

Uso da análise por componentes principais na avaliação da mudança da cobertura florestal da Floresta Nacional do Tapajós

Luciane Yumie Sato¹
Yosio Edemir Shimabukuro¹
Tatiana Mora Kuplich²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010 São José dos Campos - SP, Brasil
{lusato, yosio}@dsr.inpe.br

²Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/ INPE
Av. Roraima 1000 – 97105-970 – Santa Maria - RS, Brasil
tmk@dsr.inpe.br

Abstract. Remote Sensing has been an efficient way to mapping and monitoring large extensions of land surface. Among different remote sensing techniques, the Principal Component Analysis (PCA) allows tracking land use and land cover changes with multispectral and multitemporal data. This study aims to evaluate, through the PCA, the changes occurred between the years 2005 and 2010 in the land cover of the area that encompasses the northern part of Tapajós National Forest (Pará state). The input data for the PCA is the vegetation fraction images resulting from the application of Linear Spectral Mixing Model using Landsat Thematic Mapper (TM) data. As a result, this work shows a map of land cover changes that allows to observe the regions with higher or lower temporal variation on the forest cover. Water surfaces and dense forest were the classes that remained more stable over the years, with low variation. Regions that have undergone anthropic process showed higher variation. Despite the high variability, these regions represent only 5% of the scene, regions with median variation represent 10% and with low variation are 85%. It was found that using the PCA is possible to analyze the spatial distribution of temporal variation in forest cover in the scene under study. However, due to the presence of clouds in some areas, the map shows variations that do not correspond to real changes in vegetation cover, indicating the need to use images without cloud cover.

Palavras-chave: linear spectral mixing model, vegetation fraction image, image processing, modelo linear de mistura espectral, imagem-fração vegetação, processamento de imagens.

1. Introdução

O sensoriamento remoto tem sido amplamente utilizado nas últimas décadas na área da pesquisa, acadêmica ou comercial, devido à possibilidade de gerar rápidos resultados e por permitir avaliações de diferentes fatores ligados ao ambiente e às atividades humanas. Além disso, esta tecnologia é um dos meios mais eficientes para a realização do monitoramento de grandes extensões da superfície terrestre (Shimabukuro et al., 2009).

Mudanças na cobertura da terra causadas pelas atividades humanas podem causar alterações nos ciclos hidrogequímicos e climáticos do sistema terrestre (Anderson et al., 2005). Por estes motivos, estudos desenvolvidos para o mapeamento e monitoramento da cobertura florestal e do uso da terra são de extrema importância. Além disso, permitem analisar distintas alterações da superfície terrestre auxiliando a elaboração e a tomada de decisões para a conservação e preservação dos ecossistemas (Shimabukuro et al., 2003).

Entre as diversas técnicas do sensoriamento remoto, a análise por componentes principais (ACP), também conhecida por transformação por componentes principais, permite o tratamento de imagens com elevado número de bandas espectrais e a obtenção de informações de dados multitemporais (Crosta, 1992). A ACP mostra-se com grande potencial para a detecção da dinâmica e das mudanças na cobertura da terra, como nos casos de inundações, incêndios e no desenvolvimento de culturas (Jiaju, 1988).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma avaliação da mudança da cobertura florestal na parte norte da Floresta Nacional do Tapajós (estado do Pará), no período de 2005 a 2010, através da análise por componentes principais.

2. Descrição da área de estudo

A área de estudo está localizada no estado do Pará entre os paralelos $2^{\circ} 45'$ e $4^{\circ} 10'$ de latitude sul e entre os meridianos de $54^{\circ} 45'$ e $55^{\circ} 30'$ de longitude oeste e abrange a parte norte da Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós. Esta FLONA é uma Unidade de Conservação com aproximadamente 600.000 ha administrada pelo Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Esta região apresenta relevo suavemente ondulado, com ocorrência de planícies próximas às margens do rio Tapajós e relevo acidentado ao sul. O clima é característico de uma floresta tropical chuvosa, com temperatura média de 26°C , com precipitação pluviométrica anual entre 1.700 e 2.000 mm e a estação seca acontece de julho a dezembro (Servello, 2010). No entorno desta FLONA é comum a ocorrência de desflorestamentos, embora seja restrito o uso dos recursos florestais em Unidades de Conservação. Nesta região nota-se que após as atividades de desflorestamentos, algumas áreas são abandonadas e formam-se áreas de sucessão secundária (Espírito-Santo et al., 2005). A Figura 1 apresenta a área utilizada para a realização deste estudo, englobando a parte norte da FLONA do Tapajós no estado do Pará.

