

# Detecção e delimitação de Veredas a partir de imagens ALOS PALSAR e ALOS AVNIR

Bernardo Costa Ferreira <sup>1</sup>

<sup>1</sup> TOPOCART – Topografia, Engenharia e Aerolevantamentos  
SDS - Edifício Miguel Badya, Bloco L, n. 30 - Salas 301 / 310  
Brasília-DF - Brasil - CEP: 70.394-90  
bernardo@topocart.com.br

**Abstract.** The areas where palm swamps (veredas) occur is restricted to very specific conditions always associated with river systems and mostly flat topography. In the Brazilian Federal District these areas are being occupied in a disorderly and incorrect manner, given their fragile capacity for resistance and support of anthropomorphic pressures such as the removal of vegetation cover, surface earthworks and wastewater residue dumping. Synthetic-aperture radar (SAR) images are well suited for studying palm swamps because of their wetland signatures and, together with optical imagery, constitute a powerful tool for the mapping of these ecosystems. The methodology constructed a Hydrologically Correct Digital Elevation Model that, when associated with Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) and Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer (AVNIR) images, allows for the precise delimitation of heavily anthropomorphized areas of palm swamps by means of segmentation and classification routines in MATLAB. Seeking a complex approach, the methodology uses a buffer zone around the hydrographic network and the area of project, requiring sample data to be collected within the study area, collected using dual frequency GPS post-processing and with local experienced inhabitants who knew the area before its current state. The used images are proceeding from sensors PALSAR and AVNIR on board Japanese satellite ALOS.

**Palavras-chave:** palm swamp, segmentation, classification, SAR, AVNIR, veredas, segmentação, classificação.

## 1. Introdução

A área de ocorrência das Veredas apresenta-se subordinada às características ambientais que possibilitaram sua evolução, pertencentes à região dos Cerrados, com suas particularidades e sistemas específicos (FERREIRA, 2005). No Distrito Federal essas áreas vêm sendo ocupada de forma desordenada e incorretamente, dada sua frágil capacidade de resistência e suporte a pressões antrópicas, tais como a retirada da cobertura vegetal, o aterro de sua superfície e o lançamento de resíduos de esgoto.

As Veredas em si se constituem em um subsistema do Cerrado brasileiro e desempenham papel essencial por serem repositórios naturais de água, sendo descritas por Guimarães Rosa (1956) como os Oásis do Sertão devido à disponibilidade perene deste recurso em áreas onde existe sua escassez boa parte do ano. Sua fitofisionomia é bem definida, quase sempre com a presença da *Mauritia vinifera*, o Buriti, descrito pelo autor citado como Palmeira de Deus, sempre associada ao terreno encharcado e rico em matéria orgânica, os solos Hidromórficos.

Por essas características – ser repositório de água, ter os buritis (fonte de subsistência para a fauna), servir de corredores ecológicos, etc. – uma Vereda tem papel desproporcional à área que ocupa: devastar uma vereda de alguns km<sup>2</sup> pode equivaler a destruição do equilíbrio de centenas de km<sup>2</sup> de cerrado (MAILLARD & SILVA, 2007).

Imagens de Radar com abertura sintética – SAR, são perfeitamente aplicáveis em estudos de Veredas por seu potencial de detecção de áreas úmidas e limitadas pelo fato de adquirirem apenas uma banda e ao ruído adicional (*speckle*). Para otimizar a detecção foi utilizada juntamente uma imagem ótica com as bandas vermelho, verde, azul e infravermelho próximo. Tanto a imagem SAR como a imagem ótica são oriundas dos sensores PALSAR e AVNIR à bordo do Satélite japonês ALOS. Adicionalmente foram utilizados métodos de classificação a partir dos campos aleatórios de Markov (CAM) e de segmentação como o K-MEANS, pelo sucesso alcançado e descrito em literaturas consultadas com aplicações de segmentação e classificação de imagens SAR.

