

Métricas de paisagem na avaliação da dinâmica do uso da terra em projetos de assentamentos no Sudeste Paraense

Orlando dos Santos Watrin ¹
Adriano Venturieri ¹

¹ Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental - EMBRAPA/ CPATU
Caixa Postal 48 - 66095-100 - Belém - PA, Brasil
{ watrin, adriano }@cpatu.embrapa.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. This work had the objective of evaluating spatially the landscape dynamics in the areas of Lago Azul and São Francisco settlement projects, based in landscape metrics calculated by using a specific softwares. For this, it was used the land cover/ land use thematic products, by considering the Landsat Thematic Mapper (TM) images acquired in 1984, 1988, 1992, 1996 and 2000. It was observed that the curves showed by the different landscape metrics analyzed, have a tendency to reflect the fact that anthropization processes which occurred in the study areas, have shown distinct trajectories, due to the particularities of the migration flux and the strategies of land distribution. In general, the obtained results also express the gradual process of removal intensification of the Primary Forest, originally the major class, for annual crops and pasture formation.

Palavras-chave: land cover/ land use changes, landscape ecology, deforestation in Amazonia, mudanças na cobertura e uso da terra, ecologia da paisagem, desflorestamento na Amazônia.

1. Introdução

O processo de intensificação das frentes pioneiras de colonização na Amazônia ocorrido nas últimas décadas tem ocasionado graves impactos ambientais e sociais nas áreas mais críticas, face à velocidade e à intensidade com que o mesmo vêm sendo implementado. 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, progressivamente, entrou em declínio pela mudança do paradigma desenvolvimentista. Para 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 desenvolvimento da agropecuária passasse a ganhar mais importância. Por outro lado, devido ao incentivo do Governo, à melhoria da infra-estrutura e à sua posição geográfica, a região recebeu um fluxo migratório crescente, o que contribuiu para ampliar ainda mais o espectro de mudanças na ordem socioeconômica reinante.

Conforme McCracken *et al.* (1999), as mudanças ambientais em áreas de fronteira agrícola, tais como desflorestamento, sucessão secundária e conversão de floresta para pastagem, devem ser entendidas como resultado das características dos produtores, das circunstâncias do fluxo de migração e da idade do assentamento rural, além das mudanças nas políticas de crédito. Para Homma *et al.* (2001), face à agressividade do processo de ocupação de terras nos projetos de assentamentos na região do Sudeste Paraense, a ação do INCRA tem sido muito mais em regularizar as áreas ocupadas através de invasões. Ainda para esses autores, o contínuo fluxo de migrantes faz com que seja quase impossível uma ação planejada de ocupação, onde sejam seguidos critérios ambientais, de zoneamento agrícola, além da adoção de práticas tecnológicas adequadas. Desta forma, considerando que tais ocupações de terra foram efetuadas sem o apoio da assistência técnica, definição de alternativas econômicas e de infra-estrutura apropriadas, os números de assentados servem apenas para aumentar as cifras da reforma agrária, garantindo uma solução parcial dos migrantes e da questão fundiária brasileira.

Visando avaliar espacialmente tal problemática, os estudos ambientais, como os desenvolvidos no âmbito da Ecologia da Paisagem, revestem-se de grande importância para auxiliar no entendimento dos processos de ocupação de regiões como a Amazônia. Conforme McGarigal e Marks (1994), a Ecologia da Paisagem aborda o estudo de padrões da paisagem, as interações entre as suas unidades (manchas) dentro de um mosaico de paisagens, e como estes padrões e interações mudam durante o tempo. Para Pereira *et al.* (2001), a Ecologia da Paisagem baseia-se na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos. Assim, a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo da função e mudança de paisagem.

Segundo Carrão *et al.* (2001), as muitas medidas quantitativas de composição da paisagem, conhecidas como métricas ou indicadores de paisagem, ganham cada vez mais atenção, na medida em que ajudam a compreender a estrutura complexa da paisagem e a forma como esta influencia determinadas relações ecológicas. Várias dessas métricas tem sido desenvolvidas para descrever padrões espaciais, a partir de produtos temáticos obtidos através do uso integrado das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Desta forma, tais ferramentas são importantes como subsídio para tomada de decisões no tocante ao ambiente natural, a políticas agrícolas e rurais, costeiras e de transportes.