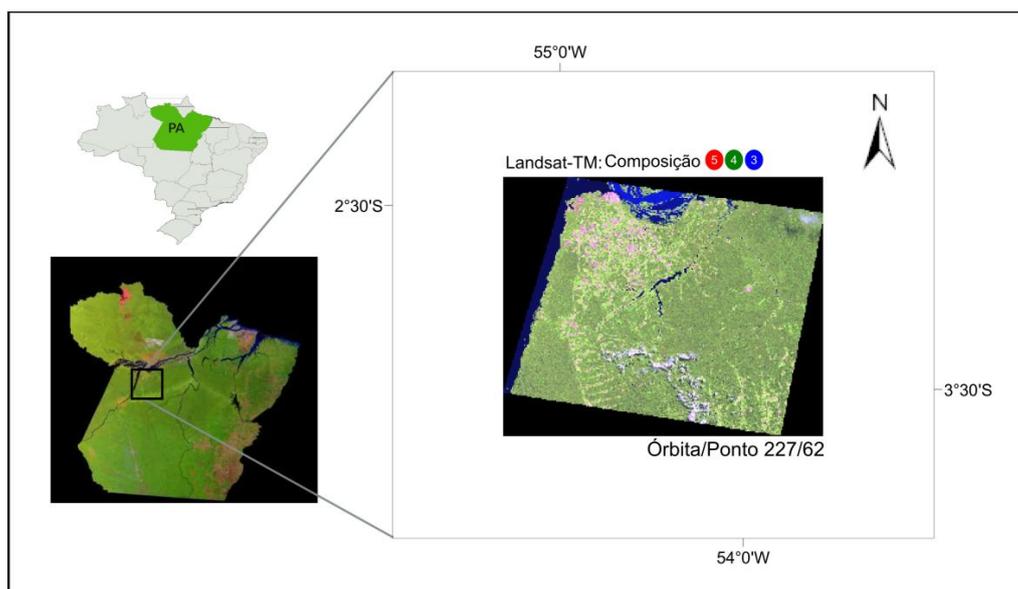


Figura 1: Localização da área de estudo.

3. Materiais e Método

3.1 Imagens TM

Neste estudo, foram utilizadas as imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat-5 com resolução espacial de 30 metros. As imagens são referentes à órbita ponto 227/62 e foram obtidas do catálogo disponível na página do INPE. Para a realização da análise multitemporal foram utilizadas imagens do período de 2005 a 2010, conforme apresentadas na Tabela 1. A fim de permitir uma melhor análise da mudança da cobertura vegetal, buscou-se utilizar imagens da cena de estudo com a menor cobertura de nuvens.

As imagens foram georreferenciadas utilizando como referência uma imagem Geocover da mesma órbita/ponto, disponível na base de dados da Global Land Cover Facility (GLCF). Estas imagens foram registradas através do software SPRING 4.3.3 selecionando 22 pontos de controle distribuídos de maneira uniforme e abrangente. O ajuste da cena foi feito usando um polinômio de 1º grau com erro inferior a 0,5 pixel.

Tabela 1: Informações das imagens utilizadas na análise.

Órbita/ponto	Data da Imagem
227/62	01/07/2005
	05/08/2006
	21/06/2007
	23/06/2008
	12/07/2009
	29/06/2010

3.2 Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME)

A fim de realçar as áreas de cobertura florestal da região em estudo, foi aplicado o MLME, proposto por Shimabukuro e Smith (1991), nas bandas 3, 4 e 5 de todas as cenas das imagens TM. Este modelo tem como objetivo estimar a proporção dos componentes solo, sombra e vegetação de cada pixel, através das respostas espectrais nas diversas bandas.

