DINÂMICA DO USO DA TERRA E CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM EM ANTIGAS ÁREAS DE COLONIZAÇÃO DE BASE ECONÔMICA FAMILIAR, NO NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ

Orlando dos Santos WATRIN[1]
Pedro GERHARD[1]
Maria de Nazaré Martins MACIEL[3]

Resumo

A microrregião Bragantina constitui uma das mais antigas áreas de colonização da Amazônia, processo ocorrido com a consolidação da estrada de ferro Belém-Bragança, em fins do século XIX. Neste trabalho, são avaliadas a dinâmica do uso da terra e a configuração da paisagem nas microbacias dos igarapés Cumaru, São João e Timboteua, a partir da análise espacial de imagens TM/Landsat de 2002, 2003 e 2004. Verificou-se que a paisagem das microbacias de estudo é dominada por áreas de vegetação secundária, sendo as áreas de Floresta Antropizada e de atividades agropecuárias bem mais modestas. No contexto da dinâmica do uso da terra, o papel de elemento ativo de pousio agrícola está ligado às áreas de Capoeira Baixa. Em virtude do predomínio da agricultura itinerante nessas áreas, as únicas classes de uso da terra que apresentaram taxas de estabilidade mais relevantes estão associadas à pastagem. O estudo das métricas de configuração da paisagem tende a refletir a fragmentação intensa da paisagem pela ação antrópica, estando ainda em curso o processo de apropriação progressiva de manchas de vegetação com fisionomia florestal para atividades agropecuárias.

Palavras-Chave: Dinâmica da paisagem. Ecologia da paisagem. Fragmentação da paisagem. Microbacia hidrográfica. Amazônia Oriental.

Abstract

Land use and landscape patterns in an old settlement area occupied by smallholder farms in Northeastern Pará, Brazil

The Bragantina region is one of the oldest agricultural frontiers of the Brazilian Amazon, a colonization process that has been consolidated by the operation of Belém-Bragança railroad by the end of the XIX century. In this work, we used 2002, 2003 and 2004 Landsat-TM images in order to study land use dynamics and landscape patterns in three watersheds: Cumaru, São João and Timboteua. It was verified that secondary forest patches dominated these landscapes and that anthropogenic (disturbed primary) forest and agriculture patches occupied only a small fraction of the whole area. The analysis of land use dynamics revealed that early stage sucessional forest patches represented the active fallow element. Due to the slash-and-burn agriculture, the only landscape features that showed relatively high stability rates were pastures. The study of landscape pattern metrics reflected the intense fragmentation process, where disturbed primary forest patches were still being added on to the shifting cultivation system and to the cattle ranching activities observed in the area.

Key Words: Landscape dynamics. Landscape fragmentation. Watershed. Eastern Amazonia.

[1] Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental - EMBRAPA/ CPATU. Caixa Postal 48 - 66095-100 - Belém, PA. E-mail: {watrin, pgerhard}@cpatu.embrapa.br

[2] Professora da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA/ ICIBE. Caixa Postal 917 - 66077-530 - Belém, PA. E-mail: nazare.maciel@.ufra.edu..br

INTRODUÇÃO

A microrregião Bragantina, localizada no nordeste do Estado do Pará, constitui uma das mais antigas áreas de colonização da Amazônia, processo este que se desenvolveu com maior intensidade com a consolidação da estrada de ferro Belém-Bragança, a partir do final do século XIX. Atualmente, a paisagem da região caracteriza-se por um alto grau de antropização, sendo dominada por áreas de vegetação secundária resultantes da agricultura tradicional, praticada com relativa intensidade e com observância de períodos de pousio relativamente curtos (WATRIN *et al*., 1998; METZGER, 2002).

Entretanto, a sustentabilidade do sistema de agricultura tradicional depende, principalmente, de pousios suficientemente longos para restabelecer os estoques de nutrientes e matéria orgânica utilizados e/ou perdidos no período agrícola (Kato *et al*., 2004). O aumento populacional e a redução da disponibilidade de florestas secundárias na região têm diminuído progressivamente o período de pousio e aumentado a pressão sobre áreas ripárias. Esse cenário resulta em degradação do solo, impactos negativos sobre recursos hídricos e ameaça à diversidade biológica, contribuindo significativamente para reduzir a sustentabilidade de unidades rurais familiares, com reflexos expressivos em escala de paisagem.

Assim, o processo observado anteriormente pode ser entendido por meio de uma modificação na estrutura da paisagem local, causada pela intensificação das atividades agropecuárias. Esse processo de mudança da cobertura do solo é geralmente acompanhado pela redução e fragmentação da vegetação nativa, eliminação de elementos ou manchas mais discretas da paisagem, redução ou eliminação de corredores, ampliação do tamanho médio das manchas (de uso) e, em seu extremo, simplificação e redução da diversidade de usos da paisagem (FORMAN, 1995; TURNER *et al.*, 2001).

Na avaliação espacial de tal problemática, os estudos ambientais revestem-se de grande importância, na medida em que podem auxiliar no real entendimento dos processos ligados à dinâmica do uso da terra em recortes ambientais específicos da paisagem a ser estudada. Uma das formas de isolar porções discretas da paisagem para estudos ambientais é a de empregar o conceito de bacia hidrográfica. Uma bacia hidrográfica é uma extensão da superfície terrestre, limitada por divisores topográficos, que apresenta drenagem para um ponto, o vertedouro. Nessa extensão, componentes da paisagem - como a atmosfera, o solo, a vegetação - e processos ecossistêmicos - como a evapotranspiração, o transporte de matéria e os fluxos de energia - estão intimamente relacionados, dado o seu acoplamento com o ciclo hidrológico (MOLDAN; CERNÝ, 1994). Portanto, torna-se conveniente estudar a paisagem empregando-se como unidades de estudo a bacia hidrográfica.

Por outro lado, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento apresentam-se como ferramentas valiosas para subsidiar estudos ambientais com ações integradas de investigação, sobretudo no âmbito de ambientes tropicais, pois proporcionam uma série de informações valiosas sobre esses ecossistemas que vêm sofrendo rápidas mudanças. Na Amazônia, a análise de dados históricos a partir dessas ferramentas vem sendo realizada como instrumento auxiliar de planejamento regional e de acompanhamento do impacto das atividades de desenvolvimento (SOARES FILHO, 1998; BATISTELLA, 2001; METZGER, 2002; MERTENS *et al*., 2002; WATRIN *et al*., 2005).

Considerando essas premissas, o objetivo deste trabalho consiste em analisar espacialmente, a partir do uso integrado de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, a dinâmica das alterações antrópicas no uso e na cobertura da terra de três microbacias hidrográficas localizadas em antiga área de colonização na Amazônia Oriental, ao longo de três anos. Paralelamente, cada uma das três bacias estudadas foi considerada como uma paisagem, sobre a qual foi descrita a configuração de seus elementos por meio de métricas apropriadas para avaliação de seus diferentes aspectos, como forma de fragmentos, complexidade interna e diversidade.

CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo, localizadas na microrregião Bragantina, nordeste do Estado do Pará, correspondem às microbacias hidrográficas dos igarapés Cumaru e São João, tributários do rio Maracanã, no município de Igarapé-Açu, e do igarapé Timboteua, tributário do rio Marapanim, nos municípios de Igarapé-Açu, Maracanã e Marapanim (Figura 1). Ocupando uma área de 4.163,04 ha, a microbacia do igarapé Cumaru encontra-se situada entre as latitudes 01°10'39" e 01°16'01" S e as longitudes 47°31'34" e 47°35'13" WGr. A microbacia do igarapé São João apresenta uma área de 2.599,11 ha, localizada entre as latitudes 01°08'48" e 01°12'07" S e as longitudes 47°28'33" e 47°32'33" WGr. Por sua vez, a microbacia do igarapé Timboteua tem área de 7.628,13 ha e está localizada entre as latitudes 0°56'24" e 1°4'12" S e as longitudes 47°34'48" e 47°39'36"WGr. A malha viária existente nas microbacias dos igarapés Cumaru e São João não é pavimentada, apesar de relativamente densa, sendo subordinada à rodovia PA-424, conhecida localmente como ramal do Prata. Na microbacia do igarapé Timboteua, a malha viária também não é pavimentada, mas é menos densa que nas demais microbacias.

