

BANDAS SINTÉTICAS DERIVADAS DE MODELO DE MISTURA ESPECTRAL NA AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DA PAISAGEM EM ASSENTAMENTO RURAL NA FRONTEIRA AGRÍCOLA AMAZÔNICA

ORLANDO DOS SANTOS WATRIN¹
YOSIO EDEMIR SHIMABUKURO²
CARLA BERNADETE MADUREIRA CRUZ³
IRIS DE MARCELHAS E SOUZA²

¹CPATU - Embrapa Amazônia Oriental
Caixa Postal 48 - 66095-100 - Belém - PA, Brasil
owat@terra.com.br

²INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{yosio, iris}@ltid.inpe.br

³UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Caixa Postal 68537 - 21945-970 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
cmad@domain.com.br

Abstract. The southeastern region of Pará State, Brazil, is one of the critical areas of Amazon deforestation, due to the great transformations that have occurred there. In this paper, the landscape dynamic in the area of São Francisco rural colonization project is spatially evaluated by considering the Landsat Thematic Mapper (TM) images acquired in 1992, 1996 and 2000, using the SPRING software. It was observed that Primary Forest class, occupying more than 70% of the total area in 1992, was reduced to approximately a half of it in 2000. On the other hand, the areas of pasture that reached about 10% of the total in 1992, accounted for more than 40% of the area in 2000, with similar behavior reported for the secondary vegetation areas. For the landscape dynamic, two distinct situations were observed, where the percentages of stability for the land cover and land use classes being lowest in the 1996-2000 period, due to the intensification of the colonization process. In both analyzed periods, for all of the classes mapped, the highest percentages of conversion were for pasture class.

Key words: multi-temporal analysis, land use/ land cover changes, deforestation in Amazonia.

1. Introdução

Nas últimas décadas, a Amazônia vem recebendo atenção especial da comunidade científica internacional, em proporção à intensificação das frentes pioneiras de colonização. As preocupações ambientais decorrentes desse processo, devem-se à velocidade e à intensidade com que vêm sendo implementadas, acarretando alterações ambientais significativas nas áreas mais críticas. Além da problemática ambiental, o desmatamento intensivo vem provocando impactos sociais que têm suscitado uma reorientação da ocupação espacial e da exploração econômica, em consonância com os interesses das comunidades aí estabelecidas.

Com a mudança política após o golpe de 1964, são fornecidas as bases para a chamada integração nacional, econômica e espacial do País, que incluem como metas para a Amazônia a implantação de grandes eixos viários e um programa de distribuição de terras, beneficiando sobretudo grandes grupos empresariais. A política de ocupação da Amazônia compreendeu ainda um plano de colonização com a instalação de agrovilas e de assentamentos dirigidos, que atraíram numerosos migrantes, além da implantação de grandes projetos de mineração, de exploração madeireira, de industrialização e de construção de usinas hidrelétricas.

Nesse contexto, insere-se a mesorregião do Sudeste Paraense cuja economia baseada no extrativismo da castanha-do-pará se manteve em ascensão até meados da década de 80, quando então, progressivamente, entrou em declínio pela mudança do paradigma desenvolvimentista (IDESP, 1992). Segundo Homma *et al.* (1996), as transformações econômicas que se sucederam acabaram minando o poder político-econômico dos donos dos

castanhais, fazendo com que o uso da terra para cultivo, passasse a ganhar mais importância. Por outro lado, devido ao incentivo governamental, à melhoria da infra-estrutura e à sua posição geográfica, a região recebeu um fluxo migratório crescente que contribuiu para ampliar ainda mais o espectro de mudanças na ordem sócio-econômica reinante.

Visando avaliar espacialmente tal problemática, os estudos ambientais revestem-se de grande importância para auxiliar no entendimento dos processos de ocupação de regiões como a Amazônia. Dentre as abordagens potenciais, Sader *et al.* (1990) destacam que a combinação de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento apresenta-se como ferramenta valiosa para subsidiar tais estudos no âmbito de ambientes tropicais.

