

## UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS LANDSAT TM-5 NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS FLORESTAIS AFETADAS PELA EXTRAÇÃO SELETIVA DE MADEIRA: PARTE BAIXA DO RIO CAPIM, PA

LUIZ EDUARDO ARAGÃO<sup>1</sup>  
PAULO MAURÍCIO L. A. GRAÇA<sup>1</sup>  
ROBERTO J. RIVERA-LOMBARDI<sup>1</sup>  
THELMA KRUG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 - CEP 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
aragao@ltd.inpe.br; pgraca@ltd.inpe.br; lombardi@ltd.inpe.br; thelma@ltd.inpe.br

**Abstract:** This study aims at evaluating distinct digital classification methods to detect selectively logged areas in Pará State. The results of the classification were contrasted with those obtained from visual analysis of a TM-Landsat scene acquired in 1998. The results indicated that the supervised classification procedure produced a more accurate classification when contrasted with unsupervised classification or that obtained from the use of the soil image derived from the application of a mixture model.

### Introdução

A bacia amazônica compreende uma parte significativa da área total de florestas tropicais do mundo, abrangendo uma área de mais de 4 milhões de km<sup>2</sup> de cobertura com fisionomia florestal primária. Diante da grande extensão territorial do país, da alta diversidade de espécies e dos benefícios sócio-econômicos e ecológicos que a conservação do bioma amazônico pode propiciar, a cobertura vegetal amazônica representa um patrimônio de valor incalculável para a humanidade. Atualmente, está afetada pelas perturbações ambientais e econômicas de natureza global.

O desmatamento na região amazônica provocado por atividades antrópicas, vem sendo monitorado sistematicamente, desde o final da década de 80, com o uso de sensores orbitais. A estimativa da extensão do desflorestamento bruto da Amazônia brasileira gerada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2000), até agosto de 1998, foi de 551.782 km<sup>2</sup>. Deste total, 188.372 km<sup>2</sup> resultaram de desflorestamentos ocorridos no estado do Pará. Apesar deste trabalho do INPE ser considerado como o maior projeto de monitoramento de recursos naturais utilizando dados de sensoriamento remoto no mundo, ele não inclui as áreas de fisionomia florestal primárias afetadas por atividades de corte seletivo de madeira. Segundo Nepstad *et al.* (1999), a área anual severamente afetada por atividades de extração seletiva de madeira na Amazônia está compreendida entre 10.000 a 15.000 km<sup>2</sup> que, conforme mencionado, não está incluída nas estimativas do desflorestamento bruto. Esses valores foram posteriormente questionados por Krug *et al.* (2000), que, utilizando imagens do satélite norte-americano

Landsat-5 no período de 1988 a 1998, sobre todas as áreas que apresentaram padrão espectral associado ao corte seletivo na Amazônia brasileira, estimaram um incremento médio anual de 2.000 km<sup>2</sup>.

O trabalho de Krug *et al.* (2000) identificou a região de Paragominas, no Pará, como uma das mais intensamente afetadas por atividades de exploração seletiva de madeira. Tradicionalmente, tem-se recorrido à análise visual de imagens para delimitar as áreas afetadas por este tipo de atividade. Entretanto, em estudos multitemporais ou na observação de extensas áreas, este procedimento pode-se tornar relativamente dispendioso e demorado, além de estar sujeito a erros subjetivos de interpretação. Alguns esforços têm sido feitos para desenvolver técnicas de classificação digital visando aumentar a exatidão do mapeamento de áreas florestais afetadas por atividades de corte seletivo (Skole, Comunicação Pessoal). Isto se deve ao fato deste procedimento, em geral, representar em significativa redução no tempo dispendido na interpretação visual, além de permitir a criação de um banco de dados referenciados.

O presente trabalho teve como objetivo explorar algumas técnicas convencionais de classificação digital para mapear áreas que apresentam padrão espectral associado ao corte seletivo de madeira em imagens TM-Landsat, com resolução espacial de 30 metros. Os resultados das classificações foram contrastados com aqueles derivados da interpretação visual, considerados, aqui, como verdade terrestre.

