

§ 1# UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SEGMENTAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS LANDSAT-TM PARA O MAPEAMENTO DO USO DAS TERRAS NA REGIÃO DE CAMPINAS, SP

Resumo

Abstract

1. Introdução

2. Objetivo

3. Material

4. Métodos

5. Resultados

6. Conclusão

7. Referências Bibliográficas

#Resumo

Os produtos do sensoriamento remoto tem sido, nas últimas décadas, a ferramenta mais utilizada e testada nos mapeamentos da cobertura terrestre. O desenvolvimento de novas máquinas e programas para auxiliar a interpretação de imagens de satélite, tem possibilitado a integração cada vez maior destas ferramentas. Este trabalho tem por objetivo testar e discutir o potencial e limitações do algoritmo de segmentação por crescimento de regiões, para o mapeamento da ocupação e uso das terras, em áreas heterogêneas e densamente ocupadas, utilizando imagens do satélite Landsat-TM, na escala 1:50.000. Através da segmentação de uma imagem Landsat-TM e da classificação supervisionada dos polígonos definidos pelo sistema, foi elaborado um mapa de usos e ocupação das terras, testado através da execução de levantamentos de campo, em 88 dos 388 polígonos formados no processo.

Em fase de conclusão, este trabalho envolverá ainda uma etapa de tratamento numérico dos dados, visando quantificar a precisão do mapeamento efetuado e discutir os problemas encontrados nas rotinas de segmentação e classificação.

#Abstract

Remote sensing products have been, in the past decades, the most used and tested tool for mapping the Earth's surface. The development of new equipment and programs to aid the interpretation of satellite images has allowed the growing integration of these tools in this kind of procedure.

This work aims to test the segmentation and classification processes, that are available at the SPRING software, to map land use and land occupation of a heterogeneous and densely occupied region in the State of São Paulo. Through the segmentation of a Landsat-TM image and the supervised classification of the polygons produced in this process, a land use map was produced, which was also tested through field surveys on 88 of 388 polygons defined in the process.

This ongoing work will also comprise a numeric data treatment, to define mapping accuracy and discuss the difficulties faced in the segmentation and classification of this area.

#1. Introdução

Desde seu surgimento como ferramenta para mapeamentos da superfície terrestre, o processo de aquisição das fotos passou por diversas fases. Com o aperfeiçoamento do processo fotográfico, houve paralelamente um sensível avanço nos trabalhos de análise e mapeamento da cobertura terrestre. No século XIX pombos foram usados como plataforma para instalação de câmaras fotográficas, sendo substituídos em 1859 por balões e em 1909 por aviões.

A exclusividade das fotos aéreas como fonte de informação básica à execução dos trabalhos de levantamento da cobertura terrestre, gradativamente foi dando espaço a uma nova tecnologia, o imageamento por satélites.

§Utilização de técnicas de segmentação e classificação de imagens LANDSAT-TM para o mapeamento do uso das terras

!PositionMaster('main', 0, 0, 1024, 1024, 0)

#Jp00077T

#Jp00077Res

#Jp00077Abs

#Jp000771

Desde seu surgimento, ele tem procurado contornar e ampliar seus limites através da adequação de suas características temporais e espaciais às necessidades de seus usuários. Iniciado em 1972 com o lançamento do satélite LANDSAT, primeiro de uso civil e reforçado com o lançamento, em 1986, do satélite SPOT, apresentando melhorias na resolução espacial e temporal em relação ao LANDSAT, o sensoriamento remoto por satélite assumiu uma grande importância nos trabalhos de análise e monitoramento ambiental no âmbito local, regional e global (Rash, 1994).

Alguns problemas encontrados na manipulação de dados fotográficos como efeito das variações atmosféricas no momento da aquisição das fotos, acarretando diferentes tonalidades em alvos iguais e dificultando as interpretações analógicas, distorções da superfície causadas pelas objetivas utilizadas e elevados custos de aquisição de dados, ocasionando a ausência de séries temporais, foram minimizados ou desapareceram após o surgimento do imageamento por satélites.

O surgimento e desenvolvimento, na década de 40, de sensores multiespectrais, permitiu também a visualização da superfície de forma diferenciada em cada um dos canais, possibilitando durante o tratamento da imagem, a utilização daqueles com melhor resposta em relação aos alvos estudados (Richards, 1986).