Considerando essas premissas, este trabalho tem como objetivo geral avaliar a dinâmica do uso da terra e seus reflexos na cobertura vegetal no Projeto de Assentamento São Francisco, sudeste do Estado do Pará, a partir do uso integrado de sensoriamento remoto e geoprocessamento, de modo a subsidiar o planejamento do uso das terras e o manejo sustentável dos recursos disponíveis na área em questão.

2. Caracterização da Área de Estudo

O Projeto de Assentamento (PA) São Francisco, com uma superfície de 7.598,97 ha, localiza-se no município de Eldorado dos Carajás, mesorregião do Sudeste Paraense, entre as latitudes 05°49'12" a 05°56'07" S e as longitudes 49°09'48" a 49°16'02" WGr. (**Figura 1**). A rede hidrográfica é formada pelo rio Vermelho e seus tributários, enquanto a malha viária está subordinada à influência da rodovia PA-150, que corta a área em questão no sentido norte-sul.

Com base nos dados relativos ao período de 1973-1990 para a estação meteorológica de Marabá (Brasil, 1992), o clima é caracterizado como tropical chuvoso, com índices pluviométricos anuais relativamente altos e observância de uma nítida estação seca. A média anual da temperatura corresponde a 26,1°C, sendo a máxima de 31,7°C e a mínima de 22,1°C. A média anual da umidade relativa do ar situa-se próxima a 82%, enquanto a precipitação pluviométrica registrou um total médio anual de 2.087,5 mm, sendo o trimestre mais chuvoso entre os meses de fevereiro a abril, e o mais seco entre os meses de junho a agosto.

Os solos do PA são caracterizados por apresentarem-se quimicamente pobres (baixa saturação de bases trocáveis e alta saturação de alumínio permutável) e boas propriedades físicas (profundos e bem drenados). Silva *et al.* (no prelo) destacam como solos dominantes os Argissolos Vermelho-Amarelos associados aos Latossolos Vermelho-Amarelos argissólicos e aos Cambissolos Háplicos; com ocorrência mais restrita, aparecem ainda os Gleissolos Háplicos e os Neossolos Flúvicos.

No tocante à cobertura vegetal, a área de interesse conforme Veloso *et al.* (1974), está sob o domínio da Floresta Ombrófila Densa Submontana Aplainada, que pode apresentar cobertura florestal de maneira uniforme ou com presença de árvores emergentes. Em menor proporção, são registradas ainda manchas de Floresta Ombrófila Aberta, sob a forma das variações com cipós e com palmeiras. Em virtude das modificações antrópicas ocorridas nas duas últimas décadas, houve formação de áreas significativas de vegetação secundária (capoeiras), em vários estádios de sucessão, com estrutura e densidade variáveis.

Segundo Projeto Lumiar (1999), o PA teve sua origem em abril de 1996 com a ocupação de uma propriedade particular por migrantes sem-terra, que posteriormente foi desapropriada pelo INCRA. Com a criação oficial do PA em julho de 1997, a área foi fragmentada em lotes de terra variando de 9 ha a 76 ha, sendo mais comum os de 31 a 50 ha. Dados do Projeto Lumiar (1999) registram a presença de 162 famílias, em sua maioria oriundas do Estado do Maranhão (48% do total). A agricultura de subsistência ocupa uma posição de destaque, sendo cultivado arroz, milho, mandioca, banana e feijão. Em menor proporção, faz-se o extrativismo do cupuaçu e da castanha-do-pará, além da criação de aves e gado.

