.
- A escolha do melhor método de limiarização é feita em função das características da imagem.
- **Seleção de limiar baseada nas características da fronteira**
- Altos picos de histograma aumentam as chances de escolha de um bom limiar.
- Para melhorar o histograma pode-se usar apenas os pixels localizados sobre ou próximos às fronteiras dos objetos. Tal operação:
 - Reduz a dependência do histograma do tamanho relativo dos objetos e do fundo.
 - Melhora a simetria entre os picos de objeto e fundo pois o número de pixels do objeto e do fundo são aproximadamente iguais.

Limiarização

- Dificuldade da abordagem: Falta de informações sobre as fronteiras.
- A indicação sobre se o pixel está situado sobre uma borda pode ser obtida pelo gradiente ∇f .
- O Laplaciano $\nabla^2 f$ fornece a informação sobre a localização do pixel (lado claro ou escuro).
- O valor médio do Laplaciano é 0 nas transições de uma borda.
- É possível, através da aplicação destes operadores, produzir uma imagem de três níveis composta dos valores 0, + e -
- -No caso de um objeto escuro sobre um fundo claro:
 - – os pixels que não pertençam à borda são rotulados com 0.
 - – os pixels no lado escuro de uma borda são rotulados com + e -
 - – os pixels no lado claro de uma borda são rotulados com -
- Os símbolos + e - são invertidos no caso de um objeto claro sobre um fundo escuro.

Limitações

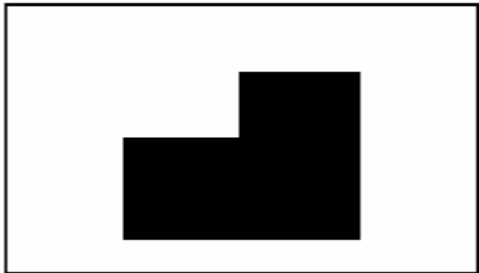
- A principal limitação dos histogramas é que eles não fornecem informação espacial (apenas a distribuição de níveis de cinza).
- Abordagens baseadas em histogramas não exploram o importante fato de que os pixels que estão próximos possuem níveis de cinza similares.
- O método de Divisão e Fusão permite agrupar pixels para criar regiões sobre as quais um predicado de homogeneidade P é verificado.
- A imagem será manipulada através de divisões e fusões até se obter regiões que satisfaçam o critério P (mesmo nível de cinza, mesma média etc).

Estrutura QUADTREE:

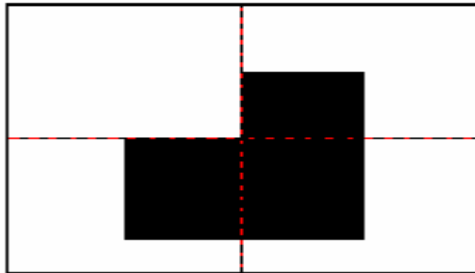
- Permite decompor e agrupar partes de uma imagem.
- Construir um quadtree consiste em dividir uma imagem $I(x,y)$ em quatro regiões iguais e continuar a dividir cada região da mesma maneira até encontrar regiões satisfazendo a um critério P de homogeneidade.
- Realizar a divisão e/ou fusão destas regiões novamente até que as regiões resultantes satisfaçam determinadas propriedades relacionadas ao predicado P escolhido.

Estrutura QUADTREE:

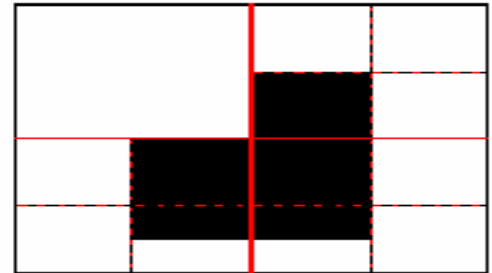
- É comum a utilização de predicados baseados na média e desvio padrão dos níveis de cinza.
- É conveniente estabelecer o tamanho mínimo dos blocos de divisão.



