

Processamento de imagens digitais Landsat 5/TM para mapeamento de classes de cobertura da terra no município de Corumbiara - RO

Bruno Rodrigues do Prado ¹
Raimundo Almeida Filho ¹
Yosio Edemir Shimabukuro ¹
Gustavo Bayma Siqueira da Silva ¹
Márcio Pupin de Mello ¹
Gabriel Pereira ¹
Flávio Fortes Camargo ¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{prado, rai, yosio, bayma, pupin, gabriel, fortes}@dsr.inpe.br

Abstract. Mapping and monitoring land cover is required to know patterns of land use and identifying the agents of change. This paper uses techniques of digital image processing to map and quantify the following land cover/land use classes: Water, Urban area, Agriculture/Pasture, and Vegetation (primary forest and regrowth areas). The study area covers the municipality of Corumbiara, located at the south region of Rondônia state, Brazil. For this study, we used Landsat 5/TM images acquired in June 2007, which were processed using Linear Spectral Mixture Model, segmentation, supervised classification (Maxver-ICM), and unsupervised classification (Isoseg) techniques. The confusion matrix was used to assessment the accuracy of the classification, by using the Kappa coefficient of agreement. The most significant errors occurred due the allocation of some areas of Agricultural class as belonging to the class Urban area, especially areas of bare soil. The rural activity, such as pasture and farming, and vegetation are the main land cover/land use classes. The hydrography and urban area classes had little representation. The results indicate a trend into the conversion of areas of vegetation in agricultural areas. There is a need of a systematic tracking of the region to map land cover/land use changes, as a mean to monitoring the patterns of change in this region.

Palavras-chave: Linear Spectral Mixture Model, Amazon, land cover, accuracy assessment, Modelo Linear de Mistura Espectral, Amazônia, cobertura da terra, avaliação de exatidão.

1. Introdução

A utilização da tecnologia de sensoriamento remoto orbital é o meio mais eficiente para o monitoramento de grandes extensões da superfície terrestre. O mapeamento do uso e da cobertura da terra permite a identificação de diversas modificações da superfície e o reconhecimento de padrões e modelos de organização do espaço geográfico. Esses trabalhos permitem análises e mapeamentos da condição atual da cobertura da superfície terrestre, sendo necessários ao planejamento e à tomada de decisões em diferentes esferas. Em regiões tropicais, o processo de modificação da cobertura vegetal e do uso da terra acontece de maneira acelerada, sendo tais modificações relacionadas aos padrões de desenvolvimento socioeconômico, condicionando a ocupação e utilização da superfície (Anderson, 2004). Na Amazônia Legal, onde esses processos de ocupação do espaço ocorrem de maneira intensa, a utilização de imagens de satélite permite o mapeamento do uso e da cobertura da terra, podendo-se quantificar o aumento de áreas desflorestadas e monitorar essas alterações.

O presente estudo tem como objetivo mapear, por meio de técnicas de processamento digital de imagens, as principais classes de cobertura da terra no município de Corumbiara - RO, utilizando imagens do sensor Landsat 5/TM.

2. Materiais e Métodos

O município de Corumbiara localiza-se na região sul do estado de Rondônia (Figura 1), abrangendo uma área de 3.060 km² (IBGE, 2008). A região apresenta um padrão de ocupação condicionado por pequenas propriedades agrícolas distribuídas ao longo das estradas. A

cobertura vegetal nativa da região é caracterizada por florestas tropicais densas, com relevo ondulado (Alves et al., 1996).

Neste trabalho foram utilizadas imagens do sensor Landsat 5/TM, órbita/ponto 230/069, adquirida em 26 de junho de 2007. A imagem base utilizada para o georreferenciamento foi obtida pelo *Global Land Cover Facility* (GLCF, 2008) e integrada em banco de dados SPRING (Câmara et al., 1996).

