

# APLICAÇÃO DE OPERADORES MORFOLÓGICOS PARA DETECÇÃO SEMI-AUTOMÁTICA DE POSTES

<sup>1</sup>ELENICE CRISTINA DA CRUZ  
<sup>1</sup>MIRIAM MARIA PEDROSA  
<sup>1</sup>ANA PAULA DA SILVA MARQUES  
<sup>2</sup>AYLTON PAGAMISSE

Universidade Estadual Paulista - UNESP  
Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

<sup>2</sup>Departamento de Matemática e Computação, Presidente Prudente - SP

{[elenice\\_cruz@yahoo.com.br](mailto:elenice_cruz@yahoo.com.br); [miriammp@hotmail.com](mailto:miriammp@hotmail.com); [marques.engcart@gmail.com](mailto:marques.engcart@gmail.com); [aylton@fct.unesp.br](mailto:aylton@fct.unesp.br)}

**RESUMO** – Na Cartografia digital a busca por informações georreferenciadas é praticamente incessante, possibilitando que as feições possam ser relacionadas à montagem de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para, por exemplo, apoiar futuras tomadas de decisão. Com base neste contexto, o objetivo deste trabalho consiste em explorar as técnicas de processamento digital de imagens para a detecção semi-automática de postes da rede elétrica. Para tanto, foi desenvolvida uma rotina de processamento morfológico, a qual compreendeu as etapas de realce, detecção de bordas, binarização e filtragem. As imagens utilizadas foram obtidas com um Sistema de Mapeamento Móvel (SMM) e cedidas à FCT-UNESP. Os resultados do processamento morfológico, quando sobrepostos às imagens originais, mostraram-se satisfatórios. Ainda que as feições detectadas apresentem algumas descontinuidades ao redor das feições originais, nota-se que a rotina proposta não alterou a posição das feições em relação à posição original, o que é um aspecto essencial para a elaboração de um SIG. Os experimentos podem subsidiar trabalhos futuros ao que se refere às etapas de detecção da localização geográfica de alvos e relacionamento com outros atributos.

**Palavras chave:** Cartografia, Sistema de Informação Geográfica, Extração de feições, Morfologia Matemática.

**ABSTRACT** – The searching for georeferenced information in digital cartography is constant due to features that can be related with assembly of the Geographic Information System (GIS), such as to support future decision. Based on this context, this work aims to explore techniques of Digital Image Processing (DIP) to semi-automatic detection of electric network poles. For this, it was developed a morphological processing routine which comprises the following steps: enhancement, edge detection, binarization and filtering. The images used in this work were obtained with a Mobile Mapping System (MMS) and given to the FCT-UNESP. The results of morphological processing showed to be satisfactory when overlapping the original images. Although the detected features presented some discontinuities around the original features, it was noted that the routine hasn't changed the relative features' position to the original position which is a main aspect for the development of a GIS. These experiments might help future work referring to geographic features detection and its relationship with other targets.

**Key words:** Cartography, Geographic Information System, Detection of features, Mathematical Morphology.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao se trabalhar com sequência de imagens, um dos objetivos pode ser interpretá-las a fim de extrair as informações de interesse e descartar aquelas julgadas desnecessárias em função do propósito estabelecido. Para esse propósito, várias técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI), tais como realce, restauração e segmentação de imagens, detecção de bordas, processamento morfológicos etc., podem ser empregadas (GONZALEZ E WOODS, 2010).

Especificamente, em relação ao processamento morfológico, este consiste de ferramentas que possibilitam a detecção de componentes nas imagens, os quais são úteis na representação e descrição da forma dos objetos de interesse (GONZALEZ E WOODS, 2010). A escolha da técnica de Morfologia Matemática (MM) se dá pelo fato dessa ferramenta possuir a capacidade de analisar a estrutura geométrica dos alvos contidos nas imagens digitais a partir de um conjunto perfeitamente

