VISÃO COMPUTACIONAL

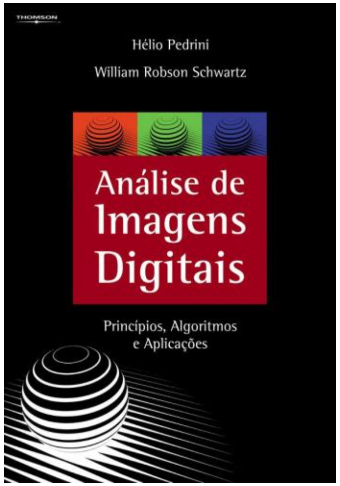
MORFOLOGIA MATEMÁTICA

Prof. Msc. Giovanni Lucca França da Silva
E-mail: giovanni-lucca@live.com

SOBRE A DISCIPLINA

- Bibliografia principal:
  - GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard C. **Processamento digital de imagens**. Pearson, 2011.

- Bibliografia complementar:
  - PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson. **Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações**. Thomson Learning, 2008.



NA AULA PASSADA...

- Morfologia Matemática.
  - Erosão.
  - Dilatação.
  - Abertura.
  - Fechamento.

ROTEIRO

- Aplicações da Morfologia Matemática.
- Morfologia Matemática em Nível de Cinza.

APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Extração de componentes da imagem que são úteis para representação e descrição de formas.

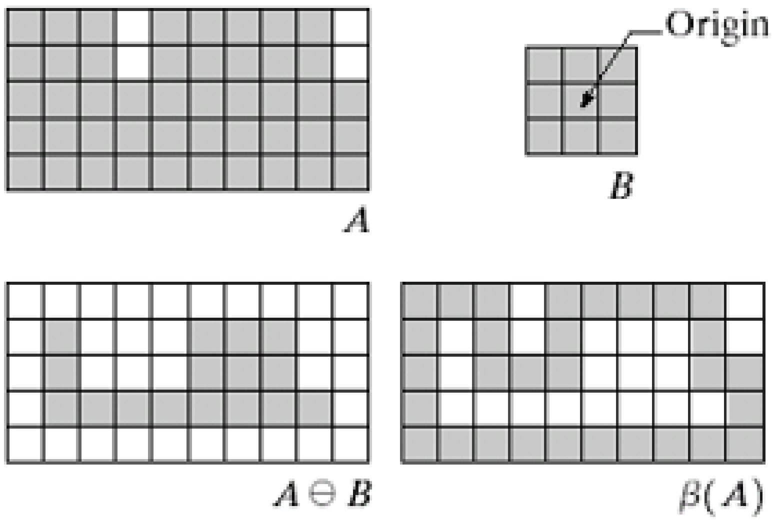
- Aplicações:
  - Extração de bordas.
  - Preenchimento de regiões.
  - Extração de componentes conectados.
  - Fecho convexo.
  - Esqueletização.

APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Extração de bordas.
  - Uma borda de um conjunto A, denotada por β(A) pode ser obtida por:

$$\beta(A) = A - (A \ominus B)$$

  - Erosão seguido por uma subtração da imagem original.



APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Extração de bordas.
  - Gradiente interno.

$$\beta(A) = A - (A \ominus B)$$

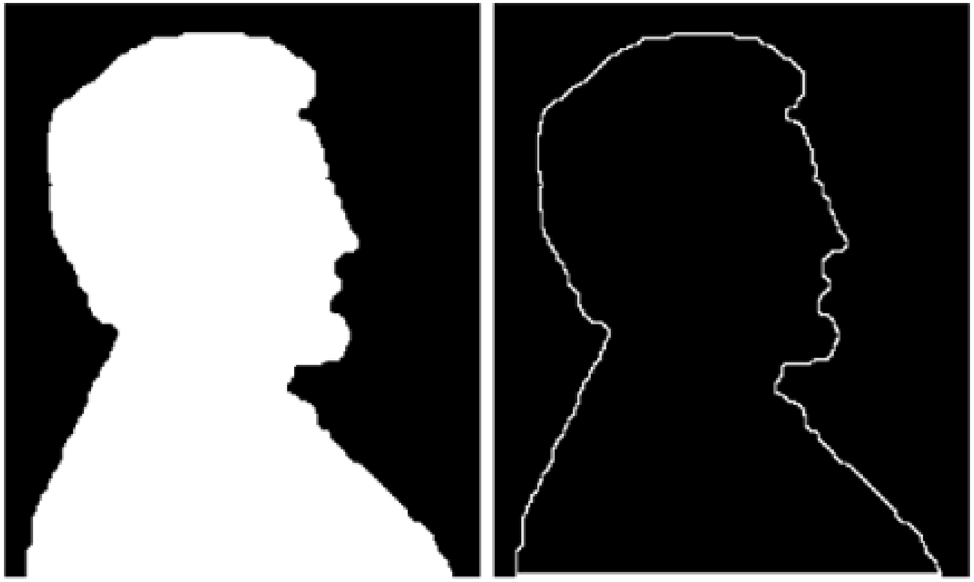
  - Gradiente externo.
    - Complementar ao gradiente interno.

