

## **Classificação da cobertura vegetal da região norte da FLONA do Tapajós utilizando a segmentação de imagens-fração**

Jane Delane Verona  
Yosio Edemir Shimabukuro

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Caixa Postal 515,  
CEP 12201-970, São José dos Campos, SP, Brasil.

e-mail: janeverona@hotmail.com  
e-mail: yosio@ltd.inpe.br

**Abstract:** This work has as main objective the mapping of the vegetable covering in the northern area of the Tapajós National Forest, located to the south of the city of Santarém-Pará, Brazil. For this purpose, over the 1999 image of sensor TM-Landsat-5 the following digital processings were accomplished: a linear spectral mixture model; segmentation and classification. The application of the linear mixture model implemented in the Georeferenced Information Processing System (SPRING/INPE), made possible the transformation of bands 3, 4 and 5 in image-fractions shade, soil and vegetation. On the shade image-fraction the segmentation technique was applied by growth of areas and later the Isoseg classifier was used to classify the segmented image. The methodology employed showed useful in the distinction among the areas of primary forest, deforested areas and areas in process of secondary regeneration. As end result we present a map of the types of vegetable covering of the studied area.

**Key-words:** modelo linear de mistura espectral, classificação, vegetação, floresta Amazônica, linear spectral mixture model, classification, vegetation, Amazon forest.

## 1. Introdução

A intensa pressão exercida sobre os recursos naturais requer um acompanhamento freqüente de sua evolução. A partir da disponibilidade de informação temática que mostre o estado atual dos recursos naturais e seu uso pelo homem, se torna possível propor prioridades para a fiscalização e zoneamento ecológico - econômico mais eficientes (Duarte et al., 1999).

A complexidade da interação dos elementos dentro do ambiente florestal dificulta o processo de classificação de imagens orbitais, pois o valor do *pixel* não representa o valor de apenas um alvo e sim a interação destes (Matter, 1999). Para resolver o problema da mistura espectral intra-pixel, visando melhorar as classificações convencionais (que geralmente são baseadas na informação espectral dos *pixels*), citam-se os trabalhos elaborados por Shimabukuro e Smith (1991), Roberts et al. (1998), Aguiar et al. (1999), entre outros. Estas técnicas se baseiam na utilização de um modelo linear de mistura espectral para estimar a proporção de cada alvo dentro do *pixel*.

Na classificação, são utilizadas as informações contidas nas diversas bandas, e diversas relações podem ser estabelecidas, *pixel a pixel* ou agregação de *pixels*, de modo que *pixels* com características mais similares sejam agrupados em classes determinadas pelo usuário (supervisionado) ou pelo computador (não supervisionado).

Nesta pesquisa, o tipo de classificação utilizado foi baseado no agrupamento, que se baseia nas características estatísticas de uma região, obtidas por uma segmentação anterior. O classificador não supervisionado (ISOSEG) foi o escolhido, de acordo a metodologia do PRODES DIGITAL (Duarte et al., 1999). Após segmentação (extração de objetos e seus atributos) da imagem fração, esta então é classificada e mapeada para as classes de interesse.

Neste sentido, este trabalho visa realizar a classificação de parte da Floresta Nacional do Tapajós, Pará-BR e arredores, utilizando imagens fração do sensor TM/Landsat-5, considerando as componentes vegetação, solo e sombra. As imagens fração foram geradas a partir de um modelo linear de mistura espectral proposto por Shimabukuro e Smith (1991), que está implementado no SPRING 3.3 (INPE, 1999), desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo situa-se nos limites e arredores da Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós, localizada ao sul da cidade de Santarém, estado do Pará – Brasil (Figura 1). Suas coordenadas geográficas são: 55° 30' a 54° 36' Oeste e 2° 30' a 4° 18' Sul.

A Floresta Nacional apresenta áreas de floresta primária cercada, principalmente à leste da BR 163, por diversas áreas nas quais tem sido afetada por atividades humanas, como agricultura (variadas culturas) e pecuária (gado/pastagem). Geralmente processos como corte e queima foram e ainda são utilizados na abertura de novas áreas. Em alguns locais, os moradores abandonaram as áreas que se encontram atualmente em processo de regeneração.

### 2.2 Material Utilizado

Utilizou-se uma imagem do dia 2 de agosto de 1999, do sensor TM / Landsat-5, bandas de 1-5 e 7, órbita/ponto 227/062. Todos os processamentos digitais das imagens gerados nas etapas seguintes foram realizados utilizando-se o SPRING 3.3, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), em ambiente Windows.

