

# Identificação de Rodovias não pavimentadas em Imagens de satélite

João Luís Falcão Germano Alves <sup>1</sup>  
Vanessa Costa Maranhão <sup>2</sup>  
Profª Drª Ana Lúcia Bezerra Candeias <sup>3</sup>

UFPE - Departamento de Engenharia Cartográfica  
50670-901 Recife PE

<sup>1</sup>[joaoluisfalcao@yahoo.com.br](mailto:joaoluisfalcao@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>[Vanessa.maranhao@oi.com.br](mailto:Vanessa.maranhao@oi.com.br)

<sup>3</sup>[analucia@gmail.com](mailto:analucia@gmail.com)

**Resumo:** Este trabalho apresenta a identificação de estradas não pavimentadas, em imagens de satélite de média resolução. A partir do comportamento espectral entre os pixels observando sua semelhança com a área teste definida por classificação supervisionada da região de interesse. Levando em conta que estrada de terra têm respostas sobre a cena dependendo do pixels adjacentes. A metodologia é baseada no conceito de classificação sobre os segmentos da cena Landsat 5 TM (banda 3, 4 e 5) com análises realizadas através do software Envi 4.5. Tais análises de imagens digitais de média resolução das rodovias manifestam-se como faixas estreitas e alongadas cujos segmentos estão mais perto da resposta espectral de solo exposto do que os pixels adjacentes e, conseqüentemente, o alvo de extração torna-se o eixo de simetria de cada rodovia. O método aplicado atende todos os critérios estabelecidos para a extração eficiente de segmentos de rodovias em cenas rurais de maneira automatizada.

**Palavras chaves:** Rodovias não pavimentadas, classificação, método do Paralelepípedo.

**Abstract:** This paper presents the identification of unpaved roads in satellite images of medium resolution. From the spectral behavior between pixels noting its similarity to the test area defined by supervised classification of the region of interest. Taking into account that dirt road have answers on the scene depending on the surrounding pixels. The methodology is based on the concept of classification on the segments of the scene Landsat 5 TM (band 3, 4 and 5) with analysis performed using the software Envi 4.5. Such analyzes of medium-resolution digital images of roads manifest as narrow bands and elongated segments which are closer to the spectral response of bare soil than the surrounding pixels and, consequently, the target extraction becomes the axis of symmetry each road. The applied method meets all the criteria for the efficient extraction of segments of highways in rural scenes in an automated fashion.

**Keywords:** Unpaved roads, grading method, the Cobblestone.

## 1 Introdução

A abertura de estradas em solo nu ocasiona problemas significativos de erosão. Em sua maioria, as estradas em solo nu permanecem ainda não pavimentadas, com ausência de manutenção e cuidados na conservação de solo e água. A capacidade de identificação automática de estradas não pavimentadas a partir de imagens de sensores remotos se torna eficaz no planejamento ambiental e do zoneamento, quanto se trata de erosão e seus impactos. Ainda há a importância de preservação destas estradas não pavimentadas em algumas localidades devido às suas localizações dentro de Áreas de Preservação Ambiental APA, devendo os órgãos responsáveis zelarem por sua manutenção em condições de solo nu.

Um observador geralmente é capaz de identificar estradas não pavimentadas em imagens de média resolução. No entanto, o processo automático não é dado diretamente. Nesses casos estradas em solo nu têm largura inferior a 10 metros, enquanto um pixel da imagem do LANDSAT 5, por exemplo, cobre uma área de 30 por 30 metros. A aparência espectral de pixels cruzados por estradas não pavimentadas é por consequência muito mais determinada pela cobertura da vizinhança do que pela resposta espectral do solo exposto. Além disso, uma área coberta por uma cena pode compreender mais de um tipo de solo, o que diversifica o aspecto espectral de estradas não pavimentadas sobre a imagem.

Este trabalho propõe o uso de método de detecção automática de estradas não pavimentadas a partir de imagens multiespectrais de sensores remotos, de média resolução. A área de estudo aqui apresentada, localiza-se na divisa municipal de Pernambuco e Alagoas, e insere parte da APA Aldeia Beberibe.

