

# USO DA TEORIA DA MORFOLOGIA MATEMÁTICA EM CARTOGRAFIA

**Thiago Gonçalves Rodrigues**  
**Fernando Leonardi**  
**Erivaldo Antônio da Silva**  
**Universidade Estadual Paulista - Unesp**  
**Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT**  
**Departamento de Cartografia, Presidente Prudente - SP**  
{fernandoleonardi,tgrcat}@gmail.com; erivaldo@fct.unesp.br

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo detectar as pistas (raias) do hipódromo de São Paulo, por meio de utilização de ferramentas morfológicas. Foi utilizado um recorte de imagem Quickbird contendo o hipódromo. Os resultados obtidos mostram que a morfologia matemática para detecção de feições cartográficas em imagens digitais é viável e que os mesmos podem ser utilizados em processos convencionais de atualização cartográfica.

Palavras chaves: Sensoriamento Remoto, Morfologia Matemática, Detecção de Feições, PDI.

## ABSTRACT

This work has the aim of detecting the tracks of the Jockey of Sao Paulo, through the use of mathematical morphology tools. It was used a piece of Quickbird image containing the Jockey. The results obtained show that the mathematical morphology for cartographic features detection in digital images is possible and that these results can be used in conventional cartographic updating process.

Keywords: Remote Sensing, Mathematical Morphology, Features Detection, DPI.

## 1 INTRODUÇÃO

A detecção de alterações de feições da superfície terrestre é uma importante tarefa na área de cartografia.

O Sensoriamento Remoto se utiliza do Processamento Digital de Imagens (PDI) que envolve a manipulação e a interpretação de imagens digitais. Dentre as diversas ferramentas de PDI, a utilizada foi a Morfologia Matemática, a qual foi usada para o tratamento digital da imagem e para a detecção da feição.

Assim, este trabalho visou contribuir para a automação da área de Cartografia através da utilização integrada de dados de sensoriamento remoto com dados cartográficos convencionais, efetuando a detecção e a melhoria da qualidade visual das feições de forma semi-automática, procurando um produto de melhor qualidade e com integridade entre os dados.

A utilização da Teoria de Morfologia Matemática, na área de Cartografia, ainda não é totalmente difundida, mas os resultados obtidos em

trabalhos são interessantes e mostram o seu potencial de aplicação.

Neste trabalho a manipulação das imagens foi realizada na caixa de ferramentas (“*Toolbox*”) de Morfologia Matemática (MM) desenvolvida pela *SDC Information Systems*, que roda acoplada ao software MATLAB.

Os resultados obtidos neste trabalho foram satisfatórios e confirmam que os produtos gerados a partir do uso de rotinas morfológicas são viáveis na área de cartografia visando à atualização cartográfica.

## 2 OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é apresentar uma rotina morfológica para detectar a feição de interesse (hipódromo) a partir do uso da Teoria de Morfologia Matemática e PDI, com vistas a atualização cartográfica.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo a Associação Cartográfica Internacional (ACI) a definição de cartografia é o conjunto dos estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que intervêm na elaboração dos mapas a partir dos resultados das observações diretas ou da exploração da documentação, bem como da sua utilização.

Sensoriamento Remoto segundo Lillesand & Kiefer (1987), pode ser definido como sendo a ciência e arte de obter informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise de dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato físico direto com este objeto, esta área ou este fenômeno.

Dentre as várias ferramentas de PDI existentes que poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento dessa pesquisa, a teoria da Morfologia Matemática – MM foi a escolhida. Esta 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.

A Morfologia Matemática compreende a área que estuda propriedades topológicas e estruturais dos objetos a partir de suas imagens tendo como objetivo descrever quantitativamente as estruturas geométricas e funciona como uma técnica na concepção de algoritmos na área de PDI, contendo ferramentas básicas, como detectores de bordas e filtros morfológicos.

#### 3.1 MORFOLOGIA MATEMÁTICA

A Morfologia Matemática teve origem na França. As primeiras noções teóricas foram estabelecidas no período de 1964 e 1968, juntamente na época em que foi criado o Centro de Morfologia Matemática na Escola de Minas de Paris localizada em Fontainebleau (França).