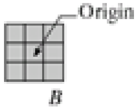
$$\beta(A) = (A \oplus B) - A$$

  - Gradiente morfológico.
    - Soma entre o gradiente externo e interno. $E(A) = (A \oplus B) - (A \ominus B)$

APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Extração de bordas.



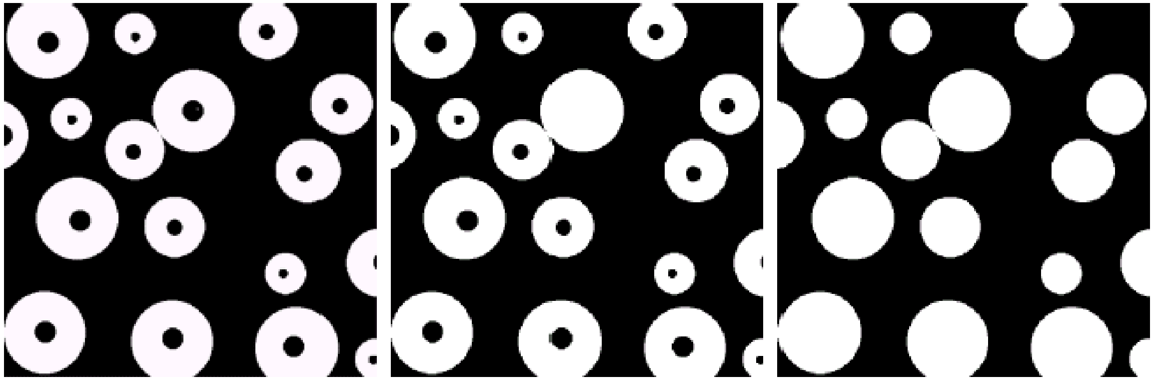
Elemento estrutural utilizado: 

APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Preenchimento de buracos.
  - Buraco: região de fundo rodeada por um contorno de pixels conectados do objeto.
  - O preenchimento de regiões pode ser realizado por meio do operador de dilatação e das operações de complemento e intersecções de conjuntos.
  - Assumindo que exista uma borda conectada por vizinhança-8, inicia-se o processo com um pixel interno à borda, denotado p, chamado de ponto semente.

APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Preenchimento de buracos.
  - A região é então dilatada, seguida da intersecção desse resultado com o complemento da borda.
    - $X_k = ((X_{k-1} \oplus B) \cap A^c)$ com k = 1,2,3,..., até $X_k = X_{k-1}$.
    - X0 = p.

