

Aplicação de técnicas de Morfologia Matemática e PDI na detecção semi-automática de feições cartográficas em imagens digitais

Prof. Dr. Erivaldo Antônio da Silva ¹
Fernanda Puga Santos ²
Fernando Leonardi ³
Thiago Gonçalves Rodrigues ⁴

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia
FCT/UNESP – Depto. de Cartografia
Rua Roberto Simonsen, 305 – Campus Universitário
19060-900 Presidente Prudente SP
erivaldo@prudente.unesp.br
ferpuga@gmail.com
fernandoleonardi@gmail.com
tgrcart@gmail.com

Resumo: O Brasil apresenta grande deficiência em relação à atualização de produtos cartográficos, no entanto, as imagens de sensoriamento remoto têm contribuído de forma decisiva para minimizar estes problemas. Dentre as muitas ferramentas de Processamento Digital de Imagens - PDI, utilizou-se para este trabalho a teoria da Morfologia Matemática – MM, que consiste em descrever quantitativamente estruturas geométricas presentes na imagem, e que dispõe de ferramentas como detectores de borda e filtros morfológicos. Sobre a área teste foram aplicados operadores morfológicos, sendo os principais, os operadores de erosão e dilatação com o objetivo de extrair a drenagem presente na imagem original. Os resultados obtidos foram promissores e evidenciaram que técnicas de morfologia matemática podem ser empregadas na área de cartografia com vista à extração de feições, incluindo pré-processamento e processamento das imagens. As feições extraídas podem ser utilizadas em processos convencionais de atualização de produtos cartográficos.

Palavras chaves: Morfologia Matemática, feições cartográficas, atualização, Processamento Digital de Imagens, Sensoriamento Remoto

Abstract: The Brazil presents deficiency in cartographic products updating the Remote Sensing Images are contributing to minimize this problem. Amongst many tools of Digital Processing Images – DPI, was used in this paper the mathematical morphology theory with the objective extracted the interest features. The principals operators used in this paper were dilation and erosion. The extracted features can be used in conventional processes of updating cartographic products. The obtained results are positives and showed the use potential of mathematical morphology theory in Cartography.

Keywords: Mathematical Morphology, cartographics feature, updating, Digital Image Processing, Remote Sensing

1. INTRODUÇÃO

Existem muitos problemas na cartografia brasileira e boa parte deles estão relacionados à desatualização da base cartográfica que chega a estar obsoleta em até três décadas. No entanto, as imagens de sensoriamento remoto têm contribuído de forma decisiva para minimizar estes problemas.

A cartografia é uma das modalidades de comunicação mais antiga da humanidade, com o tempo o homem foi aprimorando a forma de fazer mapas, desde a utilização da argila, chegando aos nossos dias com a produção de mapas digitais da superfície terrestre. Esse aprimoramento só foi possível graças aos avanços tecnológicos ocorridos nas áreas envolvidas com a produção de mapas.

A cartografia é um instrumento fundamental para o planejamento. Dada a rapidez com que ocorrem as alterações de algumas áreas da superfície, faz-se necessária a contínua atualização cartográfica.

Muitas regiões brasileiras apresentam recobrimento cartográfico deficiente, ainda mais onde estas apresentam condições climáticas desfavoráveis e dificuldades de acesso para a utilização de processos convencionais na atualização destes produtos. Com isso, novas técnicas de atualização têm surgido para minimizar os problemas de deficiência cartográfica.

Neste sentido, este trabalho realiza os processos de melhoria da qualidade visual e extração de feições cartográficas de interesse em imagens de satélite, juntamente com a utilização de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), visando à atualização cartográfica convencional das feições que sofreram alterações. Dentre as muitas ferramentas de PDI existentes que poderiam ter sido escolhidas para o desenvolvimento desse trabalho, a teoria da Morfologia Matemática – MM foi a escolhida.

A teoria da Morfologia Matemática foi iniciada na Escola Superior de Minas de Paris, e atualmente é uma ferramenta muito utilizada e pesquisada em Universidades e Centros de Pesquisa de todo o mundo.

2. OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é a extração de feições cartográficas de interesse (drenagem) de imagem digital utilizando operadores morfológicos para pré-processamento e processamento da imagem com o intuito de comprovar o potencial de uso das ferramentas morfológicas na área de cartografia.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Morfologia Matemática

A Morfologia Matemática teve seu desenvolvimento com as primeiras pesquisas de MATHERON (1975) e SERRA (1982) e seus colaboradores a partir de 1964, na escola Superior de Minas de Paris, porém, seu uso na Cartografia Brasileira não é ainda totalmente difundido.

