

## ATIVIDADES DE GEOPROCESSAMENTO APLICADAS EM ÁREA DE MANEJO FLORESTAL – FLORESTA NACIONAL DO ANTIMARY - NO ESTADO DO ACRE

### GEOPROCESSING ACTIVITIES APPLIED TO MANAGEMENT FOREST – ANTIMARY STATE FOREST – IN THE STATE OF ACRE

Luciana Mendes Cavalcante <sup>1</sup>, Luciano Arruda Ribas <sup>2</sup>

EMBRAPA ACRE, BR – 364, Km 14, cep: 69908-970, caixa postal 321 – Rio Branco, Acre, Brasil  
e-mail: <sup>1</sup> luciana@cpafac.embrapa.br ; <sup>2</sup> laribas@cpafac.embrapa.br

#### RESUMO

O presente artigo avaliou a precisão de um método de classificação supervisionada (máxima verossimilhança) de um recorte de imagem CBERS-2, aplicado a áreas de manejo florestal na Floresta Estadual do Antimary, no município de Bujari, Estado do Acre. O objetivo do trabalho foi verificar a precisão do método em separar diferentes tipologias florestais. Imagens-fração resultantes de análise de mistura espectral e imagem representando o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) foram utilizadas como atributos nos procedimentos de classificação. Em campo foi realizado um levantamento dos dados biofísicos (vegetação, solos, geomorfologia, drenagem), que posteriormente foram inseridos em banco de dados associados à imagem, em ambiente SIG. Foi verificado que a área é ocupada por Floresta densa (32,8%) e Floresta aberta (67,2%), obtendo-se na classificação uma Exatidão global de 84,47% e um valor Kappa de 92%. Os resultados mostraram que o método foi eficiente para separar floresta densa das áreas ocupadas por floresta aberta com base nesses coeficientes, mas em campo observa-se mais uma tipologia, sugerindo que a aplicação de imagens de alta resolução deva ser mais eficiente.

**Palavras-chave:** mapeamento, manejo florestal, Acre, NDVI, AME.

#### ABSTRACT

This work evaluated the precision of a supervised digital classification (maximum likelihood) of part of a CBERS-2 image, applied to management forest areas in the Antimary State Forest, in the municipality of Bujari, state of Acre. The goal was to verify the precision of the method in separating different vegetation types. Fraction images resulting from linear spectral unmixing and image representing the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) were used as attributes in the classification procedures. Biophysics data (vegetation, soils, geomorphology, and drainage) survey was taken and treated in GIS. It was verified that the area is occupied by dense vegetation (32,8 %), and open forest (67,2%) whose precision in the supervised digital classification was the following one: Global precision (84,47 %), and Kappa (92 %). The results showed that the classification scheme was efficient to separate closed vegetation and open forest based on that coefficients, but *in loco* it was defined another vegetation type; it suggests that high resolution images could be more useful.

**Key words:** mapping, forest management, Acre, NDVI, mixture analysis.

#### INTRODUÇÃO

A Floresta Estadual do Antimary, criada pelo Decreto Estadual no. 07/02/87 abrange uma área de 76.832 hectares no município de Bujari, Estado do Acre (Figura 1). Lá, foram instaladas 40 parcelas permanentes em áreas de tabocal, floresta aberta e floresta densa. As parcelas foram alocadas em unidades de produção anual (UPA) do projeto de manejo florestal da FEA (SEF/UNTAC/TECMAN) e em duas colocações ainda sem intervenção silvicultural.