Este artigo apresenta uma descrição detalhada do modelo proposto para uso como estratégia para a detecção e classificação de vias não pavimentadas utilizando procedimentos de geoprocessamento a partir do software ENVI 4.5 utilizando imagem de média resolução e em seguida uma avaliação de desempenho. O texto termina com conclusões gerais e indicações de trabalhos futuros.

## 2 Satélite Landsat

A NASA (National Aeronautics and Space Administration) lançou dos Estados Unidos no dia 23 de julho de 1972 o satélite chamando ERTS 1 – Earth Resources Technology Satellite, que logo após seu lançamento foi renomeado, passando a se chamar Landsat. Esses satélites são destinados a exploração dos recursos da Terra e desde 1972 foram lançados com sucesso uma série de seis satélites: 1, 2, 3, 4, 5, e 7.

O satélite LANDSAT 5 foi lançado em 01 de Março de 1984 e continua ativo até o momento, o seu objetivo é utilizar sensores multiespectrais para gerar imagens da superfície com média resolução espacial. Funciona em órbita equatorial a 705 km de altitude. O sensor TM (Thematic Mapper) a bordo do satélite LANDSAT 5 faz o imageamento da superfície terrestre produzindo imagens com 185 Km de largura no terreno, resolução espacial de 30 metros e 7 bandas espectrais. O tempo de revisita do satélite para imagear uma mesma porção do terreno é de 16 dias. (VRIELING, 2006; LIU, 2006).

A imagem de teste utilizada neste estudo foi a imagem do satélite LANDSAT-5, sensor TM composição das 7 bandas, 30 metros de resolução espacial e projeção Universal Transversal de Mercator (UTM – DATUM WGS-84), de zona 25S e coordenadas E=196490, N=9038880, datada de 17 de março de 2011, de nomenclatura LANDSAT\_5\_TM\_20110317\_214\_066\_L2.tiff, adquiridas gratuitamente no sítio Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>).

## 3 O sensoriamento remoto e o processamento digital de imagens

As tecnologias de geoprocessamento, dentre as quais, o sensoriamento remoto possui uma importância fundamental, têm sido disseminadas nas mais diversas áreas de atuação. Segundo Bastos (1993), a técnica de sensoriamento remoto está entre aquelas definidas como “tecnologia de ponta”, quer pelo seu alto grau de especialização, quer pela sua importância estratégica para subsidiar e proporcionar políticas de desenvolvimento sustentado.

Conforme Silva (2001), a função primordial do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto é a de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração da informação contidas nas imagens, para posterior interpretação. Nesse sentido, sistemas dedicados de computação são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens brutas. O resultado desse processo é a

produção de outras imagens, estas já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas.

As formas possíveis de manipulação de imagens são teoricamente infinitas. Entretanto, de um modo geral, podem ser categorizadas em um ou mais procedimentos que incluem quatro tipos abrangentes de operações computacionais: retificação e restauração de Imagens; realçamento de imagens; classificação de imagens; e combinação de dados (QUEIROZ, 2003).

No presente trabalho, abordamos o uso de classificação de imagens para extração de informações de estradas não pavimentadas utilizando as ferramentas do software ENVI 4.5. O ENVI é um software robusto desenvolvido pela SulSoft, com um conjunto de ferramentas profissionais para análise e processamento de imagens geoespaciais, que permitem extrair informação de imagens para vários tipo de utilização.

## 4 Classificação

A classificação de imagens refere-se à interpretação auxiliada por computador para a obtenção de informações específicas sobre determinados temas da superfície terrestre. Convém ressaltar que, embora alguns procedimentos permitam incorporar informações acerca de características das imagens como textura e contexto, a maior parte da classificação de imagens ainda baseia-se exclusivamente na detecção de assinaturas espectrais (isto é, padrões de resposta espectral) de classes de cobertura do solo. O sucesso com o qual isto pode ser feito depende de duas coisas:

- a) da presença de assinaturas distintas para as categorias de cobertura do solo de interesse no conjunto de bandas a ser usado; e
- b) da habilidade para distinguir com segurança estas assinaturas de outros padrões de resposta espectral que possam estar presentes.

A classificação apresenta-se de dois tipos: supervisionada e não supervisionada. A classificação supervisionada depende de amostras de treinamento que sejam representativas das classes presentes na imagem. Assim, o algoritmo classifica os pixels para cada classe. As amostras de treinamento devem ser em número representativo e uniforme. Enquanto que a classificação não supervisionada dispensa a definição do número de classes e das amostras de treinamento, uma vez que o algoritmo agrega pixels e o intérprete identifica as classes geradas pelo algoritmo.