A Morfologia Matemática tem como objetivo básico descrever quantitativamente as estruturas geométricas funciona como uma técnica na concepção de algoritmos na área de PDI, dispondo de ferramentas básicas, como detectores de bordas e filtros morfológicos.

A morfologia age sobre imagens digitais a partir de elementos estruturantes geralmente definidos em uma malha retangular. Foi utilizado, neste trabalho, o elemento estruturante 3x3.

3.2. Elemento Estruturante

O elemento estruturante é um conjunto completamente definido e conhecido (forma, tamanho), o qual é comparado, a partir de uma transformação, ao conjunto desconhecido da imagem. O resultado desta transformação permite avaliar o conjunto desconhecido (Facon, 1996).

A figura 1 apresenta os elementos estruturantes utilizados.

0 1 0

1 1 1

1 1 1

1 1 1

0 1 0

1 1 1

Figura 1.a: mmsecross

Figura 1.b: mmsebox

A figura 1.a apresenta o elemento *mmsecross*. Este operador cria um elemento estruturante B por R adições do elemento cruz com ele mesmo. Na figura 1.b, tem-se o elemento *mmsebox*, sendo que ele é criado por R adições do elemento máscara cheia com ele mesmo.

3.3. Erosão

Erosão em tom de cinza - Segundo Lee et al. (1987), a erosão em tom de cinza de um sinal (função) f por um elemento estruturante g é:

$$\text{ero}^g(f(x)) = \text{Min} \{f(y) - g(x - y) : y \in E\}$$

onde a erosão em níveis de cinza de f por g consiste em verificar se o elemento estruturante centrado em x está abaixo da função f , visto que a mesma não será definida num ponto onde o elemento estruturante estiver acima do sinal f .

Os efeitos da erosão em níveis de cinza são: escurecer a imagem, alargar e engordar os valores (padrões escuros), conectar vales próximos, reduzir e às vezes eliminar picos (padrões claros) e separar picos próximos.

3.4. Dilatação

Dilatação em tom de cinza - Segundo Lee et al. (1987), a dilatação em tom de cinza de um sinal f por um elemento estruturante g é:

$$\text{dil}^g(f(x)) = \text{Max} \{f(y) + g(x - y) : y \in E\}$$

onde a dilatação em níveis de cinza de f por g consiste em verificar se o elemento estruturante centrado em x está acima da função f , não sendo definida em um ponto onde o elemento estruturante estiver abaixo do sinal f .

Os efeitos da dilatação em níveis de cinza são: clarear a imagem, alargar e engordar os picos (padrões claros), conectar picos próximos, reduzir e às vezes eliminar vales (padrões escuros) e separar vales próximos.

3.5. Toolbox

A "toolbox" é um conjunto específico de arquivos que têm como plataforma o MATLAB e é composta de operadores morfológicos, desenvolvida pela *SDC Information System*.

4. ÁREA TESTE

Foi utilizado para os processamentos morfológicos uma sub-imagem contendo área teste como feição principal uma rede de drenagem, localizada nas proximidades da cidade de Bela Vista no Estado do Mato Grosso do Sul. A Figura 2 ilustra a imagem da área teste.

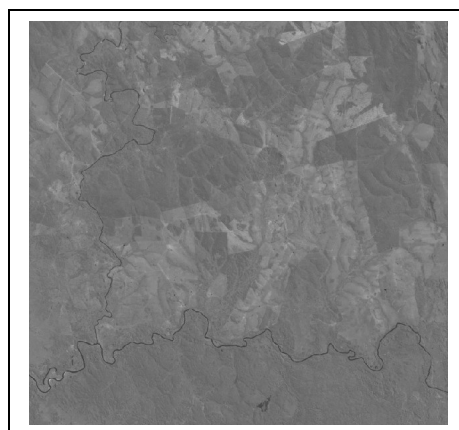


Figura 2 – Imagem da área teste

Esta imagem foi escolhida por conter feições cartográficas de interesse (drenagem) para a área de cartografia no que tange à atualização cartográfica posterior.