As microbacias estudadas apresentam-se contíguas em suas características morfoestruturais do planalto rebaixado da Amazônia, região do Nordeste Paraense, sendo formadas por sedimentos aluviais antigos pertencentes ao Terciário, série Barreiras, e ao Pleistoceno, ou ainda por sedimentos aluviais recentes, ao longo dos cursos d'água, com pequena influência salina (Embrapa Amazônia Oriental, 2008). Ainda segundo este relatório, o relevo apresenta-se plano a suave ondulado, com pendentes longas, sendo os solos ocorrentes, diversificados pelas suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. Nos terraços aluviais antigos, os solos, classificados como Argissolos (Ultisolos) e Latossolos (Oxisolos), são profundos, bem drenados, permeáveis, com boa capacidade de retenção de umidade, ácidos e quimicamente pobres. Tais solos apresentam boa potencialidade para agricultura tropical, pois, a partir do uso de corretivos e fertilizantes, tornam-se mais produtivos. Em menor proporção, ocorrem solos hidromórficos, classificados como Neossolo e/ ou Gleisolo (Entisolos), em sua grande maioria, ao longo dos cursos d'água e campos higrófilos.

Os sistemas produtivos adotados são geralmente conduzidos em pequenas propriedades com culturas temporárias de subsistência (mandioca, arroz, milho e feijão-caupi), sendo comum a prática de consórcio e o uso da vegetação secundária como elemento de pousio (WATRIN *et al*., 1998). O cenário da agricultura familiar no Nordeste Paraense, além das lavouras de subsistência, tem como variantes importantes o desenvolvimento de pastagens cultivadas e de cultivos semiperenes industriais, notadamente maracujá e pimenta-do-reino (KANASHIRO; DENICH, 1998).

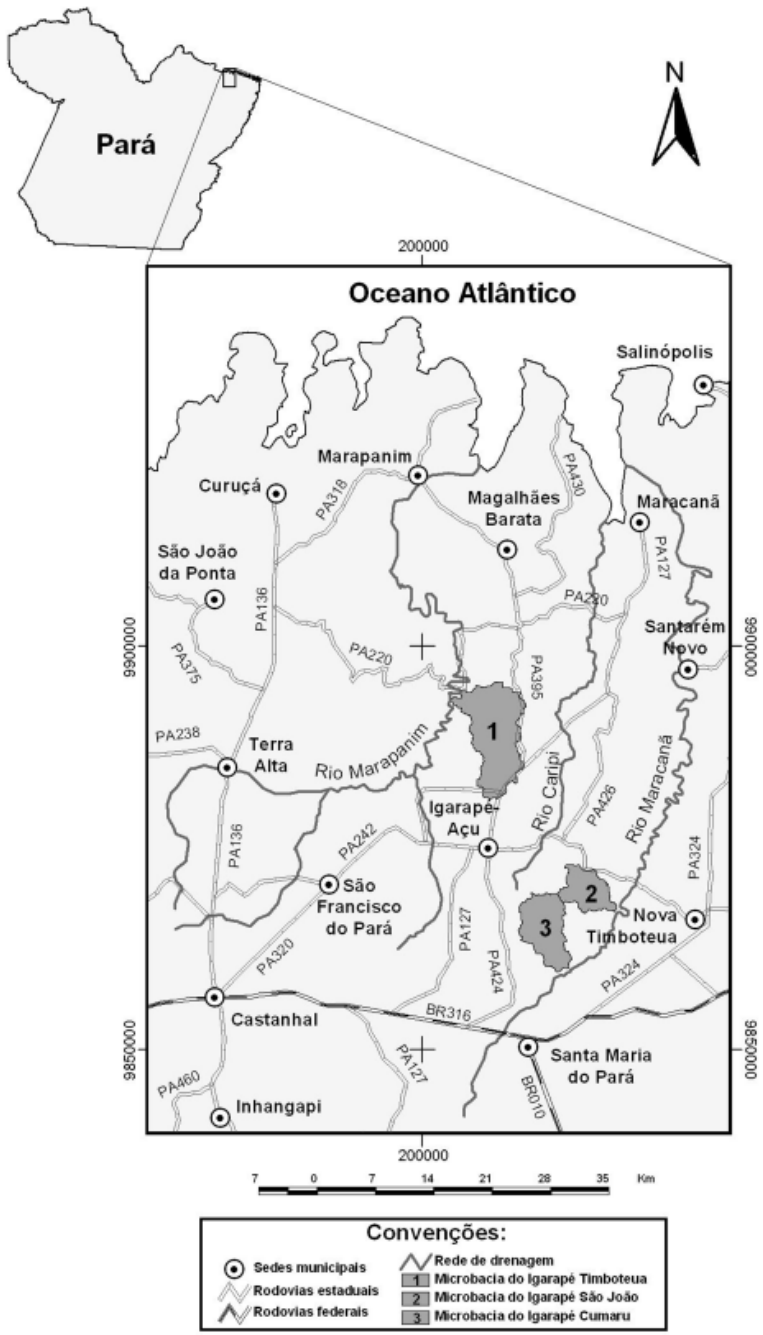

Figura 1 - Localização das áreas de estudo

MATERIAL E MÉTODOS

Sistematização de Dados Georreferenciados

O tratamento e análise do conjunto de dados e informações georreferenciadas das áreas de estudo foram conduzidas nos programas Spring 4.2 (INPE/ DPI, 2006), ArcView 3.3 (ESRI, 2000) e Envi 4.0 (ENVI, 2005). Visando ao levantamento multitemporal da cobertura vegetal e uso da terra, foram selecionadas imagens digitais TM/ Landsat, órbita/ ponto 223/061, bandas TM 3, 4 e 5, referentes às datas de 09/07/2002, 16/07/2003 e 15/05/2004.

Como base cartográfica, foram utilizadas imagens Landsat compactadas já georreferenciadas por processo de alta precisão (MrSID) e base planialtimétrica compilada a partir do uso de dados digitais disponibilizados pelo IBGE, na escala de 1:100.000, contendo, entre outros elementos, a rede de drenagem e a malha viária existente para as áreas de estudo.

Delimitação das Microbacias Estudadas

Os limites das microbacias de estudo foram baseados em dados georreferenciados do relevo das áreas em questão, derivados de produtos *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM (DTED 90 metros; EROS/USGS, 2008). Para isso, foi efetuado o recorte dos mesmos, a partir da ferramenta de análises hidrológicas SWAT2000 (DI LUZIO *et al*. 2002), que funciona acoplada ao programa ArcView 3.3. Dessa forma, foi alocado um vertedouro (foz) da bacia na junção dos igarapés estudados, sendo o rio Maracanã, no caso dos igarapés Cumaru e São João, e o rio Marapanim, no caso do igarapé Timboteua. Os limites das microbacias foram, portanto, definidos pelos divisores topográficos que circunscrevem a área que drena para este ponto específico.