Na área de monitoramento ambiental, as imagens de satélite tem-se firmado como um instrumento eficiente e preciso, apesar dos problemas e limitações ainda existentes (Roughgarden et al., 1991). Um dos problemas encontrados nesta área é a resolução espacial das imagens disponíveis hoje para uso civil, limitando seu uso em algumas escalas de abordagem.

Tendo em vista a importância da equação destas limitações, um investimento muito grande visando o aumento da resolução espacial dos sensores tem sido feito, possibilitando a aquisição de imagens cada vez mais detalhadas e permitindo assim a observação de objetos cada vez menores. Outra área de desenvolvimento em destaque procura reduzir o tempo entre duas aquisições de dados de um mesmo ponto, através da criação de famílias de satélites e sensores com ângulos de visada diferenciados, reduzindo o intervalo de imageamento dos pontos, aumentando a chance de um determinado evento ser imageado e permitindo também o tratamento estereoscópico das imagens.

Miranda, et al. (1992) efetuou o mapeamento ecológico da Reserva da Serra do Lajeado, TO através da combinação de interpretação analógica e digital de imagens do satélite LANDSAT. Oliveira et al. (1996) utilizou imagens LANDSAT como fonte de informação básica para gerar o mapa de ocupação e uso dos solos e alimentar uma base de dados georreferenciados no processo de criação e gestão da APA de Descalvado, SP. Santos et al. (1994) identificou, quantificou, caracterizou e mapeou as áreas degradadas da região de Cananéia - SP, utilizando imagens LANDSAT, composição colorida das bandas 2,3 e 4 e técnicas de geoprocessamento.

Visando melhorar a acuidade dos mapeamentos, alguns trabalhos introduziram outras características das imagens nas análises estatísticas, através do envolvimento de pixels vizinhos e não somente o valor individual de cada pixel (Jensen, 1996). A idéia de implementar às classificações automáticas de imagens de satélite elementos adicionais ao valor radiométrico do próprio pixel, tem por objetivo aproximar este tipo de classificação à interpretação analógica, que envolve muito do conhecimento e experiência do próprio autor, eliminando porém as imprecisões cometidas pelas limitações do olho humano (Ryherd & Woodcock, 1996).

Hepner (1990), publicou um trabalho onde analisa o potencial das redes neurais computadorizadas para o processamento de imagens do satélite Landsat, e faz uma comparação do produto da classificação com rede neural, empregando um treinamento mínimo e o método de classificação tradicional, chegando à conclusão de que no primeiro caso, mesmo com treinamento mínimo, o resultado é superior àquele obtido com a classificação convencional.

Foody, McCulloch & Yates (1995) também testaram o desempenho das redes neurais artificiais comparando-o com o desempenho da classificação estatística convencional, através do mapeamento dos campos agrícolas de uma determinada região com o emprego de dados do radar de abertura sintética e também atestam o bom desempenho deste método.

O Trabalho de Chen et al. (1995), utilizando uma rede neural com aprendizado dinâmico, aplicada ao mapeamento da cobertura terrestre com o emprego de imagens Spot, mostrou ser esta técnica ainda mais eficiente do que a rede neural tradicional.

Uma outra forma de envolver dados de textura e contexto nos processamentos digitais de imagens deu origem a um método de tratamento conhecido por segmentação. Ryherd & Woodcock (1996) definem segmentação de imagens como sendo: um método de identificar objetos ou classes de objetos discretos em uma imagem; termo

dado a técnicas de particionamento de imagens em regiões multi-píxel; processo de divisão de imagens digitais em unidades homogêneas, afirmando que a combinação da textura com os dados espectrais nunca acarreta degradação na precisão dos resultados da segmentação. Pratt (1991) define a segmentação como sendo a divisão ou separação de uma imagem em regiões com atributos similares.