5. METODOLOGIA

O trabalho consistiu na aplicação de operadores morfológicos visando a melhoria da qualidade visual e a extração da feição drenagem presente na imagem.

Foi utilizada a “toolbox” de Morfologia Matemática acoplada ao *software* MATLAB para a aplicação dos operadores utilizados. Os operadores foram aplicados sobre a imagem com a finalidade de testar a eficiência dos mesmos na obtenção de resultados que serão utilizados posteriormente na atualização de produtos cartográficos. Espera-se através dos resultados obtidos, que o uso dos operadores morfológicos em imagens seja encarado como um método aplicável em atividades de Cartografia de forma corrente.

6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Aplicou-se como primeiro processamento de realce, o operador *mmsubm*, com o objetivo de gerar uma nova imagem a partir de operação de subtração de imagem. O resultado está na Figura 3.

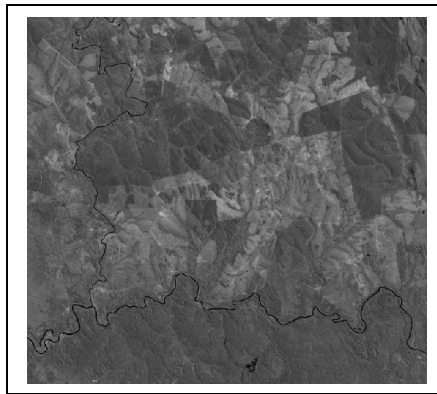


Figura 3 – Resultado da aplicação do operador *mmsubm*

Sobre o resultado obtido na Figura 3, aplicou-se o operador *mminfrec*, cuja função foi reconstruir uma imagem resultante da aplicação de outros operadores por infinitas iterações na dilatação da imagem contrastada, através do elemento estruturante condicionado à imagem de entrada sem tratamento. A Figura 4 mostra o resultado da aplicação do operador *mminfrec*.

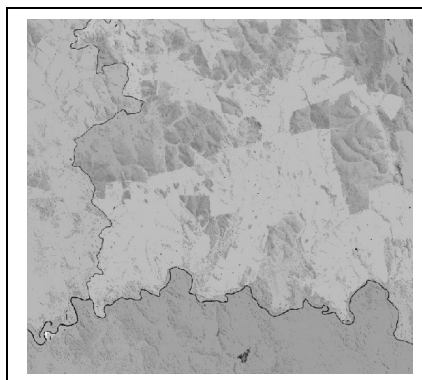
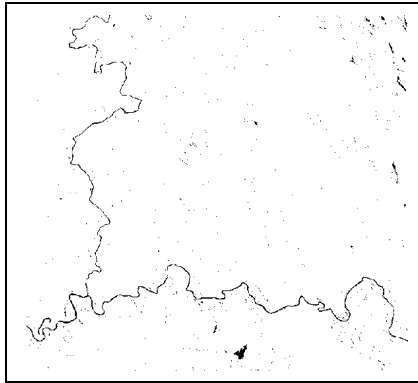
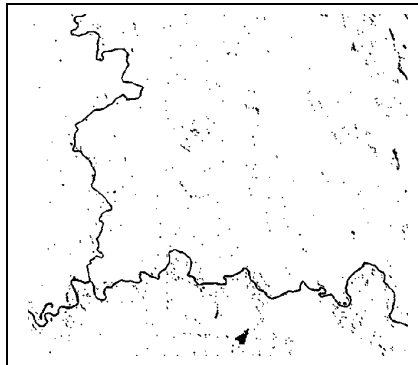


Figura 4 – Resultado da aplicação do operador *mminfrec*

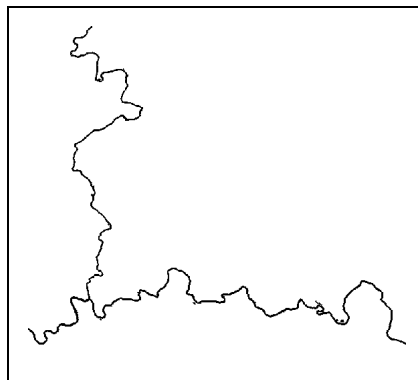
Em seqüência, aplicou-se o operador *mmthreshad* com limiar 100, com o objetivo de converter a imagem em tons de cinza em uma imagem binária. O limiar 100 foi adotado com base na análise do histograma da imagem. O resultado da aplicação deste operador está representado na Figura 5.