## 1.1 Objetivos

O objetivo deste artigo é apresentar o estudo que foi realizado com a finalidade primaz de apresentar uma metodologia nova para dirimir as dúvidas acerca dos limites reais das Áreas de Preservação Permanente – APP de Vereda, da futura Região Administrativa de Vicente Pires no Distrito Federal em resposta aos anseios do órgão licenciador, o IBAMA-DF. A delimitação das APP de Vereda se tornou um elemento chave para o prosseguimento da avaliação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA do Setor Habitacional Vicente Pires.

Dentre as etapas principais deste trabalho podemos enumerar os seguintes: (1) determinação em campo da localização das nascentes e eixos de drenagem por meio de topografia; (2) elaboração de Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente incorporando as feições de drenagem e pontos de interesse, (3) detecção, por meio de sensoriamento remoto, das características do solo e da vegetação de interesse para as APP, (4) cruzamento dos dados oriundos de todas as fontes em ambiente computacional por meio de programação em ambiente MATLAB; (5) delimitação das APP dentro da legislação pertinente.

## 1.2 Área de Estudo

A área de estudo está situada dentro dos limites do Distrito Federal nas coordenadas geográficas  $48^{\circ}03'56''$  O /  $15^{\circ}50'16''$  S e  $47^{\circ}59'07''$  O /  $15^{\circ}45'56''$  S (Figura 1), possuindo ampla e bem consolidada ocupação urbana com algumas propriedades que ainda mantêm o uso do solo original da área, predominantemente rural. Sua dimensão total se apresenta com 2.799,84 ha, com 24.849,24 m de perímetro e está totalmente incluída no Bioma do Cerrado.