Em função da incontestável importância da textura nos tratamentos digitais de imagens, existe atualmente uma multitude de métodos considerando esta característica nas suas análises. Haese-Coat, Kpalma & Ronsin (1994), Haese-Coat, Robins & Wang (1994), Pan (1994), Lobo et al. (1996), Poujade & Laurore (1990), Khodja et al. (1995), Khodja & Mengue (1996), fazem comparações, avaliações e considerações a respeito de alguns destes métodos. Shandley & Franklin (1996), utilizaram o algoritmo "Woodcock-Harward" para realizar uma comparação entre o produto de mapeamentos de vegetação através da segmentação e da classificação píxel a píxel, chegando a conclusão de que o mapeamento com utilização de técnicas de segmentação foi mais preciso do que o mapeamento através da classificação píxel a píxel.

Ait Belaid et al. (1992) fez uma comparação de vários métodos de classificação e segmentação para o mapeamento de imagens contendo pequenos campos com atividade agrícola e conclui que a classificação pós segmentação resulta num mapeamento 20% mais preciso do que a classificação por max-ver.

Puzicha et al. (1996), Hofmann et al. (1996), desenvolveram e realizaram alguns testes com o algoritmo de segmentação não supervisionada "pairwise data clustering", onde consideram também a escala espacial. Bénié & Thomson, (1992) apresentaram uma variação do algoritmo de Beaulieu (Beaulieu, 1984), que utiliza regras locais de similaridade para extrair os objetos homogêneos das imagens, incorporando um teste "Student-t" ao algoritmo original, definindo a priori e automaticamente o número de segmentos extraídos na imagem.

Goldenberg & Zhang (1987) apresentaram uma variação do algoritmo de segmentação hierárquica, onde os parâmetros utilizados para caracterizar um segmento variam de acordo com o tamanho deste, quanto maior o tamanho do segmento mais informações são necessárias para descrever as características dele, e demonstraram com resultados experimentais em imagens Landsat que houve uma melhora na precisão quando do emprego deste algoritmo.

Alguns métodos de segmentação não se preocupam de imediato com o nível de particionamento da imagem que será efetuado, mas indicam no produto final quais os limites mais importantes, aqueles que separam regiões com características mais discrepantes, além dos limites secundários que podem ser editados e removidos, de acordo com o grau de segmentação desejado pelo usuário, é o que apresentam Chedi & Liao (1994).

Além de desenvolvimento e aplicação de novos algoritmos de segmentação de imagens, existem alguns trabalhos (Bénié et al., 1989 ; Bariou et al., 1994), comparando os diferentes métodos de segmentação, e discutindo os resultados da aplicação destes algoritmos com o objetivo de "ranquear" aqueles mais adequados para cada situação.

No Brasil, alguns trabalhos com segmentação de imagens de satélite tem sido coordenados pelo Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, que desenvolveu o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING e possui uma função de segmentação de imagens baseada na técnica de crescimento de regiões, agregando em uma mesma região píxels com propriedades semelhantes (Câmara et al., 1992; Baraldi & Parmiggiani, 1996).

Padilha & Kurkdjian (1996) utilizaram o segmentador por crescimento de regiões, do SPRING, em imagens Spot, numa abordagem referente à detecção de vazios urbanos, considerando o seu desempenho como sendo satisfatório. Alves et al. (1996) (1); Alves et al. (1996) (2) e Almeida et al. (1996), abordaram o mapeamento e caracterização da dinâmica da ocupação e da vegetação amazônica usando técnicas de segmentação em seqüências multitemporais de imagens do satélite Landsat no Estado de Rondônia.

Batista et al. (1994), estimaram os desmatamentos em duas regiões da Amazônia brasileira, comparando os resultados obtidos com os divulgados pelo projeto PRODES, onde a estimativa das mesmas regiões foi feita, empregando técnicas convencionais de interpretação de imagens. Neste trabalho assim como no PRODES, foram utilizadas imagens do satélite Landsat e os resultados apontaram uma concordância da ordem de 97% em área, entre os dados obtidos.

No trabalho de Venturieri (1995), a segmentação de imagens por crescimento de regiões, treinamento de redes neurais artificiais e lógica nebulosa foram utilizados na caracterização de classes de uso da terra na região de Tucuruí (PA), obtendo resultados satisfatórios e definindo alguns procedimentos de execução.

#2. Objetivo

O objetivo deste projeto é testar e discutir o potencial e limitações do algoritmo de segmentação por crescimento de regiões, disponível no SPRING, para o mapeamento da ocupação e uso das terras, em áreas heterogêneas e densamente ocupadas, utilizando imagens do satélite LANDSAT - TM, na escala 1:50.000.