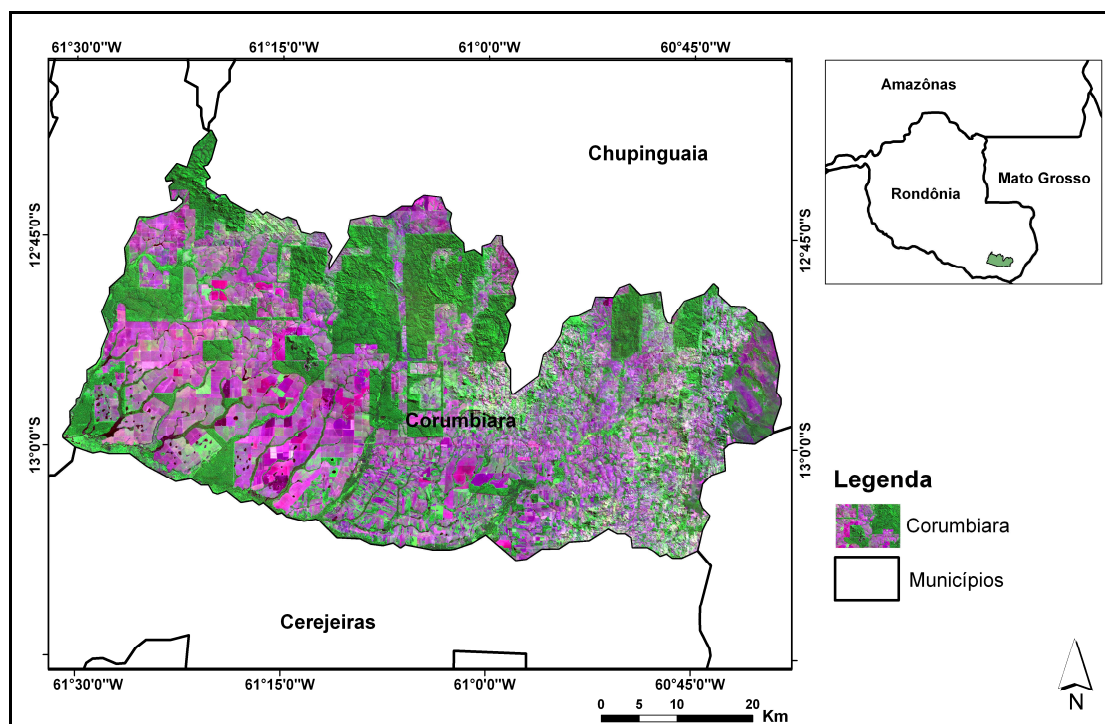


Figura 1. Localização do município de Corumbiara - RO.

Neste estudo foram definidas quatro classes de cobertura da terra: Água, Área Urbana, Agropecuária e Vegetação. A classe Água refere-se à rede hidrográfica; a classe Área Urbana remete as áreas caracterizadas por ocupação urbana, estruturadas por edificações e sistema viário; a classe Agropecuária engloba a porção da superfície utilizada para práticas agropecuárias (lavouras e as pastagens); e a classe Vegetação abrange as formações vegetais primárias, secundárias e em diferentes processos de degradação.

Em uma imagem Landsat/TM cada *pixel* pode abranger diversos tipos de cobertura, e a radiância resultante contém a integração de todos os alvos contidos nessa área abrangida. A técnica denominada Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) permite a geração de imagens fração, estimando a proporção de componentes previamente definidos dentro de cada *pixel*. O modelo utiliza a informação do comportamento espectral dos chamados “*pixels* puros” (*endmembers*) de cada um desses elementos, para estimar suas proporções dentro de cada um dos *pixels* da imagem (Shimabukuro e Smith, 1991). Essas imagens reduzem a dimensão dos dados, facilitando sua interpretação. Para a definição dos *endmembers* foram consideradas as investigações realizadas por Radeloff et al. (1999) e por Shimabukuro (1987), onde são descritas as limitações inerentes ao sensor Landsat/TM.

O algoritmo de segmentação extrai informações dos objetos relevantes através do particionamento das imagens em regiões com certos atributos comuns. A técnica de crescimento de regiões agrupa determinadas feições por um critério de similaridade ou limiar previamente definido pelo usuário. O critério de similaridade utiliza um teste estatístico entre

a média de duas regiões, dividindo a imagem em regiões e realizando posteriormente a união entre elas.