Considerando essas premissas, este trabalho teve como objetivo caracterizar a dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra nos Projetos de Assentamentos (PAs) Lago Azul e São Francisco, sudeste do Estado do Pará, a partir de diferentes métricas de paisagem, baseado na utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

2. Material e Métodos

2.1 Áreas de Estudo

As áreas de estudo localizam-se na mesorregião do Sudeste Paraense: o PA Lago Azul com 3.244,32 ha, localiza-se no município de Nova Ipixuna, entre as latitudes 05°12'05" e 05°15'30" S e longitudes 49°09'22" e 49°13'50" WGr.; e o PA São Francisco de 7.549,92 ha, situa-se no município de Eldorado dos Carajás, entre as latitudes 05°49'10" e 05°56'11" S e as longitudes 49°09'04" e 49°16'02" WGr. (**Figura 1**). A rede hidrográfica existente integra a bacia do rio Tocantins, enquanto a malha viária está subordinada a rodovia PA-150.

Conforme INCRA *et al.* (2001), a origem do PA Lago Azul ocorreu no início da década de 80, ocasião em que 20 famílias ocuparam a área em questão, sendo a permanência das mesmas no local, fator de estímulo à chegada de outros posseiros principalmente entre os anos de 1986 e 1987. A regularização da situação fundiária pelo INCRA se concretizou apenas em dezembro de 1999, ocasião em que foram cadastradas 85 famílias, principalmente oriundas do Estado do Maranhão (INCRA *et al.*, 2001). Nos lotes, cujos tamanhos variam de 15 a 70 ha (maioria com 50 ha), o sistema de produção está baseado em culturas anuais (mandioca, arroz, milho e feijão) e criação de pequenos animais (aves e suínos) e de gado; em uma escala muito modesta desenvolve-se culturas perenes e extrativismo.

Segundo Projeto Lumiar (1999), o PA São Francisco teve sua origem em abril de 1996 com a ocupação de uma propriedade particular por migrantes sem-terra. Com desapropriação das terras pelo INCRA, o PA foi criado oficialmente em julho de 1997, sendo a área fragmentada em lotes 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.