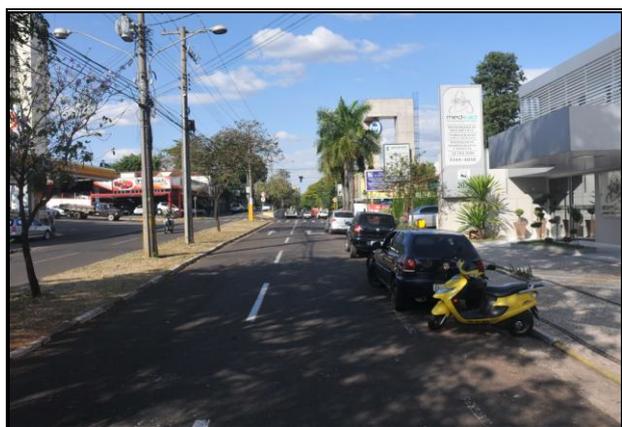
definido e conhecido, o elemento estruturante (FACON, 1996).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar rotinas de processamentos, utilizando-se operadores morfológicos, para a detecção semi-automática de feições verticais. O objeto de interesse concerne em postes, os quais fazem parte de uma rede de abastecimento de energia elétrica. O interesse neste tipo de feição decorre do fato da sua detecção possibilitar a obtenção da localização geográfica do mesmo, otimizando, assim, trabalhos futuros relacionados à montagem de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), o qual pode armazenar outros atributos referentes a esta feição, bem como apoiar em futuras tomadas de decisão.

Para tanto, utilizou-se imagens digitais obtidas com um Sistema de Mapeamento Móvel (SMM) cedidas à FCT-Unesp, e foi desenvolvido testes da rotina proposta, utilizando o *software* Matlab R2008a, associado à biblioteca externa *toolbox SDC Morphology*, a qual contém diversos operadores morfológicos. Foram consideradas neste estudo duas imagens digitais (Figuras 1a e 1b), pertencentes à cidade de Presidente Prudente-SP.



(a)



(b)

Figura 1 – Imagens utilizadas na detecção dos postes por morfologia matemática.

A seleção destas foi realizada com base nos seguintes critérios: brilho e contraste da cena, feições de

interesse parcialmente obstruídas e postes totalmente visíveis na imagem. Além de desenvolver uma rotina, a finalidade concerniu em testá-la e verificar se o método apresenta resultados visuais satisfatórios em cenários distintos. Nas próximas seções apresentam-se as etapas do processamento e os resultados obtidos.

## 2. MORFOLOGIA MATEMÁTICA

A morfologia matemática fornece uma abordagem sistemática para analisar as características geométricas dos alvos presentes nas imagens, e vem sendo amplamente utilizada em várias aplicações, tais como realce, detecção de bordas, segmentação, restauração, análise de textura, esqueletização, dentre outras (LOTUFO E DOUGHERTY, 2003).

De acordo com Facon (1996), o princípio básico da morfologia matemática consiste em extrair informações relativas à geometria e à topologia de um conjunto desconhecido da imagem, por meio do elemento estruturante, o qual representa um conjunto completamente conhecido, tanto em relação ao seu tamanho quanto sua forma.

O elemento estruturante pode assumir várias formas e sua origem pode ser definida em qualquer ponto. Por isso o seu uso requer cautela, pois para obter resultados satisfatórios é necessário que a escolha do mesmo seja adequada. Segundo Goutsias e Heijmans (2000), a escolha do elemento estruturante mais apropriado depende principalmente da aplicação a ser realizada.

Na morfologia matemática existem duas operações que são fundamentais, a erosão e a dilatação, as quais consistem na base para construção dos demais operadores. Segundo Soille (2003), a erosão de uma imagem  $X$ , por um elemento estruturante  $B$ , é definida como:

$$[\mathcal{E}_B(f)](x) = \min_{b \in B} f(x + b) \quad (1)$$

Em que  $x$  e  $b$  pertencem a  $X$  e  $B$ , respectivamente. O valor da erosão  $\mathcal{E}$  para um dado pixel  $x$  é o valor mínimo da imagem na janela definida pelo elemento estruturante quando sua origem está em  $x$ .

Alguns dos efeitos visuais da erosão são: escurecimento da imagem, aumento dos padrões escuros, conexão dos padrões escuros próximos, redução ou eliminação dos padrões claros, separação dos padrões claros próximos (FACON, 1996).