Na classificação supervisionada há quatro tipos de algoritmos que podem ser utilizados : o método paralelepípedo que considera uma área na forma de quadrado ou paralelepípedo ao redor da amostra de treinamento, os lados constituem os chamados limites de decisão; o método da distância mínima até a média que atribui cada pixel à classe cuja média é mais próxima dele; o método da máxima verossimilhança que utiliza a média e covariância das amostras computando a probabilidade de um pixel desconhecido pertencer a uma ou outra classe. E o método da distância de Mahalanobis que é calculado considerando o espalhamento dos dados, inclusive a orientação de amostras de uma determinada classe.

Neste trabalho como as estradas sem pavimentação têm a resposta espectral de solo exposto então o processo de classificação supervisionada abordado envolveu testes dos quatro tipos de algoritmos, onde a avaliação da imagem classificada baseou-se na coleta de amostras testes numa imagem de referência da região de interesse, assumindo serem representativas da verdade terrestre. O método que obteve melhor resultado quanto a resposta espectral semelhante à amostra teste supervisionada para solo nu nos nossos procedimentos com o ENVI foi o de paralelepípedo, logo abordamos então mais profundamente o conceito deste método e o procedimento que o usuário poderá utilizar para realizar os mesmos tipos de teste.

## 5 Método do Paralelepípedo

É o método mais simples de classificação e cada classe está definida em um intervalo  $[\min_c, \max_c]$  e onde:

$\min_c \rightarrow$  É o vetor de mínimo;  
 $\max_c \rightarrow$  É o vetor de máximo;

Por exemplo: Para 2 (duas) bandas – onde as classes são água e vegetação.

Objeto água:

$$\min_{CA} = \begin{bmatrix} \mu_{A1} - \sigma_{A1} \\ \mu_{A2} - \sigma_{A2} \end{bmatrix}$$

$$\max_{CA} = \begin{bmatrix} \mu_{A1} + \sigma_{A1} \\ \mu_{A2} + \sigma_{A2} \end{bmatrix}$$

Objeto vegetação:

$$\min_{CV} = \begin{bmatrix} \mu_{V1} - \sigma_{V1} \\ \mu_{V2} - \sigma_{V2} \end{bmatrix}$$

$$\max_{CV} = \begin{bmatrix} \mu_{V1} + \sigma_{V1} \\ \mu_{V2} + \sigma_{V2} \end{bmatrix}$$

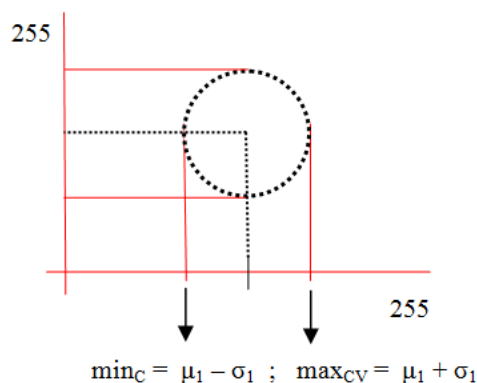


Figura 1 – Intervalo

Supondo um pixel P(P1, P2) para o exemplo com 2 (duas) bandas, se o valor de P não está no intervalo  $[\min_{CA}, \max_{CA}]$  e  $[\min_{CV}, \max_{CV}]$ , ou seja, no intervalo identificado com água e vegetação, este pixel não será classificado.

No método do paralelepípedo, em geral nem todos os pixels serão atribuídos a um **Cluster** (Classe ou Nuvem) e, portanto não serão classificados. A regra é estar dentro dos intervalos das classes.

