

Detecção de áreas inundadas utilizando imagens CBERS-2/CCD através de técnicas de Morfologia Matemática.

Aline Sayuri Ishikawa ¹
Erivaldo Antonio da Silva ²

^{1,2} Universidade Estadual Paulista – UNESP/FCT
Caixa Postal 467, 19060-900, Presidente Prudente - SP, Brasil
aline.ishikawa@gmail.com
erivaldo@fct.unesp.br

Abstract. The main of this work was the detection flood areas in the city of Monte Alegre - PA. This form, the Remote Sensing techniques together Digital Processing Images (PDI) are contributing to assist this research. The work use the mathematical morphology theory that it consists of describing structures geometric presents quantitatively in the image (objects or features). Nowadays, this theory is largely used to extract information from digital images. Two images were used, both of the satellite CBERS-2/CCD, with space resolution of 20 meters. The reference image to two dates, one of the period of more rain fall and another of minor rain fall. Through the application of the morphologic operators it was possible to extract the interest features (flood areas). The results obtained were promising, assisting to the purpose in demonstrating the viability of the use of the tools of Mathematical Morphology from images of remote sensing, with the intention of extracting flood areas.

Palavras-chave: remote sensing, digital image processing, mathematical morphology, flood areas
Sensoriamento Remoto, processamento digital de imagens, morfologia matemática, áreas inundadas.

1. Introdução

A planície do Rio Amazonas é uma área sazonalmente inundada. As áreas submetidas diretamente ao controle deste rio são subdivididas em alagadas e inundáveis. Áreas alagadas correspondem aos trechos que permanecem submersos a lâminas d'água de alguns centímetros por praticamente todo o ano e inundáveis permanecem alagadas apenas no período das enchentes (Freitas e Novo, 2005). Para este trabalho, a feição de interesse corresponde às áreas inundáveis.

De acordo com Figueiredo (2003), o mapeamento de áreas inundáveis representa uma ferramenta importante para direcionamento da expansão urbana e a ordenação do uso e ocupação do solo, pois dispondo-se do zoneamento dessas áreas, pode-se delimitá-las e designá-las para usos adequados. Este zoneamento pode ser efetuado de várias formas e fazer uso de diversos métodos e materiais. Uma forma muito utilizada é através da utilização de produtos via Sensoriamento Remoto, pois permite análise rápida e de baixo custo, além de uma visão contínua de toda área (Okida e Veneziani, 1998).

Segundo Novo (1989), o Sensoriamento Remoto tem por objetivo a identificação dos alvos presentes na superfície terrestre, através do estudo entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas diversas manifestações, sem que haja o contato físico direto. Este utiliza o Processamento Digital de Imagens (PDI) que envolve a manipulação e a interpretação de imagens digitais. Dentre as diversas ferramentas de PDI, a escolhida para este trabalho foi a Morfologia Matemática, que foi criada na Escola Superior de Minas de Paris na década de 60. O uso da ferramenta morfológica teve como objetivo, contribuir de forma positiva ao PDI na área de Cartografia, visando melhorar visualmente a imagem e extrair as informações de interesse com a finalidade de auxiliar na identificação de áreas inundáveis.

Neste contexto, este trabalho visa identificar áreas inundáveis localizadas na Planície do Rio Amazonas utilizando técnicas de Morfologia Matemática e sensoriamento remoto.

2. Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é apresentar os resultados obtidos com a aplicação de rotinas morfológicas com o intuito de delimitar as áreas encobertas sazonalmente pelas águas durante os períodos de maior e menor precipitação (áreas inundadas). Para isto, foram utilizados produtos de sensoriamento remoto aliados a ferramentas de Morfologia matemática.

3. Morfologia Matemática

A origem da Morfologia Matemática remonta a 1964, com trabalhos de Matheron e Serra na *École des Mines de Paris* localizada em Fontainebleau, França.

Segundo Soille (1999), a Morfologia Matemática pode ser definida como uma teoria para a análise das estruturas espaciais. Esta é chamada de morfologia, pois seu objetivo é analisar a forma e o modelo dos objetos, é matemática no sentido que a análise é baseada no conjunto de teorias geométricas e algébricas. A Morfologia Matemática não é apenas uma teoria, mas uma poderosa técnica de análise de imagens. Ela permite processar imagens com objetivos de realce, segmentação, detecção de bordas, esqueletização, afinamento, análise de formas. Os pilares dessa ferramenta apóiam-se na noção teórica da análise da estrutura geométrica das imagens, através de um conjunto conhecido e bem definido denominado elemento estruturante, o qual é a chave para o sucesso das operações, desde que seja escolhido de forma adequada.