Quanto ao segundo operador, de acordo com Soille (2003), a dilatação de uma imagem  $X$ , por um elemento estruturante  $B$ , é escrita como:

$$[\mathcal{D}_B(f)](x) = \max_{b \in B} f(x + b) \quad (2)$$

O valor da dilatação para um dado pixel  $x$  é o valor máximo da imagem na janela definida pelo elemento estruturante quando sua origem está em  $x$ .

Tal como na erosão, na dilatação temos os seguintes efeitos visuais: clareamento da imagem, aumento dos padrões claros, conexão dos padrões claros próximos, redução ou eliminação dos padrões escuros, separação dos padrões escuros próximos (FACON, 1996).

### 2.1. Rotina de extração das feições

A rotina para detecção dos postes empregando operadores morfológicos foi desenvolvida em Matlab R2008a. Os limiares de cada operador foram definidos com base em testes empíricos e visuais. As etapas realizadas para a detecção dos postes empregando técnicas de PDI e a morfologia matemática são mostradas resumidamente no fluxograma a seguir.

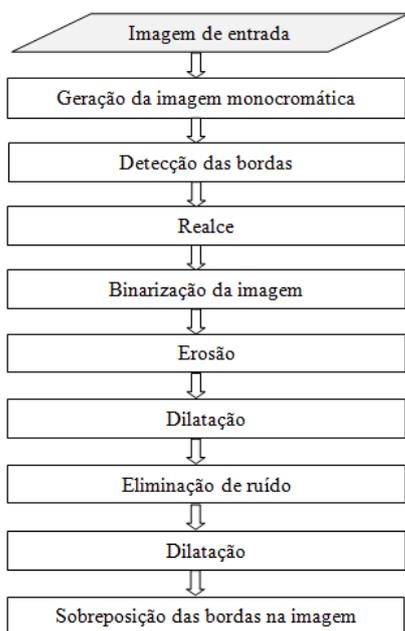


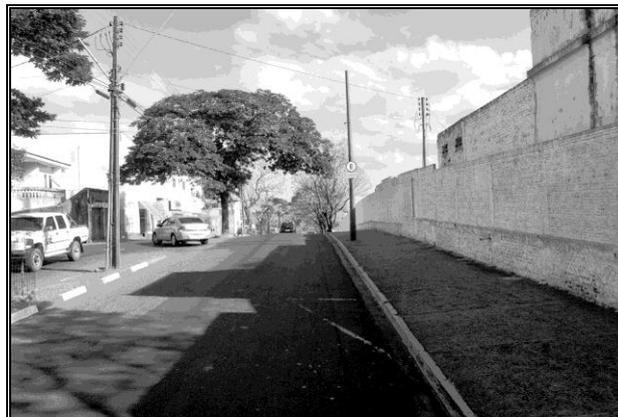
Figura 2 – Fluxograma das etapas de detecção.

Devido à limitação de espaço para apresentação deste trabalho, algumas etapas e resultados tiveram que ser omitidos.

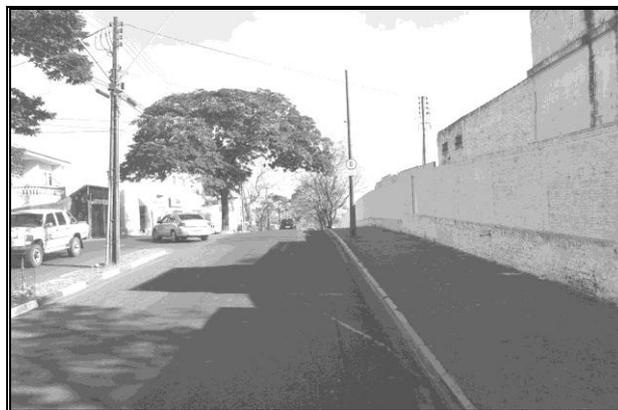
Inicialmente, as imagens foram transformadas para escala de níveis de cinza. Em seguida, duas técnicas foram testadas e comparadas a fim de realçar os alvos de interesse: a equalização do histograma da imagem (Figura 3a) e o operador morfológico “mmaddm” (Figura 3b), o qual consiste de uma operação de adição. Esta operação foi realizada a partir da soma de um limiar à imagem de entrada. O limiar utilizado foi determinado a partir de alguns valores testados. A Figura 3 exibe o resultado obtido com essas técnicas para a imagem apresentada na Figura 1a.