A aplicação deste modelo é feita através da definição dos componentes puros (solo, sombra e vegetação) nas imagens e resulta em três imagens-fração correspondentes. Os valores espectrais de cada componente foram determinados através de alvos puros de cada cena. Para o componente solo optou-se por um pixel de solo exposto, para a componente vegetação uma área de sucessão secundária inicial e para a componente água um pixel de água limpa. Os componentes puros de solo, sombra e vegetação foram selecionados através de interpretação visual.

O MLME pode ser escrito conforme a Equação 1:

$$ri = a * vegei + b * soloi + c * águai + ei \quad (1)$$

Onde ri é a resposta do pixel na banda i ; a é a proporção de vegetação; b é a proporção de solo; c é a proporção de sombra ou água; $vegei$ é a resposta espectral do componente vegetação na banda i ; $soloi$ é a resposta espectral do componente solo na banda i ; $águai$ a resposta espectral do componente sombra ou água na banda i ; ei é o erro na banda i ; sendo i as bandas 3, 4 e 5 do TM.

3.3 Análise por Componentes Principais (ACP)

Para a detecção das mudanças ocorridas na cobertura florestal nesta série de imagens foi utilizada a ACP. Esta análise pode ser aplicada a um conjunto de N imagens, que não passaram por nenhum tipo de processamento. O resultado gerado, através de transformações algébricas, é um novo conjunto de N imagens descorrelacionadas. Este novo conjunto de imagens apresenta as seguintes características: a primeira componente, denominada de 1ª Componente Principal (CP1), contém as informações que são comuns a todos os conjuntos de dados de entrada, a 2ª Componente Principal (CP2), contém as feições espectrais mais significantes do conjunto de dados e assim por diante. Portanto, as primeiras componentes irão conter as feições espectrais mais significativas enquanto as CPs de ordens mais altas irão conter as informações menos significativas (Crosta, 1992).

No sentido de obter a variação da cobertura florestal, neste trabalho é utilizada a CP2 por apresentar maior resposta nos valores de pixel nas regiões com alta variação temporal da vegetação. Além disso, o uso da ACP em estudos multitemporais apresenta vantagens, pois permite a geração de resultados sem a necessidade de correções atmosféricas ou calibrações sobre os dados (Chavez e Mac Kinnon, 1994). Deste modo, esta técnica aplicada ao conjunto das imagens permite a análise da variação espacial e temporal das áreas que ocorreram mudanças na cobertura florestal.

As imagens-fração vegetação do período de 2005 a 2010 geradas pelo MLME foram utilizadas como dados de entrada na ACP, que foi executada no software ENVI 4.5. Neste programa, também foi gerado o mapa de mudança da cobertura florestal da área de estudo.