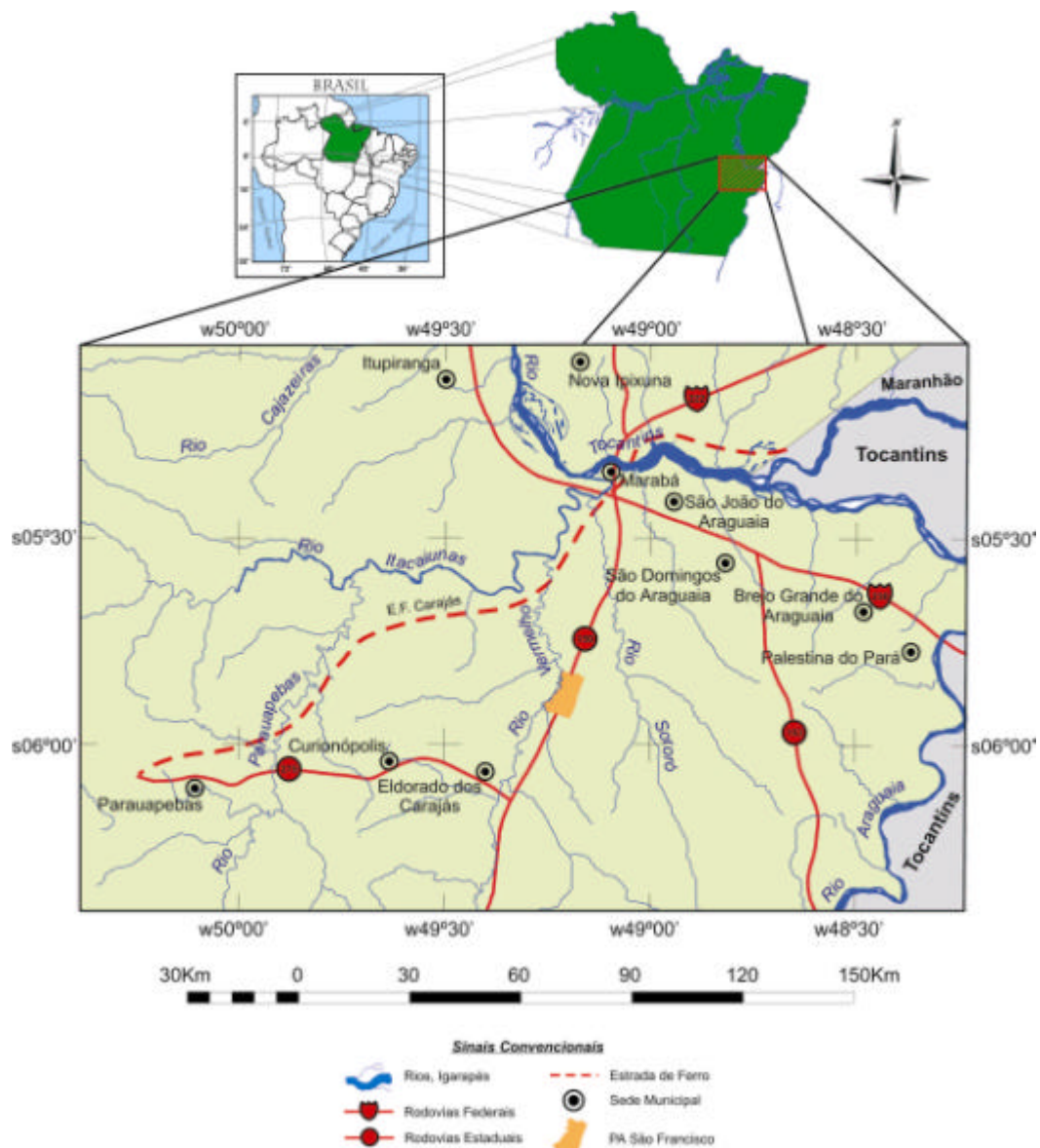


Figura 1 - Localização da área de estudo.

3. Material e Métodos

3.1 Sistematização de Dados Georreferenciados

Visando a caracterização da cobertura vegetal e do uso da terra na área de estudo foram utilizadas imagens TM/Landsat (órbita/ ponto 223/064, bandas TM 1 a 5 e 7), referentes as datas de 02/08/1992, 12/07/1996 e 07/07/2000. Como base cartográfica foi considerada carta planialtimétrica da DSG (folha Faz. Barreira Branca, MI 950), na escala 1: 100.000. Foi ainda empregado mapa do PA São Francisco na escala 1: 100.000, elaborado pelo INCRA, visando a definição do limite da área de estudo (perímetro do assentamento).

A entrada e análise de dados georreferenciados foram conduzidas no programa SPRING em ambiente *UNIX* e *Windows*, nas versões 2.0.5 e 3.5.1, respectivamente. Após as imagens serem importadas para o sistema, foi implementada a operação de georreferenciamento, considerando a imagem mais antiga (02/08/1992) e a carta topográfica da DSG. A seguir, foi efetuada a etapa de registro onde as imagens dos anos de 1996 e 2000 foram registradas considerando-se como referência a imagem já georreferenciada de 1992.