Como observado na Figura 3a, a equalização possibilitou o contraste dos postes, porém, todos os alvos também foram bem contrastados, o que dificulta o processo posterior, de isolamento dos postes. Quanto ao operador morfológico mmaddm, este aumentou a diferença entre os postes e os outros alvos presente na

imagem, e diminuiu a diferença entre os alvos que não são de interesse desse trabalho. Por essa razão, optou-se por utilizar o operador morfológico.



(a)



(b)

Figura 3 – Realce aplicado na Figura 1a.

Em (a) aplicação da função histeq.m. Em (b) aplicação do operador mmaddm.

O próximo passo da rotina morfológica consistiu na detecção das bordas. O operador morfológico aplicado foi o “mmgradm”, com elemento estruturante linha de tamanho oito para Figura 1 (a) e de seis para a Figura 1 (b). Além do operador morfológico selecionado, outros quatro dos mais conhecidos filtros de detecção de bordas foram considerados e testados, sendo os quais Roberts, Prewitt, Sobel e Canny. Este último é exibido na figura 4.

Ao realizar uma análise visual sobre o resultado da detecção, constatou-se que os detectores de bordas convencionais aplicados não foram satisfatórios para as imagens consideradas. O melhor resultado foi obtido com o filtro de Canny (Figura 4), porém uma das principais características deste algoritmo é manter a continuidade das bordas, resultando assim, em bordas conectadas, o que dificulta as etapas posteriores de isolamento dos postes. O detector de bordas que se mostrou mais adequado para o caso em estudo consistiu no gradiente morfológico. Este operador agiu na imagem aumentando as variações de tons de cinza. Na figura 5 tem-se um dos resultados obtidos da detecção.



Figura 4 – Detecção de bordas pela aplicação do operador de Canny na Figura 1a.



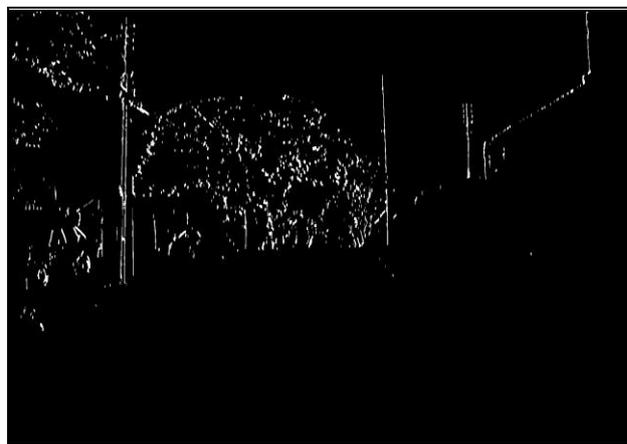
Figura 5 – Detecção de bordas da Figura 1a com o operador mmgradm.

Na sequência realizou-se a binarização das imagens pelo operador “mmbinary” com limiar igual a 50 e os resultados podem ser observados na Figura 6. Após a binarização, realizou-se a erosão, com o objetivo de eliminar pequenas estruturas ou estruturas finas presentes nas cenas. Neste caso, empregou-se o operador “mmero” com elemento estruturante do tipo cruz de tamanho 7x7.



Figura 6 – Imagem binarizada da Figura 1a.

A dilatação da imagem, com operador “mmdil”, consistiu na etapa seguinte, na qual o elemento estruturante do tipo linha, foi aplicado na vertical com tamanho 8. O default desse elemento estruturante é horizontal, para deixá-lo na vertical, fez-se uma rotação de 90° no sentido anti-horário, através do operador “mmserot”. O objetivo da dilatação da imagem, nessa etapa, foi o de conectar os segmentos das feições de interesse. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 7.