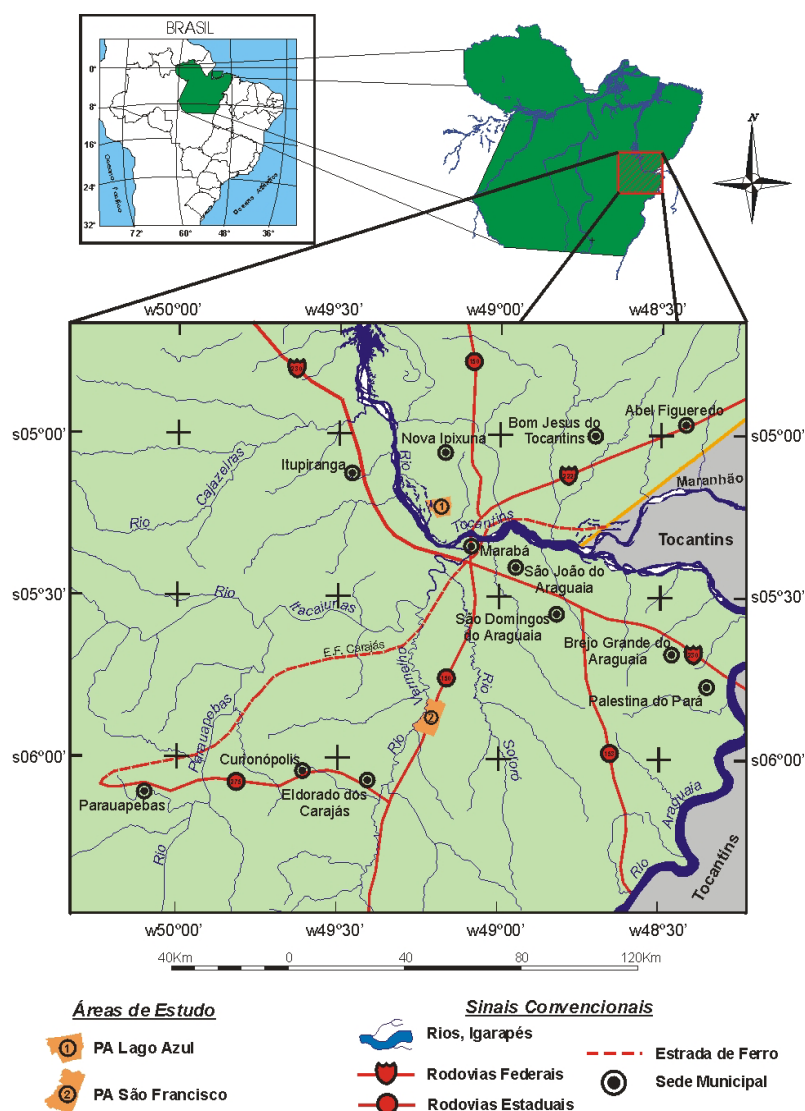


Figura 1 - Localização das áreas de estudo.

2.2 Geração de Imagens Temáticas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra

Visando a caracterização da cobertura vegetal e do uso da terra nas áreas de estudo foram utilizadas imagens TM/Landsat (órbita/ ponto 223/064, bandas TM 1 a 5 e 7), referentes as datas de 11/07/1984, 06/07/1988, 02/08/1992, 12/07/1996 e 07/07/2000. Como base cartográfica foram consideradas cartas planialtimétrica da DSG (folhas Marabá-MI 873 e Faz. Barreira Branca-MI 950), na escala 1: 100.000. Nesta mesma escala, foram ainda empregados mapas dos PAs, elaborados pelo INCRA, visando a definição dos limites das áreas de estudo.

A entrada e análise de dados georreferenciados foram conduzidas no programa SPRING for Windows, versão 3.5.1, sendo realizado primeiramente o pré-processamento das imagens envolvidas, a partir das operações de georreferenciamento/ registro e de normalização radiométrica obedecendo, neste último caso, a orientação de Shimabukuro *et al.* (1998). A seguir, tais imagens foram submetidas a aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral (Aguiar, 1991), gerando como produto novas bandas referentes as imagens fração vegetação, solo e sombra, para cada uma das datas selecionadas.

Para a execução do processo de classificação supervisionada por regiões foi realizada a etapa de segmentação de imagens, a partir dos limiares 8 para similaridade e 10 para área, apenas nas imagens fração vegetação, solo e sombra, obtidas para cada uma das datas

consideradas (Watrín, 2003). O processo de classificação foi conduzido a partir do algoritmo Bhattacharya, considerando as imagens fração vegetação, solo e sombra. 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). Assim, foram gerados produtos temáticos para cada ano envolvido no estudo, compreendendo além da classe Água, sete unidades de mapeamento, sendo uma de vegetação primária (Floresta Primária), duas de vegetação secundária (Capoeira Alta e Capoeira Baixa) e quatro de uso da terra (Pasto Limpo, Pasto Sujo, Solo Exposto e Queimada).

2.3 Cálculo de Métricas da Paisagem

O conjunto das imagens temáticas obtidas para as áreas de estudo na fase anterior foram posteriormente convertidas para o formato *shapefile* e importadas para o programa Arc View de modo a possibilitar as análises de padrões espaciais para a quantificação da estrutura da paisagem a partir dos programas PATCH ANALYST (Elkie *et al.*, 1999) e LANDIC (Carrão *et al.*, 2001). Nesta quantificação são consideradas a extensão em área e a distribuição espacial dos polígonos dentro do mosaico de paisagem desejada. Carrão *et al.* (2001) comentam que as métricas ou indicadores de paisagem podem incluir duas categorias gerais: métricas de composição e de configuração da paisagem. Assim, dentre as métricas disponibilizadas a partir dos programas empregados, foram selecionadas algumas que se mostraram mais sensíveis para caracterizar as áreas de estudo: Diversidade e Dominância, do grupo de métricas de composição da paisagem, e Polígono de Maior Área, Número de Polígonos, Tamanho Médio dos Polígonos e Densidade de Bordas, referentes as métricas de configuração da paisagem. A seguir é feita uma breve descrição dessas métricas:

- Diversidade: o seu valor cresce à medida que a proporção entre as classes da paisagem tornar-se mais equilibrada.
- Dominância: o valor deste indicador aumenta à medida em que a proporção ocupada pelas classes de uma paisagem se distancia.
- Polígono de Maior Área: este indicador aproxima-se de zero a medida que o polígono de maior área diminui.
- Número de Polígonos: o seu valor refere-se ao número total de polígonos de qualquer classe existente na paisagem.
- Tamanho Médio dos Polígonos: corresponde ao valor médio em área de todos os polígonos existentes na paisagem.
- Densidade de Bordas: o seu aumento é diretamente proporcional ao aumento do número de polígonos e da irregularidade dos perímetros dos mesmos.

3. Resultados e Discussão

As curvas das diferentes métricas de paisagem analisadas, tendem, em geral, a exibir algumas particularidades para os PAs Lago Azul e São Francisco em virtude dos processos de antropização ocorridos no âmbito dos mesmos apresentaram trajetórias distintas, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras. Para isso deve-se considerar que o processo de desflorestamento foi conduzido de forma gradual e mais intensa no PA Lago Azul, entre outros fatores, por ser aquele de colonização mais antiga, além de que o menor tamanho médio de lotes restringe a disponibilidade de recursos naturais pelo pequeno produtor. Em contrapartida, no PA São Francisco, as taxas de incremento das áreas antrópicas ocorreram em um ritmo mais lento até 1996, ocasião esta em que a área ainda estava sob o domínio de propriedade particular, sendo o aumento abrupto da taxa de desflorestamento em 2000 associada à intensificação do fluxo de colonização desencadeado em 1997, a partir da criação oficial do PA.

Segundo McCracken *et al.* (1999), os padrões distintos de dinâmica de uso das terras verificados para as áreas de estudo podem ser explicados pelo fato de ser possível observar grandes diferenças nas trajetórias no processo de desflorestamento, mesmos nos casos de propriedades espacialmente adjacentes e que partilham das mesmas características do meio físico. Dessa forma, os referidos autores indicam que tais diferenças nas taxas de desflorestamento e, conseqüentemente, do uso da terra, poderiam estar associadas às desigualdades na composição dos produtores e/ou no seu acesso ao capital.

Nas áreas de estudo, apesar do número das classes mapeadas ter permanecido constante durante os anos analisados, a proporção em área de cada classe apresentou variações significativas ao longo do período, com o crescimento dos diversos tipos de uso da terra. Assim, houve no cômputo geral um incremento gradativo da métrica Diversidade (**Figura 1**), com exceção de um breve período de estabilidade observado para o PA São Francisco em 1992-1996, devido as poucas intervenções antrópicas ocorridas entre estes anos.

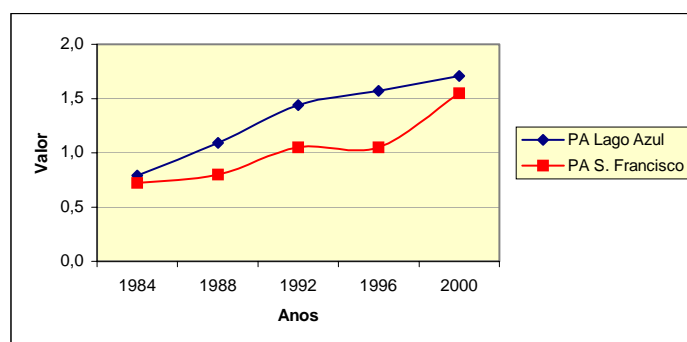


Figura 1 - Comportamento da métrica Diversidade.

No tocante a métrica Dominância (**Figura 2**), para ambas as áreas de estudo foram verificados valores mais elevados no início do processo de ocupação das terras, indicando maior homogeneidade da paisagem. Esta resposta é associada a presença dominante da classe Floresta Primária durante a fase inicial da colonização dos PAs, quando comparada à reduzida área ocupada pelos demais tipos de uso e cobertura vegetal mapeados. Com o incremento do processo de colonização nestas áreas, observa-se que ocorre uma redução gradativa dos valores de dominância, em decorrência da nova dinâmica de conversão do uso da terra, tornando mais proporcional a distribuição das classes envolvidas e imprimindo assim uma paisagem menos homogênea.