3.2 Retificação Radiométrica das Imagens

De forma a buscar a uniformização dos padrões de cobertura vegetal e uso da terra presentes nas imagens selecionadas, foi empregado um processo de normalização radiométrica envolvendo duas etapas distintas. Na primeira etapa, seguindo orientação de Markham e Barker (1986), os números digitais das imagens brutas foram transformados em valores de radiância a partir de parâmetros orbitais do satélite e de calibração do sensor, sendo os valores de radiância obtidos convertidos posteriormente para reflectância aparente.

Posteriormente, foi aplicado o método de retificação radiométrica proposto por Hall *et al.* (1991) que é baseado em duas fases: a aquisição de um conjunto de dados de controle claros e escuros, correspondentes a alvos com baixa ou nenhuma variação das reflectâncias médias entre as imagens; e a determinação empírica dos coeficientes para a transformação linear das imagens de interesse em relação aos dados tomados por referência, de modo a normalizar as respostas radiométricas das imagens em questão, em suas diferentes bandas.

3.3 Aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral

Nos modelos lineares de mistura espectral, a resposta de cada *pixel* de uma imagem é considerada uma combinação linear das respostas espectrais de cada componente existente na mistura. Para Shimabukuro e Smith (1991), tais modelos visam estimar a proporção das componentes constituintes para cada *pixel*, a partir da resposta espectral nas diferentes bandas de um sensor, gerando imagens sintéticas relativas às frações de cada componente puro.

O modelo utilizado baseia-se no critério dos mínimos quadrados ponderados (MQP), sendo implementado a partir da identificação dos alvos pertencentes a cada componente puro de interesse, nas bandas originais da imagem padrão (1992). Foi feita a comparação das curvas de reflectância definida pelos *pixels* selecionados para cada componente puro, com aquelas consideradas como padrão dos alvos em questão. Assim, foram estimadas as proporções de cada componente dentro dos *pixels*, gerando como produto novas bandas referentes as imagens fração vegetação, solo e sombra. Considerando que todas as imagens envolvidas encontravam-se ajustadas radiometricamente, o modelo obtido para a imagem de 1992 foi aplicado às demais imagens para obter as suas correspondentes imagens fração.

3.4 Segmentação e Classificação por Regiões

O processo de segmentação foi aplicado considerando-se apenas as imagens fração vegetação, solo e sombra, obtidas para cada uma das datas consideradas. Foram selecionados visualmente, os limiares 8 para similaridade e 10 para área, considerados mais adequados para a formação de segmentos homogêneos referentes aos padrões de interesse. Após a fase de segmentação, foram gerados arquivos de contexto onde são armazenadas informações como tipo de classificador, bandas ou imagens utilizadas e imagem segmentada de interesse. As imagens foram submetidas ao processo de extração de regiões de atributos estatísticos, conforme indicado por Bins *et al.* (1993), sendo adquiridos os parâmetros necessários para a etapa de classificação das imagens envolvidas, tais como média, matriz de covariância e área.

O processo de classificação por regiões foi conduzido a partir do algoritmo Bhattacharya, que por ser ligado ao método supervisionado, necessita de um conhecimento prévio das feições ocorrentes na área de estudo. Para isso, foi realizado um trabalho de campo que permitiu correlacionar as feições espectrais presentes na imagem mais recente (2000) com os padrões de cobertura vegetal e uso da terra observados no campo, ocasião que foram ainda coletadas informações gerais relativas ao histórico de uso da terra. A classificação foi realizada a partir das imagens fração vegetação, solo e sombra, que mostraram-se essenciais para a perfeita separabilidade das classes de interesse. A não inclusão das bandas originais na classificação, além de reduzir a dimensão dos dados, deve-se ao baixo desempenho obtido

quando as mesmas são associadas às sintéticas, conforme observado por Aguiar (1991). Após a coleta de amostras das classes de interesse, foi efetuada uma análise do desempenho das mesmas sob limiar de 99,9%, sendo a seguir gerada a classificação também com o mesmo limiar, visando obter um menor índice de rejeição, sem no entanto baixar o seu desempenho. Posteriormente, foi feito o mapeamento para as geoclasses (definidas no banco de dados), visando a criação das imagens temáticas para cada ano envolvido no estudo.