(a)

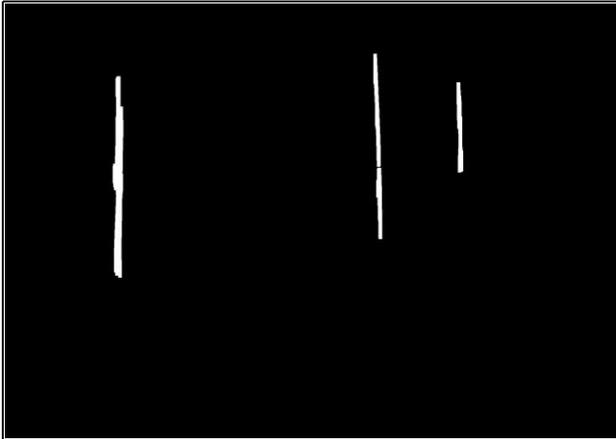


(b)

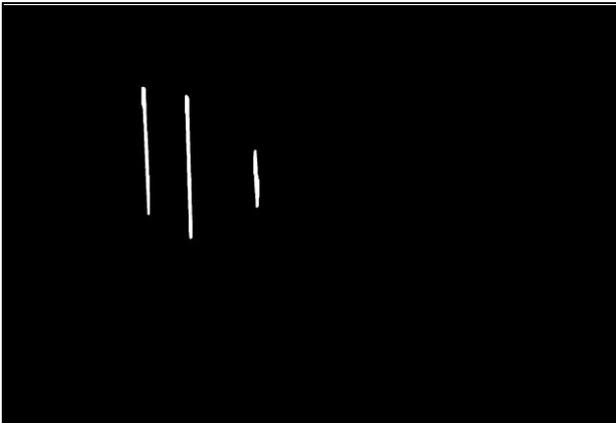
Figura 7 – Imagens Erodidas e Dilatadas.

Em (a) resultado da erosão e dilatação aplicada na imagem da Figura 1a e, em (b), na imagem da Figura 1b.

Após a realização dessas etapas, o próximo passo consistiu em eliminar os pixels que representam as árvores e outros alvos que não são de interesse e, assim, permanecer apenas com os postes nas imagens. Neste caso utilizou-se o operador “mmareopen”, o qual tem a função de eliminar qualquer componente conectado menor do que um limiar estipulado, nesse caso o limiar de 400. No entanto, uma nova dilatação foi aplicada na cena, a fim de conectar os segmentos e aumentar a espessura dos alvos de interesse. Esse processo foi realizado considerando o elemento estruturante linha, na vertical com tamanho 50. (Ver Figura 8).



(a)



(b)

Figura 8 – Eliminação de ruídos.

Em (a) resultado da eliminação de ruídos na imagem da Figura 1a e, em (b), na imagem da Figura 1b.

No intuito de analisar se os postes detectados por meio da rotina desenvolvida mantiveram-se sem alteração da posição geográfica na imagem, visto que a posição geográfica é a característica mais importante quando tais dados são inseridos em um sistema de informação geográfica (ver Figura 9), realizou-se a sobreposição das imagens contendo apenas os alvos detectados, com as imagens de entrada (imagem originais), conforme mostra a Figura 9.



(a)



(b)

Figura 9 – Sobreposição dos resultados.

Em (a) resultado da detecção dos postes na imagem da Figura 1a e, em (b), na imagem da Figura 1b.

### 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com a aplicação da morfologia matemática indicam que os operadores morfológicos empregados são adequados para a detecção de postes. Além disso, mesmo que as feições detectadas apresentem algumas descontinuidades ao redor das feições originais, nota-se que a rotina proposta não alterou a posição das feições em relação à posição original, o que é um aspecto essencial para a elaboração de um SIG.

Vale destacar a facilidade de aplicação da metodologia proposta, uma vez que foi necessário apenas alterar os limiares no processamento das imagens. Fato que ocorreu somente na etapa de detecção de bordas, quando da alteração do tamanho do elemento estruturante.

Quanto à etapa de aplicação do filtro de Canny, verificou-se que para o caso em estudo este se comportou como pouco eficiente. Isso porque o algoritmo realiza a detecção das bordas não somente relacionadas aos alvos de interesse. Dessa forma, considerando-se uma imagem que descreva uma cena do mundo real, tal como as utilizadas neste trabalho, possui muitas informações não correlacionadas às feições importantes para a detecção, a filtragem por Canny resulta em um excesso de

informação, o que inviabiliza a etapa de identificação dos postes.

#### 4 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O objetivo deste trabalho consistiu em aplicar a morfologia matemática para a detecção semi-automática de postes presentes em cenas obtidas do mundo real, realizando-se ainda comparações dos resultados obtidos com outros operadores tradicionais, como a equalização de histograma e o operador de Canny. Desta forma, os operadores morfológicos se mostraram como uma ferramenta útil, pois possibilitaram, através de uma rotina simples e rápida, a localização dos alvos de interesse.