O fluxograma da metodologia empregada neste estudo pode ser visto na Figura 2

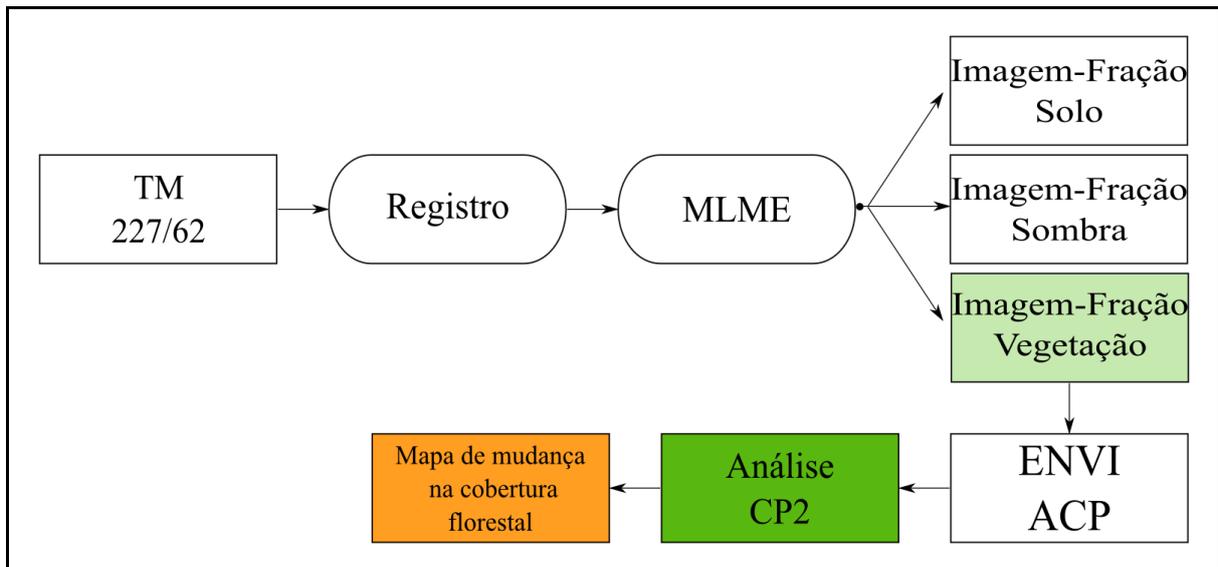


Figura 2: Fluxograma da metodologia do trabalho.

3. Resultados e Discussão

A partir dos resultados obtidos pela técnica de ACP da série temporal das imagens-fração vegetação, gerou-se um mapa que mostra a variação das mudanças na cobertura florestal, conforme apresentado na Figura 3. Neste mapa é possível verificar a intensidade da variação entre as imagens-fração vegetação, onde, as regiões com maiores variações ao longo dos anos aparecem em vermelho escuro e as áreas com baixa mudança ou estáveis aparecem em azul.

Na Figura 3, verifica-se que as regiões de corpos d'água e floresta densa mantiveram-se predominantemente estáveis aparecendo em azul. As regiões com variações medianas aparecem em tons de amarelo e laranja, e áreas que passaram por processos antrópicos (alta variação) aparecem em vermelho.

As áreas que em alguma cena estiveram encobertas por nuvem resultaram em altas variações. Deste modo, não é possível considerar o resultado destas regiões neste tipo de análise, sendo recomendado o uso de imagens totalmente descobertas por nuvens. Entretanto, devido às características climáticas da região, não foi possível obter imagens livre de nuvens.

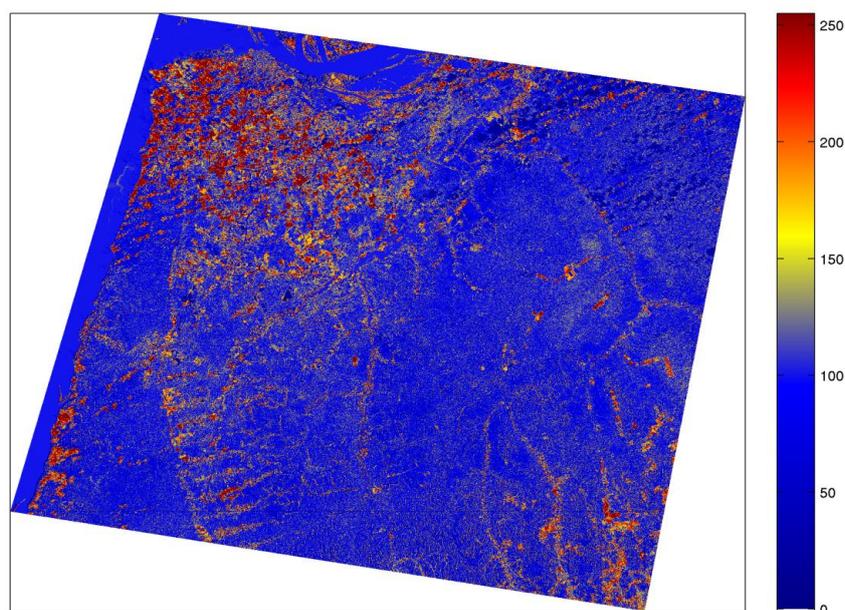


Figura 3: Mapa de mudanças na cobertura florestal.

Com a finalidade de conhecer a porcentagem de cada variação da área, definiram-se três classes: baixa, média e alta, que correspondem respectivamente aos intervalos de 0 a 127, 128 a 191 e 192 a 255. A Figura 4 apresenta o resultado da porcentagem das mudanças que ocorreram nesta série temporal, onde a maior parte (85%) teve baixa variação. As áreas que sofreram variações médias e altas contabilizam um total de 15%, sendo que as variações médias somam um valor de 10% e as de alta variação 5%.