As seguintes cartas da área de estudo serviram de auxílio à navegação em campo, assim como para a correção geométrica (registro da imagem), onde foram coletados pontos de controle via mesa digitalizadora: Folhas topográficas (Boim e São Jorge), na escala de

1:100.000, publicadas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG); e o Mapa de Vegetação do Projeto RADAMBRASIL (1976), Folha Santarém, na escala de 1:1000.000, que foi utilizado na etapa de mapeamento das imagens classificadas.

O trabalho de campo à área de estudo ocorreu entre os dias 1 a 16 de julho de 2000. Durante a campanha foram coletados dados de videografia e fotografia aérea digital no sobrevôo realizado em alguns locais da região. Fotografias panorâmicas tiradas dos transectos também foram úteis na descrição dos tipos de vegetação encontrados na imagem.

### 3. Metodologia

Este trabalho foi baseado na metodologia adotada pelo PRODES DIGITAL (Duarte et al., 1999), a qual foi desenvolvida com a finalidade de acompanhar o desflorestamento na Amazônia. As etapas envolvidas são descritas a seguir:

#### 3.1 Etapas de pré-processamento:

Inicialmente a imagem de 2 de agosto de 1999 foi registrada à Projeção UTM – SAD 69, obtendo-se um erro nos pontos de controle de 0,23 e nos pontos de teste de 0,52.

As 6 bandas foram então convertidas de número digital para reflectância, de acordo com a abordagem proposta por Markham e Barker (1986).

#### 3.2 Modelo Linear de Mistura Espectral

As componentes puras (solo, sombra e vegetação) foram definidas, segundo Shimabukuro e Smith (1991), que representam a etapa inicial para entrada no modelo de mistura espectral, o qual gera as imagens fração, vegetação, solo e sombra. Este modelo assume que a resposta espectral de cada *pixel*, em qualquer banda espectral, é uma combinação linear dos componentes puros, sendo modelada como a soma de N componentes puros dentro do *IFOV*, ponderada pela proporção da área de cada material, conforme a equação 1. Um pressuposto a ser obedecido para o modelo linear de mistura espectral é que a soma das frações para qualquer elemento deve ser 1 (Shimabukuro e Smith, 1991).

$$d_i = \sum_{j=1}^n (s_{ij} a_j) + e_i \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$d_i$ : observação na banda  $i$ ;

$a_j$ : proporção da componente  $j$ ;

$s_{ij}$ : assinatura espectral para a componente  $j$  na banda  $i$ ;

$e_i$ : erro na banda  $i$ ;

$n$ : número de componentes.

As áreas mais claras, na imagem fração, expressam maior proporção de área da componente considerada em uma região da imagem e vice-versa.

Foi feita uma reamostragem nas imagens fração (vegetação, solo e sombra), que 30 x 30 m, passaram a apresentar 60 x 60 m, diminuindo o tempo de processamento e volume de dados, sem prejudicar o conteúdo de informação.

#### 3.3 Segmentação das imagens fração

A imagem sombra foi segmentada (limiar de similaridade: 2 e área: 16). A componente sombra foi a escolhida por ser considerada a mais expressiva para separar floresta de não floresta e para caracterizar a estrutura do dossel (Shimabukuro e Smith, 1991). Além disso, esta componente possui pouca ou nenhuma contribuição, nas áreas de vegetação secundária, pastagem e solo exposto.

### 3.4 Classificação de floresta primária

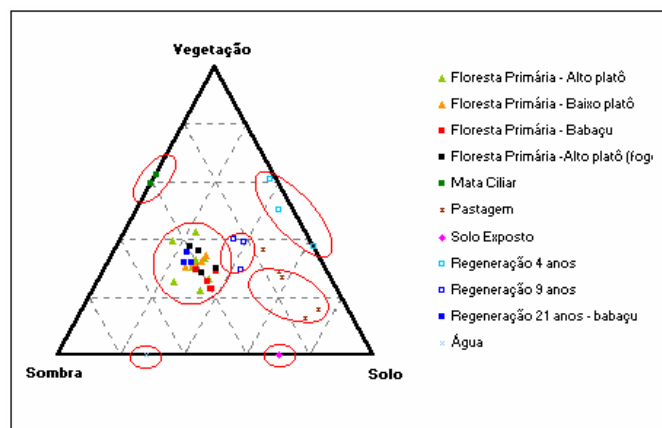
Nesta fase, utilizou-se a segmentação da imagem vegetação e sombra para a classificação da floresta, pois assumiu-se que estas componentes são as mais significativas, já que a componente solo não é muito expressiva dentro do ambiente da floresta. A intenção foi acrescentar áreas de vegetação secundária ainda nesta fase, permitindo assim a comparação do comportamento espectral classes vegetais com estrutura e fisionomia distintas. Após a segmentação das imagens fração sombra e vegetação, criou-se um arquivo de contexto no qual continha a informação das imagens utilizadas no processo e em seguida procedeu-se com a extração das regiões. O classificador não supervisionado que se utiliza das informações estatísticas de vizinhança obtidos das imagens segmentadas é denominado no SPRING por ISOSEG.