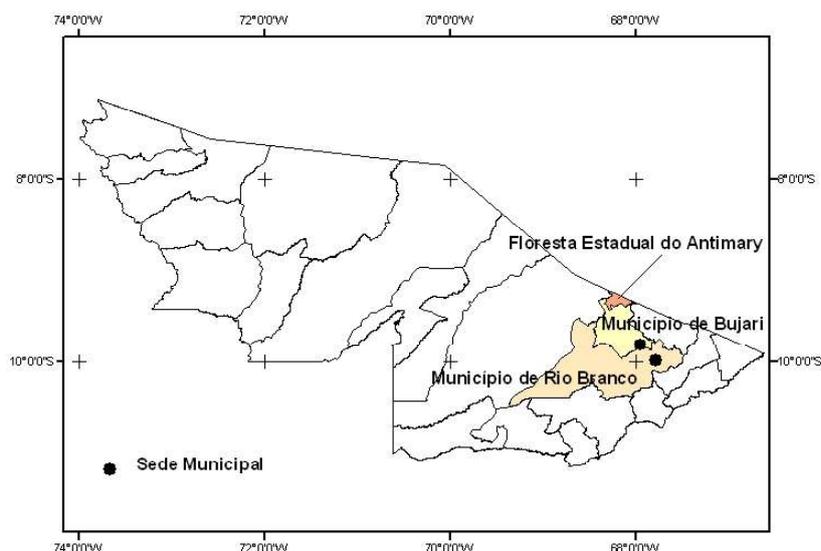


Figura 1. Localização da Floresta Estadual do Antimary.

Parcelas Permanentes têm sido largamente utilizadas nos estudos do comportamento das florestas manejadas, sendo avaliadas quanto à composição de espécies, crescimento, mortalidade e ingresso de novas plantas (CHIEW e GARCIA, 1989; PRIMACK *et al.*, 1989; SILVA *et al.*, 1996), bem como uma forma de prever a produção e rendimentos em projetos de manejo florestal (CONDIT *et al.*, 1995). Embora sejam caras e demandem muito tempo e esforço das equipes de campo para sua instalação e medição, as parcelas permanentes ainda se constituem na mais importante ferramenta em estudos de manejo florestal e ecologia. A base do conhecimento necessário para o manejo de florestas tropicais está no estudo de sua dinâmica. Somente por meio do conhecimento da dinâmica de crescimento e regeneração natural da floresta será possível a previsão de ciclos, taxas de corte adequadas, e outros aspectos necessários à produção sustentável.

O georreferenciamento das parcelas permanentes é prática exigida por lei; em conjunto com técnicas de geoprocessamento contribuem na melhoria do processo de tomada de decisões associadas à própria especificidade dos planos de manejo florestal, como um melhor planejamento e melhor atualização dos dados. Para tanto são muito utilizadas imagens de satélites, que são tratadas para que se evidencie a resposta espectral do alvo em questão (vegetação).

As técnicas de classificação digital de imagens têm sido desenvolvidas grandemente por conta da necessidade de se conhecer o meio ambiente para preservá-lo ou explorá-lo coerentemente de forma sustentável. O “carro-chefe” desse empreendimento é o elevado e crescente índice de desmatamento. Nesse contexto, cita-se o PRODES (Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto na Amazônia) realizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), como referência, pois apresenta resultados para toda a região amazônica sobre estimativas de áreas desflorestadas.

Trata-se de uma iniciativa importante, entretanto, em 1996 no Acre, a FUNTAC (Fundação de Tecnologia do Acre) começou a investir no monitoramento ambiental, para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do estado realizado posteriormente em 2000. Por meio de metodologia utilizada pelo IMAZON (Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia) com dados do satélite MODIS, obteve-se um índice de desmatamento diferente daquele apresentado pelo INPE.

Desta forma, as diferentes técnicas de interpretação e a escolha dos produtos (sensor, resolução, faixa espectral) influenciam nas características dos mapas produzidos. Além destes fatores, os critérios de interpretação, utilizados por diferentes intérpretes podem originar diferentes classificações.

As imagens de satélite de média resolução são comumente utilizadas no mapeamento de cobertura vegetal. As imagens dos satélites da série Landsat foram muito utilizadas, por apresentarem custo relativamente baixo e boa resolução temporal, gerando um consistente referencial para os usuários. Com a recente

disponibilização das imagens do satélite sino-brasileiro CBERS-2 é fundamental que se construa um banco de dados referentes às informações obtidas por seus sensores, pela qualidade que as imagens apresentam. O objetivo deste trabalho foi, portanto, associar dados coletados em campo em áreas de manejo florestal na Floresta Estadual do Antimary a interpretações e análises de imagens desse satélite, para que se verifique a aplicabilidade de técnicas de geoprocessamento em áreas de exploração florestal. Para isso, as imagens foram geradas pelo índice de vegetação por diferença normalizada e por análise de mistura espectral e avaliadas por coeficientes de concordância Kappa e Exatidão global.

Conforme STORY e CONGALTON (1986), a precisão a ser expressa em mapas e em imagens está na declaração da porcentagem da área de mapa que foi corretamente classificada quando comparada com dados de referência ou “verdade de campo”, denominada de Exatidão global. Esta declaração normalmente é derivada de uma contra parte da classificação correta gerada por amostragem dos dados classificados, e expressa na forma de matriz de erro, algumas vezes denominada de matriz de confusão ou tabela de contingência.