Processamento de Imagens

A operação de georreferenciamento foi realizada na imagem mais recente (15/05/ 2004), a partir da base georreferenciada citada anteriormente, sendo a seguir efetuada a etapa de registro, na qual as imagens dos anos de 2002 e 2003 foram registradas considerando-se como referência a imagem já georreferenciada de 2004. De forma a buscar a uniformização dos padrões de uso da terra, presentes nas imagens selecionadas, foi realizado, a partir do programa ENVI, um processo de normalização radiométrica, envolvendo as etapas de transformação dos números digitais das imagens brutas em valores de radiância, e a sua posterior conversão para refletância aparente, como realizado por Watrin *et al*. (2007).

De posse das imagens já retificadas, as mesmas foram submetidas ao processo de segmentação, sendo selecionados visualmente os limiares 6 para similaridade e 10 para área, julgados mais adequados para a individualização de segmentos homogêneos de interesse. Após a geração de arquivos de contexto, as imagens foram, então, submetidas ao processo de extração de regiões de atributos estatísticos, de modo a permitir a classificação das imagens.

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. Tal análise teve apoio do trabalho de campo, permitindo, assim, correlacionar as feições espectrais presentes nas imagens com padrões de cobertura vegetal e uso da terra observados no campo (WATRIN *et al*., 2005).

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 baixar seu desempenho. A partir do mapeamento para as geoclasses (definidas no banco de dados), foram realizadas edições temáticas de modo a refinar as informações presentes nas imagens selecionadas.

Análise Espaço-Temporal

A quantificação de áreas das classes de vegetação e uso da terra, para cada um dos anos envolvidos no estudo, foi realizada considerando a função 'Medida de Classes'. Por outro lado, a etapa referente à análise da dinâmica do uso da terra nos períodos considerados foi conduzida por meio de tabulação cruzada entre imagens temáticas de datas consecutivas, ou seja, de 2002 para 2003 e de 2003 para 2004. A partir da inspeção de matrizes de mudanças, foi verificado o correspondente percentual em área de uma classe que foi convertida em outra, durante os períodos de tempo analisados. Assim, tomando-se os valores da diagonal principal de cada matriz, correspondentes às diferentes classes de uso e cobertura, obteve-se o percentual de área que permaneceu inalterado (i.e., a estabilidade da paisagem) entre os anos considerados.

Análise da Configuração dos Elementos da Paisagem

Para condução das análises relativas às métricas de paisagem, cada uma das microbacias analisadas foi considerada como uma paisagem independente. Assim, uma dada microbacia será composta por diferentes unidades (as categorias de uso definidas anteriormente) que se apresentam em manchas de extensões variáveis na mesma paisagem (terminologia de METZGER, 2001). A partir do programa ArcView 3.3 (ESRI, 2000), foi utilizada a ferramenta Patch Analyst 2.2 (ELKIE *et al.*, 1999), considerando cinco métricas relativas a diferentes aspectos da estrutura da paisagem nos anos estudados: Número Total de Manchas (NUM), Área Mediana das Manchas (AM), Extensão Média das Bordas das Manchas (EMB), Dimensão Fractal Média das Manchas Ponderada pela Área (DFM) e Índice de Justaposição e Interposição (IJI). Adicionalmente, foi calculada a Recíproca do Índice de Diversidade de Simpson (RSA) (MAGURRAN, 1999), representando um índice de diversidade inversamente relacionado à dominância em área das unidades da paisagem. Apesar de existir um número elevado de métricas para mensuração da estrutura da paisagem (MCGARIGAL; MARKS, 1995), um número reduzido delas, representando aspectos distintos, é suficiente para sua caracterização (TURNER *et al.*, 2001; METZGER, 2004). As nuvens, presentes em quase todas as áreas e anos considerados, foram somadas entre os anos, constituindo máscaras que foram sobrepostas para cada ano e microbacia correspondente, de modo a eliminar a cobertura subjacente a elas. Assim, foram analisadas, entre os anos distintos, exatamente as mesmas extensões espaciais de cada paisagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Espaço-Temporal do Uso e da Cobertura do Solo

Foi gerada uma legenda temática, compreendendo, além das classes Corpos d'Água e Nuvem/ Sombra, sete unidades de mapeamento, nas quais figuram Floresta Antropizada e dois estágios de vegetação secundária (Capoeira Alta e Capoeira Baixa). A individualização dessas classes deve-se ao sombreamento interno promovido pelas suas diferenças estru-

turais, tais como a formação de estratos e altura do dossel (VIEIRA *et al*., 2003). 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 (Watrin *et al*., 1998). A classe Pasto Limpo refere-se às áreas recém implantadas ou com baixa infestação por invasoras, características opostas às áreas definidas como Pasto Sujo; as áreas em preparo para uso agropecuário foram mapeadas como a classe Solo Sob Preparo, enquanto as áreas agrícolas, principalmente cultivos de subsistência, estão ligadas à classe Cultura Agrícola.

Nas figuras 2 e 3, são apresentadas, respectivamente, a distribuição percentual de áreas e um diagrama esquemático dos mapas temáticos síntese do uso e cobertura da terra nas microbacias de estudo para os anos de análise. De forma complementar, é apresentada a Tabela 1, contendo a quantificação de áreas em hectares e as respectivas taxas de variação anuais definidas para as classes de uso e cobertura da terra nas áreas em questão. A paisagem encontra-se marcada por áreas de vegetação secundária, sendo mais representativa em seus estágios sucessionais iniciais (Capoeira Baixa) nas microbacias dos igarapés Cumaru e São João, áreas com ocupação mais intensa que a microbacia do igarapé Timboteua. Em oposição às áreas de sucessão secundária, que chegaram a ocupar mais da metade do total das microbacias de estudo, as áreas da classe Floresta Antropizada apresentaram-se bem mais modestas, com reduções ao longo dos anos de interesse. Ainda no âmbito das formações vegetais, vale registrar para as microbacias dos igarapés São João e Timboteua, o aparecimento da classe Campo Higrófilo, ocupando, respectivamente, em torno de 1,4% e 0,8% da área total das mesmas.

Os remanescentes de Floresta Antropizada em relação à área total das microbacias foram sempre inferiores a 8% no igarapé São João, 9% no igarapé Cumaru e 12% no igarapé Timboteua, com reduções progressivas em área ao longo dos anos de análise. Tal comportamento deve-se ao fato de os remanescentes florestais da zona ripária continuarem sendo impactados por uso múltiplos, de forma que tem promovido modificação na estrutura original dessas formações, aproximando-as mais do padrão estabelecido para Capoeira Alta. Watrin *et al*. (2007) observaram comportamento semelhante em âmbito de outras microbacias hidrográficas do Nordeste Paraense, porém com histórico de ocupação bem mais recente.

No contexto das classes de uso da terra, como observado em muitas áreas na Amazônia, quer sejam no Pará (MERTENS *et al*., 2002), em Mato Grosso (SOARES FILHO, 1998) e em Rondônia (BATISTELLA, 2001), a feição de maior evidência em termos de área corresponde às pastagens em seus diferentes estados. Ainda assim, foi observada uma redução gradual na área ocupada por este uso na microbacia do igarapé Cumaru, área comparativamente de maior expressão agrícola. Ressalta-se que foi marcante a predominância da classe Pasto Sujo, que chegou a registrar, em alguns momentos, valores superiores à metade daqueles observados para a classe Pasto Limpo, principalmente no âmbito do igarapé Timboteua. Tal comportamento é reflexo da baixa estabilidade dos sistemas agropecuários empregados nas áreas de estudo, em sua maior parte, caracterizados por base tecnológica deficiente (WATRIN *et al*., 1998).

Ocupando áreas bem menos expressivas, a classe Cultura Agrícola apresentou taxas máximas de participação de 9,15%, de 4,74% e de 2,17% em relação ao total, respectivamente para os igarapés Cumaru, São João e Timboteua. De maneira análoga, a classe Solo sob Preparo registrou também sempre áreas modestas, sendo as taxas de participação em relação à área total das microbacias nunca superiores a 2,22% (igarapé Cumaru), 2,79% (igarapé São João) e 4,04% (igarapé Timboteua).