Segundo Soille (1999), a Morfologia Matemática (MM) pode ser definida como uma teoria para a análise de estruturas espaciais. É chamada de Morfologia porque visa analisar a forma dos objetos. É Matemática no sentido que a análise está baseada em teoria ajustada, na geometria e na álgebra. Porém, a MM não é apenas uma teoria, mas é também uma poderosa técnica de análise de imagens.

O método de análise de imagens pela Morfologia Matemática é fundamentado na teoria de conjuntos e tem como objetivo principal analisar a estrutura geométrica das imagens a partir de uma malha retangular perfeitamente definida e conhecida chamada de elemento estruturante. Sendo assim, a Morfologia Matemática age sobre as imagens digitais a partir desses elementos.

#### 3.2 ELEMENTO ESTRUTURANTE

Segundo Facon (1996), 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 conhecido.

A morfologia age sobre imagens digitais a partir de elementos estruturantes geralmente definidos em uma malha retangular. Foram utilizados, neste trabalho, elementos estruturantes 3x3. O elemento DEFAULT do operador skiz é o *secross*, mas também foram feitos testes com o *sebox*.

As figuras 3.1 e 3.2 apresentam os elementos estruturantes utilizados.

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Figura 3.1: *secross*

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Figura 3.2: *sebox*

A figura 3.1 apresenta o elemento *secross*. Este operador cria um elemento estruturante B por R adições do elemento cruz com ele mesmo.

$$B = \textit{secross} (R)$$

Onde

R – raio do elemento estruturante;

B – elemento estruturante.

A figura 3.2 apresenta o elemento *sebox*. Este operador cria um elemento estruturante B por R adições do elemento máscara cheia com ele mesmo.

$$B = \textit{sebox} (R)$$

Onde

R – raio do elemento estruturante;

B – elemento estruturante

#### 3.3 TOOLBOX

A “*toolbox*” (caixa de ferramentas) de Morfologia Matemática foi desenvolvida pela *SDC Information Systems*. Ela é um conjunto específico de arquivos que têm como plataforma o software MATLAB. Nela estão contidos os operadores morfológicos que foram utilizados neste trabalho.

De modo geral é possível entender a “*toolbox*” como sendo um conjunto especializado de arquivos para trabalhar em classes particulares de problemas.

#### 4 ÁREA TESTE

A área teste escolhida é um recorte pertencente a cidade de São Paulo – SP, cujo alvo de interesse são as pistas do hipódromo. Este recorte de imagem foi escolhido por estar disponível no banco de dados do grupo de pesquisa. Na Figura 4.1 é mostrada a área teste.

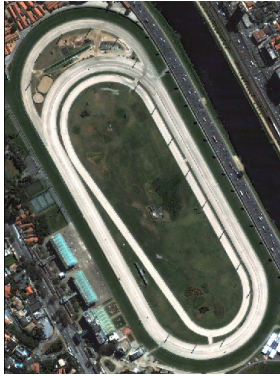


Figura 4.1 – Imagem Original

#### 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento foram: um recorte de imagem, carta topográfica da região homóloga da imagem, micro computador e os softwares Matlab e Adobe PhotoShop.

A manipulação das imagens foi realizada na caixa de ferramentas “*Toolbox*” de Morfologia Matemática (MM) desenvolvida pela *SDC Information Systems*, que roda acoplada ao software MATLAB.

Antes da detecção das pistas do hipódromo, foram aplicadas rotinas morfológicas visando a melhoria da qualidade visual das pistas com o intuito de facilitar o processo de detecção.

Após a detecção, o resultado obtido foi sobreposto ao mapa digital. Tal processo teve por objetivo comprovar o potencial do uso das ferramentas morfológicas.

A carta topográfica referente ao hipódromo foi convertida para o formato digital por meio da utilização de um scanner. Para o georreferenciamento foram utilizados seis pontos de controle, sendo estes correspondentes ao cruzamento entre paralelos e meridianos da carta topográfica.

Foram aplicados os filtros convencionais Gradiente e Sobel sobre a imagem original com o propósito de realizar a comparação visual do resultado obtido com o processo de detecção morfológica com métodos convencionais.