Observou-se também que o gradiente morfológico, para esta aplicação, se mostrou mais apropriado para a detecção de bordas, comparado ao filtro de Canny. Uma das razões é porque o algoritmo de Canny gera bordas contínuas para todos os alvos da cena (CANNY, 1986), o que provoca mais complexidade na determinação da rotina de extração usando operadores morfológicos, sobretudo, quando o objeto de interesse encontra-se em meio de inúmeras outras informações, as quais, neste caso, podem ser consideradas ruídos.

Deste modo, este trabalho corrobora outros experimentos realizados (ALVARENGA, 2003; ISHIKAWA, 2008; LEONARDI E SILVA, 2007; SILVA E ALVES, 2008), os quais demonstraram as potencialidades dos operadores morfológicos, ao serem empregados para muitos propósitos de detecção de feições, e caracterizam-se como possibilidades eficazes para geração e atualização de informações geográficas, muito utilizadas na área de cartografia.

Todavia, vale ressaltar que a determinação de rotinas de processamento com a morfologia matemática pode ser muito onerosa, pois exige experiência por parte do pesquisador, na utilização e seleção dos inúmeros operadores disponíveis, além de exaustivos testes com os limiares inerentes a cada operador. Além disso, em função da complexidade dos elementos presentes no conjunto dessas imagens juntamente com a diversidade das mesmas, a tarefa de extração exclusiva dos postes é bastante complexa, de modo que uma única rotina de extração não foi capaz de apresentar resultado robusto em outras imagens. Isso porque, as informações contidas nas imagens mudam de uma imagem para outra, além da questão da diferença de iluminação que influencia na mudança dos limiares utilizados. Desta forma, para trabalhos futuros, serão avaliadas outras técnicas de PDI que possam ser utilizadas juntamente com a morfologia matemática, visando automatizar o processo de detecção de postes.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Cartovias Engenharia Cartográfica ([www.cartovias.com.br](http://www.cartovias.com.br)) que forneceu as imagens utilizadas neste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, A. V. Aplicação de operadores morfológicos na segmentação e determinação do contorno de tumores de mama em imagens por ultra-som. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 19, n. 2, p. 91-101, ago. 2003. Disponível em: <[http://rbeb.ceb.unicamp.br/artigos/rev19/n2/art-d\\_19\\_2.pdf](http://rbeb.ceb.unicamp.br/artigos/rev19/n2/art-d_19_2.pdf)>. Acesso em: jan. 2012.
- CANNY, J. A. Computational approach to edge detection. **IEEE TRANSACTIONS ON Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v.8, n. 6, p. 679-698, 1986.
- FACON, J. **Morfologia Matemática: Teoria e Exemplos**. Curitiba: PUC, 1996.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- GOUTSIAS, J., HEIJMANS, H. J. A. M. **Mathematical Morphology**. Amsterdam: IOS Press, 2000. 258p.
- ISHIKAWA, A. S. **Detecção de rodovias em imagens digitais de alta resolução com o uso da teoria de morfologia matemática**. 2008, p. 111. Dissertação (mestrado) – Universidade estadual Paulista, Faculdade de Ciências e tecnologia. Presidente Prudente, 2008.
- LEONARDI, F.; SILVA, E. A. **Aplicação de rotinas morfológicas para detecção de redes de drenagem**. In: **Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o eucalipto e o ciclo hidrológico**, 1., 2007, Taubaté, Brasil. **Anais**, nov. 2007, p. 175-182. Disponível em: <<http://www.agro.unitau.br/serhidro/doc/pdfs/175-182.pdf>>. Acesso em: jan. 2012.
- LOTUFO, R. A.; DOUGHERTY, E. R. **Hands on Morphological Image Processing**. SPIE Press., Bellingham, Washington, 2003.
- SILVA, F. J. V.; ALVES, C. H. F. Aplicação de técnicas de processamento de imagens digitais em imagens geradas por ultra-som. **VIII ERMAC – Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Natal-RN, 20-22 nov. 2008.
- SOILLE, P. **Morphological Image Analysis**. Berlin. Springer - Verlag, second edition, 2003.