#3. Material

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área objeto deste estudo, com aproximadamente 100 Km² e coordenadas centrais em oeste 46°56' e sul 22°51', situa-se na porção Leste do Município de Campinas - SP, próximo ao Trópico de Capricórnio apresentando relevo ondulado, com predomínio de áreas de pastagem ativas ou abandonadas, reflorestamentos, remanescentes florestais em diferentes estágios de conservação e núcleos urbanos com diferentes níveis de antropização, caracteriza-se por um mosaico de pequenas e médias propriedades, onde a heterogeneidade de formas de uso e ocupação descrevem uma paisagem bastante recortada e densa. Em função da recente proposta de criação de uma Área de Proteção Ambiental - APA, no Distrito de Souza e Joaquim Egídio, esta região foi alvo recente de estudos detalhados e inclusive de mapeamentos baseados em fotografias aéreas (Mattos, 1996).

3.2 EQUIPAMENTOS E PROGRAMAS

Os equipamentos e programas utilizados na execução deste projeto estão disponíveis no Centro de Processamento de Dados - CPD do Núcleo de Monitoramento Ambiental - NMA da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e são apresentados a seguir:

- Estação de trabalho Sun SparcStation 5
- Mesa digitalizadora marca Digigraf, modelo Van Gogh
- Plotter eletrostática marca Verasatec, modelo 8900
- SPRING versão 2.0.1

3.3 MATERIAL CARTOGRÁFICO E ICONOGRÁFICO

Para a execução deste projeto foi utilizada uma imagem do satélite LANDSAT, órbita 219, ponto 76, com data de passagem em 15 de agosto de 1995, composição colorida das bandas 3, 4 e 5 e resolução espacial de 30m. Jensen (1996) relaciona os produtos dos diferentes satélites imageadores com escalas de trabalho da seguinte forma:

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077t01.bmp}

Neste trabalho foram utilizadas imagens LANDSAT - TM na escala 1:50.000, considerada portanto como além do limite para trabalhos com este produto.

Para registro da imagem e extração das informações básicas como rede viária, linhas de energia elétrica e rede de drenagem foi utilizada a carta topográfica do IBGE, escala 1:50.000, Folha Valinhos (Brasil, 1972).

#4. Métodos

4.1 MÉTODO DE OBTENÇÃO DOS DADOS

A imagem do satélite Landsat adquirida em formato digital foi lida numa unidade de fita streamer da Sun e o fragmento delimitado para o desenvolvimento deste projeto foi retirado e salvo.

Como na composição colorida das bandas 3, 4 e 5 a banda 5 apresenta uma distribuição mais abrangente em relação aos 256 tons de cinza possíveis, foi necessário fazer um ajuste dos contrastes, para igualar as variâncias de cada uma das três bandas, para não haver dominância de nenhuma banda (no caso banda 5) durante ao processo de segmentação.

Existem basicamente dois caminhos no SPRING para se editar e igualar os contrastes destas imagens. Um deles é usar o aplicativo contraste e ajustar as variâncias através da opção linear, onde define-se o valor que irá para o nível mais baixo e mais alto do histograma de distribuição, forçando assim um aumento no contraste

#Jp000772
#Jp000773
#Jp000774

de cada banda da imagem. O outro caminho é através da opção “estatística”.

Neste projeto o pré processamento envolveu o registro da imagem através da fixação de pontos de controle identificados na carta topográfica e na imagem Landsat-TM, e um ajuste linear do histograma de distribuição dos pixels, para cada uma das três bandas. Não é recomendada a utilização de filtros antes da segmentação pois isto alteraria as relações dos valores dos pixels ocasionando mudanças na textura original da imagem e comprometendo o produto final da segmentação.

Sobre a imagem lida, registrada e após a edição dos contrastes, foi então executada a segmentação (Figura 1), onde o usuário tem a possibilidade de controlar duas variáveis, definindo o grau de segmentação obtido.

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077f01.bmp}

Figura 1 - Imagem segmentada sobreposta por cartografia básica da área.

A primeira refere-se ao valor de similaridade entre as regiões. Inicialmente o processo de segmentação rotula cada pixel como uma região distinta, a partir daí, estas vão sendo agrupadas e unidas, formando uma nova região caso o valor de similaridade fornecido seja condizente com as médias dos valores encontrados (INPE-DPI, 1996).