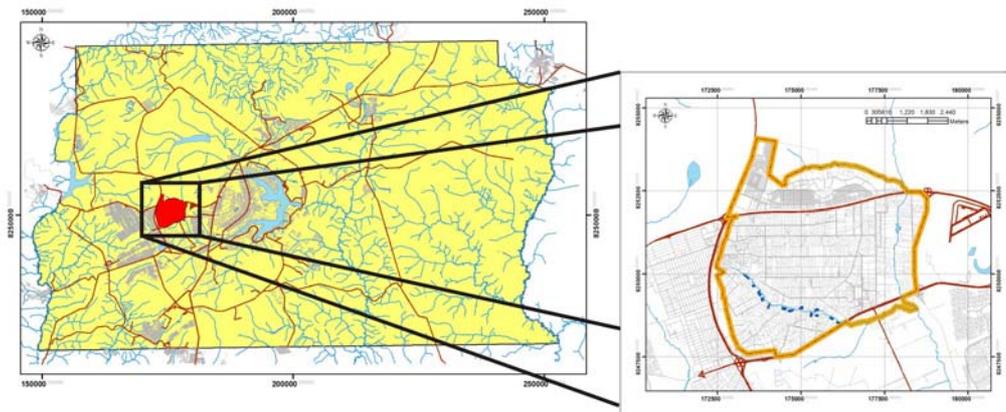


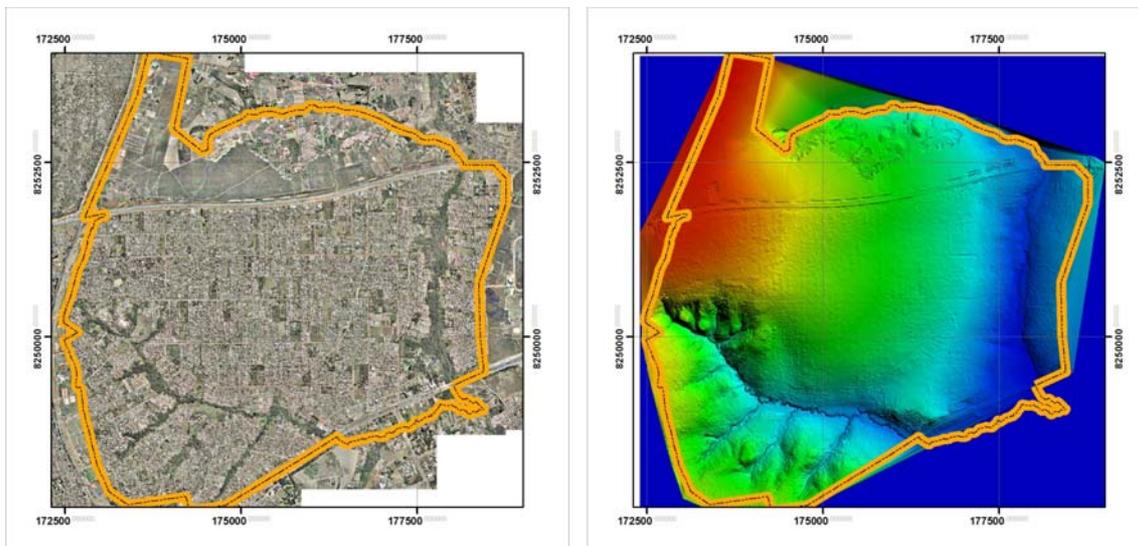
Figura 1. Localização do Setor Habitacional Vicente Pires.

## 2. Metodologia de Trabalho

Inicialmente foram realizadas visitas à área de estudo fundamentados em análises prévias realizadas nas ortofotos com 20cm de resolução, de forma a conhecer as características do solo, o posicionamento dos afloramentos de água, adquirindo pontos GPS para verificação e definição do domínio morfométrico da área de Vereda, posto que um elemento essencial na sua classificação é a faixa altimétrica que se encontra. As verificações se deram dos dois lados do córrego Vicente Pires. Foi gerado um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente com resolução espacial de 50cm (Figura 2) que possibilitou determinar o primeiro elemento de análise do domínio de Vereda como sendo a faixa altimétrica entre as cotas de 1.069m a 1.089m.

Excetuando-se alguns pontos que realmente consistiam em nascentes, os restantes dos afloramentos de água se localizavam dentro do domínio dos solos hidromórficos que é a uma

das características da Vereda foram incorporados à sua delimitação. A partir dessa área foi delimitada a projeção definida na lei.



**Figura 2.** À esquerda mosaico realizado com as ortofotos do aerolevanteamento realizado pela TOPOCART em 2007. À direita o Modelo De Elevação Hidrologicamente Consistente com 50 cm de resolução.

Segundo o Item III do Art. 3º da Resolução 303 de 20 de Março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente a Vereda é *um espaço brejoso ou encharcado, que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d'água, onde há ocorrência de solos hidromórficos, caracterizado predominantemente por renques de buritis do brejo (*Mauritia flexuosa*) e outras formas de vegetação típica.* Ainda no Item IV do Art. 3º desta resolução, a APP é *definida em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado.*

O Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente associado à fotointerpretação do sobrevôo realizado pela TOPOCART em 2007 possibilitou a leitura de sua possível área, porém seria necessário observar o domínio dos solos que já se encontravam bastante modificado em alguns pontos.