3.5. Cálculo de Área das Classes e Análise da Dinâmica da Paisagem

A partir da obtenção das imagens temáticas de interesse, foram realizadas a quantificação de área das classes de vegetação e uso da terra e a análise da dinâmica da paisagem no período em estudo. A etapa referente a análise da dinâmica da paisagem foi possibilitada através do cruzamento entre as imagens classificadas em datas consecutivas (tabulação cruzada), com base na distribuição espacial de suas informações temáticas.

4. Resultados e Discussão

As imagens fração obtidas a partir do modelo linear de mistura espectral mostraram-se eficientes para a detecção e discriminação das classes de cobertura vegetal e uso da terra de interesse. Vale salientar a capacidade dessa abordagem como forma de reduzir a dimensão dos dados para a classificação e ainda permitir que nas novas bandas geradas, as classes não fossem descritas em função de suas respostas espectrais, mas sim de uma característica física.

Assim, foi gerada uma legenda temática compreendendo além da classe Água, sete unidades de mapeamento, onde figuram uma de vegetação primária (Floresta Primária) e duas de vegetação secundária (Capoeira Alta e Capoeira Baixa). A individualização de tais classes de cobertura vegetal é definida pelo sombreamento interno promovido pelas suas diferenças estruturais, tais como a formação de estratos e altura do dossel. Por outro lado, a definição das classes de uso da terra considerou os estágios de desenvolvimento e as diversas práticas culturais e de manejo utilizadas na região. A classe Pasto Limpo refere-se às áreas recém-implantadas ou com baixa infestação por invasoras, enquanto Pasto Sujo, envolve os estágios de degradação mais avançados. A classe Solo Exposto refere-se às áreas preparadas para uso agropecuário, ou áreas agrícolas com exposição significativa do terreno, enquanto a classe Queimada está ligada ao preparo de áreas para incorporação ao processo produtivo.

Na **Tabela 1** são apresentados os resultados referentes à quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra nos anos de interesse. Considerando-se o ano de 1992, observa-se que Floresta Primária foi a classe dominante, contribuindo com mais de 70% da área total, porém, em decorrência de mudanças no processo de exploração econômica, o total em área que praticamente manteve-se estável em 1996, foi reduzido quase a metade em 2000, abrindo espaço para outros usos. Uma parcela significativa do remanescente florestal observado em 2000 encontra-se sob a forma de pequenas manchas descontínuas ou fragmentos de mata. Para Watrin *et al.* (2001), isso dificulta a preservação desses fragmentos florestais, na medida em que se tornam bastante vulneráveis para novas intervenções antrópicas, ou mesmo quando se considera o aspecto de sua maior fragilidade biológica.

Por outro lado, as áreas de pastagem (Pasto Limpo e Pasto Sujo) que em 1992 alcançaram em torno de 10% do total da área de estudo, atingiram 13% em 1996 e já em 2000 registraram um aumento significativo, chegando a 40% da área total, sugerindo que o avanço da fronteira pecuária na região ocorreu sobretudo em detrimento de áreas de floresta. Outra questão a ser considerada é que a esse processo de mudança no uso da terra se soma o aparecimento da vegetação secundária (Capoeira Alta e Capoeira Baixa), que vêm assumindo papel de destaque na paisagem, podendo ser observado que as mesmas passaram de um percentual em torno de 6% em 1992 para 17% em 2000. Tal comportamento demonstra indícios da baixa

estabilidade no uso das terras na região, a qual constitui um reflexo do emprego de uma base tecnológica deficiente. Ocupando áreas mais modestas, aparecem ainda as classes Solo Exposto e Queimada, que apresentaram pequenas flutuações nas áreas ocupadas, a despeito da redução significativa do percentual ocupado com Solo Exposto para o ano de 2000.