A segunda variável a ser fornecida é a área mínima para o estabelecimento de uma região. Caso a uma nova região não atinja a área mínima definida no segmentador, esta será automaticamente inserida na região vizinha com valores mais próximos.

No SPRING, para a classificação dos polígonos gerados pelo segmentador, estão disponíveis dois algoritmos: o “isoseg”, classificador do tipo não supervisionado e o “Batacharia” no qual o usuário define as regiões que serão utilizadas para o cálculo dos parâmetros que caracterizarão cada objeto do seu mapa, incluindo ainda um período de testes com as amostras adquiridas. O algoritmo a ser utilizado neste projeto foi o Batacharia pois possibilita uma maior interação do usuário com o processo de classificação e permite a análise e edição das amostras coletadas.

Cada classe do mapa de uso e ocupação das terras foi subdividida em três subclasses, variando de acordo com a área dos polígonos. O passo seguinte foi a elaboração das fichas para conferência da classificação através de levantamentos de campo. O método de amostragem escolhido foi o estratificado aleatório (Miranda, 1986), e aproximadamente 20% dos polígonos de cada subclasse definida foi visitada e a categoria de uso observada.

As fichas de levantamento de campo contendo dados de localização, obtidos com a utilização de um GPS (Global Positioning System), data, tipo de uso, dinâmica da ocupação, heterogeneidade da paisagem foram preenchidas em cada levantamento e estão sendo informatizadas para posterior tratamento.

4.2 MÉTODO DE TRATAMENTO DOS DADOS

O mapeamento obtido pela segmentação e classificação da imagem Landsat será confrontado com os dados obtidos pela amostragem de campo e os tratamentos estatísticos indicarão os acertos e confusões efetuadas pelo procedimento utilizado, bem como indicará a confiabilidade deste procedimento para trabalhos em áreas com características de uso e ocupação semelhantes a esta.

#5. Resultados

Após as primeiras visitas à área, a legenda do mapa de uso e ocupação foi estabelecida e contém as seguintes classes: urbano denso, em urbanização, pasto limpo, pasto sujo, reflorestamento de eucalipto, reflorestamento de pinus e mata. A classe corpos d’água anteriormente definida, foi removida pois seus polígonos seriam muito pequenos em relação às demais classes, exigindo para sua identificação e mapeamento, uma superfragmentação da imagem.

A segmentação da imagem de satélite, da área definida para este projeto, produziu um total de 388 polígonos, dos quais foram sorteados 88, considerando-se a área e a classe de cada um deles. Em relação ao número de polígonos e à área total de cada subclasse, este número representou aproximadamente 20%, sendo considerado suficiente para estratégia amostral aplicada.

O mapa final de uso e ocupação das terras, apresentado (Figura 2) ainda está sob julgamento, mas nos primeiros resultados do tratamento numérico dos dados, a concordância deste com os dados obtidos em campo é de pelo menos 75%, indicando uma relação custo benefício muito boa, principalmente no tocante aos

fatores tempo e recursos envolvidos na sua execução.

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077f02.bmp}

Figura 2 - Mapa preliminar do uso e ocupação do solo

A distribuição das classes em relação à área correspondente a cada uma delas, no mapa final produzido, foi a seguinte:

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077t02.bmp}

A caracterização de cada uma das classes de uso e ocupação do solo, aqui ilustradas, será feita através da análise das fichas de campo. A Figura 3 é um exemplo do que foi considerado como pertencente à classe Urbano Denso e caracteriza-se por ser uma área com um número relativamente grande de edificações, vegetação representada pelo estrato arbóreo presente sobretudo nas áreas externas às propriedades, recobrando pouco as superfícies dos telhados.

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077f03.bmp}

Figura 3 - Área característica da classe Urbano Denso

Os polígonos pertencentes à classe em urbanização, são representados, como ilustra a Figura 4, por áreas onde existe uma concentração mediana de edificações e há um elevado número de terrenos desocupados, com predomínio de vegetação herbácea ou arbórea baixa.