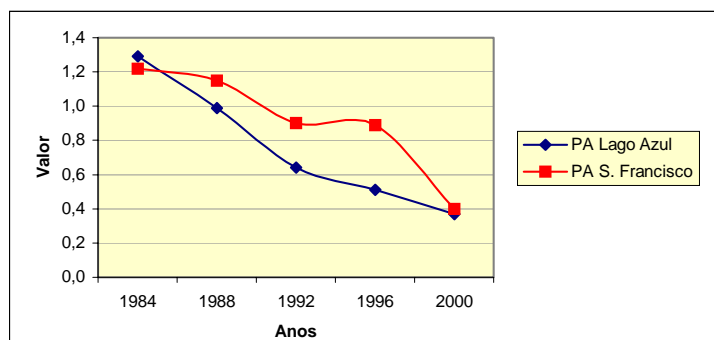


Figura 2 - Comportamento da métrica Dominância.

A partir da **Figura 3** pode ser observada uma redução progressiva dos valores da métrica Polígono de Maior Área em ambos os PAs, ou seja, a Floresta Primária que era originalmente a classe majoritária, foi sendo reduzida, com o passar dos anos, em detrimento do aumento

das atividades antrópicas. Tal processo deve-se à fragmentação das áreas de origem dos PAs em lotes e a abertura de novos ramais (INCRA *et al.*, 2001; Projeto Lumiar, 1999), possibilitando a colonização de áreas mais remotas, de modo que os desmatamentos ficaram bem mais dispersos no contexto das áreas de estudo. Apesar das curvas exibidas para os dois PAs serem descendentes, os padrões distintos representam um reflexo das trajetórias de ocupação das terras ocorridas nos mesmos, como enfatizado anteriormente.

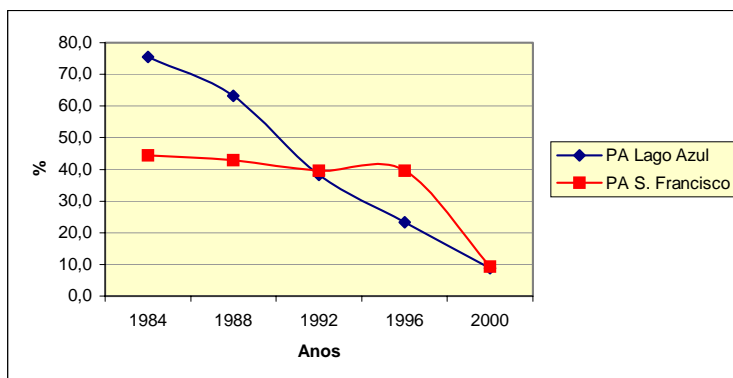


Figura 3 - Comportamento da métrica Polígono de Maior Área.

Para a métrica Número de Polígonos (**Figura 4**), a conformação das curvas para as áreas de estudo foi bem distinta. No PA Lago Azul o número de polígonos (áreas abertas) é crescente até o ano de 1992, mantendo posteriormente uma relativa estabilidade. Por sua vez, no PA São Francisco os valores mantiveram-se relativamente estáveis no período de 1984-1992, sendo a partir de então observado uma elevação quase exponencial do mesmo. Considerando que o PA Lago Azul é área de ocupação antiga, a tendência é de estabilização do número de aberturas, em função do esgotamento dos recursos florestais, sem possibilidade de expansão do desmatamento. Assim, a tendência neste PA é a redução do número de polígonos em função do agrupamento das áreas alteradas, formando novas manchas homogêneas maiores (p. ex. pastagens e capoeiras). Um processo inverso está ocorrendo no PA São Francisco, que por ser de ocupação mais recente, dispõe ainda de grande quantidade de vegetação primária, possibilitando desta forma, a abertura de novos desmatamentos a cada ano, cujo reflexo se cristaliza no aumento do número de polígonos.