A classificação digital consiste em extrair informações das imagens, buscando atribuir a cada *pixel* uma classe ou tema associado. O classificador Iseseg é um algoritmo não supervisionado, empregado sobre um conjunto de regiões (imagem segmentada). Por sua vez, o classificador Maxver-ICM é um algoritmo supervisionado que associa classes considerando pontos individuais da imagem e posteriormente a dependência espacial existente entre os *pixels* (informação contextual da imagem) (Mather, 1999). Por se tratar de uma classificação supervisionada pressupõe-se a realização de treinamento do classificador por meio da escolha de amostras.

Avaliar a qualidade das classificações é um procedimento fundamental durante a elaboração de mapas temáticos relacionados ao uso e cobertura da terra (Jensen, 2005), pois conhecer a acurácia da informação produzida evita interpretações de baixa confiabilidade em relação aos temas abrangidos (Foody, 2002). Dentre os métodos existentes para a estimativa da acurácia das classificações temáticas foi escolhido o índice de concordância *Kappa* (Hudson e Ramm, 1987). Esse índice avalia a exatidão das classificações através do emprego da matriz de confusão, comparando posteriormente os valores obtidos a uma tabela de referência (Tabela 1), estimando a qualidade das classificações temáticas produzidas (Landis e Koch, 1977).

Tabela 1. Coeficiente *Kappa* e qualidade das classificações.
Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977)

Valor do <i>Kappa</i>	Qualidade da classificação
< 0,01	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

Para a elaboração do índice de concordância *Kappa* foi definido um conjunto de 120 amostras pontuais aleatórias dentro dos limites do município. Essas amostras foram utilizadas para a construção da matriz de confusão, comparando as classes temáticas obtidas pelas classificações e as feições identificadas visualmente. De acordo com Brites et al. (1996), o índice *Kappa* é recomendado como uma medida apropriada para avaliar a exatidão porque representa inteiramente a matriz de confusão, sendo esta uma forma padronizada para reportar erros em locais específicos.

3. Resultados e Discussões

Na aplicação do MLME utilizaram-se as bandas 3, 4, 5 e 7. A banda 1 foi omitida por apresentar ruído (característico da alta influência da atmosfera nos comprimentos de onda de baixas frequências). A banda 6 foi desconsiderada por abranger o infravermelho termal e possuir menor resolução espacial que as demais bandas do sensor TM. Foram geradas imagens fração das componentes de vegetação, solo e sombra (Figura 2).



Figura 2. Imagens fração gerados pelo MLME.

As três imagens fração geradas pelo modelo de mistura foram segmentadas pelo método de crescimento de regiões, utilizando o valor 10 para similaridade e 11 para a área. A seleção dos parâmetros utilizados pelo segmentador foi condicionada pelas características da área de estudo e pelos objetivos do trabalho.

A imagem segmentada foi classificada pelo algoritmo Isoseg, obtendo uma classificação com índice *Kappa* de 0,66, sendo posteriormente editada por interpretação visual (Figura 3). Durante a etapa de edição foi possível observar que os erros mais recorrentes estavam contidos na “confusão” do classificador ao atribuir coberturas agrícolas e de vegetação como pertencentes à classe Área Urbana.