Para a realização deste trabalho, as etapas desenvolvidas foram:

- 1 Definição da área teste;
- 2 Desenvolvimento e aplicação de rotinas para a melhoria visual das feições cartográficas detectadas;
- 3 Detecção da feição de interesse;

- 4 Georreferenciamento da carta topográfica e do hipódromo detectado via MM;
- 5 Vetorização do resultado da detecção do Hipódromo;
- 6 Sobreposição da feição detectada via MM sobre a carta topográfica;
- 7 Apresentação do resultado morfológico;
- 8 Apresentação da comparação do resultado morfológico com métodos convencionais;
- 9 Análise dos resultados obtidos;
- 10 Conclusão;

Utilizou-se para os processamentos morfológicos um recorte de imagem contendo o hipódromo como feição de interesse, localizada na cidade de São Paulo – SP. Esta imagem foi obtida a partir do satélite QuickBird, com resolução espacial de 1m no modo multiespectral, órbita Polar e heliossíncrona, sendo escolhida por conter feições cartográficas de interesse (hípica) .

#### 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O primeiro passo foi converter a imagem multiespectral para níveis de cinza, para iniciar os processamentos morfológicos. A Figura 6.1 mostra a imagem em níveis de cinza.



Figura 6.1 – Imagem em níveis de cinza

A partir da conversão da imagem em níveis de cinza, deu-se início ao pré-processamento. O hipódromo destacou-se mais em relação as demais feições presentes na imagem após o pré-processamento, e como o resultado obtido nesta etapa é melhor que a imagem original, a imagem pré-processada foi utilizada como imagem de entrada. Deve-se ressaltar que os parâmetros utilizados nas funções variam conforme os alvos presentes na imagem e os valores de brilho dos mesmos. Foram empregados os que melhor se adequaram a imagem e apresentaram melhores resultados. A escolha deles, na maioria das vezes, foi feita com base na análise do histograma da imagem.

Sendo assim, o primeiro operador utilizado foi o *histeq*, cujo objetivo foi aumentar o contraste entre as feições.

Na seqüência, aplicou-se o operador *hbasin*, que tem a função de remover valores com contraste menor que o limiar estipulado pela função, através da reconstrução da imagem em tons de cinza.

O próximo operador empregado foi o *addm*, cuja função é criar uma nova imagem pela adição de outras duas, com saturação.

Terminada a etapa de pré-processamento, a imagem foi binarizada com limiar 240. Tal valor foi obtido pela análise do histograma da imagem. Os valores de pixels que estavam abaixo do limiar estipulado assumiram o valor "0" (preto) e os valores que estavam acima do limiar recebiam valor "1" (branco). O resultado da aplicação deste operador é ilustrado na Figura 6.2.



Figura 6.2 – Imagem binarizada

Na seqüência, aplicou-se o operador *areaopen*, com limiar 3100. Esse operador tem por objetivo remover qualquer componente com área menor que um valor estipulado em uma imagem binária.

Na etapa seguinte, a imagem foi dilatada pelo operador *dil*, com o propósito de conectar as discontinuidades das raias do hipódromo. Vale ressaltar que a dilatação é um operador fundamental para a construção de todos os outros operadores morfológicos, sendo chamado operador elementar de Morfologia Matemática.

Com o intuito de remover os ruídos restantes, aplicou-se o operador *areaopen* novamente.

Em seguida, a imagem foi erodida pelo operador *ero*, retomando a sua forma original, devido a mesma ter sido dilatada em uma das etapas anteriores.

A partir da análise da imagem, foi possível detectar ruídos no interior das raias, o que levou a aplicação do operador *areaclose*, com limiar 100, para a remoção desses.

Para finalizar, aplicou-se o operador *close*, com o objetivo de gerar o fechamento morfológico da imagem. O resultado final do processo de detecção está apresentado na Figura 6.3.

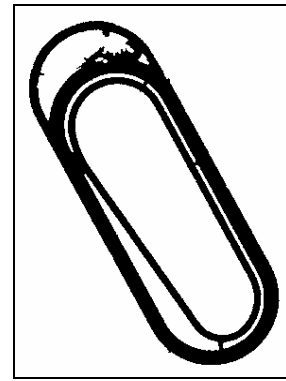


Figura 6.3 – Hipódromo detectado

Para comprovar visualmente que a feição foi totalmente detectada, realizou-se a sobreposição das pistas do hipódromo detectado sobre a imagem original, conforme Figura 6.4.