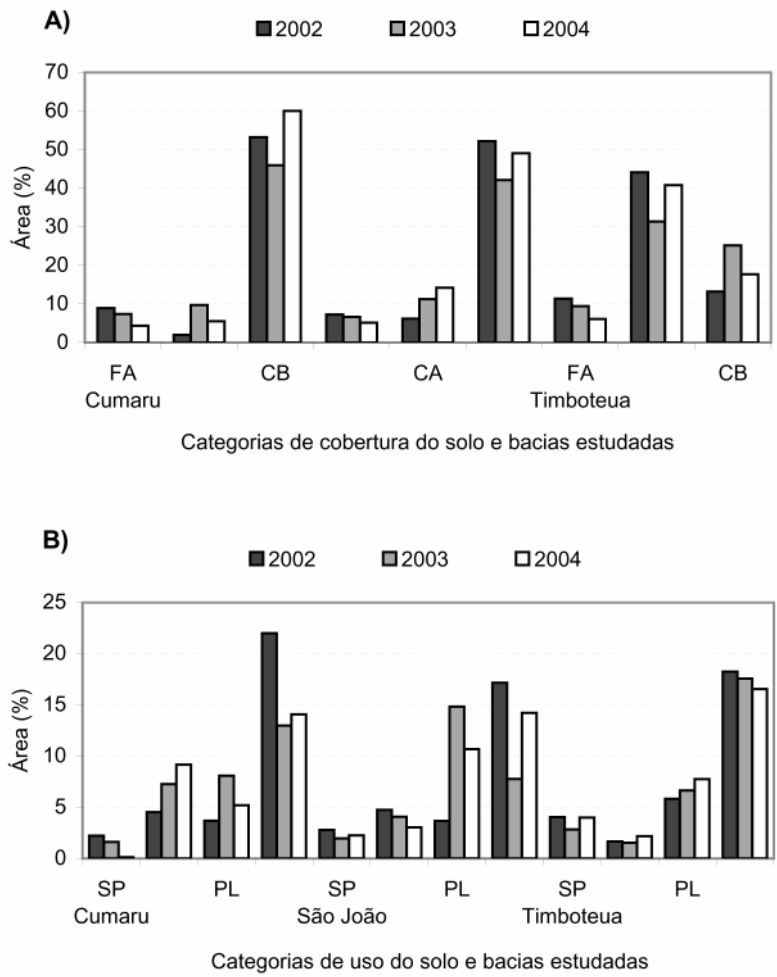

Figura 2 - Distribuição percentual de áreas das classes de cobertura vegetal (A) e de uso da terra (B) em três microbacias do Nordeste Paraense para os anos de 2002, 2003 e 2004: FA = Floresta Antropizada; CA = Capoeira Alta; CB = Capoeira Baixa; SP = Solo sob Preparo; CG = Cultura Agrícola; PL = Pasto Limpo; e PS = Pasto Sujo

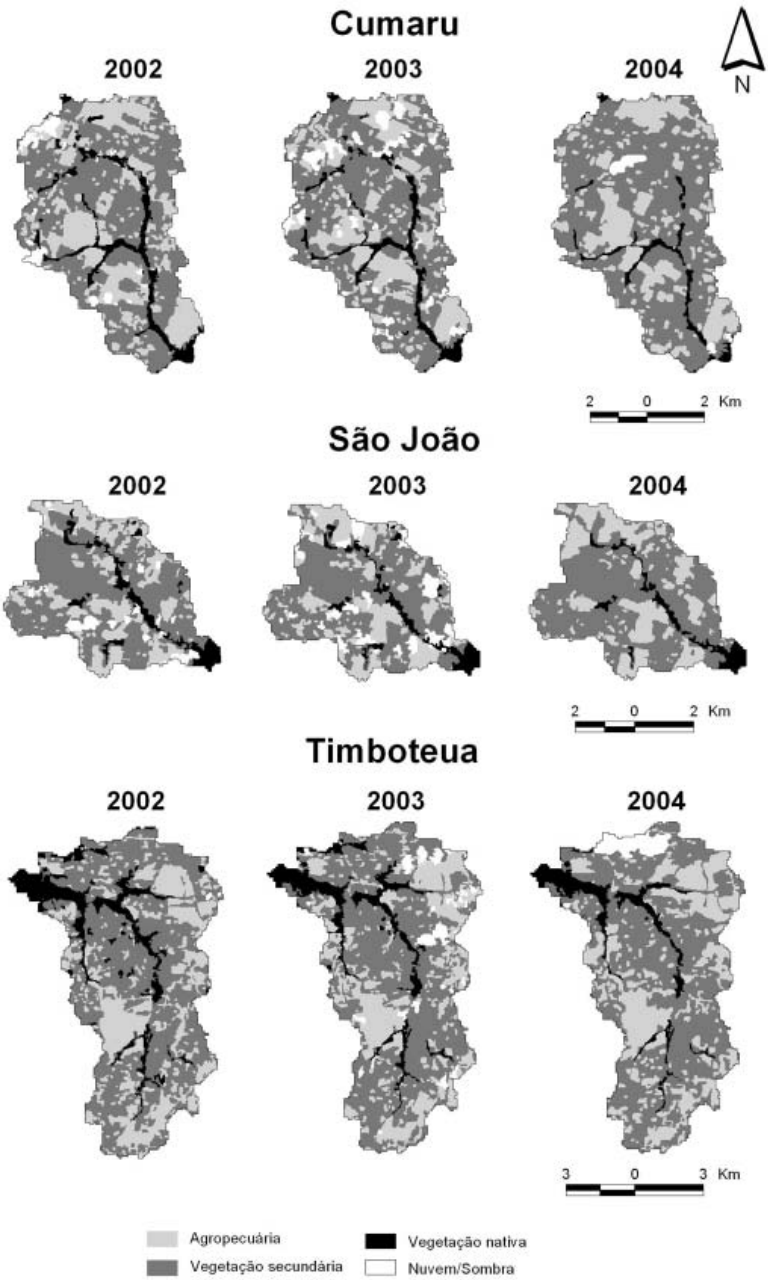

Figura 3 - Diagrama esquemático ilustrando os mapas temáticos com categorias agrupadas do uso e cobertura da terra em três microbacias do Nordeste Paraense para os anos de 2002, 2003 e 2004

Tabela 1 - Quantificação de áreas e respectivas taxas de variação anuais definidas para as classes de uso e cobertura do solo nas microbacias dos igarapés Cumaru, São João e Timboteua, Nordeste Paraense, nos anos de 2002, 2003 e 2004