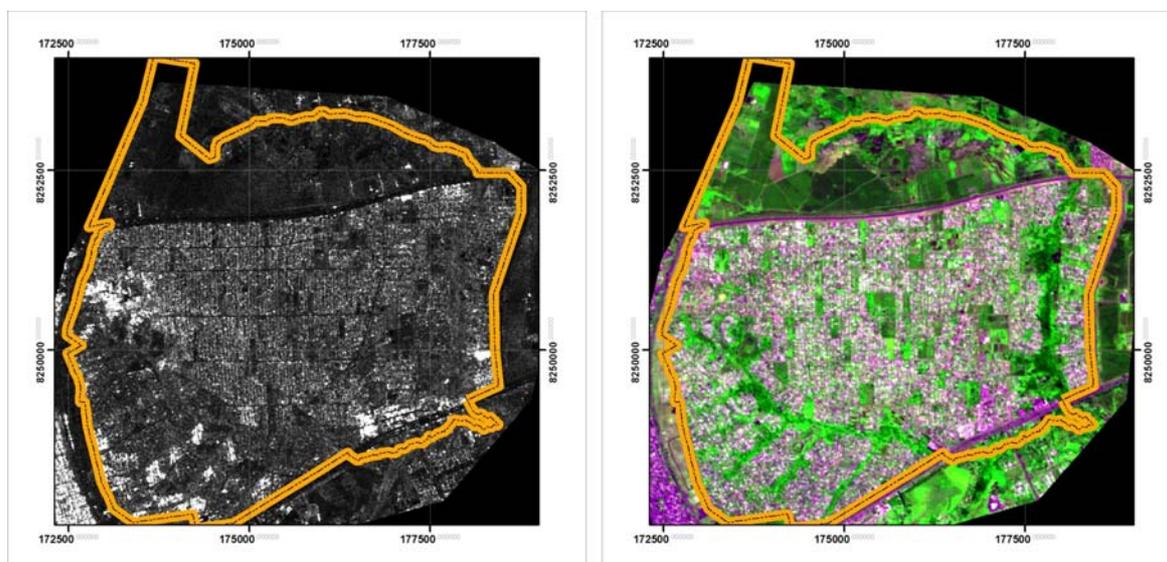
A determinação da área da Vereda foi dificultada, sobretudo, pelo alto grau de ocupação por condomínios e casas isoladas que terminaram por aterrar a área nas quais se estabeleceram, descaracterizando o comportamento do solo. Para contornar esse problema foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto associados à programação orientada a objetos.

### **2.1.1. O Uso de Imagem ALOS PALSAR e ALOS AVNIR**

Tendo por finalidade a leitura do solo e do comportamento da Vereda foi utilizado uma imagem do sensor ALOS PALSAR e AVNIR. O PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*) é um radar de abertura sintética (SAR) a bordo do satélite ALOS. É um sensor ativo de microondas que opera em banda L e observa a Terra em modo refinado ou em escaneamento. O AVNIR (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*) é um sensor de 4 (quatro) bandas espectrais que atua na faixa do visível e do Infravermelho Próximo.

O módulo Fine (refinado de precisão) pode capturar imagens de dia ou de noite com precisões variáveis (média de 10m). A resolução obtida com o *range* para nossa imagem criou um *pixel* de 6.25m e foi capaz de adquirir informações que auxiliaram na classificação da tipologia do solo, rugosidade, quantidade de água, reflectância, etc. O módulo AVNIR captou uma imagem nas Bandas Verde, Azul, Vermelho e Infravermelho Próximo com pixel de 10m.

Os processamentos que se seguiram objetivaram isolar a frequência radiométrica referente à presença de água em alto grau no solo e a resposta que indicaria os solos Hidromórficos; bem como a vegetação com alto índice de água nas suas folhas por meio do Infravermelho e Infravermelho Próximo, que é uma característica da vegetação na área das Veredas. Na Figura 3 podemos observar as imagens de ambos os sensores após a ortorretificação e tratamentos.



**Figura 3.** À esquerda imagem ALOS PALSAR com 6.25m de resolução após ortorretificação e eliminação de ruído. À direita imagem ALOS AVNIR na composição 3(R), 2(G) e 1(B) após ortorretificação e correção radiométrica.

A imagem dos dois sensores é de fevereiro de 2008. Todas as imagens foram processadas geometricamente e ortorretificadas em conformidade com o Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD.