A Morfologia Matemática é constituída a partir de dois operadores básicos, a erosão e a dilatação. Estes operadores aplicados isoladamente, são transformações que nem sempre evidenciam características das imagens. De qualquer forma, permitem construir funções muito interessantes, como por exemplo, o fechamento e a abertura.

4. Materiais e Métodos

4.1. Área Teste

A área teste compreende uma porção da planície brasileira do rio Amazonas, localizada no município de Monte Alegre, no estado do Pará. Abrange parte da região do Lago Curuai, o qual foi escolhido por conter várias áreas sazonalmente inundáveis. Foram utilizadas duas imagens do satélite CBERS-2 sensor CCD, banda 4, com órbita/ponto 168/102. Essa banda foi selecionada por ser a que melhor favoreceu a obtenção de dados relativos a áreas inundadas. Estas imagens são datadas de 04 de agosto de 2006 (referente ao período de estiagem) e 17 de novembro de 2005 (referente ao período de chuva). A **Figura 1** apresenta as imagens originais referentes a época de chuva e de estiagem.

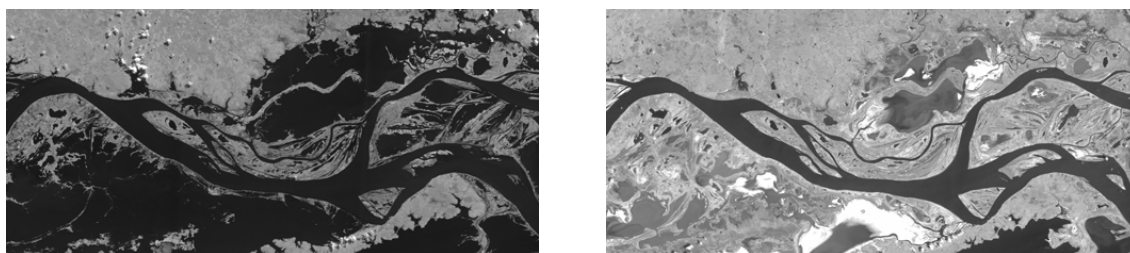


Figura 1 – Imagens originais correspondentes ao período chuvoso e ao de estiagem, respectivamente.

4.2. Pré-Processamento

Imagens tomadas em épocas distintas apresentam-se sob diferentes condições atmosféricas e de iluminação. Desse modo, aplicações em sensoriamento remoto utilizando dados multitemporais requerem processamentos que ajustem a geometria e a radiometria de alvos semelhantes a fim de torná-los comparáveis.

Assim, as imagens foram submetidas a um pré-processamento visando corrigi-las geometricamente e amenizar as distorções radiométricas. Estes procedimentos foram realizados utilizando o *software* Spring 4.3, desenvolvido pelo Departamento de Processamento de Imagens do INPE.

O registro de uma imagem consiste numa transformação geométrica, que relaciona as coordenadas da imagem (linha e coluna) com coordenadas de um sistema de referência (Spring, 2006). Devido a área de estudo ser composta de duas cenas CBERS-2/CCD efetuou-se o registro imagem x imagem. Os sistemas de referência foram relacionados através de transformação polinomial de primeiro grau, que requer um mínimo de três pontos de controle. Foram utilizados 10 pontos de controle coletados na área de interseção entre as duas imagens, possibilitando um registro com erro médio quadrático em torno de 0,402 *pixels*, o que equivale à aproximadamente 8 metros, em função da resolução espacial da imagem CBERS ser 20 metros. O método de reamostragem utilizado foi o vizinho mais próximo, por ser o que melhor preserva o valor radiométrico da imagem original.

A correção radiométrica foi realizada através da técnica de restauração, contida no módulo Spring. Esta tem por objetivo corrigir as distorções inseridas pelo sensor óptico no processo de geração das imagens digitais. A idéia de restaurar a imagem consiste em reduzir o efeito de borramento da cena, e, portanto, obter uma imagem realçada.

Estando as imagens pré-processadas, o próximo passo foi realizar a extração das áreas inundadas através das ferramentas de Morfologia Matemática.