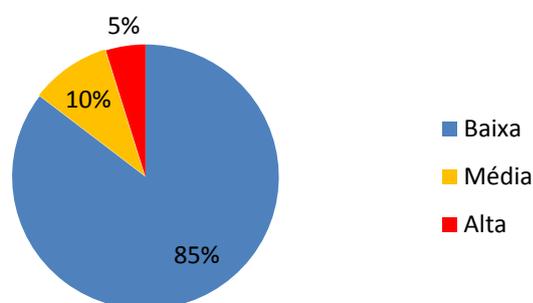


Figura 4: Distribuição do número de pixels do mapa das CP2.

Para facilitar a visualização dos resultados obtidos, a Figura 5 mostra com melhor detalhe um recorte de uma composição R(5) B(4) G(3) da série de imagens usadas e o resultado da CP2. Este recorte, localizado na fronteira leste da FLONA do Tapajós, mostra as três classes de variação definidas e ilustra o resultado de alta variação devido à presença de nuvens sobre uma das cenas.

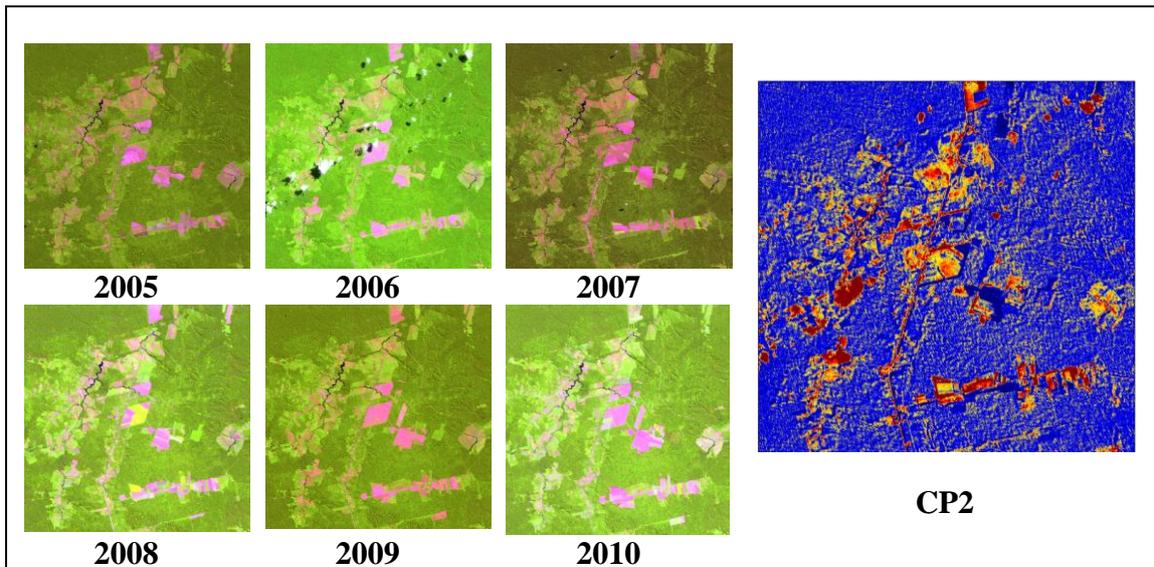


Figura 5: Recortes de uma série de composições R(5) G(4) B(3) e CP2 correspondente.

O perfil de variação de cada imagem-fração vegetação das classes definidas pode ser visto na Figura 6. Para esta figura foram coletados amostras de pixels que representassem cada uma das classes. A escolha foi baseada no resultado da CP2. Este gráfico relaciona o número digital com os anos, deixando clara a diferença entre as classes de variação.