### 2.1.2. Processamento de Imagens

A imagem PALSAR teve correção de terreno por meio do Modelo Digital de Elevação realizada no programa MAPREADY da ASF que estabilizou seus níveis radiométricos pela correção nos alvos. Como o sensor fica iluminando a Terra por um tempo elevado para captação dos sinais, os mesmos ficam distorcidos na imagem bruta por conta das diferenças do terreno. A imagem AVNIR teve seus níveis de reflectância corrigidos para eliminar as perturbações atmosféricas e possibilitar a leitura dos níveis dos pixels em níveis estáveis.

Após as devidas correções as duas imagens foram submetidas à detecção. A imagem PALSAR foi submetida às rotinas desenvolvidas no MATLAB para estreitamento do sinal relativo aos solos com presença de água a partir de pontos coletados em campo. Com suas áreas de amostragem foram delimitadas e destacadas no ROI\_PAC. Estes processamentos ainda terminaram por ser de difícil leitura para um leigo e se apresentava bastante confusa.

Para atribuir uma diferença visual por meio de cores ao que foi detectado, a imagem AVNIR teve seu contraste aumentado, sobretudo no Infravermelho próximo e possibilitou a visualização das áreas de vegetação com maior densidade de água nas folhas, além de fornecer sinais relativos a reflectância de água, bem como alguns locais de solo exposto.

Vale ressaltar que as imagens foram adquiridas pelo satélite ALOS em período chuvoso, o que favoreceu o objetivo desse estudo.

### 2.1.3. Segmentação e Classificação

Foram utilizados para classificação das imagens resultantes do pré-processamento dois algoritmos: o MAMSEG e o K-MEANS, ambos com a linguagem desenvolvida para o MATLAB.

O MAMSEG (*Modified Adaptive Markov random fields SEGmentation*) em ambiente MATLAB pode trabalhar, além das informações radiométricas, com outras variáveis, tais como a altimetria por meio de um modelo digital de elevação ou a detecção do comportamento pela forma, com programação voltada para objetos. Se houverem sinais dispersos similares a uma área maior ele pode ser programado para incorporar esta área. Tal funcionalidade foi de suma importância para detectar a vereda (que é contínua espacialmente no terreno) posto que muito de sua área ocupada recebeu aterro e consolidação formada por construções e pavimentação, porém áreas menores abertas (terrenos sem construções) ainda emitiram estes sinais. Sua principal vantagem reside na possibilidade de aprendizagem do sistema, que permitiu a partir de uma entrada de dados em pontos de amostragem, treiná-lo para detectar o comportamento desejado.

O K-MEANS utiliza a radiometria ligada a uma tendência de corpos, ou seja, se houver uma tendência maior de uma variável detectada ele aumenta a probabilidade conectando as formas similares.

A detecção efetuada pelo MAMSEG demonstrou um sucesso maior, extrapolando a linha do visível e detectando focos de áreas sem aterro ou com parca consolidação. Em campo comprovou-se serem remanescentes de Vereda, parcialmente descaracterizada. O K-MEANS se delimitou a detecção da Vereda, remanescente, porém com uma fitofisionomia presente, sendo descartada como solução.