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077f04.bmp}

Figura 4 - Área característica da classe Em Urbanização

Na classe pasto limpo (Figura 5) foram considerados os polígonos onde a predominância da vegetação herbácea foi muito forte, em relação à cobertura do solo, esta classe apresentou um índice de cobertura vegetal menor do que o Pasto Sujo (Figura 6), onde predominou a vegetação do tipo arbóreo baixo com menos de dois metros de altura.

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077f05.bmp}

Figura 5 - Área característica da classe Pasto Limpo

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077f06.bmp}

Figura 6 - Área característica da classe Pasto Sujo

Os reflorestamentos muito frequentes nesta área, são em sua maioria de eucalipto (Figura 7). Existe uma variação muito grande na idade dos talhões, em função da dinâmica empregada nesta cultura. A terciarização de áreas para empresas de médio e grande porte, fez com que este tipo de atividade se desenvolvesse muito nos últimos anos, substituindo áreas antes cobertas por pastagens e matas.

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077f07.bmp}

Figura 7 - Área característica da classe Reflorestamento de Eucalipto

Apesar de representar a minoria dos reflorestamentos presentes na área de estudo, existem alguns pequenos polígonos de reflorestamento de Pinnus (Figura 8), onde se vê em primeiro plano um pasto sujo e em segundo plano o Reflorestamento de Pinus.

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077f08.bmp}

Figura 8 - Área característica da classe Reflorestamento de Pinus.

Dispersa em vários polígonos, em geral de dimensões reduzidas, mas apresentando um dos mais importantes remanescentes florestais da região, a classe mata (Figura 9), ocorreu preferencialmente às margens dos rios ou em locais de declividade acentuada.

{ewc MVBMP2, ViewerBmp2, !00077f09.bmp}

Figura 9 - Área característica da classe Mata

#6. Conclusão

Apesar de ainda não estar concluído, este projeto, parte integrante de uma dissertação de mestrado desenvolvida no Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, teve como objetivo testar e discutir o potencial e limitações do algoritmo de segmentação por crescimento de regiões, disponível no SPRING, para o mapeamento da ocupação e uso das terras, em áreas heterogêneas e densamente ocupadas, utilizando imagens do satélite LANDSAT - TM, na escala 1:50.000, pode desde já destacar o potencial destas ferramentas para a execução destes mapeamentos. Dos 88 polígonos visitados, aproximadamente 20% do total de 388 polígonos, em 17 (19,32%) a categoria de uso definida no processo utilizado não esteve de acordo com a realidade observada no campo, número este considerado satisfatório, tendo em vista os baixos recursos e tempo dispensados para a execução deste trabalho.

As análises dos polígonos erroneamente mapeados, deverá apontar para eventuais falhas dos processos de segmentação e classificação, fornecendo subsídios para seu aperfeiçoamento, ou definindo situações limitantes para a aplicação destes. Uma discussão mais consistente sobre o potencial e limitações destas ferramentas será apresentada brevemente, na conclusão deste trabalho.

#7. Referências Bibliográficas

AIT BELAID, M.; EDWARDS, G.; JATON, A.; THOMSON, K.P.B.; BEAULIEU, J.-M. Post-segmentation classification of images containing small agricultural fields. **Geocarto International**, v.3, p.53-60, 1992.

ALMEIDA, S.A.S.; SILVA, O.F.; MELLO, E.M.K.; MOREIRA, J.C.; ORTIZ, J.O.; AMARAL, S.; SOARES, J.V.; ALVES, D.S. Mapeamento de cobertura da terra utilizando técnicas de processamento de imagens na região de Ariquemes (RO-BR), com ênfase às florestas secundárias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., abr. 1996, Salvador. **Anais (CDROM)**... São José dos Campos: INPE/SELPER, 1996.

ALVES, D.S.; KALIL, E.M.; MOREIRA, J.C.; ORTIZ, J.D.; SOARES, J.V.; FERNANDEZ, O.; ALMEIDA, S. Characterizing land use dynamics in Amazon using multi-temporal imagery and segmentation techniques. In: ISPR CONGRESS, 1996, Viena. 1996 (1).

ALVES, D.S.; MOREIRA, J.C.; KALIL, E.M.; SOARES, J.V.; FERNANDEZ, O.; ALMEIDA, S.; ORTIZ, J.D.; AMARAL, S. Mapeamento do uso da terra em Rondônia utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., abr. 1996, Salvador. **Anais (CDROM)**... São José dos Campos: INPE/SELPER, 1996 (2).

