

## Utilização de Equações Diferenciais Parciais para detecção de rodovias em imagens de alta resolução

Viviane Sampaio Santiago<sup>1</sup>  
Erivaldo Antônio da Silva<sup>1</sup>  
José Roberto Nogueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCT  
Caixa Postal 00 - 19060-900 - Presidente Prudente - SP, Brasil  
{vivisamp, silva.erivaldo}@gmail.com  
jrnog@fct.unesp.br

**Abstract.** The purpose of this study is to perform segmentation and noise removal in digital images of remote sensing. These images have become increasingly part of everyday life in order, which appear as a strategic tool for the future. The scanned images are used in weather forecasting, forest surveys, oceanographic, urban, agricultural and others. As a direct consequence of technological advances started in the last two decades, the development of theories aimed at a structural analysis of images from a computational point of view using as a tool essentially mathematical foundations. In this sense, the use of Partial Differential Equations in image processing has grown significantly in recent years. The basic idea is to modify a given image, curve or surface with a partial differential equation and obtain the expected results as the solution of this equation. In other words, the use of Partial Differential Equations in image processing, specifically in segmentation and elimination of noise, not only allows the use of good computational algorithms as well as the use of important theoretical results like existence and uniqueness of solution. The model used in this study was to Barcelos and Chen and numerical implementation of the model was performed with MATLAB. The idea of this study is purify the images and keep their main characteristics such as texture and preservation of edges.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, partial differential equations, edge detection, sensoriamento remoto, processamento de imagens, equações diferenciais parciais, detecção de bordas.

### 1. Introdução

Com as intensas modificações que estão ocorrendo nas cidades, rodovias e zona rural, a atualização cartográfica aparece como elemento fundamental para o mapeamento dos perímetros urbano e rural bem como da malha rodoviária. Nesse sentido, é essencial buscar meios para a realização dessas atualizações, para que as mesmas ocorram de forma objetiva e satisfatória.

A extração de rodovias utilizando imagens de sensoriamento remoto tem sido desenvolvida em vários trabalhos na área de processamento de imagens, contribuindo para o gerenciamento de tráfego e planejamento de áreas urbanas e industriais.

Segundo Dal Poz et.al. (2007), na área de ciências cartográficas, o problema de extração de feições tem sido de fundamental importância, há mais de duas décadas, na automação de processos de coleta de feições cartográficas, como edifícios, rios, estradas, etc.

Sendo assim, as rodovias são feições cartográficas que necessitam de atualização constante, devido ao seu dinamismo em função de modificações em sua forma ou textura.

A imagem utilizada neste trabalho é uma amostra de imagem adquirida através do satélite *Quickbird*, de alta resolução espacial, que oferece dados com 61 centímetros de resolução espacial no modo pancromático. Devido à alta resolução oferecida pelo satélite, possui aplicações diretas na área de mapeamentos urbano e rural que necessitam de alta precisão dos dados (cadastro, redes, planejamento, telecomunicações, saneamento, transportes).

Um problema ao trabalhar com imagens de alta resolução é a complexidade de sua estrutura, ou seja, a diversidade de alvos com diferentes formas, tonalidades e texturas, tais como casas, sombras de edifícios, automóveis e árvores (PÉTERI; CELLE; RANCHIN, 2003).

Neste sentido, o uso de equações diferenciais parciais (EDPs) em processamento de imagens de sensoriamento remoto produz resultados satisfatórios para a extração de feições, desde que sejam usados modelos adequados. A ideia básica é modificar uma dada imagem, curva ou superfície com uma equação diferencial parcial e obter os resultados esperados como solução desta equação.

Em outras palavras, o uso de EDP em processamento de imagens, mais especificamente em segmentação e eliminação de ruídos, possibilita não somente o uso de bons algoritmos computacionais como também, o uso de importantes resultados teóricos como existência e unicidade de solução.

Assim, alguns pesquisadores começaram a desenvolver modelos com a finalidade de retirar, ou pelo menos, minimizar os ruídos presentes em imagens digitais. A ideia é que esse processo purifique as imagens sem que sejam perdidas suas características principais, como textura e bordas.