4.3. Extração das áreas inundadas utilizando a Morfologia Matemática

Os operadores morfológicos estão contidos na *toolbox* (caixa de ferramentas) de Morfologia Matemática, a qual foi desenvolvida pela *SDC Information Systems*. A *toolbox* é um conjunto específico de arquivos que têm como plataforma o MATLAB. Os operadores morfológicos foram aplicados sobre as imagens com a finalidade de testar a eficiência dos mesmos na obtenção de resultados de detecção de áreas inundadas. A rotina morfológica desenvolvida foi aplicada para as duas imagens, alterando-se apenas o limiar das funções. O fluxograma da **Figura 2** apresenta as etapas realizadas no processamento morfológico.

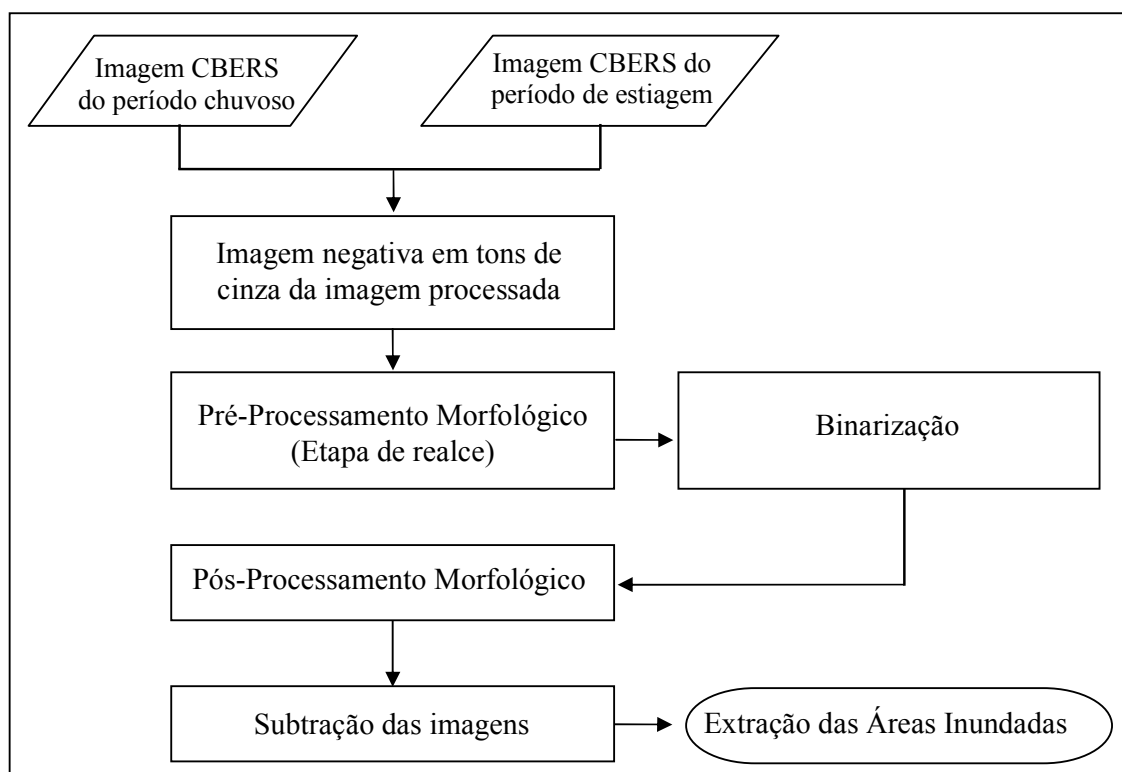


Figura 2 – Fluxograma do processamento morfológico.

Inicialmente, as imagens tiveram seus valores de brilho invertidos através do operador *mmneg* para a obtenção de melhores resultados no processo de extração das áreas inundadas. Na sequência foi realizada a etapa de pré-processamento morfológico visando melhorar a qualidade visual da imagem invertida e realçar as feições de interesse. Em seguida, as imagens foram binarizadas através do operador *mmbinary*, cujo objetivo foi transformá-las de tons de cinza para binárias através do uso de um limiar, eliminando boa parte dos ruídos. A partir deste operador foi possível extrair as áreas inundadas. Visando obter o melhor resultado a ser representado cartograficamente, aplicou-se o operador *mmareaopen*, eliminando a

segmentação presente nas imagens. Estando as áreas inundadas extraídas tanto no período de estiagem como no período de chuva e objetivando-se quantificar as áreas que foram inundadas neste período, fez-se a subtração das duas imagens aplicando o operador *mmsubm*. Desta forma, obtiveram-se as áreas que foram inundadas após o período de chuva.