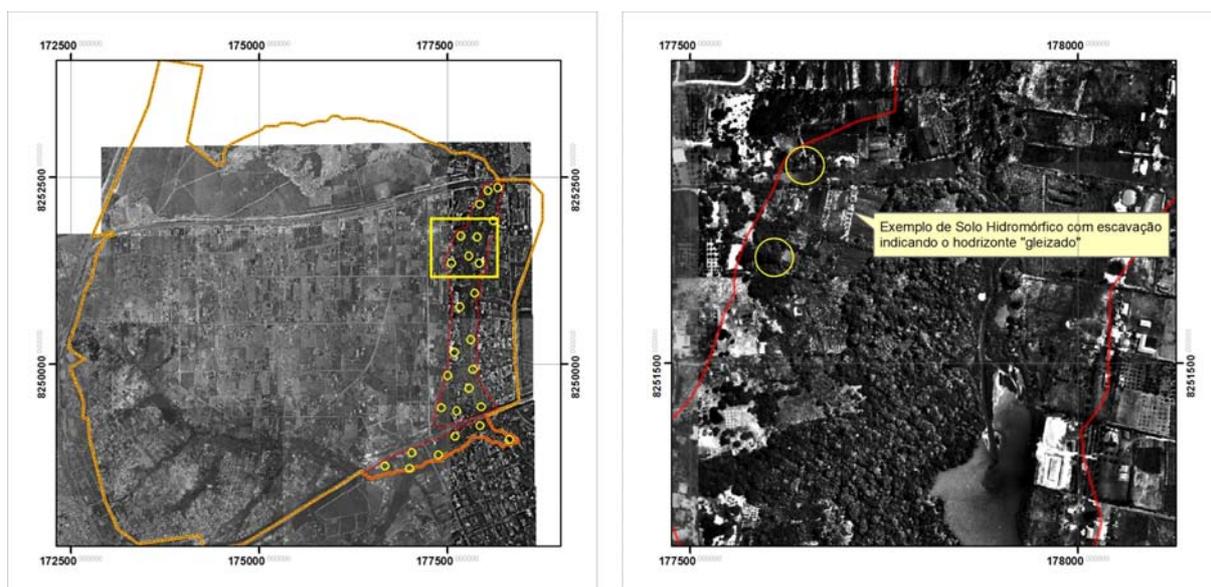
Apesar do programa detectar alvos fora da área de interesse pela similaridade radiométrica às Veredas, se constituindo por solos úmidos com vegetação específica, o mesmo eliminou estes pela informação altimétrica inserida, determinando que os alvos a serem detectados deveriam estar dentro dos valores de 1.069m a 1.089m presentes no Modelo Digital de Elevação, logo sendo cortados da *segmentação*. Na Figura 4 podemos visualizar a imagem PALSAR+AVNIR e sua posterior segmentação e classificação, já considerando os 50m definidos na Lei.



**Figura 4.** Na fusão entre imagens AVNIR+PALSAR à esquerda é perceptível em tons de verde e azul a sensibilidade da imagem para as áreas de Vereda. Na segmentação, à direita, foi destacada a área de Vereda (em tons vermelhos) com o corte dos eventuais alvos pela informação altimétrica.

A partir da detecção efetuada pelo MAMSEG buscou-se comprovar a sua veracidade por meio de análise multitemporal. Foram utilizados dados do sobrevôo da ENGEFOTO/CODEPLAN de 1997, formado por ortofotos com resolução espacial de 20cm.

Nestas ortofotos de 1997 ficou clara a existência de cavidades provocadas no solo com presença de água e borda acinzentada, indicando estarem efetivamente dentro da área de Vereda, com solos hidromórficos e alagados. Ainda foi comprovada a existência de fitofisionomias relacionadas à vegetação de buritis, hoje insularizadas, mas incorporadas com sucesso pelo MAMSEG dentro de um polígono contínuo, representando, portanto, a Vereda original (Figura 5). O resultado ainda foi compartilhado com moradores antigos que confirmaram a existência de Veredas em locais descaracterizados hoje.



**Figura 5.** À esquerda o mosaico das ortofotos ENGEFOTO/CODEPLAN 1997 com os pontos detectados na fotointerpretação com elementos de Vereda. À direita um close sobre uma das áreas com indicação de solo hidromórfico e duas áreas com fitofisionomia de buritis (círculos amarelos).

### 3. Resultados e Discussão

A área total detectada como sendo a Vereda original é de 142,476 Hectares, possuindo, quando confrontada com o levantamento cadastral realizado pela TOPOCART, 41,763 Hectares da sua área ocupada, indicando uma porcentagem de ocupação da ordem de 29,31%. A confirmação da detecção sobre as ortofotos de 1997 indicaram um alto grau de sucesso variando parcamente no delineamento deste alvo.