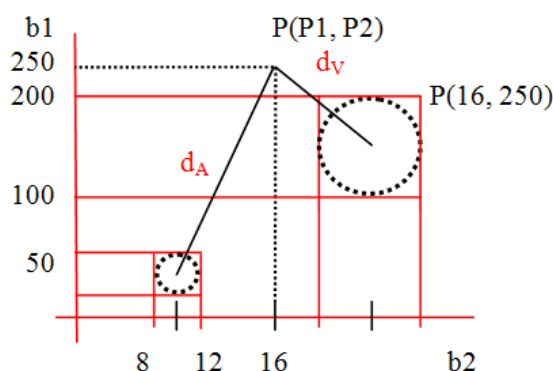


Figura 2 – Região do Cluster

## 6 Procedimento de Classificação pelo Método de Paralelepípedo no ENVI

Ao aplicar o procedimento descrito abaixo utilizando a composição das bandas 3, 4, 5 do satélite Landsat 5, o resultado não foi satisfatório na identificação automática das estradas no ato da classificação, pois existia na mesma porção da imagem escolhida pixels com mesma resposta espectral, posteriormente foi combinada as bandas 3, 2, 1 do mesmo satélite figura 3. Em seguida foi realizado o recorte da área de interesse atreves das operações de ROI do ENVI 4.5: utilizando o procedimento: *Basic Tools* → *Region Of Interest* → *ROI Tool*, obtendo como resultado a figura 4; Em seguida foi aplicado um filtro linear 0-255 em: *Enhance* → *[Image] Linear 0-255*, figura 5;



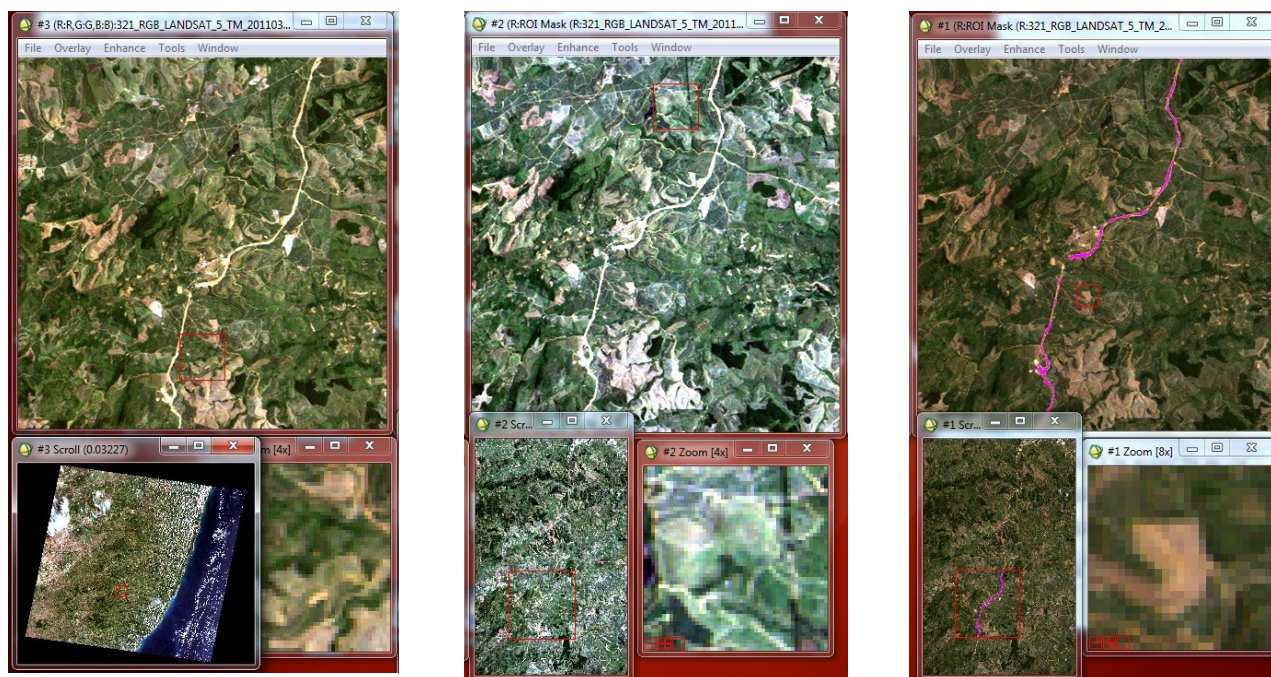


Figura 3 – Imagem Original (composição 3R,2G,1B Landsat 5); Figura 4 – Recorte da região de interesse na Imagem a partir do ROI; Figura 5 – Imagem após aplicação do Filtro.