### **Área de Estudo**

A área de estudo está localizada na parte baixa da bacia do Rio Capim, município de Paragominas, Pará. Considerou-se, neste estudo, somente as áreas de floresta de *terra firme*. A área está compreendida entre as coordenadas geográficas 47° 43' 31" a 47° 56' 32" de longitude oeste e 02° 30' 47" a 02° 52' 00" de latitude sul, abrangendo aproximadamente 93.773 ha.

### **Materiais e Métodos**

Para a realização do trabalho empregou-se a imagem TM/Landsat 223/062 adquirida em 19/08/98, a qual foi processada no Sistema de Informação Geográfico SPRING 3.4. O georeferenciamento da imagem foi realizado a partir da seleção de pontos de controle identificados na carta topográfica Rio Capim, SA-23-Y-A-103, na escala 1:250.000 (IBGE, 1993).

Utilizou-se técnicas de classificação supervisionada (Máxima Verossimilhança) e não-supervisionada (ISOSEG) em uma composição colorida das bandas 3(R), 4(G) e 5(B, assim como na imagem *solo* derivada da aplicação de um modelo linear de mistura na composição colorida (Shimabukuro *et al.* , 1997).

### **Resultados e Discussões**

Os resultados preliminares indicaram que a classificação não supervisionada realizada por meio do classificador ISOSEG, apresentou grande confusão entre as classes consideradas neste estudo (floresta, corte seletivo e não floresta), não realçando os padrões de corte seletivo. Portanto, esses dados não foram considerados na análise dos resultados. A classificação supervisionada (Maxver) sobre a composição colorida apresentou um desempenho geral de 91,46%, uma

confusão média de 8,54% e um KHAT de 88,3%. A classificação supervisionada aplicada sobre a imagem *solo* apresentou um desempenho geral inferior àquele aplicado sobre a composição colorida (89,90%). A confusão média foi de 10,10% e um KHAT de 81,50%.

Tomando como base a composição colorida das bandas 3, 4 e 5 (**Figura 1A**), procedeu-se à classificação digital utilizando o algoritmo de Máxima Verossimilhança (**Figura 1B**). Em seguida, os polígonos envolventes das áreas afetadas por atividades de exploração madeireira foram delineados. A imagem classificada passou por um processo de edição, visando eliminar as áreas de corte seletivo identificadas fora das áreas de *terra-firme* (*áreas de várzea*). Isto motivado pelo fato dos resultados apresentados por Krug *et al.* (2000) se concentrarem exclusivamente em áreas de *terra firme*. Do número total de *pixels* associados às atividades de corte seletivo, 20,6% foram descartados por estarem relacionados às alterações ocorridas fora de áreas de *terra firme*. A área de corte seletivo identificada na imagem, resultante da classificação supervisionada foi de 107 km<sup>2</sup>, representando 11,3% da área total de 950 km<sup>2</sup>. Indicando que esta região apresenta uma alta intensidade de corte seletivo.