5. Apresentação e análise dos resultados

Os operadores morfológicos selecionados para o processo de extração das áreas inundadas atuam melhores sobre *pixels* com valor “1” (branco). Analisando as imagens originais (Figura 1), constata-se que a feição encontra-se com valor “0” (preto). Desse modo, aplicou-se o operador *mmneg* para inverter os valores de brilho das imagens originais.

Na seqüência, as imagens invertidas foram submetidas a etapa de pré-processamento morfológico visando realçar a feição de interesse (corpos d’água), alterando os valores de brilho e contraste. Para isto aplicou-se o operador *mmaddm*, o qual consiste numa operação de adição. Esta operação foi realizada a partir da soma de um limiar à imagem de entrada. Os limiares utilizados correspondem a 50 e 70, referentes as cenas do período chuvoso e de estiagem, respectivamente. Deve-se ressaltar que os parâmetros utilizados nas funções variam conforme a imagem. A **Figura 3** ilustra os resultados obtidos.

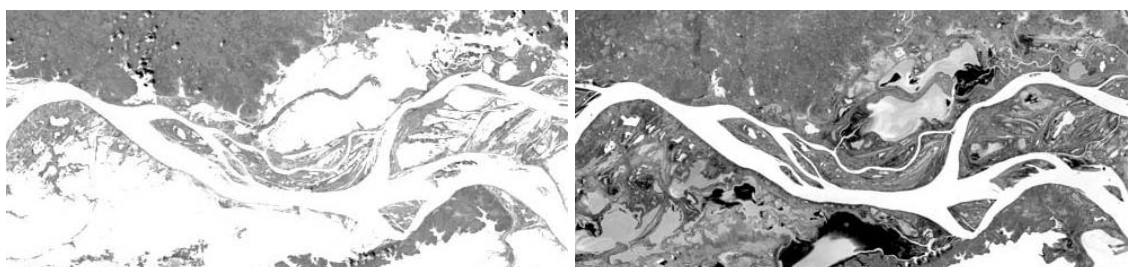


Figura 3 – Resultado do pré-processamento morfológico para as imagens referentes ao período chuvoso e de estiagem, respectivamente.

O resultado obtido com a imagem realçada foi binarizado, através do operador *mbinary*. Este operador transforma todos os *pixels* que estiverem abaixo do limiar estipulado para o valor “0” (preto) e os que estiverem acima para o valor “1” (branco). Foi utilizado limiar de 170 para a imagem do período de chuva e 210 para o de estiagem. A escolha dos limiares foi feita de acordo com os testes realizados através da análise do histograma das imagens. Os resultados obtidos constam da **Figura 4**.

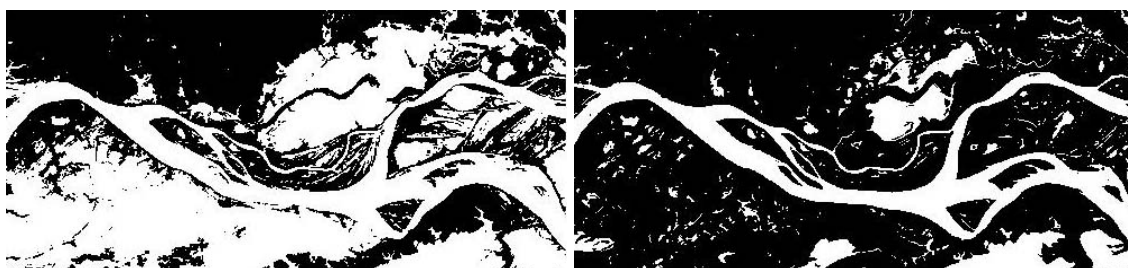


Figura 4 – Imagens binarizadas do período chuvoso e de estiagem, respectivamente.

Observa-se na Figura 4, a presença de muitos ruídos em torno da feição. Desta forma, realizou-se o pós-processamento morfológico com o intuito de minimizar a presença destes ruídos e obter o melhor resultado a ser representado cartograficamente. Para isto aplicou-se o

operador *mmareaopen* com limiar 150 e 130 para a imagem do período chuvoso e de estiagem, respectivamente, eliminando áreas menores que os limiares estipulados. O resultado está ilustrado na **Figura 5**.