O modelo utilizado no processo de suavização da imagem neste trabalho foi o modelo de Barcelos e Chen (2003) e a detecção de bordas foi realizada através do filtro de Sobel. Tanto a implementação do modelo quanto a detecção de bordas foram realizados em ambiente Matlab.

O modelo estudado parte de uma estrutura única, formulada a partir do modelo de Malik e Perona. Embora simples, o modelo de Malik e Perona é de grande importância, a ideia principal sugere uma suavização seletiva da imagem, onde a difusão é mais intensa em regiões homogêneas e menos em regiões de bordas.

Através de substituições e acréscimos de termos, o modelo de Barcelos e Chen (BC) explora as estruturas das equações diferenciais parciais obtendo resultados superiores. O objetivo desse trabalho é mostrar como a utilização do modelo adequado pode ser útil para suavizar e detectar bordas em imagens digitais de sensoriamento remoto, para extração de feições (no caso rodovias), com a finalidade de atualização cartográfica.

## 2. Metodologia de Trabalho

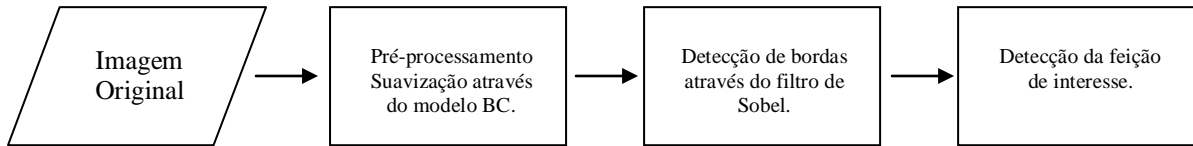
Para a realização deste trabalho foi utilizada uma imagem de alta resolução da rodovia Raposo Tavares, no entorno da cidade de Presidente Prudente/SP.

Segundo Barcelos et.al. (2008), a utilização de filtros lineares, embora bastante utilizados, nem sempre é o processo mais adequado para redução de ruídos, uma vez que distorcem as informações de bordas prejudicando a identificação e distinção das estruturas de interesse no processo de detecção das feições. A fim de diminuir as perdas nas regiões de bordas e suavizar as áreas homogêneas, uma alternativa é o uso de filtros não lineares baseado em EDPs.

O modelo proposto por Barcelos e Chen, trata da retirada de ruídos em imagens digitais, porém, há uma grande preocupação com relação à segmentação. Por isso, é um modelo que age de forma seletiva na eliminação de ruídos procurando manter o contorno da imagem o mais nítido possível.

Para a aplicação desse modelo, a implementação foi realizada no MATLAB, por isso, houve a necessidade de fazer um recorte na imagem adquirida, devido à baixa eficiência do software em processar imagens com grande dimensão.

O algoritmo para detecção de rodovias resume-se às etapas apresentadas abaixo:



**Figura 1.** Diagrama do algoritmo para detecção de rodovias

O pré-processamento consiste na aplicação do modelo BC para a eliminação de ruídos e pequenos detalhes que ocorrem na imagem.

O modelo Barcelos e Chen é obtido através da equação:

$$u_t = \alpha(x) \left[ \alpha(x) |\nabla u| \operatorname{div} \left( \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right) + \nabla \alpha(x) \cdot \nabla u - \beta |\nabla u| (u - I) \right] \quad (1)$$

Com

$$u(x, y, 0) = I(x, y)$$

E

$$\left. \frac{\partial u}{\partial n} \right|_{\partial R} = 0$$

Onde  $\alpha$  é a função que controla a velocidade do processo de difusão e  $\beta$  é um parâmetro. Deseja-se que as regiões homogêneas sofram grande suavização e que as regiões de contorno sejam preservadas. Uma boa escolha para  $\alpha$  é a função  $g$  dada por:

$$\alpha = g(|\nabla G_\sigma * u|) = \frac{1}{1 + k |\nabla G_\sigma * u|^2} \quad (2)$$