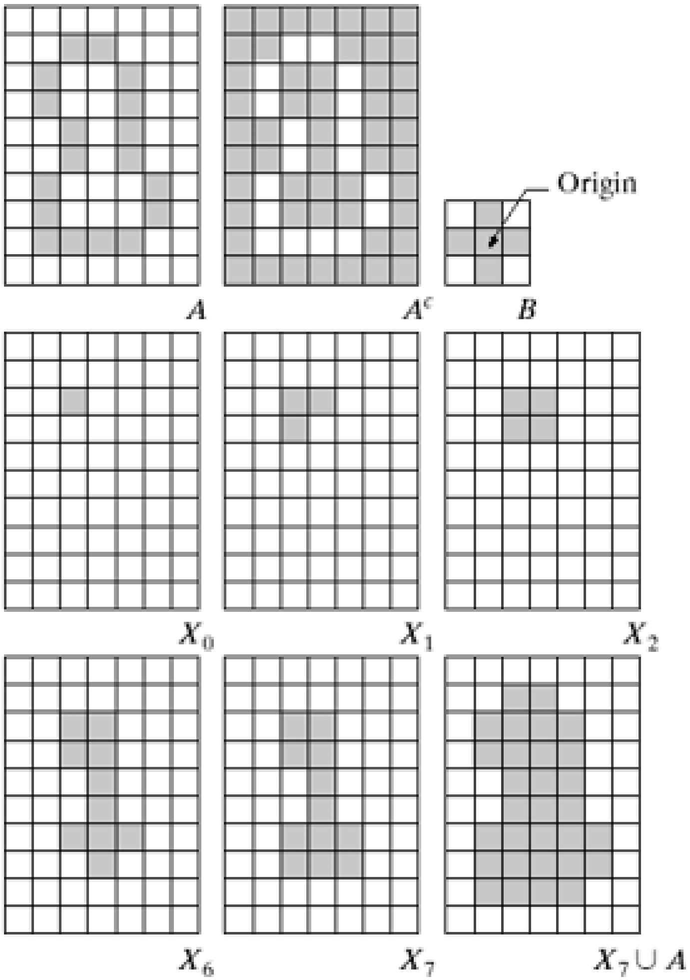


APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Preenchimento de buracos.
  - 1 – O algoritmo identifica um ponto (X_0) no buraco e aumenta essa região por meio de sucessivas dilatações.
  - 2 – Após cada dilatação, é tomada a interseção com o complemento lógico do objeto A (Ac).
    - 2.1 – Previne que os pontos ultrapassem a borda.
  - 3 – O processo é repetido até que não haja mudança entre duas iterações consecutivas.
    - 3.1 – $X_k = X_{k-1}$.
  - 4 – Finalizar com a união de A com a região crescida (A U X_k).

APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Preenchimento de buracos.



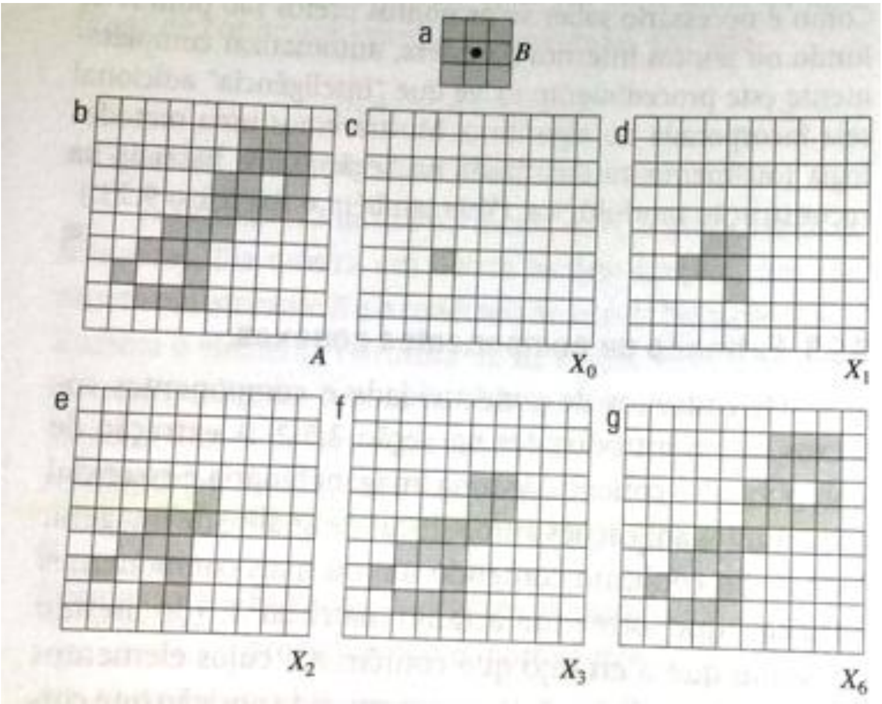
APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Extração de componentes conectados.
  - O conjunto de todos os pixels conectados a um dado pixel é denominado componentes conectados.
  - Seja A um conjunto contendo um ou mais componentes conectados.
  - A partir de A, forma-se um conjunto X_0 do mesmo tamanho da imagem de A, exceto por um único ponto conectado em A.
  - O objetivo é começar com X_0 = p e encontrar todos os componentes conexos através da operação abaixo até $X_k = X_{k-1}$.