Gerou-se um novo ROI das estradas não pavimentadas denominado de *soloexposto.ROI*, Empregando a classificação supervisionada pelo método do paralelepípedo, figura 6;

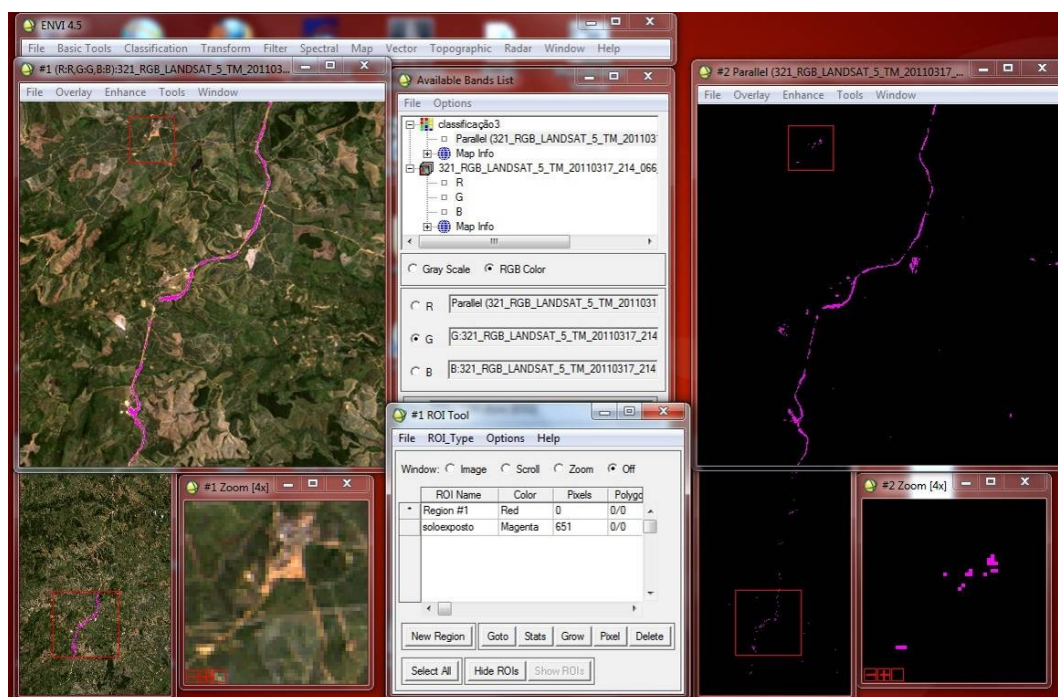


Figura 6 – ROI das estradas não pavimentadas e classificação pelo método do Paralelepípedo.

Ao aplicar a classificação notou-se a presença de resíduos que não fazem parte das estradas não pavimentadas principais, a fim de resolver este problema, foi realizada a adequação do histograma da imagem em questão, figura 7;