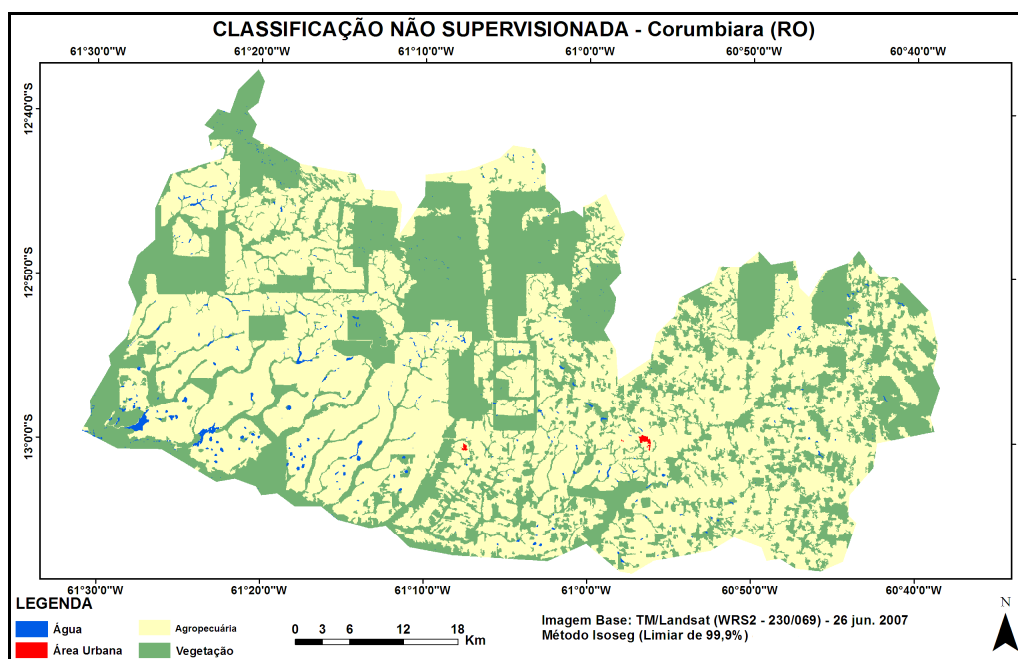


Figura 3. Classificação não supervisionada (Isoseg).

Para o emprego do algoritmo Maxver-ICM foi escolhido um conjunto de 50 amostras por classe temática, buscando assim abranger áreas representativas dos alvos definidos. Foi obtido um índice *Kappa* de 0,68, sendo o mapa final foi posteriormente editado através de interpretação visual (Figura 4). Do mesmo que a classificação Isoseg, a classificação supervisionada (Maxver-ICM) proporcionou os melhores resultados na identificação da classe Vegetação, Água e Agropecuária, ocorrendo também dificuldade do classificador em distinguir áreas da classe Agropecuária e Vegetação, atribuindo parte dessas coberturas à classe temática Área Urbana.

Em algumas áreas de vegetação mais densa, onde havia existência significativa de sombra, houve também pequenos erros de classificação, sendo essas áreas atribuídas à classe temática Água. O limiar assumido (99,9%) produz regiões não classificadas da imagem, áreas onde o

classificador não foi capaz de rotular uma determinada classe temática. Um limiar de 100% classificaria todos os *pixels* da imagem, mas provavelmente incluiria mais erros na classificação (INPE, 2008).

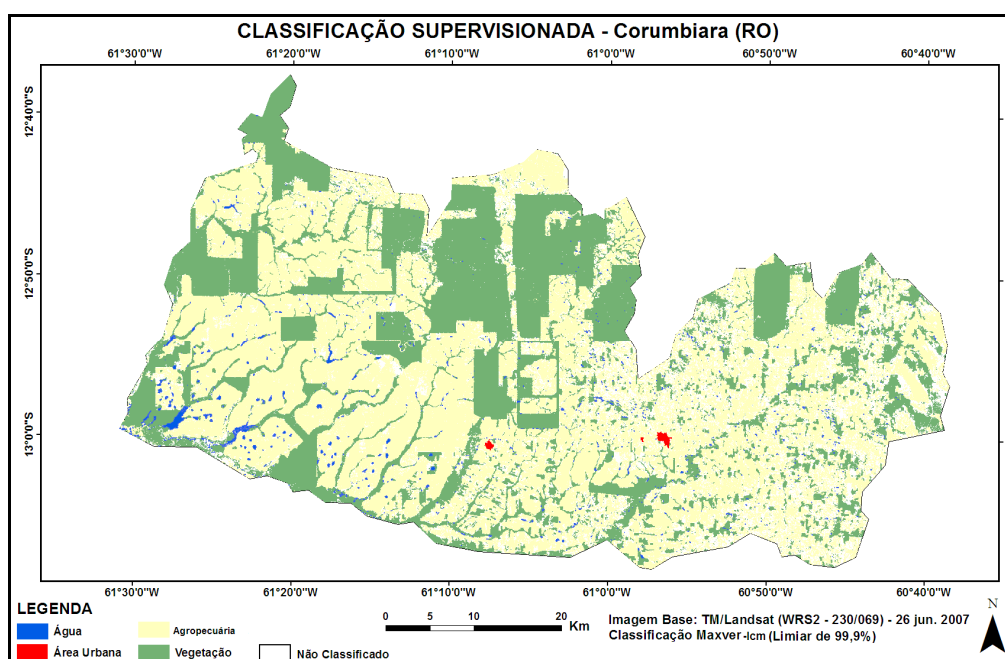


Figura 4. Classificação supervisionada (Maxver-ICM).