Figura 6.4 – Resultado Morfológico sobreposto

Da análise da Figura 6.4, comprova-se que o processo de detecção via morfologia matemática não gerou deslocamento posicional das feições na imagem. Isto é importante, pois garante que as feições detectadas podem ser utilizadas em processos de atualização cartográfica.

## 6.1 APLICAÇÃO DOS FILTROS SOBEL E PREWITT

Realizou-se a aplicação dos filtros de Sobel e Prewitt, na imagem contendo o hipódromo com o propósito de efetuar a comparação visual entre o resultado morfológico obtido e os métodos convencionais.

Com o intuito de facilitar a comparação, os resultados obtidos com a aplicação dos filtros e os obtidos pela morfologia estão apresentados em conjunto. Na Figura 6.5 são apresentados os resultados da aplicação dos filtros.

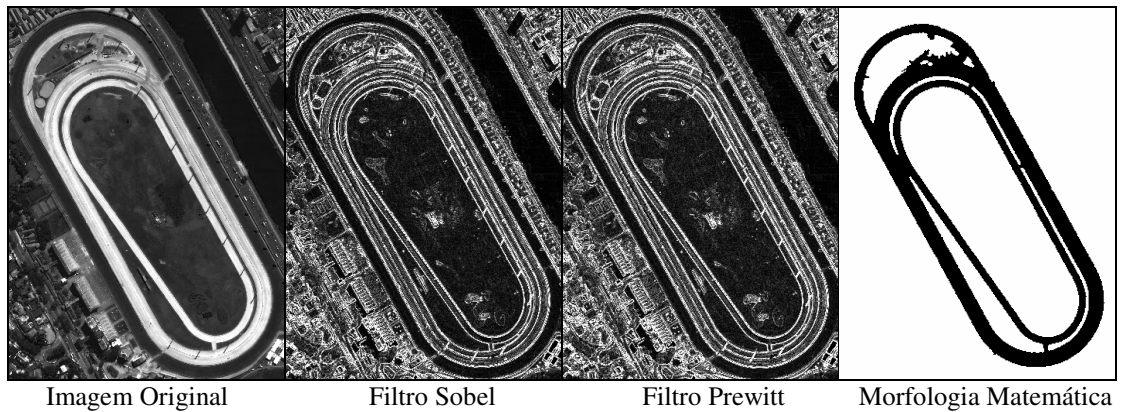


Figura 6.5 – Resultado da aplicação dos filtros

Analisando os resultados apresentados na Figura 6.5, percebe-se que os obtidos por métodos convencionais apresentam maior segmentação ao redor da feição de interesse, o que dificulta o processo de atualização e confirma a potencialidade da morfologia matemática na detecção de feições cartográficas.

## 6.2 SOBREPOSIÇÃO DO RESULTADO OBTIDO VIA MM NA CARTA TOPOGRÁFICA

Para comprovar que a detecção da feição a partir dos operadores morfológicos atendeu os objetivos esperados, foi realizada a sobreposição da feição detectada no processamento com a base digital da região homóloga na carta topográfica.

A sobreposição foi efetuada com o uso do software *Spring*.

Primeiramente, foi necessário “scanear” a área da carta topográfica correspondente a área teste utilizada. Estando a carta topográfica no formato Raster, a imagem foi referenciada no software *Spring*.

Na seqüência, realizou-se o georreferenciamento da carta topográfica utilizando as coordenadas UTM do retângulo envolvente do recorte da carta topográfica. Estando a carta georreferenciada, o próximo passo foi selecionar os pontos de controle a serem utilizados no processo de georreferenciamento do recorte da imagem de satélite contendo o hipódromo. Foram utilizados 6 pontos de controle para o georreferenciamento da carta topográfica e 6 para o recorte de imagem. A precisão obtida no georreferenciamento da carta foi de 0,96m e 0,87m para a imagem.

A partir do georreferenciamento do resultado obtido via MM, foi possível realizar a vetorização das pistas do hipódromo nas quais foram sobrepostas na carta topográfica. As Figuras 6.6 e 6.7 mostram o hipódromo vetorizado e sobreposto.