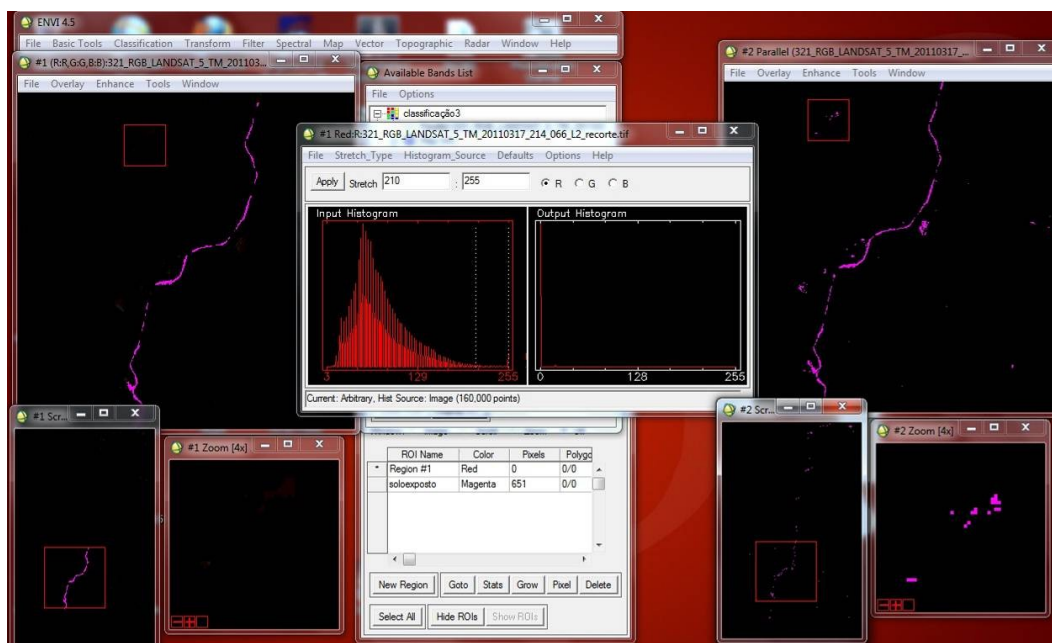


Figura 7 - Adequação do histograma para eliminação de resíduos.

O processo de classificação supervisionada deste trabalho envolveu testes dos quatro tipos de algoritmos. A avaliação da imagem classificada baseou-se na coleta de amostras testes numa imagem de referência da região de interesse, assumindo serem representativas da verdade terrestre. Os pixels foram confrontados na imagem gerando a matriz de erros, onde as linhas representam as classes na imagem de referência e as colunas são associadas às classes geradas na classificação. De posse destes dados, obteve-se o índice Kappa, bem como os erros de comissão, ou seja, pixels omitidos de sua correta classe e assinalado em outra classe e erros de comissão, pixels erroneamente incluído em uma dada classe quando deveria estar em outra.

Neste caso, como apenas a classificação já atendeu as expectativas, não se fez necessário a utilização de outro método de classificação: binarização (por meio da transformação HSV) que é outra técnica de classificação, para melhorar ainda mais o resultado, bem como uma nova adequação do histograma após este procedimento. Em outras ocasiões, além da binarização, quando não se faz suficiente na separação das feições para atingir um resultado, pode-se utilizar outros filtros bem como de: abertura, fechamento, erosão e dilatação.

## 7 Resultados

Visando o uso de uma ferramenta para preservação de estradas não pavimentadas, lembrando da necessidade de manutenção e monitoramento desse tipo de estradas em Áreas de Preservação Ambiental. Como melhor resultado para a resposta espectral de solo exposto, observou-se para estradas não pavimentadas um melhor comportamento no uso do método de Paralelepípedo.

## 8 Referências

**CAZES, T. B.; FEITOSA, R. Q.; COUTINHO, H. L. C.; GOMES, O. F. M.** *Deteção automática de estradas não pavimentadas em imagens de média resolução*, Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3511-3518.

**CEPSRM** *Processamento digital de imagens* Disponível em:  
<<http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/pdi.html>> acesso: 14 novembro 2011.

**CPRM** *Pré-Processamento de Imagens do Sensor ASTER - Programa Envi* Disponível em:  
<[http://www.cprm.gov.br/publique/media/sensor\\_aster.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/sensor_aster.pdf)>

**CUNHA, M. C. da** *Caracterização das Estradas Rurais Não Pavimentadas como elementos presentes na paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, Guarapuava-PR*, Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino. Campo Mourão - PR, Vol. 01, Nº 02, p.73 - 91, 2º Semestre / 2010 ISSN 2178-3306

**EMMERT, F.; PEREIRA, R. S.; REZENDE, A. V.; ENCINAS, J. M. I.** *Geoprocessamento como ferramenta de apoio à gerência de pavimentos em estradas florestais (geoprocessing as a support tool the management of forest roads pavement)* Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 81-94, jan.-mar., 2010 ISSN 0103-9954

**ENVI** Disponível em: <[http://www.envi.com.br/index.php?link=Conheca\\_Envi](http://www.envi.com.br/index.php?link=Conheca_Envi)>

**ISHIBASHI, R.** *Extração de segmentos de rodovias em imagens de resolução variadas usando o princípio de bordas paralelas* / Regina Ishibashi. - Presidente Prudente : [s.n], 2008 136 f. : il.

**PEDRINI H. , SCHWARTZ W. R.**, *Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações*. Editora: Thomson, São Paulo-SP-Brasil, 2008

## **Agradecimentos**

Os autores deste artigo agradecem aos amigos George França, Benoit Rozo e Ana Lúcia Bezerra pelas sugestões, correções e suas fundamentais importâncias para dirimir dúvidas no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.