TABELA 1 - Quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

CLASSE	1992		1996		2000	
	ha	%	ha	%	ha	%
Floresta Primária	5.520,69	72,65	5.421,06	71,34	2.801,16	36,86
Capoeira Alta	310,60	4,09	409,69	5,39	447,66	5,89
Capoeira Baixa	139,32	1,83	215,55	2,84	885,51	11,65
Solo Exposto	639,90	8,42	475,11	6,25	213,66	2,81
Pasto Limpo	272,52	3,59	255,33	3,36	640,62	8,43
Pasto Sujo	479,16	6,30	718,47	9,45	2.403,27	31,63
Queimada	210,42	2,77	76,32	1,00	177,39	2,33
Água	26,36	0,35	27,44	0,36	29,70	0,39
TOTAL	7.598,97	100,00	7.598,97	100,00	7.598,97	100,00

Devido os incentivos governamentais para a atividade pecuária terem sido praticamente banidos da Amazônia, relatórios do IBAMA e INPE (Brasil, 1998) apontam como principal causa atual do desflorestamento na região a conversão da floresta para a produção de pastagens e lavouras temporárias em pequenas propriedades de tamanho inferior a 50 ha. Tais atividades são frutos de estratégias de sobrevivência que, evoluindo juntamente com as estruturas sociais, aumentaram as exigências da população sobre o meio ambiente, promovendo, de forma direta, a superutilização dos recursos florestais disponíveis.

Em virtude da mudança na posse da terra com a criação do projeto de assentamento em 1997, foram observados dois quadros distintos no tocante a dinâmica da paisagem. No período 1992-1996, foram registrados percentuais de estabilidade expressivos para as classes Floresta Primária (superior a 94%) e Capoeira Alta (maior que 73%), indicando que estas formações sofreram poucas intervenções no período. Em contrapartida, o valor de estabilidade para a classe Capoeira Baixa foi em torno de 26%, pois há uma tendência que a incorporação de novas áreas ao processo produtivo se concentre neste estágio de sucessão secundária. No período em questão, as classes de uso da terra registraram flutuações significativas em termos de mudança, com exceção da classe Pasto Sujo cuja estabilidade ficou em 52%, dando indícios que a prática de reforma das pastagens degradadas foi pouco empregada.

Para o período 1996-2000 a análise da matriz de mudanças indicou que os percentuais de estabilidade para as classes de cobertura vegetal foram reduzidos de forma substancial, ficando em torno de 50% para Floresta Primária e de 58% para Capoeira Alta. Tal resultado, fruto da intensificação do processo de ocupação da área, constitui uma característica comum as faixas de fronteira agrícola, onde o menor estoque de vegetação secundária, força a abertura progressiva de áreas florestais para serem incorporadas ao processo produtivo. Nesse contexto, Homma *et al.* (2000) destacam que madeireiros e agricultura familiar de fronteira são, por razões diversas, os principais atores sociais, que se complementam e se opõem nas chamadas zonas de frente pioneira na Amazônia.

Com relação as classes de uso da terra, Solo Exposto e Queimada apresentaram percentuais de estabilidade bem inferiores aos registrados para as áreas de pastagens, cujos valores foram em torno de 29% para Pasto Limpo e de 57% para Pasto Sujo. Em ambos os períodos analisados, foi observado em todas as classes mapeadas os maiores percentuais de

conversão para pastagem, principalmente para a classe Pasto Sujo, fenômeno ligado ao processo de pecuarização que vem ocorrendo em áreas de fronteira na Amazônia. No caso da Floresta Primária, no último período enfocado, foram observadas conversões em torno de 30% para pastagem, onde a classe Pasto Sujo contribuiu com 26% deste total. Comportamento semelhante foi observado para as classes Capoeira Alta e Capoeira Baixa, que registraram respectivamente taxas de conversão de 13% e 55% para áreas de pastagem.

A **Figura 2** representa um mapa simplificado da dinâmica do uso da terra entre os anos envolvidos. Nele, as áreas antrópicas em 1992, 1996 e 2000 correspondem às áreas modificadas (capoeira, pastagem, solo e queimada), nos respectivos anos, enquanto que o tema floresta remanescente refere-se às áreas de Floresta Primária observadas em 2000.