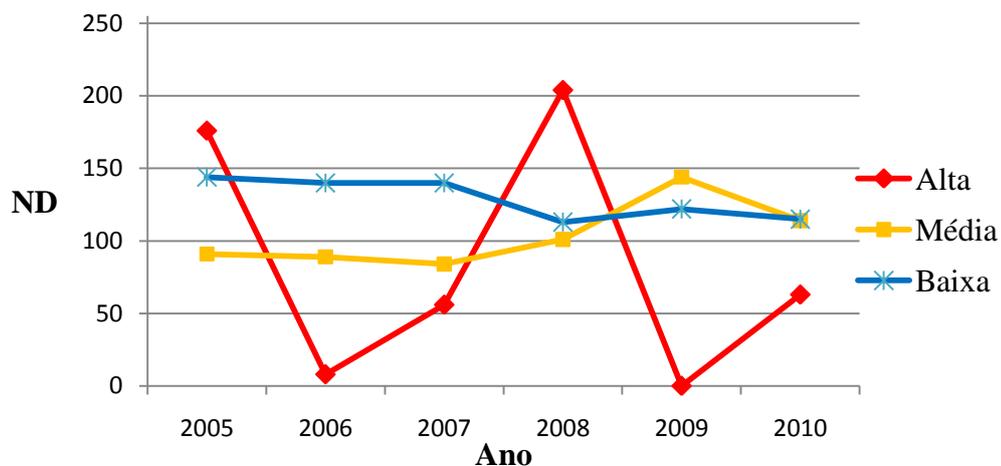


Figura 6: Variação do número digital para cada ano.

4. Conclusões

Através da análise por componentes principais aplicadas à série de imagens-fração vegetação, resultantes do modelo linear de mistura espectral, obteve-se a espacialização da variação temporal da cobertura da terra presentes na área de estudo. Além disso, a ACP permitiu mapear as áreas de mudanças de maneira rápida e simples. Devido à presença de nuvens sobre algumas imagens, alguns valores não correspondem à real variação da cobertura florestal, indicando a necessidade da utilização de imagens sem nuvens na cena. Embora preliminares, os resultados obtidos neste estudo podem ser utilizados como fonte de dados para outros estudos, aumentando as informações obtidas através de sensores remotos para esta região.

Agradecimentos

A primeira autora agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de mestrado.

5. Referências

Anderson, L. O.; Shimabukuro, Y. E.; Lima, A.; Medeiros, J. S. Mapeamento da cobertura da terra do estado do Mato Grosso através da utilização de dados multitemporais do sensor MODIS. **Geografia**, Rio Claro, v. 30, n. 2, p. 365-380, mai./ago., 2005.

Crosta, A. P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. IG/UNICAMP, Campinas, SP, 170p. 1992.

Chavez, P.S.; Mac Kinnon, D.J. Automatic detection of vegetation changes in South United States using remotely sensed images. **Photogrametric Engineering & Remote Sensing**, v.60, n.5, p.571-583, 1994.

Espírito-Santo, F. D. B.; Shimabukuro, Y. E.; Santos, J. R.; Kuplich, T. M. Classificação semi-automática de imagens multitemporais Landsat para a determinação dos estágios sucessionais de uma área de desflorestamento na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 1517-1524. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.16.19/doc/1517.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2010.

Jiaju, L. Development of principal component analysis applied to multitemporal Landsat TM data. **International Journal of Remote Sensing**, v.9, n.12, p.1895-1907, 1988.

Servello, E. L. Dados polarimétricos do Radarsat-2 (banda c) na discriminação de uso e cobertura da terra na região da floresta nacional do tapajós. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos,. 71p., 2010.

Shimabukuro, Y. E.; Maeda, E. E.; Formaggio, A. R. Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica aplicados ao estudo dos recursos agronômicos e florestais. **Revista Ceres**, v. 56, n. 04, p. 399-409, 2009.

Shimabukuro, Y. E.; Miura, T.; Huete, A.; Arai, E.; Espírito-Santo, F. D. B.; Latorre, M. L. Análise dos dados hiperespectrais do EO-1 obtidos sobre a Floresta Nacional de Tapajós no estado do Pará. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 1099-1106. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.17.13.39/doc/10_309.pdf>. Acesso em: 08 out. 2010.

Shimabukuro, Y. E.; Smith, J.A. The least-squares 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, Jan. 1991