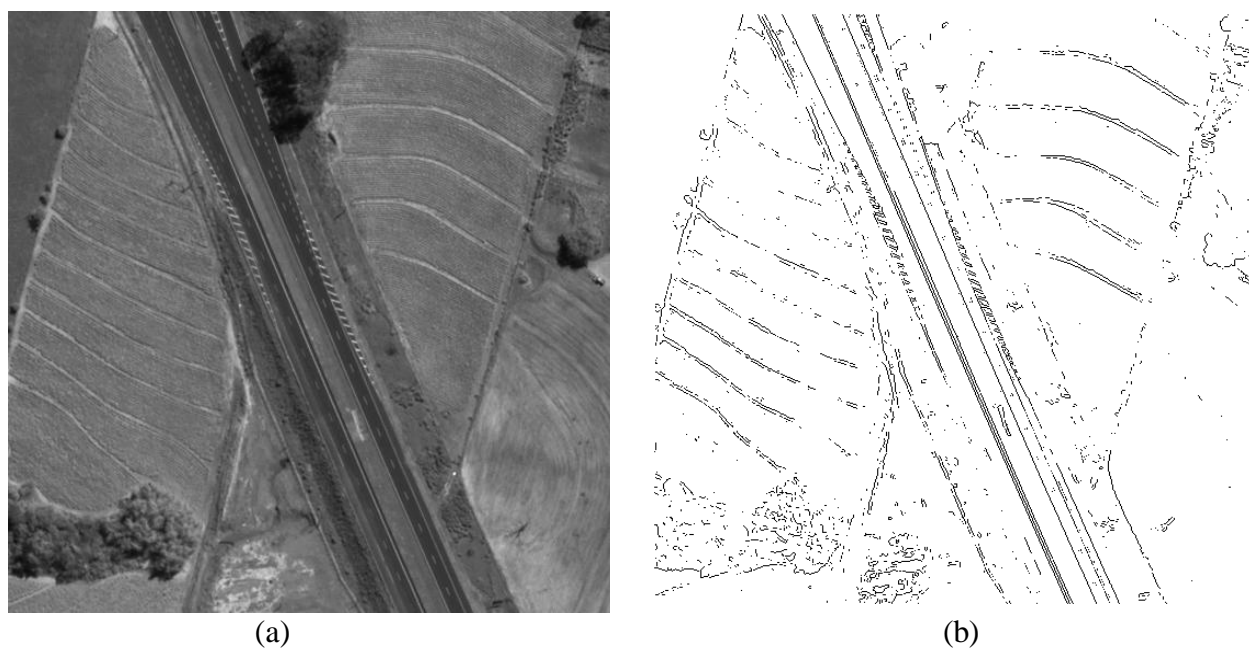
A cada termo da equação é atribuído uma função específica, como por exemplo, diminuição do processo de suavização próximo às regiões de contorno, o que produz efeitos notáveis na detecção de bordas.

A segunda etapa trata da detecção de bordas com o uso do filtro de Sobel, que é um filtro para extração de bordas que está na *Toolbox* para processamento de imagens do MATLAB