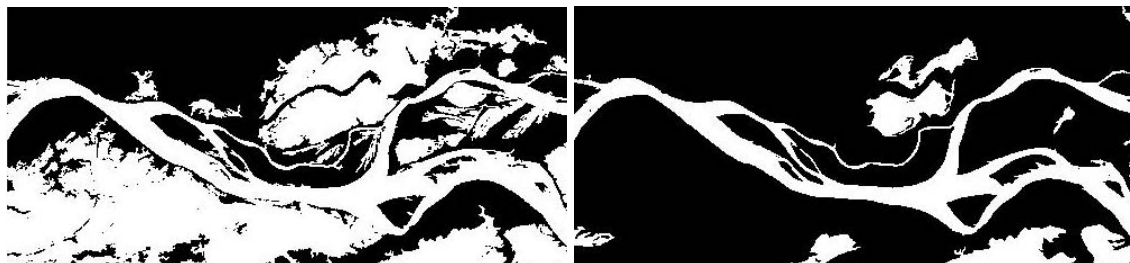


Figura 5 – Imagens do período chuvoso e de estiagem com menos ruídos, respectivamente.

Da análise da Figura 5, nota-se que as imagens apresentam menos ruídos em torno da feição, resultando na boa extração dos corpos d'água nos dois períodos. O próximo passo foi realizar a subtração entre essas duas imagens para obter as áreas que foram inundadas durante este período. Para isto aplicou-se o operador *mmsubm*, o qual realizou a subtração entre as imagens da Figura 5. O resultado da subtração está apresentado na **Figura 6**.

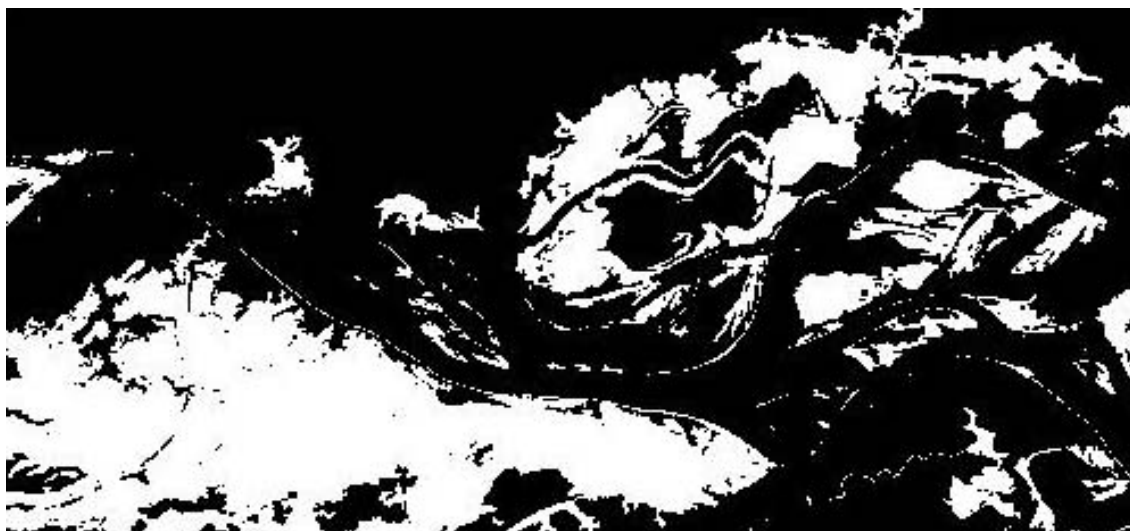


Figura 6 – Extração das áreas inundadas.

Para fins de comprovação do resultado obtido na Figura 6, esta foi sobreposta à imagem original do período de estiagem (Figura 1). Este procedimento visou facilitar a visualização das áreas que foram inundadas durante o período de chuva. A **Figura 7** apresenta esta sobreposição.