JENSEN (1986) sugere que a análise comparativa da precisão específica local, através da matriz de erro pode fornecer métodos melhores de comparar a precisão de mapeamentos de uso da terra, que uma simples comparação de precisão através de uma estimativa global. Entretanto, GONG e HOWARTH (1990) utilizaram o índice Kappa (K) como uma medida de precisão importante a ser associada à matriz de erro, por representá-la inteiramente, isto é, considerando todos os elementos da matriz e não apenas aqueles que se situam na diagonal principal, como acontece com o índice de Exatidão global.

## METODOLOGIA

Foram instaladas 40 parcelas permanentes na Floresta Estadual do Antimary em áreas de tabocal, floresta aberta e floresta densa. As parcelas foram alocadas em unidades de produção anual (UPA) do projeto de manejo florestal da FEA (SEF/UNTAC/TECMAN) e em duas colocações ainda sem intervenção silvicultural.

A região de estudo situa-se na parte norte do Estado do Acre onde afloram os litotipos da Formação Solimões, além de depósitos quaternários. Localiza-se na Depressão do Rio Branco, fazendo parte da Bacia Hidrográfica do Rio Acre. Os solos predominantes na região são os Argissolos além dos Neossolos flúvicos nas planícies aluviais (ACRE, 2006, no prelo).

Os materiais utilizados no trabalho foram: imagem CBERS-2 de 2006 e banco de dados ambientais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A metodologia empregada foi subdividida nas seguintes etapas: (a) processamento digital das imagens, (b) georreferenciamento, (c) classificação temática, (d) inserção de dados biofísicos em ambiente SIG, (e) quantificação das tipologias e (f) aferição da acurácia temática.

No processamento digital da imagem, realizaram-se técnicas de correção geométrica e realce. Na correção geométrica utilizou-se o método de transformação polinomial de 1º grau e o de reamostragem dos pixels a técnica de alocação do vizinho mais próximo (nearest neighbour) e o georreferenciamento da imagem se deu pelo uso de 17 pontos de controle no terreno coletados no terreno.

A análise de mistura espectral foi realizada na imagem convertida de número digital para reflectância. Os componentes puros selecionados foram solo, sombra e vegetação.

Na etapa de classificação temática de uso da terra foi aplicada a classificação digital supervisionada, desenvolvida em função do conhecimento prévio de áreas amostrais obtidas no trabalho de campo. Isso permitiu a seleção de áreas de treinamento confiáveis, definindo-se que o algoritmo classificador pelo método de máxima verossimilhança operasse com base na distribuição de probabilidade de cada classe. As classes temáticas foram estabelecidas em função dos temas de interesse, que eram as tipologias florestais. A quantificação das tipologias constituiu em determinar as áreas das duas classes obtidas através da função de cálculo de áreas, sendo este efetuado a partir da contagem do número de pixels classificados em cada uma

delas, considerando a resolução espacial de 20 metros. Como última etapa aferiu-se a acurácia temática dos resultados obtidos na classificação digital dos povoamentos florestais

As informações de "verdade de campo" foram inseridas e analisadas dentro dos índices de acurácia descritos por BRITES et al. (1996): Exatidão global ( $G = [\sum_{i=1}^M n_{ii}] / N$ ) e Kappa ( $K = [Po - Pc] / [1 - Pc]$ ), sendo:  $\sum_{i=1}^M n_{ii}$  = somatório dos pontos corretamente classificados dentro de cada classe;  $N$  = número total de pontos contemplados na matriz;  $Po$  = proporção de unidades que concordam plenamente;  $Pc$  = proporção de unidades que concordam por casualidade e  $M$  = número de categorias na classificação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A correção geométrica da imagem pelo método de transformação polinomial de 1º grau e reamostragem de pixels pela alocação do vizinho mais próximo obteve resultados satisfatórios, gerando um erro inferior a meio pixel para a imagem.

A aplicação do algoritmo de decomposição espectral linear gerou as imagens sintéticas sombra, solo e vegetação, que realçaram as feições dos componentes puros. A imagem fração vegetação realçou mais a vegetação secundária em estágio intermediário de regeneração, com cobertura de solos mais homogênea, bem como a imagem resultante do NDVI.