Um elemento essencial para indicar a importância deste mapeamento está no fato de que estas áreas possuem uma alta instabilidade geotécnica. As imagens para 2008 apresentam uma reflectância alta nos sinais referentes à água e o seu acúmulo em pontos de junção das ocupações e das áreas ainda descobertas é alto. Este fenômeno precisa ser mais bem avaliado para dirimir os riscos à população residente.

De igual forma a avaliação da supressão do solo hidromórfico e a emissão de esgoto devem ser monitorados, posto que a oxidação já se apresenta em alguns pontos, como verificado em campo, nos quais a Vereda encontra-se em franca diminuição. Este fenômeno deve ser mais bem investigado posto que possa estar relacionado a um tiomorfismo (elevação de sulfetos/sulfatos no solo, tornando-os ácidos) já presente causado pela supressão dos solos gleizados e da drenagem.

#### 4. Conclusão

O trabalho permitiu inferir que as APP de Vereda na área-alvo da RA Vicente Pires possui, em geral, uma boa manutenção das suas características de distribuição dos remanescentes, contribuindo sobremaneira para a manutenção hídrica local que merece uma investigação com materiais e métodos próprios.

Na área compreendida pela Vereda existem características que devem ser observadas e monitoradas, visto que, nesse caso, mais de 30% da mesma encontra-se ocupada e com níveis reais de alteração ainda desconhecidos, aqui sendo considerada apenas a área interna do polígono estudado, portanto os impactos além dessa área devem ser analisadas e mensuradas.

Em qualquer planejamento de ocupação em áreas de Vereda dentro de ambientes urbanos, devem ser executados diversos tipos de acompanhamento geotécnico e ambiental para redução ou eliminação de riscos que possam se vir a causar danos ambientais e, principalmente, humanos. Esta ferramenta mostrou-se positiva na detecção e delimitação destas áreas e pode se consistir em um valioso recurso de apoio ao planejamento urbano em locais que possuem este subsistema do Cerrado.

#### 5. Citações e Referências

Arai, K., H. Tonooka. **Radiometric Performance Evaluation of Aster Vnir, Swir, and Tir**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2005, p. 2.725-2.732.

Castro, J.P.C. **As Veredas e sua Proteção Jurídica**. Revista da Fundação João Pinheiro – Análise e Conjuntura, 1980, p. 321-333.

EMBRAPA. **Mapa Pedológico Digital – SIG – Atualizado do Distrito Federal-DF e Síntese do Texto Explicativo**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004. 31 p.

Ferreira, I. M. **Bioma Cerrado: Caracterização do Subsistema de Vereda**. Anais do IX EREGEO – Encontro Regional de Geografia. Novas territorialidades – integração e redefinição regional. Porto Nacional, p. 1-13, 2005

Guimarães Rosa, J. **Grande Sertão: Veredas**. Editora José Olympio, 1956. 460 p.

Maillard, P. e C.G. de Souza. **Cartographie des Formations Riveraines à l'aide de Photographies Aériennes Petit Format: Problemes Operationnels et Perspectives pour l'utilisation d'images Landsat**. XXV Canadian Remote Sensing Symposium, p. 1-10. 2003.

Maillard, P e SILVA, T. **Delimitação e Caracterização do Ambiente de Vereda: o Potencial das Imagens RADARSAT-1**. Anais do XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 Abril 2007, INPE, p. 4.751-4.758.

Maillard, P e SILVA, T. **Delimitação e Caracterização do Ambiente de Vereda: II o Potencial das Imagens Óticas ASTER**. Anais do XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 Abril 2007, INPE, p. 1.733-1.740.

Parmuchi, M.G., H. Karszenbaum, & P. Kandus. **Mapping Wetlands Using Multi-temporal Radarsat-1 Data and a Decision-based Classifier**. Canadian Journal of Remote Sensing, p. 4.592-4.4595, 2002