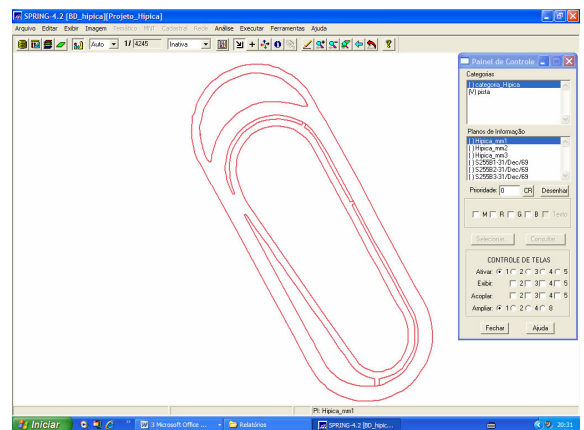


Figura 6.6 – Imagem vetorizada do hipódromo

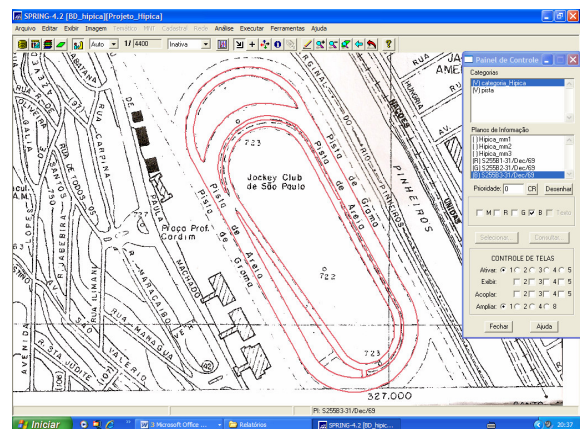


Figura 6.7 – Resultado da Sobreposição entre a imagem vetorizada e a Carta

Da análise das Figuras 6.6 e 6.7, depreende-se que a detecção foi realizada com sucesso e a sobreposição das feições homólogas foi correta.

Observando o resultado obtido é possível perceber que houve um ótimo “casamento” entre as feições cartográficas detectadas da imagem (vermelho) e o mapa digital da área teste, fato esse que vem comprovar o potencial de uso das ferramentas morfológicas contidas na “Toolbox” (caixa de ferramentas) de Morfologia Matemática como técnica alternativa à atualização de produtos cartográficos. As

pequenas diferenças no “casamento” das feições sobrepostas podem ser explicadas pelas raias do Hipódromo serem de areia e pela generalização cartográfica que foi efetuada na carta topográfica.

## 7 CONCLUSÕES

O resultado obtido atendeu aos objetivos quanto ao uso das ferramentas morfológicas em processos de melhoria da qualidade visual da imagem original na detecção das feições de interesse indicando que o resultado obtido pode ser utilizado em processos convencionais de atualização de produtos cartográficos.

Vale ressaltar que a escolha dos operadores e limiares adequados contribuíram sobremaneira para a detecção da feição, na qual o resultado indica que os processamentos morfológicos empregados foram adequados.

Todos os limiares adotados basearam-se na análise do histograma da imagem envolvida. A escolha adequada destes limiares é uma das chaves para que os resultados obtidos sejam os melhores possíveis, e com isso possam ser obtidos bons resultados sem que haja a necessidade de aplicar muitos operadores na imagem.

A partir do resultado obtido da sobreposição do hipódromo sobre a carta topográfica, fica comprovado que a detecção do alvo via morfologia matemática não causa alterações das feições bem como deslocamento posicional. O ótimo casamento do resultado sobre a carta topográfica deve-se ao fato da correta aplicação dos operadores morfológicos e do georreferenciamento.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

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

GOUTSIAS, J., HEIJMANS, H.J.A M. **Mathematical Morphology**. 2000. ISBN 1 58603 056 6.

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.

SDC MORPHOLOGY “TOOLBOX” FOR MATLAB 5, SDC “Information Systems”, June 28, 1999

BANON, G. J. F.; BARRERA, J. **Bases da Morfologia Matemática para análise de imagens binárias** – Recife, UFPE – DI, 1994, xii, 230p: il.

BAKKER, M. P. R. **Cartografia: Noções Básicas** - Rio de Janeiro: DHN, 1965. 242p.

HARLEY, J. B. **A nova história da Cartografia**. O Correio da UNESP, Rio de Janeiro, v. 19, n. 08, p. 3-9, ago. 1991.