Figura 5 – Resultado da aplicação do operador *mmthreshad*

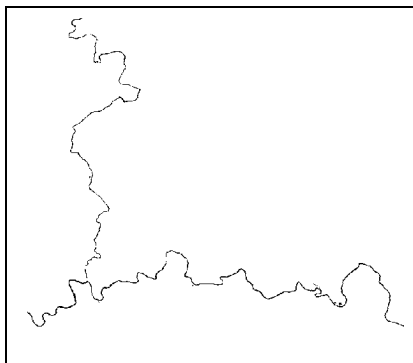
Na Figura 5, percebe-se grande quantidade de ruídos indesejáveis ao redor da drenagem e a descontinuidade da mesma. Com o objetivo de conectar os pontos ou regiões da feição de interesse, aplicou-se o operador *mmero*. A Figura 6 apresenta o resultado obtido com a aplicação do operador *mmero*.

Figura 6 – Resultado da aplicação do operador *mmero*

Pode-se notar, a partir da análise da Figura 6, que a feição de interesse encontra-se totalmente conectada, porém, aumentou a quantidade de ruídos. Aplicou-se o operador *mmareaclose* com limiar 395, com o objetivo de remover os ruídos contidos na imagem. O resultado da aplicação deste operador está na Figura 7.

Figura 7 – Resultado da aplicação do operador *mmareaclose*

Na Figura 7, nota-se claramente que os ruídos foram removidos, porém, a feição drenagem encontra-se com espessura maior do que na imagem original. Para resolver este problema foi necessário dilatar o fundo da imagem em relação à feição drenagem. O resultado obtido, após a aplicação do operador *mmdil* está apresentada na figura 8.

Figura 8 – Resultado da aplicação do operador *mmdil*

Nota-se pela figura 8 que feição de interesse foi extraída mantendo suas propriedades e características originais. A seguir, na Figura 9 a feição extraída foi sobreposta a imagem original com intuito de evidenciar que os resultados obtidos no processo de extração foram realizados de forma correta, preservando a integridade da feição drenagem que era de interesse para ser extraída. Mais importante ainda, é o fato que a explicação dos operadores morfológicos não alterou a posição da feição drenagem. A figura 9 ilustra o resultado obtido.

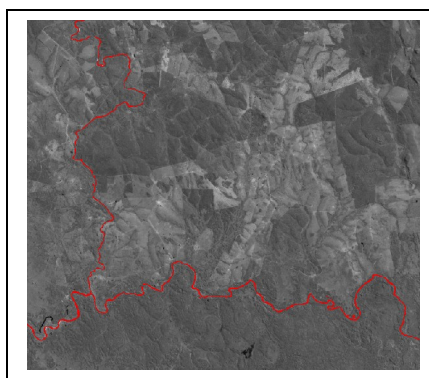


Figura 9 – Sobreposição

O resultado obtido na sobreposição mostra a eficiência alcançada no processo de extração da feição. Tal fato é de grande importância na área de cartografia uma vez que, os resultados obtidos podem ser utilizados em processos de atualização convencional de produtos cartográficos.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos comprovam a viabilidade quanto ao uso das ferramentas da Morfologia Matemática nos processos de melhoria da qualidade visual da imagem original e de extração da feição drenagem oriundo da imagem original de sensoriamento remoto utilizada.

A extração de redes de drenagem é importante na área de Cartografia, pois estas feições podem ser utilizadas em processos convencionais de atualização de produtos cartográficos que visem, por exemplo, a atualização de cursos de rios que foram desviados, delimitação da extensão de reservatórios de usinas hidrelétricas etc.

Almeja-se na continuidade, testar novos operadores em novas áreas testes com o objetivo de obter resultados ainda melhores.

8. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq/PIBIC e à FAPESP pelos apoios financeiros, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

9. REFERÊNCIAS

FACON, J. *Morfologia Matemática: Teorias e Exemplos*. Editora Universitária Champagnat da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba. 1996. xii. 320p: il.

SDC Information Systems. *SDC Morphology "Toolbox" For Matlab 5*. January 20, 1999.

SERRA, J. *Image analysis and mathematical morphology*. London: Academic Press, 1982. 610p.

SILVA, E. A. *Extração de feições cartográficas de imagens multiespectrais fundidas*. São Paulo:USP, 1995. 114p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da USP, 1995.