Unidade de Mapeamento	2002	2003	2004	2002/03	2003/04
	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Variação (%)	Variação (%)
Igarapé Cumaru					
Floresta Antropizada	372,15	307,53	182,34	-17,36	-40,71
Capoeira Alta	83,79	404,91	229,95	383,24	-43,21
Capoeira Baixa	2.215,08	1.912,77	2.499,48	-13,65	30,67
Solo Sob Preparo	92,25	67,50	5,49	-26,83	-91,87
Pasto Limpo	153,27	335,88	216,54	119,14	-35,53
Pasto Sujo	915,39	540,45	585,99	-40,96	8,43
Cultura Agrícola	188,19	302,67	381,06	60,83	25,90
Nuvem/ Sombra	142,92	291,33	62,19	103,84	-78,65
Total	4.163,04	4.163,04	4.163,04	-	-
Igarapé São João					
Floresta Antropizada	188,91	172,44	133,92	-8,72	-22,34
Capoeira Alta	161,10	292,32	369,72	81,45	26,48
Capoeira Baixa	1.355,58	1.094,67	1.274,94	-19,25	16,47
Campo Higrófilo	36,72	37,17	36,54	1,23	-1,69
Solo Sob Preparo	72,54	50,76	58,59	-30,02	15,43
Cultura Agrícola	123,12	105,84	78,84	-14,04	-25,51
Pasto Limpo	95,04	385,29	277,29	305,40	-28,03
Pasto Sujo	445,86	201,69	369,27	-54,76	83,09
Nuvem/ Sombra	120,24	258,93	0,00	115,34	-100,00
Total	2.599,11	2.599,11	2.599,11	-	-
Igarapé Timboteua					
Floresta Antropizada	868,41	718,52	466,32	-17,26	-35,10
Capoeira Alta	3.365,39	2.392,69	3.110,81	-28,90	30,01
Capoeira Baixa	1.007,59	1.921,60	1.348,61	90,71	-29,82
Campo Higrófilo	90,81	65,43	63,84	-27,95	-2,43
Solo Sob Preparo	308,50	216,90	304,14	-29,69	40,22
Cultura Agrícola	126,89	116,58	165,75	-8,13	42,18
Pasto Limpo	444,91	505,58	590,84	13,64	16,86
Pasto Sujo	1.390,25	1.339,49	1.262,56	-3,65	-5,74
Corpos d'Água	17,05	27,76	52,74	62,82	89,99
Nuvem/ Sombra	8,33	323,57	262,51	3.784,39	-18,87
Total	7.628,13	7.628,13	7.628,13	-	-

No contexto da dinâmica do uso da terra, verificou-se que as áreas de Floresta Antropizada nas microbacias estudadas apresentaram altas taxas de estabilidade, sendo sempre superiores a 59% no igarapé Cumaru, a 64% no igarapé Timboteua e a 77% no igarapé São João. Tais resultados dão indícios de que o reduzido remanescente florestal ainda vem sendo antropizado, tendo os valores de estabilidade apresentado reduções significativas, sobretudo no último período analisado.

Aparentemente, as perdas nas áreas de florestas ripárias só não foram maiores devido à área modesta e à posição espacial que ocupam, pois as condições edáficas desfavoráveis limitam o estabelecimento de atividades produtivas, não tendo assim, um viés preservacionista pelos produtores, como também constatado por Watrin *et al*. (1998) em

outras áreas do Nordeste Paraense. Em decorrência da descaracterização da estrutura dessa formação pela atividade antrópica, principalmente atividades madeireiras, parte das áreas de Floresta Antropizada foi modificada para os padrões definidos para vegetação secundária, sendo as taxas de conversão de 12,51% e 34,09% para o igarapé Cumaru, de 5,09% e 21,04% para o igarapé São João e de 14,52% e 22,14% para o igarapé Timboteua. Em geral, as conversões de Floresta Antropizada observadas para as classes ligadas diretamente ao processo produtivo foram muito modestas, sendo os registros mais expressivos ligados às pastagens cultivadas.

As taxas de estabilidade registradas para a classe Capoeira Alta foram variáveis de acordo com a área enfocada, sendo as mais altas observadas para o igarapé Timboteua (57,99% e 73,47%), enquanto as menores foram verificadas no igarapé Cumaru (39,21% e 24,27%). Quando as áreas de Capoeira Alta não permaneceram estáveis, foram convertidas, principalmente, para a classe Capoeira Baixa, sendo os valores máximos de 58,62%, 32,12% e 24,28%, para os igarapés Cumaru, São João e Timboteua, respectivamente. Em geral, a incorporação de áreas de Capoeira Alta ao processo produtivo foi modesta, sendo realizada, sobretudo, para formação de pastagens, cujo valor máximo (11,06%) foi observado no período 2002/2003 para o igarapé São João.

Os resultados obtidos para a classe Capoeira Baixa refletem, em boa medida, o fato de sua dominância no mapeamento das áreas de estudo. Nos igarapés Cumaru e São João, áreas onde a classe Capoeira Baixa é dominante, foram registradas taxas de estabilidade sempre superiores à metade da área total da classe. Por outro lado, no igarapé Timboteua, onde esta classe tem relevância menor do que a observada para Capoeira Alta, os valores de estabilidade foram mais baixos, chegando a registrar a taxa de 33,94% no período 2003/2004. As áreas de Capoeira Baixa que não evoluíram para o estádio de Capoeira Alta, dentro do processo sucessional normal, foram preferencialmente convertidas em áreas de pastagem cultivada, correspondendo às taxas de 9,46% e 8,68% no igarapé Cumaru, de 12,62% e 10,75% no igarapé São João e 16,28% e 17,37% no igarapé Timboteua. Segundo Mertens *et al*. (2002), tais resultados refletem o fato de que a evolução da cadeia de produtos animais tem promovido redes mercadológicas que influenciam muito nos processos decisórios quanto à mudança do uso da terra em nível de propriedade. Ainda assim, em virtude da maior diversificação da base produtiva no igarapé Cumaru, foram ainda registradas nessa área conversões significativas da classe Capoeira Baixa para Cultura Agrícola (5,94% e 8,17%).

Em decorrência das características intrínsecas da classe Solo sob Preparo, foram observadas taxas de estabilidade muito baixas, em oposição às altas taxas de conversão para outras classes ligadas ao processo produtivo, em particular para áreas de pastagem, como o uso da terra principal chegando aos valores máximos de 22,15%, 40,69% e 59,25%, para os igarapés Cumaru, São João e Timboteua, respectivamente. Como os sistemas de produção adotados têm o caráter predominante de agricultura itinerante, a estabilidade da classe Cultura Agrícola nos períodos analisados foi também relativamente baixa, sendo nunca superior a 27% no igarapé Cumaru, 17% no igarapé São João e 7% no igarapé Timboteua. Por outro lado, em todas as áreas de estudo, foram observadas taxas de conversão dessa classe, sobretudo para a classe Capoeira Baixa, sempre com taxas superiores a 26% da área total da mesma. Conforme Alencar *et al*. (1996), Watrin *et al*. (1998) e Metzger (2002), este comportamento deve-se ao fato de a dinâmica das áreas com predominância de agricultura familiar tender a uma maior relação de uso e troca entre as áreas de vegetação secundária mais jovem e as de agricultura e pastagem.

As taxas de estabilidade para as classes referentes a pastagens cultivadas foram consideradas altas, com os valores máximos para Pasto Limpo de 24,96%, de 42,12% e de 53,88%, respectivamente para os igarapés Cumaru, Timboteua e São João. Para Pasto Sujo, foram registradas taxas de estabilidade comparativamente maiores, com máximas de 41,73% (igarapé Timboteua), de 41,92% (igarapé Cumaru) e de 54,04% (igarapé São

João), dando indícios de que, além da baixa estabilidade dos sistemas agropecuários utilizados, a prática de reforma das pastagens degradadas vem sendo pouco empregada nas áreas de estudo. Tal constatação é também suportada pelo registro de taxas de conversão de Pasto Sujo para Pasto Limpo ligeiramente menores, quando comparadas àquelas obtidas de Pasto Limpo para Pasto Sujo. Neste sentido, vale ressaltar que houve também registros expressivos de conversão de áreas de Pasto Sujo para Capoeira Baixa, sendo as taxas de 26,51% e 37,82% (igarapé Cumaru), de 26,10% e 14,23% (igarapé São João) e de 21,34% e 27,51% (igarapé Timboteua).