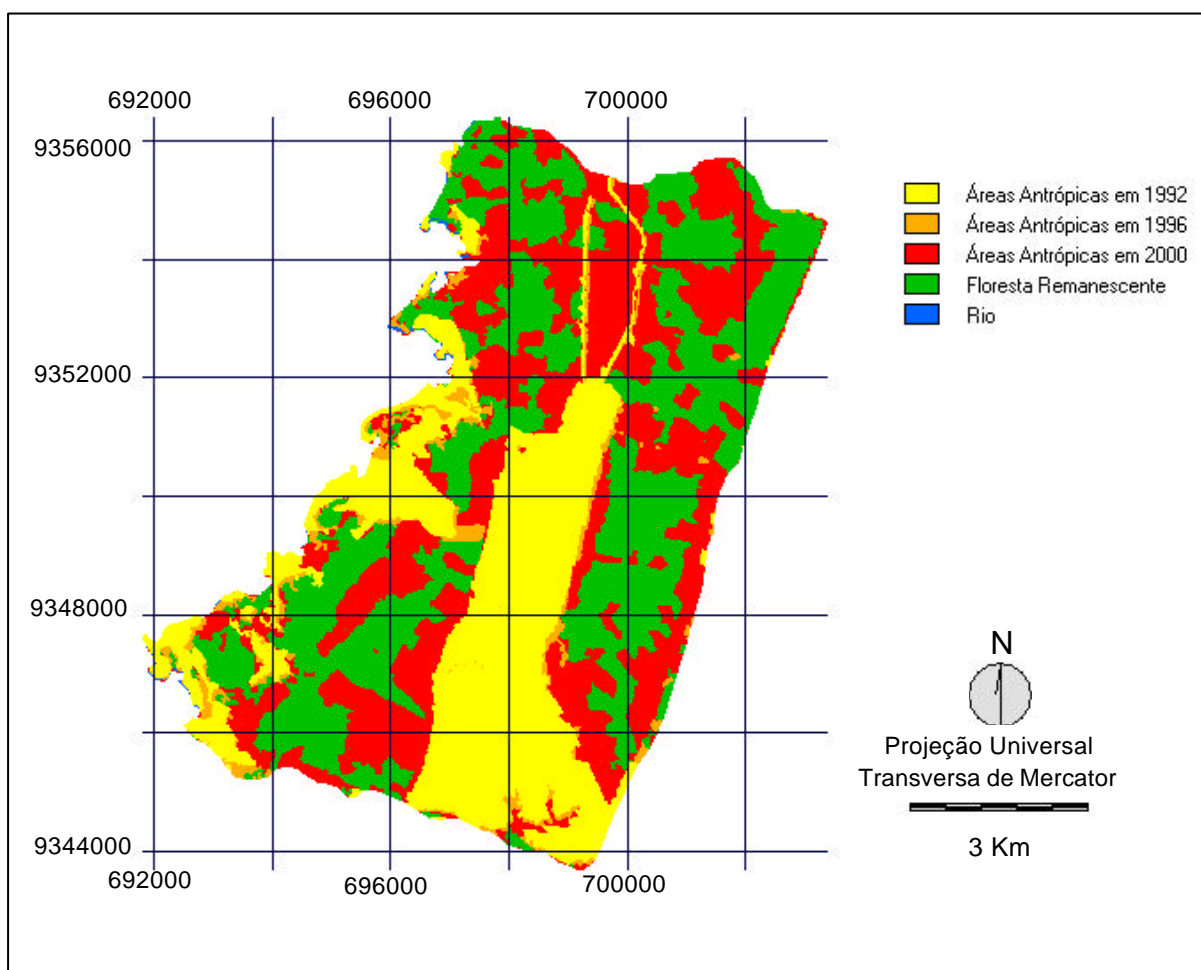


Figura 2 - Dinâmica do uso da terra no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará, no período 1992-2000.

5. Considerações Finais

□ Foi observada a eficiência dos produtos obtidos a partir do modelo de mistura espectral para o mapear e caracterizar todas as feições de interesse. Essa abordagem foi também importante para reduzir a dimensão dos dados para a classificação, além de permitir que nas bandas geradas, as classes fossem descritas com base em uma característica física.