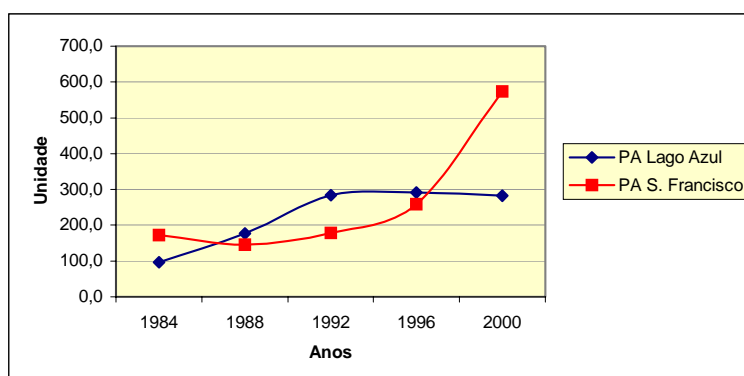


Figura 4 - Comportamento da métrica Número de Polígonos.

Considerando a métrica Tamanho Médio dos Polígonos (**Figura 5**), em uma análise sumária, houve para os dois PAs uma redução gradual do tamanho médio dos polígonos, fenômeno este associado à diminuição do tamanho médio das manchas de Floresta Primária, a classe de maior dominância. Este fato, também observado anteriormente por Pereira *et al.*

(2001) para uma área amostral no Sudeste Paraense, decorre do intenso processo de remoção da vegetação primária para incorporação ao processo produtivo, principalmente culturas de subsistência. No PA Lago Azul tal redução foi observada até 1992, tendo a partir de então se verificado uma tendência à estabilidade, em virtude do quase esgotamento das reservas florestais. Por sua vez, no PA São Francisco apesar da tendência geral declinante, em 1988 houve um aumento do índice Tamanho Médio dos Polígonos, ocasionado por modestíssimas intervenções antrópicas ocorridas no período 1984-1988 e pelo agregamento significativo de manchas contíguas com um tipo de uso da terra específico, especialmente pastagem.

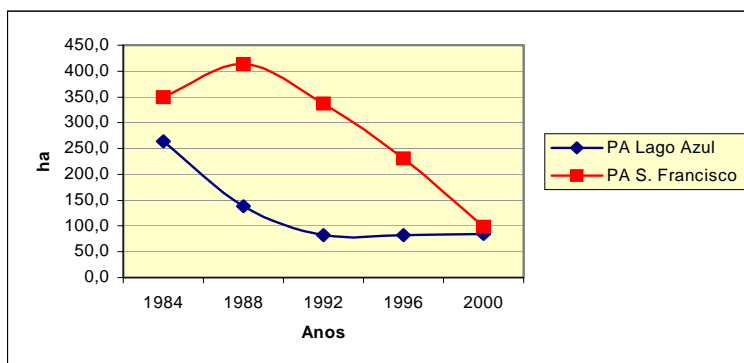


Figura 5 - Comportamento da métrica Tamanho Médio dos Polígonos.

Finalmente quando considera-se a métrica Densidade de Bordas (**Figura 6**), os dois PAs apresentaram valores crescentes ao longo dos anos de análise, devido ao aumento gradativo das atividades produtivas, que na paisagem é representada pela formação de novos polígonos. No PA Lago Azul em virtude da intensidade desse processo de 1984 a 1992, a curva teve no período um comportamento quase exponencial, sendo a partir de então observada uma certa tendência à estabilidade. Para o PA São Francisco, o índice apresentou um comportamento relativamente estável até 1996, mostrando a seguir uma evolução na densidade de bordas, face à dinâmica acelerada do processo de ocupação das terras.

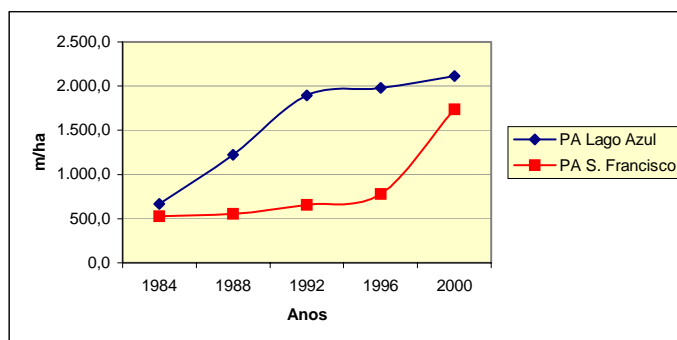


Figura 6 - Comportamento da métrica Densidade de Bordas.