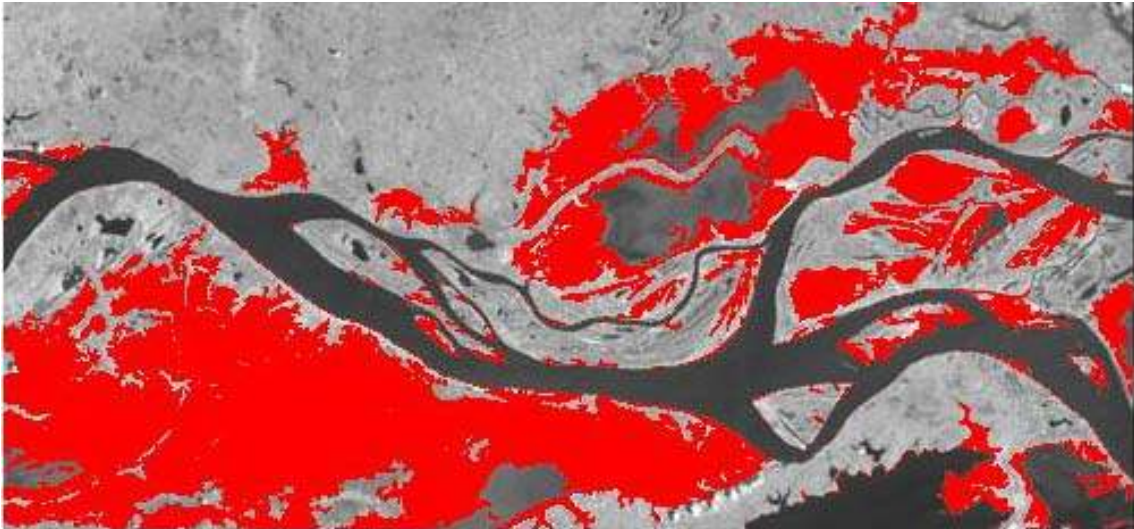


Figura 7 – Sobreposição das áreas inundadas sobre a imagem original do período de seca.

Da análise da Figura 7 depreende-se que os processos de melhoria da qualidade visual da imagem original e da extração de feições de interesse foram feitos a contento através do uso de técnicas morfológicas. Isto comprova a eficiência da aplicação desta teoria na área de Cartografia.

Por fim, utilizou-se um programa desenvolvido em linguagem C++ para obter a área inundada aproximada. Este cálculo foi realizado a partir da multiplicação do número de *pixels* brancos (corresponde a área inundada extraída) pelo valor do GSD da imagem CBERS. Assim, obteve-se que a área inundada durante o período de chuva foi de aproximadamente 943.960 m².

6. Conclusão

Da análise da Figura 7, observa-se que o resultado obtido atendeu ao objetivo proposto de detectar áreas inundadas utilizando ferramentas de Morfologia Matemática.

Deve-se ressaltar que devido as feições extraídas serem corpos d'água, que apresentam alto contraste e por isso aparecem bem destacadas na imagem, não foi exigido processamento morfológico robusto, sendo necessário uma boa etapa de realce. Esta etapa de realce ou pré-processamento morfológico mostrou-se de grande importância para auxiliar na obtenção de melhores resultados com a extração das áreas inundadas. Nesta etapa foram realçadas as imagens, destacando a feição de interesse e permitindo eliminar grande quantidade de ruídos que não faziam parte da feição a ser extraída.

A chave para a obtenção de bons resultados reside nas escolhas adequadas dos elementos estruturantes e valores dos limiares para as diversas etapas do processo de extração. Para tanto é necessário que o usuário tenha noções mínimas de morfologia matemática para a escolha dos melhores elementos estruturantes a serem adotados e também, tenha conhecimento sobre processamento digital de imagens para que possa escolher adequadamente os valores dos limiares a serem utilizados pelos operadores morfológicos empregados no processamento.

Para a área de Cartografia os resultados obtidos são de extrema importância uma vez que, foram resultantes da aplicação de metodologia alternativa para a extração de feições em imagens digitais.

Referências

- Facon, J. **Morfologia Matemática: teorias e exemplos**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat da Pontifícia. Universidade Católica do Paraná, 1996. 320 p.
- Figueiredo, A. P. S. Determinação da mancha de inundação do município de Itajubá na enchente de janeiro/2000. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 1791-1794. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.15.59/doc/14_193.pdf>. Acesso em: 17 out. 2006.
- Freitas, R. M.; Novo, E. M. L. M. Mapeamento de Áreas Alagáveis na Planície do Rio Amazonas a partir de Dados do Sensor MODIS – Região do Lago Curuai – PA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 533-540. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.12.55/doc/533.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2006.
- Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 308 p.
- Okida, R.; Veneziani, P. O Sensoriamento Remoto como Alternativa no Estudo de Áreas de Inundação: um exemplo na região de Caraguatatuba (SP). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 9., 1998, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. Artigos, p. 425-429. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00015-3. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.15.45/doc/1_79p.pdf>. Acesso em: 17 out. 2006.
- Soille, P. **Morphological image analysis: Principles and Applications**. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999. 316 p.