BARALDI, A.; PARMIGGIANI, F. Single linkage region growing algorithms based on the vector degree of match. *IEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.34,n.1, p.137-148, jan. 1996

BARIOU, R.; GOUÉRY, P.; HÉNAFF, F. La forêt de Paimpont: Une zone test pour l'évaluation et la comparaison de méthodes de segmentation. **Photo-Interprétation**, Paris, n.1993/4-1994/1-2, p.7-15. nov. 1994.

BATISTA, G.T.; MEDEIROS, J.S.; MELLO, E.M.K.; MOREIRA, J.C.; BINS, L.S.; A new approach for deforestation assessment. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RESOURCE AND ENVIRONMENTAL MONITORING (ISPRS), ou ECO'RIO, 7., Working Group 5, 1994, Rio de Janeiro, RJ. **Proceedings**... São José dos Campos: INPE, 1994. v.30, t.7a, p.170-174.

BEAULIEU, J.M. **Hierarchical picture segmentation by step-wise optimization**. Ottawa: University of Ottawa, 1984. Ph.D. Thesis.

BÉNIÉ, G.B.; THOMSON, K.P.B. Hierarchical image segmentation using local and adaptative similarity rules. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.13, n.8, p.1559-1570, 1992.

BÉNIÉ, G.B.; THOMSON, K.P.B.; GOLDBERG, M. A comparison of four segmentation algorithms in the context of agricultural remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v.44, p.1-13, 1989.

BRASIL **Carta topográfica**, São Paulo, IBGE, 1972, folha SF-23-Y-A-VI-3, Valinhos, 1 mapa color. 56x51 cm, escala 1:50.000.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M. de; FREITAS, U.M.; CASANOVA, M.A. SPRING: Processamento de imagens e de dados georreferenciados. In: SIBGRAPI, 1992, Águas de Lindóia, **Anais**..., nov. 1992, p.233-242.

CHEHDI, K.; LIAO, Q.M. Segmentation method for satellite image interpretation application to the forest of

Paimpont (Brittany). **Photo-Interprétation**, Paris, n.1993/4-1994/1-2, p.69-71. 1994.

CHEN, K.S.; TZENG, Y.C.; CHEN, C.F.; KAO, W.L. Land-cover classification of multispectral imagery using a dynamic learning neural network. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Maryland, v.61, n.4, p.403-408, apr. 1995.

FOODY, G.M.; McCULLOCH, M.B.; YATES, W.B. Classification of remotely sensed data by an artificial neural network: Issues related to training data characteristics. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Maryland, v.61, n.4, p.391-401, apr. 1995.

GOLDBERG, M.; ZHANG, J. Hierarchical segmentation using a composite criterion for remotely sensed imagery. **Photogrammetria**, Amsterdam v.42, p.87-96, 1987.

HAESE-COAT, V.; KPALMA, K.; RONSIN, J. Comparative contribution of texture in SPOT image segmentation application to the forest of Paimpont (Brittany). **Photo-Interpretation**, Paris, n.1993/4-1994/1-2, p.55-59. 1994.

HAESE-COAT, V.; RONSIN, J.; WANG, D. Texture and the different approaches to it. **Photo-Interpretation**, Paris, n.1993/4-1994/1-2, p.21-23. 1994.

HEPNER, G.F.; LOGAN, T.; RITTER, N.; BRYANT, N. Artificial neural network classification using a minimal training set: Comparison to conventional supervised classification. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Maryland, v.56, n.4, p.469-473, apr. 1990.

HOFMANN, T.; PUZICHA, J.; BUHMANN, M. **Unsupervised segmentation on the basis of scale space features**. Technical Report, Copenhagen, University of Copenhagen, 1996.

INPE-DPI. Segmentação de imagens, **Manual de operação do SPRING** v.2.0.1.
URL:file:/home/spring/help/c_segmen.htm Consultado em 15 de outubro de 1996.

JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing: A remote sensing perspective**. Prentice-Hall, 1996, 316p.

KHODJA, A.; HOTYAT, M.; CHATELAIN, A.; GILG, J.P. Partition d'une image satellitaire et caractérisation de son contenu par une méthode de segmentation d'images: Application à la forêt de Bouconne (France) et à la ville d'Oran (Algérie). **Photo-Interpretation**, Paris, n.1995/1, p.25-30. 1995.