□ Com a consolidação do projeto de assentamento a partir de 1997, foi desencadeado um processo inusitado de uso das terras, onde grandes extensões de floresta foram arrasadas em detrimento do avanço de atividades agropecuárias. Assim, em torno de 63% da área do PA já

tinha sido desflorestada em 2000, sendo que a área ocupada por pastagens registrava 40% do total, cujo incremento foi proporcional ao verificado para as áreas de vegetação secundária.

□ Tal padrão de comportamento foi responsável pelos baixos percentuais de estabilidade verificado para as classes de cobertura vegetal e uso da terra, principalmente no último período analisado. Foi constatado para todas as classes mapeadas os maiores percentuais de conversão para pastagem, principalmente para a classe Pasto Sujo.

□ A mudança progressiva da paisagem com a formação de áreas degradadas por razões técnicas e sócio-econômicas, reforça a necessidade da aplicação de processos de intensificação do uso da terra. Assim, a partir da implementação de sistemas agropecuários apropriados, poderiam ser garantidas além de melhores condições de sobrevivência e de fixação do agricultor em seu lote, a conservação de importantes remanescentes florestais.

Referências Bibliográficas

Aguiar, A.P.D. **Utilização de atributos derivados de proporção de classes dentro de um elemento de resolução de imagem (“pixel”) na classificação multiespectral de imagens de sensoriamento remoto.** São José dos Campos, SP. 202 p. (INPE-5306-TDI/456). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, jun. 1991.

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990).** Brasília, 1992. 84 p.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Primeiro relatório nacional para convenção sobre diversidade biológica.** Brasília, 1998. 283 p.

Bins, L.S.; Erthal, G.J.; Fonseca, L.M.G. Um método de classificação não supervisionada por regiões. In: Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, 6., Recife, 1993. **Anais.** São José dos Campos: INPE, 1993. v. 2, p. 65-68.

Hall, F.G.; Strelbel, D.E.; Nickeson, J.E.; Goetz, S.J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multirate, multisensor images. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n. 1, p. 11-27, 1991.

Homma, A.K.O.; Carvalho, R.A.; Ferreira, C.A.P.; Nascimento Júnior, J.D.B. **A destruição de recursos naturais: o caso da castanha-do-pará no Sudeste Paraense.** Belém. Embrapa Amazônia Oriental, Jun. 2000. 74 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 32).

Homma, A.K.O.; Walker, R.T.; Carvalho, R.A.; Conto, A.J.; Ferreira, C.A.P. Razões de risco e rentabilidade na destruição de recursos florestais: o caso de castanhais em lotes de colonos no Sul do Pará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 27, p. 515-535, 1996.

Instituto de Desenvolvimento Econômico-Social do Pará-IDESP. Por trás do desmatamento, a política de ocupação. **Pará Agrário.** Ocupação do solo e subsolo: castanhais. Belém: IDESP, 1992. p.3-8. (Ed. Especial).

Markham, B.L.; Barker, J.L. **Landsat MSS e TM pos-calibration dynamic ranges exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures.** Landsat User Notes, Lanham, MD: EOSAT, 1986.

Projeto Lumiar. **Diagnóstico sócio-econômico e plano de desenvolvimento preliminar do PA São Francisco.** Marabá, PA: Projeto Lumiar, mar. 1999. 25 p. Anexos.

Sader, S.A.; Stone, T.A.; Joyce, A.T. Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using non-photographic sensors. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 56, n. 10, p. 1343-1351, 1990.

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, 1991.

Silva, B.N.R.; Teixeira Silva, L.G.; Sampaio, S.M.N. Caracterização biofísica, solos e aptidão agrícola das terras em áreas de projeto de assentamento oficial: PA São Francisco. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, No prelo.

Veloso, H.P.; Japiassu, A.M.S.; Goes Filho, L.; Leite, P.F. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. In: Projeto Radambrasil. **Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins.** Rio de Janeiro, 1974. cap. 4, p. 1-119. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).

Watrin, O.S.; Sampaio, S.M.N.; Venturieri, A. Dinâmica da vegetação e do uso da terra no “Polígono dos Castanhais”, sudeste paraense, utilizando geotecnologias. **Geografia**, v. 26, n. 3, p. 37-54, dez. 2001.