Na classificação digital foram avaliadas a Exatidão global e coeficiente de concordância Kappa obtidos por meio das matrizes de erro. Na quantificação do uso da terra dos povoamentos florestais, verifica-se que o maior percentual encontrado foi de floresta aberta perfazendo 67,2% da área de estudo. Os povoamentos de floresta fechada apresentaram representam 32,8%.

No cruzamento das linhas *raster* obteve-se 47 pontos de controle para as florestas abertas e 23 pontos para a floresta fechada, totalizando 70 pontos de controle. O resultado do cruzamento dos pontos de controle da imagem referência com a imagem classificada digitalmente está expressa na matriz de erros para a área de estudo. Na tendência da distribuição dos erros ou confusões na classificação digital das classes temáticas propostas, houve confusão de 6 pontos de floresta densa classificadas como aberta ocasionada provavelmente pela presença de drenagem ou em função de limiares de classificação digital próximos.

A Exatidão global da classificação digital, expressa pela razão entre os pontos corretamente classificados e o total de pontos de referência, calculado em 84,77% está dentro do patamar estabelecido por JENSEN (1986), de 85%. O valor do coeficiente Kappa obtido de 92 % indica excelente classificação (LANDIS e KOCH, 1977). Entretanto, em campo foram verificadas duas tipologias de floresta aberta: floresta aberta com bambu e floresta aberta com palmeira (Figura 2).



Figura 2. Exemplos de floresta aberta que ocorrem na área. Imagens superiores exemplificam floresta aberta com bambu e imagens inferiores, floresta aberta com palmeira.

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões: o processo de georreferenciamento utilizando transformação polinomial apresentou precisão dentro da escala trabalhada, sendo de 8,6 m. O local de estudo possui expressivo índice de cobertura florestal, atingindo 78% de cobertura da área. Os índices de Exatidão global (84,77 %) e Kappa (92%) podem ser utilizados na aferição de acurácia da classificação digital, sendo o Kappa mais consistente que a Exatidão global por envolver no valor final todas as células da matriz de erros. A determinação da matriz de erros permite verificar e analisar as confusões ocorridas entre as classes temáticas levantadas.

Embora a classificação tenha sido desenvolvida a contento, sugere-se a utilização de imagens de alta resolução em aplicações de técnicas de geoprocessamento em áreas de manejo florestal. Com a possibilidade de se evidenciar mais tipologias florestais, alguns fatores poderiam ser observados mais precisamente, como as rotas de arraste, os pátios, etc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. *Zoneamento Ecológico-Econômico: Recursos Naturais e Meio Ambiente – documento final*. Rio Branco: SECTMA, v.1. *no prelo*, 2006.

- BRITES, R.S. et al. Verificação da Exatidão em classificação de uma imagem orbital mediante a utilização de três índices. *Revista Árvore*, v. 20, n. 3, p. 415-424, 1996.
- CHIEW, K.Y.; GARCIA, A. Growth and yield studies in the Yayasan Sabah forest concession area. In: *Proceedings of the Seminar on Growth and Yield in Tropical Mixed/Moist Forest*. Malaysia: Forest Research Institute, 1989, p. 192-205.
- CONDIT, R. et al. Demography and harvest potential of Latin American timber species: data from a large permanent plot in Panama. *Journal of Tropical Forest Science*, v.7, n. 4, p.599-622, 1995.
- GONG, P.; HOWARTH, P.J. An assessment of some factors influencing multispectral land-cover classification. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, v. 56, n. 5, p. 597-603, 1990.
- LANDIS, J; KOCH, G.G. The measurements of agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n. 3, p. 159-179, mar. 1977.
- JENSEN, J.R. *Introductory digital image processing*. Englewood Cliffs: Prentice - Hall, 1986. 51p.
- PRIMACK, R.B. et al. Relative performance of dipterocarp trees in natural forest, managed forest, logged forest and plantations throughout Sarawak, East Malaysia. In: *Proceedings of the Seminar on Growth and Yield in Tropical Mixed/Moist Forest*. Malaysia: Forest Research Institute, 1989, p. 161-175.
- SILVA, J.N.M. et al. Growth and yield studies in the Tapajós region, Central Brazilian Amazon. *Commonwealth Forestry review*, v. 75, n. 4, p. 325-329, 1996.
- STORY, M.; CONGALTON, R.G. Accuracy assessment: a user's perspective. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, v. 52, n. 3, p. 397-399, 1986.