KHODJA, A.; MENGUE, A. Amélioration de l'aport thématique d'une image SPOT XS par les processus spatiaux et une méthode de segmentation: application à la région de Lagdo (Nord-Cameroun). **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 17, n.5, p.879-886, 1996.

LOBO, A.; CHIC, O.; CASTERAD, A. Classification of mediterranean crops with multisensor data: per-pixel versus per-object statistics and image segmentation. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 17, n.12, p.2385-2400, 1996.

MATTOS, C.de O. **Contribuição ao planejamento e gestão da Área de Proteção Ambiental de Souza e Joaquim Egídio, Campinas/SP**. São Paulo: USP, 1996. 235p. Dissertação de Mestrado.

MIRANDA, J.R. **Ecologie des peuplements de reptiles du tropique Semi-Aride brésilien (region d'Oricuri-PE)**. Montpellier, Université des sciences et Techniques du Languedoc et École Pratique des Hautes Études, 1986, 418p. Tese Doutorado.

MIRANDA, J.R.; MANTOVANI, L.E.; SANTOS, R.Z. dos; COUTINHO, A.C.; MANGABEIRA, J.A.C. **Mapeamento ecológico da Reserva da Serra do Lajeado (TO)**. Relatório Técnico. Campinas/SP: EMBRAPA-NMA, jan. 1992. 68p. col., fot., fig., mapas.

OLIVEIRA, H.H. de; COUTINHO, A.C.; BATISTELLA, M.; NOGUEIRA NETO, P. Utilização de base de dados georreferenciados na criação e gestão da APA de Descalvado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., abr. 1996, Salvador. **Anais (CDROM)**... São José dos Campos: INPE/SELPER, 1996.

PADILHA, R. de C.B.L.A.; KURKDJIAN, M.de L.N.de O. Aplicação de técnicas de segmentação de imagens HRV/SPOT para a discriminação dos vazios urbanos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., abr. 1996, Salvador. **Anais (CDROM)**... São José dos Campos: INPE/SELPER, 1996.

PAN, H.P. Two-level global optimization for image segmentation. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v.49, p.21-32, 1994.

POUJADE, V.; LAUORE, L. Méthode de segmentation thématique par coopération spectrale-texturale ur des

- images de SPOT. **Photo-Interpretation**, Paris, n.1990-3 et 4, p.41-46, nov. 1990.
- PRATT, W.K. **Digital Image Processing**. California, John Wiley & Sons, 1991.
- PUZICHA, J.; HOFMANN, T.; BUHMANN, J.M. **Unsupervised segmentation of textured images by pairwise data clustering**. Technical Report IAI-TR96-2, Institut fur Informatik III, 1996.
- RASH, H. Mapping of vegetation, land cover, and land use by satellite - Experience and conclusions for future project applications. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Maryland, v.60, n.3, p.265-271, mar. 1994.
- RICHARDS, J.A. **Remote sensing digital image analysis: An introduction**. Berlin, Springer-Verlag, 1986. 281p.
- ROUGHARDEN, J.; RUNNING, S.W.; MATSON, P.A. What does remote sensing do for ecology?. **Ecology**, New York, v.72, n.6, p.1918-1922, dec. 1991.
- RYHERD, S.; WOODCOCK, C. Combining spectral and texture data in segmentation of remotely sensed images. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Maryland, v.62, n.2, p.181-194, feb. 1996.
- SANTOS, R.Z. dos; COUTINHO, A.C.; MANTOVANI, L.E. Identificação, caracterização e mapeamento de áreas degradadas através do uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1., e SIMPÓSIO NACIONAL, 2., nov. 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p. 655.
- SHANDLEY, J.; FRANKLIN, J. Testing the Woodcock-Harward image segmentation algorithm in an area of southern California chaparral and woodland vegetation. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 17, n.5, p.983-1004, 1996.
- VENTURIERI, A. **Utilização da segmentação de imagens e lógica nebulosa para treinamento de uma rede neural artificial na caracterização de classes de uso da terra na região de Tucuruí - PA**. São José dos Campos: INPE, 1995. 111p. Dissertação de Mestrado.