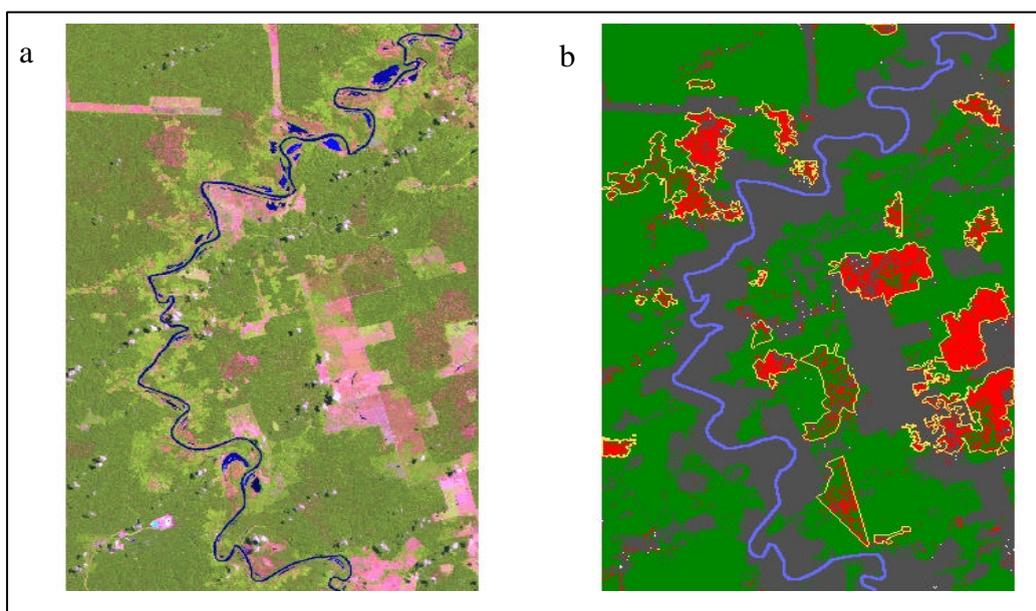


Figura. 1. a) Imagem TM-Landsat (data), bandas 3 (R), 4 (G) e 5 (B), Baixo Rio Capim, PA e b) imagem classificada resultante do uso do algoritmo de Máxima Verossimilhança, indicando, em vermelho, as áreas afetadas pelo corte seletivo; em verde, as áreas de florestas; e, em preto, as áreas não florestadas. Os polígonos envolventes utilizados no cálculo da área associada à exploração madeireira estão representados em amarelo.

Souza e Barreto (2000) também quantificaram áreas de extração seletiva, em outra região próxima a Paragominas (cena 222/62), mostrando que 3,46% da área total analisada estava afetada pelo corte seletivo. A sobreposição das áreas identificadas através de análise visual e aquelas resultantes da classificação digital supervisionada mostrou uma razoável concordância visual, que será melhor explorada nas próximas fases do estudo. Como a classificação digital refere-se a uma imagem adquirida no ano de 1998, que concentra alterações na superfície

florestal ocorridas naquele ano, assim como em anos anteriores, o cruzamento com os dados gerados a partir da análise visual necessita primeiramente compatibilizar as duas fontes, de maneira a fazer com que os polígonos identificados através dos dois procedimentos sejam temporalmente compatíveis.

### **Considerações Finais**

Os resultados obtidos até o presente indicam que a classificação supervisionada (MaxVer) feita sobre imagens TM-Landsat pode apresentar bom potencial para mapear áreas afetadas por atividades de corte seletivo de madeira. As próximas etapas deste estudo envolverão contrastar, em uma matriz de confusão, os erros de omissão e de inclusão observados a partir da aplicação de várias técnicas de classificação. Considerar-se-á, como verdade terrestre, os dados gerados pela análise visual da imagem.

### **Referências**

- IBGE. **Rio Capim**. SA-23-Y-A-103. Rio de Janeiro. 1993. (Mapa na Escala 1: 250.000)
- INPE. Monitoramento da floresta amazônica por satélite. [on line] <http://www.inpe.br>. 2000.
- Krug, T.; Santos, J. R.; Meira Filho, L.G. Logging activities in the Brazilian Amazonia: a multi-temporal analysis using orbital data. **Nature**. 2000. (submitted)
- Nepstad, D. C.; Veríssimo, A.; Alencar, A.; Nobre, C.; Lima, E.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P. Potter C.; Moutinho, P.; Mendoza, E.; Cochrane, M.; Brooks V. Large -Scale impoverishment of amazonian forest by logging and fire. **Nature**, v.398, p.505-508. 1999.
- Shimabukuro, Y.E.; Mello, E.M.K.; Moreira, J.C.; Eduarte, V. Segmentação e classificação da imagem sombra do modelo de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia. São José dos Campos: INPE, 1997. 16p. (INPE – 6147-PUD/029).
- Souza, C.; Barreto, P. An alternative approach for detecting and monitoring selectively logged forests in the Amazon. **International Journal of Remote Sensing**. v. 21, n.1, p. 173-179. 2000.