### 3.5 Classificação de não floresta

Nestas áreas, a componente sombra não apresenta importância, sendo então utilizados para a classificação, a segmentação das imagens fração solo e vegetação, que posteriormente foram classificadas utilizando-se o classificador não supervisionado (ISOSEG).

## 4. Resultados

O diagrama de dispersão da **Figura 1** mostra a proporção de cada componente (vegetação, solo e sombra) em algumas áreas que foram verificadas durante o trabalho de campo na área de estudo.



**Figura 1:** Diagrama de dispersão dos componentes de mistura dos tipos de cobertura na Floresta Nacional do Tapajós.

Foi possível notar a partir da exploração visual das imagens fração vegetação, solo e sombra, e do diagrama de dispersão da figura 1, as seguintes observações:

- Pode-se identificar a partir da figura 1, a separação de sete grandes grupos de cobertura do solo, em função da proporção área que possuem em cada componente: floresta primária; floresta secundária em estágio inicial de regeneração - 4 anos; regeneração de 9 anos; mata ciliar; pastagem; solo exposto e água;
- O grupo maior (variações de floresta primária), apresentou sub-grupos que poderiam ser melhor identificados com uma escala mais adequada. Possivelmente, se fosse aplicado uma máscara de floresta e não floresta antes da segmentação da imagem fração sombra, a separação entre as classes poderia ter sido avaliada;
- As componentes solo e sombra foram úteis na delimitação e separação da floresta primária dos tipos alto e baixo platô. De um modo geral, a floresta primária de baixo platô apresenta maior contribuição de solo;

- A floresta secundária de 21 anos se confunde com a floresta primária, porém apresenta proporcionalmente menor quantidade de solo e sombra do que floresta primária com elevada quantidade de babaçu (norte da FLONA);
- A floresta primária (alto platô) foi a que apresentou maior variabilidade na resposta, talvez por apresentar naturalmente variações na quantidade destas componentes;
- As estradas de dentro da floresta primária foram melhor visualizadas através da componente solo, quando comparadas à composição colorida (345) e às bandas originais. Aplicando-se uma análise de componentes principais nas bandas 3, 4 e 5, para fins comparativos, a imagem fração solo ainda se mostrou melhor;

## 5. Conclusões

As componentes solo e sombra em conjunto mostraram-se muito eficientes para a distinção de classes dentro da floresta primária.

Florestas secundárias apresentam proporções variadas de cada componente, de acordo com a idade, pois estas variam em altura, sombreamento, exposição de solo, entre outros.

O modelo linear de mistura espectral mostrou-se muito eficiente no entendimento e na delimitação da cobertura do solo na Floresta Nacional do Tapajós, mostrando-se vantajoso para o mapeamento automático dos tipos de uso e cobertura do solo a partir da segmentação e classificação das imagens-fração vegetação, solo e sombra.

## 6. Referências bibliográficas

Aguiar, A.P.D.; Shimabukuro, Y.E.; Mascarenhas, N.D.A. Use of synthetic bands from mixing models in the multispectral classification of remote sensing images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 4, p. 647-657, 1999.

Duarte, V. Shimabukuro, Y.E.; Santos, J.R. dos; Mello, E.M.K.; Moreira, J.C.; Moreira, M.A.; Souza, R.C.M. de; Shimabukuro, R.M.K.; Freitas, U.M. de **Metodologia para a criação de dados digitais da Amazônia - Projeto BADDAM**. São José dos Campos. 33p. (INPE-7039-PUD/036). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1999.

Mather, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 2 ed. Great Britain: John Wiley, 1999. 291p.

Projeto RADAMBRASIL. **Folha S/A 21- Santarém** - vegetação. Rio de Janeiro, DPNM 1976. (Levantamento dos Recursos Naturais, v. 10).

Roberts, D.A.; Batista, G.B.; Pereira, J.L.G.; Waller, E.K. e Nelson, B.W. Change identification using multitemporal spectral mixture analysis: applications in eastern Amazonia. **Remote Sensing – Change Detection – Environmental Monitoring Methods and Applications**. Cap. 9, Ann Arbor Press. 137 – 161. 1998.

Shimabukuro, Y.E. **Shade images derived from linear mixing models of multispectral measurements of forested areas**. (Doctoral Dissertation) – Colorado State University, Fort Collins, CO, 1987.

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, p. 16-20, 1991.