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A$$

APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Extração de componentes conectados.

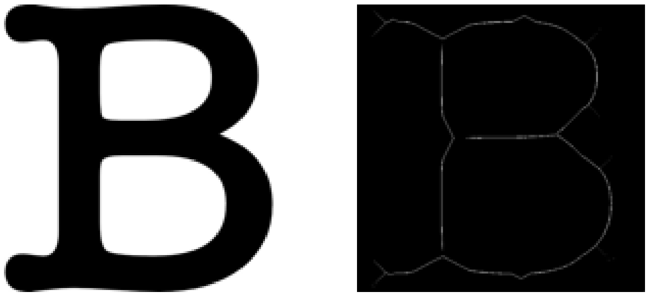


APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Esqueletização.
  - Representação da componente de sustentação de uma forma (esqueleto).

$$S_n(X) = (X \ominus B) - (X \ominus B) \circ B$$

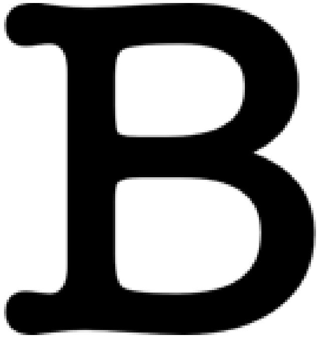
  - Repete-se n vezes ou até que não exista mais pixels na imagem original.

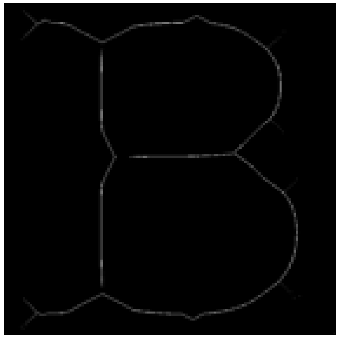


APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Esqueletização.

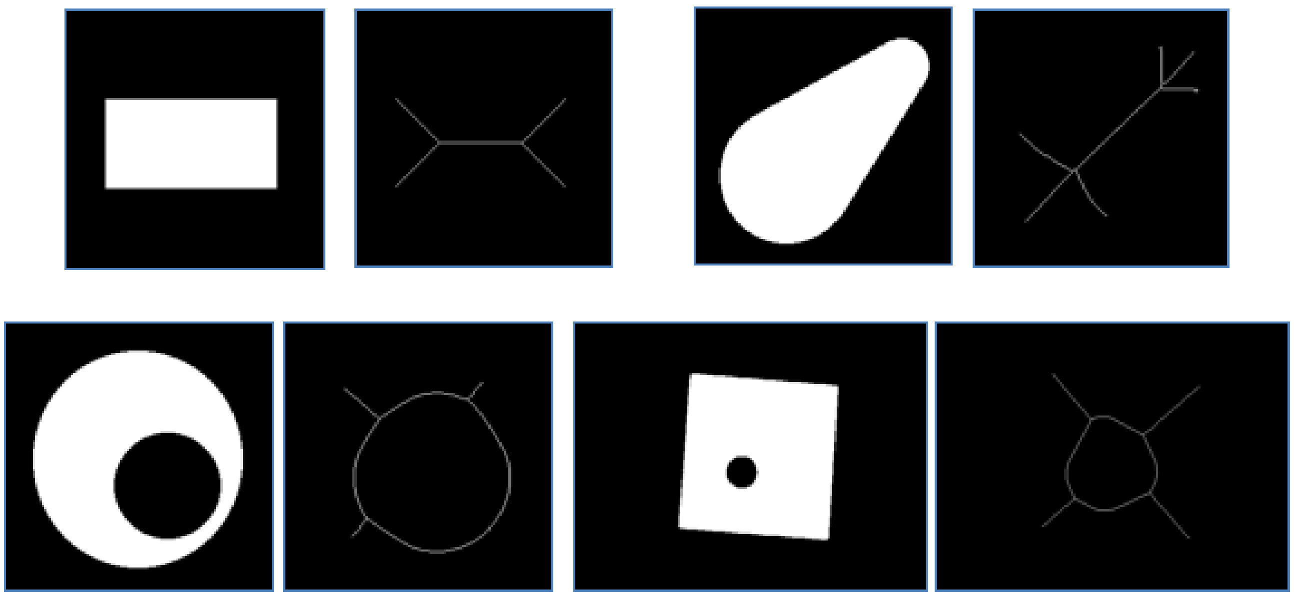
```
while (countNonZero(image) != 0) {
      erode(image, eroded, element);
      dilate(eroded, temp, element);
      subtract(image, temp, temp);
      bitwise_or(resultado, temp, resultado);
      eroded.copyTo(image);
  }
```