4. Considerações Finais

- As curvas exibidas pelas diferentes métricas analisadas, tendem a refletir o fato que os processos de antropização para as áreas de estudo apresentaram trajetórias distintas, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras.
- Para ambas as áreas de estudo, ao longo dos anos os valores das métricas Diversidade e Dominância aumentaram e reduziram, respectivamente, em decorrência da dinâmica do uso da terra, tornando a distribuição das classes temáticas envolvidas mais proporcional e imprimindo assim, uma paisagem menos homogênea.

- No tocante as métricas Polígono de Maior Área e Tamanho Médio dos Polígonos, observou-se uma redução progressiva dos seus valores em ambos os PAs, em função da intensificação da remoção da Floresta Primária, originalmente a classe majoritária, para incorporação ao processo produtivo, principalmente culturas de subsistência e pastagem.
- A métrica Densidade de Bordas apresentou valores crescentes para as áreas de estudo, devido ao aumento gradativo das atividades produtivas, que na paisagem é representada pela formação de novos polígonos e, por conseguinte, pelo aumento de bordas.
- Para a métrica Número de Polígonos observou-se no PA Lago Azul valores crescentes até o ano de 1992, mantendo posteriormente uma relativa estabilidade, comportamento este inverso ao observado para o PA São Francisco, caracterizado por uma ocupação mais recente.
- Face à intensidade do processo de ocupação das terras nas áreas de estudo, é necessário estabelecer diretrizes que compatibilizem os recursos naturais com as exigências da produção agropecuária, a partir da definição de alternativas econômicas e tecnológicas apropriadas à realidade local, em consonância com os interesses e o saber dos assentados.

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.
- Carrão, H.; Caetano, M.; Neves, N. LANDIC: cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. In: Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2001, 6., Oeiras, Portugal, 28-30 nov., 2001. **Anais.** Lisboa: Associação dos Utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica - USIG, 2001. Disponível em: <<http://esig2001.tripod.com>>. Acesso em: 04 out. 2004.
- Elkie, P.C.; Rempel, R.S.; Carr, A.P. **Patch Analyst user’s manual: a tool for quantifying landscape structure (NWST Technical Manual TM-002).** Thunder Bay, Ontario: Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Technology, Feb. 1999. 22 p.
- Homma, A.K.O.; Carvalho, R.A.; Sampaio, S.M.N. *et al.* A instabilidade dos projetos de assentamentos como indutora de desmatamentos no Sudeste Paraense. [CD-ROM]. In: Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 4., Belém, 21-24 nov., 2001. **Anais.** Belém: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2001.
- 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 Nacional de Colonização e Reforma Agrária *et al.* (INCRA *et al.*). **Plano de desenvolvimento sustentável do assentamento:** Projeto de Assentamento Lago Azul. Nova Ipixuna, PA: INCRA/ FETAGRI/ CORRENTÃO/ ALSD, jun. 2001. 114 p.
- McCracken, S.D.; Brondizio, E.S.; Nelson, D. *et al.* Remote sensing and GIS at farm property level: demography and deforestation in the Brazilian Amazon. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 11, p. 1311-1320, Nov. 1999.
- McGarigal, K.; Marks, B.J. **FRAGSTATS:** spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Corvallis: Oregon State University, 1994. 67 p.
- Pereira, J.L.G.; Batista, G.T.; Thalês, M.C.; Roberts, D.A.; Venturieri, A.V. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, v. 26, n. 1, p. 59-90, abr. 2001.
- Projeto Lumiar. **Diagnóstico socioeconômico e plano de desenvolvimento preliminar do PA São Francisco.** Marabá, PA: Projeto Lumiar, mar. 1999. 25 p. Anexos.
- Shimabukuro, Y.E.; Novo, E.M.L.M.; Ponzoni, F.J. Índice de vegetação e modelo de mistura espectral no monitoramento do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1729-1737, 1998.
- Watrin, O.S. **Dinâmica da paisagem em projetos de assentamentos rurais no Sudeste Paraense utilizando geotecnologias.** Rio de Janeiro. 209 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, set. 2003.