Configuração da Paisagem

As métricas de configuração da paisagem selecionadas corroboram o que foi observado anteriormente para a análise da dinâmica do uso da terra. Pela inspeção da Figura 3, nota-se que as três microbacias retratadas apresentam-se como um mosaico de elementos característicos de paisagens: matriz, manchas e corredores (Forman, 1995; Metzger, 2001). Em todos os anos estudados, as paisagens são dominadas por uma matriz com fisionomia de vegetação secundária: Capoeira Baixa, nos igarapés Cumaru e São João, e Capoeira Alta, no Igarapé Timboteua. As manchas são representadas por elementos de vegetação secundária, nativa, ou pelas diferentes classes ligadas diretamente ao sistema produtivo apresentadas anteriormente. Os corredores são representados, nas três bacias, por fragmentos de Floresta Antropizada, isto é, remanescentes de Floresta Ombrófila Densa Aluvial e de Terras Baixas (IBGE, 2004), severamente antropizadas por corte seletivo, como relatado por Watrin *et al.* (1998) e constatado recentemente pelos autores em área próxima às estudadas.

Em relação à métrica Número Total de Manchas (NUM), há, em geral, tendência de redução dos valores, observando-se que as maiores variações ocorrem nos igarapés Cumaru e São João, entre 2003 e 2004 e no Igarapé Timboteua, entre 2002 e 2003 (Figura 4A). A tendência de redução dos valores desta métrica é justificada pela redução das manchas de Floresta Antropizada em detrimento de Capoeira Baixa, proporcionando uma conformação mais homogênea para a paisagem, tal como observado por Watrin e Venturieri (2005) em áreas do Sudeste Paraense. Ainda assim, é esperado que nesta paisagem ocorram mudanças no número de manchas a cada ano, pois é marcante a presença do sistema de agricultura itinerante, fundamentada em períodos de pousio, cuja duração na região está ficando cada vez menor (METZGER, 2002).

Nas três bacias estudadas, a métrica Área Mediana das Manchas (MED) aumenta consideravelmente entre os anos 2002 e 2003, mantendo-se estável no período seguinte, à exceção do Igarapé Cumaru, que apresenta pequeno decréscimo na métrica (Figura 4B). Este processo é condizente com a métrica anterior, na medida em que houve fusão de manchas contíguas de uma mesma classe, principalmente áreas de capoeira e pastagem, ou seja, é um processo de simplificação antrópica da paisagem, que passa a apresentar o domínio de um (Cumaru e São João) ou dois (Timboteua) elementos da paisagem. A mediana é uma medida de posição central adequada para esta análise, pois poucas manchas dominam a maior a paisagem em termos de extensão, ao mesmo passo em que coexistem inúmeras de pequeno porte, como é característico da economia de base familiar. No Igarapé Cumaru, em 2002, das 411 manchas da paisagem, 397 delas, ou 96,6% das mesmas tinham menos do que 50 hectares e ocupavam apenas 29,9% da paisagem. Por outro lado, as três maiores manchas, de Capoeira Baixa, ocupavam 35,1% da bacia. Números semelhantes ocorrem nos demais anos e também para as outras microbacias estudadas.

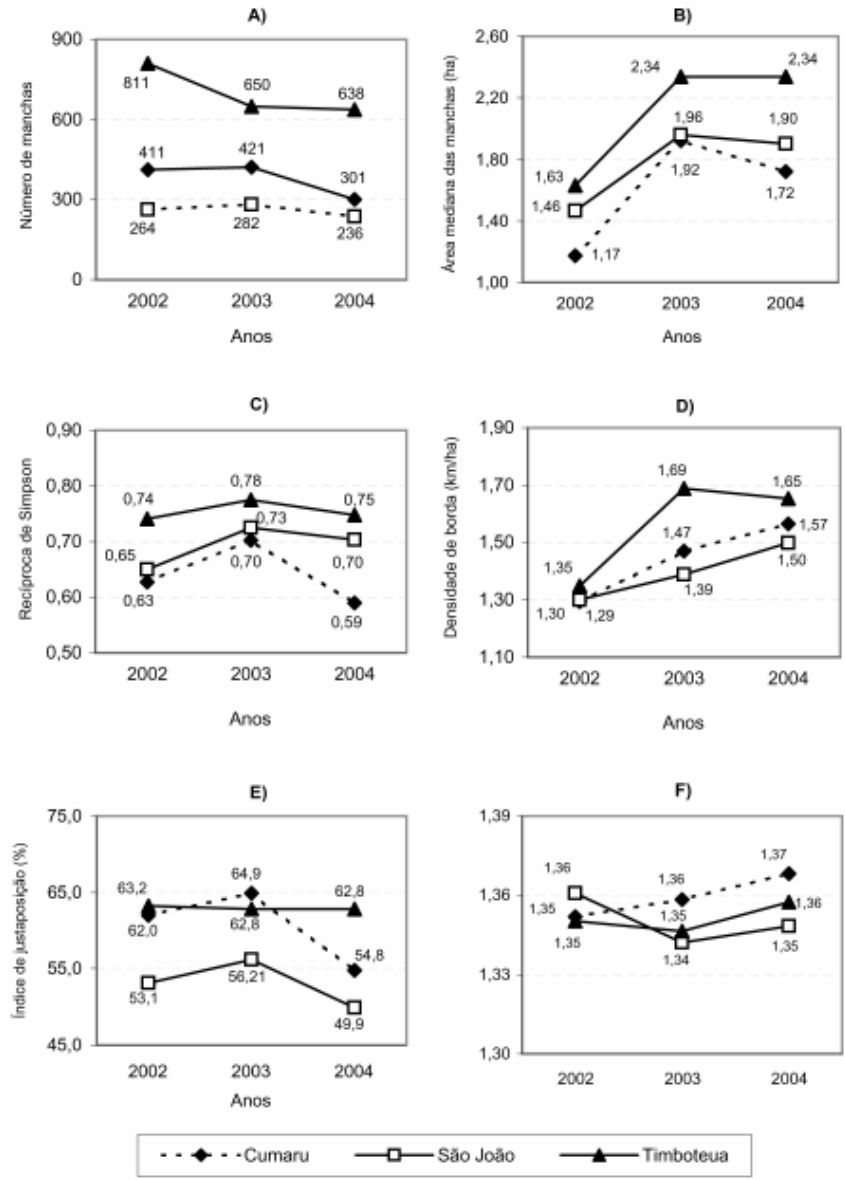

Figura 4 - Métricas de configuração da paisagem em três microbacias do Nordeste Paraense para os anos de 2002, 2003 e 2004: A = Número Total de Manchas; B = Área Mediana das Manchas; C = Recíproca do Índice de Diversidade Simpson; D = Extensão Média de Bordas das Manchas; F = Índice de Justaposição e Interposição de Manchas; e G = Dimensão Fractal Média das Manchas Ponderada pela Área

Esta discussão está alinhada ao comportamento da métrica RSA, a Recíproca do Índice de Diversidade de Simpson. Segundo este índice, que varia entre zero e um, quanto maior seu valor, mais homogênea é a distribuição de áreas dos elementos da paisagem e, por conseqüência, maior sua diversidade. Pela Figura 4C, nota-se que o Igarapé Timboteua apresenta paisagem mais diversa e relativamente estável quanto a essa métrica. Isto se deve ao fato de que essa microbacia apresenta extensões consideráveis de campos higrófilos e corpos d'água, o que não ocorre nas demais microbacias com maior dinamismo das atividades ligadas ao sistema produtivo. Para avaliar a variação na métrica, deve-se levar em conta que a paisagem, como um todo, é relativamente diversificada, e que a agricultura itinerante e as variações no processo de sucessão vegetal podem alterar substancialmente essa métrica entre os anos considerados.