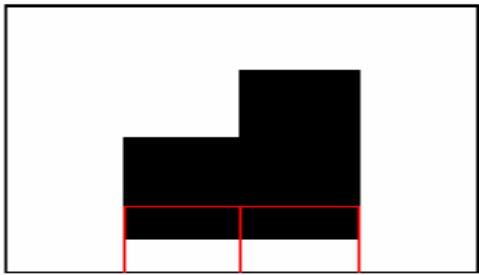
a



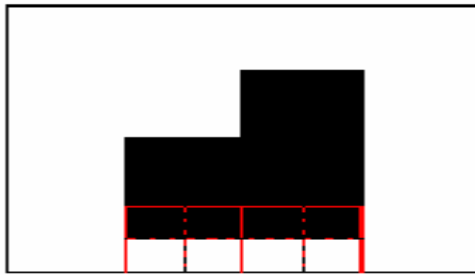
b



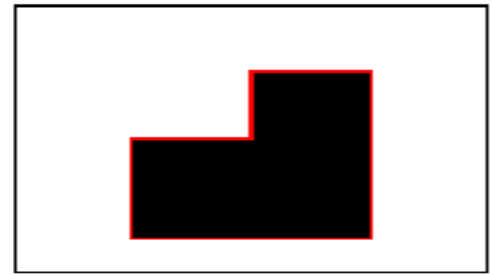
c



d

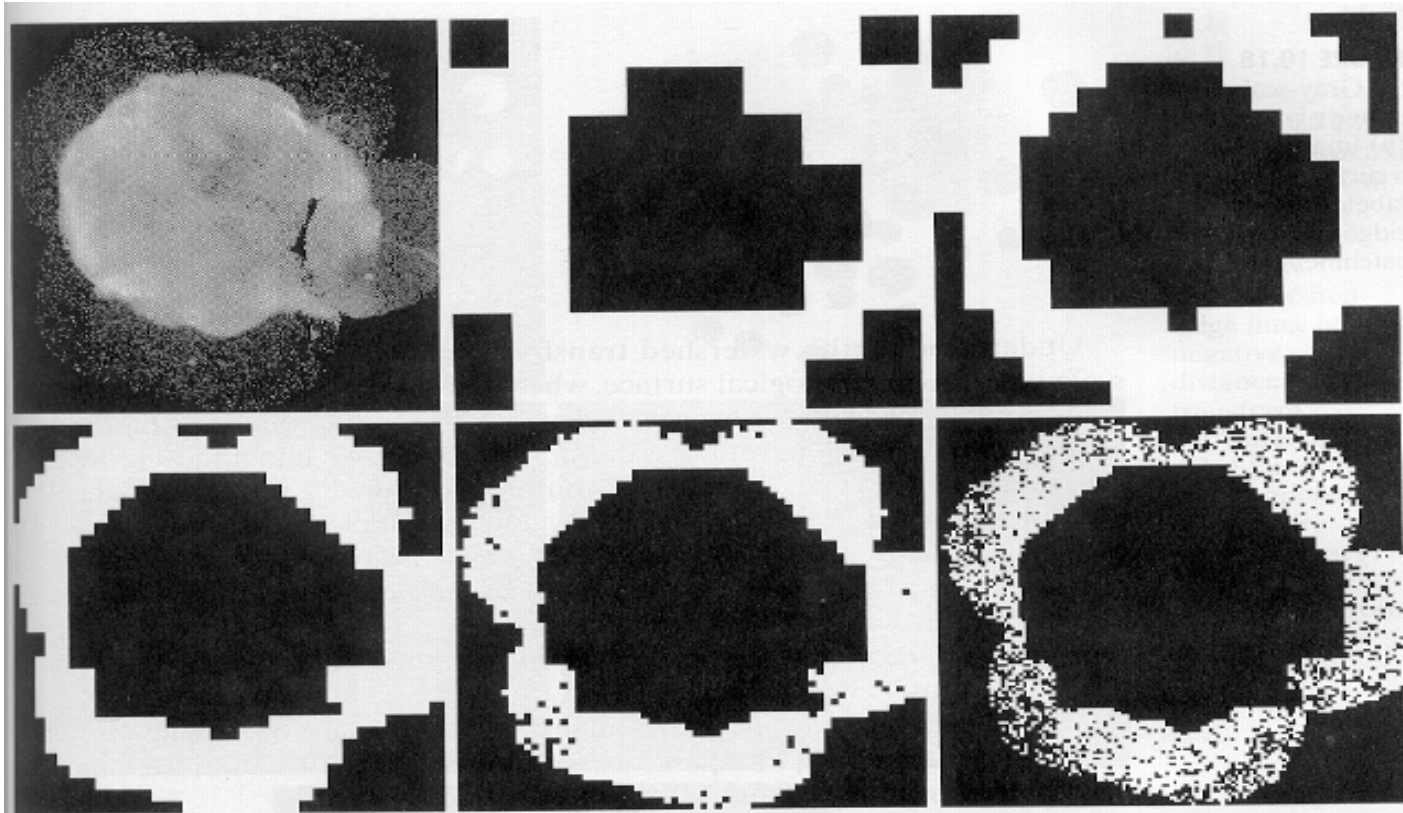


e



f

Estrutura QUADTREE:



Bloco mínimo igual a 32, 16, 8, 4 e 2

Aula Prática

- Usando as técnicas apresentadas até o momento, limiarizar e etiquetar a imagem das células da primeira prática.