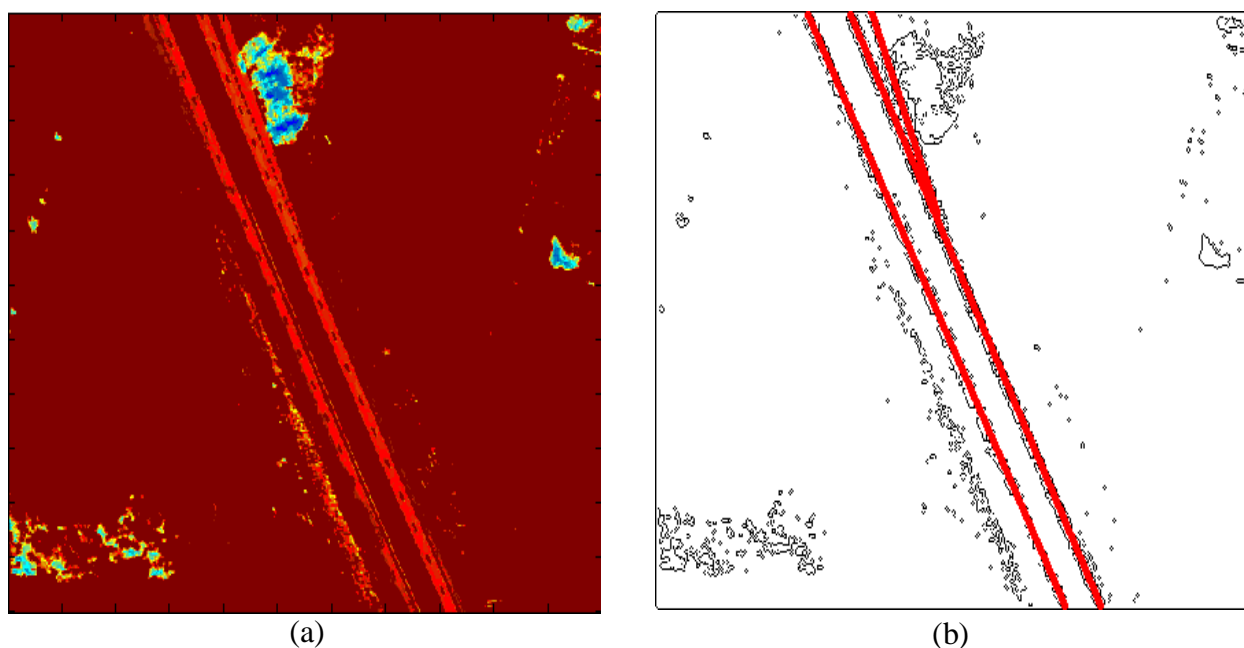
E, por fim, a última etapa consiste na visualização da feição de interesse.

### 3. Resultados e Discussão

Após a aplicação do modelo BC no recorte da imagem, ocorreu a suavização de alguns elementos. A cor vermelho escuro aparece predominantemente em áreas que representam plantio recente, ou seja, deixam o solo parcialmente exposto, vermelho claro para rodovias e azul/verde para árvores e/ou matas.



**Figura 2.** (a) Imagem original. (b) Segmentação da imagem original



**Figura 3.** (a) Imagem suavizada através do modelo BC com  $t = 20$ . (b) Segmentação de bordas da imagem suavizada.

É possível observar que a rodovia foi extraída de maneira satisfatória. E mesmo a presença de árvores, matas e demais tipos de vegetação não prejudicou o resultado final, visto que, é possível identificar os alvos da cena na Figura 3 - (a).

#### 4. Conclusão

O modelo proposto por Barcelos e Chen apresentou um bom resultado para a suavização da imagem. É possível perceber que as bordas da região de interesse (no caso a rodovia) são

preservadas enquanto a imagem é suavizada. Do ponto de vista computacional, o uso de equações diferenciais parciais é favorecido devido à característica explícita das equações, além da extensa quantidade de métodos numéricos encontrados na literatura.

### **Referências Bibliográficas**

BARCELOS, C.A.Z.; *Restauração e Análise de Imagens via Equações Diferenciais Parciais. Tendências em Matemática Aplicada e Computacional*, v. 3, n. 2, 2002, p. 1-13.

BARCELOS, C.A.Z.; CHEN, Y.; *Heat flow and related minimization problem in image restoration*, *Computers Mathematics with Applications*, v. 39, 2000, p. 81-97.

CHEN, Y.; VEMURI, B. C.; WANG, L.; *Image denoising and segmentation via nonlinear diffusion*, *Computers Mathematics with Applications*, v. 39, 2000, p. 131-149.

MIRANDA, J. I.; CAMARGO, J.; *Detecção de Bordas com o Modelo de Difusão Anisotrópica*. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 2007, p. 5957-5964.

PERONA, P.; MALIK, J.; *Scale space and edge detection using anisotropic diffusion*, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v. 12, nº 7, 1990, p. 629-639.

Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial. Disponível em: <<http://www.sat.cnpem.embrapa.br/conteudo/quickbird.htm>>. Acesso em 01 nov. 2010.