Os erros mais significativos de ambas as classificações (não supervisionada e supervisionada) ocorreram em decorrência da atribuição de algumas áreas da classe Agropecuária como pertencentes à classe temática Área Urbana, principalmente em regiões de solo exposto (pertencentes à classe Agropecuária) que foram classificadas como Área Urbana (Figura 5). Essa confusão dos classificadores é resultado da similaridade espectral existente entre algumas áreas de solo exposto preparadas para uso agrícola (classe Agropecuária) e o comportamento espectral dos *pixels* referentes às áreas urbanas.

Uma alternativa possível para evitar a confusão do classificador e realizar o mapeamento das áreas urbanas seria a geração de uma máscara, através de identificação visual, contendo apenas essas superfícies. Entretanto, visto as pequenas extensões das áreas urbanas existentes e sua fácil identificação nas imagens, optou-se pela realização da edição matricial após as classificações. Tal procedimento foi utilizado para a geração dos mapas finais da classificação supervisionada e não supervisionada.

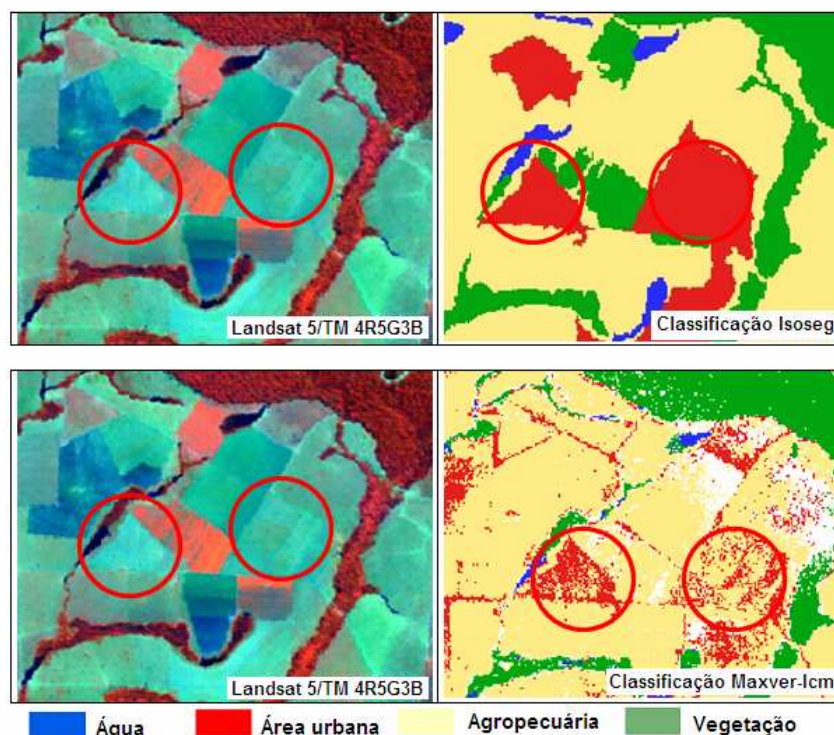


Figura 5. Detalhes de uma região com grande ocorrência de erros nas classificações Isoseg e Maxver-ICM. Os círculos em vermelho representam áreas onde houve “confusão” dos classificadores.

Uma avaliação rigorosa da qualidade dos dados gerados pelas classificações foge do escopo do trabalho em decorrência da ausência de dados de campo. Nesse sentido, as classificações foram comparadas sem a existência de “verdade terrestre”. Através da avaliação das áreas obtidas pela classificação supervisionada (Maxver-ICM) e não supervisionada (Isoseg) é possível identificar a predominância das classes temáticas Agropecuária e Vegetação (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação entre as classificações e valores obtidos.