As variações observadas nas métricas anteriores, especialmente em RSA, podem estar relacionadas à forma como se desenvolve a paisagem no processo de incorporação de áreas produtivas sobre os estágios sucessionais e formações nativas. Se, por um lado, as métricas NUM e MED mostraram que, de um modo geral, nas três microbacias há redução de número de manchas, que aumentam de tamanho, a métrica EMB, Extensão Média de Bordas das Manchas, mostra que há aumento na complexidade das manchas, que se tornam mais endentadas e menos alongadas (v. Figuras 2, 3 e 4D). Nas três microbacias, há aumento considerável de bordas, mas especialmente nas microbacias dos igarapés Cumaru e Timboteua, entre 2002 e 2003. Esta última microbacia mostra maior quantidade média de borda por mancha, indicando, também, paisagem relativamente mais complexa que as demais. Em geral, a intensificação da agricultura leva, em seus estágios mais avançados, a uma simplificação nas formas das manchas, pois as atividades agropecuárias tendem a se expressar na paisagem sob a forma de polígonos simples.

Associada à dinâmica descrita acima, pode-se adicionar à discussão o Índice de Justaposição e Interposição (IJI). Variando entre zero e 100, o valor máximo dessa métrica indica que, numa dada paisagem, todas as manchas de cada elemento estão igualmente espaçadas, isto é, compartilham bordas com mesma freqüência com as manchas dos demais elementos (ELKIE *et al.*, 1999; MCGARIGAL, 2002). Paisagens muito antropizadas podem apresentar valores elevados desse índice, caso ela esteja regularmente organizada ou, ainda, paisagens naturais podem demonstrar seqüências de formações vegetais que apresentam agregados de manchas de diversos elementos interpostos regularmente (TURNER *et al.*, 2001). No caso do Igarapé Timboteua, essa métrica demonstra grande regularidade, em torno de 63% nos três anos considerados (Figura 4F). Nos igarapés Cumaru e São João, a métrica se eleva ligeiramente entre 2002 e 2003, mas tem redução significativa no período seguinte. No Igarapé Cumaru, a paisagem mostra sempre os valores mais baixos da métrica, indicando a distribuição mais aleatória entre as manchas dos elementos da paisagem, o que pode ser explicado pela maior diversificação de sua base produtiva. Apesar de as atividades agrícolas e pecuárias concentrarem-se nas partes mais altas de todas as microbacias estudadas (Figura 3), nota-se que, no Igarapé Timboteua, tal característica é mais marcante. Nos Igarapés Cumaru e São João, as atividades produtivas aparecem como manchas isoladas no interior da matriz (de Capoeira Baixa), ou como manchas de Capoeira Alta. Isto determina menor grau de agregação entre os diferentes elementos dessas paisagens, reduzindo os valores de IJI. A dinâmica temporal intensa das atividades antrópicas, entretanto, faz com que o IJI seja bastante variável nas microbacias mais antropizadas.

Para representar a forma dos conjuntos de manchas dos diferentes elementos nas paisagens estudadas, foi escolhida a métrica DFM (Dimensão Fractal Média das Manchas Ponderada pela Área), que é uma métrica robusta para apreender aspectos mais gerais sobre a forma do conjunto das manchas das paisagens estudadas (TURNER *et al.*, 2001). Essa métrica mostrou pouca variação entre as três microbacias estudadas e entre os anos considerados, podendo ser definida como estática (Figura 4G). Os valores aproximaram-se sempre de 1,35, o que indica paisagens medianamente complexas, na medida em que o

índice varia entre um e dois, sendo dois para perímetros muito complexos (ELKIE *et al.*, 1999). De fato, apesar de a dinâmica de uso e regeneração ser muito intensa na escala temporal estudada, a forma geral das manchas dos distintos elementos permanece relativamente inalterada. Conclui-se que os mesmos processos antrópicos de mudança no uso e cobertura do solo atuam de forma similar entre as áreas estudadas, o que é até certo ponto esperado, dada a proximidade espacial entre as áreas de estudo. Mesmo no Igarapé Timboteua, que mostra atualmente uma condição menos antropizada, a matriz é constituída pelo elemento Capoeira Alta. Essa matriz, portanto, adquire forma similar à da matriz de Capoeira Baixa nas demais microbacias. No Igarapé Timboteua, a matriz de Capoeira Alta é um indicativo de que há uma ou poucas décadas essa área foi utilizada mais intensamente do que é hoje, como é comprovado pela existência de ramais abandonados, fenômeno este provavelmente associado à migração de produtores para outras áreas de produção mais favoráveis.

As métricas apresentadas neste trabalho devem ser observadas sob três fatores, que dificultam ou limitam a diferenciação entre as paisagens estudadas e os anos considerados. A primeira diz respeito à proximidade espacial entre duas microbacias, Cumaru e São João, que dividem parte de seus divisores de água. Por sua vez, essas microbacias estão mais próximas à sede do Município de Igarapé-Açu do que a microbacia do Igarapé Timboteua, de forma que isso condiciona alguns dos processos de dinâmica de ocupação do solo ora apresentada.

O segundo fator diz respeito à proximidade temporal entre as imagens escolhidas para estudo. Neste caso, pode-se considerar que as modificações sobre o uso do solo nas microbacias são de curta escala e podem não refletir mudanças significativas na configuração da paisagem. Estudos similares, conduzidos na região Amazônica, empregaram lapsos de tempo maiores para estudo da estrutura da paisagem (WATRIN *et al.*, 1998, PEREIRA *et al.*, 2001; METZGER, 2002; WATRIN; VENTURIERI, 2005). Nesses trabalhos, esse fator facilitou a identificação de processos significantes na alteração da estrutura das paisagens consideradas.

Um terceiro fator refere-se à qualidade radiométrica das imagens, incluindo-se aí o efeito de nuvens (especialmente em 2002) e bruma (especialmente em 2004). A construção das máscaras com o intuito de retirar porções da paisagem encobertas pela categoria Nuvem/Sombra foi um procedimento necessário, mas que acarretou em artifícios sobre a forma das manchas parcialmente recobertas que, dessa forma, não mais refletiram os processos antrópicos na escala das microbacias hidrográficas selecionadas para estudo.

CONCLUSÕES

De maneira análoga a outras áreas do Nordeste Paraense, a paisagem das microbacias de estudo é dominada por áreas de vegetação secundária, sendo os estágios sucessionais iniciais mais bem representados nas microbacias dos igarapés Cumaru e São João, que ocupam áreas contíguas na paisagem. As áreas de Floresta Antropizada são bem mais modestas, estando ainda sujeitas a intervenções, notadamente à descaracterização de sua estrutura pela exploração madeireira. As pastagens representam o padrão dominante do uso da terra em todos os anos analisados, tendo a classe Pasto Sujo como a unidade de maior representatividade.

No contexto da dinâmica do uso da terra, as taxas de estabilidade relativamente altas para Floresta Antropizada escondem as perdas líquidas que essa formação sofreu, principalmente durante o último período de análise. Aparentemente, tais perdas não foram maiores em virtude das limitações edáficas para o estabelecimento de atividades produti-

vas nessas áreas, estando assim dissociadas de ações preservacionistas por parte dos produtores.

O papel de elemento ativo de pousio agrícola está ligado às áreas de Capoeira Baixa, cujas taxas de estabilidade relativamente altas refletem, em boa medida, a dominância dessa classe particularmente nas microbacias dos igarapés Cumaru e São João. Em decorrência do predomínio da agricultura itinerante nas áreas de estudo, as únicas classes de uso da terra que apresentaram taxas de estabilidade mais relevantes estão associadas às classes ligadas às áreas de pastagem. Nesse contexto, a classe Pasto Sujo registrou as maiores taxas de estabilidade, dando indícios do baixo nível tecnológico de grande parte dos sistemas agropecuários utilizados.

O estudo das métricas de configuração da paisagem tende a refletir que, nas microbacias estudadas, a paisagem apresenta-se bastante fragmentada pela ação antrópica, estando ainda em curso o processo de apropriação progressiva de manchas de vegetação com fisionomia florestal para atividades agropecuárias. Apesar da variabilidade dos resultados entre as áreas de estudo, algumas métricas indicam um processo típico de intensificação do uso da terra, tais como redução no número de manchas, redução e fragmentação da vegetação nativa e redução da diversidade total de manchas da paisagem.