APLICAÇÕES DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA

- Esqueletização.



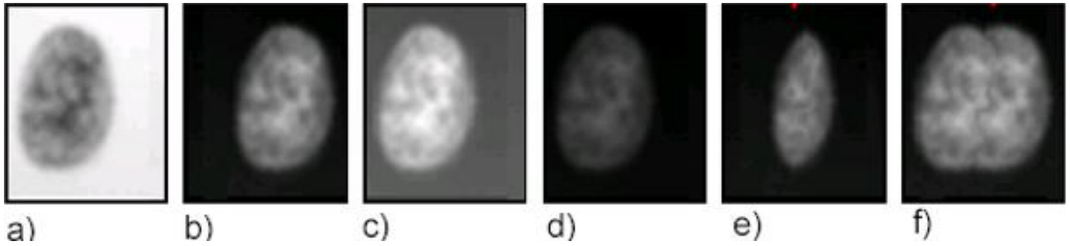
MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- As operações de conjunto realizadas em imagens em níveis de cinza ou cores não implicam na retirada ou inclusão de um pixel, mas sim na modificação parcial do seu valor.

- O uso de nível de cinza introduz uma enorme complicação tanto no conceito como na implementação.
  - A facilidade de considerar a imagem como um conjunto desaparece.
  - 256 cores.

MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- Operações básicas para imagens em níveis de cinza são:
  - Complemento = inversão do nível de cinza.
  - Translação = f(x + v).
  - Deslocamento = adição f(x) + t.
  - Multiplicação = escala f(x) . a.
  - Interseção = mínimo(f1(x), f2(x)).
  - União = máximo(f1(x), f2(x)).



MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- Dilatação.
  - A dilatação em imagens em níveis de cinza pode ser calculada como:

$$(A \oplus B) = \max \{A(i-x, j-y) + B(x, y) \mid (i-x, j-y) \in A, (x, y) \in B\}$$

Onde B é um elemento estruturante e A é a imagem em nível de cinza.

MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

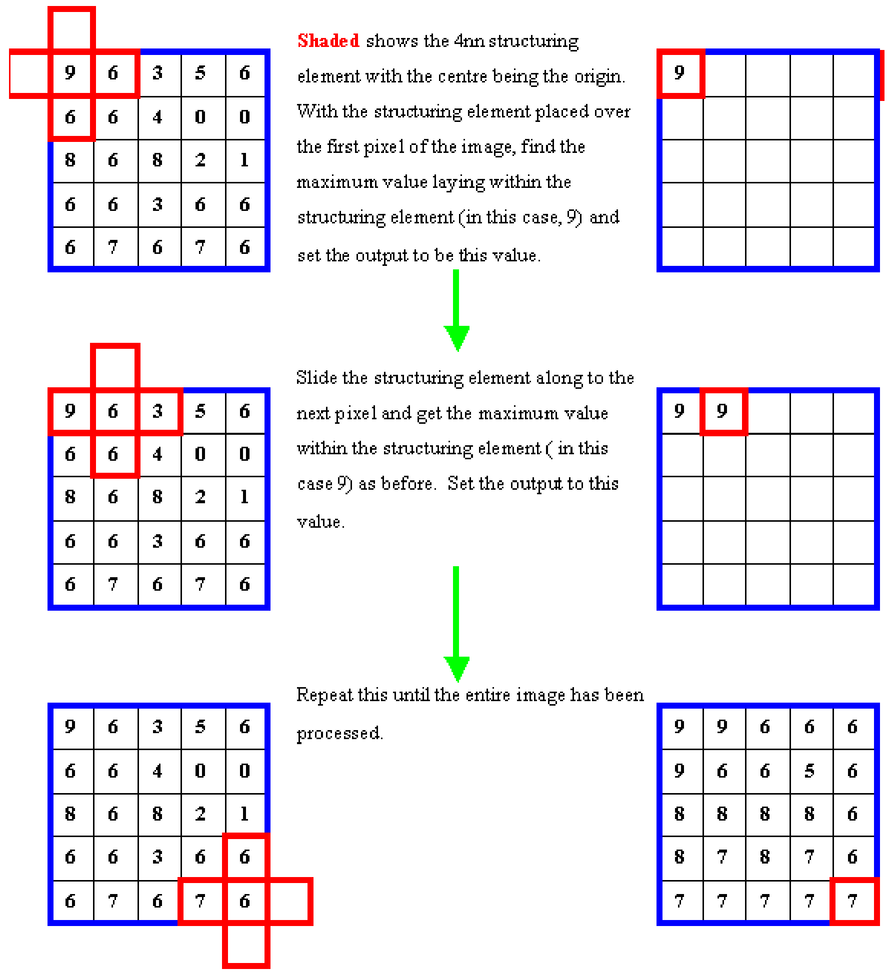
- Dilatação.
  - Posiciona-se a origem do elemento estruturante sobre o primeiro pixel da imagem a ser dilatada.
  - Calcula-se a soma de cada par correspondente de valores de pixels do elemento estruturante e da imagem.
  - Acha-se o valor máximo de todas essas somas, e armazena-se o pixel correspondente na imagem de saída para este valor.
  - Repete-se esse processo para cada pixel da imagem a ser dilatado.

MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- Dilatação.
  - Os valores dos pixels do elemento estruturante são níveis de cinza e podem também ser negativos. Uma vez que pixel de valores negativos não podem ser mostrados, existem dois possíveis modos de tratar com pixels negativos na imagem resultado:
    - Valores negativos podem ser alterados para zero.
    - A imagem inteira poderia ter seus valores aumentados para que o menor valor de pixel fosse zero, mantendo os valores relativos entre os pixels.

MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- Dilatação.



MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- Erosão.
  - A erosão em imagens em níveis de cinza pode ser calculada como:

$$(A \,\theta\, B) = \min \{A(i-x\,,\,j-y) - B(x\,,\,y) \mid (i-x\,,\,j-y) \in A\,,\,(x,\,y) \in B\}$$

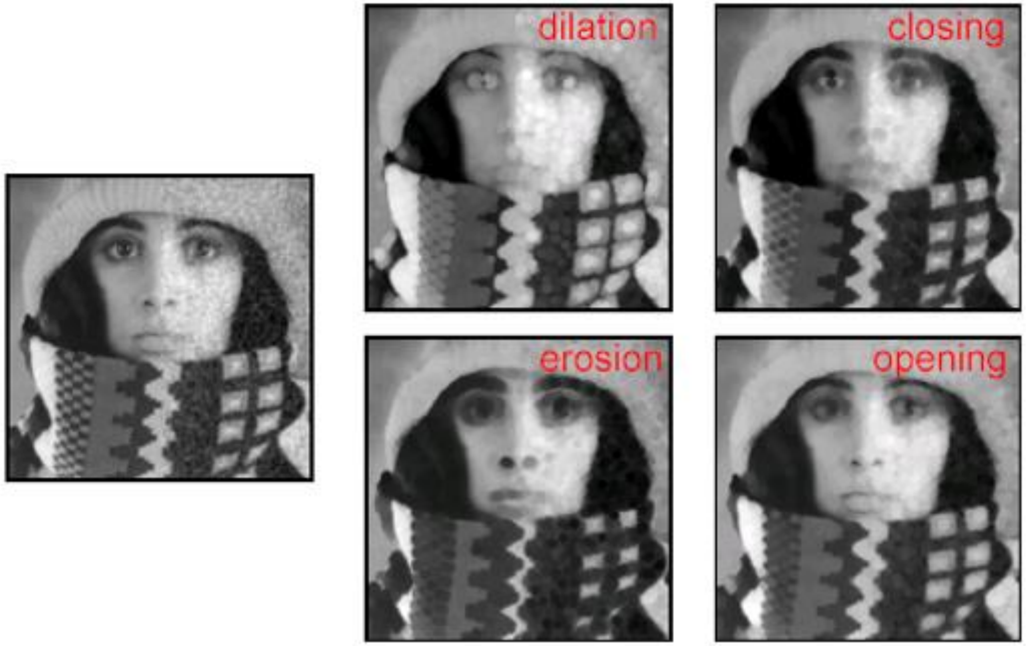
Onde B é um elemento estruturante e A é a imagem em nível de cinza.

MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- Erosão.
  - Posiciona-se a origem do elemento estruturante sobre o primeiro pixel da imagem a sofrer a erosão.
  - Calcula-se a diferença de cada par correspondente de valores de pixels do elemento estruturante e da imagem.
  - Acha-se o valor mínimo de todas essas diferenças, e armazena-se o pixel correspondente na imagem de saída para este valor.
  - Repete-se esse processo para cada pixel da imagem a sofrer a erosão.

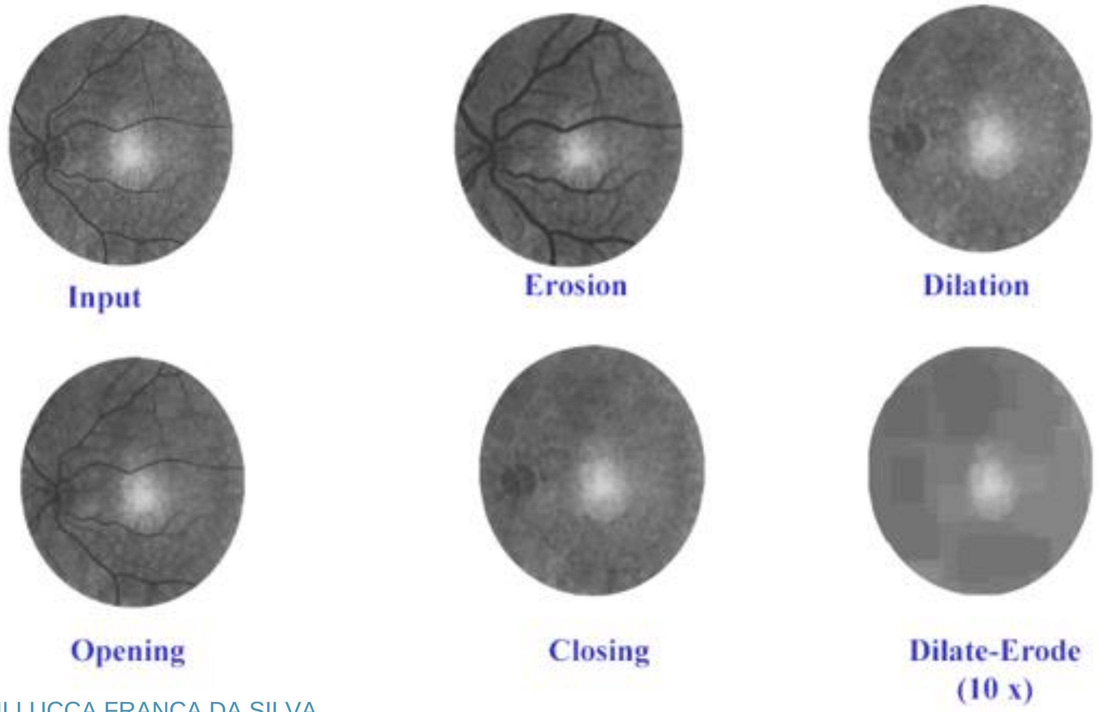
MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- Operações morfológicas em nível de cinza.



MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- Operações morfológicas em nível de cinza.



MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM NC

- Operações morfológicas em nível de cinza.

Dilatada

Erodida

REFERÊNCIAS

- GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard C. **Processamento digital de imagens**. Pearson, 2011.

- PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson. **Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações**. Thomson Learning, 2008.

- SILVA, Aristófanes. **Notas de aula da disciplina Processamento de Imagens da Universidade Federal do Maranhão**. 2018.

- BRAZ Jr, Geraldo. **Notas de aula da disciplina Visão Computacional da Universidade Federal do Maranhão**. 2018.