Classes Temáticas e Classificações				
Classes de Cobertura	Isoseg		Maxver-ICM	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Vegetação	1347	43,9	1167	38,0
Área Urbana	22	0,7	34	1,1
Agropecuária	1627	53,0	1506	49,1
Água	74	2,4	85	2,8
Não Classificado	--	--	278	9,1
Total	3070	100	3070	100

Após avaliação visual e através da comparação dos índices de concordância *Kappa* foi possível concluir que os resultados obtidos pela classificação não supervisionada e supervisionada foram muito parecidos, não havendo diferenciação significativa entre os métodos de classificação para a região em questão, visto as classes temáticas definidas e os respectivos limiares assumidos.

4. Conclusões

As técnicas de processamento digital de imagens descritas apresentaram potencial na identificação das classes de cobertura do solo na região de estudo e podem ser aplicadas a outras atividades similares. As técnicas de classificação podem ser amplamente empregadas para a geração de mapas de uso e cobertura da terra de forma rápida, permitindo o acompanhamento da dinâmica de alteração da superfície.

As práticas agrícolas e a vegetação, em diversos estágios, são os principais elementos de cobertura da terra no município. As áreas urbanas são pouco expressivas, não havendo núcleos urbanos de grande representatividade. Entretanto, foi possível identificar indícios de uma progressiva conversão de áreas de vegetação para uso agropecuário, evidenciando a necessidade de acompanhamento da dinâmica de cobertura da terra na região. Essa tendência pode ser observada em outras regiões da floresta amazônica. Entretanto, para um melhor entendimento das alterações na modificação da cobertura da terra seria necessário um recorte temporal mais abrangente, identificando a dinâmica da região e as tendências desses processos.

Uma metodologia para o monitoramento sistemático poderia proporcionar um conjunto de informações úteis para a tomada de decisões em diversas escalas de atuação, gerando subsídios para a gestão dos recursos naturais da região e permitindo uma apropriação mais consciente do território.

5. Referências Bibliográficas

- Alves, D. S.; Moreira, J. C.; Kalil, E.; 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 (SBSR), 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. Artigos, p. 71-79.
- Anderson, L. O. **Classificação e monitoramento da cobertura vegetal do estado do Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS**. 2004. 247p. (INPE-12290-TDI/986). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.
- Brites, R. S.; Soares, V. P.; Ribeiro, C. A. A. S. Comparação de Desempenho entre três índices de exatidão aplicados a classificações de imagens orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. Artigos, p. 813-821.
- Câmara, G.; Freitas, U. M.; Souza, R. C. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, vol. 15, n.6, 1996.
- Foody, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 185-201, 2002.
- Global Land Cover Facility (GLCF). **Earth Science Data Interface**. University of Maryland. 2008. Disponível em: <<http://www.landcover.org/data/landsat>>. Acesso em: 22 Out. 2008.
- Hudson, W. D.; Ramm, C. W. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 53, n.4, p. 421-422, 1987.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **SPRING - Manuais**. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em: 14 set. 2008.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Banco de Dados Agregados**. 2008. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/territorio>>. Acesso em: 02 jun. 2008.

Jensen, J. R. **Introductory Digital Image Processing: A remote sensing perspective**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2005. 526p.

Landis, J. R.; Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

Mather, P. M. **Computer processing of remotely sensed images: an introduction**. 2nd ed. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, 1999. 292p.

Radeloff, V. C.; Mladenoff, D. J.; Boyce, M. S. Detecting Jack Pine Budworm Defoliation Using Spectral Mixture Analysis: Separating Effects from Determinants. **Remote Sensing of Environment**, v. 69, n. 2, p. 156-169, 1999.

Shimabukuro, Y. E. **Shade images derived from linear mixing models of multispectral measurements of forested areas**. Thesis (Philosophic Doctor). Colorado State University. Fort Collins, Colorado. USA. 1987.

Shimabukuro, Y. E.; Smith, J. A. The least-square mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.