Outras métricas, que demonstraram comportamento mais variável, ilustraram a dinâmica inerente ao próprio sistema agrícola e pecuário dominante. Entretanto, a forma geral das paisagens mostrou que as manchas dos diferentes elementos mantêm uma mesma forma ao longo dos anos estudados, indicando que, provavelmente, um mesmo sistema de uso, condicionado por fatores climáticos, fisiográficos e ecológicos, está modulando a estrutura dessas paisagens.

A mudança progressiva da paisagem com a formação de áreas degradadas, como o crescimento de áreas de Pasto Sujo e a retração das áreas de Floresta Antropizada, por razões técnicas e socioeconômicas, reforça a necessidade da aplicação de processos de intensificação do uso da terra. Com o desenvolvimento de sistemas agropecuários apropriados, sem descartar o uso de insumos e mecanização, poderia ser garantida - além de melhores condições de sobrevivência e fixação do produtor em seu lote - a conservação dos remanescentes florestais, desde que superadas as limitações que impedem a introdução de formas de uso sustentáveis.

Considerando a perda visível de áreas florestais na zona ripária das três microbacias de estudo, principalmente nas áreas a montante dos igarapés, acredita-se que já tenham sido ultrapassados os limites mínimos de desmatamento fixados pelo Código Florestal, sendo assim premente a necessidade de recuperação das mesmas, tanto em nível de propriedade como de microbacia. Como efetuar essa recuperação ou frear a expansão das áreas desmatadas constitui o grande desafio das políticas públicas para a região.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o suporte financeiro do Macroprograma 3 da Embrapa 'Desenvolvimento Tecnológico Incremental do Agronegócio'. Os autores agradecem a colega Luciane Chedid Melo Borges, do Comitê Local de Editoração da Embrapa Amazônia Oriental, que gentilmente realizou a revisão gramatical deste artigo.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A.A.C.; VIEIRA, I.C.G.; NEPSTAD, D.C. *et al*. Análise multitemporal do uso do solo e mudança da cobertura vegetal em antiga área agrícola da Amazônia Oriental. [CD-ROM]. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., Salvador, 14-19 abr., 1996. **Anais**. São Paulo: Imagem Multimídia, 1996.

BATISTELLA, M. **Landscape change and land-use / land-cover dynamics in Rondônia, Brazilian Amazon**. Bloomington (IN), USA. 367 p. Tese (Doutorado em Filosofia) - School of Public and Environmental Affairs of Indiana University, Oct. 2001.

DI LUZIO, M.; SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J.G.; NEITSCH, S.L. **ArcView interface for SWAT2000**: user´s guide. Texas Water Resources Institute Report TR-193. Temple. 2002. 351 p.

EARTH RESOURCES OBSERVATION AND SCIENCE/ UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (EROS/USGS). **Base de dados da missão SRTM**. Disponível em: <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/>. Acesso em: fev. 2008.

ELKIE, P.C.; REMPEL, R.S.; CARR, A.P. **Patch Analyst user's manual**: a tool for quantifying landscape struture (NWST Technical Manual TM-002). Thunder Bay, Ontario: Ontario Ministry of Natural Resources. Northwest Science & Technology, Feb. 1999. 22 p.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Relatório final do projeto 'Análise da dinâmica do uso da terra e zoneamento agroecológico em microbacias hidrográficas no nordeste do Estado do Pará'**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, jun. 2008. p. 3-9.

ENVIRONMENT FOR VISUALIZING IMAGES (ENVI). **Guia do ENVI**. Disponível em: <http://www.envi.com.br/ guia_envi>. Acesso em: jan. 2006.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE INC. (ESRI). **ArcView GIS**. Redlands, New York, 2000. 340 p.

FORMAN, R.T.T. **Land mosaics**: the ecology of landscapes and regions. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995. 632 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de vegetação do Brasil**. 2004. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/vegetacao.pdf>. Acesso em: ago. 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS; DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS (INPE/ DPI). **Spring**: Sistema de processamento de informações georreferenciadas. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em: jan. 2006.

KANASHIRO, M.; DENICH, M. **Possibilidades de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia Brasileira**: estudos dos impactos ambientais nas florestas e áreas abandonadas nos trópicos - SHIFT. Brasília: MCT/CNPq. 1998.

KATO, O.R.; KATO, M.S., SÁ, T.D.A.; FIGUEIREDO, R.O. Plantio direto na capoeira. **Ciência e Ambiente**, v. 29, p. 99-111, 2004.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 192 p.

MCGARIGAL, K. Landscape pattern metrics. In: EL-SHAARAWI, A.H.; PIEGORSCH, D.W.W. eds. **Encyclopedia of environmentrics**. Sussex, England: John Wiley & Sons, 2002. v. 2, p. 1135-1142.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service General Technical Report PNW-351. Corvallis. 1995. 141 p.

MERTENS, B.; POCCARD-CHAPUIS, R.; PIKETTY, M.-G. *et al*. Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation process in the Brazilian Amazonia: the case of São Félix do Xingu in south Pará. **Agricultural Economics**. v. 27, p. 269-294, 2002.

METZGER, J.P. Landscape dynamics and equilibrium in areas of slash-and-burn agriculture with short and long fallow period (Bragantina region, NE Brazilian Amazon). **Landscape Ecology**. n. 17, p. 419-431, 2002.

METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**. v.1, n.12, p. 1-9, 2001. Disponível em <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12>.

METZGER, J.P. Quantificação da estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JR., L.; RUDY, R.; VALLADARES-PADUA, C. orgs. **Métodos de estudos em biologia da conservação e Manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 423-453.

MOLDAN, B.; CERNÝ, J. **Biogeochemistry of small catchments**: a tool for environmental research. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. 419 p.

PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALÊS, M.C. *et al*. Métricas de paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, Rio Claro, v. 26, n. 1, p. 59-90, abr. 2001.

SOARES FILHO, B.S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. São Paulo. 299 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R. **Landscape ecology in theory and practice**: pattern and process. New York: Springer-Verlag, 2001. 401 p.

VIEIRA, I.C.G.; ALMEIDA, A.S.; DAVIDSON, E.A.; STONE, T.A.; CARVALHO, C.J.R.; GUERRERO, J.B. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, n. 87, p. 470-481, 2003.

WATRIN, O.S.; CRUZ, C.B.M.; SHIMABUKURO, Y.E. Análise evolutiva da cobertura vegetal e do uso da terra em projetos de assentamentos na fronteira agrícola amazônica, utilizando geotecnologias. **Geografia**, Rio Claro, v. 30, n. 1, p. 59-76, jan./abr. 2005.

WATRIN, O.S.; MACIEL, M.N.M.; THALÊS, M.C. Análise espaço-temporal do uso da terra em microbacias hidrográficas no município de Paragominas, Estado do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 13., 21-26 abr. 2007, Florianópolis. **Anais**. São José dos Campos, SP: INPE, 2007. p. 7019-7026. CD-ROM. ISBN 978-85-17-00031-7.

WATRIN, O.S.; VENTURIERI, A. Métricas de paisagem na avaliação da dinâmica do uso da terra em projetos de assentamentos no Sudeste Paraense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 3433-3440.

WATRIN, O.S.; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S.M.N. Análise multitemporal do uso da terra e suas interrelações com a cobertura vegetal em comunidades rurais do Nordeste Paraense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9. (SBSR), 11-18 set. 1998, Santos. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998. CD-Rom.

Recebido em outubro de 2008.

Aceito em fevereiro de 2009.